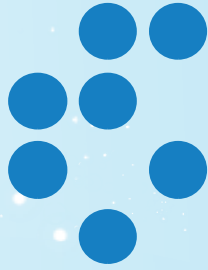
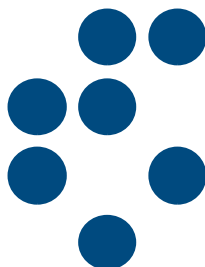


# Poročilo o delu v letu 2021



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija



# Poročilo o delu v letu 2021



Poročilo o delu v letu 2021 je izdano tudi v angleškem jeziku.

Založnik: Institut "Jožef Stefan", Jamova cesta 39, Ljubljana, Slovenija  
(<http://www.ijs.si>)

Urednika: dr. Luka Šušteršič in mag. Marjan Verč

Lektorica: Špela Komac, dipl. slov.

ISSN 1318-7392

Fotografije: mag. Marjan Verč, Marjan Smerke, inž., in arhivi odsekov

Zbiranje gradiva: Suzi Korošec, inž. rač., mag. Marjan Verč

Računalniški prelom: Suzi Korošec, inž. rač.

Tisk: ABO grafika, d. o. o., Ljubljana

Ljubljana, 2022

# KAZALO

Spremna beseda.....	5
Pomembni mejniki v zgodovini IJS .....	6
Organizacijska shema IJS .....	8
Vodstvo IJS .....	10
Število in sestava sodelavcev po enotah .....	11
Izobrazba sodelavcev IJS .....	12
Prejemniki priznanj IJS .....	13
Mednarodni odbor svetovalcev .....	14
Mednarodno sodelovanje.....	15
ERC-projekti .....	15
Sodelovanje z univerzami .....	16
Kolokviji na IJS.....	19
Umetniške razstave v galeriji IJS.....	19
Število štipendistov .....	20
Število mladih raziskovalcev, sprejetih v financiranje .....	21
Finance.....	22
Objave in dela .....	23
Opravljena doktorska dela.....	24
Podeljeni patenti .....	24
Nagrade in priznanja .....	25
Prenos znanja.....	28
Institut v številkah .....	29
<b>Raziskovalni odseki</b>	
Odsek za teoretično fiziko (F-1).....	33
Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2).....	43
Odsek za tanke plasti in površine (F-3).....	53
Odsek za tehnologijo površin in optoelektroniko (F-4).....	57
Odsek za fiziko trdne snovi (F-5).....	65
Laboratorij za plinsko elektroniko (F-6).....	91
Odsek za kompleksne snovi (F-7).....	101
Odsek za reaktorsko fiziko (F-8).....	113
Odsek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev (F-9).....	123
Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K-1).....	135
Odsek za fizikalno in organsko kemijo (K-3).....	141
Odsek za elektronsko keramiko (K-5).....	151
Odsek za nanostrukturne materiale (K-7).....	161
Odsek za sintezo materialov (K-8).....	177
Odsek za raziskave sodobnih materialov (K-9).....	183
Odsek za biokemijo, molekularno in strukturno biologijo (B-1).....	193
Odsek za molekularne in biomedicinske znanosti (B-2).....	199
Odsek za biotehnologijo (B-3).....	207
Odsek za znanosti o okolju (O-2).....	213
Odsek za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko (E-1).....	233
Odsek za sisteme in vodenje (E-2).....	243
Odsek za umetno inteligenco (E-3).....	249
Laboratorij za odprte sisteme in mreže (E-5).....	263
Odsek za komunikacijske sisteme (E-6).....	271
Odsek za računalniške sisteme (E-7).....	279
Odsek za tehnologije znanja (E-8).....	293
Odsek za inteligentne sisteme (E-9).....	307
Odsek za reaktorsko tehniko (R-4).....	317
<b>Centri in službe</b>	
Reaktorski infrastrukturni center (RIC).....	325
Center za mrežno infrastrukturo (CMI).....	329
Znanstvenoinformacijski center (ZIC).....	333
Center za energetske učinkovitost (CEU).....	335
Center za elektronsko mikroskopijo in mikroanalizo (CEMM).....	341
Center za prenos znanja na področju informacijskih tehnologij (CT-3).....	347
Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča (ICJT).....	353
Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem (SVPIS).....	357
Center za prenos tehnologij in inovacij (CIT).....	359
Center za pametna mesta in skupnosti (CPMiS).....	367
Center tovarne prihodnosti (CToP).....	371





# SPREMNA BESEDA

Še eno leto, ki ga je zaznamovala zdravstvena kriza, je za nami. Nehote smo se morali tudi raziskovalke in raziskovalci naučiti kriznega upravljanja. Predvsem pa smo se še naprej trudili po svojih močeh pomagati družbi pri prilagajanju na nove razmere. Sprijaznili smo se z dejstvom, da bo nova normalnost po premaganih težavah precej drugačna od stare, vključno z vlogo znanosti. Če smo pred leti stremeli le k spoznavanju novega in še neznanega, bomo v prihodnjih letih morali precej bolj občuteno uporabljati že obstoječe znanje. Cepivo za covid-19 je lep primer tega, ko je človeštvo določeno tehnologijo že obvladovalo, le v zadosti velikih težavah se je moralo znajti, da se je to tehnologiji tudi »splačalo« začeti uporabljati.

Na IJS smo se hitro prilagodili drugačnemu načinu dela. Delo od doma je postala naša stalnica, pri tem smo še bolj uporabljali sodobne tehnologije, ki nam takšen način delovanja omogočajo. Spoznali smo tudi njene prednosti in slabosti. Medtem ko smo bili pri objavljanju rezultatov naših raziskav enako uspešni kot v nekriznih letih, je eksperimentalno delo precej trpelo. Te aktivnosti namreč kljub visoki stopnji digitalizacije še vedno temeljijo na delu človeških rok. V prihodnjih letih raziskovalno sfero čaka še veliko dela, da bo s pomočjo robotizacije in uporabe umetne inteligence pripeljala delo v laboratorijih na raven, ki jo danes že dosegamo pri automatizaciji poslovnih procesov in proizvodnje.

Slovenska raziskovalna srenja je ob koncu leta 2021 končno dočkala novo zakonodajo, ki ureja področje raziskav, razvoja in inovacij. Ta prinaša javnim raziskovalnim zavodom večjo avtonomijo pri raziskovalnem delu. IJS postaja lastnik vseh svojih nepremičnin, po novem se tudi sam odloča, kako bo sredstva, ki mu jih namenja država za stabilno financiranje, razporejal med raziskovalnimi programi in med različnimi ekonomskimi nameni. Predvsem se veselimo dejstva, da se bodo sredstva za našo dejavnost v prihodnjih letih znatno povečevala. Ne skrbi nas, da rasti ne bi bili sposobni absorbirati, če nam bo le država prišla nasproti z nekaterimi prepotrebnimi ukrepi, kot sta npr. izboljšanje pogojev za izvajanje kadrovske politike in hitrejše internacionalizacije z zmanjševanjem administrativnih ovir pri zaposlovanju raziskovalk in raziskovalcev iz tujine.

S posebnim veseljem ugotavljam, da smo na IJS v letu 2021 zopet povečali število objav v mednarodni periodiki, po podatkih baze Web of Science smo bili citirani skoraj 53-tisočkrat. Našim sodelavkam in sodelavcem so podelili 22 doktoratov znanosti, 21 patentov, izdali pa so 14 znanstvenih in strokovnih monografij. V raziskovalno delo smo pritegnili 38 mladih raziskovalk in raziskovalcev. Od skupaj 1089 projektov sta bila 302 mednarodna, med njimi 4 projekti Evropskega raziskovalnega sveta (ERC). 1126 zaposlenih nas je ustvarilo več kot 62 milijonov evrov prihodkov, od tega več kot 6 milijonov evrov na nacionalnem in več kot 10,5 milijona evrov na mednarodnem trgu.



Spredaj z leve: prof. dr. Boštjan Zalar, direktor IJS, podpisuje pogodbo o upravljanju s Človeško centrifugo v Planici z direktorjem Evropske vesoljske agencije (ESA) dr. Josefom Aschbacherjem.

Vozadju z leve: Simon Zajc, državni sekretar, Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, dr. Franci Petek, direktor, Zavod za šport RS Planica, in dr. Simona Kustec, ministrica za izobraževanje, znanost in šport RS.

Prof. dr. Boštjan Zalar,  
direktor Instituta "Jožef Stefan"

# POMEMBNI MEJNIKI V ZGODOVINI IJS

**1946**

~ Ustanovljen je Fizikalni inštitut pri Slovenski akademiji znanosti in umetnosti (SAZU).

**1949**

~ Fizikalni inštitut SAZU se preusmeri na raziskave, povezane z miroljubno uporabo jedrske energije.

**1952**

~ Inštitut se preimenuje v Fizikalni inštitut "Jožef Stefan" in se vseli v novo stavbo.

**1954**

~ Inštitut dobi prvo večjo opremo: betatron in elektronski mikroskop.

**1956**

~ Obratovati začne pospeševalnik Van de Graaff, izdelan na Inštitutu.

**1958**

~ Inštitut se na novo organizira in določena so naslednja področja dela: jedrska fizika, fizika trdne snovi, kemija, radiobiologija.

**1959**

~ Inštitut se preimenuje v Nuklearni inštitut "Jožef Stefan" in ga financira Zvezna komisija za nuklearno energijo.



*Masni spektrometer na IJS (okoli l. 1960)*

**1962**

~ Na Inštitutu je sintetizirana nova spojina  $XeF_6$ , ena prvih spojin žlahtnih plinov.

~ Kupljen je prvi računalnik za raziskovalno delo ZUSE Z23.

**1966**

~ Obratovati začne jedrski raziskovalni reaktor TRIGA.

**1968**

~ Zvezna komisija za nuklearno energijo (ZKNE) preneha obstajati, financiranje od Republike Slovenije postane vse pomembnejše.

**1969**

~ Inštitut se preusmeri na »nejedrski« dejavnosti in iz imena izpusti besedo »nuklearni«.

**1970**

~ Univerza v Ljubljani postane soustanoviteljica IJS (poleg Zveznega izvršnega sveta).

**1971**

~ Ustanovljena je INOVA, inštitutska enota, ki naj bi skrbela za vključitev IJS v gospodarstvo.



*Inštitutske zgradbe po odprtju l. 1953*

**1972**

~ Kupljen je nov računalnik Cyber 72 in ustanovljen Republiški računski center kot samostojna enota IJS.

**1974**

~ Začne se sodelovanje z mednarodnim centrom CERN pri projektih fizike visokih energij.

~ Ustanovljena je skupina za evalvacijo posegov v okolje SEPO.

**1976**

~ Prvi jugoslovanski procesni računalnik z 8-bitno obdelavo podatkov DARTA 80

**1979**

~ Podpisana je pogodba o sodelovanju med IJS in Nuklearno elektrarno Krško.

~ Izdelan je prvi robot v Sloveniji GORO-1.

**1982**

~ Ustanovljen je Ekološki laboratorij z mobilno enoto, ki deluje kot specialna enota Republiške uprave za civilno zaščito.

**1983**

~ Izoliran je prvi od stefinov (inhibitorji cisteinskih proteinaz, imenovani po J. Stefanu) in določena njegova primarna struktura.



*Reaktorski center, Podgorica, zgrajen leta 1966*

### 1985

- ~ Raziskovalna skupnost Slovenije začne financirati projekt 2000 novih raziskovalcev.
- ~ IJS in podjetje SMELT ustanovita Center za trde prevleke.

### 1987

- ~ IJS ustanovi samostojno podjetje INEA, ki skrbi za prenos in uporabo raziskovalnih dosežkov na področju vodenja procesov in industrijske energetike.

### 1989

- ~ Ustanovljen je Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča.

### 1990

- ~ Na IJS je postavljen prvi superračunalnik v Sloveniji CONVEX.
- ~ Končana je večletna graditev novih laboratorijev.

### 1992

- ~ Ministrstvo za znanost in tehnologijo ustanovi več tehnoloških središč (infrastrukturnih centrov).
- ~ IJS postane z odlokom Vlade Republike Slovenije javni raziskovalni zavod.
- ~ Ustanovljen je Tehnološki park IJS, ki se kasneje razvije v Tehnološki park Ljubljana.



*Jedrski magnetorezonančni spektrometer*

### 1995

- ~ IJS je soustanovitelj mednarodne podiplomske šole za znanosti o okolju Politehnika Nova Gorica.
- ~ IJS ustanovi mrežo inštitutov in centrov: ERICo – Velenje, Raziskovalni inštitut Valdoitra.

### 1997

- ~ Postavljen je nov pospeševalnik TANDETRON 3,5 MeV.

### 1999

- ~ IJS praznuje 50-letnico delovanja.

### 2004

- ~ IJS ustanovi Mednarodno podiplomsko šolo Jožefa Stefana.
- ~ Inštitut je izbran za koordinatorja štirih centrov odličnosti.

### 2007

- ~ Nanomanipulacija posameznih atomov z nizkotemperaturnim vrstičnim tunelskim mikroskopom
- ~ Postavljena je nova žarkovna linija ERDA/RBS na pospeševalniku TANDETRON v Mikroanalitskem centru.



*Začetki robotike na IJS leta 1985*

### 2013

- ~ Pridobljen je prvi ERC-projekt.

### 2015

- ~ Dne 23. novembra 2015 je Institut "Jožef Stefan" na Reaktorskem centru v Podgorici slavnostno predal v uporabo novo in obnovljeno raziskovalno infrastrukturo za okoljske raziskave.



*Nova in obnovljena raziskovalna infrastruktura za okoljske raziskave na IJS leta 2015*

### 2020

- ~ Ustanovljen je Mednarodni raziskovalni center za umetno inteligenco pod okriljem Unesca.
- ~ Objavljen je prvi razpis Inovacijskega sklada Centra za prenos tehnologij in inovacij za podporo razvoju tehnologij k višji stopnji pripravljenosti za trg.



# ORGANIZACIJSKA SHEMA INSTITUTA "JOŽEF STEFAN"

## UPRAVNI ODBOR

DIREKTOR

ZNANSTVENI SVET

## RAZISKOVALNI ODSEKI

### Fizika

**Teoretična fizika (F-1)**

*prof. dr. Jernej Fesl Kamenik*

**Fizika nizkih in srednjih energij (F-2)**

*prof. dr. Primož Pelicon*

**Tanke plasti in površine (F-3)**

*prof. dr. Miha Čekada*

**Tehnologija površin in optoelektronika (F-4)**

*prof. dr. Miran Mozetič<sup>1</sup>, prof. dr. Alenka Vesel<sup>2</sup>*

**Fizika trdne snovi (F-5)**

*prof. dr. Igor Muševič*

**Plinska elektronika (F-6)**

*prof. dr. Uroš Cvelbar*

**Kompleksne snovi (F-7)**

*prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović*

**Reaktorska fizika (F-8)**

*prof. dr. Luka Snoj*

**Ekperimentalna fizika osnovnih delcev (F-9)**

*prof. dr. Marko Mikuž*

### Kemija in biokemija

**Anorganska kemija in tehnologija (K-1)**

*doc. dr. Gašper Tavčar*

**Fizikalna in organska kemija (K-3)**

*prof. dr. Ingrid Milošev*

**Elektronska keramika (K-5)**

*prof. dr. Barbara Malič*

**Nanostrukturni materiali (K-7)**

*prof. dr. Sašo Šturm*

**Sinteza materialov (K-8)**

*prof. dr. Darko Makovec*

**Raziskave sodobnih materialov (K-9)**

*prof. dr. Matjaž Spreitzer*

**Biokemija, molekularna in strukturna biologija (B-1)**

*prof. ddr. Boris Turk*

**Molekularne in biomedicinske znanosti (B-2)**

*prof. dr. Igor Krizaj*

**Biotehnologija (B-3)**

*prof. dr. Boris Rogelj*

**Znanosti o okolju (O-2)**

*prof. dr. Milena Horvat*

### Elektronika in informacijske tehnologije

**Avtomatika, biokibernetika in robotika (E-1)**

*prof. dr. Aleš Ude*

**Sistemi in vodenje (E-2)**

*dr. Gregor Dolanc*

**Umetna inteligenca (E-3)**

*prof. dr. Dunja Mladenec*

**Odprti sistemi in mreže (E-5)**

*doc. dr. Tomaž Klobučar*

**Komunikacijski sistemi (E-6)**

*prof. dr. Mihael Mohorčič*

**Računalniški sistemi (E-7)**

*prof. dr. Gregor Papa*

**Tehnologije znanja (E-8)**

*prof. dr. Sašo Džeroski*

**Inteligentni sistemi (E-9)**

*prof. dr. Matjaž Gams*

### Jedrsko tehnika in energetika

**Reaktorska tehnika (R-4)**

*prof. dr. Leon Cizelj*

<sup>1</sup> do 30. 11. 2021

<sup>2</sup> v. d. vodje od 1. 12. 2021



## CENTRI

**Reaktorski infrastrukturni center (RIC)**  
*prof. dr. Borut Smodiš*

**Center za mrežno infrastrukturo (CMI)**  
*dr. Jan Jona Javoršek*

**Znanstvenoinformacijski center (ZIC)**  
*dr. Luka Šuštersič*

**Center za energetska učinkovitost (CEU)**  
*mag. Stane Merše*

**Center za prenos znanja na področju informacijskih tehnologij (CT-3)**  
*mag. Mitja Jermol*

**Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča (ICJT)**  
*dr. Igor Jenčič*

**Center za elektronsko mikroskopijo in mikroanalizo (CEMM)**  
*prof. dr. Miran Čeh*

**Center za prenos tehnologij in inovacij (CTT)**  
*dr. Špela Stres, MBA, LL.M.*

**Center za pametna mesta in skupnosti (CPMiS)**  
*dr. Nevenka Cukjati*

**Center tovarne prihodnosti (CToP)**  
*Rudi Panjtar, univ. dipl. inž. el.*

**Mikroanalitski center (MIC)**  
*prof. dr. Primož Pelicon*

**Center za mikroskopijo in detekcijo nanomaterialov (CMD-NANO)**  
*prof. dr. Maja Remškar*

**Utekočinjevalnik helija s sistemom za regeneracijo helija**  
*prof. dr. Janez Dolinšek*

**Center za masno spektrometrijo**  
*dr. Dušan Žigon*

**Nacionalni center za elektronsko mikroskopijo in analizo površin (CEMAP)**  
*prof. dr. Miran Čeh*

**NMR center**  
*prof. dr. Janez Dolinšek*

**Center za proizvodnjo in strukturo proteinov**  
*prof. dr. Dušan Turk*

**Center za nanolitografijo in nanoskopijo**  
*prof. dr. Dragan Mihailović*

**Center za izvedbo eksperimentov fizike delcev v mednarodnih središčih**  
*prof. dr. Marko Mikuž*

**Objekt vroča celica (OVC)**  
*prof. dr. Borut Smodiš*

**e-Raziskovalna infrastruktura navideznih sodelovalno-raziskovalnih okolij**  
*dr. Dušan Gabrijelčič*

## SLUŽBE IN PODPORNE DEJAVNOSTI

### Službe in servisi

**Sekretariat (U-2)**  
*Tamara Kotnik, univ. dipl. prav.*

**Nabavna služba (U-3)**  
*Dejan Ratkovič, univ. dipl. ekon.*

**Finančno-računovodska služba (U-4)**  
*mag. Regina Gruđen*

**Služba za poslovno informatiko (U-5)**  
*Jože Kašman, prof. mat.*

**Mednarodna projektna pisarna (U-6)**  
*mag. Marja Mali*

### Tehnični servisi (TS)

*Aleš Cesar, univ. dipl. inž. grad.*

### Podporne dejavnosti

**Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem (SVPIŠ)**  
*mag. Matjaž Stepišnik*

**Služba za zagotovitev kakovosti (QA)**  
*dr. Andrej Prošek*

**Delavnice**  
*Franc Setnikar, inž. stroj.*

## VKLJUČENOST IJS V REGIJSKI RAZVOJ RAZISKOVALNE DEJAVNOSTI

### Tehnološki park Ljubljana

Univerza v Novi Gorici

Mednarodna podiplomska šola  
Jožefa Stefana

### Tehnološki centri

Nanotesla Institut Ljubljana

Razvojni center za vodikove tehnologije

Tehnološki center za avtomatizacijo, robotizacijo in informatizacijo proizvodnje (ARI)

### Centri odličnosti

Nanoznanosti in nanotehnologije –  
NANOCENTER

NAMASTE, zavod za raziskave in razvoj naprednih nekovinskih materialov s tehnologijami prihodnosti

Integrirani pristopi v kemiji in biologiji proteinov – CIPKeBiP

Polimerni materiali in tehnologije – PoliMaT

EN – FIST

Biosenzorika, instrumentacija in procesna kontrola – CO BIK

Nizkoogljicne tehnologije – CO NOT

Vesolje, znanost in tehnologije – SPACE.SI

# VODSTVO IJS

## VODSTVO

### Direktor

Prof. dr. Boštjan Zalar

### Pomočnica direktorja

Dr. Romana Jordan

### Svetovalka

Marta Slokan, univ. dipl. prav.

## UPRAVNI ODBOR

Dr. Mark Pleško, *Cosylab, d. d., Ljubljana, predsednik UO*

Ivo Boscarol, *MBA, Pipistrel, d. o. o., Ajdovščina*

Prof. dr. Sašo Džeroski, *IJS*

Prof. dr. Primož Pelicon, *IJS*

Stojan Petrič, *Kolektor Group, d. o. o., Idrija*

Prof. dr. Jože Pungerčar, *IJS*

Dr. Tomaž Savšek, *TPV Group, d. o. o., Novo mesto*

Peter Sterle, *Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport*

Urška Zupin, *Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo*

## ZNANSTVENI SVET

Prof. ddr. Boris Turk, *predsednik ZS IJS*

Prof. dr. Leon Cizelj

Prof. dr. Miran Čeh

Prof. dr. Sašo Džeroski, *namestnik predsednika od 20. 5. 2021*

Prof. dr. Svjetlana Fajfer

Prof. dr. Matjaž Gams, *do 2. 12. 2021*

Prof. dr. Milena Horvat

Prof. dr. Nada Lavrač, *do 20. 5. 2021*

Prof. dr. Matej Lipoglavšek

Dr. Mitja Luštrek, *od 2. 12. 2021*

Prof. dr. Barbara Malič

Prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović, *namestnik predsednika do 20. 5. 2021*

Prof. dr. Marko Mikuž, *do 20. 5. 2021*

Prof. dr. Mihael Mohorčič, *namestnik predsednika do 20. 5. 2021*

Prof. dr. Igor Muševič, *namestnik predsednika od 20. 5. 2021*

Doc. dr. Gašper Tavčar

Prof. dr. Aleš Ude, *od 20. 5. 2021*

Prof. dr. Boštjan Zalar, *direktor Instituta*

# NEKDANJI DIREKTORJI



*Akad. prof. dr.  
Anton Peterlin,  
prvi direktor IJS*

Akad. prof. dr. Anton Peterlin, ustanovitelj in prvi direktor IJS, 1949–1955

Karol Kajfež, 1955–1958

Lucijan Šinkovec, 1959–1963

Prof. dr. Milan Osredkar, 1963–1975

Prof. dr. Boris Frlec, 1975–1984

Prof. dr. Tomaž Kalin, 1984–1992

Prof. dr. Danilo Zavrtanik, 1992–1996

Prof. dr. Vito Turk, 1996–2005

Prof. dr. Jadran Lenarčič, 2005–2020

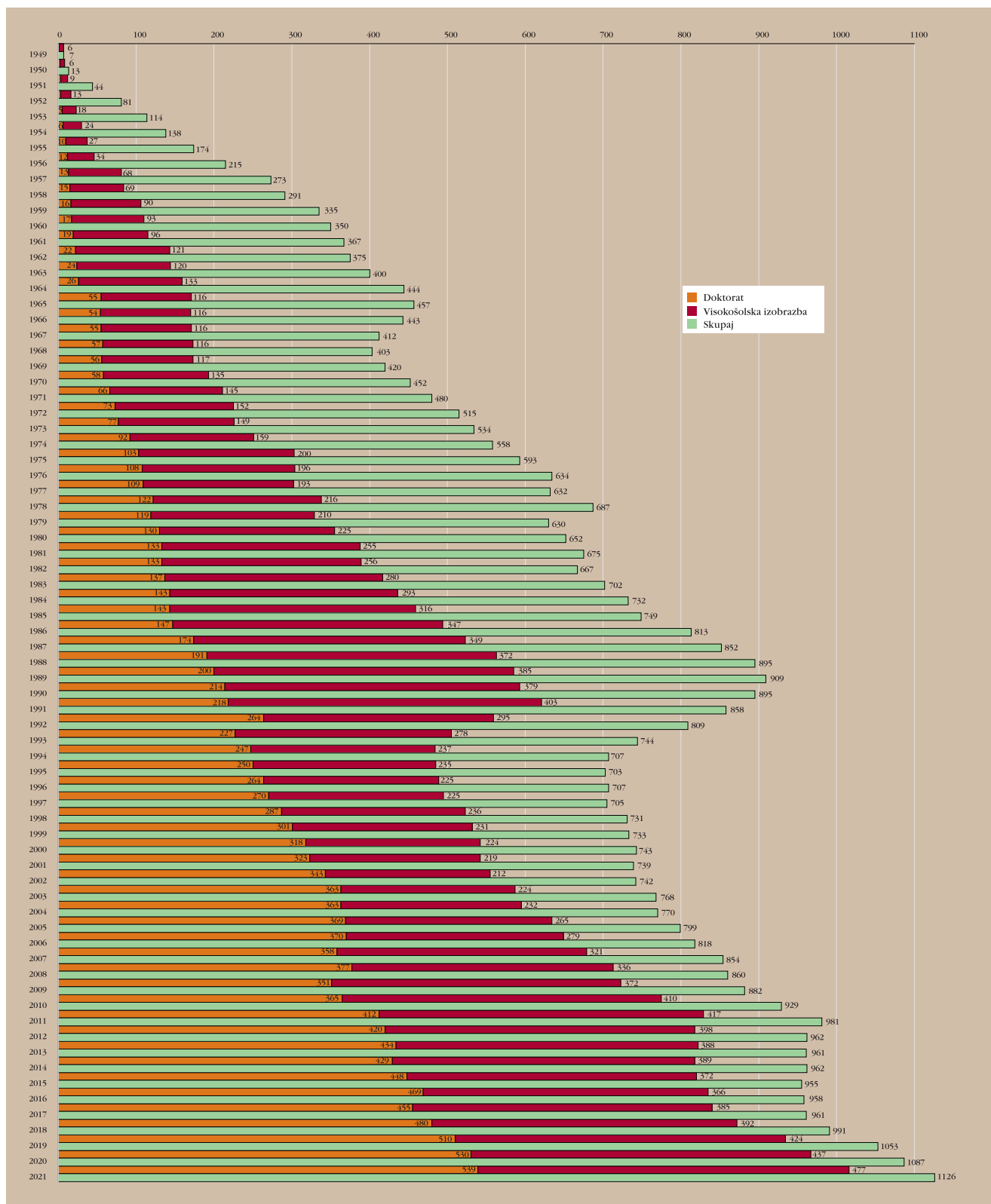
# ŠTEVILO IN SESTAVA SODELAVCEV PO ENOTAH

Stanje 31. 12. 2021

Odsek	Raziskovalci	Podok. sod.	Mladi razisk.	Strok. sod.	Skupaj razisk.	Tehniški in admin. sod.	Skupaj
Odsek za teoretično fiziko (F-1)	34	2	11		47	1	48
Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2)	24	6	6	7	43	5	48
Odsek za tanke plasti in površine (F-3)	3		3	1	7	5	12
Odsek za tehnologijo površin in optoelektroniko (F-4)	7	5	5	2	19	1	20
Odsek za fiziko trdne snovi (F-5)	42	18	26	7	93	9	102
Laboratorij za plinsko elektroniko (F-6)	7	2	2	1	12	1	13
Odsek za kompleksne snovi (F-7)	14	5	11	4	34	3	37
Odsek za reaktorsko fiziko (F-8)	12	4	6	1	23	2	25
Odsek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev (F-9)	21	3	9	1	34	4	38
Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K-1)	9	1	6	2	18	3	21
Odsek za fizikalno in organsko kemijo (K-3)	3	2	7	1	13		13
Odsek za elektronsko keramiko (K-5)	9	1	8	3	21	2	23
Odsek za nanostrukturne materiale (K-7)	15	10	13	4	42	4	46
Odsek za sintezo materialov (K-8)	5	2	4	1	12	2	14
Odsek za raziskave sodobnih materialov (K-9)	10	6	7	3	26	1	27
Odsek za biokemijo, molekularno in strukturno biologijo (B-1)	11	8	14	5	38	2	40
Odsek za molekularne in biomedicinske znanosti (B-2)	7	3	6	1	17	2	19
Odsek za biotehnologijo (B-3)	7	4	3	2	16		16
Odsek za znanosti o okolju (O-2)	27	9	20	3	59	2	61
Odsek za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko (E-1)	13	8	15	7	43	2	45
Odsek za sisteme in vodenje (E-2)	16		7	3	26	2	28
Odsek za umetno inteligenco (E-3)	7	8	10	11	36	8	44
Laboratorij za odprte sisteme in mreže (E-5)	5	5	1	1	12	1	13
Odsek za komunikacijske sisteme (E-6)	12	4	7	4	27	4	31
Odsek za računalniške sisteme (E-7)	10	1	7	3	21	3	24
Odsek za tehnologije znanja (E-8)	22	11	13	3	49	1	50
Odsek za inteligentne sisteme (E-9)	8	3	7	6	24	8	32
Odsek za reaktorsko tehniko (R-4)	12	3	5	2	22	3	25
Center za energetske učinkovitost (CEU)	5	1		10	16	5	21
Center za elektronsko mikroskopijo in mikroanalizo (CEMM)	1	1	2	1	5		5
Center za mrežno infrastrukturo (CMI)				4	4	4	8
Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča (ICJT)	1			5	6	3	9
Znanstvenoinformacijski center (ZIC)				2	2	7	9
Reaktorski infrastrukturni center (RIC)	1	1			2	5	7
Mrežni infrastrukturni center reaktorja (MICR)				1	1	1	2
Center za prenos znanja na področju inform. tehnologij (CT-3)			1	4	5	5	10
Center za prenos tehnologij in inovacij (CTT)	4		1	5	10	2	12
Center za pametna mesta in skupnosti (CPMiS)				1	1	2	3
Center tovarne prihodnosti (CToP)				4	4	3	7
Skupne službe				4	4	73	77
Tehnične in podporne službe				3	3	38	41
<b>Institut "Jožef Stefan"</b>	<b>384</b>	<b>137</b>	<b>243</b>	<b>133</b>	<b>897</b>	<b>229</b>	<b>1126</b>

# IZOBRAZBA SODELAVCEV IJS

1949-2021





# PREJEMNIKI PRIZNANJ IJS

## ČASTNI ČLANI

Akad. prof. dr. Robert Blinc<sup>☞</sup>, predsednik ZS od 1992 do 2007 (1933–2011)  
 Prof. dr. Jean-Marie Dubois, Institut Jean Lamour, CNRS - Centre National de la Recherche Scientifique, Paris in Université Lorraine, Nancy, Francija  
 Prof. dr. Boris Frlec, direktor Instituta "Jožef Stefan" od 1975 do 1984  
 Prof. dr. Robert Huber, *Nobelov nagrajenec*, Max-Planck-Institut für Biochemie, München, Nemčija  
 Prof. dr. Milan Osredkar<sup>☞</sup>, direktor Instituta "Jožef Stefan" od 1963 do 1975 (1919–2003)  
 Akad. prof. dr. Anton Peterlin<sup>☞</sup>, ustanovitelj in prvi direktor Instituta "Jožef Stefan" od 1949 do 1955 (1908–1993)  
 Akad. prof. dr. Vito Turk, direktor Instituta "Jožef Stefan" od 1996 do 2005

## PRIDRUŽENI ČLANI

Prof. dr. David C. Ailion, University of Utah, Salt Lake City, Utah, ZDA  
 Prof. dr. Neil Bartlett<sup>☞</sup>, University of California, Berkeley, Kalifornija, ZDA  
 Prof. dr. John H. Beynon, University of Wales Swansea, Swansea, Velika Britanija  
 Prof. dr. Wolfram Bode, Max-Planck-Institut für Biochemie, München, Nemčija  
 Prof. dr. Oscar D. Bonner<sup>☞</sup>, University of South Carolina, Columbia, Južna Karolina, ZDA  
 Dr. Horst Borrmann, Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe, Dresden, Nemčija  
 Prof. dr. Henrik Buchowsky, Politehnika Warszawska, Varšava, Poljska  
 Prof. dr. Rüdiger Dillmann, Karlsruhe Institute of Technology, Nemčija  
 Prof. dr. Joseph W. Doane, Liquid Crystal Institute, Kent State University, Kent, Ohio, ZDA  
 Prof. dr. Hans Fritz, Universität München, München, Nemčija  
 Prof. dr. Oskar Glemser<sup>☞</sup>, Universität Göttingen, Göttingen, Nemčija  
 Prof. dr. Paul Hagenmuller<sup>☞</sup>, Université de Bordeaux I, Bordeaux, Francija  
 Prof. dr. John Holloway, University of Leicester, Leicester, Velika Britanija  
 Prof. dr. Rudolf Hoppe<sup>☞</sup>, Universität Giessen, Giessen, Nemčija  
 Prof. dr. Robert J. Jaeger<sup>☞</sup>, National Institute on Disability and Rehabilitation Research, US Department of Education, Washington, D. C., ZDA  
 Prof. dr. Nikola Kallay<sup>☞</sup>, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška  
 Prof. dr. Nobuhiko Katunuma, Tokushima Bunri University, Tokushima, Japonska  
 Prof. dr. Raymond Kind, ETH, Zürich, Švica  
 Prof. dr. Jože Koller, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana, Slovenija  
 Prof. dr. Rüdiger Mews, Universität Bremen, Bremen, Nemčija  
 Prof. dr. Donald Michie<sup>☞</sup>, Edinburgh University, Edinburgh, Velika Britanija  
 Dr. Fani Milia, National Center for Scientific Research "Demokritos", Atene, Grčija  
 Prof. dr. Tsuyoshi Nakajima, Aichi Institute of Technology, Toyota, Japonska  
 Prof. dr. Vincenzo Parenti-Castelli, University of Bologna, Bologna, Italija

Prof. dr. Herbert W. Roesky, Universität Göttingen, Göttingen, Nemčija  
 Prof. dr. John A. Rupley, The University of Arizona, Tucson, Arizona, ZDA  
 Prof. dr. Findlay E. Russell, The University of Arizona, Tucson, Arizona, ZDA  
 Prof. dr. Hugo V. Schmidt, Montana State University, Bozeman, Montana, ZDA  
 Prof. dr. Lev A. Shuvalov<sup>☞</sup>, Institute for Crystallography, Russian Academy of Sciences, Moskva, Rusija  
 Prof. dr. Neil W. Tanner<sup>☞</sup>, University of Oxford, Oxford, Velika Britanija  
 Dr. Alain Tressaud, Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux, CNRS, Pessac, Francija  
 Prof. dr. Vlado Valković, Zagreb, Hrvaška  
 Prof. dr. John Waugh, M. I. T., Cambridge, Massachusetts, ZDA

## ZASLUŽNI ZNANSTVENIKI

Prof. dr. France Bremšak<sup>☞</sup>  
 Prof. dr. Mihael Drofenik  
 Akad. prof. dr. Peter Gosar  
 Prof. dr. Darko Jamnik<sup>☞</sup>  
 Prof. dr. Gorazd Kandus  
 Akad. prof. dr. Gabrijel Kernel  
 Prof. dr. Borut Mavko  
 Prof. dr. Miodrag V. Mihailović<sup>☞</sup>  
 Akad. prof. dr. Raša Matija Pirc  
 Prof. dr. Marjan Senegačnik<sup>☞</sup>  
 Akad. prof. dr. Saša Svetina  
 Akad. prof. dr. Boštjan Žekš  
 Prof. dr. Boris Žemva

## SVETOVALCI

Prof. dr. Savo Bratoš, Université Pierre et Marie Curie, Pariz, Francija  
 Marko Bulc<sup>☞</sup>, univ. dipl. inž., Ljubljana, Slovenija  
 Akad. prof. dr. Davorin Dolar<sup>☞</sup>, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, Slovenija  
 Zdravko Gabrovšek, univ. dipl. inž., Krško, Slovenija  
 Akad. prof. dr. Dušan Hadži<sup>☞</sup>, Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija  
 Prof. dr. Karl A. Müller, *Nobelov nagrajenec*, IBM Research Laboratory, Zürich, Švica  
 Prof. dr. Bogdan Povh, Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Nemčija  
 Dr. Lev Premru<sup>☞</sup>, Lek, d. d., Ljubljana, Slovenija  
 Prof. dr. Momčilo M. Ristić<sup>☞</sup>, Akademija znanosti Srbije, Beograd, Srbija  
 Mag. Milan Slokan<sup>☞</sup>, Ljubljana, Slovenija  
 Prof. dr. Petar Strohal<sup>☞</sup>, Zagreb, Hrvaška  
 Dr. Novak Zuber<sup>☞</sup>, Nuclear Regulatory Commission, Washington, D. C., ZDA  
 Prof. dr. Črt Zupancič<sup>☞</sup>, Ludwig-Maximilians-Universität München, Nemčija  
 Akad. prof. dr. Andrej Župancič<sup>☞</sup>, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, Slovenija

# MEDNARODNI ODBOR SVETOVALCEV

---

- Prof. dr. James W. Cronin, *Nobelov nagrajenec*, University of Chicago,  
Chicago, Illinois, ZDA
- Prof. dr. Richard Ernst, *Nobelov nagrajenec*, ETH Zürich, Švica
- Prof. dr. Robert Huber, *Nobelov nagrajenec*, Max-Planck-Institut, Martiensried, Nemčija
- Prof. dr. Karl A. Müller, *Nobelov nagrajenec*, IBM Research Laboratory, Zürich, Švica
- Prof. dr. Ernst Günther Afting, GSF, Neuherberg, Nemčija
- Prof. dr. Akito Arima, Riken, Tokio, Japonska
- Prof. dr. John H. Beynon, University of Wales Swansea, Swansea, Velika Britanija
- Prof. dr. Richard Brook, EPSRC, Swindon, Velika Britanija
- Prof. dr. Julio Celis, Aarhus University, Aarhus, Danska
- Prof. dr. Brian Clark, Aarhus University, Aarhus, Danska
- Prof. dr. Børge Diderichsen, Novo Nordisk, Bagsvaerd, Danska
- Prof. dr. Jean Etourneau, Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux,  
CNRS, Pessac, Francija
- Prof. dr. Reinosuke Hara, Seiko Instruments, Tokio, Japonska
- Prof. dr. Oleg Jardetzky, Stanford University, Stanford, Kalifornija, ZDA
- Prof. dr. Sergey P. Kapitza, Russian Academy of Sciences, Moskva, Rusija
- Prof. dr. Karl-Hans Laermann, Bergische Universität, Wuppertal, Nemčija
- Prof. dr. Egon Matijević, Clarkson University, Potsdam, New York, ZDA
- Prof. dr. Federico Mayor, Madrid, Španija
- Prof. dr. Dietrich Munz, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, Nemčija
- Prof. dr. Günther Petzow, Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart, Nemčija
- Prof. dr. Bernard Roth, Stanford University, Stanford, Kalifornija, ZDA
- Prof. dr. John Ryan, University of Oxford, Oxford, Velika Britanija
- Prof. dr. Volker Sörgel, Ruprecht-Karis-Universität Heidelberg, Nemčija
- Prof. dr. H. Eugene Stanley, Boston University, Boston, Mass., ZDA
- Prof. dr. Thomas Walcher, Universität Mainz, Mainz, Nemčija

# MEDNARODNO SODELOVANJE

Večstransko mednarodno sodelovanje	Št. projektov
OBZORJE EVROPA (OE, EDF, EIT) in OBZORJE EVROPA - EURATOM	2
OBZORJE 2020 (EUROPEAN INSTITUTE OF INNOVATION AND TECHNOLOGY, EXCELLENT SCIENCE, EURATOM, INDUSTRIAL LEADERSHIP, SOCIETAL CHALLENGES, SPREADING EXCELLENCE AND WIDENING PARTICIPATION, SCIENCE WITH AND FOR SOCIETY) in OBZORJE 2020 - EURATOM	120
ESRR (INTERREG, MED, CEP, KC, SRIP, SPS, KKP, RZ, RI-SI, RR...)	19
DRUGI EU PROJEKTI (COST, IAEA, ICTP, JRC, ESA, CEF, EMPIR, ERASMUS+, LIFE+,...)	104
OSTALI PROJEKTI (CERN, KEK, CEA, EURAC, WHO...)	106
<b>SKUPAJ</b>	<b>351</b>

Bilateralno sodelovanje z	Št. projektov
Avstrijo	4
Bosno in Hercegovino	1
Črno goro	2
Dansko	2
Francijo	6
Hrvaško	6
Italijo	3
Japonsko	4

Bilateralno sodelovanje z	Št. projektov
Latvijo	1
Nemčijo	8
Norveško	1
Rusijo	1
Srbijo	5
Turčijo	2
ZDA	35
<b>SKUPAJ</b>	<b>81</b>

## ERC-PROJEKTI

- H2020 - Cell-Lasers; Celični laserji: Sklopitev med optičnimi resonancami in biološkimi procesi  
doc. dr. Matjaž Humar (F-5)
- H2020 - LOGOS; Logična vezja iz fotonske mehke snovi  
prof. dr. Igor Muševič (F-5)
- H2020 - FAIME; Anomalije v fiziki okusov z naprednimi identifikacijskimi metodami  
prof. dr. Peter Križan (F-9)
- H2020 - HiPeR-F; Preizkušanje omejitev oksidacijskih stanj periodnega sistema s kemijo fluora pod visokimi tlaki  
doc. dr. Matic Lozinšek (K-1)



**European Research Council**

Established by the European Commission



# SODELOVANJE Z UNIVERZAMI

## DOPOLNILNI SODELAVCI IJS

### Visokošolski učitelji

1. Prof. dr. Denis Arčon, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
2. Prof. dr. Iztok Arčon, Univerza v Novi Gorici
3. Doc. dr. Rok Bojanc, Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije
4. Prof. dr. Janez Bonča, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
5. Doc. dr. Marko Bračko, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Fakulteta za naravoslovje in matematiko
6. Prof. dr. Dean Cvetko, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
7. Prof. dr. Mojca Čepič, Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta
8. Doc. dr. Rok Dolenc, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
9. Prof. dr. Janez Dolinšek, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
10. Prof. dr. Irena Drevenšek Olenik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
11. Prof. dr. Svjetlana Fajfer, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
12. Prof. dr. Darja Fišer, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta
13. Prof. dr. Boštjan Golob, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
14. Prof. dr. Ke Guan, Beijing Jiaotong University, Beijing, Kitajska
15. Prof. dr. Tomaž Gyergyek, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
16. Prof. dr. Polona Jaki Mekjavič, Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta
17. Doc. dr. Branko Kavšek, Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije
18. Prof. dr. Borut Paul Kerševan, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
19. Prof. dr. Samo Korpar, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
20. Prof. dr. Janko Kos, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo
21. Prof. dr. Samo Kralj, Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta
22. Prof. dr. Peter Križan, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
23. Prof. dr. Brigita Lenarčič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
24. Prof. dr. Zoran Levnajič, Fakulteta za informacijske študije, Novo mesto
25. Prof. dr. Andrej Lipej, Univerza v Novem mestu, Fakulteta za strojništvo
26. Prof. dr. Marko Mikuž, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
27. Doc. dr. Matija Milanič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
28. Prof. dr. Igor Muševič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
29. Doc. dr. Natan Osterman, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
30. Doc. dr. Veljko Pejović, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
31. Prof. dr. Uroš Petrovič, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
32. Doc. dr. Tomaž Podobnik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
33. Doc. dr. Paula Pongrac, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
34. Prof. dr. Peter Prelovšek, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
35. Prof. dr. Saša Prelovšek Komelj, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
36. Prof. dr. Anton Ramšak, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
37. Prof. dr. John Shawe-Taylor, University College London, Centre for Computational Statistics and Machine Learning, Velika Britanija

38. Doc. dr. Urban Simončič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
39. Doc. dr. Lea Spindler, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
40. Doc. dr. Andrej Studen, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
41. Prof. dr. Simon Širca, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
42. Prof. dr. Žiga Šmit, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
43. Prof. dr. Borut Strukelj, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Fakulteta za farmacijo
44. Prof. dr. Tanja Urbančič, Univerza v Novi Gorici
45. Prof. dr. Nataša Vaupotič, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko
46. Prof. dr. Katarina Vogel-Mikuš, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
47. Prof. dr. Danilo Zavrtanik, Univerza v Novi Gorici
48. Prof. dr. Primož Ziherl, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
49. Doc. dr. Dejan Žontar, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta

### Visokošolski sodelavci

1. Dr. Jurij Leskovec, Stanford University, Palo Alto, Kalifornija, ZDA
2. Dr. Jure Praznikar, Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije
3. Dr. Tomaž Rejec, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

## REDNI SODELAVCI IJS, KI SODELUJEJO Z VISOKOŠOLSKIMI USTANOVAMI

### Visokošolski učitelji

1. Prof. dr. Jan Babič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
2. Prof. dr. Andreja Benčan Golob, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
3. Prof. dr. Ljudmila Benedik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Fakulteta za matematiko in fiziko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
4. Prof. dr. Aleš Berlec, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo; Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
5. Prof. dr. Slavko Bernik, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
6. Doc. dr. Anton Biasizzo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
7. Prof. dr. Vid Bobnar, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
8. Prof. dr. Marko Bohanec, Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
9. Prof. dr. Biljana Mileva Boshkoska, Fakulteta za informacijske študije, Novo mesto
10. Doc. dr. Klemen Bučar, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
11. Prof. dr. Leon Cizelj, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
12. Prof. dr. Uroš Cvelbar, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
13. Prof. dr. Miran Čeh, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
14. Prof. dr. Miha Čekada, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
15. Doc. dr. Nina Daneu, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
16. Prof. dr. Marko Debeljak, Univerza v Ljubljani; Univerza v Novi Gorici; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana



17. **Doc. dr. Tadej Debevec**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
18. **Doc. dr. Goran Dražič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
19. **Prof. dr. Jean – Marie Dubois**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
20. **Prof. dr. Sašo Džeroski**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
21. **Prof. dr. Borka Džonova Jerman Blažič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
22. **Prof. dr. Tomaž Erjavec**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
23. **Doc. dr. Ingrid Falnoga**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, Biotehniška fakulteta
24. **Prof. dr. Andrej Filipičič**, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za aplikativno naravoslovje
25. **Prof. dr. Bogdan Filipič**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko; Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
26. **Prof. dr. Marko Fonovič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
27. **Doc. dr. Andrej Gams**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
28. **Prof. dr. Matjaž Gams**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
29. **Prof. dr. Marko Gerbec**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
30. **Doc. dr. Evgeny Goreschnik**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
31. **Doc. dr. Sašo Gyergyek**, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
32. **Prof. dr. Ester Heath**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Fakulteta za strojništvo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Biotehniška fakulteta, Fakulteta za zdravstvene vede; Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
33. **Prof. dr. Milena Horvat**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
34. **Doc. dr. Andrej Hrovat**, Beijing Jiaotong University, Beijing, Kitajska; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
35. **Prof. dr. Tomaž Javornik**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
36. **Prof. dr. Robert Jeraj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; University of Wisconsin, School of Medical Physics, Madison, Wisconsin, ZDA
37. **Doc. dr. Ita Junkar**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
38. **Prof. dr. Đani Jurčić**, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju; Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
39. **Prof. dr. Viktor Kabanov**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
40. **Doc. dr. Matjaž Kavčič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
41. **Doc. dr. Ivo Kljenak**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
42. **Doc. dr. Tomaž Klobučar**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; DOBA Fakulteta za uporabne poslovne in družbene študije, Maribor; Fakulteta za komercialne in poslovne vede, Celje
43. **Prof. dr. Spomenka Kobe**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
44. **Prof. dr. Juš Kocijan**, Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
45. **Prof. dr. Andraž Kocjan**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Medicinska fakulteta
46. **Doc. dr. Robert Kocjančič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
47. **Prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli**, Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko
48. **Prof. dr. Anton Kokalj**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
49. **Doc. dr. Matej Andrej Komelj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
50. **Doc. dr. Boštjan Končar**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
51. **Prof. dr. Dušan Kordiš**, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Medicinska fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
52. **Prof. dr. Barbara Koroušič Seljak**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta
53. **Doc. dr. Tina Kosjek**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Fakulteta za strojništvo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Biotehniška fakulteta, Fakulteta za zdravstvene vede; Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
54. **Doc. dr. Igor Kovač**, FH Joanneum, Gradec, Avstrija
55. **Prof. dr. Janez Kovač**, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
56. **Doc. dr. Petra Kralj Novak**, Central European University, Dunaj, Avstrija
57. **Doc. dr. Slavko Kralj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo
58. **Prof. dr. Igor Kržaj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Biotehniška fakulteta, Medicinska fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
59. **Doc. dr. Marjan Kromar**, Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko
60. **Prof. dr. Danjela Kuščer Hrovatin**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
61. **Prof. dr. Zdravko Kutnjak**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Fakulteta za strojništvo; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
62. **Prof. dr. Nada Lavrač**, Univerza v Novi Gorici; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Ljubljani
63. **Prof. dr. Jadran Lenarčič**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko; Univerza v Novi Gorici; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Università degli studi di Bologna, Italija
64. **Doc. dr. Adrijana Leonardi**, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
65. **Dr. David Lindemann**, Universidad del País Vasco, Španija
66. **Prof. dr. Matej Lipoglavšek**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
67. **Prof. dr. Darja Lisjak**, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za naravoslovje; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
68. **Prof. dr. Sonja Lojen**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju
69. **Prof. dr. Boris Majaron**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
70. **Prof. dr. Darko Makovec**, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Medicinska fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
71. **Prof. dr. Barbara Malič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
72. **Doc. dr. Sabina Markelj**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
73. **Prof. dr. Igor Mekjavič**, Univerza Simon Fraser, Britanska Kolumbija, Kanada
74. **Doc. dr. Alenka Mertelj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
75. **Doc. dr. Tomaž Mertelj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
76. **Prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
77. **Doc. dr. Andrej Mihelič**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
78. **Doc. dr. Miha Mihovilovič**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Nemčija
79. **Prof. dr. Radmila Milačič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
80. **Prof. dr. Ingrid Milošev**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Zagrebu, Fakulteta za kemijsko inženirstvo in tehnologijo
81. **Prof. dr. Dunja Mladenec**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Zagrebu; Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta; Univerza v Novi Gorici; Univerza na Primorskem
82. **Prof. dr. Mihael Mohorčič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
83. **Doc. dr. Helena Motaln**, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
84. **Prof. dr. Miran Mozetič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
85. **Doc. dr. Bojan Nemeč**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana

86. Doc. dr. Roman Novak, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
87. Prof. dr. Saša Novak Krmpotič, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
88. Prof. dr. Nives Ogrinc, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
89. Doc. dr. Mojca Otoničar, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
90. Doc. dr. Panče Panov, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Fakulteta za informacijske študije, Novo mesto
91. Prof. dr. Gregor Papa, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
92. Prof. dr. Primož Pelicon, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
93. Prof. dr. Rok Pestotnik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
94. Prof. dr. Toni Petan, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
95. Prof. dr. Maja Ponikvar - Svet, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
96. Doc. dr. Gregor Primc, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
97. Prof. dr. Jože Pungerčar, Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
98. Prof. dr. Matthew Purver, Queen Mary University of London, School of Electronic Engineering & Computer Science, Velika Britanija
99. Prof. dr. Aleksander Rečnik, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
100. Prof. dr. Maja Remškar, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
101. Doc. dr. Peter Rodič, Mednarodna podiplomska šola Jožeta Stefana
102. Prof. dr. Boris Rogelj, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Medicinska fakulteta, Biotehniška fakulteta
103. Prof. dr. Tadej Rojac, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
104. Prof. dr. Igor Serša, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
105. Doc. dr. Tomaž Skapin, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
106. Prof. dr. Borut Smodiš, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
107. Prof. dr. Luka Snoj, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; Virginia Tech College of Engineering, ZDA
108. Prof. dr. Matjaž Spreitzer, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
109. Prof. dr. Veronika Stoka, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
110. Doc. dr. Luka Šantelj, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
111. Prof. dr. Janez Ščančar, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
112. Doc. dr. Srečo Davor Škapin, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
113. Prof. dr. Miha Škarabot, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
114. Doc. dr. Primož Škraba, Queen Mary University of London, Velika Britanija
115. Doc. dr. Zdenka Šlejkevce, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
116. Prof. dr. Janez Štrancar, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo; Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
117. Prof. dr. Sašo Šturm, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
118. Prof. dr. Aleš Švigelj, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
119. Doc. dr. Gašper Tavčar, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
120. Prof. dr. Iztok Tiselj, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
121. Prof. dr. Andrej Trkov, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko
122. Prof. ddr. Boris Turk, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
123. Prof. dr. Dušan Turk, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Medicinska fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
124. Doc. dr. Livija Tušar, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
125. Doc. dr. Tea Tušar, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Università degli studi di Trieste, Italija
126. Prof. dr. Aleš Ude, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
127. Doc. dr. Hana Uršič Nemevšek, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
128. Prof. dr. Janja Vaupotič, Univerza v Novi Gorici; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
129. Doc. dr. Matjaž Vencelj, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
130. Prof. dr. Alenka Vesel, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
131. Doc. dr. Damir Vrančič, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Fakulteta za industrijski inženiring Novo mesto
132. Prof. dr. Boštjan Zalar, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
133. Doc. dr. Rok Zaplotnik, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
134. Prof. dr. Marko Zavrtanik, Univerza v Novi Gorici
135. Prof. dr. Aleksander Zidanšek, Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
136. Doc. dr. Benjamin Zorko, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
137. Doc. dr. Bernard Ženko, Fakulteta za informacijske študije, Novo mesto, Fakulteta za industrijski inženiring Novo mesto; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
138. Prof. dr. Eva Žerovnik, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
139. Prof. dr. Matjaž Žitnik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
140. Doc. dr. Leon Žlajpah, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
141. Doc. dr. Martin Žnidaršič, Fakulteta za industrijski inženiring Novo mesto; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
142. Prof. dr. Slobodan Žumer, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
143. Prof. dr. Kristina Žužek Rožman, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana

## Visokošolski sodelavci

1. Dr. Tilen Brecej, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
2. Dr. Martin Draksler, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
3. Dr. Tome Eftimov, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
4. Dr. Samir El Shawish, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
5. Dr. Blaž Fortuna, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
6. Dr. Carolina Fortuna, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
7. Dr. Dejan Gradišar, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
8. Dr. Anton Gradišek, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
9. Dr. Radojko Jačimović, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
10. Dr. Peter Jeglič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
11. Dr. Petra Jenuš, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
12. Dr. Martin Klanjšek, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
13. Dr. Dragi Kocev, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
14. Dr. Igor Lengar, Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko
15. Dr. Matjaž Leskovar, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
16. Dr. Mitja Luštrek, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
17. Dr. Aljaž Osojnik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
18. Dr. Andrej Petelin, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
19. Dr. Matej Petković, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
20. Dr. Senja Pollak, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
21. Dr. Andrej Prošek, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
22. Dr. Vladimir Radulović, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
23. Dr. Adam Rambousek, Faculty of Informatics Masaryk University, Brno, Češka
24. Dr. Jure Slak, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
25. Dr. Špela Stres, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
26. Dr. Mitja Uršič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
27. Dr. Mojca Vilfan, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
28. Dr. Darko Vrečko, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju
29. Dr. Andrej Zorko, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Fakulteta za matematiko in fiziko
30. Dr. Kristina Žagar Soderžnik, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana

# KOLOKVIJI NA IJS

22. marec 2021: **Nives Ogrinc**

Institut "Jožef Stefan" in Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana  
*Stabilni izotopi v interdisciplinarnih raziskavah* (virtualno)

23. marec 2021: **Barbara Malič**

Institut "Jožef Stefan" in Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana  
*Feroelektrična keramika: pogled na stoletje raziskav od odkritja feroelektričnega pojava do danes* (virtualno)

23. marec 2021: **David S. Weiss**

Pennsylvania State University University Park, ZDA  
*Kvantno računalništvo z atomi v svetlobnih pasteh* (virtualno)

25. marec 2021: **Janko Petrovčič**

Institut "Jožef Stefan"  
*Izzivi razvoja elektronike kot sopotnice sodobnih raziskav in aplikacij* (virtualno)

25. marec 2021: **Andrej Filipičič in Marko Zavrtanik**

Institut "Jožef Stefan" in Univerza v Novi Gorici  
*Meritve kozmičnih delcev ekstremnih energij na Observatoriju Pierre Auger* (virt.)

26. marec 2021: **Denis Arčon**

Institut "Jožef Stefan" in Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani  
*Fulereni: superprevodnost, magnetizem in qubiti* (virtualno)

14. april 2021: **Mitja Luštrek**

Institut "Jožef Stefan"  
*Optimizacija ukrepov za zajezitev epidemije COVID-19* (virtualno)

16. april 2021: **Dušan Turk**

Institut "Jožef Stefan"  
*Presejalni test z rentgensko difrakcijo na kristalih glavne proteaze razkeril zaviralce virusa SARS-CoV-29* (virtualno)

21. april 2021: **Claudio Masciovecchio**

Elettra Sincrotrone Trieste, Italija  
*Nove možnosti raziskav z laserjem na proste elektrone* (virtualno)

12. maj 2021: **Matjaž Leskovar**

Institut "Jožef Stefan"  
*Modeliranje epidemije COVID-19 v Sloveniji* (virtualno)

27. oktober 2021: **Saša Svetina**

Inštitut za biofiziko, Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani in Institut "Jožef Stefan"  
*Zakaj so podelili Nobelovo nagrado za odkritje proteinov Piezo1 in Piezo2* (virtualno)

24. november 2021: **Matej Praprotnik**

Kemijski inštitut in Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani  
*Večskalne simulacije odprtih molekularnih sistemov*

15. december 2021: **Matevž Dular**

Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani  
*Kavitacija - pot od njenega preprečevanja do njene uporabe za uničevanje virusov in bakterij* (virtualno)

# UMETNIŠKE RAZSTAVE V GALERIJ IJS



Barbara Kastelec, 18. januar–15. februar

Ivo Mršnik, 15. februar–15. marec

Tone in France Kralj, 15. marec–12. april

Milena Gregorčič, 12. april–10. maj

Arjan Pregl, 10. maj–7. junij

Melita Vovk, 7. junij–5. julij

Vojko Gašperut – Gašper, 5. julij–2. avgust

Jean Duncan, 2. avgust–6. september

Polona Petek, 6. september–4. oktober

Marta Bartolj, 4. oktober–8. november

Darko Slavec, 8. november–6. december

Saša Bežjak, 6. december–10. januar 2022

*Barbara Kastelec na odprtju svoje razstave*

# ŠTEVILO ŠTIPENDISTOV

1977-2021

Leto	FMF		FKKT UNI LJ	FKKT UNI MB	NTF	FDV	FU	BF	FE in FRI	Drugo UNI LJ	FG in FERI	UNG	MPŠ	SKUPAJ
	Oddelek za fiziko	Oddelek za matematiko												
... 1989	242	75	144					4	181	21	4			671
1990	26	5	11					2	25		1			70
1991	23	2	9					2	24	2	1			63
1992	22	3	16					3	17	1				62
1993	21	1	15					3	13	1				54
1994	7	1	8					3	6					25
1995	2		9					3	5					19
1996	2		9					3	5					19
1997	2		12					1	4		1			20
1998	1		6					1	7		1			16
1999	2		7					4	7					20
2000	1		5					3	9					18
2001	3		13					3	10					29
2002	4		20					3	10					37
2003	3		18					2	12	1				36
2004	4		17					1	15	1	2	2		42
2005	3		12			1		2	19		2	1		40
2006	2		12			1		1	17		2	2		37
2007	3		14			1		2	18		2	1		41
2008	2	1	13	3		1		2	15		1	1		39
2009	2	1	17	4		1		5	16		1	2		49
2010	2		11	5	2	1	1	3	10		1	2	5	43
2011	2	1	11	5	4	1	1	4	7		1		6	43
2012	2		10	6	3	1		3	6				5	36
2013	3	2	3	2	1		1		2	2			6	22
2014	14	6	3		2		1		3	2			1	32
2015	21	6	4		1				9	1			10	52
2016	16	2	5						7	1			15	46
2017	11	2	4					2	7				12	38
2018	9	3	5					2	6	1	1		7	34
2019	16	1	5						7		1		12	42
2020	17	1	4						5	1			8	36
2021	19		3						5	1			6	34
<b>SKUPAJ</b>	<b>509</b>	<b>113</b>	<b>455</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>67</b>	<b>509</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>11</b>	<b>93</b>	<b>1865</b>

FMF Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani  
 FKKT (Uni-Lj) Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani  
 FKKT (Uni-Mb) Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Mariboru  
 NTF Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani  
 FDV Fakulteta za družbene vede, Univerza v Ljubljani  
 FU Fakulteta za upravo, Univerza v Ljubljani  
 BF Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

FE Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
 FRI Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani  
 FG Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru  
 FER Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru  
 UNG Univerza v Novi Gorici  
 MPŠ Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana  
 Drugo (Uni-Lj) Fakulteta za farmacijo, Fakulteta za strojništvo, Ekonomska fakulteta, Medicinska fakulteta, UL

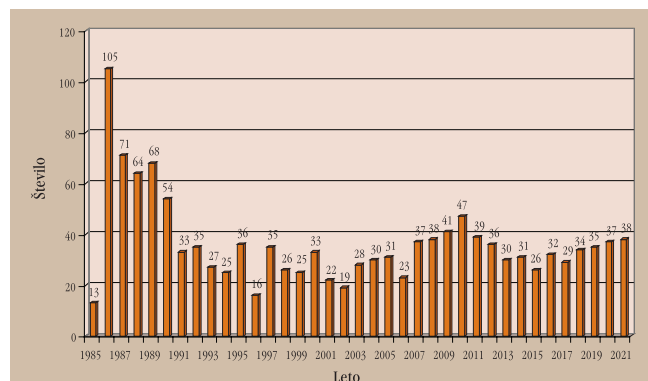
# ŠTEVILO MLADIH RAZISKOVALCEV, SPREJETIH V FINANCIRANJE

1985–2021

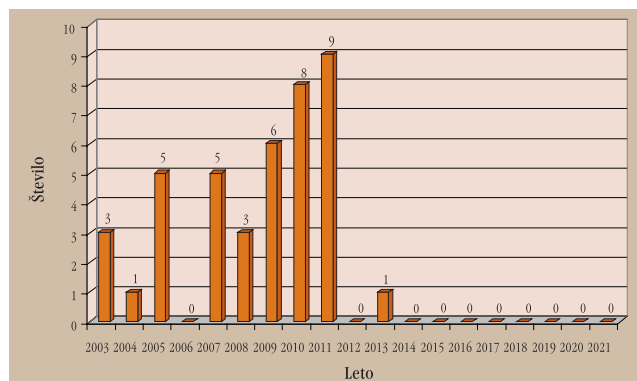
Odsek	Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije				Gospodarstvo	Skupaj
	Magisterij in doktorat	Doktorat	Magisterij	Specializacija	Doktorat	
Odsek za teoretično fiziko (F-1)	4	58	1	2		65
Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2)	14	34	3	2	1	54
Odsek za tanke plasti in površine (F-3)	2	7	2		2	13
Odsek za tehnologijo površin in optoelektroniko (F-4)		20			2	22
Odsek za fiziko trdne snovi (F-5)	22	92	5	25	3	147
Odsek za kompleksne snovi (F-7)	2	43	2	3	2	52
Odsek za reaktorsko fiziko (F-8)	11	20	4	2		37
Odsek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev (F-9)	13	44			3	60
Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K-1)	9	20	1	1	2	33
Odsek za fizikalno in organsko kemijo (K-3)	13	31	9	6		59
Odsek za elektronsko keramiko (K-5)	3	33	6	3	1	46
Odsek za inženirsko keramiko (K-6)	1	10	3	3	1	18
Odsek za nanostrukturne materiale (K-7)	4	44	3	2	2	55
Odsek za sintezo materialov (K-8)	1	19	4		1	25
Odsek za raziskave sodobnih materialov (K-9)	6	25	5	1	2	39
Odsek za biokemijo, molekularno in strukturno biologijo (B-1)	24	63	2	4		93
Odsek za molekularne in biomedicinske znanosti (B-2)	4	21	3	1		29
Odsek za biotehnologijo (B-3)	3	17	2	1		23
Odsek za znanosti o okolju (O-2)	34	74	5	2	4	119
Odsek za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko (E-1)	14	29	18	8		69
Odsek za sisteme in vodenje (E-2)	10	31	10	4	1	56
Odsek za umetno inteligenco (E-3)		4				4
Laboratorij za odprte sisteme in mreže (E-5)	5	7	3		1	16
Odsek za komunikacijske sisteme (E-6)	15	20	17	1		53
Odsek za računalniške sisteme (E-7)	14	9	6	2	4	35
Odsek za tehnologije znanja (E-8)	14	29	8			51
Odsek za inteligentne sisteme (E-9)	11	18	7	2	5	43
Odsek za reaktorsko tehniko (R-4)	11	16	9	3		39
Center za energetske učinkovitost (CEU)	3	1	18	6	4	32
Center za informatiko in zunajšolsko izobraževanje (CT-1)	6		6	1		13
<b>SKUPAJ</b>	<b>273</b>	<b>839</b>	<b>162</b>	<b>85</b>	<b>41</b>	<b>1400</b>

## ŠTEVILO MLADIH RAZISKOVALCEV, SPREJETIH V FINANCIRANJE

Javna agencija za raziskovalno dejavnost  
Republike Slovenije\*



Gospodarstvo



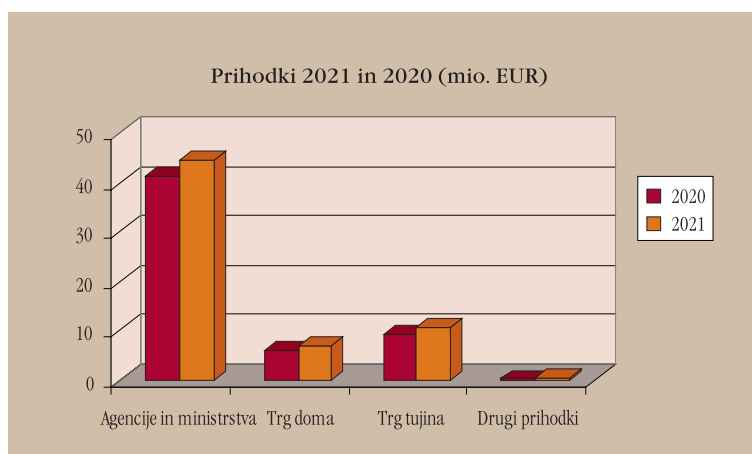
\* Na grafu je skupno število mladih raziskovalcev, sprejetih v financiranje od ARRS, manjše. Razlika je posledica dejstva, da je nekaj mladih raziskovalcev v tem obdobju spremenilo vrsto usposabljanja.

## FINANCE

### PRIHODKI IJS (V EUR) IN ŠTEVILO POGODB

IJS je prihodke pridobil v tekmi z drugimi, domačimi in tujimi, raziskovalnimi organizacijami: 71,4 % na razpisih na državnih ministrstvih in agencijah, 17,1 % na mednarodnih razpisih (pretežno na okvirnih programih EU) in 11 % na domačem trgu.

	2021	delež 2021	2020	delež 2020	indeks 2021/2020	št. pogodb v letu 2021
Agencije in ministrstva	44.596.210	71,4 %	41.157.432	72,7 %	108,4	472
Trg doma	6.896.083	11 %	6.081.337	10,7 %	113,4	315
Trg tujina	10.648.758	17,1 %	9.235.685	16,3 %	115,3	302
Drugi prihodki	309.334	0,5 %	124.806	0,2 %	247,9	
<b>SKUPAJ</b>	<b>62.450.385</b>	<b>100 %</b>	<b>56.599.260</b>	<b>100 %</b>	<b>110,3</b>	<b>1089</b>



# OBJAVE IN DELA

2021

Vir podatkov COBISS

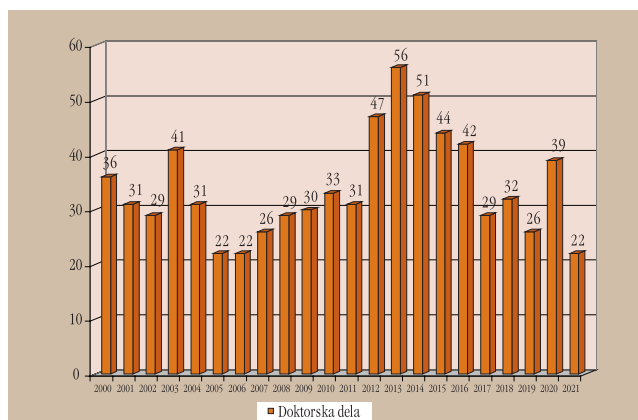
Odsek	Članki		Monografije		Patenti		Doktorati
	Znanstveni	Strokovni	Znanstvene	Strokovne	Podeljeni	Prijave	
Teoretična fizika (F-1)	79	6	1				2
Fizika nizkih in srednjih energij (F-2)	57	3		2			2
Tanke plasti in površine (F-3)	13						
Tehnologija površin in optoelektronika (F-4)	67				2	1	
Fizika trdne snovi (F-5)	170	3		2	3	1	3
Plinska elektronika (F-6)	50				1		
Kompleksne snovi (F-7)	49	1			1		1
Reaktorska fizika (F-8)	73						1
Eksperimentalna fizika osnovnih delcev (F-9)	109						
Anorganska kemija in tehnologija (K-1)	29	1					
Fizikalna in organska kemija (K-3)	26	1					
Elektronska keramika (K-5)	59				1		
Nanostrukturni materiali (K-7)	70	1			4		3
Sinteza materialov (K-8)	22				1		
Sodobni materiali (K-9)	52						1
Biokemija, molekularna in strukturna biologija (B-1)	23				1	2	
Molekularne in biomedicinske znanosti (B-2)	14						
Biotehnologija (B-3)	30	2				1	1
Znanosti o okolju (O-2)	90	4				2	2
Avtomatika, biokibernetika in robotika (E-1)	65	5			3		1
Sistemi in vodenje (E-2)	37	1		1			1
Umetna inteligenca (E-3)	55						1
Odprti sistemi in mreže (E-5)	18	2					1
Komunikacijski sistemi (E-6)	60	1					1
Računalniški sistemi (E-7)	57		1				
Tehnologije znanja (E-8)	131		1	1			
Inteligentni sistemi (E-9)	64	1	1		1		
Reaktorska tehnika (R-4)	40						1
Reaktorski infrastrukturni center (RIC)	10						
Znanstvenoinformacijski center (ZIC)	1						
Center za energetska učinkovitost (CEU)	9	1		3			
Center za elektronsko mikroskopijo in mikroanalizo (CEMM)	6						
Center za prenos znanja na področju inf. tehn. (CT-3)	2						
Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča (ICJT)							
Varstvo pred ionizirajočim sevanjem (SVPIS)	1			1			
Center za prenos tehnologij in inovacij (CTT)	17	5	1				
Center tovarne prihodnosti (CToP)	2				1		
<b>Institut "Jožef Stefan"</b>	<b>1487</b>	<b>36</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>22</b>



# OPRAVLJENA DOKTORSKA DELA

DO 2021

Leto	Doktorati	Leto	Doktorati
...1999	524	2011	31
2000	36	2012	47
2001	31	2013	56
2002	29	2014	51
2003	41	2015	44
2004	31	2016	42
2005	22	2017	29
2006	22	2018	32
2007	26	2019	26
2008	29	2020	39
2009	30	2021	22
2010	33	<b>SKUPAJ</b>	<b>1273</b>



# PODELJENI PATENTI

- Stephen James Moore, Margaret Thy Luu Hyugen, Daniel Robert Hostetter, Olga Vasiljeva, Jason Gary Sagert, Jonathan Alexander Terrett, James William West, Matrix metalloprotease-cleavable and serine protease-cleavable substrates and methods of use thereof, US11046759 (B2), US Patent Office, 29. 6. 2021
- Anton Umek, Boris Jerman, Mitja Gliha, Anton Kos, Iztok Špan, Link member for connection of a gripping assembly to a hydraulic crane arm with integrated dynamic weighing assembly, EP3649071 (B1), European Patent Office, 24. 2. 2021
- Simon Reinhard, Jačim Jačimovič, Lorenz Herrmann, Tomaž Tomše, Method of producing a permanent magnet with inter-grain heavy-rare-earth element, EP3649659 (B1), European Patent Office, 7. 4. 2021
- Janez Štrancar, Rok Podlipec, Iztok Urbančič, Zoran Arsov, Andrej Vrečko, Image-processing apparatus and image-processing method for detection of irregularities in tissue, EP3755994 (B1), European Patent Office, 26. 5. 2021
- Igor Kovač, Cardan joint, EP3615823 (B1), European Patent Office, 2. 6. 2021
- Nejc Lukač, Matjaž Lukač, Matija Jezeršek, Peter Gregorčič, Cleaning system, EP3510961 (B1), European Patent Office, 9. 6. 2021
- Saša Novak, Nataša Drnovšek, Gregor Murn, Implant having a multilayered coating and a process for preparing thereof, EP2595669 (B1), European Patent Office, 13. 10. 2021
- Xuan Xu, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, A method for recovery of  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  grains from bulk sintered Nd-Fe-B magnets and/or magnet scraps by electrochemical etching, EP3660174 (B1), European Patent Office, 27. 10. 2021
- Ita Junkar, Rok Zaplotnik, Metka Benčina, Miran Mozetič, Method for treatment medical devices made from nickel-titanium (NiTi) alloys, EP3636294 (B1), European Patent Office, 17. 11. 2021
- Sašo Gyergyek, Andraž Kocjan, Darko Makovec, Method for synthesis of coated magnetic particles, GB2582272 (B), Intellectual Property Office, 14. 7. 2021
- Gregor Filipič, Kristina Eleršič, Darij Kreuh, Janez Kovač, Uroš Cvelbar, Miran Mozetič, A method of colouring titanium and titanium alloys, GB2530805 (B), Intellectual Property Office, 24. 11. 2021
- Jaka Sodnik, Boštjan Kaluža, Mojca Komavec, Kristina Stojmenova, Postopek vrednotenja vozniča in naprava za izvedbo postopka, SI25874 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 29. 1. 2021
- Vid Bobnar, Barbara Malič, Aleksander Matavž, Metoda proizvodnje polimernih plasti z modificirano površino, SI25887 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 31. 3. 2021
- Nejc Šarabon, Monika Pavlovič, Andrej Trošt, Jan Babič, Več-pospeškometski sistem in metoda za vrednotenje mehanskega stresa med hojo in tekom, SI25959 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 30. 7. 2021

# NAGRADE IN PRIZNANJA

## NAGRADE REPUBLIKE SLOVENIJE

### Zoisova nagrada in Zoisovi priznanji

#### Goran Dražič

Zoisova nagrada za vrhunske dosežke na področju presevne elektronske mikroskopije materialov

#### Matej Kanduč

Zoisovo priznanje za pomembne znanstvene dosežke na področju raziskav hidratacije in termoodzivnih hidrogelov

#### Nataša Vaupotič

Zoisovo priznanje za raziskave na področju modeliranja struktur in resonančnega odziva večdimenzionalnih termotropnih faz



*Prejemniki Zoisovih nagrad in priznanj ter Puhovih nagrad: prof. dr. Goran Dražič, prof. dr. Griša Močnik, dr. Luka Drinovec, prof. dr. Borka Jerman Blažič, prof. dr. Nataša Vaupotič in dr. Matej Kanduč*

### Puhove nagrade

#### Borka Jerman Blažič

Puhova nagrada za življenjsko delo za dosežke na področju informacijsko-komunikacijskih tehnologij

Luka Drinovec, Griša Močnik ter razvojni skupini podjetij Aerosol, d. o. o., in Robomed, d. o. o.

Puhova nagrada za vrhunske dosežke za razvoj metod za merjenje absorpcije aerosolov

### Nagrada na področju šolstva

#### Samo Kralj

za izjemne dosežke na področju visokega šolstva

## NAGRADE IJS

### Blinčeve nagrade

#### Martin Čopič

Blinčeva nagrada za življenjsko delo s področja fizike

#### Uroš Tkalec

Blinčeva nagrada za vrhunske enkratne dosežke na področju fizike

#### Miha Ravnik

Blinčeva nagrada za fizike na začetku kariere

### Zlati znak Jožefa Stefana

*Zlati znak Jožefa Stefana za uspešnost in odmevnost doktorskih del doma in v tujini so prejeli raziskovalci:*

#### Sara Drvarič Talian

Študij vpliva izbranih procesov in parametrov na notranjo upornost litij-žveplovih akumulatorjev

#### Špela Zupančič

Razvoj dvoslojnih nanovlaken za inovativno zdravljenje parodontalne bolezni

#### Martin Gjoreski

Spoj klasičnega in globokega strojnega učenja za mobilno spremljanje zdravja in obnašanja z nosljivimi senzorji



*Prejemniki Blinčevih nagrad: prof. dr. Miha Ravnik, prof. dr. Martin Čopič in doc. dr. Uroš Tkalec*

## DRUGA ODMEVNEJŠA PRIZNANJA RAZISKOVALCEM IJS

**Odsek za reaktorsko fiziko (F-8)**, nagrada Agencije za raziskovalno dejavnost RS odlični v znanosti 2021 v kategoriji Tehnika, podkategorija Energetika za delo Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation

**Odsek za sisteme in vodenje (E-2)** in podjetje **Danfoss Trata**, priznanje TARAS za leto 2021 za razvoj inteligentnih motornih pogonov, s katerim Industrijski forum IRT, organizator osrednjega strokovnega dogodka slovenske industrije, nagraduje najuspešnejše sodelovanje gospodarstva in raziskovalno-razvojnega okolja na področju inoviranja, razvoja in tehnologij, Portorož, Slovenija

**Odsek za inteligentne sisteme (E-9)**, nagrada za tekoče dosežke na področju informacijske družbe, Ljubljana, Slovenija, programski in organizacijski odbor multikonference Informacijska družba 2021, drugo mesto na XPrize Pandemic Response Challenge

**Andreja Benčan Golob, Goran Dražič, Barbara Malič, Mojca Otoničar, Tadej Rojac, Hana Uršič Nemešček**, dosežek za prispevek Razkritje vpliva polarnega nereda na dinamiko elektromehanskega odziva relaksorskih materialov je bil uvrščen v izbor odlični v znanosti ARRS 2021, ARRS

**Monika Biasizzo**, Young Investigator Award Nomination, Best Speaker at 38<sup>th</sup> Winter School on proteinases and their inhibitors, ASBMB virtual conference, Impaired autophagy and increased susceptibility to LPS-induced sepsis in cystatin C-deficient mice

**Tilen Breclj, Tadej Petrič**, Best Research Paper Award, Futuroscope-Poitiers, Francija, RAAD 2021, Angular Dependency of the Zero Moment Point

**Matej Cigale, Carlo De Masi, Erik Dovgan, Matjaž Gams, Anton Gradišek, Vito Janko, Mitja Luštrek, Matej Marinko, Nina Reščič, David Susič, Tea Tušar, Aljoša Vodopija** (Ekipa JSI vs COVID), drugo mesto na XPrize Pandemic Response Challenge, virtualno, XPrize Foundation, metode za napovedovanje okužb s covidom-19 in priporočanje protiukrepov

**Oana-Andreea Condurache**, 3. mesto na mednarodnem tekmovanju: YCN Pitch me your Idea!, Young Ceramicist Network Pitch Contest, Young Ceramicist Society

**Oana-Andreea Condurache**, 3. mesto na študentskem tekmovanju v sklopu 27. konference Slovenski kemijski dnevi (SKD 2021), Organizacijski odbor konference SKD 2021

**Uroš Cvelbar, Martina Modic et al.**, zlato priznanje za inovacijo gospodarske zbornice Dolenjske in Bele krajine 2021

**Alja Čontala**, 13. MPŠ študentska konferenca in Dan mladih raziskovalcev KMBO, Greenest Research Award

**Carlo De Masi, Simon Stankoski, Vincent Cergolj, Mitja Luštrek**, nagrada za najboljši prispevek na Slovenski konferenci o umetni inteligenci 2021, Ljubljana, Slovenija, programski odbor Slovenske konference o umetni inteligenci 2021, prispevek Intent recognition and drinking detection for assisting kitchen-based activities

**Matjaž Dlouhy**, prva nagrada za najboljšo študentsko predavanje z naslovom The effect of corrosion relevant species on the adsorption of imidazole on copper na 27-letnem srečanju Slovenskega kemijskega društva Slovenski kemijski dnevi 2021, 22.-24. september 2021

**Carola Doerr, Tome Eftimov, Anja Jankovič**, Best Paper Award pri EvoApps 2021 v sklopu EvoStar: EvoApplications: Towards Feature-Based Performance Regression/Using Trajectory Data

**Sabina Drofenik**, Krkino priznanje 2021, Novo mesto, Krka, tovarna zdravil, d. d., raziskovalna naloga: Opredelitev mehanizma in soodvisnosti delovanja dveh beljakovin iz modrasovega strupa, sekretorne fosfolipaze A2 in zaviralca kimotripsina

**Tome Eftimov, Dragi Kocev, Gorjan Popovski, Matej Petkovič, Barbara Koroušič Seljak**, nagrada ARRS odlični v znanosti 2021, nagrado so prejeli v sekciji interdisciplinarne raziskave z naslovom: Vpliv pandemije COVID-19 na prehranjevalne navade.

**Tomaž Erjavec**, nagrada Stevena Krauwjerja, Nizozemska, CLARIN Annual Conference, CLARIN ERIC, priprava večjezičnega korpusa parlamentarnih razprav ParlaMint

**Matjaž Gams, Urša Klun, Primož Kocuvan, Tine Kolenik**, nagrada za najboljši referat delavnice projekta Insieme, Ljubljana, programski in organizacijski odbor delavnice projekta Insieme, mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS2021, Intelligent cognitive assistant technology for (mental) health in the ISE-EMH project

**Matjaž Gams, David Susič, Janez Tomšič**, nagrada za najboljši referat delavnice projekta Insieme, Ljubljana, programski in organizacijski odbor delavnice projekta Insieme, mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS2021, Effectiveness of non-pharmaceutical interventions in handling the COVID-19 pandemic: Review of related studies

**Timotej Gašpar**, Vodovnikova nagrada za doktorsko delo, Ljubljana, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Tehnologije za hitro rekonfiguracijo prilagodljivih robotskih celic

**Anton Gradišek**, nagrada za najboljšo predavanje na konferenci EcoBalt 2021 z naslovom Particle Removal Efficiency of Face Masks During the Covid-19 Pandemic, Riga, Latvija (virtualno)

**Ester Heath, David Škufca**, priznanje za najodličnejši raziskovalni dosežek Univerze v Ljubljani v letu 2021, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija, Novodobna organska onesnažila – kako jih lahko obvladamo z algami?

**Nataša Hojnik**, nagrada ARRS – Odlični v znanosti 2021, Razkritje mehanizmov razgradnje in detoksifikacije aflatoksina B1 po obdelavi z zračno plazmo

**Adrijan Ivanušec, Jernej Šribar, Peter Veranič, Maja Zorovič, Marko Živin, Igor Križaj**, nagrada za najboljši poster: 8<sup>th</sup> Oxford Venoms and Toxins Meeting (virtualno), naslov dela: Sesalska sekretorna fosfolipaza A2 iz skupine IIA se veže na isti mitohondrijski receptor kot njen  $\beta$ -nevrotoksični ortolog iz kačjega strupa

**Ita Junkar, Metka Benčina, Matic Resnik, Rok Zaplotnik**, nagrada za najboljšo inovacijo s tržnim potencialom, Center za prenos tehnologij in inovacij na Institutu "Jožef Stefan", Nove metode za pripravo površin medicinskih pripomočkov, predvsem žilnih opornic

**Aljaž Kavčič**, Prešernova nagrada za magistrsko delo z naslovom Mikroskopija in senzorika skozi sipajoča tkiva z uporabo optičnih mikroresonatorjev, Ljubljana, Univerza v Ljubljani

**Adem Kikaj, Marko Bohanec**, nagrada za najboljši študentski prispevek na konferenci ICDSST 2021

**Dragi Kocev**, članek z naslovom Vpliv pandemije COVID-19 na prehranske navade je bil med 21 izbranimi dosežki na področju interdisciplinarnih raziskav (ARRS, Odlični v znanosti)



**Janez Kokalj, Matjaž Leskovar, Mitja Uršič**, nagrada za najboljši članek tehničnega dela (Konferenca ENYGF, Tarragona, Španija), Jóvenes Nucleares, Sociedad Nuclear Española in ENS YGN, Model for premixed layer formation in stratified fuel-coolant configuration and its application

**Boško Koloski, Bojan Evkoski**, nagrada za zmago na Green hack hekatonu

**Mihael Boštjan Končar, Matej Tekavčič, Mitja Uršič**, nagrada za najboljši prispevek na tekmovanju mladih avtorjev (Mednarodna konferenca NENE 2021, Portorož), Društvo jedrskih strokovnjakov, Film boiling simulation around cylinder with ANSYS Fluent

**Tina Kosjek**, Excellent Reviewer Award 2021 = priznanje odličnemu recenzentu 2021, Journal of Hazardous Materials, Elsevier

**Jan Kren**, nagrada za najboljši prispevek mladega raziskovalca (Konferenca Computational Heat Transfer - 21, virtualno), International Centre for Heat and Mass Transfer, Numerical analysis of turbulent heat transfer in rectangular duct

**Danjela Kuščer**, srebrno priznanje za inovacijo, Izdelava transparentnih elektrod iz raztopin cenovno dostopnih prevodnih oksidov s postopkom sitotiska, Gospodarska zbornica Slovenije, Območna zbornica Zasavje

**Matic Lozinšek**, dosežek *Prvi spojini, ki hkrati vsebujeta kripton in ksenon* je bil uvrščen v izbor Odlični v znanosti 2021, ARRS

**Anže Mraz**, dobitnik nagrade Fernando Tommasini za najbolj razumljiv govor v Crossnanu 2021

**Aleš Mrzel, Damjan Vengust**, bronasta medalja in nagrada ARCA 2021: KTT - Konzorcij za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo, Nacionalna in univerzitetna knjižnica v Zagrebu, Hrvaška, 14.-16. oktober 2021

**Sebastjan Nemeč**, 2. mesto v tekmovanju za najboljše študentsko predavanje na konferenci Slovenski kemijski dnevi 2021 v Portorožu (22.-24. 9. 2021)

**Helena Plešnik**, Krkino priznanje za magistrsko nalogo, Novo mesto, Krka, d. d., naslov dela: Ugotavljanje produktov razgradnje lignina z izbranimi sevi bakterij s tekočinsko kromatografijo, sklopljeno z masno spektrometrijo = Determination of bacterial lignin degradation products by liquid chromatography coupled to mass spectrometry

**Kity Požek, Adrijana Leonardi, Milan Kojić, Igor Križaj**, nagrada za najboljši poster: 8<sup>th</sup> Oxford Venoms and Toxins Meeting (virtualno), naslov dela: Priprava in karakterizacija rekombinantnega VaaMPIII-3, dizintegrinu podobnega proteina, bogatega s cisteini iz strupa Vipera a. ammodytes

**Kity Požek**, nagrada za najboljši esej: Fundacija Hamish Ogston Foundation competition, London, Velika Britanija, naslov eseja: Vpliv pandemije covid-19 na raziskave in terapijo zastrupitev s kačjimi strupi

**Nina Reščič, Vito Janko, David Susič, Carlo De Masi, Aljoša Vodopija, Matej Marinko, Tea Tušar, Erik Dovgan, Matej Cigale, Anton Gradišek, Matjaž Gams, Mitja Luštrek**, nagrada za najboljši prispevek na konferenci ETAI 2021, virtualno/Skopje, Severna Makedonija, prispevek Finding efficient intervention plans against COVID-19

**Jerica Sabotič**, 3. mesto rektorjeve nagrade Univerze v Ljubljani za najboljšo inovacijo 2021, Ljubljana, rektor Univerze v Ljubljani, SIMBA - Sočasna detekcija protimikrobnega in protibiofilmskega delovanja

**Andrej Seljak, Rok Dolenc, Rok Pestotnik, Peter Križan, Samo Korpar**, nagrada za najboljšo inovacijo iz javnoraziskovalnih organizacij, Sistem za merjenje življenjskega časa fluorescence RfLAS, Ljubljana, Slovenija, CTT, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

**Emanuela Senjor**, dekanova nagrada, Ljubljana, Slovenija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, za članek Cystatin F acts as a mediator of immune suppression in glioblastoma, objavljen v Cellular oncology

**Matjaž Spreitzer, Srečo Škapin**, srebrno priznanje GZS za inovacijo Zelena energija iz odpadnega aluminija, Maribor, GZS

**Matej Šadl**, nagrada Alessandro de Vita za najbolj multidisciplinarno raziskavo in za znanstveno radovednega študenta, Organizacijski odbor Crossnano Crossborder Workshop in Nanoscience and Nanotechnology 2021

**Matej Šadl**, nagrada za 2. mesto na študentskem tekmovanju, Organizacijski odbor konference 2021 Joint ISAF ISIF-PMF virtual conference

**Sašo Šturm, Kristina Žužek, Xuan Xu**, srebrna medalja za inovacijo na mednarodni razstavi ARCA Environmentally friendly and energy efficient method for recovery of rare earth elements, ki jo podeljuje Hrvaško združenje inovatorjev (Udruga inovatorja Hrvatske), Zagreb, Hrvaška.

**Žiga Tkalec**, nagrada za najboljši poster na Konferenci MPS in KMBO, Ljubljana, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, naslov dela: Unexpected exposure of children: novel non-targeted screening workflow

**Tomaž Tomše**, štipendija za izvajanje raziskav in novega pristopa k izdelavi naprednih večkomponentnih Nd-Fe-B trajnih magnetov za elektromotorje in generatorje New approach towards the manufacture of advanced multicomponent Nd-Fe-B permanent magnets for electromotors and generators, ki jo podeljuje Slovenska znanstvena fundacija (SSF) v sodelovanju s Svetovno zvezo znanstvenikov (WFS).

**Eva Vidak**, Young Investigator Award Nomination Best Speaker at 38<sup>th</sup> Winter School on proteinases and their inhibitors, ASBMB virtual conference, Identification of extracellular substrates of caspases 3, 7, and 1

**Abida Zahirović**, Krkina posebna pohvala za raziskovalno nalogo, Novo mesto, Krka, Identifikacija in ovrednotenje mimotopov glavnega alergena čebeljega strupa Api m 1 za razvoj specifične imunoterapije

**Andrej Žohar**, nagrada Best Poster Award za najboljši poster, Bled, mednarodna konferenca 30<sup>th</sup> International Conference Nuclear Energy for New Europe - NENE 2021, september 2021, poster z naslovom Silicon carbide neutron detector development computational support with MCNP

# PRENOS ZNANJA

## NAROČNIKI IN FINANCERJI PROJEKTOV V LETU 2021

---

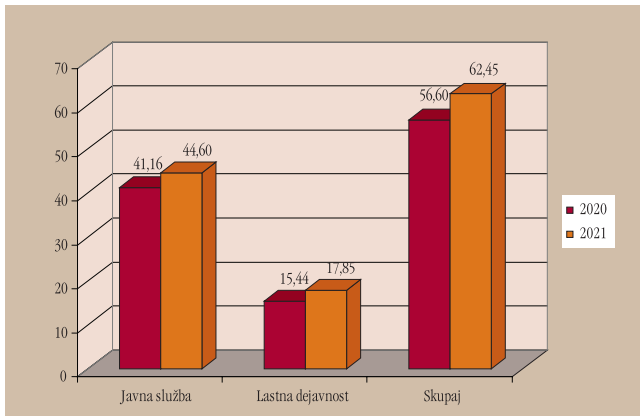
IJS veliko pozornosti posveča sodelovanju z gospodarstvom. V skladu z evropskimi smernicami in smernicami slovenske strokovne javnosti ter resornega ministrstva je IJS organiziral nekaj pomembnih srečanj na temo povezovanja z gospodarstvom. S tem je uvedel novo obliko sodelovanja, s katero je gospodarstvu in javnosti pokazal, da se zaveda svoje nacionalne vloge ne samo pri raziskovanju, ampak tudi na področju prenosa znanja v dejansko uporabo.

1. AMZS, d. d., Ljubljana
2. ARAO - Agencija za radioaktivne odpadke, Krško
3. A-ROSSO, Sašo Cuder s. p., Ljubljana
4. Audax, d. o. o., Ljubljana
5. Borzen, operater trga z električno, d. o. o., Ljubljana
6. BTT tekstil, d. o. o., Zgornja Kungota
7. Cankarjev dom, Ljubljana
8. Cestel, d. o. o., Trzin
9. COMLAND, d. o. o., Ljubljana
10. Cosylab, d. d., Ljubljana
11. Časnik Finance, d. o. o., Ljubljana
12. Čebelarska zveza Slovenije, Lukovica
13. DEOS, d. o. o., Notranje Gorice
14. Elektro Celje, d. d., Celje
15. Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana
16. ELES, d. o. o., Ljubljana
17. ELRAD International, d. o. o., Gornja Radgona
18. Eurofins Erico Slovenija, d. o. o., Velenje
19. GEN energija, d. o. o., Krško
20. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana
21. Grid Instruments, d. o. o., Ljubljana-Črnuče
22. Hidex, d. o. o., Novo mesto
23. Infinite, d. o. o., Limbuš
24. Inštitut za nutricionistiko, Ljubljana
25. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana
26. Iskra ISD - Plast, d. o. o., Kranj
27. Iskra PIO, d. o. o., Šentjernej
28. Izoelektro, d. o. o., Limbuš
29. JP CČN Domžale-Kamnik, d. o. o., Domžale
30. Kemijski inštitut, Ljubljana
31. KMAG, Kia Motors Adria Group, Ljubljana
32. Kolektor Mobility, d. o. o., Idrija
33. Komunala Kranj, d. o. o., Kranj
34. Komunala Novo mesto, d. o. o., Novo mesto
35. Lek, d. d., Ljubljana
36. LTH Castings, d. o. o., Škofja Loka
37. MAHLE Electric Drives Slovenija, d. o. o., Šempeter pri Gorici
38. Ministrstvo za finance, Ljubljana
39. Ministrstvo za infrastrukturo, Ljubljana
40. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Ljubljana
41. Ministrstvo za javno upravo, Ljubljana
42. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin, Ljubljana
43. Ministrstvo za obrambo, Ljubljana
44. Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana
45. Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije, Ljubljana
46. Murexin, d. o. o., Puconci
47. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana
48. Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o., Krško
49. Operato, d. o. o., Maribor
50. Plinovodi, d. o. o., Ljubljana
51. Proventus, d. o. o., Šempeter pri Gorici
52. Quintelligence, d. o. o., Ljubljana
53. RLS Merilna tehnika, d. o. o., Komenda
54. Senso4s, d. o. o., Trzin
55. Slovensko društvo ljubiteljev kemije, Ljubljana
56. Statistični urad Republike Slovenije, Ljubljana
57. TIK, d. o. o., Kobarid
58. Univerza v Ljubljani, Ljubljana
59. Univerza v Mariboru, Maribor
60. Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana
61. Zarja Elektronika, d. o. o., Kamnik
62. Zavod digitalno inovacijsko stičišče Slovenije, Ljubljana
63. Zavod Republike Slovenije za šolstvo, Ljubljana

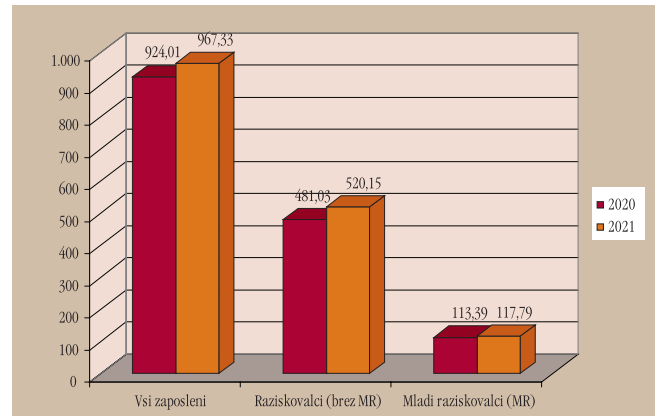
# INSTITUT V ŠTEVILKAH

2020-2021

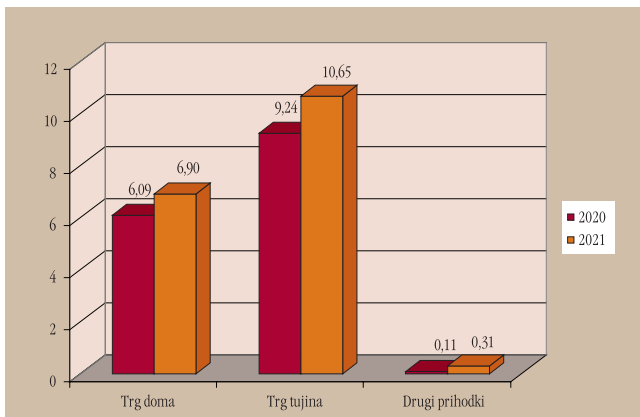
PRIMERJAVA PRIHODKOV (MIO. EUR)



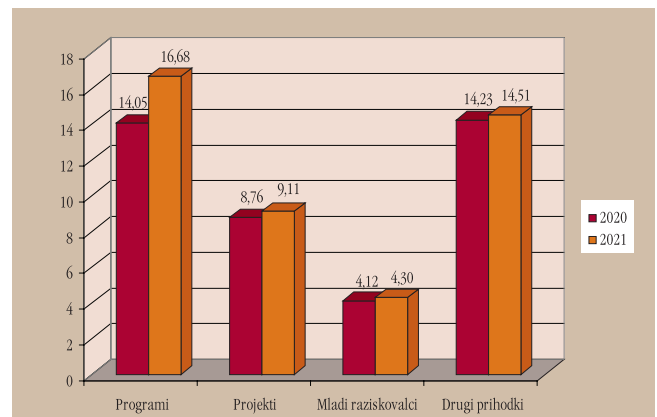
ŠTEVILO ZAPOSLENIH PO KAPACITETAH



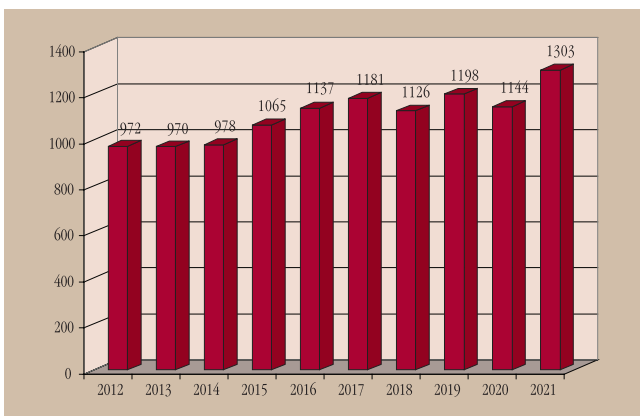
PRIHODEK IZ LASTNE DEJAVNOSTI (MIO. EUR)



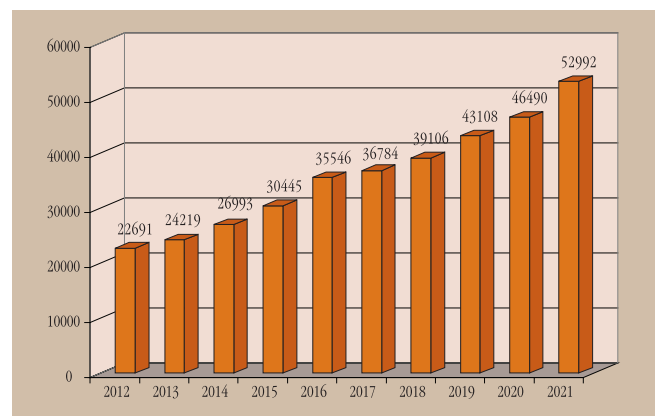
PRIHODKI JAVNE SLUŽBE (MIO. EUR)



ŠTEVILO OBJAV V WEB OF SCIENCE\*



ŠTEVILO CITATOV V WEB OF SCIENCE\*



\* Podatki pridobljeni 29. 11. 2022

\* Podatki pridobljeni 29. 11. 2022



# RAZISKOVALNI ODSEKI

---





**Sodelavci programske skupine za teorijo jadra, osnovnih delcev in polj smo v letu 2021 nadaljevali raziskave v jedrski in hadronski fiziki, kvantni kromodinamiki, efektivni teoriji elektromagnetnih in šibkih razpadov mezonov, teoriji poenotenja osnovnih interakcij ter natančnih izračunih sistemov treh teles v atomski fiziki.**

V okviru teorije polja na mreži smo prvi določili sipalno matriko za sklopljeno sipanje v čarmonijevem sektorju. Izračunane lastnosti običajnih čarmonijev se ujemajo z merjenimi, napovedali pa smo tudi obstoj dveh eksotičnih molekularskih stanj blizu pragov  $DD$  in  $D_s D_s$ , ki so podprta z analizo eksperimentov. Prvi smo izluščili resonanco s simulacijo sipanja v modelu s kompozitnim Higgsovom bozonom. Določili smo statične potenciale tetrakvarkovskega sistema  $bb\bar{d}u$  z vsemi kvantnimi števili.

Predlagali smo novo metodo za preverjanje nedavnih indikacij o kršitvah univerzalnosti okusov leptonov, opaženih v semileptonskih razpadih B. Metoda izrablja specifične lastnosti eksperimenta Belle II in sestoji iz primerjave razvejitenih razmerij razpadov  $\Upsilon(4S)$  v končna stanja z nasprotno nabitimi leptoni različnih okusov. V modelih s skalarnimi leptokvarki, ki razložijo anomalijo v meritvi leptonske univerzalnosti  $R_K^{(*)}$  in imajo maksimalno možno CP-kršitev, smo predstavili dodatne omejitve iz mešanja mezonov  $B_s$ . Ugotovili smo, da pri produkciji leptokvarkov na LHC obstajajo asimetrični prispevki.

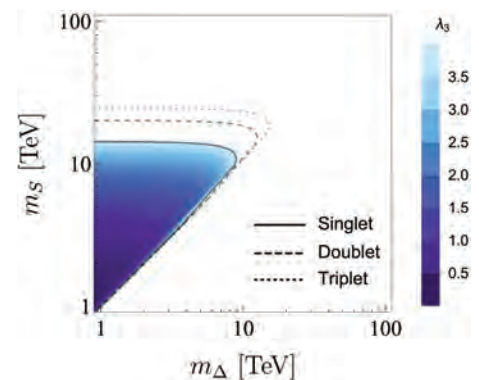
Ponovno smo proučili razpade psevdoskalarnih mezonov (P) na nevtrinske pare in morda dodatne fotone v prisotnosti (lahkih) Majoranovih nevtrinov. V ta namen smo izpeljali modelsko neodvisno splošno parametrizacijo masnih matrik nevtrinov s fizično interpretabilnim in nereducibilnim naborom parametrov. Posodobili smo napovedi SM za razvejitvena razmerja razpadov mezonov B na nevtrine (in fotone) ter razpravljali o občutljivosti teh razpadov na mase nevtrinov in parametre mešanja. Zaključili smo analizo odtisa težkih nevtralnih leptonov v eksperimentu Belle II, ki jo nadgrajujemo z obsežno študijo fenomenologije polarizabilnosti nevtrinov. Raziskali smo desnorčno fermionsko temno snov z maso v procesih razpada nevtrona v temni fermion in foton ter razpade mezonov D v pare temnih fermionov. Prenosnik interakcije je obarvani skalar.

Raziskali smo medsebojno delovanje učinkov nove fizike (NP) v anomalnih trenutkih leptonov ter razpadih Higgsovih bozonom v leptone znotraj okvira efektivne teorije polja standardnega modela (SMEFT), vključno z evolucijo Wilsonovih koeficientov na ravni ene zanke.

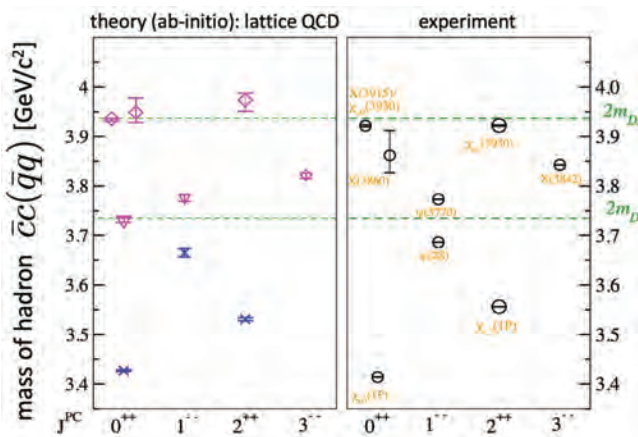
Uporabili smo tehnike strojnega učenja (ML) in ne-ML tehnike za proučevanje optimiziranih CP lihah opazljivk, neposredno in maksimalno občutljivih na CP lihe interakcije kvarka t, ter Higgsovega bozona na LHC in bodočih prihodnjih hadronskih trkalnikih z uporabo končnega stanja s Higgsovim bozonom in parom kvarkov t, ki mu sledijo semileptonski razpadi. Prispevali smo k preglednemu članku LHC Olympics 2020, ki je vseboval pregled tekmovanja, opis metod,



Vodja: **prof. dr. Jernej Fesl Kamenik**



Slika 1: Dovoljeno območje mas za skalarni leptokvark  $\Delta$  in skalarni delec temne snovi S, če naj model razloži opaženo količino temne snovi v vesolju.



Slika 2: Izračunane mase običajnih čarmonijev se relativno ujemajo z merjenimi, napovedali pa smo tudi obstoj dveh eksotičnih stanj blizu pragov  $DD$  in  $D_s D_s$ .

- Izračunane lastnosti običajnih čarmonijev se ujemajo z merjenimi, napovedali pa smo tudi obstoj dveh eksotičnih stanj blizu pragov.
- Izpeljali smo modelsko neodvisno splošno parametrizacijo masnih matrik nevtrinov s fizično interpretabilnim in nereducibilnim naborom parametrov.
- Demonstrirali smo uporabnost ogrodja SMEFT za fenomenološke analize nove fizike.
- Eksplicitno smo predstavili asimptomsko prsto teorijo, v kateri ostane globalna simetrija zlomljena pri visoki temperaturi.

uporabljenih na tekmovanju, spoznanja in implikacije za analize podatkov s prihodnjimi analizami podatkov in prihodnjimi trkalniki.

Lotili smo se ambicioznega projekta izračuna kvantnih fluktuacij, ki tvorijo popravek na eni zanki k razpadni širini lažnega vakuumu. V limit tanke stene nam je uspelo najti analitično rešitev za semiklasično akcijo v poljubni dimenziji, skupaj z večjimi popravki. Raziskovali smo vedenje UV prostih ali varnih 4-dimenzionalnih umeritvenih teorij z Yukawino interakcijo pri visoki temperaturi. Odkrili smo družino asimptotičnih prostih teorij, pri katerih ostane simetrija zlomljena pri poljubno visoki temperaturi. V najbolj preprosti obliki so to teorije z dvema skalarjema v fundamentalni upodobitvi dveh različnih umeritvenih skupin.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Kasieczka, G., Bortolato, B., Dillon, B. M., Kamenik, J., Matevc, A., Seljak, U., Smolkovič, A., *et al.*, The LHC Olympics 2020: a community challenge for anomaly detection in high energy physics, *Reports on Progress in Physics*, 2021, 84, 12, 124201-1-124201-64
2. Fajfer, S., Kamenik, J., Tammaro, M., Interplay of New Physics effects in  $(g-2)_l$  and  $h \rightarrow l+l-$  - lessons from SMEFT, *The journal of high energy physics*, 2021, 2021, 6, 099-1-099-29
3. D'Eramo, F., Košnik, N., Pobbe, F., Smolkovič, A., Sumensari, O., Leptoquarks and real singlets: a richer scalar sector behind the origin of dark matter, *Physical review. D*, 2021, 104, 1, 015035-1-015035-23
4. Bajc, B., Lugo, A., Sannino, F., Asymptotically free and safe fate of symmetry nonrestoration, *Physical review. D*, 2021, 103, 9, 096014-1-096014-20
5. Prelovšek, S., Collins, S., Mohler, D., Padmanath, M., Piemonte, S., Charmonium-like resonances with  $J^{PC} = 0^{++}$ ,  $2^{++}$  in coupled  $D^+D^-$ ,  $D_s^+D_s^-$  scattering on the lattice, *The journal of high energy physics*, 2021, 2021, 35, 39 str.

- **Razvili smo novo metodo za raziskavo izvora anomalne dinamike in počasne termalizacije v kvantnih spinskih verigah ob prisotnosti nereda, ki temelji na bližini ohranjenih količin Andersonovega izolatorja.**
- **Spinski Seebeckov koeficient v Hubbardovem modelu s končno magnetizacijo močno presega termodinamsko pričakovane vrednosti.**
- **Predlagali smo Josephsonov učinek višjega reda v sistemih tankih plasti polprevodnikov, ki so zložene druga na drugo kot prekmurska gibanica.**
- **Razvili smo metodologijo za teoretično proučevanje hibridnih naprav s superprevodnih otočkov in kvantnih pik.**
- **Poiskali smo asimptotsko rešitev za dekoherenco harmonskega oscilatorja v prisotnosti interakcije spin-tir.**

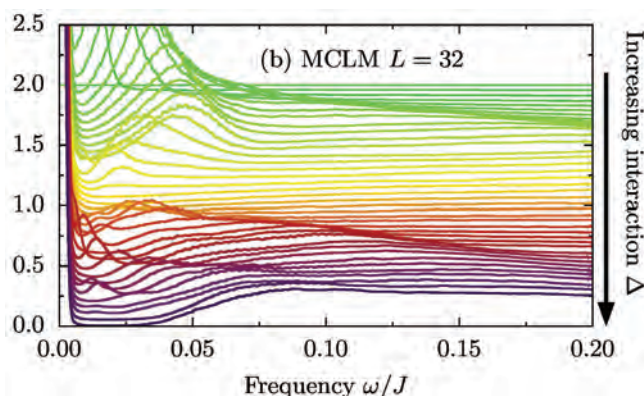
**Sodelavci skupine za teorijo trdne snovi in statistično fiziko smo raziskovali ravnovesne in neravnovesne lastnosti trdnih snovi z močno koreliranimi elektroni in nanosistemov ter vedenje kompleksnih sistemov.**

Nadaljevali smo raziskave dinamike in transporta v neurejenih kvantnih sistemih. Z lastno numerično metodo smo nadgradili dosedanje rezultate za prevodnost v Andersonovem modelu v višjih dimenzijah, zlasti v bližini lokalizacijskega prehoda. S pristopom razpada kolektivnih stanj smo pokazali na sorodnost večdelčne lokalizacije s perkolacijskim problemom. Pri problematiki integrabilnih kvantnih mrežnih sistemov smo pokazali, da se zaradi makroskopske degeneracije ob uvedbi sklopitve pojavi skok v balistični komponenti transporta. Pri dinamičnem odzivu teh modelov smo ugotovili anomalno vedenje v bližini komenzurabilnih vrednosti interakcij. Nadaljevali smo tudi študij frustriranih spinskih sistemov, in sicer dinamičnih korelacij v kagome mreži v povezavi z eksperimenti na realnih snoveh.

V okviru raziskav elektronsko-fononske sklopitve smo izračunali elektronsko spektralno funkcijo v primeru sklopitve elektrona z disperzivnimi optičnimi fononi. V primeru dovolj velike disperzije optičnih fononov lahko v spektralni funkciji opazimo multifononska stanja pri energijah, ki so manjše od energij enofononskih stanj.

Proučevali smo izvor anomalne dinamike in počasne termalizacije v kvantnih spinskih verigah ob prisotnosti nereda. Vpeljali smo nov pristop, ki opiše te pojave kot posledico bližine ohranjenih količin Andersonovega izolatorja. Nova metoda omogoča kvantitativni opis spektralnih funkcij za eksperimentalno relevantne opazljivke.

Raziskali smo spinski Seebeckov pojav v Hubbardovem modelu na kvadratni mreži in ugotovili, da je v Mottovem izolatorju pri končni magnetizaciji spinski Seebeckov koeficient anomalno velik in močno presega termodinamske ocene, kot sta Heikova in Kelvinova. Razložili smo, da je vzrok v vrzeli v enodelčnem spektru in različnem sipanju delcev s spinom gor in tistih s spinom dol. Pokazali smo tudi, da kljub anomalni velikosti Seebeckov koeficient ne razloži neujemanja med nedavnim eksperimentom na hladnih atomih in teoretičnimi izračuni.



Slika 3: Dinamična spinska prevodnost v Heisenbergovi spinski verigi pri različnih vrednostih anizotropije.

V sodelovanju s skupino iz ETH Zürich smo raziskovali stabilizacijo eksotičnih stanj, na primer generaliziranih Gibbovih ansamblov, v eksperimentih z ujetimi atomi. Uspešni smo bili tudi z dvema prijavama evropskih projektov (QuantERA), vključujoč mednarodne konzorcije, ki bodo začeli sodelovati leta 2022.

V sklopu raziskav na področju ekcitonskih izolatorjev smo odkrili veliko novih pojavov, na primer Josephsonov učinek višjega reda, balistični transport in fotovoltaični učinek v celotnem materialu. Vzporedno smo razvili novo generacijo teoretičnih metod za kvantne večdelčne probleme izven ravnovesja, ki bodo omogočale neposredno primerjavo modeliranja z eksperimenti.

Uvedli smo nov model za opis hibridnih naprav superprevodnik-polprevodnik, katerih aktivni komponenti sta superprevodni otok in kvantna pika. Implementirali smo tudi metodo za reševanje omenjene težave in v sodelovanju z eksperimentalno skupino pokazali, da model dobro opisuje realne naprave.

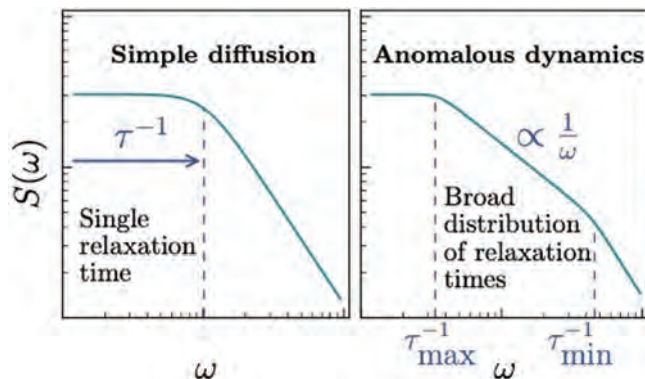
Razširili smo teorijo topološko netrivialnih Fermijevih tekočin, na primer več orbital in prisotnost magnetnega polja, kar nam je omogočilo pokazati, da v sistemu železovega ftalocianina na površini zlata nastane topološki prehod v Fermijevo tekočino, ki ni Landauovega tipa. Pokazali smo, da v sistemih koreliranih elektronov pri visokih temperaturah obstajajo univerzalne oscilacije v transportnih lastnostih v odvisnosti od magnetnega polja, ki razkrivajo tip interakcije med elektroni.

S pomočjo Lindbladovega formalizma smo proučevali kvantni harmonski oscilator v prisotnosti interakcije spin-tir, ki smo ga sklopili s termalno kopeljo. Za sistem smo poiskali analitičen zapis, ki opisuje asimptotsko dinamiko opazljivk spina. Obravnavali smo topološke lastnosti Josephsonovih stikov v prisotnosti Rashbove sklopitve. Pokazali smo, da če je superprevodna fazna razlika enaka  $\pi$ , pasovna struktura vezanih stanj Andrejeva lahko vsebuje Diracove točke. Tak stik se posledično vede kot enodimenzionalni topološki izolator.

V okviru študija kompleksnih sistemov smo raziskali kolektivno dinamično vedenje ob prisotnosti interakcij višjega reda, ki jih omogoča geometrija omrežja s simplicialnimi kompleksi različnih dimenzij. Te strukture so bile ustvarjene po modelu kooperativnega samosestavljanja, ki smo ga razvili v prejšnjem obdobju. Pokazali smo, da trojne interakcije, vgrajene v trikotnike, vodijo do odpiranja histerezne zanke in bistveno spremenjenega poteka sinhronizacijskega procesa med fazami, ki ga povzročajo vodilne parske interakcije. Pri procesih obračanja magnetizacije z zunanjim poljem prisotnost interakcije treh sosednjih spinov na vgrajenih trikotnikih povzroči asimetrijo histerezne zanke, medtem ko so značilnosti nihanja magnetizacije stabilne. Med drugim smo pokazali, da imajo kolektivna nihanja magnetizacije na simplicialnih kompleksih značilnosti samoorganizirane kritičnosti. Izvor tega vedenja je v antiferomagnetnih interakcijah, ki povzročajo spinske frustracije na trikotnih podsimpliksah. V okviru mikroskopskega modela, ki smo ga uvedli leta 2020, smo nadaljevali raziskave stohastičnih procesov v ozadju širjenja epidemije SARS-Cov 2. Na podlagi visoke časovne ločljivosti tega modela smo lahko ugotovili vpliv asimptomatskih prenašalcev virusa na potek epidemije.

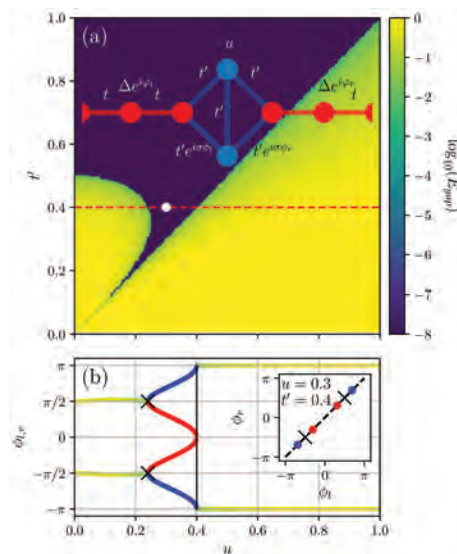
### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Vidmar, L., Krajewski, B., Bonča, J., Mierzejewski, M., Phenomenology of spectral functions in disordered spin chains at infinite temperature, *Physical review letters*, 2021, 127, 23, 230603-1-230603-7
2. Ulaga, M., Mravlje, J., Kokalj, J., Spin diffusion and spin conductivity in the two-dimensional Hubbard model, *Physical review. B*, 2021, 103, 15, 155123-1-155123-8
3. Reiter, F., Lange, F., Shreyans, J., Grau, M., Home, J., Lenarčič, Z., Engineering generalized Gibbs ensembles with trapped ions, *Physical review research*, 2021, 3, 3, 033142-1-033142-18
4. Pavešič, L., Bauernfeind, D., Žitko, R., Subgap states in superconducting islands, *Physical review. B*, 2021, 104, 24, L241409-1-L241409-7
5. Tadić, B., Melnik, R., Self-organised critical dynamics as a key to fundamental features of complexity in physical, biological, and social networks, *Dynamics*, 2021, 1, 2, 181-197

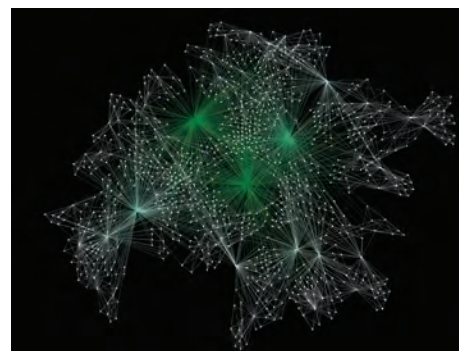


Slika 4: Obnašanje spektralne funkcije za primer preproste difuzije (levo) in anomalne dinamike (desno)

- **Visoka časovna ločljivost in značilnosti posameznega akterja zajamejo vlogo asimptomatskih prenašalcev virusa pri širjenju epidemije.**
- **Nastajajoča kolektivna dinamična vedenja v kompleksnih sistemih temeljijo na geometriji, ki zagotavlja stike različnih vrst.**



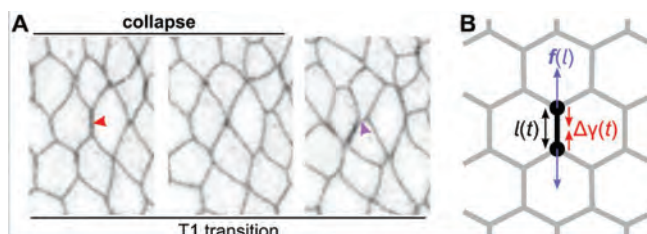
Slika 5: Nastanek Diracovih točk v pasovni strukturi vezanih stanj Andrejeva v Josephsonovem stiku z Rashbovo sklopitvijo



Slika 6: Štiridimenzionalni simplicialni kompleks samosestavljenih 5 slik, uporabljen pri študiju faze sinhronizacije.

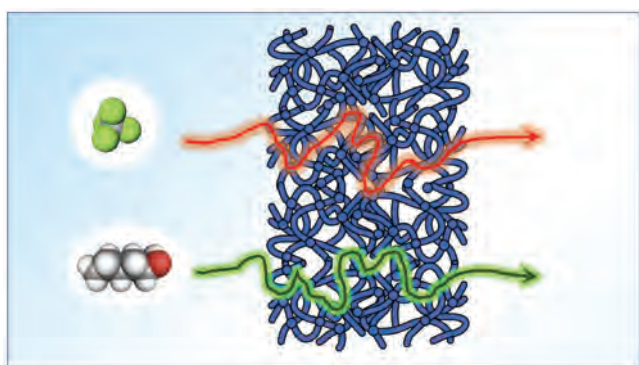
**Sodelavci programske skupine za biofiziko in mehko kondenzirano snov smo proučevali polielektrolite, tekoče in koloidne kristale ter fosfolipidne in biološke membrane.**

V skupini za biofiziko in mehko kondenzirano snov smo proučevali različna vprašanja tako na molekularni kot na celični ravni.



Slika 7: Celice v tkivu se prerazporejajo zaradi aktivnih sil na medceličnih stikih.

- Pokazali smo, da bolj kot se molekule absorbirajo v danem gelu, počasneje difundirajo, kar pomeni, da je permeabilnost le šibko odvisna od tipa molekule.
- Predlagali smo teoretični opis mehanike na ravni medceličnih stikov v epitelijskih tkivih.
- Odkrili smo fotonski prepovedani pas v dvojno navitih strukturah tekočih kristalov, ki jih tvorijo zrcalno-simetrične molekule.



Slika 8: Prehajanje molekul skozi polimerni hidrogel je odvisno od sorpcije in difuzije.

Na molekularni ravni smo raziskovali spontano ukrivljenost dvokomponentnih lipidnih sistemov, ki tvorijo invertirane heksagonalne faze, ter eksperimentalno in teoretično pokazali, da efektivna spontana ukrivljenost ni odvisna le od koncentracije, temveč tudi od fizičnih razsežnosti molekul. Z uporabo polarizabilnega modela atoma zlata v klasičnih molekularnih simulacijah smo pokazali pomembne učinke eksplicitne polarizabilnosti kovinskih nanodelcev na njihove elektrostatične lastnosti v elektrolitih. S kombinacijo rentgenskega sipanja in molekularnih simulacij smo demonstrirali, da so glikosurfaktanti, ki tvorijo stabilne pene, stabilizirani z medsebojnimi vodikovimi vezmi. Nadalje smo s pomočjo računalniških molekularnih simulacij proučili, kako velikost molekule, njena oblika in njen kemijski značaj vplivajo na sorpcijo in difuzijo molekule skozi goste polimerne strukture, ki so uporabne pri razvoju mehkih funkcionalnih materialov za biomedicinske, farmacevtske in nanokatalitične aplikacije.

Na ravni celic smo analizirali morfologijo modelskih epitelijskih plasti ob stiskanju in ugotovili, da se značilne resičaste morfologije pojavijo le, če je aktivnost na celični ravni dovolj izrazita. Raziskovali smo nelinearno dinamiko medceličnih stikov in opisali različne tipe dinamike stikov, ki bi lahko odločilno vplivali na procese na ravni tkiva, npr. morfogenezo, celjenje ran in boleznih tkiv. Predlagali smo teoretični opis, kjer je mehanika na ravni celic in tkiva opisana z uveljavljenim ogljiščnim modelom, medtem ko je kinetika molekul, ki generirajo sile, upoštevana prek populacijskih enačb. Predlagan sistem opisuje mehano-kemično povratno zanko, ki opisuje bogat nabor dinamike medceličnih stikov.

Veliko dela v preteklem letu je bilo posvečenega tudi raziskavam, povezanim z virusom SARS-CoV-2. Tako smo denimo objavili obširen pregledni članek o fizikalnih dejavnikih, ki vplivajo na aerosolni prenos patogenov, s posebnim poudarkom na vplivu relativne vlažnosti. Poleg tega smo raziskali naravo elektrostatičnih interakcij med novim koronavirusom in nabito plastjo elektreta, kjer smo v zakup vzeli tudi učinke regulacije nabojev. Proučevali smo vpliv strukture RNK na interakcijo s površino, ki je ključnega pomena ne le za sestavljanje in razstavljanje RNK-virusov, temveč tudi za nanodelce, ki se uporabljajo za dostavo zdravil na osnovi RNK.

Prav tako smo se ukvarjali z raziskavami na področju tekočih kristalov. Tu smo proučevali plastne strukture v tekočih kristalih, ki jih tvorijo ukrivljene zrcalno-simetrične molekule. Ugotovili smo, da se dolga os molekule od ene do druge plasti vrti in tvori vijačno strukturo s periodo štirih plasti. Ta vijačnica pa se še dodatno navije v vijačnico, katere dolžina je odvisna od temperature. Raziskali smo tudi vplive kiralnih dopantov na dinamične lastnosti akiralnih smektikov in ugotovili, da se ob prisotnosti kiralnih interakcij pojavijo razcepi med relaksacijskimi načini. Vzrok je kiralnost dinamičnih fluktuacij. Relaksacijski načini so paroma kiralno nasprotni in se različno sklapljajo s kiralnim poljem dopantov.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Kanduč, M., Kim, W. K., Roa, R., Dzubiella, J., How the shape and chemistry of molecular penetrants control responsive hydrogel permeability, *ACS nano*, 2021, 15, 1, 614–624
2. Alsous, J. I., Rozman, J., Marmion, R. A., Košmrlj, A., Shvartsman, S. Y., Clonal dominance in excitable cell networks, *Nature physics*, 2021, 17, 1391–1395
3. Krajnc, M., Stern, T., Zankoc, C., Active instability and nonlinear dynamics of cell-cell junctions, *Physical review letters*, 2021, 127, 19, 198103-1-198103-6
4. Pocięcha, D., Vaupotič, N., Majewska, M., Cruickshank, E., Walker, R., Storey, J. M. D., Imrie, C. T., Wang, C., Górecka, E., Photonic bandgap in achiral liquid crystals – a twist on a twist, *Advanced materials*, 2021, 33, 39, 2103288-1-2103288-7

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. International workshop: Quantum many-body dynamics: Thermalization and its violations
2. Institute for basic science (PCS-IBS), Daejeon, South Korea, 24.–28. 5. 2021 (virtualno)
3. New generation in strongly correlated systems - NGSCES2021, 7.–10. 6. 2021 (virtualno)
4. International workshop: Quantum many-body dynamics: Thermalization and its violations (virtualno)
5. Izbrana poglavja v visoko energetski fiziki, astrofiziki in kozmologiji, Medana, Slovenija, 31. 5.–2. 6. 2021
6. Physics of the Flavourful Universe, Portorož, Slovenija, 21.–24. 9. 2021
7. Trilateralno srečanje, Ljubljana, 16. 12. 2021
8. Nonequilibrium Quantum Workshop, Krvavec, Slovenija, 12.–16. 12. 2021

## Nagrade in priznanja

1. dr. Matej Kanduč: Zoisovo priznanja za pomembne znanstvene dosežke na področju raziskav hidratacije in termoodzivnih hidrogelov. Odbor Republike Slovenije
2. prof. dr. Nataša Vaupotič: Zoisovo priznanje za raziskave na področju modeliranja struktur in resonančnega odziva večdimenzionalnih termotropnih faz, Republika Slovenija

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. Organizacija delavnice „Fizika vesolja okusov“  
COST Association AISBL; doc. dr. Miha Nemevšek
2. COST CA16201; Razkritje nove fizike na LHC pri natančnosti meji  
COST Association AISBL; doc. dr. Miha Nemevšek
3. COST CA17139; Evropska interdisciplinarna topološka akcija  
COST Association AISBL; dr. Anže Rapoš Božič
4. Mednarodna znanstvena delavnica: Fizika vesolja okusov, Portorož, Slovenija, od 21. 9. 2021 do 24. 9. 2021  
COST Association AISBL; prof. dr. Jernej Fesl Kamenik
5. Okus nevidnega vesolja  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; doc. dr. Nejc Košnik
6. Nova iskanja fizike izven standardnega modela  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; prof. dr. Jernej Fesl Kamenik
7. Manifestacije kvantnega kaosa v večdelčnih kvantnih sistemih na periodičnih mrežah  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; doc. dr. Lev Vidmar
8. Okusi osnovnih delcev v razširitvah Standardnega modela  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; doc. dr. Nejc Košnik
2. Počasna termalizacija v večdelčnih kvantnih sistemih  
prof. dr. Peter Prelovšek
3. Diagnoza neravnovesne kvantne materije  
doc. dr. Lev Vidmar
4. Vpliv aditivov na nanoskopsko močenje  
dr. Matej Kanduč
5. Modeliranje neravnovesnih kvantnih materialov na različnih skalah  
dr. Denis Golež
6. Tri izboljšave na poti do realističnega opisa transporta močno koreliranih elektronov  
doc. dr. Jernej Mravlje
7. Vloga simetriji pri vzburjanju kvantnih sistemov  
dr. Zala Lenarčič
8. Kvantno procesiranje fullerenskih kubitov z diamantnimi senzori  
prof. dr. Rok Žitko
9. Coulombska stanja v energijski reži superprevodnih kvantnih naprav  
prof. dr. Rok Žitko
10. Nelinearna mehanika bioloških tkiv in njihovih tumorjev  
dr. Matej Krajnc
11. Precizne študije okusov s pomočjo strojnega učenja  
prof. dr. Jernej Fesl Kamenik
12. Elektrošibki prehodi med težkimi mezoni in lahki hadronskimi resonancami v kromodinamiki na mreži  
dr. Luka Leskovec
13. Kriptografsko varen generator naključnih števil  
prof. dr. Rok Žitko
14. Financiranje projektnih gostovanj na slovenskih visokošolskih zavodih  
Javni štipendijski, razvojni, invalidski in preživninski sklad RS  
Nevenka Hauschild
15. Kriptografsko varen generator naključnih števil  
Urad Vlade Republike Slovenije za varovanje tajnih podatkov  
prof. dr. Rok Žitko

## PROGRAMI

1. Teorija trdnih snovi in statistična fizika  
prof. dr. Janez Bonča
2. Teorija jedra, osnovnih delcev in polj  
prof. dr. Jernej Fesl Kamenik
3. Biofizika polimerov, membran, gelov, koloidov in celic  
prof. dr. Primož Ziherl

## PROJEKTI

1. Orientacijske interakcije v posplošenem Thomsonovem problemu: dipolna stabilizacija sferičnih nanostruktur  
dr. Anže Rapoš Božič

## OBISKI

1. dr. Lorenzo Ubaldi, SISSA, Trst, Italija, 11. 1.–11. 4. 2021, 7.–17. 6. 2021, 26. 7.–1. 8. 2021 in 6. 9.–21. 9. 2021
2. prof. dr. Ilija Doršner, University of Split, Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture, Split, Hrvaška, 27.–28. 2. 2021, 13. 6.–4. 7. 2021 in 15.–17. 12. 2021
3. prof. dr. Jure Zupan, University of Cincinnati, Cincinnati, ZDA, 8. 7.–8. 8. 2021
4. Rafal Swietek, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poljska, 27. 7.–29. 9. 2021
5. Maksymilian Kliczkowski, University of Science and Technology, Wrocław, Poljska, 27. 7.–29. 9. 2021
6. dr. Jacek Herbrych, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poljska, 13.–24. 9. 2021
7. dr. Patrycja Lydzba, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poljska, 13.–24. 9. 2021
8. dr. Richard Ruiz, Institute of Nuclear Physics Academy of Science, Krakow, Poljska, 25.–29. 9. 2021
9. dr. Toshikaze Chiba, Tohoku University, Sendai, Japonska, 17. 10. 2021–10. 1. 2022
10. prof. dr. Damir Bećirević, CNRS/IN2P3 et Université Paris-Saclay, Pariz, Francija, 12.–19. 10. 2021 in 24. 10.–9. 11. 2021
11. prof. dr. Jure Zupan, University of Cincinnati, ZDA, 6.–11. 12. 2021
12. dr. Elena Venturini, Technische Universität, München, Nemčija, 15.–16. 12. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Piotr Sierant, ICTP, Italija, and Jagiellonian University in Krakow, Poljska: POLFED – a new diagonalization approach to study non-equilibrium phenomena: application to many-body localization, 12. 1. 2021 (virtualno)
2. dr. Matej Kanduč, Institut "Jožef Stefan": Pores in membranes as active nanodroplets controlling charge transfer, 15. 1. 2021 (virtualno)
3. dr. Nejc Košnik: Leptoquarks and Real Singlets: A Richer Scalar, 14. 1. 2021 (virtualno)
4. dr. Marcello Dalmonte, ICTP, Italija: Symmetry-resolved dynamical purification in noisy intermediate-scale quantum devices, 19. 1. 2021 (virtualno)
5. dr. Matej Krajnc, Institut "Jožef Stefan": Active instability of cell-cell junctions at the onset of tissue fluidity, 22. 1. 2021 (virtualno)
6. dr. Clement Zankoc, Institut "Jožef Stefan": Mechanosensitive junction remodeling promotes robust epithelial morphogenesis, 22. 1. 2021 (virtualno)
7. dr. Fabio Staniscia, Institut "Jožef Stefan": Ensemble Dependence of Fluctuations with Application to Machine Computations, 29. 1. 2021 (virtualno)
8. prof. dr. Saša Svetina, Institut "Jožef Stefan": A model of Piezo1-based regulation of red blood cell volume, 5. 2. 2021 (virtualno)
9. dr. Jose Lado, Aalto University, Finska: Topological superconductivity from solitons in antiferromagnet-superconductor interfaces, 9. 2. 2021 (virtualno)
10. prof. dr. Svjetlana Fajfer: Coloured Scalar Mediated Decays to Invisible, 11. 2. 2021 (virtualno)
11. dr. Rafael Roa, University of Malaga, Malaga, Španija: Thermoresponsive polymers for nanocatalysis, 19. 2. 2021 (virtualno)
12. Ezra Day-Roberts, University of Minnesota, ZDA: Zero Energy States in Quasicrystals and Electrostatically Gated Pyrites, 23. 2. 2021 (virtualno)
13. dr. Dina Jukič, Faculty of Electrical Engineering, Osijek, Hrvaška: Temperature ranges of the chiral polar smectic phases, 4. 3. 2021 (virtualno)
14. dr. Aykut Erbas, Bilkent University, Turčija: Insights for Molecular self-assembly from computer simulations, 12. 3. 2021 (virtualno)
15. dr. Labrini Athanasopoulou, Fakulteta za matematiko in fiziko: Hertzian and non-Hertzian contact interaction, 26. 3. 2021 (virtualno)
16. dr. Miroslav Hopjan, University of Göttingen, Nemčija: Characterization of strongly disordered many-body systems from one-particle measures, 1. 4. 2021 (virtualno)
17. dr. Seung-Sup Lee, University of Munich, Nemčija: Multipoint correlation functions: spectral representation and numerical evaluation, 2. 3. 2021 (virtualno)
18. dr. Florian Goertz, Max Planck Institute, Heidelberg, Nemčija: Dark Matter and Baryogenesis with an Inert Doublet, 4. 3. 2021 (virtualno)
19. dr. Jason Kaye, Flatiron Institute, ZDA in Denis Golež, Institut "Jožef Stefan": Compressing nonequilibrium evolution in quantum many-body systems, 9. 3. 2021 (virtualno)
20. dr. Szczepan Glodzik, Marie Curie-Skłodowska University, Lublin, Poljska: Designer topological superconductors, 16. 3. 2021 (virtualno)
21. dr. Nudžeim Selimović, University of Zürich, Švica: Lepton-Quark Fusion at Hadron Colliders, 18. 3. 2021 (virtualno)
22. Lea Santos, Yeshiva University, ZDA: Time scales for the equilibration of many-body quantum systems, 23. 3. 2021 (virtualno)
23. dr. Marin Bukov, Sofia University, Bolgarija: Floquet (Pre-)thermalization in Many-Body Systems away from the High-Frequency Limit, 30. 3. 2021 (virtualno)
24. dr. Yutaro Shoji, University of Tokio, Japonska: Precise Calculation of the Decay Rate of False, 1. 4. 2021 (virtualno)
25. dr. Elmer Doggen, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Nemčija: Many-body localization in the thermodynamic limit? Results from matrix product states, 6. 4. 2021 (virtualno)
26. dr. Dario Buttazzo, University of Zürich, Švica: Two paths toward precision at a high energy lepton, 8. 4. 2021 (virtualno)
27. dr. Gal Lemat, Leiden University, Nizozemska: Deconfinement of Majorana vortex modes produces a superconducting Landau level, 13. 4. 2021 (virtualno)
28. prof. dr. Peter Stoffer, University of Zürich, Švica: Hadronic contributions to the anomalous, 15. 4. 2021 (virtualno)
29. dr. Anže Rapoš Božič, Institut "Jožef Stefan": Mitchell algorithm and ordering in adsorption on a sphere, 15. 4. 2021 (virtualno)
30. dr. Marjan Maček, CEA Grenoble, Francija: Quantum Quasi-Monte Carlo, 20. 4. 2021 (virtualno)
31. dr. Jan Rozman, Institut "Jožef Stefan": Topological defect scaling during fluid-to-solid transition in epithelium vertex model, 30. 4. 2021 (virtualno)
32. dr. Diego Redigolo, CERN, Švica: Ripples in Spacetime from Broken, 6. 5. 2021 (virtualno)
33. dr. Zala Lenarčič, Institut "Jožef Stefan": From observations to complexity of quantum states: an unsupervised learning approach, 11. 5. 2021 (virtualno)
34. dr. Isabel Garcia Garcia, Kavli Institute for Theoretical Physics, University of California, Santa Barbara, ZDA: P not PQ, 13. 5. 2021 (virtualno)
35. dr. Matjaž Humar, Institut "Jožef Stefan": Microlasers and microcavities for sensing, barcoding and imaging, 14. 5. 2021 (virtualno)
36. dr. David Logan, Oxford University, Velika Britanija: Fock-space correlations and many-body localisation, 18. 5. 2021 (virtualno)
37. Marin Šako, Institut "Jožef Stefan": Stabilization of liquids by lipids, 21. 5. 2021 (virtualno)
38. dr. Shaikh Saad, University of Basel, Švica: New Physics Solutions to Lepton Anomalous Magnetic Moments, 27. 5. 2021 (virtualno)
39. Alaska Subedi, Ecole Polytechnique, CNRS, Francija: Orthorhombic-to-monoclinic transition in Ta<sub>2</sub>NiSe<sub>5</sub> due to a zone-center optical phonon instability, 1. 6. 2021 (virtualno)
40. prof. dr. Primož Ziherl, dr. Matej Krajnc, Institut "Jožef Stefan": Biophysics of membranes, cells, and tissues, 4. 6. 2021 (virtualno)
41. Sasha Shapoval, Univerza v Novi Gorici in HSE University, Moscow, Rusija: Machine learning identification of large recurrent sunspot groups and their disproportionately strong contribution to solar activity, 8. 6. 2021 (virtualno)
42. Luka Pavešič, Institut "Jožef Stefan": Subgap states in small superconducting islands, 22. 6. 2021 (virtualno)
43. Rafal Swietek, Wrocław University of Science and Technology, Poljska: Exact diagonalization studies of generalized Kondo-Heisenberg model, 7. 9. 2021
44. Maksymilian Kliczkowski, Wrocław University of Science and Technology, Poljska: Machine Learning in Quantum Monte Carlo, 7. 9. 2021
45. dr. Jacek Herbrich, Wrocław University of Science and Technology, Poljska: Interaction-induced topological phase transition in low-dimensional orbital-selective Mott insulators, 14. 9. 2021
46. dr. Patrycja Lydzba, Wrocław University of Science and Technology, Poljska: Properties of quantum-chaotic quadratic Hamiltonians, 21. 9. 2021
47. prof. dr. Antonio Šiber, Institute of physics, Zagreb, Hrvaška: Mechanics of inactive swelling and bursting of porate pollen grains, 5. 10. 2021 (virtualno)
48. prof. dr. Bosiljka Tadić, Institut "Jožef Stefan": The Parisi's spin-glass theory and beyond, 15. 10. 2021 (virtualno)
49. dr. Andraž Gnidovec, Fakulteta za matematiko in fiziko: Simulating the packing of spherical ellipses, 19. 10. 2021 (virtualno)
50. dr. Boris Rogelj, Institut "Jožef Stefan": Molecular and cellular basis of neurodegeneration, 26. 10. 2021 (virtualno)
51. dr. Julija Zavadlav, Tehnična univerza, München, Nemčija: Neural network potentials trained top-down, 9. 11. 2021 (virtualno)
52. prof. dr. Janez Bonča, Institut "Jožef Stefan": Relaxation mechanisms in a disordered system with the Poisson level statistics, 9. 11. 2021 (virtualno)
53. dr. Fabio Staniscia, Institut "Jožef Stefan": Surfactant-induced apparent line tension, 16. 11. 2021 (virtualno)
54. dr. Joachim Kopp, CERN, Švica: Quo vadis, MiniBooNE? – An update on the short-baseline neutrino oscillation anomalies, 18. 11. 2021 (virtualno)
55. doc. dr. Lev Vidmar, Institut "Jožef Stefan": Phenomenology of spectral functions in disordered spin chains, 23. 11. 2021 (virtualno)
56. dr. Matej Kanduč, Institut "Jožef Stefan": Lipids' dilemma: a monolayer or a bilayer?, 23. 11. 2021 (virtualno)
57. dr. Tanmoy Sarkar, Ben-Gurion University, Beer Sheva, Izrael: A minimal lattice model of lipid membranes with liquid-ordered domains, 30. 11. 2021 (virtualno)
58. dr. Luka Leskovec: Transition amplitudes from lattice QCD, 9. 12. 2021 (virtualno)
59. dr. Clement Zankoc, Institut "Jožef Stefan": Active Instability and Nonlinear Dynamics of Cell-Cell Junctions, 7. 12. 2021 (virtualno)

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

1. prof. dr. Borut Bajc, The XXVIII International Conference on Supersymmetry and Unification of Fundamental Interactions (SUSY 2021), Šanghaj, Kitajska, 25. 8. 2021 (virtualno predavanje)
2. prof. dr. Borut Bajc, Blaž Bortolato, prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, Arman Korajac, dr. Nejc Košnik, Marco Matteini, doc. dr. Miha Nemevšek, prof. dr. Saša Prelovšek Komelj, Michele Tammaro, trilateralno srečanje, Vipava, Slovenija, 15. 9. 2021
3. prof. dr. Borut Bajc, Blaž Bortolato, prof. dr. Svjetlana Fajfer, prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, Arman Korajac, dr. Nejc Košnik, Marco Matteini, doc. dr. Miha Nemevšek, prof. dr. Saša Prelovšek Komelj, dr. Alex Smolkovič, Michele Tammaro, Physics of the Flavorful Universe, Portorož, Slovenija, 21.–24. 9. 2021 (predavanja)
4. prof. dr. Borut Bajc, Blaž Bortolato, prof. dr. Svjetlana Fajfer, prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, Arman Korajac, dr. Nejc Košnik, doc. dr. Miha Nemevšek, prof. dr. Saša Prelovšek Komelj, dr. Alex Smolkovič, Michele Tammaro, Selected topics in high energy physics, astrophysics and cosmology, Belica, Slovenija, 31. 5.–2. 6. 2021 (predavanja)
5. dr. German Blesio, prof. dr. Janez Bonča, dr. Banhi Chatterjee, dr. Denis Golež, dr. Miroslav Hopjan, dr. Zala Lenarčič, doc. dr. Jernej Mravlje, dr. Sourav Nandy, prof. dr. Peter Prelovšek, Rafal Swietek, Jan Šuntajs, Iris Ulčakar, Martin Ulaga, doc. dr. Lev Vidmar, Nonequilibrium Quantum Workshop, Krvavec, Slovenija, 12.–16. 12. 2021 (predavanja)
6. prof. dr. Mojca Čepič, 18<sup>th</sup> International Conference on Ferroelectric Liquid Crystals, Ljubljana, Slovenija, 6.–10. 9. 2021 (predavanje in panel)
7. prof. dr. Svjetlana Fajfer, 10<sup>th</sup> International Workshop on Charm Physics, CHARM 2020, 31. 5.–4. 6. 2021 (vabljen predavanje)
8. prof. dr. Svjetlana Fajfer, 50<sup>th</sup> International Symposium on Multiparticle Dynamics, ISMD2021, Ženeva, Švica, 12.–16. 7. 2021 (vabljen predavanje)
9. prof. dr. Svjetlana Fajfer, Conference on Flavor Physics and CP Violation, Šanghaj, Kitajska, 7.–11. 6. 2021 (vabljen predavanje)
10. prof. dr. Svjetlana Fajfer, International Physics School on Muon Dipole Moments and Hadronic Effects in memoriam Simon Eidelman, Mainz, Nemčija, 30. 8.–2. 9. 2021 (vabljen predavanje)
11. prof. dr. Svjetlana Fajfer, 11<sup>th</sup> International Workshop on the CKM Unitarity Triangle, CKM, Ženeva, Švica, 22.–26. 11. 2021 (vabljen predavanje)
12. prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, 11<sup>th</sup> International Workshop on the CKM Unitarity Triangle, Melbourne, Avstralija, 22.–26. 11. 2021 (vabljen predavanje)

13. doc. dr. Miha Nemevšek, Particleface 2021: Unraveling New Physics Workshop & Management Committee Meeting, Zagreb, Hrvaška, 14.–16. 7. 2021
14. dr. Matej Kanduč, Virtual Conference Osmolyte and Cosolvent Effects in Stimuli-Responsive Soft Matter Systems, Darmstadt, Nemčija, 25.–26. 2. 2021 (predavanje) virtualno
15. dr. Matej Kanduč, 11<sup>th</sup> Liquid Matter Conference 2020/2021, Praga, Češka, 19.–23. 7. 2021, (predavanje) virtualno
16. dr. Matej Kanduč, Workshop Kavitation, Drubeck, Nemčija, 29. 11.–2. 12. 2021 (predavanje)
17. Arman Korajac, Dark Matter, Les Houches, Francija, 24. 7.–20. 8. 2021
18. dr. Matej Krajnc, Recent advances in mechanics and mathematics of materials: 3<sup>rd</sup> International Meeting of Young Researchers, Rim, Italija 30. 9.–1. 10. 2021 (vabljeni predavanje)
19. dr. Zala Lenarčič, Dissipative Phases of Entangled Quantum Matter, SPICE Mainz, Nemčija, 3.–5. 5. 2021 (predavanje) virtualno
20. dr. Zala Lenarčič, Latest Trends in the Theory of Non-equilibrium Physics in Strongly Correlated Systems, MPIPKS Dresden, Nemčija, 3. 6. 2021 (predavanje) virtualno
21. dr. Zala Lenarčič, Non-Equilibrium Universality in Many-Body Physics, KITP, USA, 27.–30. 9. 2021 (predavanje) virtualno
22. dr. Zala Lenarčič, Topology, disorder, and hydrodynamics in non-equilibrium quantum matter, Dunaj, Avstrija, 28. 11.–4. 12. 2021 (vabljeni predavanje)
23. dr. Zala Lenarčič, Topology, Disorder, and Hydrodynamics in Non-equilibrium Quantum Matter, ESI, Avstrija, 29. 11.–3. 12. 2021 (virtualno predavanje)
24. doc. dr. Miha Nemevšek, PARTICLEFACE 2021: Unraveling New Physics Workshop & Management Committee Meeting, Zagreb, Hrvaška, 14.–16. 7. 2021 (vabljeni predavanje)
25. prof. dr. Saša Prelovšek Komelj, Hard problems of hadron physics, Rusija, november 2021 (vabljeni virtualno predavanje)
26. prof. dr. Saša Prelovšek Komelj, XYZ workshop, GSI, april 2021 (vabljeni virtualno predavanje)
27. prof. dr. Saša Prelovšek Komelj, Heavy quarkonium, QWG, marec 2021 (vabljeni virtualno predavanje)
28. prof. dr. Saša Prelovšek Komelj, FPCP 2021, Šanghaj, Kitajska, junij 2021 (vabljeni virtualno predavanje)
29. prof. dr. Saša Prelovšek Komelj, Bad Honnef Physics school: Methods of Effective field Theory and Lattice Field Theory, julij 2021 (serija virtualnih predavanj)
30. dr. Anže Rapoš Božič, Online Workshop on Physics and Geometry of Viruses, Teheran, Iran, 9. 9. 2021 (virtualno)
31. dr. Anže Rapoš Božič, Raziskovalni programi COVID-19 se predstavijo, Ljubljana, Slovenija, 22.–23. 11. 2021 (virtualno)
32. dr. Alex Smolkovič, ML4Jets 2021, Heidelberg, Nemčija, 5.–9. 7. 2021 (predavanje)
33. prof. dr. Bosiljka Tadić, Institute for Condensed Matter Physics of the NAS of Ukraine, 25. 3. 2021 (vabljeni virtualno predavanje)
34. prof. dr. Bosiljka Tadić, Belgrade Bioinformatics Conference, Beograd, Srbija, 21.–25. 6. 2021 (vabljeni virtualno predavanje)
35. prof. dr. Bosiljka Tadić, 2<sup>nd</sup> online Conference on Nonlinearity, 18.–22. 10. 2021, Beograd, Srbija (vabljeni virtualno predavanje)
36. dr. Michele Tammaro, Physics seminar Heidelberg, Nemčija, 21. 4. 2021 (virtualno predavanje)
37. dr. Michele Tammaro, Workshop on the Standard Model and Beyond, Krf, Grčija, 29. 8.–5. 9. 2021
38. dr. Michele Tammaro, Anomalies and Precision in the Belle II Era, Dunaj, Avstrija, 5. 9.–8. 9. 2021
39. dr. Horacio Vargas Guzman, Biophysical society Meeting 2021, Filaments Under Force: A Computational/Molecular-Scale Investigation of Type IV Pili From Multiple Organisms, 22.–26. 2. 2021 (virtualno)
40. dr. Horacio Vargas Guzman, 13<sup>th</sup> European Biophysical Meeting 2021, Nanomechanical crowding at the interface between RNA and soft surfaces, 24.–28. 7. 2021 (virtualno)
41. dr. Horacio Vargas Guzman Mainz Material Simulation Days 2021, RNA secondary structure regulates fragments adsorption onto flat substrates, 7.–9. 6. 2021 (virtualno)
42. dr. Horacio Vargas Guzman, Seminarios de Física de la Materia Condensada 2021, Santa María, Čile, 15. 12. 2021 (virtualno)
43. dr. Horacio Vargas Guzman, ScipyLA 2021, Computational virology based on pythonic neighbors, 23. 7. 2021 (virtualno)
44. doc. dr. Lev Vidmar, Univerza v Leedsu, 17. 2. 2021 (vabljeni virtualno predavanje)
45. doc. dr. Lev Vidmar, KITP Conference: Transport and Efficient Energy Conversion in Quantum Systems, KITP, University of California, Santa Barbara, ZDA, 2. 9. 2021 (vabljeni virtualno predavanje)
46. doc. dr. Lev Vidmar MBL 2021: Dead or alive?, The Graduate Center, City University of New York, ZDA, 17. 9. 2021 (vabljeni virtualno predavanje)
47. prof. dr. Primož Ziherl, 7<sup>th</sup> European Joint Theoretical/Experimental Meeting on Membranes, Gradec, Avstrija, 7.–9. 4. 2021 (virtualno predavanje)
48. prof. dr. Primož Ziherl, 11<sup>th</sup> Liquid Matter Conference, Praga, Češka republika, 18.–23. 7. 2021 (virtualno predavanje)
49. prof. dr. Rok Žitko, CMD 29 online series, 28.–29. 6. 2021 (virtualno predavanje)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. dr. Banhi Chatterjee: Institute of Physcs, Czech Academy of Science, Praga, Češka, 20.–26. 7. 2021 (sodelovanje)
2. dr. Szecepan Glodzik: Institute of Physics, Marie Curie-Skodłowska University, Lublin, Poljska, 10.–17. 12. 2021 (sodelovanje)
3. dr. Denis Golež: University of Erlangen (FAU); University of Duisburg, University of Fribourg, Erlangen, Duisburg, Fribourg, Nemčija, 22. 8.–2. 9. 2021 (sodelovanje)
4. dr. Matej Kanduč: Fachbereich Physik, Freie Universität, Berlin, Nemčija, 23.–28. 8. 2021 (sodelovanje)
5. dr. Matej Kanduč: Facultad de Ciencias, Universidad de Malaga in Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada, Malaga, Granada, Španija, 27. 9.–2. 10. 2021 (sodelovanje)
6. doc. dr. Jernej Mravlje: College de France, Pariz, Francija, 13.–23. 7. 2021 (sodelovanje)
7. doc. dr. Jernej Mravlje: Technische Universität, Gradec, Avstrija, 29. 9.–1. 10. 2021 (sodelovanje)
8. doc. dr. Jernej Mravlje: Elettra Synchrotron, Bazovica, Italija, 3. 12. 2021 (sodelovanje)
9. doc. dr. Anže Rapoš Božič: Ludwig-Maximilians-Universität, München, Nemčija, 10.–16. 7. 2021 (sodelovanje)
10. dr. Anže Rapoš Božič: Università di Trento, Trento, Italija, 27. 9.–10. 10. 2021 (sodelovanje)
11. prof. dr. Rok Žitko: Niels Bohr Institut, University of Copenhagen, Copenhagen, Danska, 22. 9.–22. 10. 2021 (sodelovanje)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. dr. Lamprini Athanasopoulou
2. prof. dr. Borut Bajc, znanstveni svetnik
3. German Gabriel Blesio, PhD., Argentina
4. prof. dr. Janez Bonča\*, znanstveni svetnik
5. Banhi Chatterjee, PhD., Poljska
6. Luis Cort Barrada, PhD.
7. prof. dr. Mojca Čepič\*, znanstveni svetnik
8. Ilija Doršner, PhD., USA
9. prof. dr. Svjetlana Fajfer, znanstveni svetnik
10. **prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, znanstveni svetnik - vodja odseka**
11. Szczepan Glodzik, PhD., Poljska
12. dr. Denis Golež
13. Miroslav Hopjan, PhD., Švedska
14. dr. Matej Kanduč
15. doc. dr. Jure Kokalj\*
16. doc. dr. Nejc Košnik
17. dr. Matej Krajnc
18. *dr. Rajmund Krivec, znanstveni svetnik, upokojitev 1. 10. 2021*
19. dr. Zala Lenarčič
20. dr. Luka Leskovec
21. doc. dr. Jernej Mravlje
22. Sourav Nandy, PhD., Indija
23. doc. dr. Miha Nemevšek
24. prof. dr. Peter Prelovšek, znanstveni svetnik
25. prof. dr. Saša Prelovšek Komelj
26. prof. dr. Anton Ramšak\*, znanstveni svetnik
27. dr. Anže Rapoš Božič

28. doc. dr. Tomaž Rejec\*
29. prof. dr. Bosiljka Tadić, znanstveni svetnik
30. Michele Tammaro, PhD.
31. Horacio Andres Vargas Guzman, Strokovni/Dokončni naziv
32. prof. dr. Nataša Vaupotič\*, znanstveni svetnik
33. doc. dr. Lev Vidmar
34. prof. dr. Primož Ziherl\*, znanstveni svetnik
35. prof. dr. Rok Žitko
- Podoktorski sodelavci**
36. Fabio Staniscia, PhD., Italija
37. Clement Adrien Zankoc, PhD., Italija
- Mlajši raziskovalci**
38. Blaž Bortolato, mag. fiz.
39. *Victor Francisco Guada Escalona, Bsc. in High Energy, Cosmology and Astroparticle Physics, Trieste, Italy; odšel 1. 4. 2021*
40. Arman Korajac, Msc., Nemčija
41. Marco Matteini, Msc., Italija
42. Luka Medic, mag. fiz.
43. Luka Pavešič, mag. fiz.
44. Jan Rozman, mag. fiz.
45. *dr. Aleks Smolkovič, odšel 1. 10. 2021*
46. Rafal Piotr Swietek, Msc., Poljska
47. Marin Šako, Msc., Hrvaška
48. Jan Šuntajs, mag. fiz.
49. Martin Ulaga, mag. fiz.
50. Iris Ulčakar, mag. fiz.
- Tehniški in administrativni sodelavci**
51. Nevenka Hauschild

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS



## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Centro Atomico Bariloche (CAB) – Grupo de Particulas Elementales, Bariloche, RN, Argentina
2. Consejo Nacional de Investigaciones Cientificas y Tecnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina
3. Universidad de Buenos Aires – Departamento de Fisica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN), Buenos Aires, Argentina
4. CP3-Origins, University of Southern Denmark, Odense, Danska
5. Syddansk Unversitet, Odense M, Danska
6. Center for quantum devices, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen, Copenhagen, Danska
7. University of Southern Denmark, Centre for Cosmology and Particle Physics Phenomenology, Danska
8. Johannes Gutenberg University Mainz (JGU) – PRISMA Cluster of Excellence, Mainz, Nemčija
9. Regensburg University, Nemčija
10. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Physikalisches Institut, Freiburg, Nemčija
11. Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie, Berlin, Nemčija
12. Institut for Theoretical Physics, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, Nemčija
13. Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università di Padova, Padova, Italija
14. Dipartimento di Scienze Fisiche e Chimiche, Università dell'Aquila, L'Aquila, Italija
15. INFN Sez. Trst, Italija
16. Scuola Internazionale di Studi Avanzati, Trst, Italija
17. ICTP, Trst, Italija
18. SISSA, Trst, Italija
19. European Organization for Nuclear Research (CERN), Ženova, Švica, Trst, Italija
20. Paul Scherrer Institut (PSI), Švica
21. Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Švica
22. Laboratoire de Physique Théorique (Bât. 210), Université Paris-Sud and CNRS, Orsay-Cedex, Francija
23. Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles, Pariz, Francija
24. Université Grenoble Alpes, Institut nanosciences et cryogenie, Grenoble, Francija
25. College de France Paris, Francija
26. Centre de Physique Theorique, Ecole Polytechnique, Palaiseau, Francija
27. Instituto de Astrofisica de Canarias (IAC), La Laguna (Tenerife), Španija
28. Universidad de Málaga, Facultad de Ciencias, Málaga, Španija
29. Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, Madrid, Španija
30. University of Warsaw, Department of Chemistry, Varšava, Poljska
31. Department of Theoretical Physics, Faculty of Fundamental Problems of Technology, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poljska
32. Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Science, Poznan, Poljska
33. University of Graz, Avstrija
34. University of Vienna, Faculty of Physics, Dunaj, Avstrija
35. Technische Universitaet Graz, Gradec, Avstrija
36. Institut Rudjer Bošković, Division of Theoretical Physics, Zagreb, Hrvaška
37. University of Split, Faculty of Electrical Engineering, Split, Hrvaška
38. Institute of Physics, Zagreb, Hrvaška
39. Institute of Physics Belgrade, University of Belgrade, Beograd, Srbija
40. Mimar Sinan University, Turčija
41. Plymouth University, Plymouth, Velika Britanija
42. School of Physics and Astronomy, University of Edinburgh, Edinburgh, Velika Britanija
43. University of Oxford - Rudolf Peierls Centre for Theoretical Physics, Oxford, Velika Britanija
44. University of Sussex, Department of Physics and Astronomy, Falmer, Brighton, Velika Britanija
45. University of Aberdeen, Department of Chemistry, Aberdeen, Velika Britanija
46. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, Kalifornija, ZDA
47. National Institutes of Health, Frederick, Maryland, ZDA
48. Department of Physics, Princeton University, Princeton, ZDA
49. Northeastern University, Boston, ZDA
50. University of California Santa Cruz, Santa Cruz, ZDA/Flatiron Institute, New York, ZDA
51. The Pennsylvania State University, Department of Physics, University Park, PA, ZDA
52. Department of Physics, Oklahoma State University, Stillwater, ZDA
53. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, ZDA
54. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Kanada
55. Canadian Institute for Advanced Research, Toronto, Kanada
56. High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Tsukuba, Japonska
57. Kindai University, Department of Physics, Osaka, Japonska
58. Tohoku University, Faculty of Science, Sendai, Japonska
59. Toyota Physical and Chemical Research Institute, Nagakute, Japonska
60. Tel Aviv University, Raymond & Beverly Sackler School of Physics & Astronomy, Tel Aviv, Izrael
61. Institute for Research in Fundamental Sciences, Tehran, Iran
62. Universidad Técnica Federico Santa María, Centro-Científico-Tecnológico de Valparaíso, Valparaíso, Čile
63. Department of physics, Center for Condensed Matter Theory, Indian Institute of Science, Bengaluru, Indija
64. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Ljubljana
65. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Inštitut za biofiziko, Ljubljana
66. Inštitut za fizikalno biologijo, Ljubljana
67. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor
68. Univerza v Novi Gorici

## BIBLIOGRAFIJA

### IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Matej Kanduč, Won Kyu Kim, Rafael Roa, Joachim Dzubiella, "How the shape and chemistry of molecular penetrants control responsive hydrogel permeability", *ACS nano*, 2021, **15**, 1, 614-624. [COBISS.SI-ID 48676867]
2. Zhujie Li, Victor G. Ruiz, Matej Kanduč, Joachim Dzubiella, "Highly heterogeneous polarization and solvation of gold nanoparticles in aqueous electrolytes", *ACS nano*, 2021, **15**, 8, 13155-13165. [COBISS.SI-ID 72670723]
3. Simon Poblete, Anže Lošdorfer Božič, Matej Kanduč, Rudolf Podgornik, Horacio V. Guzman, "RNA secondary structures regulate adsorption of fragments onto flat substrates", *ACS omega*, 2021, **6**, 48, 32823-32831. [COBISS.SI-ID 86039811]
4. Damian Pocięcha, Nataša Vaupotič, Magdalena Majewska, Ewan Cruickshank, Rebecca Walker, John M. D. Storey, Corrie T. Imrie, Cheng Wang, Ewa Górecka, "Photonic bandgap in achiral liquid crystals - a twist on a twist", *Advanced materials*, 2021, **33**, 39, 2103288. [COBISS.SI-ID 80061955]
5. Jan Šuntajs, Tomaž Prosen, Lev Vidmar, "Spectral properties of three-dimensional Anderson model", *Annals of physics*, 2021, **435**, 2, 168469. [COBISS.SI-ID 94489859]
6. Michael Kaltenecker, Johannes Kremser, Moritz P. K. Frewein, Primož Ziherl, Douwe Bonthuis, Georg Pabst, "Intrinsic lipid curvatures of mammalian plasma membrane outer leaflet lipids and ceramides", *Biochimica et biophysica acta. Biomembranes*, 2021, **1863**, 11, 183709. [COBISS.SI-ID 72441091]
7. Ivana Štibi, Mojca Čepič, Jerneja Pavlin, "Physics teaching in Croatian elementary and high schools during the Covid-19 pandemic", *CEPS journal: Center for Educational Policy Studies Journal*, 2021, **11**, pos. št. 335-359. [COBISS.SI-ID 81821699]
8. Bosiljka Tadić, Roderick Melnik, "Microscopic dynamics modeling unravels the role of asymptomatic virus carriers in SARS-CoV-2 epidemics at the interplay between biological and social factors", *Computers in Biology and Medicine*, 2021, **133**, 104422. [COBISS.SI-ID 61190147]
9. Timon Grabovac, Ewa Górecka, Damian Pocięcha, Nataša Vaupotič, "Modeling of the resonant X-ray response of a chiral cubic phase", *Crystals*, 2021, **11**, 2, 214. [COBISS.SI-ID 55156483]
10. Matej Kanduč, Rafael Roa, Won Kyu Kim, Joachim Dzubiella, "Nanochannels and nanodroplets in polymer membranes controlling ionic transport", *Current opinion in colloid & interface science*, 2021, **56**, 101501. [COBISS.SI-ID 74582531]
11. Bosiljka Tadić, Roderick Melnik, "Self-organised critical dynamics as a key to fundamental features of complexity in physical, biological, and social networks", *Dynamics*, 2021, **1**, 2, 181-197. [COBISS.SI-ID 82533123]
12. Blaž Bortolato, Jernej Kamenik, "Light Majorana neutrinos in (semi)invisible meson decays", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 5, 388. [COBISS.SI-ID 62384643]
13. Jan Rozman, Matej Krajnc, Primož Ziherl, "Morphologies of compressed active epithelial monolayers", *The European physical journal. E, Soft matter*, 2021, **44**, 7, 99. [COBISS.SI-ID 71369219]
14. Bosiljka Tadić, Neelima Gupte, "Hidden geometry and dynamics of complex networks: spin reversal in nanoassemblies with pairwise and triangle-based interactions", *Europhysics letters*, 2021, **132**, 6, 60008. [COBISS.SI-ID 54692867]
15. Dina Jukić, Mojca Čepič, "Temperature ranges of the chiral polar smectic phases", *Europhysics letters*, 2021, **133**, 3, 36001. [COBISS.SI-ID 98075139]
16. Sebastian Milster, Won Kyu Kim, Matej Kanduč, Joachim Dzubiella, "Tuning the permeability of regular polymeric networks by the cross-

- link ratio", *The Journal of chemical physics*, 2021, **154**, 15, 154902. [COBISS.SI-ID 60137987]
17. Matej Kanduč, Emanuel Schneck, Cosima Stubenrauch, "Intersurfactant H-bonds between head groups of *n*-dodecyl- $\beta$ -D-maltoside at the air-water interface", *Journal of colloid and interface science*, 2021, **586**, 588-595. [COBISS.SI-ID 45043459]
  18. Saša Prelovšek, Sara Collins, Daniel Mohler, M. Padmanath, Stefano Piemonte, "Charmonium-like resonances with  $J^{PC} = 0^{++}, 2^{++}$  in coupled  $\overline{D}\overline{D}, D_s\overline{D}_s$  scattering on the lattice", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 35. [COBISS.SI-ID 66913795]
  19. Svjetlana Fajfer, Jernej Kamenik, Michele Tammamo, "Interplay of New Physics effects in  $(g-2)_l$  and  $h \rightarrow l^+l^-$  lessons from SMEFT", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 099. [COBISS.SI-ID 67644419]
  20. Vincent Drach, Tadeusz Janowski, Claudio Pica, Saša Prelovšek, "Scattering of Goldstone bosons and resonance production in a composite Higgs model on the lattice", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 117. [COBISS.SI-ID 60544771]
  21. Ilija Doršner, Svjetlana Fajfer, Ajla Lejlić, "Novel leptoquark pair production at LHC", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 167. [COBISS.SI-ID 66366979]
  22. Anže Lošdorfer Božič, Rudolf Podgornik, "Site correlations, capacitance, and polarization from protein protonation fluctuations", *The journal of physical chemistry. B. Condensed matter, materials, surfaces, interfaces & biophysical*, 2021, **125**, 46, 12902-12908. [COBISS.SI-ID 85204227]
  23. Shane Carlson *et al.* (12 avtorjev), "Hydrophobicity of self-assembled monolayers of alkanes: fluorination, density, roughness, and Lennard-Jones cutoffs", *Langmuir*, 2021, **37**, 47, 13846-13858. [COBISS.SI-ID 88306435]
  24. Anand Kamalpure, Lasse Cornils, Rok Žitko, Maria Valentyuk, Roberto Mozara, Saurabh Pradhan, Jonas Fransson, Alexander I. Lichtenstein, Jens Wiebe, Roland Wiesendanger, "Correlation of Yu-Shiba-Rusinov states and Kondo resonances in artificial spin arrays on an *s*-wave superconductor", *Nano letters*, 2021, **21**, 16, 6748-6755. [COBISS.SI-ID 74097411]
  25. Jan Ravnik, Yevhenii Vaskivskiyi, Jaka Vodeb, Polona Aupič, Igor Vaskivskiyi, Denis Golež, Yaroslav Gerasimenko, Viktor V. Kabanov, Dragan Mihailović, "Quantum billiards with correlated electrons confined in triangular transition metal dichalcogenide monolayer nanostructures", *Nature communications*, 2021, **12**, 1, 3793. [COBISS.SI-ID 69789955]
  26. Rok Žitko, Germán G. Blesio, L. O. Manuel, A. A. Aligia, "Iron phthalocyanine on Au(111) is a "non-Landau" Fermi liquid", *Nature communications*, 2021, **12**, 1, 6027. [COBISS.SI-ID 81067011]
  27. Jasmin Imran Alsous, Jan Rozman, Robert A. Marmion, Andrej Košmrlj, Stanislav Y. Shvartsman, "Clonal dominance in excitable cell networks", *Nature physics*, 2021, **17**, 1391-1395. [COBISS.SI-ID 95126787]
  28. Blaž Bortolato, Jernej Kamenik, Nejc Košnik, Aleks Smolkovič, "Optimized probes of *CP*-odd effects in the process at hadron colliders  $t\bar{t}h$ ", *Nuclear physics. Section B*, 2021, **964**, 115328. [COBISS.SI-ID 49242115]
  29. Carmen Rubio-Verdú, Javier Zaldívar, Rok Žitko, Jose Ignacio Pascual, "Coupled Yu-Shiba-Rusinov states induced by a many-body molecular spin on a superconductor", *Physical review letters*, 2021, **126**, 1, 017001. [COBISS.SI-ID 46189827]
  30. Tatsuya Kaneko, Zhiyuan Sun, Yuta Murakami, Denis Golež, Andrew J. Millis, "Bulk photovoltaic effect driven by collective excitations in a correlated insulator", *Physical review letters*, 2021, **127**, 12, 127402. [COBISS.SI-ID 77824771]
  31. Zhiyuan Sun, Tatsuya Kaneko, Denis Golež, Andrew J. Millis, "Second-order Josephson effect in excitonic insulators", *Physical review letters*, 2021, **127**, 12, 127702. [COBISS.SI-ID 77821955]
  32. Jakša Vučičević, Rok Žitko, "Universal magnetic oscillations of dc conductivity in the incoherent regime of correlated systems", *Physical review letters*, 2021, **127**, 19, 196601. [COBISS.SI-ID 83259395]
  33. Matej Krajnc, Tomer Stern, Clément Zankoc, "Active instability and nonlinear dynamics of cell-cell junctions", *Physical review letters*, 2021, **127**, 19, 198103. [COBISS.SI-ID 84201731]
  34. Lev Vidmar, Bartosz Krajewski, Janez Bonča, Marcin Mierzejewski, "Phenomenology of spectral functions in disordered spin chains at infinite temperature", *Physical review letters*, 2021, **127**, 23, 230603. [COBISS.SI-ID 92221699]
  35. Florentin Reiter, Florian Lange, Jain Shreyans, Matt Grau, Jonathan Home, Zala Lenarčič, "Engineering generalized Gibbs ensembles with trapped ions", *Physical review research*, 2021, **3**, 3, 033142. [COBISS.SI-ID 94027011]
  36. Antoine Georges, Jernej Mravlje, "Skewed non-Fermi liquids and the Seebeck effect", *Physical review research*, 2021, **3**, 4, 043132. [COBISS.SI-ID 97352451]
  37. Katja Gosar *et al.* (11 avtorjev), "Single-shot Stern-Gerlach magnetic gradiometer with an expanding cloud of cold cesium atoms", *Physical review. A*, 2021, **103**, 2, 022611. [COBISS.SI-ID 52681987]
  38. Yicheng Zhang, Lev Vidmar, Marcos Rigol, "Emergent eigenstate solution for generalized thermalization", *Physical review. A*, 2021, **104**, 3, 031303. [COBISS.SI-ID 95229955]
  39. Peter Prelovšek, Matjaž Gomilšek, Tina Arh, Andrej Zorko, "Dynamical spin correlations of the kagome antiferromagnet", *Physical review. B*, 2021, **103**, 1, 014431. [COBISS.SI-ID 47744259]
  40. Peter Prelovšek, Marcin Mierzejewski, Jurij Kršnik, Osor S. Barišič, "Many-body localization as a percolation phenomenon", *Physical review. B*, 2021, **103**, 4, 045139. [COBISS.SI-ID 95709699]
  41. Janez Bonča, Stuart A. Trugman, "Dynamic properties of a polaron coupled to dispersive optical phonons", *Physical review. B*, 2021, **103**, 5, 054304. [COBISS.SI-ID 66561027]
  42. Patrycja Łydźba, Marcos Rigol, Lev Vidmar, "Entanglement in many-body eigenstates of quantum-chaotic quadratic Hamiltonians", *Physical review. B*, 2021, **103**, 10, 104206. [COBISS.SI-ID 60139011]
  43. Tanusree Saha, Denis Golež, Giovanni De Nino, Jernej Mravlje, Yuta Murakami, Barbara Ressel, Matja Stupar, Primož Rebernik Ribič, "Photoinduced phase transition and associated timescales in the excitonic insulator  $\text{Ta}_2\text{NiSe}_5$ ", *Physical review. B*, 2021, **103**, 14, 144304. [COBISS.SI-ID 71246339]
  44. Martin Ulaga, Jernej Mravlje, Jure Kokalj, "Spin diffusion and spin conductivity in the two-dimensional Hubbard model", *Physical review. B*, 2021, **103**, 15, 155123. [COBISS.SI-ID 95086851]
  45. Max Bramberger, Jernej Mravlje, Martin Grundner, Ulrich Schollwöck, Manuel Zingl, "BaOsO<sub>3</sub>: a Hund's metal in the presence of strong spin-orbit coupling", *Physical review. B*, 2021, **103**, 16, 165133. [COBISS.SI-ID 97355011]
  46. Patrycja Łydźba, Janez Bonča, "Long-lived nonthermal states in pumped one-dimensional systems of hard-core bosons", *Physical review. B*, 2021, **103**, 18, 184310. [COBISS.SI-ID 66528771]
  47. Banhi Chatterjee, Jindřich Koloreňč, "Electronic structure and magnetism in  $\text{UGa}_2$ : DFT+DMFT approach", *Physical review. B*, 2021, **103**, 20, 205146. [COBISS.SI-ID 97549827]
  48. Marcin Mierzejewski, Jacek Herbrych, Peter Prelovšek, "Ballistic transport in integrable quantum lattice models with degenerate spectra", *Physical review. B*, 2021, **103**, 23, 235115. [COBISS.SI-ID 95706883]
  49. Christoph Schönle, David Jansen, Fabian Heidrich-Meisner, Lev Vidmar, "Eigenstate thermalization hypothesis through the lens of autocorrelation functions", *Physical review. B*, 2021, **103**, 23, 235137. [COBISS.SI-ID 95232259]
  50. Peter Prelovšek, Jacek Herbrych, "Diffusion in the Anderson model in higher dimensions", *Physical review. B*, 2021, **103**, 24, 1241107. [COBISS.SI-ID 95702787]
  51. Nikolaj Bittner, Denis Golež, Michele Casula, Philipp Werner, "Photoinduced Dirac-cone flattening in  $\text{BaNiS}_2$ ", *Physical review. B*, 2021, **104**, 11, 115138. [COBISS.SI-ID 77829891]
  52. Peter Prelovšek, Marcin Mierzejewski, Jacek Herbrych, "Coexistence of diffusive and ballistic transport in integrable quantum lattice models", *Physical review. B*, 2021, **104**, 11, 115163. [COBISS.SI-ID 95710979]
  53. Jakša Vučičević, Rok Žitko, "Electrical conductivity in the Hubbard model: orbital effects of magnetic field", *Physical review. B*, 2021, **104**, 20, 205101. [COBISS.SI-ID 83265027]
  54. Patrycja Łydźba, Yicheng Zhang, Marcos Rigol, Lev Vidmar, "Single-particle eigenstate thermalization in quantum-chaotic quadratic Hamiltonians", *Physical review. B*, 2021, **104**, 21, 214203. [COBISS.SI-ID 95228163]
  55. Luka Pavešič, Daniel Bauernfeind, Rok Žitko, "Subgap states in superconducting islands", *Physical review. B*, 2021, **104**, 24, 241409. [COBISS.SI-ID 91146243]
  56. Gil Paz, Alexey A. Petrov, Michele Tammamo, Jure Zupan, "Shining dark matter in XENON1T", *Physical review. D*, 2021, **103**, 5, 051703. [COBISS.SI-ID 56532995]
  57. Svjetlana Fajfer, David Susič, "Colored scalar mediated nucleon decays to an invisible fermion", *Physical review. D*, 2021, **103**, 5, 055012. [COBISS.SI-ID 56929795]
  58. Borut Bajc, Adrián Lugo, Francesco Sannino, "Asymptotically free and safe fate of symmetry nonrestoration", *Physical review. D*, 2021, **103**, 9, 096014. [COBISS.SI-ID 94731011]
  59. Sébastien Descotes-Genon, Martín Novoa-Brunet, Svjetlana Fajfer, Jernej Kamenik, "Testing lepton flavor universality in  $Y(4S)$  decays", *Physical review. D*, 2021, **103**, 11, 113009. [COBISS.SI-ID 68976387]

60. Giorgio Silvi *et al.* (12 avtorjev), "P-wave nucleon-pion scattering amplitude in the  $\Delta(1232)$  channel from lattice QCD", *Physical review. D*, 2021, **103**, 17, 094508. [COBISS.SI-ID 89300483]
61. Svjetlana Fajfer, Anja Novosel, "Colored scalars mediated rare charm meson decays to invisible fermions", *Physical review. D*, 2021, **104**, 1, 015014. [COBISS.SI-ID 71523331]
62. Francesco D'Eramo, Nejc Košnik, Federico Pobbe, Aleks Smolkovič, Olcyr Sumensari, "Leptoquarks and real singlets: a richer scalar sector behind the origin of dark matter", *Physical review. D*, 2021, **104**, 1, 015035. [COBISS.SI-ID 72243971]
63. Raúl A. Briceño, Jozef J. Dudek, Luka Leskovec, "Constraining  $1 + J \rightarrow 2$  coupled-channel amplitudes in a finite volume", *Physical review. D*, 2021, **104**, 5, 054509. [COBISS.SI-ID 89298179]
64. Mitja Šadl, Saša Prelovšek, "Tetraquark systems  $\bar{b}b\bar{d}u$  in the static limit and lattice QCD", *Physical review. D*, 2021, **104**, 11, 114503. [COBISS.SI-ID 89120259]
65. Nejc Košnik, Aleks Smolkovič, "Lepton flavor universality and CP violation in an  $S_3$  leptoquark model", *Physical review. D*, 2021, **104**, 11, 115004. [COBISS.SI-ID 88065379]
66. Malayaja Chutani, Bosiljka Tadić, Neelima Gupte, "Hysteresis and synchronization processes of Kuramoto oscillators on high-dimensional simplicial complexes with competing simplex-encoded couplings", *Physical review. E*, 2021, **104**, 3, 034206. [COBISS.SI-ID 75631363]
67. Anže Lošdorfer Božič, S. Franzini, Simon Čopar, "Global order parameters for particle distributions on the sphere", *Physics of fluids*, 2021, **33**, 4, 047109. [COBISS.SI-ID 60704515]
68. Gregor Kasieczka *et al.* (49 avtorjev), "The LHC Olympics 2020: a community challenge for anomaly detection in high energy physics", *Reports on Progress in Physics*, 2021, **84**, 12, 124201. [COBISS.SI-ID 83654915]
69. Hope M. Bretscher *et al.* (13 avtorjev), "Imaging the coherent propagation of collective modes in the excitonic insulator  $Ta_2NiSe_5$  at room temperature", *Science advances*, 2021, **7**, 28, eabd6147. [COBISS.SI-ID 71255555]
70. Jason P. Kaye, Denis Golež, "Low rank compression in the numerical solution of the nonequilibrium Dyson equation", *SciPost physics*, 2021, **10**, 4, 091. [COBISS.SI-ID 71215875]
71. Leili Javidpour, Anže Lošdorfer Božič, Ali Naji, Rudolf Podgornik, "Electrostatic interactions between the SARS-CoV-2 virus and a charged electret fibre", *Soft matter*, 2021, **17**, 16, 4296-4303. [COBISS.SI-ID 58278147]
72. Darius Alexander Faroughy, Blaž Bortolato, Jernej Kamenik, Nejc Košnik, Aleks Smolkovič, "Optimized probes of the CP nature of the top quark Yukawa coupling at hadron colliders", *Symmetry*, 2021, **13**, 7, 1129. [COBISS.SI-ID 68224259]
73. Barry M. Dillon, Darius Alexander Faroughy, Jernej Kamenik, Manuel Szewc, "Learning latent jet structure", *Symmetry*, 2021, **13**, 7, 1167. [COBISS.SI-ID 72599811]
74. Simon Poblete, Horacio V. Guzman, "Structural 3D domain reconstruction of the RNA genome from viruses with secondary structure models", *Viruses*, 2021, **13**, 8, 1555. [COBISS.SI-ID 96945667]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Anže Lošdorfer Božič, Matej Kanduč, "Relative humidity in droplet and airborne transmission of disease", *Journal of biological physics*, 2021, **47**, 1, 1-29. [COBISS.SI-ID 50926083]

## KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

1. Denis Golež, Zhiyuan Sun, "A compact device sustains a fluid of bosons", *Nature*, 2021, **598**, 7882, 571-572. [COBISS.SI-ID 90617091]

## STROKOVNI ČLANKI

1. Miha Nemevšek, "Vacuum decay in our universe", *Alternator: misliti znanost*, 19. apr. 2021. [COBISS.SI-ID 60923395]
2. Anton Ramšak, "Znanstveno čaranje s ščepcem kvantne mehanike", *Delo*, 2021, **63**, 10, 13. [COBISS.SI-ID 80019715]
3. Anton Ramšak, "Vznemirljiva druga kvantna revolucija", *Delo*, 2021, **63**, 185, 13. [COBISS.SI-ID 80024579]
4. Denis Golež, "Odkritje novega kvantnega stanja", *Delo*, 2021, **63**, 215, 13. [COBISS.SI-ID 77012227]
5. Mojca Čepič, "Kako predstavljamo sile", *Fizika v šoli*, 2021, **26**, 2, 57-60. [COBISS.SI-ID 91909635]

6. Anton Ramšak, "Kvantna izmenjava ključa obeta visoko stopnjo varnosti komunikacij", *Korporativna varnost*, 2021, **26**, 37-40. [COBISS.SI-ID 80028163]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Ivana Štibi, Mojca Čepič, Jerneja Pavlin, "Poučavanje fizike u osnovnim i srednjim školama u Hrvatskoj tijekom COVID-19 pandemije", V: *XV. Hrvatski simpozij o nastavi fizike, 7-8 travanj 2021*, Zbornik radova, Hrvatsko fizikalno društvo, 2021, 166-173. [COBISS.SI-ID 59659267]

## SAMOSTOJNA ZNANSTVENA SESTAVKA ALI POGLAVJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Claudio Fazio *et al.* (12 avtorjev), "Inquiry based learning and responsible research and innovation: examples of interdisciplinary approaches at different schooling levels", V: *Engaging with contemporary challenges through science education research: selected papers from the ESERA 2019 conference*, (Contributions from Science Education Research **9**), Springer, 2021, 31-44. [COBISS.SI-ID 83295747]
2. Jerneja Pavlin, Alberto Stefanel, Philippe Lindenau, Michael Kobel, Anja Kranjc Horvat, Jeff Wiener, Sascha Schmeling, Andreas Borowski, Dagmara Sokolowska, Mojca Čepič, "Introduction of contemporary physics to pre-university education", V: *Teaching-learning contemporary physics: from research to practice*, (Challenges in physics education), Springer, 2021, 71-90. [COBISS.SI-ID 81458179]

## ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Anton Ramšak, *Kvantna mehanika*, Založba Univerze, 2021. [COBISS.SI-ID 76735747]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Primož Ziherl, *Biophysics of membranes, cell and tissues: lecture notes*, Faculty of Mathematics and Physics, University of Ljubljana, 2021. [COBISS.SI-ID 65436675]
2. Miha Nemevšek, *Contemporary particle physics: 2020/2021*, Univerza v Novi Gorici, 2021. [COBISS.SI-ID 92874499]
3. Miha Nemevšek, *Dark matter and phase transitions: 2020/2021*, Univerza v Novi Gorici, 2021. [COBISS.SI-ID 92875779]
4. Lev Vidmar, *Fizika. Mehanika: zapiski predavanj za študente biologije: šolsko leto 2021-2022*, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2021. [COBISS.SI-ID 97319427]
5. Miha Nemevšek, *Kozmologija in delci v zgodnjem vesolju: 2020/2021*, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, 2021. [COBISS.SI-ID 92871683]
6. Miha Nemevšek, *Moderna Fizika 1: 2020/2021*, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, 2021. [COBISS.SI-ID 92829699]
7. Miha Nemevšek, *Neutrino mass origin, Summer school in Vipava: 2020/2021*, Univerza v Novi Gorici, 2021. [COBISS.SI-ID 92830467]
8. Lev Vidmar, *Osnove teorije grup in točkovne simetrije: zapiski predavanj: šolsko leto 2021-2022*, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2021. [COBISS.SI-ID 91937795]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Muhammad Ali, *Uklonske mrežice v zvojno-upogibni nematični fazi tekočih kristalov z ukrivljeno sredico*: doktorska disertacija, Maribor, 2021 (mentor Nataša Vaupotič; somentor Damian Pocięcha). [COBISS.SI-ID 81794051]
2. Victor Guada, *Razpad lažnega vakuuma z več skalarnimi polji*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Miha Nemevšek). [COBISS.SI-ID 59570947]
3. Dina Jukić, *Vpliv kiralnosti v polarnih smektičnih tekočih kristalih*: doktorska disertacija, Osijek, 2021 (mentor Mojca Čepič). [COBISS.SI-ID 71926531]
4. Urša Škerbiš Štok, *Sipanje delcev s spinom v kvantni kromodinamiki na mreži*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Saša Prelovšek Komelj). [COBISS.SI-ID 54316547]
5. Aleks Smolkovič, *Odkrivanje strukture okusa v modelih nove fizike z natančnimi opazljivkami*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Nejc Košnik). [COBISS.SI-ID 83717635]

# ODSEK ZA FIZIKO NIZKIH IN SREDNJIH ENERGIJ

# F-2

**Na Odseku za fiziko nizkih in srednjih energij se ukvarjamo z raziskavami na področju jedrske in atomske fizike. Tam pridobljeno znanje uporabljamo na mnogih interdisciplinarnih področjih, kot so radiološki nadzor okolja, raziskave materialov, fuzija, biologija, shranjevanje energije, medicina, farmacija, varstvo okolja in arheometrija. Pri delu uporabljamo obsežen sklop raziskovalne opreme: ionski pospeševalnik, detektorje ionizirajočega sevanja, eksperimentalne naprave za atomsko fiziko in kalibrirana sevalna polja. Poleg tega v raziskavah uporabljamo velike eksperimentalne naprave v tujini. Sodelavci odseka v okviru mednarodnih kolaboracij ali z lastnimi prijavami eksperimentov dostopamo do pospeševalnikov, sinhrotronov, laserjev na proste elektrone in drugih tipov raziskovalnih naprav, ki jih v državi nimamo. Tudi v letu 2021 smo omogočali mednarodni dostop raziskovalcem na merilne sklope ionskega pospeševalnika v okviru programa Mednarodnega dostopa projekta EU H2020 RADIATE in s tem nekoliko uravnotežili prevladujoča gostovanja naših raziskovalcev na velikih raziskovalnih instalacijah v tujini.**



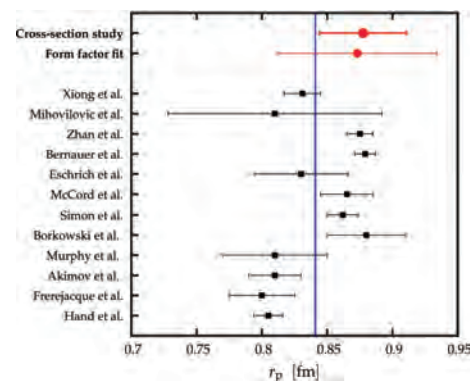
Vodja:

**prof. dr. Primož Pelicon**

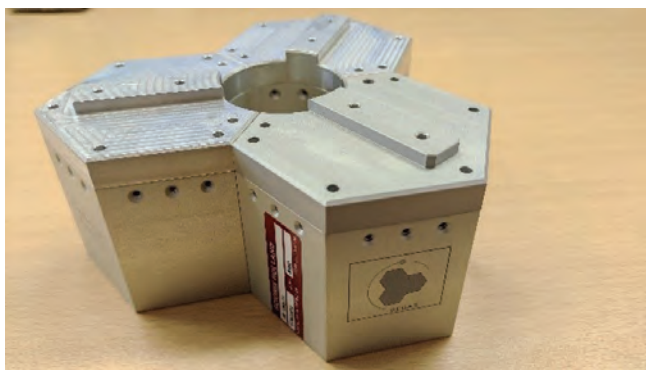
Nadaljevali smo delo na Inštitutu za jedrsko fiziko Univerze v Mainzu, s poudarkom na analizi in objavi rezultatov na podlagi podatkov, ki smo jih izmerili v eksperimentih s spektrometrijskim sestavom kolaboracije A1 in pospeševalnikom Mainzer Mikrotron (MAMI). Končna analiza naših meritev virtualnega Comptonovega sipanja, ki smo jih izvajali več kot desetletje, je naposled pokazala odvisnost posplošenih polariziranosti protona od  $Q^2$  (Fonvieille et al., Phys. Rev. C 2021). (Re)analizirali smo elastično sipanje elektronov na protonih pri zelo majhnih prenosih gibalne količine (podatki, zajeti pri eksperimentu ISR) in proučevali vlogo specifičnih modelov pri določitvi protonskega polmera, še vedno izmuzljive količine, ki nastopa v tako imenovani uganki protonskega polmera; objavili smo končne rezultate (Mihovilović et al., Eur. Phys. J. A 2021). K prizadevanjem kolaboracije MAGIX pri pospeševalniku MESA (trenutno v gradnji) smo prispevali z analizo delovanja in karakterizacijo brezokenske plinske jet tarče v elektronskih žarkih visoke intenzitete (takšna tarča bo uporabljena ob spektrometrih MAGIX) (Schlimme et al., NIMA 2021), proučevali pa smo tudi zbiranje svetlobe v scintilacijskih števcih z vloženi vlakni za premik valovne dolžine (Lauß et al., NIMA 2021).

Naše delo v laboratoriju Thomas Jefferson National Accelerator Facility (Jefferson Lab) je bilo osredotočeno na analizo podatkov iz več eksperimentov iz 6-GeV obdobja pospeševalnika CEBAF, objavili pa smo tudi nove rezultate, ki smo jih pridobili z novim žarkom po posodobitvi sistema na 12 GeV. Objavili smo svoje analize posplošenih spinskih polariziranosti nevtrona v območju nizkih  $Q^2$  (Sulkosky et al., Nature Physics 2021). Te opazljive kvantificirajo precesijo nevtronskega spina v elektromagnetnih poljih pri zelo nizkih prenosih gibalne količine in v tem režimu bi morale biti veljavne kiralne efektivne teorije. Naši podatki, nasprotno, kažejo znatna razhajanja s tovrstnimi napovedmi, zato so trenutni opisi spinskih lastnosti protona postavljeni pred velik izziv. Objavili smo tudi nove rezultate meritev spinske strukture protona pri velikih razdaljah (nizkih  $Q^2$ ) (Zheng et al., Nature Physics 2021). Naša dognanja kažejo, da opis nukleonskega spina še vedno ni zadovoljiv, in kličejo po nadaljnem teoretičnem delu, na primer v okviru kvantne kromodinamike na mreži. Pokazali smo tudi, da so naši podatki, ekstrapolirani v limito realnih fotonov, skladni z Gerasimov Drell-Hearnovim vsotnim pravilom, temeljno napovedjo kvantne teorije polja, ki povezuje anomalni magnetni moment protona z integralom spinsko odvisnega preseka za fotoabsorpcijo na protonu. Objavili smo tudi rezultate analize sipalnih presekov v procesih  $Ar(e,e'p)$  in  $Ti(e,e'p)$  (Gu et al., Phys. Rev. C. 2021).

Vzporedno z izgradnjo Evropskega centra za raziskave z antiprotoni in ioni FAIR, ki spada med največje projekte za temeljne raziskave v svetu, že poteka faza 0 raziskovalnega programa na obstoječih pospeševalniških kapacitetah GSI (Darmstadt, Nemčija). Pretežno smo usmerjeni v fizikalni program NUSTAR, ki obsega študijo jedrske strukture in reakcij eksotičnih atomskih jeder, ključnih pri oblikovanju snovi v vesolju. Močnejše smo vpeti v dve kolaboraciji: HISPEC/DESPEC in Super-FRS. Z eksperimenti HISPEC/DESPEC odgovarjamo na osnovna vprašanja o jedrski strukturi in astrofiziki na mejah jedrskega obstoja. Sodelovali smo pri eksperimentih DESPEC, pri katerih smo proučevali prehod med podaljšano in sploščeno obliko pri jedrih z masnimi števili  $A \sim 190$ , jedra Po in Fr z masnimi števili med 220 in 230 ter lomljenje jeder izotopov Sn z najmanjšim številom nevtronov.



Slika 1: Protonski radij iz poskusov s sipanjem visokoenergijskih elektronov. Rdeči krogi prikazujejo rezultate eksperimenta z meritvijo sevanja v začetnem stanju (angl. Initial-State Radiation experiment) na Mikrotronu v Mainzu (Mihovilović et al., Europ. Phys. A 57, 107, 2021).



Slika 2: Trije scintilacijski detektorji BGO v postavitvi, kot bodo nameščeni v spektrometer DEGAS v centru FAIR v Darmstadu. Detektorje smo razvili na IJS.

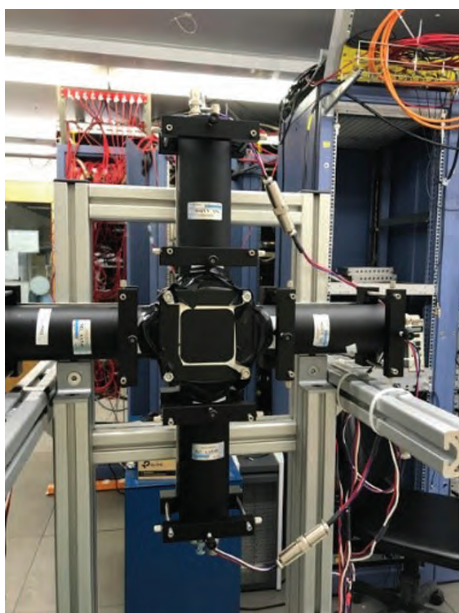
Za spektroskopijo žarkov gama v okviru kolaboracije DESPEC se na GSI/FAIR gradi nov germanijev spektrometer DEGAS (DEspec Germanium Array Spectrometer), ki bo med najsodobnejšimi tovrstnimi instrumenti na svetu. V končni obliki bo uporabljal nove scintilacijske detektorje BGO (slika 2), ki smo jih razvili za kolaboracijo DESPEC in so ključni za aktivno ščitenje DEGAS pred ozadjem in Comptonovo sipanimi fotoni.

V letu 2021 smo začeli sodelovati pri izgradnji implantacijskega detektorja iz scintilacijskih vlaken, ki se bo uporabljal pri eksperimentalnih kolaboracijah DESPEC na GSI/FAIR. V kolaboraciji SUPER-FRS smo sodelovali pri eksperimentalni študiji fisijskih izomer, kjer smo opazili močno deformiran sekundarni minimum površinske energije v jedrih aktinidov. Gre za idealni poligon za opazovanje močnih jedrskih deformacij pri majhnih vrtilnih količinah v zelo masivnih sistemih. Naša skupina je prevzela nalogo analize podatkov iz FastCom TDC ter modeliranje procesov implantacije ionov v detektorju in njihove detekcije. Vključili smo se tudi v

eksperiment, kjer smo neposredno merili mase težkih jeter z  $N = Z$  in  $N = Z - 1$ . S tem lahko izboljšamo razumevanje sil, ki v težjih jedrih zlomijo izospinsko simetrijo. Nadgradili smo tudi transportne modele v programskem ogrodju ITSIM za simulacijo in optimizacijo masnega spektrometra.

Na področju raziskav v atomski in molekularni fiziki smo se v letu 2021 med drugim ukvarjali z analizami rezultatov poskusa z laserjem na proste elektrone (FEL) FERMI, pri katerem smo proučevali interferenco med dvofotonskimi kvantnimi potmi  $\omega_1 + \omega_1$  in  $\omega_3 - \omega_1$  pri vzbujanju s svetlobo z enojo ( $\omega_1$ ) in trojno ( $\omega_3$ ) frekvenco. Izmerili smo odvisnost pridelka elektronov na energijskem območju dvojno vzbujenega stanja helija  $2s^2$  od fazne razlike med nosilnima valoma  $\omega_1$  in  $\omega_3$ . Izvedli smo podrobno simulacijo procesa, ki je bil tokrat prvič opažen z uporabo izključno kratkovalovne XUV-svetlobe (podobna tehnika, imenovana RABBITT, združuje XUV-svetlobo z IR-lasersko svetlobo), in poslali v objavo znanstveni članek. V sodelovanju s francoskimi kolegi iz LCPMR (Pariz) in na podlagi analize rezultatov smo si zagotovili nadaljevanje meritev, s katerimi želimo preveriti delovanje t. i. atomskega interferometra  $\omega/3\omega$ , kjer pričakujemo, da bo mogoče določiti fazno razliko med dvema barvama koherentne svetlobe na podlagi znanega atomskega odziva na dvofotonsko vzbujanje.

V sodelovanju s kolegi iz XFEL v Hamburgu (Nemčija) smo nadgradili paraksialno obravnavo samosprožene stimulirane emisije na področju rentgenskih in XUV-žarkov z vpeljavo nove metode za generacijo signala spontane emisije prek korelacijskih funkcij in s tem pomembno izboljšali verodostojnost modeliranja prehoda močne svetlobe skozi snov. Na podlagi simulacij z izboljšano natančnostjo smo predlagali nove meritve stimulirane emisije na heliju, pri čemer nameravamo uporabiti posebej izdelano plinsko celico. Podolgovato stekleno celico, ki bo omogočala kontrolirano nastavitev visokega pritiska plina v omejenem volumnu z močno svetlobo brez prisotnosti oken, bodo izdelali v Laserskem laboratoriju Politehnike v Milanu, s katerim smo se povezali v prid izvedbe projekta.



Slika 3: Detektor za pozicijsko in časovno ločljivo detekcijo implantacij in razpadov eksotičnih ionov na FAIR, kjer sodelujejo sodelavci odseka.

V letu 2021 smo aktivno sodelovali s skupino iz FEL LCLS (Stanford, ZDA), kjer skupaj s skupino iz XFEL sodelujemo pri projektu XLO. Pri tem težimo k realizaciji ideje, po kateri bi samosproženo stimulirano emisijo z zakasnitvijo in prek odboja na kristalih pripeljali nazaj v tarčo, kjer bi skupaj z naslednjim sunkom svetlobe FEL generirala še močnejši sunek stimulirane svetlobe. Podobno deluje ojačanje svetlobe pri laserjih v vidnem področju, vendar s pomembno razliko, da je življenjski čas vzbujenega stanja precej krajši in je zato treba inverzno zasedenost generirati pri vsakem prehodu sproti, z novim sunkom svetlobe FEL. Pri tem projektu sodelujemo s simulacijami prehoda (močne) dvobarvne svetlobe skozi snov (svetloba FEL + povratna ojačana spontana emisija tarče), ki jih izvaja Š. Krušič. Razvili smo teoretično metodo za izračun delnih večfotonskih ionizacijskih amplitud in presekov, ki je uporabna za atome in preproste molekule (Mihelič in Horvat, Phys. Rev. A 2021). Z metodo, ki temelji na pristopu kompleksne transformacije koordinat (ECS, exterior complex scaling), je mogoče učinkovito izračunati delne ionizacijske amplitude tako za resonantno kot tudi za neresonantno večfotonsko ionizacijo, in sicer z analizo rešitev nehomogene Schrödingerjeve enačbe v netrasmiranem delu prostora (slika 4).

V sodelovanju s skupino iz XFEL (L. Mercadier) smo se v letu 2021 udeležili poskusa na novi žarkovni liniji SCS, ki je opremljena s spektrometrom za meritve v smeri vpadnega žarka (zasnova J. Nordgren, J. E. Rubensson, Univerza v Uppsali). Pri poskusu je kratek sunek močne svetlobe XUV s fotonsko energijo nad robom  $L_3$  v bakru (933 eV) prestrelil tanko bakrovo folijo debeline 0,5 in 0,1  $\mu\text{m}$ . Par spektrometrov je meril spekter posamičnih sunkov svetlobe pred in za tarčo, od tod pa je bilo mogoče določiti obliko absorpcijskega spektra. Presenetljivo smo ugotovili, da je v trdni tarči generacija fotoelektronov in sekundarnih (Augerjevih) elektronov tako močna, da

lahko spremeni absorpcijski spekter močnega vzbujevalnega svetlobnega sunka, čeprav ta traja le nekaj deset femtosekund. Elektroni, ki ionizirajo bakrove atome v seseščini, tvorijo namreč vrzeli v zunanji lupini 3d in s tem odpirajo nov učinkovit absorpcijski kanal pri značilni energiji prehoda črte L $\alpha$ . Kvantitativna interpretacija rezultatov poskusa, kjer gre za prvi primer tranzientne absorpcije na področju XUV-svetlobe, že poteka, pri čemer je treba simulacijo razvoja plazme izvršiti na kratki časovni skali, vendar pri zahtevnih pogojih visoke gostote snovi in intenzitete svetlobe.

Konec leta 2021 smo se udeležili tudi dveh poskusov na FEL FERMI v Bazovici pri Trstu. Pri prvem smo skupaj s sodelavci opazovali karakterizacijo kratkoživih resonanc (dvojno vzbujena stanja simetrije  $^1P$  v atomu helija) z močno, krožno polarizirano svetlobo. Pri takem vzbujanju je precej verjetno, da absorpcija dodatnega fotona izbije iz atoma enega od elektronov iz dvojno vzbujenega stanja, še preden resonanca s tipičnim življenjskim časom nekaj fs razpade z avtoionizacijo. Tako smo opazili prehode v vzbujena stanja iona He $^{+}$  z glavnim kvantnim številom  $n=2,3,4$ , pri čemer razmerja med fotoelektronskimi pridelki razkrivajo vlogo elektronskih korelacij v dvojno vzbujenem stanju.

Cilj drugega poskusa, ki ga je predlagal A. Mihelič, pa je bil raziskati, koliko lahko prisotnost dodatne svetlobe, katere valovna dolžina se ujema z enim od prehodov iz osnovnega v vzbujeno stanje iona (torej iz atomske sredice kontinuumskega stanja), vpliva na primarno ionizacijo iz osnovnega stanja atoma. Ali prisotnost dodatne svetlobe lahko poveča verjetnost za ionizacijo s primarnim svetlobnim sunkom? Analiza meritev naj bi pokazala tudi, ali je proces, ki poteče v nevtralnem atomu, mogoče ločiti od analognega procesa v ionu (A. Mihelič in M. Horvat, PRA 103, 043108, 2021).

Na področju raziskav z zavrteno svetlobo (svetlobo, ki nosi tirno vrtilno količino), ki jih vodi G. De Nino (Univerza v Novi Gorici), smo poslali in objavili članek, kjer smo pokazali, da je mogoče pri interakciji svetlobe s snovjo generirati in nadzorovati njeno magnetizacijo na nanometrski skali. Pri poskusu na FEL FERMI smo s kratkim in močno fokusiranim sunkom XUV svetlobe vzbudili He atome v nizka vzbujena stanja, od tam pa s sunkom zavrtene svetlobe tik pod ionizacijski prag v vrteče se Rydbergova stanja. Analiza dikroizma je pokazala nastanek lokaliziranega (na osi obeh svetlobnih žarkov) in dolgoživih (na skali življenjskega časa Rydbergovih stanj) magnetnih polj, ki jih generirajo elektronske tokovne zanke vrtečih se Rydbergovih valovnih paketov.

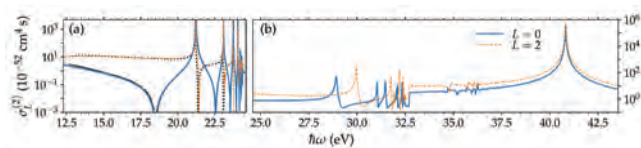
V septembru 2021 smo opravili zadnjo serijo meritev rentgenskega ramanskega sipanja v okolici kisikovega absorpcijskega roba, s katerimi smo proučevali elektrokemijske mehanizme v baterijah na osnovi redoks aktivnih organskih materialov. Eksperiment z oznako I-20210340 EC je potekal na žarkovni liniji P01 sinhrotrona PETRA III v Hamburgu, v sodelovanju s skupino za moderne baterijske sisteme s Kemijskega inštituta. Opravili smo meritve baterij na podlagi različnih organskih polimerov (PAQS in TB97) v kombinaciji z Al-anodo. Meritve so potrdile, da predstavlja stabilna reverzibilna redukcija dvojne kisikove vezi osnovni elektrokemijski mehanizem in da je mehanizem reakcije podoben ne glede na vrsto organskega polimera, uporabljenega v katodi. Meritve ramanskega sipanja omogočijo tudi natančno kvantifikacijo stopnje pretvorbe med baterijskim ciklom.

V letu 2021 smo objavili rezultate laboratorijske karakterizacije elektrokemijske pretvorbe žvepla v baterijah Li-S z meritvijo rentgenskih emisijskih spektrov (XES). Meritve XES smo opravili na Mikroanalitskem centru z vzbujanjem s curkom pospešenih protonov z energijo na področju MeV. Z natančno analizo izmerjenih spektrov smo določili povprečni naboj žvepla v katodi med praznjenjem baterije (Kavčič et al., *ACS Appl. Energy Mater.* 2021). S pomočjo teoretične analize izmerjenih spektrov nam je uspelo tudi identificirati posamezne žveplove spojine in kvantitativno določiti njihove relativne deleže (Petric et al. *Chem. Comm.*, 2021).

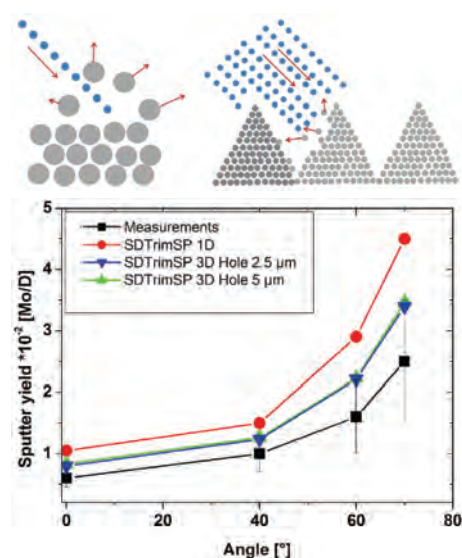
Ionski pospeševalnik je zanesljivo obratoval v letu 2021 in uporabnikom omogočil delo v obsegu 4000 žarkovnih ur. Oktobra in novembra 2021 smo uspešno nadgradili pospeševalnik z instalacijo novega kontrolnega sistema, ki obsega nove komunikacijske module, nova kontrolna računalnika in novo programsko opremo.

V okviru dela na Mikroanalitskem centru smo opravili obsežno posodobitev žarkovne linije z zunanjim protonskim žarkom, ki omogoča analizo objektov v zunanji atmosferi. Glavni cilj posodobitve je bil razširitev zmogljivosti žarkovne linije za meritve porazdelitve elementov v vzorcu na relativno veliki površini ( $\sim 1$  cm $^2$ ) z lateralno ločljivostjo nekaj 10  $\mu$ m. Opravili smo karakterizacijo ključnih lastnosti prenovljene žarkovne linije in opravili prve kvantitativne analize porazdelitve mineralnih hranil v rastlinskih vzorcih. Načrtovali, izgradili in nabavili smo ključne komponente za novo žarkovno linijo z ionskim nanožarkom, ki jo bomo postavili in usposobili do konca leta 2022.

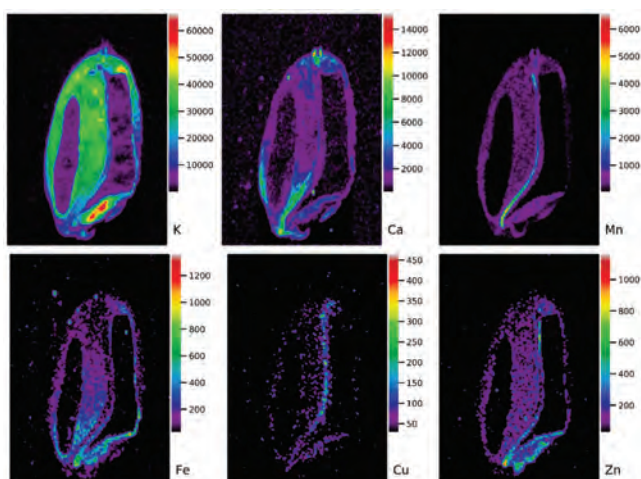
Z visokoenergijskimi fokusiranimi ionskimi žarki smo intenzivno izvajali meritve na področjih medicine in biologije. S sodelavci z Instituta Max Planck za proučevanje človeških



Slika 4: Posplošeni delni dvofotonski ionizacijski preseki helijevega atoma (A. Mihelič in M. Horvat, PRA 103, 043108, 2021). L označuje tirno vrtilno količino končnega stanja.



Slika 5: Eksperimentalna raziskava odvisnosti ionskega odstreljevanja materiala v odvisnosti od vpadnega kota pri vpadni energiji devterijevih ionov 1 keV, ki ustrezajo fizikalnim razmeram v fuzijskih reaktorjih. Natančno smo proučili vlogo hrapavosti površine (Kelemen et al., *J. Nucl. Mat.* 2021).



Slika 6: Porazdelitev mineralnih hranil v prerezu pšeničnega zrna, izmerjena na merilni postaji z ionskim mikrožarkom v zraku na pospeševalniku IJS. Koncentracije so navedene v enotah ppm.

kognitivnih procesov in možganov v Leipzigu smo pokazali, da dominantni prispevek v transverznih relaksacijskih procesih v nigrosomih tipa 1 izvira iz železa v neuromelaninu dopaminergijskih nevronov. Na podlagi teh dognanj smo podali usmeritve za razvoj detekcijskih markerjev za zgodnje zaznavanje Parkinsonove bolezni. Na IJS smo pri teh raziskavah prispevali z meritvami kvantificiranih zemljevidov porazdelitve železa z metodo mikro-PIXE (Brammerloh et al, *Neuroimage* 2021). Z multimodalnim slikanjem, ki je obsegalo mikroskopijo STED, elektronsko mikroskopijo, slikanje s helijevim ionskim mikroskopom in ionske mikroskopije, smo proučevali naravo in poreklo obrabnih delcev kolčnih protez v periprostetskem tkivu (Podlipec et al, *Materials* 2021).

Skupina za meritve ionizirajočega sevanja (ISMIS) je izvajala nadzor radioaktivnosti življenjskega okolja v Republiki Sloveniji, obratovalni radiološki nadzor Nuklearne elektrarne Krško (NEK), monitoring radioaktivnosti v okolici Centralnega skladišča RAO v Brinju (ARAO), neodvisno preverjala obratovalni monitoring NEK, poleg tega pa z visokoločljivo spektrometrijo gama in s tekočinsko scintilacijsko spektrometrijo izvajala nadzor radioaktivnosti pitne vode v RS. Poleg tega smo za uporabnike merili osebne in okoljske doze ionizirajočega sevanja

s termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD). Laboratoriji, ki se ukvarjajo z dozimetrijo ionizirajočega sevanja, so akreditirani po standardu SIST EN ISO/IEC 17025. V okviru akreditacije smo v letu 2021 uspešno sodelovali pri mednarodnih interkomperacijah in pri teh aktivnostih izkazovali vrhunsko usposobljenost. Naši rezultati se redno uvrščajo med najboljših 5 % vseh sodelujočih institucij. Tudi zato smo večkrat povabljeni v skupine za karakterizacijo referenčnih materialov.

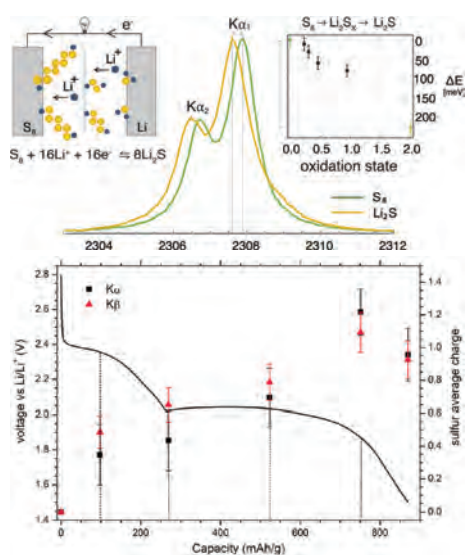
Po pooblastilu URSVS smo v letu 2021 opravili 2200 meritev osebnih doz izpostavljenih delavcev s TLD-ji. V letu 2021 smo opravili meritve okoljskega doznega ekvivalenta s TLD-ji na 130 različnih lokacijah. V letu 2021 smo v NDS opravili 246 kalibracij (od tega 159 kalibracij merilnikov hitrosti doze, 50 kalibracij elektronskih osebnih dozimetrov in 37 kalibracij merilnikov kontaminacije). Poleg tega smo opravili še 120 serij obsevanj dozimetrov (TLD in OSL). Skupno smo v laboratoriju LMR opravili 744 meritev v okviru rednih programov nadzora radioaktivnosti v okolju, za sporadične zunanje naročnike pa 28 meritev. Od tega sta bili dve analizi hrane iz uvoza v okviru novega pooblastila MKGP (UVHVVR). V letu 2021 smo v okviru monitoringov radioaktivnosti v okolici NE Krško in v Republiki Sloveniji opravili 168 meritev vsebnosti tritija v vodnih vzorcih. Za sporadične zunanje naročnike smo ugotavljali vsebnost tritija v 4 vzorcih.

V letu 2021 smo nadaljevali tesno sodelovanje z Uradom RS za meroslovje (MIRS). Kot imenovana institucija znotraj organizacije EURAMET (angl. European Association of National Metrology Institutes) delujemo kot nosilec nacionalnega etalona za področje ionizirajočega sevanja v Sloveniji. V okviru metroloških dejavnosti smo izvajali aktivnosti pri projektih:

- EMPIR 2017 17RPT01 DOSEtrace – Research Capabilities for Radiation Protection Dosimeters
- EMPIR 2019, JNT-w08 supportBSS – Podpora Evropski metrološki mreži za zanesljivo zakonodajo na področju zaščite pred sevanji

V letu 2020 smo začeli vzorčiti in analizirati podzemne, termalne, padavinske in površinske vode na vplivnem območju zaježitve Save za HE Mokrice v okviru projekta *Kakovostni in količinski monitoring podzemne vode na vplivnem območju zaježbe za HE Mokrice*. Projekt vodi podjetje IRGO, d. o. o., na IJS ga koordinira odsek O2, v sklopu projekta pa sodeluje še Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (NLZOH). Namen projekta je ugotavljanje stanja okolja pred začetkom gradnje HE Mokrice. Naša skupina pri nalogi sodeluje pri ugotavljanju koncentracije aktivnosti H-3 in skupne vsebnosti sevalcev alfa in beta v vodah iz vrtin na območju gradnje. V letu 2021 smo izvedli predvidena vzorčenja in analize 164 vzorcev.

Nadaljevali smo študijo pojavnosti organsko vezanega tritija (OBT), tritija v prosti celični vodi (tissue free water tritium, TFWT) in izotopa C-14 v različnih kopenskih in vodnih organizmih v okolici NEK in na referenčnih lokacijah. V letu 2021 smo TFWT in OBT določili v 78 vzorcih. V raziskovalni študiji o vsebnosti sevalcev alfa in beta v vzorcih pitne vode v Sloveniji smo vzorčili in analizirali 160 vzorcev, v okviru študije v vplivnem območju HE Mokrice pa smo odvzeli in analizirali 61 vzorcev. Opravili smo 84 meritev vsebnosti C-14 v vodi, bioti, pohištvinih polizdelkih in gorivih ter etanolu v prvotni obliki in kot CO<sub>2</sub>. V letu 2021 nismo ugotavljali vsebnosti tritija v urinu in Ra-226 / Ra-228 v vodah.



Slika 7: Povprečni naboj žvepla v katodi baterije Li-S v posameznih točkah praznjenja. Naboj smo določili iz premika emisijske črte K $\alpha$  in spremembe oblike emisijske črte K $\beta$ . (Kavčič et al., *ACS APPL Energy Mat.* 2021).

V letu 2021 smo nabavili novo rentgensko napravo Comet iXRS-320 z napetostjo 320 kV, s katero bomo povečali obseg dejavnosti na področju kalibracij merilnikov v rentgenskem polju. V letu 2021 smo ob izdatni finančni podpori Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR) nabavili prenosni spektrometer Flir IdentiFINDER, merilnik hitrosti doze Automess, prikazovalnik hitrosti doze nevtronov Berthold in merilnik brisov Nuvia WIMP.

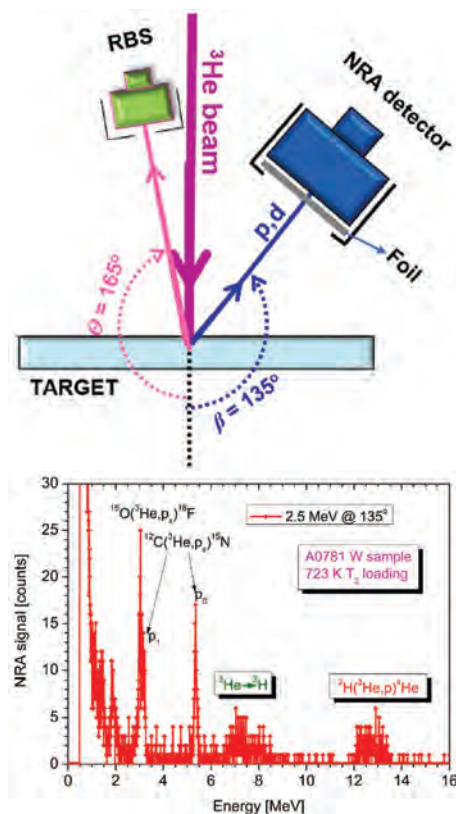
Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME) je 26. in 27. oktobra 2021 kot del slovenskih sil zaščite in reševanja sodeloval na eni največjih mednarodnih vaj MAAE na področju jedrskih in radioloških nesreč ConvEx-3b. Predpostavka vaje je bila nesreča v jedrski elektrarni Barakah v Združenih arabskih emiratih (ZAE). Pri tem smo skupaj z Upravo RS za zaščito in reševanje ter Upravo RS za jedrsko varnost vadili uporabo različnih komunikacijskih kanalov za izmenjavo informacij ter prek sistema RANET (Response and Assistance Network) v okviru naših zmoglosti in znanj prizadeti državi ponudili mednarodno pomoč. Člani ELME so se udeležili 8. mednarodnega sejma obrambe, varnosti, zaščite in reševanja SOBRA 2021 v Gornji Radgoni med 23. in 25. septembrom 2021.

V letu 2021 smo začeli izvajati projekt The Third NEK Periodic Safety Review Program, poglavje Safety Factor 15 – Radiological Impact on the Environment, v tehničnih specifikacijah, št. SP-ES1388. Namen projektne naloge je pregled ustreznosti dokumentacije na področju varnostnega faktorja št. 15. Na podlagi ugotovitev pregleda pomembno prispevamo k postopku izdaje dovoljenja za obratovanje NEK v naslednjem obdobju.

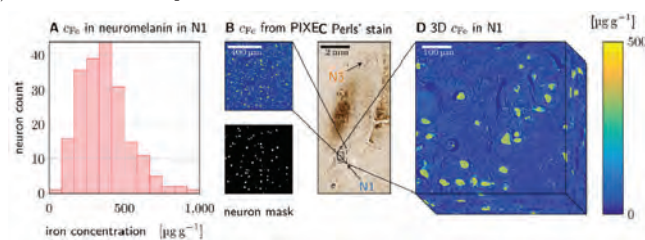
V letu 2021 smo izvajali projektno nalogo *Vpliv HE Brežice na NEK in Poročilo o vplivih na okolje za podaljšanje obratovalne dobe NEK*. Po izgradnji HE Brežice so v reki Savi nastale nove hidravlične razmere, ki jih ne poznamo dobro. Na spremembe v režimu toka reke Save po izgradnji HE Brežice kažejo vizualna opazovanja lokalnega prebivalstva (ribiči) in vrednotenje izmerjenih koncentracij aktivnosti tritija na vzorčevalnih postajah (v pretočni akumulaciji HE Brežice, nad jezom HE Brežice in Brežice). Ugotavljamo, da se je spremenilo razredčitveno razmerje v Brežicah, na drugih lokacijah pa ni znano. V skladu s tehnično specifikacijo *Dose calculation and dilution modelling of run-of-river Brežice hydro plant accumulation* št. TO. RZ-5/2020 bo izdelan numerični program za oceno učinkov prebivalstva, ki bo temeljil na ovrednotenju razredčitvenih koeficientov oziroma razredčitvenih razmerij v pretočni akumulaciji HE Brežice z uporabo preizkušenega modela PCFLOW3D. V okviru projektne naloge je bila predlagana tudi eksperimentalna študija sledenja vsebnosti tritija v reki Savi nizvodno od jezua NEK, ki bo pomembna za primerjavo med teoretičnimi napovedmi koncentracij aktivnosti tritija v reki Savi in izmerjenimi vrednostmi.

V letu 2021 smo izvajali projektno nalogo *Izvajanje programa sistematičnega pregledovanja delovnega okolja v dejavnostih z materiali*, ki vsebujejo naravno prisotne radionuklide za leto 2021. Namen projektne naloge je bil določitev in konkretizacija programa zagotavljanja varstva delavcev in posameznikov iz prebivalstva pred povečano izpostavljenostjo sevanju zaradi naravnih virov sevanj na območjih in pri dejavnostih, kjer je povečano tveganje zaradi sevanja teh virov. Rokovanje in drugo delo z materiali po termični obdelavi (posledica predelave naravno prisotnega radioaktivnega materiala) ne sme povzročiti čezmernega obsevanja delavcev, pri čemer je treba upoštevati zunanje in notranje obsevanje (inhalacija prašnih delcev). Zaradi naravne radioaktivnosti materialov je treba upoštevati, da je celotna efektivna doza, ki jo prejme delavec, določena z dozo, ki jo prispevajo sevalci gama Ra-226, Th-232 in K-40, ter efektivno dozo, ki se absorbira v pljučnem tkivu zaradi vnosa razpadnih produktov radona Rn-222, ki so sevalci alfa. Kadar materiali vsebujejo povišane specifične aktivnosti naravnih radionuklidov, se posledično poveča tudi hitrost okoljskega doznega ekvivalenta v zraku v notranjosti opazovanega objekta. Če želimo zmanjšati tveganje za zdravje delavcev zaradi ionizirajočega sevanja, je treba nadzirati in postaviti določene omejitve pri uporabi surovin, ki lahko vsebujejo povečane koncentracije radionuklidov. Poleg tega je potreben stalen in kakovosten nadzor nad temi materiali ter preprečiti, da bi presegli mejne vrednosti.

V projektini nalogi smo se omejili na delovno okolje v dejavnostih, kjer proizvajajo toplotnoizolacijske in hidroizolacijske končne izdelke (FRAGMAT TIM, d. o. o., Laško, ISOMAT, d. o. o., Mežica), ter v podjetjih, ki proizvajajo ali uporabljajo geotermalno energijo (vrtec Mavrica Brežice in Ocean Orchids, d. o. o., Dobrovnik). Stopnjo radioaktivnosti smo ocenili iz meritev hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta, spektrometrijskih analiz vhodnih surovin, končnih izdelkov in zraka z visokoločljivostno spektrometrijo gama ter iz meritev koncentracij radona v prostorih.



Slika 8: Postavitev meritve in identifikacija reakcijskih produktov v vzbujeni jedrski reakciji s hitrimi ioni  $^3\text{He}$  na tritiju, da bi z metodo jedrskih reakcij (angl. Nuclear Reaction Analysis, NRA) lahko določevali koncentracije tritija v materialih. Poskuse smo izvedli v sodelovanju s CEA, Cadarache (Markelj et al, Nuclear Materials and Energy 2021).



Slika 9: Kvantitativna histologija železa v vzorcih tkiv človeških možganov post mortem z metodo mikro-PIXE. Raziskave so pokazale pot do zgodnjih markerjev za diagnosticiranje Parkinsonove bolezni (Brammerloh et al, Neuroimage 2021).



## MEDNARODNI PROJEKTI

- EMPIR; Preparedness - Metrologija meritev ionizirajočega sevanja s prenosnimi sistemi po sevalnem izrednem dogodku  
EURAMET e.V.; dr. Toni Petrovič
- EMPIR - 17RPT01 DOSetrace; Raziskovalne zmožnosti za dozimetre za zaščito pred sevanjem  
EURAMET e.V.; mag. Denis Glavič Cindro
- EMPIR - supportBSS; Podpora Evropski metrološki mreži za zanesljivo zakonodajo o zaščiti pred sevanjem  
EURAMET e.V.; mag. Denis Glavič Cindro
- EMPIR; AEROMET II; Napredna metrologija aerosolov za znanost o atmosferi in za kvaliteto zraka  
EURAMET e.V.; doc. dr. Klemen Bučar
- Okrepitev jedrskih analitičnih metod za potrebe forenzike; Forenzika z jedrskimi metodami: Ponarejanje umetnostnih objektov in hrane, detekcija farmacevtikov v laseh  
IAEA - International Atomic Energy Agency; prof. dr. Primož Pelicon
- COST CA18130; Evropska mreža za elementno analitiko z rentgensko fluoroscenco s totalnim odbojem  
COST Association AISBL; dr. Marijan Nečemer
- COST CA18222; Atosekunda kemija  
COST Association AISBL; doc. dr. Andrej Mihelič
- COST CA18212; Molekularna dinamika v plinasti fazi  
COST Association AISBL; prof. dr. Matjaž Žitnik
- COST CA16117; Kemijski elementi kot sledilci evolucije vesolja  
COST Association AISBL; prof. dr. Matej Lipoglavšek
- Regionalni projekt TC RER/7/014: Posodabljanje elementov nadzora radioaktivnosti okolja in ocene vplivov v regiji  
IAEA - International Atomic Energy Agency; doc. dr. Benjamin Zorko
- Eksperimenti in modeliranje in situ prevzemanja, transporta in sproščanja vodikovih izotopov v obstreljevanem volframu; Permeacija vodika v materialih pomembnih za fuzijo  
IAEA - International Atomic Energy Agency; doc. dr. Sabina Markelj
- Detekcija vodikovih izotopov preko NRA metode, preseki in dobre prakse; Razvoj in uporaba tehnik s pospešenimi ioni za obstreljevanje in karakterizacijo materialov pomembnih za fuzijsko tehnologijo  
IAEA - International Atomic Energy Agency; doc. dr. Sabina Markelj
- H2020 - TRANSAT; Povezujoče aktivnosti za tritij  
European Commission; doc. dr. Sabina Markelj
- H2020 - RADIATE; Raziskave in razvoj z ionskimi žarki - Napredna tehnologija v Evropi  
European Commission; prof. dr. Matjaž Kavčič
- H2020 - ČistaVKE; Čista energija iz vodika in kovin  
European Commission; prof. dr. Matej Lipoglavšek
- H2020 - HITRIplus; Integracija raziskav težko jonskih terapij  
European Commission; doc. dr. Matjaž Vencelj
- H2020 - EUROfusion; Komponente v stiku s plazmo-1-IPH-FU, EUROfusion  
European Commission; doc. dr. Sabina Markelj
- Študij porazdelitve sibekega naboja s precizijskimi meritvami kršitve parnosti  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; doc. dr. Miha Mihovilovič
- Preučevanje elektrokemijskih mehanizmov v organskih katodnih materialih z uporabo rentgenske ramanske spektroskopije  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; prof. dr. Matjaž Kavčič
- Raziskave vpliva zadrževanja helija v materialih, ki so v stiku s fuzijsko plazmo, s pomočjo naprednih analitičnih metod  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; doc. dr. Sabina Markelj
- OE - EUROfusion; WP07: ENR-DeHydroc-1,2,3\_OE-FU  
European Commission; doc. dr. Sabina Markelj
- OE - EUROfusion; WP21: PRD-1.2\_OE-FU  
European Commission; doc. dr. Sabina Markelj
- OE - EUROfusion; WP05: PWIE-1,2,3\_OE-FU  
European Commission; doc. dr. Sabina Markelj
- OE - EUROfusion; WP24: TRED\_OE-FU, EDU\_OE-FU  
European Commission; prof. dr. Primož Pelicon

## PROGRAMI

- Premična kulturna dediščina: arheološke in arheometrične raziskave  
dr. Eva Menart
- Predmet kot reprezentanca: okus, ugled, moč (Raziskave materialne kulture na Slovenskem)  
dr. Marijan Nečemer

- Vzporedni in porazdeljeni sistemi  
prof. dr. Roman Trobec
- Struktura hadronskih sistemov  
prof. dr. Simon Širca
- Raziskave atomov, molekul in struktur s fotoni in delci  
prof. dr. Matjaž Žitnik
- Fuzijske tehnologije  
doc. dr. Sabina Markelj

## PROJEKTI

- Raziskave ionoma kulturnih rastlin za pridelavo varne in kakovostne hrane  
prof. dr. Katarina Vogel-Mikuš
- Strukturirana svetloba kot orodje za tvorbo in analizo novih stanj snovi  
prof. dr. Matjaž Žitnik
- Alternativni pristopi k zagotavljanju kvalitetnega in varnega mikrobioma ajde  
prof. dr. Primož Pelicon
- S spoznanji iz delovanja rastlin z učinkovitim privzemom mineralnih hranil do izboljšane preskrbe z minerali  
prof. dr. Primož Pelicon
- Molekularno slikanje v celici  
prof. dr. Primož Pelicon
- Elektronsko senčenje v jedrskih reakcijah  
prof. dr. Matej Lipoglavšek
- Slikanje modularnih razdelitev na nivoju celice  
prof. dr. Primož Pelicon
- Prostorska razporeditev elementov in metabolitov v rastlinah  
prof. dr. Katarina Vogel-Mikuš
- Novi indikatorji klimatskih sprememb v stalagmitih v Sloveniji  
prof. dr. Primož Pelicon
- Rentgenska spektroskopija v nežnem energijskem področju za proučevanje naprednih materialov in dinamičnih procesov  
prof. dr. Matjaž Kavčič
- Detekcija napak in vodika v kristalni rešetki s pomočjo ionskih metod v načinu kanaliziranja za fuzijo  
doc. dr. Sabina Markelj
- Lokalno pridelana ajda kot surovina za proizvodnjo kakovostnih živil  
prof. dr. Primož Pelicon
- PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)  
prof. dr. Primož Pelicon
- ELME - Ekološki laboratorij z mobilno enoto  
prof. dr. Matej Lipoglavšek
- Izvedba monitoring radioaktivnosti pitne vode za leti 2020 in 2021 (SKLOP 2)  
doc. dr. Benjamin Zorko
- Kalibracije  
Boštjan Črnič, mag. med. fiz.
- Razne analize; Referenčni materiali  
dr. Jasmina Kožar Logar
- CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop  
prof. dr. Primož Pelicon
- Meritve C-14  
dr. Romana Kristof

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

- Meritve plinskih efluentov - Specifične analize H-3 in C-14 v letu 2021  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.; doc. dr. Benjamin Zorko
- Vzdrževanje pripravljenosti izrednega monitoringa radioaktivnosti ELME 2020-2023  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.; doc. dr. Benjamin Zorko
- Obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) v Republiki Sloveniji za leti 2020 in 2021  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.; doc. dr. Benjamin Zorko
- Obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK v povezavi s HE Brežice za leti 2020 in 2021  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.; doc. dr. Benjamin Zorko
- Vpliv HE Brežice na NEK in poročilo o vplivih na okolje na podaljšanje obratovalne dobe NEK  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.; doc. dr. Benjamin Zorko

## OBISKI

- Bo Hu, Czech University of Life Sciences Prague, Praga, Češka, 1. 11.–31. 12. 2021
- Despina Daniella Magueranu in dr. Roxana Nicoleta Bugoi, Institute of Archaeology Vasile Pârvan, Bukarešta, Romunija, 13.–17. 12. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- Boštjan Črnič: Kotno občutljiva kamera gama s scintilacijskim detektorjem za lokalizacijo vira v brahiterapiji, 12. 2. 2021

- Predrag Ranitović: Coherent control of electron and nuclear wave-packet dynamics in small atoms and molecules by means of attosecond XUV and femtosecond strong laser fields, 10. 3. 2021
- Matic Pečovnik: The influence of hydrogen isotopes on the behaviour of crystal lattice defects in tungsten, 19. 3. 2021
- Gregor Košir: In-flight spectroscopy of slowed-down beams at GSI/FAIR, 3. 5. 2021
- Isabela Tišma: Nuclear reactions relevant to Big-Bang nucleosynthesis, 30. 8. 2021
- Eva Seme: Fazno odvisni popravki pri detekciji ionizirajočih delcev z nizko vzorčevalno frekvenco, 3. 9. 2021

- Lipoglavšek Matej, University of Uppsala, sestanka upravnega odbora Eu projekta CleanHME, Uppsala, Švedska, 22.-26. 9. 2021
- Miha Mihovilovič, ICZR, usposabljanje gasilcev, Ig, 16. 4. 2021
- Miha Mihovilovič, Benjamin Zorko, MZZ, izobraževanje predstavnikov NMP, Novo mesto, 30. 5. 2021
- Miha Mihovilovič, URSZR, usposabljanje RKB ekip CZ, Ig, 8. 6. 2021
- Miha Mihovilovič, Toni Petrovič, Klara Poiškruh, Rok Roš Opaškar, NEK, ROMENEK 2021, Krško, 14.-16. 6. 2021
- Miha Mihovilovič, ICZR, usposabljanje gasilcev, Ig, 9. 9. 2021
- Miha Mihovilovič, Benjamin Zorko, Pomurski sejem, d. o. o., SOBRA, Gornja Radgona, 25. 9. 2021
- Miha Mihovilovič, ICZR, usposabljanje gasilcev, Ig, 28. 9. 2021
- Miha Mihovilovič, usposabljanje gasilcev, Ig, 9. 11. 2021
- Miha Mihovilovič, usposabljanje gasilcev, Ig, 24. 11. 2021
- Primož Pelicon, IAEA, 3. sestanek projekta RCP IAEA F11021, Ženeva, Švica, 6.-13. 11. 2021
- Toni Petrovič, Klara Poiškruh, Pomurski sejem, d. o. o., SOBRA, Gornja Radgona, 24. 9. 2021
- Klara Poiškruh, IAEA, Regional Training Course on First Response to Nuclear or Radiological Emergencies, 17.-23. 10. 2021, Tulln, Avstrija,
- Rok Roš Opaškar, ICZR, usposabljanje gasilcev, Ig, 22. 4. 2021
- Primož Vavpetič, Eletra, Obisk raziskovalne linije TwinMic pri dr. Alessandri Gianoncelli, Trst, Italija, 21. 12. 2021
- Benjamin Zorko, DSRS, Svetovni dan varne hrane 2021, Ljubljana, 7. 6. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

- Aleksandra Cvetinovič, Chetec Cost, COST Action CA16117: Final year main Action meeting, Lizbona, Portugalska, 7. 9.-12. 9. 2021
- Boštjan Črnič, Petra Prem, Benjamin Zorko, NEK, ROMENEK 2021, Krško, 6.-8. 9. 2021
- Boštjan Črnič, Denis Glavič Cindro, Sandi Gobec, Miha Mihovilovič, Toni Petrovič, Klara Poiškruh, Rok Roš Opaškar, Branko Vodenik, Benjamin Zorko, RC IJS, PRIMER 2021, 22. 9. 2021, Brinje
- Boštjan Črnič, Denis Glavič Cindro, Sandi Gobec, Miha Mihovilovič, Toni Petrovič, Klara Poiškruh, Petra Prem, Rok Roš Opaškar, Branko Vodenik, Benjamin Zorko, RC IJS, RUME 3, Brinje, 21. 12. 2021
- Sandi Gobec, Branko Vodenik, Pomurski sejem, d. o. o., SOBRA, Gornja Radgona, 23. 9. 2021
- Mitja Kelemen, Sabina Markelj, DJSS, NENE 2021, Bled, 8.-9. 9. 2021
- Gregor Košir, IFIN-HN, CSSP 2020, Sinaia, Romunija, 17.-28. 8. 2021

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

- Žiga Brenčič: GSI-FAIR, Darmstadt, Nemčija, 1. 3.-16. 4. 2021 (meritve)
- Gregor Košir: GSI-FAIR, Darmstadt, Nemčija, 12. 2.-25. 4. 2021 (priprava eksperimenta)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

- prof. dr. Iztok Arčon\*, znanstveni svetnik
- doc. dr. Klemen Bučar
- prof. dr. Dean Cvetko\*, znanstveni svetnik
- mag. Denis Glavič Cindro
- dr. Darko Hanzel
- prof. dr. Matjaž Kavčič
- dr. Jasmina Kožar Logar
- dr. Romana Krištof\*
- prof. dr. Matej Lipoglavšek
- doc. dr. Sabina Markelj
- doc. dr. Andrej Mihelič
- doc. dr. Miha Mihovilovič
- dr. Marijan Nečemer
- prof. dr. Primož Pelicon, znanstveni svetnik - vodja odseka**
- dr. Toni Petrovič
- dr. Paula Pongrac\*
- prof. dr. Simon Širca\*, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
- dr. Primož Vavpetič
- doc. dr. Matjaž Vencelj
- dr. Jelena Vesič
- mag. Branko Vodenik
- prof. dr. Katarina Vogel-Mikuš\*, znanstveni svetnik
- doc. dr. Benjamin Zorko
- prof. dr. Matjaž Žitnik, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine

### Podoktorski sodelavci

- dr. Žiga Barba
- dr. Aleksandra Cvetinovič
- dr. Boštjan Jenčič
- dr. Eva Menart\*
- dr. Marko Petric
- Esther Punzon Quijorna, PhD. in Physics, Universidad Autonoma de Madrid, Advanced Materials and Nanotech

### Mlajši raziskovalci

- Žiga Brenčič, mag. fiz.
- Mateja Hrast, mag. fiz.
- Gregor Košir, mag. fiz.
- Špela Krušič, mag. fiz.
- dr. Matic Pečovnik, odšel 1. 4. 2021
- Ava Rajh, mag. fiz.
- Eva Seme, mag. fiz.
- dr. Isabela Tišma, odšla 1. 10. 2021

### Strokovni sodelavci

- Boštjan Črnič, mag. med. fiz.
- Polona Gerjol, dipl. inž. teh. var. (UN)

- Mitja Kelemen, mag. fiz.
  - mag. Matjaž Mihelič
  - Klara Poiškruh, mag. med. fiz.
  - Petra Prem, prof. biol. in gosp.
  - Matevž Skobe, dipl. inž. el. (VS)
  - Matej Veres, dipl. inž. fiz. (VS), odšel 1. 9. 2021
- ### Tehniški in administrativni sodelavci
- Mojca Gantar
  - Sandi Gobec
  - Andrej Košček, univ. dipl. fiz.
  - Mirko Ribič, kom. inž.
  - Rok Roš Opaškar

### Opomba

- \* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

### Domače

- Acroni, Jesenice
- Agencija za radioaktivne odpadke, Ljubljana
- AMES, avtomatski merilni sistemi za okolje, d. o. o., Brezovica pri Ljubljani
- Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, Oddelek za biologijo, Ljubljana
- BLAJ - Anton Blaj, d. o. o., Griže
- Bolnišnica Sežana, Sežana
- Calcit, d. o. o., Stahovica
- Cosylab, d. d., Ljubljana
- Domel, d. o. o., Železniki
- EVT SISTEMI, d. o. o., Idrija
- Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani
- Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani
- Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru
- Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, Ljubljana
- Geološki zavod Slovenije, Ljubljana
- Instrumentation Technologies, d. d., Solkan
- Kemijski inštitut Ljubljana
- Klinični center, Ljubljana
- Krka, tovarna zdravil, d. d., Novo mesto
- MEDENS, d. o. o., Mozirje
- Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani
- MEIS storitve za okolje, d. o. o., Mali Vrh pri Šmarju
- Ministrstvo za finance, Carinska uprava R Slovenije, Generalni carinski urad, Ljubljana
- Ministrstvo za finance, Finančna uprava Republike Slovenije, Generalni finančni urad, Ljubljana
- Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin, Ljubljana

26. Ministrstvo za notranje zadeve, Policija, Ljubljana
27. Ministrstvo za obrambo, Generalštab Slovenske vojske, Ljubljana
28. Ministrstvo za obrambo, Uprava Republike Slovenije za zaščito in sodelovanje, Ljubljana
29. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana
30. Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost, Ljubljana
31. Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, Urad Republike Slovenije za meroslovje, Ljubljana
32. Ministrstvo za zdravje, Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji, Ljubljana
33. Narodna galerija, Ljubljana
34. Nacionalni Laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Maribor
35. Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana
36. Narodni muzej Slovenije, Ljubljana
37. Nuklearna elektrarna Krško, Krško
38. Onkološki inštitut, Ljubljana
39. Papirnica Vevče, d. o. o., Ljubljana
40. Pikas, d. o. o., Tolmin
41. Pošta Slovenije, d. o. o., Maribor
42. Rudnik Žirovski vrh, Javno podjetje za zapiranje rudnika urana, d. o. o., Gorenja vas
43. Splošna bolnišnica Dr. Franca Derganca Nova Gorica, Šempeter pri Gorici
44. Splošna bolnišnica Novo mesto, Novo mesto
45. Štore Steel, d. o. o., Štore
46. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana
47. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
48. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana
49. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor
50. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor
51. Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica
52. Zavod za varstvo pri delu, d. d., Ljubljana
20. Hasselt University, Diepenbeek, Belgija
21. IFIN-HH, Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica si Inginerie Nucleara Horia Hulubei, Măgurele, Romunija
22. Institut za fiziku, Beograd, Srbija
23. Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Nemčija
24. Institut für Kernphysik, Universität Mainz, Mainz, Nemčija
25. Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Jülich, Nemčija
26. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
27. International Atomic Energy Agency, Dunaj, Avstrija
28. IRSN, Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire, Fontenay-aux-Roses, Francija
29. iThemba LABS, Cape Town, Južna Afrika
30. ITN, Instituto Tecnológico e Nuclear, Bobadela LRS, Portugalska
31. JRC, JRC-Joint Research Centre- European Commission, EC
32. Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Nemčija
33. Kernfysisch Versneller Instituut, Groningen, Nizozemska
34. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, ZDA
35. Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart, Nemčija
36. Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching, Nemčija
37. MIKES, Mittatekniikan Keskus, Espoo, Finska
38. MKEH, Magyar Kereskedelmi Engedelyezési Hivatal, Budimpešta, Madžarska
39. National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Bukarešta, Romunija
40. NCBJ, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Polska
41. NPL, NPL Management Limited, VB
42. NRPA, Norwegian Radiation Protection Authority, Norveška
43. Oddelek za fiziko, Univerza v Coimbri, Coimbra, Portugalska
44. Patenting Proizvodnja d.o.o., Beograd, Srbija
45. Paul Scherrer Institut (PSI), Villigen, Švica
46. POLATOM, Institute of Atomic Energy POLATOM, Otwock, Poljska
47. PTB, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Nemčija
48. SCK • CEN, Studiecetrum Voor Kernenergie, Mol, Belgija
49. Synchrotron Soleil, Saint-Aubin, Francija
50. Synchrotron SLS Daresbury, Anglija
51. SMU, Slovenský Metrologický Ústav, Bratislava-Karlova Ves, Slovaška
52. Stanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL), Stanford, ZDA
53. STUK, Sateilyturvakeskus, Helsinki, Finska
54. SURO, Statni ustav radiacni ochrany v.v.i., Praga, Češka republika
55. TAEC, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara, Turčija
56. Technical University of Crete, Chania, Grčija
57. Tehnična univerza v Darmstadtu, Nemčija
58. Thomas Jefferson National Accelerator Facility, Newport News, ZDA
59. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Španija
60. Université catholique de Louvain, Louvain, Belgija
61. Università degli Studi di Milano, Milano, Italija
62. University of Fribourg, Fribourg, Švica
63. Univerza J. Gutenberg, Mainz, Nemčija
64. Univerza v Exeterju, Cornwall, Anglija
65. Univerza v Göttingenu, Nemčija
66. Univerza v Konstanzu, Nemčija
67. Univerza Loránd Eötvös, Budimpešta, Madžarska
68. Univerza v Madridu, Madrid, Španija
69. University Pierre and Marie Curie (UPMC), Pariz, Francija
70. UPC, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Španija

## Tuje

1. Aix-Marseille Université - CNRS / PIIM Laboratory, Marseille, Francija
2. ATOMKI, Institut of Nuclear Research, Debrecen, Madžarska
3. AUTH, Aristotelio Panepistimio Thessalonikis, Thessaloniki, Grčija
4. BEV/PTP, Bundesamt fuer Eich- und Vermessungswesen, Physikalisch-Technischer Pruefdienst, Dunaj, Avstrija
5. BfS, Bundesamt fuer Strahlenschutz, Salzgitter, Nemčija
6. BOKU, Universitaet fuer Bodenkultur Wien, Dunaj, Avstrija
7. CEA, Commissariat a l' Energie Atomique, Francija
8. CIEMAT, Centro de investigaciones energeticas, medioambientales y tecnologicas, Madrid, Španija
9. CMI, Cesky Metrologicky Institut Brno, Brno, Češka republika
10. CSIC, Rocasolano, Madrid, Španija
11. DESY, HASYLAB, Hamburg, Nemčija
12. Die Leitseite der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH Aachen University of Technology), Nemčija
13. ENEA, Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Rim, Italija
14. ENVINET, ENVINET a.s., Třebíč, Češka republika
15. European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francija
16. Elettra, Sinchrotrone Trst, Italija
17. EURADOS - European Radiation Dosimetry e. V., Braunschweig, Nemčija
18. Experimental Institute for Plant Nutrition, Gorica, Italija
19. FAIR - GSI, Darmstadt, Nemčija

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Matjaž Kavčič, Marko Petric, Ava Rajh, Kristina Isaković, Alen Vižintin, Sara Drvarič Talian, Robert Dominko, "Characterization of Li-S batteries using laboratory sulfur X-ray emission spectroscopy", *ACS applied energy materials*, 2021, **4**, 3, 2357-2364. [COBISS.SI-ID 56996355]
2. Leonard Moriau *et al.* (12 avtorjev), "Effect of the morphology of the high-surface-area support on the performance of the oxygen-evolution reaction for iridium nanoparticles", *ACS catalysis*, 2021, **11**, 2, 670-681. [COBISS.SI-ID 45043203]
3. Lovro Sinkovič, Marijan Nečemer, Barbara Pipan, Vladimir Meglič, "Determination of some elements in legumes using ICP-MS and EDXRF methodology applications", *Acta chimica slovenica*, 2021, **68**, 4, 913-920. [COBISS.SI-ID 79854083]
4. Annette Röttger *et al.* (16 avtorjev), "Metrology for radiation protection: a new European network in the foundation phase", *Advances in geosciences*, 2021, **57**, 1-7. [COBISS.SI-ID 85216003]
5. Benjamin Zorko, Matjaž Korun, Boštjan Črnič, Branko Vodenik, Sandi Gobec, "Influence of solar activity on ambient dose equivalent H\*(10) measured with thermoluminescent dosimeters in Slovenia", *Arhiv za higijeno rada i toksikologiju*, 2021, **72**, 23-28. [COBISS.SI-ID 55524611]
6. Maja Pori, Iztok Arčon, Venkata D. B. C. Dasireddy, Blaž Likozar, Zorica Crnjak Oreš, Marjan Marinšek, "Photo-chemically-deposited and industrial Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst material surface structures during CO<sub>2</sub> hydrogenation to methanol: EXAFS, XANES and XPS analyses of phases after oxidation, reduction, and reaction", *Catalysis letters*, 2021, **151**, 11, 3114-3134. [COBISS.SI-ID 65711875]

7. Ksenija Maver, Iztok Arčon, Mattia Fanetti, Saim Emin, Matjaž Valant, Urška Lavrenčič Štangar, "Improved photocatalytic activity of anatase-rutile nanocomposites induced by low-temperature sol-gel Sn-modification of TiO<sub>2</sub>", *Catalysis today*, 2021, **361**, 124-129. [COBISS.SI-ID 5565179]
8. Maxim Zabitsky, Iztok Arčon, Petar Djinović, Elena Tchernychova, Albin Pintar, "In-situ XAS study of catalytic N<sub>2</sub>O decomposition over CuO/CeO<sub>2</sub> catalysts", *ChemCatChem*, 2021, **13**, 7, 1814-1823. [COBISS.SI-ID 49314307]
9. Marko Petric, Ava Rajh, Alen Vižintin, Sara Drvarič Talian, Robert Dominko, Matjaž Kavčič, "Sulfur valence-to-core X-ray emission spectroscopy study of lithium sulfur batteries", *Chemical communications*, 2021, **57**, 61, 7573-7576. [COBISS.SI-ID 72325635]
10. Nataša Zabukovec Logar, Iztok Arčon, Janez Kovač, Margarita Popova, "Removal of copper from aqueous solutions with zeolites and possible treatment of exhaust materials", *Chemie Ingenieur Technik*, 2021, **93**, 6, 941-948. [COBISS.SI-ID 57116419]
11. Mateja Potisek, Matevž Likar, Katarina Vogel-Mikuš, Iztok Arčon, Jože Grdadolnik, Marjana Regvar, "1,8-dihydroxy naphthalene (DHN) - melanin confers tolerance to cadmium in isolates of melanised dark septate endophytes", *Ecotoxicology and environmental safety*, 2021, **222**, 112493. [COBISS.SI-ID 70067203]
12. Eyakifama Hazou, Benjamin Zorko, Milohum Mikesokpo Dzagli, Essolakina Manakrihèa Haliba, Shouop Cebastien Joel Guembou, Moyo Maurice Ndontchueng, Komi Paalamwé Tchakpele, "Transfer from soil to grass and statistical analysis of naturally occurring radionuclides in soil from phosphate mining and processing sites in Maritime Region of Togo", *Environmental earth sciences*, 2021, **80**, 18, 626. [COBISS.SI-ID 76675587]
13. Oliver Masson *et al.* (44 avtorjev), "Europe-wide atmospheric radionuclide dispersion by unprecedented wildfires in the Chernobyl exclusion zone, April 2020", *Environmental science & technology*, 2021, **55**, 20, 13834-13848. [COBISS.SI-ID 80364803]
14. Dino Metarapi, Johannes Teun van Elteren, Martin Šala, Katarina Vogel-Mikuš, Iztok Arčon, Vid Simon Šelih, Mitja Kolar, Samo B. Hočevar, "Laser ablation-single-particle-inductively coupled plasma mass spectrometry as a multimodality bioimaging tool in nano-based omics", *Environmental science. Nano*, 2021, **8**, 3, 647-656. [COBISS.SI-ID 50633731]
15. C. Spitaleri *et al.* (28 avtorjev), "The <sup>3</sup>He+<sup>5</sup>He → αα reaction below the Coulomb barrier via the Trojan horse method", *European physical journal. A, Hadrons and nuclei*, 2021, **57**, 1, 20. [COBISS.SI-ID 57720579]
16. Miha Mihovilovič *et al.* (34 avtorjev), "The proton charge radius extracted from the initial-state radiation experiment at MAMI", *The european physical journal. A, Hadrons and nuclei*, 2021, **57**, 107. [COBISS.SI-ID 57676803]
17. Staša Hamzić Gregorčič, Nives Ogrinc, Russell Frew, Marijan Nečemer, Lidija Strojnik, Tea Zuliani, "The provenance of Slovenian milk using <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr isotope ratios", *Food*, 2021, **10**, 8, 1729. [COBISS.SI-ID 72029699]
18. Jan Kejžar, Marta Jagodic Hudobivnik, Marijan Nečemer, Nives Ogrinc, Jasmina Masten, Nataša Poklar Ulrih, "Characterization of algae dietary supplements using antioxidative potential, elemental composition and stable isotopes approach", *Frontiers in nutrition*, 2021, **7**, 618503. [COBISS.SI-ID 49471491]
19. Ida Kraševc, Eva Menart, Matija Strlič, Irena Kralj Cigič, "Validation of passive samplers for monitoring of acetic and formic acid in museum environments", *Heritage science*, 2021, **9**, 19. [COBISS.SI-ID 51634691]
20. Valerie Nicoulaud-Gouin, C. Mourlon, Takashi Tanaka, S. Le Dizes-Maurel, Laura Sánchez-García, J. C. Attard, Benjamin Zorko, J. C. Mora, M. Simon-Cornu, "Sensitivity analysis in a radiological impact assessment of a nuclear power plant discharge. A comparison of the Morris, Spearman and Sobol' approaches", *Journal of Environmental Radioactivity*, 2021, **242**, 106770. [COBISS.SI-ID 87665667]
21. Karina Dauer née Joppe *et al.* (14 avtorjev), "Brain iron enrichment attenuates α-synuclein spreading after injection of preformed fibrils", *Journal of neurochemistry*, 2021, **159**, 3, 554-573. [COBISS.SI-ID 87247619]
22. Mitja Kelemen *et al.* (13 avtorjev), "Influence of surface roughness on the sputter yield of Mo under keV D ion irradiation", *Journal of nuclear materials*, 2021, **555**, 153135. [COBISS.SI-ID 69339139]
23. Matic Pečovnik, Thomas Schwarz-Selinger, Sabina Markelj, "Experiments and modelling of multiple sequential MeV ion irradiations and deuterium exposures in tungsten", *Journal of nuclear materials*, 2021, **550**, 152947. [COBISS.SI-ID 57619203]
24. Davide Menga, Jian Liang Low, Yan-Sheng Li, Iztok Arčon, Burak Koyutürk, Friedrich Wagner, Francisco Ruiz-Zepeda, Miran Gaberšček, Beate Paulus, Tim-Patrick Fellinger, "Resolving the dilemma of Fe-N-C catalysts by the selective synthesis of tetrapyrrolic active sites via an imprinting strategy", *Journal of the American Chemical Society*, 2021, **143**, 43, 18010-18019. [COBISS.SI-ID 82270723]
25. W. Chromiński, Łukasz Ciupiński, P. Bazarnik, Sabina Markelj, Thomas Schwarz-Selinger, "Microstructure evolution in helium implanted self-irradiated tungsten annealed at 1700 K studied by TEM", *Materials characterization*, 2021, **174**, 110991. [COBISS.SI-ID 57560835]
26. Rok Podlipec, Esther Punzón Quijorna, Luka Pirker, Mitja Kelemen, Primož Vavpetič, Rajko Kavalar, Gregor Hlawacek, Janez Štrancar, Primož Pelicon, Samo K. Fokter, "Revealing inflammatory indications induced by titanium alloy wear debris in periprosthetic tby label-free correlative high-resolution ion, electron and optical microspectroscopy", *Materials*, 2021, **14**, 11, 3048. [COBISS.SI-ID 66427395]
27. Giorgia Olivieri, Gregor Kladnik, Dean Cvetko, Matthew A. Brown, "Determination of the valence band edge of Fe oxide nanoparticles dispersed in aqueous solution through resonant photoelectron spectroscopy from a liquid microjet", *Nanoscale advances*, 2021, **3**, 15, 4513-4518. [COBISS.SI-ID 69555715]
28. Vincent A. Sulkosky *et al.* (109 avtorjev), "Measurement of the generalized spin polarizabilities of the neutron in the low-Q<sup>2</sup> region", *Nature physics*, 2021, **17**, 6, 687-692. [COBISS.SI-ID 77415427]
29. Xiaochao Zheng *et al.* (152 avtorjev), "Measurement of the proton spin structure at long distances", *Nature physics*, 2021, **17**, 6, 736-741. [COBISS.SI-ID 59175171]
30. Malte Brammerloh *et al.* (18 avtorjev), "Measuring the iron content of dopaminergic neurons in *substantia nigra* with MRI relaxometry", *NeuroImage*, 2021, **239**, 118255. [COBISS.SI-ID 97645571]
31. Antti Hakola *et al.* (25 avtorjev), ASDEX Upgrade Team, the EUROfusion MST1 Team and the EUROfusion WP PFC Contributors, "Gross and net erosion balance of plasma-facing materials in full-W tokamaks", *Nuclear fusion*, 2021, **61**, 11, 116006. [COBISS.SI-ID 95463171]
32. E. A. Hodille *et al.* (13 avtorjev), "Modelling of hydrogen isotopes trapping, diffusion and permeation in divertor monoblocks under ITER-like conditions", *Nuclear fusion*, 2021, **61**, 12, 126003. [COBISS.SI-ID 95460611]
33. M. Lauß *et al.* (31 avtorjev), for the MAGIX Collaboration, "Electron beam studies of light collection in a scintillating counter with embedded fibers", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A*, 2021, **1012**, 165617. [COBISS.SI-ID 71492611]
34. B. S. Schlimme *et al.* (57 avtorjev), for the A1 and MAGIX Collaborations, "Operation and characterization of a windowless gas jet target in high-intensity electron beams", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A*, 2021, **1013**, 165668. [COBISS.SI-ID 73285379]
35. Matjaž Korun, Toni Petrovič, Branko Vodenik, Benjamin Zorko, "Calculation of the decision threshold and detection limit in high-resolution gamma-ray spectrometry", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A*, 2021, **1014**, 165684. [COBISS.SI-ID 76218115]
36. Sabina Markelj, M. Payet, E. Bernard, Matej Lipoglavšek, Mitja Kelemen, Aleksandra Cvetinović, Cristian Grisolia, Primož Pelicon, "Tritium measurements by nuclear reaction analysis using <sup>3</sup>He beam in the energy range between 0.7 MeV and 5.1 MeV", *Nuclear materials and energy*, 2021, **28**, 101057. [COBISS.SI-ID 73261059]
37. M. Polettni *et al.* (73 avtorjev), On behalf of the HISPEC-DESPEC Collaboration, "DESPEC phase-0 campaign at GSI", *Il Nuovo cimento C*, 2021, **44**, 2/3, 67. [COBISS.SI-ID 73560067]
38. Mirela Dragomir, Iztok Arčon, Paul A. Dube, Jeremiah C. Beam, Andrew P. Grosvenor, Graham King, John E. Greedan, "Family of anisotropic spin glasses Ba<sub>1-x</sub>La<sub>1+x</sub>MnO<sub>4+δ</sub>", *Physical review materials*, 2021, **5**, 7, 074403. [COBISS.SI-ID 73562627]
39. Andrej Mihelič, Martin Horvat, "Calculation of multiphoton ionization amplitudes and cross sections of few-electron atoms", *Physical review. A*, 2021, **103**, 4, 043108. [COBISS.SI-ID 59506179]
40. A1 Collaboration, Helene Fonvielle *et al.*, "Measurement of the generalized polarizabilities of the proton at intermediate Q<sup>2</sup>", *Physical review. C*, 2021, **103**, 2, 025205. [COBISS.SI-ID 53976579]
41. I. Mardor *et al.* (56 avtorjev), "Mass measurements of As, Se, and Br nuclei, and their implication on the proton-neutron interaction strength toward the N = Z line", *Physical review. C*, 2021, **103**, 3, 034319. [COBISS.SI-ID 57684227]
42. The Jefferson Lab Hall A Collaboration, L. Gu *et al.*, "Measurement of the Ar(e, e'p) and Ti(e, e'p) cross sections in Jefferson Lab Hall A", *Physical review. C*, 2021, **103**, 3, 034604. [COBISS.SI-ID 58075395]
43. Thomas D. Alcock *et al.* (20 avtorjev), "Magnesium and calcium over-accumulate in the leaves of a schengen3 mutant of *Brassica rapa*", *Plant physiology*, 2021, **186**, 3, 1616-1631. [COBISS.SI-ID 59167235]

44. Jure Mravlje, Marjana Regvar, Pia Starič, Miran Mozetič, Katarina Vogel-Mikuš, "Cold plasma affects germination and fungal community structure of buckwheat seeds", *Plants*, 2021, **10**, 5, 851. [COBISS.SI-ID 61089795]
45. Nina Kacjan-Maršič, Ksenija Sinkovič Može, Rok Mihelič, Marijan Nečemer, Metka Hudina, Jerneja Jakopič, "Nitrogen and sulphur fertilisation for marketable yields of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), leaf nitrate and glucosinolates and nitrogen losses studied in a field experiment in central Slovenia", *Plants*, 2021, **10**, 7, 1304. [COBISS.SI-ID 68288771]
46. Elcio Ferreira Santos, Paula Pongrac, André Rodrigues Reis, Flávio Henrique Silveira Rabêlo, Ricardo Antunes Azevedo, Philip J. White, José Lavres, "Unravelling homeostasis effects of phosphorus and zinc nutrition by leaf photochemistry and metabolic adjustment in cotton plants", *Scientific reports*, **11**, 2021, 13746. [COBISS.SI-ID 70734339]
47. Mateja Grašič, Mateja Germ, Katarina Vogel-Mikuš, Nik Ojdanič, Alenka Gaberščik, Aleksandra Golob, "Fertilisation with potassium silicate exerted little effect on production parameters of cucumbers exposed to UV and drought", *Stresses*, 2021, **1**, 3, 142-161. [COBISS.SI-ID 73854723]
48. Aleksandra Golob, Katarina Vogel-Mikuš, Nina Brudar, Mateja Germ, "Duckweed (*Lemna minor* L.) successfully accumulates selenium from selenium-impacted water", *Sustainability*, 2021, **13**, 23, 13423. [COBISS.SI-ID 88446723]
49. Eyakifama Hazou, Benjamin Zorko, Marijan Nečemer, Essolakina Manakrihèa Haliba, Etsè Aziabè, Shouop Cebastien Joel Guembou, Komi Paalamwé Tchakpele, "Heavy metal pollution assessment using energy-dispersive x-ray fluorescence and multivariate statistical approach of soil from phosphate ore sites, southern region of Togo", *Water, air and soil pollution*, 2021, **232**, 12, 489. [COBISS.SI-ID 86819331]
3. Jasmina Kožar Logar, "Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi", V: *Ovrednotenje meritev radioaktivnosti v reki Savi, pitni vodi, padavinah, zraku, zemlji in hrani v okolici NEK in po Sloveniji*, Institut "Jožef Stefan", 2021, 106-1-106-19. [COBISS.SI-ID 64809731]
4. Toni Petrovič, "Radioaktivnost v usedih", V: *Ovrednotenje meritev radioaktivnosti v reki Savi, pitni vodi, padavinah, zraku, zemlji in hrani v okolici NEK in po Sloveniji*, Institut "Jožef Stefan", 2021, 106-37-106-48. [COBISS.SI-ID 64816387]
5. Katarina Vogel-Mikuš, "Radionuklidi v hrani", V: *Ovrednotenje meritev radioaktivnosti v reki Savi, pitni vodi, padavinah, zraku, zemlji in hrani v okolici NEK in po Sloveniji*, Institut "Jožef Stefan", 2021, 106-87-106-101. [COBISS.SI-ID 64819459]

## SAMOSTOJNA STROKOVNA SESTAVKA ALI POGlavJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Eva Menart, "Raziskave materiala", V: *Kristus Kralj*, vodnik po razstavi, Narodni muzej Slovenije, 2021, 26-29. [COBISS.SI-ID 100140035]
2. Peter Fajfar, Marijan Nečemer, Borut Žužek, "Arheometalurške raziskave jedkanega oklepa N 17776", V: *Oklepi iz Narodnega muzeja Slovenije: zaščitna oprema od visokega srednjega do zgodnjega novega veka*, (Viri, Gradivo za materialno kulturo Slovencev **16**), Narodni muzej Slovenije, 2021, 347-356. [COBISS.SI-ID 69336067]

## STROKOVNA MONOGRAFIJA

1. Matjaž Stepišnik, Jasmina Kožar Logar, Toni Petrovič, Marko Giacomelli, Matjaž Korun, Katarina Vogel-Mikuš, *Ovrednotenje meritev radioaktivnosti v reki Savi, pitni vodi, padavinah, zraku, zemlji in hrani v okolici NEK in po Sloveniji*, Institut "Jožef Stefan", 2021. [COBISS.SI-ID 56586243]

## UNIVERZITETNI, VISOKOŠOLSKI ALI VIŠJEŠOLSKI UČBENIK Z RECENZIJO

1. Simon Širca, *Verjetnost v fiziki*, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2021. [COBISS.SI-ID 76514819]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Iztok Tomažič, Jerneja Ambrožič, Katarina Vogel-Mikuš, Mojca Tomažič Capello, *Biologija 9. Samostojni delovni zvezek z dejavnostmi za biologijo v devetem razredu osnovne šole*, Mladinska knjiga, 2021. [COBISS.SI-ID 67523843]
2. Paula Pongrac, *Image analysis of element distribution maps: instructions for MSc and PhD students and scientists looking to optimise visualisation of element distribution maps, to determine tissue-specific concentration of elements and to identify tissue-specific elemental profiles using multivariate statistics*, Laboratory for Botany and Plant Physiology, Department of Biology, Biotechnical Faculty, 2021. [COBISS.SI-ID 62029059]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Eyakifama Hazou, *Etude par spectrométrie gamma de l'impact radiologique des échantillons environnementaux provenant des sites d'exploitation du phosphate des localités de Hahotoé Kpogamé Kpémé (Sud Togo) sur le public*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentorja Komi Paalamwé Tchakpele, Benjamin Zorko). [COBISS.SI-ID 63933187]
2. Ksenija Maver, *Fotokatalitske Sn-TiO<sub>2</sub> tanke plasti, pripravljene po nizkotemperaturnem sol-gel postopku*: doktorska disertacija, Nova Gorica, 2021 (mentorja Iztok Arčon, Urška Lavrenčič Štangar). [COBISS.SI-ID 66421763]
3. Matic Pečovnik, *Vpliv vodikovih izotopov na obnašanje napak v kristalni mreži volframa*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Sabina Markelj). [COBISS.SI-ID 59557123]
4. Isabela Tišma, *Jedrske reakcije pri nukleosintezi po velikem puku*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Matej Lipoglavšek; somentor Miha Mihovilovič). [COBISS.SI-ID 75686915]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Jure Mravlje, Marjana Regvar, Katarina Vogel-Mikuš, "Development of cold plasma technologies for surface decontamination of seed fungal pathogens: present status and perspectives", *Journal of fungi*, 2021, **7**, 8, 650. [COBISS.SI-ID 73991939]

## OBJAVLJENI STROKOVNI PRISPEVEK NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. Katja Kavkler, Eva Menart, Irma Langus, "Etika pri naravoslovnih raziskavah kulturne dediščine", *21. strokovno srečanje konservatorjev-restavradorjev, povzetki*, (Konservator-restavrador 2021), 105-111. [COBISS.SI-ID 67407875]

## OBJAVLJENA ZNANSTVENA PRISPEVKA NA KONFERENCI

1. Jure Mravlje, Pia Starič, Miran Mozetič, Katarina Vogel-Mikuš, "Učinek hladne plinske plazme na kalitev in dekontaminacijo semen navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench)", V: *Drugi doktorski dan Bi(o)znanosti, 27. maj 2021*, zbornik prispevkov, Biotehniška fakulteta, 2021, 88-94. [COBISS.SI-ID 66116611]
2. Pia Starič, Jure Mravlje, Katarina Vogel-Mikuš, Miran Mozetič, Ita Junkar, "Vpliv dušikove in kisikove hladne plinske plazme na kalitev semen navadne ajde", V: *Drugi doktorski dan Bi(o)znanosti, 27. maj 2021*, zbornik prispevkov, Biotehniška fakulteta, 2021, 95-100. [COBISS.SI-ID 64991235]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Katarina Vogel-Mikuš, Paula Pongrac, Ivan Kreft, Primož Pelicon, Primož Vavpetič, Boštjan Jenčič, Johannes Teun van Elteren, Peter Kump, Sudhir P. Singh, Marjana Regvar, "Distribution of nutritional and mineral components in important crop plants", V: *Genome engineering for crop improvement*, Wiley, 2021, 22-42. [COBISS.SI-ID 62668035]
2. Alojz Kodre, Iztok Arčon, Jana Padežnik Gomilšek, "Photoexcitation processes in atoms", V: *International tables for crystallography*. Volume I, X-ray absorption spectroscopy and related techniques, Wiley, 2021, 1-5. [COBISS.SI-ID 89611267]

**Osnovna usmeritev odseka obsega razvoj, pripravo in karakterizacijo trdih zaščitnih PVD-prevlek, raziskovanje pa poteka tudi na drugih področjih fizike tankih plasti in površin. Osnovne raziskave obsegajo študij fizikalno-kemijskih lastnosti različnih večkomponentnih, večplastnih in nanostrukturnih prevlek. V okviru aplikativnih raziskav razvijamo prevleke za zaščito orodij pri nekaterih proizvodnih procesih za potrebe industrije.**



Vodja:  
**prof. dr. Miha Čekada**

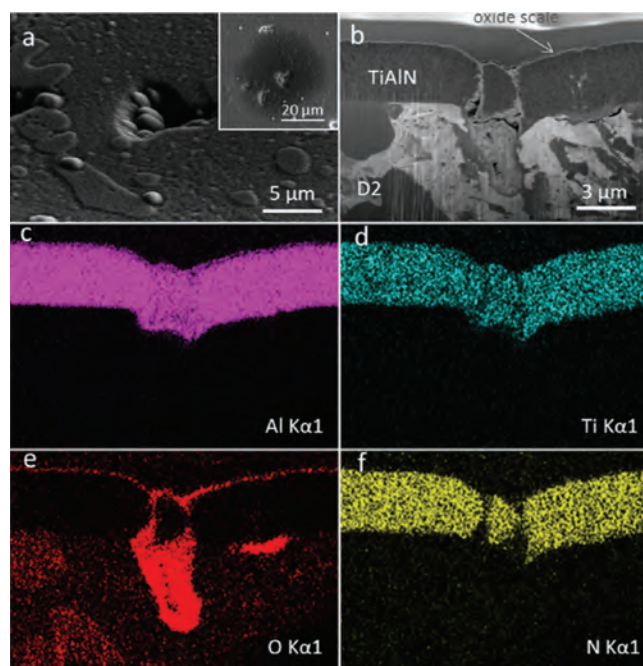
S tematiko ravnih defektov v trdih prevlekah se na odseku ukvarjamo že vrsto let. Ker je tematika aplikativno zanimiva, a še vedno v literaturi slabo pojasnjena, imajo takšne raziskave toliko večji pomen. Pojav ravnih defektov v prevlekah, pripravljenih s postopki fizikalnega nanašanja iz parne faze (PVD), je sicer že dolgo poznan, precej skromnejše pa je razumevanje njihovega vpliva na obnašanje prevlek v delovnih razmerah.

Pri eni od takšnih nedavnih raziskav smo se osredotočili na vprašanje začetkov oksidacije trdih prevlek. Izbrali smo standardno prevleko TiAlN in jo izpostavili temperaturam 600–850 °C, to pa je v obsegu temperaturnih maksimumov na rezalnem robu v obdelovalnih procesih. Natančno smo pregledali površino po oksidaciji in z metodo fokusiranega ionskega curka (FIB) izvedli prečni prerez na mikrometrski skali na izbranih območjih. Na širšem območju je sicer nastala tanka oksidna plast  $Al_2O_3$ , ki v dobršnji meri ščiti pred nadaljnjo oksidacijo, tako da bi površno gledano lahko ocenili, da vzorec med oksidacijo ni utrpel omembe vrednih poškodb. Na lokalni ravni pa so razmere precej drugačne. To smo dokazali na mestih por (t. i. *pinholes*), ki so sicer široke le nekaj 100 nm, vendar ker se raztezajo do podlage, delujejo kot bližnjice za difuzijo kisika. Podobno vlogo igrajo nodularni defekti, saj je začetek njihove rasti prav na podlagi, od nepoškodovanega dela prevleke pa jih zamejuje močno porozna ploskev. Pregledali smo več vrst ravnih defektov in ovrednotili, do kolikšne mere delujejo kot začetna mesta oksidacije.

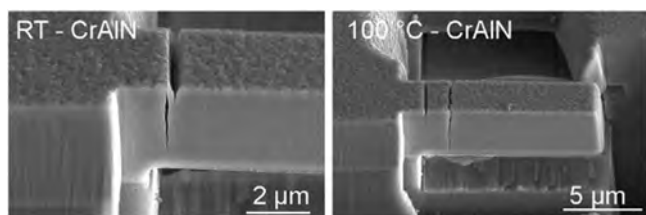
Tipična analitika topografije je pogosto omejena le na površinsko hrapavost kot posledica hrapavosti podlage in rasti tanke plasti. Da bi dobili celovit vpogled v mehanizme, ki prispevajo k topografiji površine, smo izvedli sistematično analizo prispevkov, ki prispevajo k temu končnemu rezultatu. Ovrednotili smo prispevke izbire osnovnega materiala, mehanske priprave površine, ionskega jedkanja in rasti tanke plasti. To smo izvedli za različne tehnike jedkanja ter nanašanja in rezultate zaokrožili v preglednem članku.

Na odseku že več let proučujemo plazemske procese v magnetronskih razelektrivah. Procese analiziramo z različnimi tehnikami za diagnostiko plazme, kot so masni spektrometer, optična emisijska spektroskopija, visokohitrostna kamera, električne sonde in druge. S temi tehnikami smo v preteklem letu podrobneje študirali lastnosti plazemskih nehomogenosti (t. i. ionizacijske cone), ki nastajajo v magnetronskih razelektrivah. Osredotočili smo se predvsem na raziskave plazme v pulznem magnetronskem napršenju pri visoki pulzni moči (angl. HiPIMS – *High Power Impulse Magnetron Sputtering*) in v enosmernem (DC) režimu. Primerjava plazme v teh dveh režimih je pokazala več razlik v lastnostih plazemskih nehomogenosti. V enosmernem DC-režimu plazma ustvari nekoliko bolj periodične vzorce, ionizacijske cone pa imajo podolgovato puščičasto obliko. V pulznem načinu so plazemski vzorci manj periodični, cone pa so krajše in trikotne oblike. Tudi dinamika ionizacijskih con je različna. V enosmernem režimu se cone gibljejo v nasprotni smeri gibanja elektronov, medtem ko se v HiPIMS-režimu gibljejo v enaki smeri kot elektroni.

Pri fuzijskih raziskavah v okviru konzorcija EUROfusion sodelujemo pri študijah površine materialov prve stene reaktorja, ki so v direktnem stiku z vročo plazmo. V preteklem letu smo s tehniko fokusiranega ionskega snopa analizirali spremembe morfologije in sestave, ki so nastale v volframovih ploščicah zaradi močnih razelektrivnih prebojev med plazmo in steno fuzijskega reaktorja ASDEX Upgrade (Garching, Nemčija). Z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (XPS) smo analizirali tudi več berilijevih tankih plasti z različnimi koncentracijami devterija.



*Slika 1: Pora v površini prevleke TiAlN po izpostavitvi temperaturi 800 °C. Na posnetku površine (a) je ustje pore komaj opazno, medtem ko sta na prerezu (b) jasno vidna dva kanala, ki se raztezata čez celotno debelino prevleke do podlage. Mape posameznih elementov so prikazane na slikah (c–e), kjer je jasno vidna visoka koncentracija kisika v podlagi izpod mesta obeh kanalov.*



Slika 2: Mikrovzvod, pripravljena iz prevleke CrAlN, po obremenilnem testu za ovrednotenje lomne žilavosti.



Slika 3: Primer postavitve testne šarže v napravi za industrijsko nanašanje; polirane palice iz hitroreznega jekla smo uporabili za zvezno ovrednotenje lastnosti prevleke po višini.

V okviru neformalnega sodelovanja z Montanuniversität Leoben (Avstrija) in Univerzo v Kaliforniji, Berkeley (ZDA) smo izmerili trend lomne žilavosti prevlek CrAlN in CrAlSiN do temperature 700 °C po korakih po 100 °C. Z *in-situ* nanomehanskim merilnikom smo obremenili posamezen mikrovzvod do trenutka, ko se je zlomil. Z uporabo metode končnih elementov smo preverili pravilnost geometrije in določili brezdimenzijski faktor, potreben za izračun lomne žilavosti. Visokotemperaturno lomno žilavost smo povezali z dobljenimi rezultati za visokotemperaturno trdoto materiala ter visokotemperaturnimi meritvami koeficienta trenja in obrabe.

Naše raziskave so pogosto usmerjene v direktno aplikacijo prevlek za določene obdelovalne postopke. Veliko se ukvarjamo z ovrednotenjem prevlek, nanesenih v industrijskih napravah za nanašanje, kjer nas še posebej zanimajo vplivi parametrov nanašanja na kakovost prevlek. V zadnjem letu smo se osredotočili na natančno merjenje odvisnosti strukturnih lastnosti po vertikali za tipična stebelasta orodja. S Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani smo sodelovali na področju raziskav obstojnosti trdih prevlek v aplikacijah z uporabo tekočega CO<sub>2</sub> kot hladilnega sredstva v polindustrijskih pogojih. Proučevali smo obrabno obstojnost različnih prevlek s poudarkom na prevlekeh TiAlSiN in TiAlN. Poleg testiranja v polindustrijskih pogojih smo zasnovali tudi način testiranja v laboratorijskem okolju na tribometru, kar bo predmet raziskav v prihodnjem letu. S Fakulteto za strojništvo smo sodelovali tudi na področju razvoja optoakustičnih leč iz TiO<sub>x</sub> ter potrdili primerljive tribološke lastnosti fulerenom podobnih MoS<sub>2</sub>, sintetiziranih po novi hitrejši metodi.

Primerčnost uporabe naših prevlek za specifične aplikacije analiziramo tudi s tujimi partnerji. Posebej je treba poudariti sodelovanje z Univerzo v Novem Sadu (Srbija), kjer smo raziskali vpliv nanoplastne prevleke na zmanjšanje sprijemanja taline na orodje pri tlačnem litju aluminija. Članek je bil objavljen v SVC Bulletin, ki je osrednja tehnološko usmerjena revija s področja zaščitnih prevlek in široko poznana v industrijskih krogih. Omenimo še raziskavo s Tehniško univerzo v Varšavi s tematiko zaščite rezalnih ploščic za obdelavo lesa z nanoplastnimi prevlekami AlTiN in prevlekami na osnovi amorfnega ogljika. Na ravni temeljnih raziskav pa z Institutom za nuklearne znanosti Vinča iz Srbije proučujemo magnetne lastnosti nanodelcev različnih oblik, pripravljenih s hidrotermalno sintezo. Zanimajo nas tudi magnetne lastnosti nanodelcev v povezavi s terapevtskimi aplikacijami za dostavo zdravilnih učinkovin.

Odsek intenzivno sodeluje s slovensko industrijo. Podjetja se na nas obračajo v primeru raznih izzivov, ki so povezani s površinami in tankimi plastmi. Bodisi gre za razvojne naloge, naprednejšo analitiko ali pa iskanje vzrokov za težave. V preteklem letu smo takšne analize delali za podjetja: Cetus, Difa, Domel, Hella, Iskra mehanizmi, Jordan, Kern, Kolektor, Kovinos, Le-tehnika in Phos. Za podjetja ponujamo tudi storitve nanašanja trdih prevlek na njihova orodja, kar izvajamo v okviru Centra za trde prevleke, ki deluje v okviru odseka. Na leto imamo več kot sto partnerjev, kar vključuje tako velika podjetja (npr. Kolektor, Mahle, Hidria) kot množnico malih orodjarn.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. P. Panjan, A. Drnovšek, N. Mahne, M. Čekada, M. Panjan, Surface topography of PVD hard coatings, *Coatings*, 2021, 11, 11, 1387
2. M. Čekada, P. Panjan, A. Drnovšek, M. Drobnič, Increase of coating thickness on sharp edges, deposited by cathodic arc evaporation, *Surface & coatings technology*, 2021, 405, 126691-1-126691-8
3. A. Drnovšek, H. T. Vo, M. R. de Figueiredo, S. Kolozsvari, P. Hosemann, R. Franz, High temperature fracture toughness of single-layer CrAlN and CrAlSiN hard coatings, *Surface & coatings technology*, 2021, 409, 126909-1-126909-7

## MEDNARODNI PROJEKT

1. OE - EUROfusion; WP05: PWIE-1,2,3\_OE-FU  
European Commission  
dr. Matjaž Panjan

## PROGRAM

1. Tankoplastne strukture in plazemsko inženirstvo površin  
prof. dr. Miha Čekada

## PROJEKTI

1. Začetne stopnje površinske funkcionalizacije polimerov s plazemskimi radikali  
Uroš Stele, dipl. inž. fiz.

2. Samoorganizacija plazme v razelektrivah magnetronskega naprševanja  
dr. Matjaž Panjan
3. Aktivna prevleka za zaščito pred elektromagnetnim sevanjem  
dr. Matjaž Panjan
4. Oglikove nanostene za superkondenzatorje prihodnosti  
prof. dr. Miha Čekada
5. Površinsko omejena selektivna funkcionalizacija polimernih komponent  
prof. dr. Miha Čekada
6. Učinkovitost inaktivacije z vodo prenosnih virusov s prototipno napravo, ki združuje neravnesno plazmo in hidrodinamično kavitacijo  
prof. dr. Miha Čekada
7. PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)  
prof. dr. Miha Čekada
8. Nanos trdih prevlek  
prof. dr. Miha Čekada

## OBISKI

1. Dubravka Milovanović, Biljana Gaković, Institut za splošno in fizikalno kemijo, Beograd, Srbija, 12.-16. 7. 2021
2. Marco Beltrami, Univerza v Trstu, Trst, Italija, 20. 7. 2021
3. Marco Beltrami, Univerza v Trstu, Trst, Italija, 28.-29. 7. 2021
4. Marin Tadić, Institut za nuklearne znanosti Vinča, Beograd, Srbija, 20. 9.-1. 10. 2021
5. Pal Terek, Vladimir Terek, Univerza v Novem Sadu, Novi Sad, Srbija, 30. 9.-12. 10. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. prof. dr. Miha Čekada, dr. Aljaž Drnovšek, Žan Gostenčnik, Nastja Mahne, 27<sup>th</sup> International Scientific Meeting on Vacuum Science and Technique, Gozd Martuljek, Slovenija, 9.-10. 9. 2021 (4)

2. Matej Drobnič, 24<sup>th</sup> International Conference on Material Forming – Esaform 2021, 14.-16. 4. 2021, Liège, Belgija (1, virtualno)
3. Matej Drobnič, 9<sup>th</sup> International Symposium on Functional Coatings and Surface Engineering – FCSE 2021, 14.-17. 6. 2021, Montreal, Kanada (virtualno)
4. dr. Matjaž Panjan, Recent Developments in High-Power Impulse Magnetron Sputtering – HiPIMS Today, 25.-27. 1. 2021 (virtualno)
5. dr. Matjaž Panjan, 47<sup>th</sup> International Conference on Metallurgical Coatings & Thin Films, 26.-30. 4. 2021, San Diego, ZDA (virtualno)
6. dr. Matjaž Panjan, Eleventh International Conference on Fundamentals and Industrial Applications of HIPIMS, Sheffield, Velika Britanija, 16.-18. 6. 2021 (virtualno)
7. dr. Matjaž Panjan, 22<sup>nd</sup> Annual Conference on Material Science YUCOMAT 2021, Herceg Novi, Crna gora, 30. 8.-3. 9. 2021 (1)
8. dr. Matjaž Panjan, Platinium – Plasma Thin Film International Union Meeting, 13.-17. 9. 2021, Antibes, Francija (1, virtualno)
9. dr. Matjaž Panjan, AVS 67 Virtual Symposium, 25.-28. 10. 2021, ZDA (virtualno)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. **prof. dr. Miha Čekada, vodja odseka**
2. dr. Aljaž Drnovšek
3. dr. Matjaž Panjan
4. *dr. Peter Panjan, znanstveni svetnik, upokojitev 5. 10. 2021*

### Mlajši raziskovalci

5. Matej Drobnič, mag. inž. str.
6. Žan Gostenčnik, mag. kem.
7. Nastja Mahne, mag. med. fiz.

### Strokovni sodelavci

8. Uroš Stele, dipl. inž. fiz.

### Tehniški in administrativni sodelavci

9. Jožko Fišer
10. Damjan Matelič
11. Andrej Mohar
12. Tomaž Sirknik
13. Tadej Stele

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. CemeCon AG, Würselen, Nemčija
2. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
3. Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd, Srbija
4. Institute of Technical Physics and Materials Science, Budimpešta, Madžarska
5. Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana
6. KCS Europe GmbH, Monschau, Nemčija
7. Kemijski inštitut, Ljubljana
8. Kolektor Sikom, d. o. o., Idrija
9. Kovinos, d. o. o., Horjul
10. Max Planck Institute of Plasma Physics, Garching, Nemčija
11. Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija
12. Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, Ljubljana, Slovenija
13. PHOS, d. o. o., Parecag
14. Tecos, razvojni center orodjarstva Slovenije, Celje, Slovenija
15. University of California, Berkeley, ZDA
16. Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor
17. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana
18. Univerzitet v Novom Sadu, Fakultet tehniških nauka, Novi Sad, Srbija



# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Biljana Gaković, Sergey I. Kudryashov, Pavel A. Danilov, Dragan Milovanović, Peter Panjan, S. G. Bezhanov, S. A. Uryupin, Andrey A. Ionin, "Controllable ablative machining of Al/Ti and Ti/Al nano-layers on a Si substrate by single-pulse femtosecond laser irradiation", *Applied optics*, 2021, **60**, 31, H12-H19. [COBISS.SI-ID 81719043]
2. Aleksandar Miletić, Peter Panjan, Miha Čekada, Lazar Kovačević, Pal Terek, Janez Kovač, Goran Dražić, Branko Škorić, "Nanolayer CrAlN/TiSiN coating designed for tribological applications", *Ceramics international*, 2021, **47**, 2, 2022-2033. [COBISS.SI-ID 41522947]
3. Peter Panjan, Aljaž Drnovšek, Goran Dražić, "Influence of growth defects on the oxidation resistance of sputter-deposited TiAlN hard coatings", *Coatings*, 2021, **11**, 2, 123. [COBISS.SI-ID 48260611]
4. Peter Panjan, Aljaž Drnovšek, Nastja Mahne, Miha Čekada, Matjaž Panjan, "Surface topography of PVD hard coatings", *Coatings*, 2021, **11**, 11, 1387. [COBISS.SI-ID 84812035]
5. Biljana Gaković, Pavel A. Danilov, Sergey I. Kudryashov, Dragan Milovanović, Aleksandra Radulović, Peter Panjan, Andrey A. Ionin, "The morphological and compositional changes of bimetallic Ti/Al thin film induced by ultra-short laser pulses", *The European physical journal. D, Atomic, molecular, optical and plasma physics.*, 2021, **75**, 11, 288. [COBISS.SI-ID 85192963]
6. Marin Tadić, Lazar Kopanja, Matjaž Panjan, Jelena Lazović, Biljana Vučetić Tadić, Boban Stanojević, Laurence Motte, "Rhombohedron and plate-like hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nanoparticles: synthesis, structure, morphology, magnetic properties and potential biomedical applications for MRI", *Materials research bulletin*, 2021, **133**, 111055. [COBISS.SI-ID 29589763]
7. Beata Kucharska, Jerzy Robert Sobiecki, Paweł Czarniak, Karol Szymanowski, Konrad Cymerman, Dorota Moszczyńska, Peter Panjan, "Influence of different types of cemented carbide blades and coating thickness on structure and properties of TiN/AlTiN and TiAlN/a-C:N coatings deposited by PVD techniques for machining of wood-based materials", *Materials*, 2021, **14**, 11, 2740. [COBISS.SI-ID 64256003]
8. Miha Čekada, Peter Panjan, Aljaž Drnovšek, Matej Drobnič, "Increase of coating thickness on sharp edges, deposited by cathodic arc evaporation", *Surface & coatings technology*, 2021, **405**, 126691. [COBISS.SI-ID 43206915]
9. Aljaž Drnovšek, Hi. T. Vo, Marisa Rebelo de Figueiredo, Szilard Kolozsvári, Peter Hosemann, Robert Franz, "High temperature fracture toughness of single-layer CrAlN and CrAlSiN hard coatings", *Surface & coatings technology*, 2021, **409**, 126909. [COBISS.SI-ID 50475011]
10. Dragan Kukuruzović, Pal Terek, Lazar Kovačević, Branko Škorić, Aleksandar Miletić, Peter Panjan, Miha Čekada, "Investigation of CrAlN coatings soldering resistance for high pressure die casting tools", V: *SVC Bulletin*, Fall/Winter 2021, 90-96. [COBISS.SI-ID 81531139]
11. Nastja Mahne, Matjaž Panjan, "Obstreljevanje trdnih snovi z ioni. II, Simulacije razprševanja atomov", *Vakuumist: glasilo Društva za vakuumsko tehniko Slovenije*, 2021, **41**, 1/2, 4-11. [COBISS.SI-ID 97031427]

## OBJAVLJENA ZNANSTVENA PRISPEVKA NA KONFERENCI

1. Matej Drobnič, Franci Pušavec, Miha Čekada, "Liquid LCO<sub>2</sub> assisted machining of martensitic stainless steel with TiAlSiN PVD coated tools", V: *ESAFORM 2021, 24th International Conference on Material Forming, 14-16 April 2021, Liège, Belgium*, Proceedings, AIM, 2021. [COBISS.SI-ID 65319939]
2. Daniele Vella, Blaž Tašič Muc, Nejc Lukač, Matjaž Kos, Aljaž Drnovšek, Matija Jezeršek, "Microstructured optoacoustic lens of black-TiO<sub>x</sub> for focused ultrasound and confined cavitation bubbles", V: *European Conference on Biomedical Optics 2021 (ECBO), 20-24 June 2021, Munich, Germany*, Proceedings, OSA, 2021, EM1A.32. [COBISS.SI-ID 77675267]

# ODSEK ZA TEHNOLOGIJO POVRŠIN IN OPTOELEKTRONIKO

## F-4

*Odsek za tehnologijo površin in optoelektroniko opravlja raziskave na interdisciplinarnem področju načrtovanja površinskih lastnosti različnih materialov. Ključna znanstvena področja so raziskave površin in tankih plasti z metodami XPS, AES, SIMS in AFM, raziskave plinskih razelektritev in neravnovesne plinske plazme, raziskave interakcije plazemskih delcev z organskimi in anorganskimi materiali, razvoj plazemskih postopkov za sintezo in modifikacijo nanomaterialov, razvoj postopkov za uporabo plazemskih tehnologij v kmetijstvu, biotehnologiji in medicini, interakcija plinske plazme s površinami fuzijskih reaktorjev ter raziskave in razvoj postopkov za uporabo plinske plazme v industriji.*



V. d. vodje (od 1. 12. 2021):  
**prof. dr. Alenka Vesel**

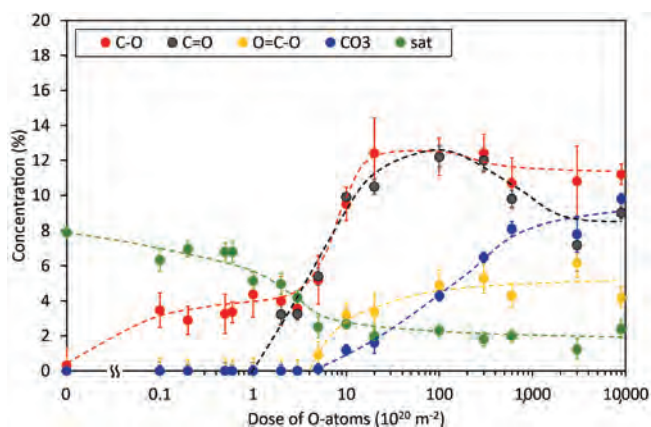
IJS je partner pri projektu H2020-CSA Athena (<https://www.athenaequality.eu/>), katerega cilj je odstranjanje ovir za zaposlovanje in karierno napredovanje raziskovalk, zmanjšanje neravnovesja med spoloma v procesih odločanja ter ustvarjanje kulturne spremembe, ki je potrebna, da bi se izognili spolni pristranskosti in diskriminatornim praksam. V ta namen bomo pripravili načrt za enakost spolov (NES) in spremljali njeno izvajanje. Za zagotovitev sistemskih institucionalnih sprememb v projektu načrtujemo izvedbo ocene že obstoječih postopkov in praks v partnerskih organizacijah ter analizo nacionalnih zakonodaj in političnih okvirov. Vzporedno bo vzpostavljen vključujoč postopek sodelovanja, katerega cilj je po eni strani razumeti potrebe in želje zaposlenih na inštitutu, po drugi strani pa slednje izobraziti o izbranih temah, povezanih z enakovrednim obravnavanjem spolov. Kot končni rezultat bo vsaka partnerska organizacija pripravila in izvajala svoj specifični NES.

Na IJS se aktivnosti v okviru projekta Athena izvajajo v devetih raziskovalnih oddelkih in v direktorjevi pisarni. Odsek za tehnologijo površin je sodeloval pri odkrivanju obstoječe spolne pristranskosti na organizacijski ravni ter pri ocenjevanju obstoječih nacionalnih zakonodaj. Pri zbiranju informacij o pristranskosti spolov na IJS smo sodelovali z izvajanjem intervjujev in razprav v različnih ciljnih skupinah (vodje, raziskovalke, uprava, mlade raziskovalke in članice NES). Naša predstavnica je tudi članica odbora NES, ki je vodilni organ v organizaciji za pripravo in izvajanje NES. V tej vlogi morajo vsi člani NES opraviti obvezne izobraževalne tečaje, ki jih izvaja koordinator, za potrebe nadaljnjega širjenja na IJS. Poleg tega je naš oddelek aktiven pri dejavnostih komuniciranja. Novice o projektu Athena najdete na spletni strani IJS (<https://www.ijs.si/ijsw/EnakeMoznosti>) in na spletni strani Athena (<https://www.athenaequality.eu/>).

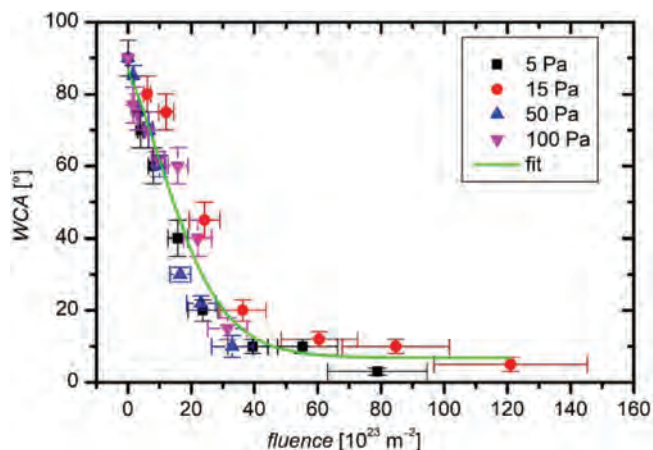


Vodja (do 30. 11. 2021):  
**prof. dr. Miran Mozetič**

Glavne dejavnosti Odseka F4 ostajajo znanstveno raziskovanje in razvoj tehnoloških rešitev, primernih za uporabo v množični proizvodnji. Površinska funkcionalizacija organskih materialov ostaja vroča tema interdisciplinarnosti, kjer se fizika plazme srečuje s površinsko kemijo, biologijo in kmetijstvom. Kljub ogromnemu komercialnemu potencialu pa ostajajo natančni mehanizmi površinske funkcionalizacije pri obdelavi z molekularnimi fragmenti na atomski ravni nepoznani zaradi kompleksnosti interakcij. Pomanjkanje zanesljivih teorij se delno kompenzira z natančno zasnovanimi eksperimenti. Plinska plazma je vir različnih radikalov in nabitih delcev ter sevanja v širokem razponu od infrardečega do vakuumskega ultravijoličnega, zato je veliko prezapletena za podrobno znanstveno raziskovanje. Površinsko funkcionalizacijo pogosto izvajamo z nevtralnimi delci, kot so atomi. Zasnovali smo posebno eksperimentalno postavitev, ki je primerna za nastavljanje različne gostote nevtralnih kisikovih atomov v osnovnem elektronskem stanju v območju od približno  $10^{17}$  do  $10^{22}$   $m^{-3}$ . Sistem, ki ga napajamo z radiofrekvenčno (RF) brezelektrodno razelektritvijo, je optimiziran za proučevanje površinske kinetike v odvisnosti od različne doze kisikovih atomov. Kot modelni polimer z dobro definirano strukturo smo uporabili polistiren. Ta polimer so pred kratkim uporabili tudi teoretiki, ki so identificirali več kot deset veznih mest z različnimi veznimi energijami za delno oksidiran polimer kot tudi za neobdelan polimer. Proučevali smo nastanek površinskih funkcionalnih skupin v primerjavi z dozo atomov kisika in ugotovili, da se začnejo tvoriti že pri dozi okoli  $10^{19}$   $m^{-2}$ . Ugotovili smo, da se rezultati odlično ujemajo s teoretičnimi napovedmi. Razvoj funkcionalnih skupin je prikazan na sliki 1. Glede na omejitve tehnike XPS lahko sklepamo, da je zelo verjetna reakcija tvorba hidroksilnih skupin na polistirenu.



Slika 1: Koncentracija površinskih funkcionalnih skupin v primerjavi z dozo atomov kisika. Reproducirano iz objave 1.

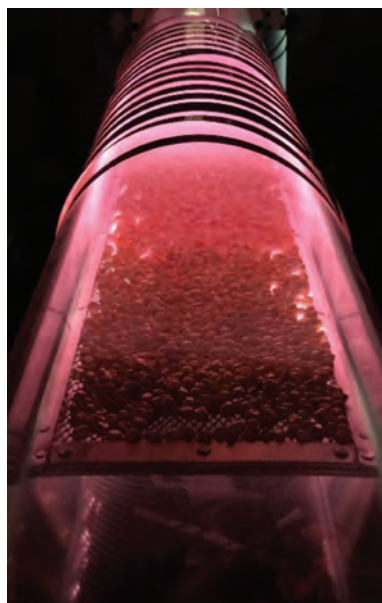


Slika 2: Omočljivost površine koruznih semen v primerjavi z dozo atomov kisika. Reproducirano iz objave 2.

### Eksperimentalno smo potrdili nedavno objavljeno teorijo o funkcionalizaciji aromatskih poliolefinov.

od tlaka plina in moči, saj se, odvisno od slednjega, lahko plazma vzdržuje bodisi v E- ali H-načinu razelektritve. Gostote nekaterih reaktivnih plazemskih delcev se lahko na prehodu med obema načinoma razelektritve spremenijo za več redov velikosti, zato je površinska omočljivost, dosežena v določenem času plazemske obdelave, zelo odvisna od tega, v kakšnem načinu razelektritve se vzdržuje plazma. Kljub temu bi moral biti glede na navedeno odločilni parameter, ki določa površinsko omočljivost, prejeta doza kisikovih atomov. Ko smo potegnili korelacijo med površinsko omočljivostjo, ki je bila določena z metodo merjenja stičnega kota vodne kapljice v odvisnosti od doze atomov kisika, smo opazili krivuljo, ki je prikazana na sliki 2. Na ta način smo jasno pokazali, da ima ne glede na čas obdelave, tlak plina ali moč razelektritve površinska omočljivost neko splošno obliko krivulje. O takšnem opažanju v znanstveni literaturi niso poročali, zato lahko naš prispevek, objavljen v ugledni reviji na področju kmetijstva, štejemo za pomembno delo v niši plazemskega kmetijstva.

Ustrezna omočljivost semen je pomembna za takojšnjo absorpcijo vode in s tem za pospešitev kalitve semen tudi v težkih razmerah. O ugodnem učinku plazemske obdelave so poročali vsi partnerji akcije COST CA19110 Plasma Applications for Smart and Sustainable Agriculture <https://plagri.eu/>, kjer je član naše ekipe dr. Gregor Primc pristojen za znanstveno komunikacijo. Izvedli smo obsežno raziskavo literature (objava 3) in ugotovili, da je zelo malo skupin po svetu poročalo o množični uporabi plazemske tehnologije pri poskusih na poljih, zato so plazemske obdelave še vedno na dokaj nizki stopnji tehnološke pripravljenosti (TRL). Naša skupina je uspešno izpeljala velik projekt, ki je omogočil dvig TRL s 3 na 6. Projekt z naslovom Plazma obdelava semen je združil raziskovalne skupine šestih partnerjev z ambicijo razvoja prototipa industrijske linije za obdelavo približno 1 tone semen na uro. Koordinator tega projekta, ki so ga sofinancirali evropski strukturni skladi in slovensko ministrstvo za kmetijstvo, je bilo največje slovensko podjetje za trgovanje s semeni Interkorn, d. o. o., katerega direktor je dr. Peter Gselman, znanstvena koordinatorka pa je bila dr. Nina Recek z Odseka F4. Pravzaprav je bil naš inštitut edina javna raziskovalna organizacija, vključena v ta projekt. Drugi partnerji so bili odgovorni za gradnjo, avtomatizacijo in verifikacijo prototipnih linij. Za obdelavo semen smo izdelali več plazemskih reaktorjev, eden pa je prikazan na sliki 3. Konzorcij je vložil več patentnih prijav, ki bodo objavljene v prihodnosti, zato metod izuma ne moremo razkriti. To je bil najbrž eden največjih projektov v zgodovini Inštituta "Jožef Stefan", ki je vključeval tako industrijske raziskave kot eksperimentalni razvoj. Raziskave o plazemskem kmetijstvu so izvajali člani več raziskovalnih odsekov našega inštituta in skupine na Biotehniški fakulteti, Univerze v Ljubljani. Skupina dr. Katarine Vogel Mikuš je pojasnila biološke vidike plazemskih tehnik in bila zadolžena za mentoriranje doktorskih študentov J. Mravlje in P. Stariča (objava 4), ki bosta razjasnila kompleksne mehanizme biološkega odziva na neravnovesno plinsko plazmo.



Slika 3: Nizkotlačna plazma je uporabna za dekontaminacijo in hidrofilizacijo semen pred setvijo. Reproducirano iz objave 2.

Največji prihodek Odseka F4 izhaja iz aplikativnih raziskovalnih projektov, ki jih sofinancirata Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in podjetje, ki se zanima za komercializacijo znanstvenih spoznanj. Vzpostavili smo plodno sodelovanje s podjetjem Elvez, d. o. o., ki uporablja več velikih plazemskih reaktorjev s tipično prostornino nekaj kubičnih metrov za množično proizvodnjo.

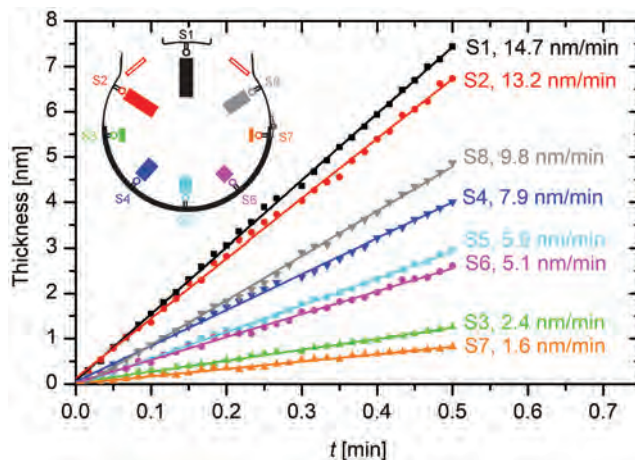
Nasičenost površine s hidroksilnimi skupinami je dosežena že pri dozi približno  $10^{19} \text{ m}^{-2}$ . Ko je površina nasičena s hidroksilnimi skupinami, nadaljnja obdelava povzroči postopno uničenje fenilnega obroča in s tem nastanek površinskih mest, ki so sposobna ireverzibilne vezave kisika v druge funkcionalne skupine. Če polimer izpostavimo dozi  $3 \times 10^{20} \text{ m}^{-2}$ , se značne koncentracija hidroksilnih skupin navidezno povečevati nad raven nasičenosti, kar je posledica jedkanja polimera, ki vodi do bogate morfologije na nanometrski ravni. Tako bogata morfologija povzroči, da je navidezna površinska koncentracija kisika, dobljena z XPS, nad teoretično mejo. Podrobnosti o površinski kinetiki so bile objavljene v reviji, ki je bila uvrščena na prvo mesto v znanstveni niši znanost o materialih, prevlekeh in plasteh (objava 1).

Funkcionalizacija polimerov s polarnimi funkcionalnimi skupinami, ki vsebujejo kisik, je koristna za povečanje površinske omočljivosti vseh materialov. Medtem ko je polistiren morda najbolj uporaben material za proučevanje kinetike razvoja površinskih funkcionalnih skupin, je največji tehnološki izziv funkcionalizacija bioloških materialov. S proučevanjem tovrstne kinetike na bioloških materialih se ni ukvarjala nobena skupina na svetu, kar je verjetno posledica kompleksnosti površinskih interakcij. Semena koruze smo obdelali v kisikovi plazmi, ki smo jo vzdrževali z induktivno sklopljeno radiofrekvenčno (RF) razelektritvijo pri različnih tlakih. Absorpcija radiofrekvenčne moči v plinski plazmi je močno odvisna

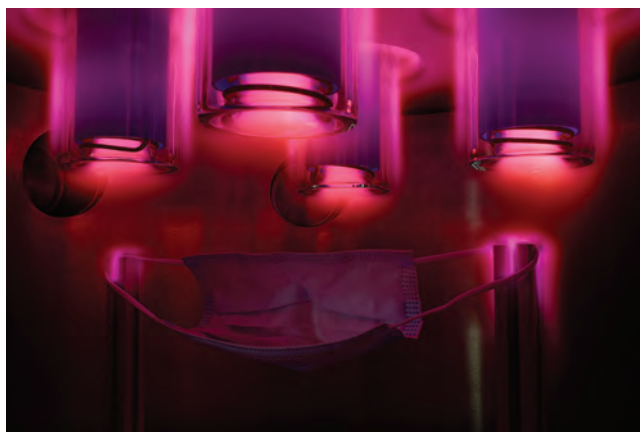
Trenutno velja prepričanje, da v velikih industrijskih reaktorjih ni mogoče vzdrževati homogene plazme pri želenih parametrih zaradi številnih razlogov, vključno s končno prodorno globino elektromagnetnega sevanja iz radiofrekvenčno napajanih elektrod, površinsko izgubo radikalov in nabityh delcev, oligomerizacijo molekularnih fragmentov v plinski fazi in tvorbo prašne plazme. Do nedavnega ni bilo mogoče dobiti ustreznih metod za sprotno merjenje hitrosti nanašanja prevlek, sintetiziranih s postopkom plazemsko podprtega kemijskega nanašanja iz parne faze (PECVD). V sodelovanju s strokovnjaki iz Laboratorija za elektrooptiko in senzorske sisteme z Univerze v Mariboru smo razvili miniaturne senzore za sprotno merjenje hitrosti nanašanja v sistemih PECVD. Skupina pod vodstvom dr. Denisa Donlagiča je preverila laboratorijske prototipe teh senzorjev, mi pa smo izvedli sistematične meritve v prostorih podjetja Elvez, d. o. o. Uporabili smo cilindrični plazemski reaktor s premerom in višino čez 2 m in senzore razporedili na različna mesta v reaktorju, kot je prikazano na detajlu slike 4. Izmerili smo debelino zaščitnih prevlek, nanesenih s tehniko plazemske polimerizacije. Črte na sliki 4 prikazujejo skoraj optimalno linearnost zaradi skrbne izbire nastavljenih parametrov razelektritve. Nagibi črt na sliki 4 označujejo hitrosti nanašanja, ki se razlikujejo za red velikosti, odvisno od položaja v industrijskem reaktorju za deposicijo polimerom podobnih hidrofobnih premazov. Optimizacija takšnih industrijskih reaktorjev je med našimi ključnimi tehnološkimi izzivi v prihodnosti (objava 5).

Širjenje virusa SARS-CoV-2 je pomembno vplivalo na naše znanstvene in tehnološke dejavnosti. Pripravili smo pregled rezultatov o virusni infektivnosti različnih materialov in ugotovili nepomembne razlike v stopnjah preživetja na različnih materialih. Naša raziskovalna skupina je predlagala več metod za obdelovanje respiratornih mask in pripravila patentno prijavo za najbolj obetavno in izvedljivo tehniko, ki temelji na plazemski tehnologiji (sliki 5 in 6). Medtem smo proučili tudi postopek za recikliranje osebnih zaščitnih mask za enkratno uporabo. Razvili smo učinkovito metodo sterilizacije. V sodelovanju z drugimi odseki na Institutu "Jožef Stefan" smo proučevali možnosti sterilizacije z gama žarki in visokoenergetskimi elektroni ter ovrednotili razmerje med obsevanjem, učinkovitostjo odstranjevanja delcev in površinskim nabojem na maskah, obdelanih z različnimi vrstami sevanja (objava 6). Glavni raziskovalec v naši skupini je bil dr. Janez Kovač. Analiziral je kemično sestavo in spremembo statičnega naboja na polipropilenskih vlakninih filtrirnega dela običajnih FFP3-mask po različnih obdelavah. Z našimi občutljivimi brezkontaktnimi meritvami površinskega potenciala smo ugotovili, da sterilizacija z rentgenskimi žarki in visokoenergetskimi elektroni vodi do popolne odstranitve površinskega naboja, ki je nujno potreben za elektrostatično interakcijo med filtriranjem delcev velikosti virusa. V koraku, ki je sledil sterilizaciji maske, nam je uspelo na površino filtra ponovno nanesti naboj, kar je skupaj s sterilizacijo zagotovilo popolno regeneracijo filtrirnih obraznih mask za zaščito pred virusom covid-19.

Odsek F4 izvaja temeljne raziskave v okviru dveh raziskovalnih programov. Aktivnosti, opisane v zgornjem besedilu, so bile izvedene v okviru temeljnega financiranja iz programa Tankoplastne strukture in plazemsko inženirstvo površin, ki ga vodi dr. Miran Mozetič. Drugi raziskovalni program so Fuzijske tehnologije, kjer je glavni raziskovalec na našem odseku dr. Rok Zaplotnik. Naše fuzijsko usmerjene znanstvene dejavnosti so bile osredotočene na znanstvene in tehnološke izzive za fuzijske reaktorje, ki ne slonijo na tehnologiji reaktorja ITER. Divertor, ki je na dnu vakuumске komore fuzijskega reaktorja, nadzoruje odvajanje odpadnih plinov (zlasti helija) in nečistoč iz reaktorja ter je izpostavljen največjim površinskim toplotnim obremenitvam v tokamaku. V reaktorju ITER bo divertor prevlečen z volframom, ker pa ima ta material preveč pomanjkljivosti, bi bilo treba volfram v naslednji generaciji fuzijskih



Slika 4: Shema lege miniaturnih senzorjev (vstavljena slika) in izmerjena debelina nanesenih filmov v odvisnosti od časa nanašanja. Reproducirano iz objave 5.



Slika 5: Naše plazemske tehnologije omogočajo spreminjanje površinske energije materialov, med drugim tudi mask, ki se uporabljajo za zaščito pred virusnimi okužbami.

### Ekipe je razvila metode za hitro inaktivacijo virusov na respiratornih maskah.



Slika 6: Slika prikazuje doziranje vodne kapljice na površino tkanine za maske. V primeru plazemsko obdelane površine se vodna kapljica absorbira.

reaktorjev izpustiti. Na primer, naslednja generacija reaktorja bo demonstracijska elektrarna DEMO. Končna zasnova divertorja v DEMO še ni določena. Za DEMO proučujejo tudi možno uporabo tekočih kovinskih komponent, ki bodo v stiku s plazmo. Tekoči kositer naj bi bil eden od kandidatov za tekoči kovinski divertor. Naša študija se je osredotočila na topnost vodika in zadrževanje atomov devterija v tekočem kositru. V čistem kositru smo zaznali neizmerno nizko koncentracijo devterija, vendar pa smo nasprotno od čistega kositra opazili znatno kopičenje devterija v plasti kositrovega oksida, kar je lahko posledica tvorbe hidroksidov. O rezultatih sistematičnih raziskav smo poročali v reviji *Nuclear fusion* (R. Zaplotnik *et al.*, 21 (2021), 2, 026009). Poleg zaključka, da je zadrževanje vodikovih izotopov v tekočem divertorju iz kositra brez oksida malo verjetno, smo podali tudi navodila za učinkovito zmanjšanje plasti kositrovega oksida.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Vesel, Alenka, Zaplotnik, Rok, Mozetič, Miran, Primc, Gregor, Surface modification of PS polymer by oxygen-atom treatment from remote plasma: initial kinetics of functional groups formation, *Applied Surface Science*, 2021, 561, 15058-1-15058-7
2. Recek, Nina, Vesel, Alenka, Zaplotnik, Rok, Paul, Domen, Primc, Gregor, Gselman, Peter, Mozetič, Miran, Hydrophilization of corn seeds by non-equilibrium gaseous plasma, *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2021, 8, 32-1-32-11
3. Holc, Matej, Mozetič, Miran, Recek, Nina, Primc, Gregor, Vesel, Alenka, Zaplotnik, Rok, Gselman, Peter, Wettability increase in plasma-treated agricultural seeds and its relation to germination improvement, *Agronomy*, 2021, 11, 8, 1467-1-1467-25
4. Mravlje, Jure, Regvar, Marjana, Starič, Pia, Mozetič, Miran, Vogel-Mikuš, Katarina, Cold plasma affects germination and fungal community structure of buckwheat seeds, *Plants*, 2021, 10, 5, 851
5. Gosar, Žiga, Donlagič, Denis, Pevc, Simon, Gergič, Bojan, Mozetič, Miran, Primc, Gregor, Vesel, Alenka, Zaplotnik, Rok, Distribution of the deposition rates in an industrial-size PECVD reactor using HMDSO precursor, *Coatings*, 2021, 11, 10, 1218, 13 str.
6. Pirker, Luka, Pogačnik Krajnc, Anja, Malec, Jan, Radulović, Vladimir, Gradišek, Anton, Jelen, Andreja, Remškar, Maja, Mekjavič, Igor B., Kovač, Janez, Mozetič, Miran, Snoj, Luka, Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation, *Journal of Membrane Science*, 2021, 619, 118756, 7 str.
7. Zaplotnik, Rok, Nemanič, Vincenc, Žumer, Marko, Kovač, Janez, Mozetič, Miran, Deuterium retention in liquid tin exposed to atomic deuterium flux, *Nuclear fusion*, 2021, 21, 2, 026009-1-026009-7

### Patenta

1. Gregor Filipič, Kristina Eleršič, Darij Kreuh, Janez Kovač, Uroš Cvelbar, Miran Mozetič, A method of colouring titanium and titanium alloys, GB2530805 (B), Intellectual Property Office, 24. 11. 2021
2. Ita Junkar, Rok Zaplotnik, Metka Benčina, Miran Mozetič, Method for treatment medical devices made from nickel-titanium (NiTi) alloys, EP3636294 (B1), European Patent Office, 17. 11. 2021

### Nagrade in priznanja

1. Ita Junkar, Metka Benčina, Matic Resnik, Rok Zaplotnik: Nagrada za najboljšo inovacijo s tržnim potencialom, Center za prenos tehnologij in inovacij na Institutu "Jožef Stefan", Nove metode za pripravo površin medicinskih pripomočkov, predvsem žilnih opornic.

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. COST CA18113; Razumevanje in uporaba nizkega pH pri mikroorganizmih  
COST Association AISBL  
dr. Martina Modic
2. COST CA19110; Uporaba plazme za napredno in trajno kmetijstvo  
COST Association AISBL  
doc. dr. Gregor Primc
3. COST CA20114 - PlasTHER; Terapevtski učinki hladne plinske plazme  
COST Association AISBL  
doc. dr. Ita Junkar
4. H2020 - PEGASUS; Plazemsko podprta sinteza grafena in njegovih nanostruktur  
European Commission  
prof. dr. Uroš Cvelbar
5. H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi  
European Commission  
doc. dr. Ita Junkar
6. H2020 - EUROfusion; Komponente v stiku s plazmo-1-IPH-FU, EUROfusion  
European Commission  
doc. dr. Rok Zaplotnik
7. H2020 - EUROfusion; JET Campaigns-JET1-FU  
European Commission  
dr. Aleksander Drenik
8. H2020 - EUROfusion; WPPFC-PEX-FU, WPPFC-PEX-FU, EUROfusion  
European Commission  
doc. dr. Rok Zaplotnik
9. Katalitične sonde za karakterizacijo vodikove plazme  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Gregor Primc

10. Kontrola kemične sestave tankih plasti z visoko ločljivo masno spektrometrijo sekundarnih ionov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Janez Kovač
11. Katalizatorji na bazi večplastnih vertikalno orientiranih grafenskih nanostruktur  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Alenka Vesel
12. Raziskave vpliva zadrževanja helija v materialih, ki so v stiku s fuzijsko plazmo, s pomočjo naprednih analitičnih metod  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Gregor Filipič
13. Karakterizacija kisikove plazme v močnostnih plinskih razelektrivah  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Miran Mozetič
14. Diagnostika nizkotemperaturne plazme in njena uporaba za obdelavo semen  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Miran Mozetič
15. Funkcionalizacija površin Ti-materialov z uporabo curkov z visoko energijo in plazemske obdelave za biomedicinsko uporabo  
doc. dr. Gregor Primc  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
16. Obetavna eko-sterilizacija patogenih gliv na semenih z uporabo reaktivnih vrstni plinski plazmi  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Miran Mozetič
12. Novi kompozitni materiali s kovinsko matrico, ojačano z nanodelci ter izdelani s selektivnim laserskim taljenjem za aplikacije v rodnarstvu  
prof. dr. Miran Mozetič
13. Visokotrdnostna aluminijeva zlitina za selektivno lasersko taljenje in aplikacije z zahtevano nizko težo  
prof. dr. Miran Mozetič
14. Inovativna konfiguracija virov induktivno sklopljene plinske plazme za uporabo v industrijskih reaktorjih  
prof. dr. Miran Mozetič
15. Ogljikove nanostene za superkondenzatorje prihodnosti  
prof. dr. Alenka Vesel
16. Površinsko omejena selektivna funkcionalizacija polimernih komponent  
prof. dr. Miran Mozetič
17. Inovativna metoda za čiščenje odpadnih voda  
doc. dr. Gregor Primc
18. Razvoj varnih večnamenskih površin za katetre za preprečevanje nastanka biofilmov (DemoCat)  
prof. dr. Alenka Vesel
19. Učinkovitost inaktivacije z vodo prenosnih virusov s prototipno napravo, ki združuje neravnovesno plazmo in hidrodinamično kavitacijo  
doc. dr. Rok Zaplotnik
20. Možnost izboljšanja produktivnosti in zmanjšanja odvisnosti od uporabe kemičnih fungicidov kmetijstvu z uporabo plinske plazme  
doc. dr. Ita Junkar
21. PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)  
dr. Nina Recek
22. Metoda za doseganje bakteriostatskih lastnosti na površinah 3D tiskanih medicinskih vsadkov  
dr. Matic Resnik
23. Možnost izboljšanja produktivnosti in zmanjšanja odvisnosti od uporabe kemičnih fungicidov kmetijstvu z uporabo plinske plazme  
doc. dr. Ita Junkar
24. Prihodki z naslova delnega prefakturiranja stroškov zaščite intelektualne lastnine med solastniki izuma na primeru EVT140\_Mozetič\_Carbon Nanowall  
prof. dr. Miran Mozetič
25. EVT770\_Mozetič\_CNW2\_prafakturiranje stroškov patenta; Prihodki iz naslova delnega prefakturiranja stroškov zaščite intelektualne lastnine med solastniki izuma v primeru EVT770\_Mozetič\_CNW2  
prof. dr. Miran Mozetič

## PROGRAMI

1. Vakuumska tehnika in materiali za elektroniko  
dr. Vincenc Nemanič
2. Tankoplastne strukture in plazemsko inženirstvo površin  
prof. dr. Miran Mozetič
3. Fuzijske tehnologije  
doc. dr. Rok Zaplotnik

## PROJEKTI

1. Strukture in površinske lastnosti vlakninskih membran za čiščenje in kromatografsko separacijo biomakromolekul  
doc. dr. Ita Junkar
2. Okolju prijazna in-situ sinteza ZnO nanodelcev za razvoj zaščitnih tekstilij  
doc. dr. Gregor Primc
3. Začetne stopnje površinske funkcionalizacije polimerov s plazemskimi radikali  
prof. dr. Janez Kovač
4. Alternativni pristopi k zagotavljanju kvalitetnega in varnega mikrobioma ajde  
prof. dr. Miran Mozetič
5. Napredne tehnologije obdelave individualiziranih 3D tiskanih implantatov za preprečevanje bakterijskih okužb  
doc. dr. Ita Junkar
6. Krojenje kristalne strukture nanomaterialov  
prof. dr. Janez Kovač
7. Samoorganizacija plazme v razelektrivah magnetronskega naprševanja  
prof. dr. Miran Mozetič
8. Novi postopki obdelave biomimetičnih vaskularnih vsadkov  
doc. dr. Ita Junkar
9. Inovativni postopki obdelave površin za napredne lastnosti medicinskega jekla  
dr. Metka Benčina
10. Razvoj novih, okolju prijaznih, pristopov za inaktivacijo rastlinskih in humanih virusov v vodah  
doc. dr. Gregor Primc
11. Inovativni senzorji za sprotno merjenje hitrosti nanosa v PECVD napravah  
doc. dr. Rok Zaplotnik

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. L2-9235 Sofinanciranje projekta: Inovativna konfiguracija virov induktivno sklopljene plinske plazme za uporabo v industrijskih reaktorjih Vacutech, vakuumske tehnologije in sistemi, d. o. o.  
prof. dr. Miran Mozetič
2. Urejanje medsebojnih odnosov Podjetja in IJS pri skupnih raziskavah in razvoju („KET4CleanProduction“) Brinox inženiring, d. o. o.  
doc. dr. Ita Junkar
3. L2-1834 Sofinanciranje L-projekta: Ogljikove nanostene za superkondenzatorje prihodnosti ISKRA, d. o. o.  
prof. dr. Alenka Vesel
4. L2-1835 Sofinanciranje L-projekta: Inovativni senzorji za sprotno merjenje hitrosti nanosa v PECVD napravah ISKRA, d. o. o.  
doc. dr. Rok Zaplotnik
5. L2-2617 Sofinanciranje L-projekta: Inovativna metoda za čiščenje odpadnih voda Induktio, d. o. o.  
doc. dr. Gregor Primc
6. L2-2616 Sofinanciranje L-projekta: Površinsko omejena selektivna funkcionalizacija polimernih komponent Elvez, d. o. o.  
prof. dr. Miran Mozetič

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH IN STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Jernej Ekar, Ita Junkar, Janez Kovač, Dane Lojen, Miran Mozetič, Domen Paul, Dean Popović, Gregor Primc, Nina Recek, Matic Resnik, Pia Starič, Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, 27<sup>th</sup> International Scientific Meeting on Vacuum Science and Technique, 27-ISMVST, Gozd Martuljek, Slovenija, 9. 9.–10. 9. 2021
2. Janez Kovač, Dane Lojen, Domen Paul, MIDEM 2021, 56<sup>th</sup> International Conference on Microelectronics, Devices and Materials with the Workshop on Personal sensor for remote health care monitoring, Ljubljana, Slovenija, 22. 9.–24. 9. 2021 (1) (virtualno)

3. Miran Mozetič, Gregor Primc, Nina Recek, Pia Starič, 19<sup>th</sup> International Conference on Plasma Physics and Applications, CPPA 2021, Bukarešta, Romunija, 31. 8.–3. 9. 2021 (4)
4. Pia Starič, Drugi doktorski dan Bi(o)znanosti, Slovenija, 27. 5. 2021 (1) (virtualno)
5. Pia Starič, Cutting Edge 2021 Conference, Slovenija, 16. 9. 2021 (1) (virtualno)
6. Rok Zaplotnik, 30<sup>th</sup> International Conference Nuclear Energy for New Europe, NENE 2021, 6. 9.–9. 9. 2021, Bled, Slovenija (1)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Miran Mozetič, Češka tehnična univerza v Pragi, Praga, Češka republika, 30. 5.–4. 6. 2021 (raziskovalno delo)
2. Miran Mozetič, Univerza Tomaš Bata, Zlin, Češka, 27. 6.–2. 7. 2021 (raziskovalno delo)

- Miran Mozetič, Centro de Investigación Científica de Yucatán a.c. (CICY), Merida, Mehika, 9. 7.–25. 7. 2021 (raziskovalno delo)
- Miran Mozetič, Fakulteta za kmetijstvo, Univerza Češke Budejovice, Češke Budejovice, Češka republika, 11. 8.–15. 8. 2021 (raziskovalno delo)
- Miran Mozetič, Institut BioSys, Tehnična univerza v Gradcu, Gradec, Avstrija, 24. 8.–25. 8. 2021 (projektno sodelovanje)
- Miran Mozetič, Institut BioSys, Tehnična univerza v Gradcu, Gradec, Avstrija, 21. 9.–22. 9. 2021 (raziskovalno delo, projektno sodelovanje)
- Miran Mozetič, Centro de Investigación Científica de Yucatán a.c. (CICY), Merida, Mehika, 1. 10.–10. 10. 2021 (raziskovalno delo)
- Miran Mozetič, Institut BioSys, Tehnična univerza v Gradcu, Gradec, Avstrija, 25. 10.–29. 10. 2021 (raziskovalno delo, projektno sodelovanje)
- Miran Mozetič, Fakulteta za matematiko in fiziko, Karlova univerza v Pragi, Praga, Češka republika, 7. 11.–14. 11. 2021 (raziskovalno delo, projektno sodelovanje)
- Miran Mozetič, Češka tehnična univerza v Pragi, Praga, Češka republika, 26. 12.–30. 12. 2021 (projektno sodelovanje)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

- dr. Aleksander Drenik, *začasna prekinitev 1. 3. 2016*
- doc. dr. Ita Junkar
- prof. dr. Janez Kovač
- prof. dr. Miran Mozetič, znanstveni svetnik
- doc. dr. Gregor Primc
- prof. dr. Alenka Vesel, vršilka dolžnosti vodje odseka**
- doc. dr. Rok Zaplotnik

### Podoktorski sodelavci

- dr. Metka Benčina
- dr. Matej Holc
- Marian Lehocky, PhD., Republika Češka
- Dean Popović, PhD., *odšel 1. 11. 2021*
- dr. Nina Recek
- dr. Matic Resnik

### Mlajši raziskovalci

- Jernej Ekar, mag. kem.
- Dane Lojen, mag. inž. teh. var. okolja
- Domen Paul, mag. fiz.
- Pia Starič, mag. mol. funkc. biol.
- Mark Zver, Msc., Danska

### Strokovni sodelavci

- Tatjana Filipič, dipl. inž. kem. tehnol.
- Maja Šukarov, univ. dipl. prev.

### Tehniški in administrativni sodelavci

- Janez Trtnik

- Inštitut za fiziko plazme Max-Planck, Garching, Nemčija
- Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana, Slovenija
- Interkorn, d. o. o., Beltinici, Slovenija
- International Iberian Nanotechnology Laboratory, Braga, Portugalska
- Iskra, d. d., Ljubljana, Slovenija
- Iskra, PE Kondenzatorji, Semič, Slovenija
- JET, Culham, Velika Britanija
- KAIST, Daejeon, Južna Koreja
- Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
- Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija
- Krka, d. d., Novo mesto, Slovenija
- LEK, d. d., Ljubljana, Slovenija
- Lip Bled, d. o. o., Bled, Slovenija
- Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana, Slovenija
- Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Maribor, Slovenija
- National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Bukarešta, Romunija
- Odelo Slovenija, d. o. o., Prebold, Slovenija
- Plasmait, Lebring, Avstrija
- Queensland Univerza za tehnologijo, Brisbane, Avstralija
- Simtrona, d. o. o., Nova Gorica, Slovenija
- Sinhrotron Elettra, Trst, Italija
- Tehnična univerza na Dunaju, Dunaj, Avstrija
- Tehnična univerza v Carigradu, Carigrad, Turčija
- Tehnična univerza v Lublinu, Lublin, Poljska
- Teroyal, Komenda, Slovenija
- Tik, d. o. o., Kobarid, Slovenija
- Tosama, d. o. o., Domžale, Slovenija
- Universität Bochum, Bad Honnef, Nemčija
- Univerza Comenius, Bratislava, Slovaška
- Univerza Drexel, Philadelphia, ZDA
- Univerza Illinois, Urbana, ZDA
- Univerza Tomaš Bata, Zlin, Češka
- Univerza uporabnih znanosti Zuyd, Heerlen, Nizozemska
- Univerza v Gentu, Gent, Belgija
- Univerza v Kocaeli, Kocaeli-Izmit, Turčija
- Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Louisvillu, Louisville, ZDA
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija
- Univerza v Nagoji, Nagoja, Japonska
- Univerza v Portu, Porto, Portugalska
- Univerza v Shantou, Shantou, Kitajska
- Vacutec, Ljubljana, Slovenija
- Visoka šola za upravljanje podeželja Grm, Novo mesto, Slovenija
- Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana, Slovenija
- Zeleni Hit, Ljubljana, Slovenija
- Žito, d. d., Ljubljana, Slovenija

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

- Brinox inženiring, Medvode, Slovenija
- Center PROMES-CNRS, Font Romeu, Francija
- Češka tehnična univerza v Pragi, Praga, Češka
- Eklptik, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
- Elvez, d. o. o., Ivančna Gorica, Slovenija
- Fakulteta za kmetijstvo Univerze v Českých Budejovicah, Praga, Češka
- Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija
- Hidria AET, Tolmin, Slovenija
- Induktio, Ljubljana, Slovenija
- Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
- Institut za fiziko, Beograd, Srbija
- Institut za javno zdravje Črna gora, Podgorica, Črna gora
- Inštitut za celulozo in papir Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
- Inštitut za fiziko Češke Akademije znanosti, Praga, Češka

## BIBLIOGRAFIJA

### IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Leonard Moriau *et al.* (12 avtorjev), "Effect of the morphology of the high-surface-area support on the performance of the oxygen-evolution reaction for iridium nanoparticles", *ACS catalysis*, 2021, **11**, 2, 670-681. [COBISS.SI-ID 45043203]
- Živa Marinko, Luka Suhadolnik, Barbara Šetina, Vid Simon Šelih, Boris Majaron, Janez Kovač, Miran Čeh, "Toward a flexible and efficient TiO<sub>2</sub> photocatalyst immobilized on a titanium foil", *ACS omega*, 2021, **6**, 36, 23233-23242. [COBISS.SI-ID 74404099]
- Devidas I. Halge, Vijaykiran Narwade, Pooja M. Khanzode, Sumayya Begum, Indrani Banerjee, Jagdish W. Dadge, Janez Kovač, Abhimanyu Rana, Kashinath Bogle, "Development of highly sensitive and ultra-fast visible-light photodetector using nano-CdS thin film", *Applied physics. A, Materials science & processing*, 2021, **127**, 6, 446. [COBISS.SI-ID 64581123]
- Gregor Žerjav, Janez Zavašnik, Janez Kovač, Albin Pintar, "The influence of Schottky barrier height onto visible-light triggered photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> + Au composites", *Applied Surface Science*, 2021, **543**, 148799. [COBISS.SI-ID 44698371]
- Patricia Jovičević Klug, Monika Jenko, Matic Klug Jovičević, Barbara Šetina, Janez Kovač, Bojan Podgornik, "Effect of deep cryogenic treatment on surface chemistry and microstructure of selected high-speed steels", *Applied Surface Science*, 2021, **548**, 149257. [COBISS.SI-ID 50543363]
- Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Miran Mozetič, Gregor Primc, "Surface modification of PS polymer by oxygen-atom treatment from remote plasma: initial kinetics of functional groups formation", *Applied Surface Science*, 2021, **561**, 15058. [COBISS.SI-ID 63744771]
- Gregor Žerjav, Janvit Teržan, Petar Djinović, Zuzana Barbieriková, Tomáš Hajdu, Vlasta Brezová, Janez Zavašnik, Janez Kovač, Albin Pintar, "TiO<sub>2</sub> - β - Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> junction as a leverage for the visible-light activity of

- TiO<sub>2</sub> based catalyst used for environmental applications", *Catalysis today*, 2021, **361**, 165-175. [COBISS.SI-ID 33298215]
8. Jure Žigon, Jaša Saražin, Milan Šernek, Janez Kovač, Sebastian Dahle, "The effect of ageing on bonding performance of plasma treated beech wood with urea-formaldehyde adhesive", *Cellulose*, 2021, **28**, 2461-2478. [COBISS.SI-ID 49872899]
  9. Aleksandar Miletić, Peter Panjan, Miha Čekada, Lazar Kovačević, Pal Terek, Janez Kovač, Goran Dražić, Branko Škorić, "Nanolayer CrAlN/TiSiN coating designed for tribological applications", *Ceramics international*, 2021, **47**, 2, 2022-2033. [COBISS.SI-ID 41522947]
  10. Nina Recek, Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Domen Paul, Gregor Primc, Peter Gselman, Miran Mozetič, "Hydrophilization of corn seeds by non-equilibrium gaseous plasma", *Chemical and biological technologies in agriculture*, 2021, **8**, 32. [COBISS.SI-ID 68544771]
  11. Nataša Zabukovec Logar, Iztok Arčon, Janez Kovač, Margarita Popova, "Removal of copper from aqueous solutions with zeolites and possible treatment of exhaust materials", *Chemie Ingenieur Technik*, 2021, **93**, 6, 941-948. [COBISS.SI-ID 57116419]
  12. Milena P. Dojčinović, Zorka Vasiljević, Janez Kovač, Nenad B. Tadić, Maria Vesna Nikolic, "Nickel manganite-sodium alginate nanobiocomposite for temperature sensing", *Chemosensors*, 2021, **9**, 9, 241. [COBISS.SI-ID 90253571]
  13. Žiga Gosar, Denis Đonlagić, Simon Pevce, Bojan Gergič, Miran Mozetič, Gregor Primc, Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, "Distribution of the deposition rates in an industrial-size PECVD reactor using HMDSO precursor", *Coatings*, 2021, **11**, 10, 1218. [COBISS.SI-ID 87949827]
  14. Dejan Pjević, Tatjana Savić, Suzana Petrović, Davor Peruško, Mirjana Comor, Janez Kovač, "Influence of nitrogen incorporation sites on structural and optical properties of sputtered TiO<sub>2</sub> – N thin films with improved visible light activity", *ECS journal of solid state science and technology*, 2021, **10**, 5, 053002. [COBISS.SI-ID 64400643]
  15. Sebastian A. Mayr, Nikolaus Schwaiger, Hedda Weber, Janez Kovač, Georg M. Gübitz, Gibson S. Nyahongo, "Enzyme catalyzed copolymerization of lignosulfonates for hydrophobic coatings", *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 2021, **9**, 697310. [COBISS.SI-ID 90251011]
  16. Arijana Filipić, David Dobnik, Magda Tušek-Žnidarič, Bojana Žegura, Alja Štern, Gregor Primc, Miran Mozetič, Maja Ravnikar, Jana Žel, Ion Gutiérrez-Aguirre, "Inactivation of pepper mild mottle virus in water by cold atmospheric plasma", *Frontiers in microbiology*, 2021, **12**, 618209. [COBISS.SI-ID 49725955]
  17. Venkata D. B. C. Dasireddy, Špela Hajduk, Francisco Ruiz-Zepeda, Janez Kovač, Blaž Likozar, Zorica Crnjak Orel, "CeO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub> support material effects on NH<sub>3</sub> decomposition pathway mechanism over Cu-Zn catalysts", *Fuel Processing Technology*, 2021, **215**, 106752. [COBISS.SI-ID 63108355]
  18. Gregor Primc, "Advanced technologies for industry 4.0: a challenge for plasma scientists", *IEEE transactions on plasma science*, 2021, **49**, 12, 4017-4021. [COBISS.SI-ID 86607107]
  19. Kateřina Skopalová *et al.* (12 avtorjev), "Modulation of differentiation of embryonic stem cells by polypyrrole: the impact on neurogenesis", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 2, 501. [COBISS.SI-ID 46192387]
  20. Nina Recek, Matej Holc, Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Peter Gselman, Miran Mozetič, Gregor Primc, "Germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds after a short treatment with a powerful rf plasma", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 13, 6672. [COBISS.SI-ID 67928323]
  21. Metka Benčina, Niharika Rawat, Katja Lakota, Snežna Sodin-Šemrl, Aleš Igljič, Ita Junkar, "Bio-performance of hydrothermally and plasma-treated titanium: the new generation of vascular stents", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 21, 11858. [COBISS.SI-ID 83075331]
  22. Maja Antanasova, Andraž Kocjan, Anže Abram, Janez Kovač, Peter Jevnikar, "Pre-oxidation of selective-laser-melted titanium dental alloy: effects on surface characteristics and porcelain bonding", *Journal of adhesion science and technology*, 2021, **35**, 19, 2094-2109. [COBISS.SI-ID 50192131]
  23. Luka Pirker *et al.* (11 avtorjev), "Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation", *Journal of membrane science*, 2021, **619**, 118756. [COBISS.SI-ID 32105219]
  24. Mitja Kelemen *et al.* (13 avtorjev), "Influence of surface roughness on the sputter yield of Mo under keV D ion irradiation", *Journal of nuclear materials*, 2021, **555**, 153135. [COBISS.SI-ID 69339139]
  25. Sami Sainio *et al.* (18 avtorjev), "Trends in carbon, oxygen, and nitrogen core in the X-ray absorption spectroscopy of carbon nanomaterials: a guide for the perplexed", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2021, **125**, 1, 973-988. [COBISS.SI-ID 62677763]
  26. Marko Barac, Marko Brajković, Iva Bogdanović-Radović, Janez Kovač, Zdravko Siketić, "MeV TOF SIMS analysis of hybrid organic/inorganic compounds in the low energy region", *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 2021, **32**, 3, 825-831. [COBISS.SI-ID 80440323]
  27. Dževad Kozlica, Jernej Ekar, Janez Kovač, Ingrid Milošev, "Roles of chloride ions in the formation of corrosion protective films on copper", *Journal of the Electrochemical Society*, 2021, **168**, 3, 031504. [COBISS.SI-ID 54139907]
  28. Alen Oseli, Alenka Vesel, Ema Žagar, Lidija Slemenik Perše, "Mechanisms of single-walled carbon nanotube network formation and its configuration in polymer-based nanocomposites", *Macromolecules*, 2021, **54**, 7, 3334-3346. [COBISS.SI-ID 58206467]
  29. Mukta Vishwanath Kulkarni *et al.* (11 avtorjev), "Mehanske lastnosti nanostruktur titanovega dioksida", *Materiali in tehnologije*, 2021, **55**, 1, 19-24. [COBISS.SI-ID 49969155]
  30. Rok Ovsenik, Miha Pirc, Jasmina Primožič, Rok Schara, Janez Kovač, Monika Jenko, Boris Gašpirc, "Ovrednotenje mikrobne flore pri pacientih s povečanjem dlesni med obravnavo in analiza površine žičnega loka nesnemnega ortodontskega aparata", *Materiali in tehnologije*, 2021, **55**, 1, 51-57. [COBISS.SI-ID 53017859]
  31. Ilkay Karakurt *et al.* (12 avtorjev), "Controlled release of enrofloxacin by vanillin-crosslinked chitosan-polyvinyl alcohol blends", *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*, 2021, **126**, 112125. [COBISS.SI-ID 61156867]
  32. Matea Korica, Zdenka Peršin, Lidija Fras Zemljič, Katarina Mihajlovski, Biljana Dojčinović, Snežana Trifunović, Alenka Vesel, Tanja Nikolić, Mirjana M. Kostić, "Chitosan nanoparticles functionalized viscose fabrics as potentially durable antibacterial medical textiles", *Materials*, 2021, **14**, 13, 3762. [COBISS.SI-ID 69454083]
  33. Urban Ajdnik, Thomas Luxbacher, Alenka Vesel, Alja Štern, Bojana Žegura, Janja Trček, Lidija Fras Zemljič, "Polysaccharide-based bilayer coatings for biofilm-inhibiting surfaces of medical devices", *Materials*, 2021, **14**, 16, 4720. [COBISS.SI-ID 73991171]
  34. Kalpana Avasthi, Ashish Bohre, Janvit Teržan, Ivan Jerman, Janez Kovač, Blaž Likozar, "Single step production of styrene from benzene by alkenylation over palladium-anchored thermal defect rich graphitic carbon nitride catalyst", *Molecular catalysis*, 2021, **514**, 111844. [COBISS.SI-ID 94028291]
  35. Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Luka Pirker, Miran Mozetič, "One-step plasma synthesis of nitrogen-doped carbon nanomesh", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 4, 837. [COBISS.SI-ID 57205763]
  36. Luka Pirker, Bojana Višič, Janez Kovač, Srečo D. Škapin, Maja Remškar, "Synthesis and characterization of tungsten suboxide W<sub>18</sub>O<sub>3n-1</sub> nanotiles", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 8, 1985. [COBISS.SI-ID 72209411]
  37. Rok Zaplotnik, Vincenc Nemanič, Marko Žumer, Janez Kovač, Miran Mozetič, "Deuterium retention in liquid tin exposed to atomic deuterium flux", *Nuclear fusion*, 2021, **21**, 2, 026009. [COBISS.SI-ID 44161283]
  38. Jure Mravlje, Marjana Regvar, Pia Starič, Miran Mozetič, Katarina Vogel-Mikuš, "Cold plasma affects germination and fungal community structure of buckwheat seeds", *Plants*, 2021, **10**, 5, 851. [COBISS.SI-ID 61089795]
  39. Pia Starič, Silva Grobelnik Mlakar, Ita Junkar, "Response of two different wheat varieties to glow and afterglow oxygen plasma", *Plants*, 2021, **10**, 8, 1728. [COBISS.SI-ID 73680387]
  40. Kinga Kutasi, Nikša Krstulović, Andrea Jurov, Krešimir Salamon, Dean Popović, Slobodan Milošević, "Controlling the composition of plasma-activated water by Cu ions", *Plasma sources science & technology*, 2021, **30**, 4, 045015. [COBISS.SI-ID 57554691]
  41. Kadir Ozaltin, Antonio Di Martino, Zdenka Capáková, Marián Lehocký, Petr Humpolíček, Tomas Saha, Daniela Vesela, Miran Mozetič, Petr Saha, "Plasma mediated chlorhexidine immobilization onto poly(lactic acid) surface via carbodiimide chemistry: antibacterial and cytocompatibility assessment", *Polymers*, 2021, **13**, 8, 1201. [COBISS.SI-ID 62680835]
  42. Matic Resnik, Eva Levičnik, Žiga Gosar, Rok Zaplotnik, Janez Kovač, Jernej Ekar, Miran Mozetič, Ita Junkar, "The oleophobicity of paper via plasma treatment", *Polymers*, 2021, **13**, 13, 2148. [COBISS.SI-ID 68742147]
  43. Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Miran Mozetič, Tadeja Katan, Rupert Kargl, Tamilselvan Mohan, Karin Stana-Kleinschek, "Rapid functionalization of polytetrafluoroethylene (PTFE) surfaces with nitrogen functional groups", *Polymers*, 2021, **13**, 24, 4301. [COBISS.SI-ID 88666627]
  44. Matjaž Finšgar, Janez Kovač, Uroš Maver, "The development and characterization of bioactive coatings for local drug delivery in



- orthopedic applications", *Progress in organic coatings*, 2021, **158**, 106350. [COBISS.SI-ID 65183491]
45. Željko Mravik, Danica Bajuk-Bogdanović, Ana Mraković, Ljubiša Vukosavljević, Ivan M. Trajić, Janez Kovač, Davor Peruško, Nemanja Gavrilov, Zoran M. Jovanović, "Structural and electrochemical properties of carbon ion beam irradiated 12-tungstophosphoric acid", *Radiation physics and chemistry*, 2021, **183**, 109422. [COBISS.SI-ID 54747651]
46. Venkata D. B. C. Dasireddy, Damjan Vengust, Blaž Likozar, Janez Kovač, Aleš Mrzel, "Production of syngas by CO<sub>2</sub> reduction through Reverse Water-Gas Shift (RWGS) over catalytically-active molybdenum-based carbide, nitride and composite nanowire", *Renewable energy*, 2021, **176**, 251-261. [COBISS.SI-ID 70734595]
47. Tomas Plachy, Martin Cvek, Lukáš Münster, Barbora Hanulíková, Pavol Šuly, Alenka Vesel, Qilin Cheng, "Enhanced magnetorheological effect of suspensions based on carbonyl iron particles coated with poly(amidoamine) dendrons", *Rheologica acta*, 2021, **60**, 5, 263-276. [COBISS.SI-ID 61158147]
48. Zorka Vasiljević, Milena P. Dojčinović, Jelena D. Vujančević, Matjaž Spreitzer, Janez Kovač, Dragana Bartolić, Smilja Marković, Ivona Janković - Častvan, Nenad B. Tadić, Maria Vesna Nikolić, "Exploring the impact of calcination parameters on the crystal structure, morphology, and optical properties of electrospun Fe<sub>2</sub>TiO<sub>5</sub> nanofibers", *RSC advances*, 2021, **11**, 51, 32358-32368. [COBISS.SI-ID 79501571]
49. Luka Noč, Matjaž Ličen, Irena Drevenšek-Olenik, Raghuraj S. Chouhan, Janez Kovač, Daniel Mandler, Ivan Jerman, "Polyhedral oligomeric silsesquioxanes as protective monolayer coatings against the high-temperature corrosion of concentrating solar power absorber surfaces", *Solar energy materials and solar cells*, 2021, **223**, 110984. [COBISS.SI-ID 48793091]
50. Urša Tiringner, Joost Pieter Bernard van Dam, Shoshan Abrahami, Herman A. Terry, Janez Kovač, Ingrid Milošev, Johannes M. C. Mol, "Scrutinizing the importance of surface chemistry versus surface roughness for aluminium/sol-gel film adhesion", *Surfaces and interfaces*, 2021, **26**, 101417. [COBISS.SI-ID 75238403]
51. Jernej Ekar, Krištof Kranjc, "Synthesis of hydrazinylpyridines via nucleophilic aromatic substitution and further transformation to bicyclo[2.2.2]octenes fused with two N-aminosuccinimide moieties", *Synthesis*, 2021, **53**, 6, 1112-1120. [COBISS.SI-ID 32284419]
52. Tjaša Parkelj Potočnik, Erik Zupanič, Janez Kovač, Matjaž Spreitzer, "Prenos vzorcev v ultraviskozem vakuumu s pomočjo vakuumskega kovčka", *Vakuumist*, 2021, **41**, 1/2, 14-18. [COBISS.SI-ID 97033219]

## PREGLIEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Matej Holc, Miran Mozetič, Nina Recek, Gregor Primc, Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Peter Gselman, "Wettability increase in plasma-treated agricultural seeds and its relation to germination improvement", *Agronomy*, 2021, **11**, 8, 1467. [COBISS.SI-ID 71741699]
2. Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Alenka Vesel, "Optical emission spectroscopy as a diagnostic tool for characterization of atmospheric plasma jets", *Applied sciences*, 2021, **11**, 5, 2275. [COBISS.SI-ID 53945603]
3. Abhimanyu Tharayil, R. Rajakumari, Miran Mozetič, Gregor Primc, Sabu Thomas, "Contact transmission of SARS-CoV-2 on fomite surfaces: surface survival and risk reduction", *Interface focus*, 2021, **12**, 1, 20210042. [COBISS.SI-ID 90086915]
4. Kinga Kutasi, Nina Recek, Rok Zaplotnik, Miran Mozetič, Mitja Krajnc, Peter Gselman, Gregor Primc, "Approaches to inactivating aflatoxins: review and challenges", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 24, 13322. [COBISS.SI-ID 90091779]
5. Jeel Raval, Ekaterina Gongadze, Metka Benčina, Ita Junkar, Niharika Rawat, Luka Mesarec, Veronika Kralj-Iglič, Wojciech Gózdź, Aleš Iglič, "Mechanical and electrical interaction of biological membranes with nanoparticles and nanostructured surfaces", *Membranes*, 2021, **11**, 7, 533. [COBISS.SI-ID 70365955]
6. Helena Motaln, Nina Recek, Boris Rogelj, "Intracellular responses triggered by cold atmospheric plasma and plasma-activated media in cancer cells", *Molecules*, 2021, **26**, 5, 1336. [COBISS.SI-ID 53601283]
7. Metka Benčina, Matic Resnik, Pia Starič, Ita Junkar, "Use of plasma technologies for antibacterial surface properties of metals", *Molecules*, 2021, **26**, 5, 1418. [COBISS.SI-ID 54700803]

8. Gregor Primc, Katja Brenčič, Miran Mozetič, Marija Gorjanc, "Recent advances in the plasma-assisted synthesis of zinc oxide nanoparticles", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 5, 1191. [COBISS.SI-ID 61486851]
9. Dean Popović, Miran Mozetič, Alenka Vesel, Gregor Primc, Rok Zaplotnik, "Review on vacuum ultraviolet generation in low-pressure plasmas", *Plasma processes and polymers*, 2021, **18**, 9, 2100061. [COBISS.SI-ID 72240643]
10. Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Miran Mozetič, Tadeja Katan, Rupert Kargl, Tamilselvan Mohan, Karin Stana-Kleinschek, "Non-equilibrium plasma methods for tailoring surface properties of polyvinylidene fluoride: review and challenges", *Polymers*, 2021, **13**, 23, 4243. [COBISS.SI-ID 88669443]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Jure Mravlje, Pia Starič, Miran Mozetič, Katarina Vogel-Mikuš, "Učinek hladne plinske plazme na kalitev in dekontaminacijo semen navadne ajde (*Fagopyrum esculentum Moench*)", V: *Drugi doktorski dan Bi(o)znanosti, 27. maj 2021*, zbornik prispevkov, Biotehniška fakulteta, 2021, 88-94. [COBISS.SI-ID 66116611]
2. Pia Starič, Jure Mravlje, Katarina Vogel-Mikuš, Miran Mozetič, Ita Junkar, "Vpliv dušikove in kisikove hladne plinske plazme na kalitev semen navadne ajde", V: *Drugi doktorski dan Bi(o)znanosti, 27. maj 2021*, zbornik prispevkov, Biotehniška fakulteta, 2021, 95-100. [COBISS.SI-ID 64991235]
3. Ana Oberlintner, Alenka Vesel, Blaž Likozar, Uroš Novak, "Radio frequency plasma in CF<sub>4</sub> as a fast and efficient tool for obtaining and retaining a long-term hydrophobicity of cellulose nanocrystals-reinforced chitosan films", V: *2nd International Conference on Circular Packaging, 9-10 September 2021, Slovenj Gradec, Slovenija*, Proceedings, Pulp and Paper Institute, Faculty of Polymer Technology, 2021, 287-292. [COBISS.SI-ID 77988099]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGLAVJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Domen Paul, Miran Mozetič, Janez Kovač, Alenka Vesel, "Atomic species generation by plasmas", V: *Plasma applications for material modification: from microelectronics to biological materials*, Jenny Stanford Publishing, 2021, 107-177. [COBISS.SI-ID 73202947]

## PATENTNA PRIJAVA

1. Sebastian Dahle, Jure Žigon, Marko Petrič, Janez Kovač, Giuseppe Da Cortà, *A plasma device and a method for generating a plasma*, WO2021058720 (A1), WIPO International Bureau, 01. 04. 2021. [COBISS.SI-ID 3124361]

## PATENTA

1. Gregor Filipič, Kristina Eleršič, Darij Kreuh, Janez Kovač, Uroš Cvelbar, Miran Mozetič, *A method of colouring titanium and titanium alloys*, GB2530805 (B), Intellectual Property Office, 24. 11. 2021. [COBISS.SI-ID 29504807]
2. Ita Junkar, Rok Zaplotnik, Metka Benčina, Miran Mozetič, *Method for treatment medical devices made from nickel-titanium (NiTi) alloys*, EP3636294 (B1), European Patent Office, 17. 11. 2021. [COBISS.SI-ID 31847463]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Žiga Gosar, *Značilnosti plinske plazme v velikem nizkotlačnem reaktorju*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Miran Mozetič; somentor Rok Zaplotnik). [COBISS.SI-ID 93717507]

**Raziskave Odseka za fiziko trdne snovi so usmerjene v področje fizike neurejene in delno urejene kondenzirane materije ter še posebej faznih prehodov v teh sistemih. Namen teh raziskav je odkriti osnovne zakonitosti fizike neurejenih in delno urejenih sistemov, ki so vmesni člen med popolnoma urejenimi kristali na eni strani ter amorfni snovmi in živo materijo na drugi. Raziskave so osredotočene na razumevanje strukture in dinamike na mikroskopski ravni, kar je pogoj za razvoj novih multifunkcionalnih materialov, nanomaterialov in bioloških sistemov. Pomemben del raziskovalnega programa je usmerjen v razvoj novih merilnih metod in eksperimentalnih tehnik na področju hladnih atomov, kvantnega magnetizma, kvantne optike, biofotonike in superresolucijskega fluorescenčnega slikanja.**



Vodja:

**prof. dr. Igor Muševič**

Raziskave sodelavcev Odseka za fiziko trdne snovi Instituta "Jožef Stefan" potekajo v tesnem sodelovanju z Oddelkom za fiziko Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, Institutom za matematiko, fiziko in mehaniko ter z Mednarodno podiplomsko šolo Jožefa Stefana. V letu 2021 so raziskave potekale v okviru treh programskih skupin:

- magnetna resonanca in dielektrična spektroskopija pametnih novih materialov,
- fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur,
- eksperimentalna biofizika kompleksnih sistemov in slikanje v biomedicini.

### ***1. Programska skupina P1-0125 Magnetna resonanca in dielektrična spektroskopija pametnih novih materialov***

Delo programske skupine *Magnetna resonanca in dielektrična spektroskopija pametnih novih materialov* v letu 2021 je bilo usmerjeno v odkrivanje osnovnih fizikalnih zakonitosti fizike kondenzirane materije ter v iskanje povezave med strukturo in dinamiko trdnih snovi na ravni atomov in molekul z makroskopskimi lastnostmi snovi.

Pri naših raziskavah smo uporabljali komplementarne raziskovalne metode:

- jedrsko magnetno resonanco (NMR), elektronsko paramagnetno resonanco (EPR) in jedrsko kvadrupolno resonanco (NQR),
- dvojno resonanco  $^{17}\text{O}$  - H in  $^{14}\text{N}$  - H,
- relaksometrijo s hitrim spreminjanjem magnetnega polja,
- linearno in nelinearno dielektrično spektroskopijo v območju od  $10^{-2}$  Hz do  $10^9$  Hz,
- frekvenčno odvisno kalorimetrijo,
- meritve električnih in termičnih transportnih lastnosti,
- meritve magnetnih lastnosti,
- metodo hladnih atomov.

Raziskave članov programske skupine potekajo v sodelovanju z Oddelkom za fiziko Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, Institutom za matematiko, fiziko in mehaniko, z Mednarodno podiplomsko šolo Jožefa Stefana ter številnimi skupinami na najuglednejših raziskovalnih institucijah po vsem svetu.

V letu 2021 smo člani programske skupine objavili skupno 65 originalnih znanstvenih člankov ter en pregledni članek. Od člankov v revijah z višjim faktorjem vpliva izpostavljammo objavo v reviji *Nature Physics* (IF = 20), objavo v *Angewandte Chemie, Intl. Ed.* (IF = 15.3), objavo v reviji *Nanoscale* (IF = 7.8) ter vrsto objav v reviji *Physical Review B* (IF = 4).

Naše raziskave lahko združimo v tematske sklope: kvantni in topološki magnetizem, visokoentropijske zlitine, funkcionalni materiali in hladni atomi. Glavni dosežki na teh področjih so:

#### **1. Kvantni in topološki magnetizem**

Tina Arh, Matjaž Gomilšek, Primož Koželj, Stane Vrtnik in Andrej Zorko so s sodelavci iz Kitajske in Hrvaške odkrili magnetno urejanje v spojini  $\text{Y}_3\text{Cu}_9(\text{OH})_{18}[\text{Cl}_8(\text{OH})]$ . Gre za antiferomagnet na distorzirani spinski mreži

**Proučevali smo zapletene vzbuditve v modelnih sistemih za kvantne spinske tekočine, nenavadno spinsko dinamiko v masivnih topoloških skyrmionskih mrežah, raziskali električne, magnetne in toplotne lastnosti visokoentropijskih zlitin, uporabljali strižni tok za nadzor oblike tekočih kristalnih elastomernih mikrodolcev, razpršenih s polimerno smolo, ter topološke in kalorične učinke v multiferoikih in mehki snovi za aplikacije v tehnologijah zelene energije. Fulerenske radikalne spine smo uporabili kot kubite. Poleg tega smo nadaljevali razvoj novih metod, ki temeljijo na poskusih s hladnimi atomi.**

kagome, za katerega je prej veljalo prepričanje, da se magnetno ne ureja. S pomočjo komplementarnih meritev magnetizacije, specifične toplote in magnetnega navora pa so v nasprotju s pričakovanji odkrili Néelov prehod pri temperaturi 11 K. Za odkritje je bilo ključno proučevanje visokokakovostnih kristalov, ki so jih avtorji vzgojili s pomočjo optimizirane hidrotermalne sinteze. To nakazuje, da je odsotnost magnetnega urejanja v manj kakovostnih vzorcih zunanega izvora. Delo je bilo objavljeno v članku W. Sun *et al.* *Magnetic ordering of the distorted kagome antiferromagnet  $Y_3Cu_9(OH)_{18}[Cl_8(OH)]$  prepared via optimal synthesis*, *Phys. Rev. Mater.* **5**, 064401 (2021).

**Matjaž Gomilšek, Tina Arh in Andrej Zorko** so skupaj s sodelavcem z Odseka za teoretično fiziko proučevali temperaturno odvisnost dinamičnih spinskih korelacij antiferomagneta na spinski mreži kagome. Odkrili so, da že v povsem izotropnem primeru Heisenbergove izmenjalne interakcije med najbližjimi sosedi pri nizkih energijah dominirajo kiralne spinske fluktuacije, kar vodi do ojačenega nizkofrekvenčnega odziva v točki M razširjene Brillouinove cone. Vključitev magnetne anizotropije tipa Dzyaloshinskii-Moriya (DM) pa vodi do anizotropnega dinamičnega odziva in magnetnega urejanja. Te teoretične napovedi se zelo dobro ujemajo z meritvami neelastičnega nevtronskega sipanja in jedrske spinsko-mrežne relaksacije na paradigmatičnem predstavniku mreže kagome herbertsmithitu, kjer je vpliv anizotropije DM majhen, in z rezultati jedrske spinsko-mrežne relaksacije na novem predstavniku spinske mreže kagome  $YCu_3(OH)_6Cl_3$ , kjer pa je vpliv magnetne anizotropije precej močnejši. Svoje ugotovitve so avtorji predstavili v članku P. Prelovšek *et al.* *Dynamical spin correlations of the kagome antiferromagnet*, *Phys. Rev. B* **103**, 014431 (2021).

**Tina Arh in Andrej Zorko** sta skupaj s sodelavci iz Indije in Švice proučevala magnetne lastnosti dvodimenzionalne spinske mreže  $Ba_2MnTeO_6$ . S pomočjo komplementarnih meritev mionske spektroskopije, magnetizacije in specifične toplote so pokazali, da se snov magnetno uredi pri temperaturi  $T_N = 20$  K. Odkrili so, da se močne spinske korelacije vzpostavijo že daleč nad temperaturo magnetnega urejanja, spinska dinamika pa ostane prisotna tudi v magnetno urejeni fazi. Teoretični izračuni, ki so jih avtorji dodatno izvedli, so pokazali, da je za to kriva močna frustracija izmenjalnih interakcij v ravnini in med ravninami. Svoje ugotovitve so predstavili v članku J. Khatua *et al.* *Development of short and long-range magnetic order in the double perovskite based frustrated triangular lattice antiferromagnet  $Ba_2MnTeO_6$* , *Sci. Rep.* **11**, 6959 (2021).

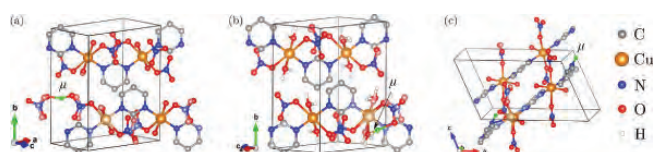
**Andrej Zorko** je s sodelavci iz Indije, ZDA, Francije in Nemčije proučeval magnetno urejanje trikotnega Heisenbergovega antiferomagneta  $\alpha-HCrO_2$  z zelo širokim naborom eksperimentalnih in teoretičnih tehnik. Kljub magnetnemu urejanju pri Néelovi temperaturi  $T_N = 22.5$  K so v magnetno urejeni fazi odkrili široko temperaturno področje z zelo počasnimi spinskimi fluktuacijami. Ker je bilo podobno odnašanje prej že opaženo v strukturno sorodnih spojinah  $NaCrO_2$  in  $\alpha-KCrO_2$ , je takšen nenavaden odziv očitno splošno značilen za trikotne antiferomagnete z zlaganjem ravnin ABC. Rezultati raziskav so bili objavljeni v članku K. Somesh *et al.* *Universal fluctuating regime in triangular chromate antiferromagnets*, *Phys. Rev. B* **104**, 104422 (2021).

**Matej Pregelj, Andrej Zorko in Denis Arčon** so s sodelavci iz Hrvaške in Švice proučevali dielektrični odziv spojine  $\beta-TeVO_4$ . Odkrili so feroelektrični odziv osnovnega vektorsko-kiralnega magnetnega stanja, kjer je velikost električne polarizacije sorazmerna z intenziteto magnetnih uklonskih vrhov pri nevtronskem sipanju. To kaže, da je za sklopitev med električno polarizacijo in magnetnim urejanjem odgovoren inverzni mehanizem Dzyaloshinskii-Moriya. Linearne magnetoelektrične sklopitve sicer niso zaznali, so pa odkrili zelo močno odvisnost električnega koercitivnega polja od zunanjega magnetnega polja, kar odpira možnost kontrole magnetoelektričnega zapisa informacije. Svoje ugotovitve so predstavili v članku M. Dragičević *et al.* *Control of a polar order via magnetic field in a vector-chiral magnet*, *Phys. Rev. B* **104**, L121107 (2021).

**Matjaž Gomilšek** je v sodelovanju s sodelavci iz Velike Britanije in ZDA proučeval izmenični molekularni spinski verigi  $pym-Cu(NO_3)_2(H_2O)_2$  (Cu-PM;  $pym = C_4H_4N_2$ ) in  $[Cu(pym)(H_2O)_4]SiF_6 \cdot H_2O$  (Cu-SiF). Cu-PM je eden redkih sistemov s fazo z energijsko režo, ki jo inducira zunanje magnetno polje in jo dobro opiše Sine-Gordonova (SG) kvantna teorija polja s solitonskimi, antisolitonskimi in vezanimi vzbuditvami. Z meritvami mionske spektroskopije ( $\mu$ SR), podprtimi z izračuni s teorijo gostotnih funkcionalov (DFT), so avtorji v Cu-PM odkrili prehod med SG režimom in magnetnim redom dolgega dosega pod  $T_N = 0.23(1)$  K ter proučili velikosti magnetnih momentov. V kiralnem sistemu Cu-SiF podobnega prehoda ni bilo zaznati. Pri temperaturah nad SG energijsko režo oba sistema preideta v perturbativen režim s frakcionalnimi spinonskimi vzbuditvami. S pomočjo meritev  $\mu$ SR so avtorji pokazali, da je spinski transport v tem režimu balističen v Cu-PM in difuziven v Cu-SiF, kar kaže na ključen vpliv anizotropnih perturbacij na spinski transport v kvantnih spinskih verigah. Delo je bilo objavljeno v članku B. M. Huddart *et al.*

*Magnetic order and ballistic spin transport in a sine-Gordon spin chain*, *Phys. Rev. B* **103**, L060405 (2021).

**Matjaž Gomilšek** je v sodelovanju s sodelavci iz Velike Britanije proučeval nenavadno spinsko dinamiko v sistemih  $Cu_2OSeO_3$  in  $Co_xZn_{1-x}Mn_{20-x-y}$  s topološkimi mrežami skirmionov (SkL) v razsežnih vzorcih. Z meritvami mionske spektroskopije so avtorji odkrili spinsko dinamiko v  $Cu_2OSeO_3$  pri MHz frekvencah, ki najverjetneje izhaja iz SkL-



Slika 1: Nizkoenergijska mionska mesta v Cu-PM, identificirana s pomočjo DFT-izračunov.

vzbuditev. S komplementarnimi izračuni s teorijo gostotnih funkcionalov (DFT) in dipolnih magnetnih polj so avtorji nadalje pokazali, da neodvisno, metastabilno SkL stanje v  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  najverjetneje ni v sredini vzorca, ampak se pojavi na njegovih robovih in površinah. V  $\text{Co}_8\text{Zn}_9\text{Mn}_3$  so avtorji odkrili  $\sim 2$  GHz vzbuditve s frekvenco, ki se niža, ko se približujemo  $T_c$  SkL faze, v širokem razponu magnetnih poljih (upoštevaje rezultate na tankih plasteh to dokaže močan vpliv omejene geometrije na magnetizem v slednjih), medtem ko je bilo v  $\text{Co}_8\text{Zn}_8\text{Mn}_4$  podobno obnašanje opaženo prek mnogo širšega razpona temperatur, kar dokaže prisotnost takšne spinske dinamike tudi izven SkL faze in odpre vprašanje njenega ultimativnega izvora. Delo je bilo objavljeno v članku T. J. Hicken *et al.* *Megahertz dynamics in skyrmion systems probed with muon-spin relaxation*, *Phys. Rev. B* **103**, 024428 (2021).

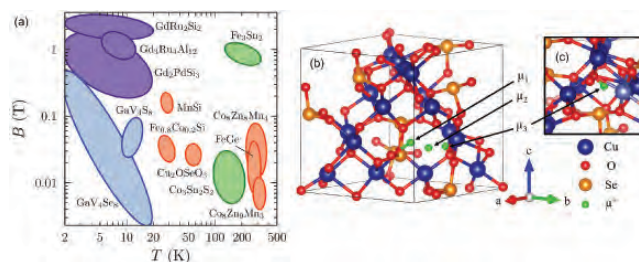
**Matjaž Gomilšek** je v sodelovanju s sodelavci iz Velike Britanije proučeval spinsko dinamiko v materialih MnNiGa in  $\text{Mn}_{1.4}\text{Pt}_{0.9}\text{Pd}_{0.1}\text{Sn}$ , ki gostita eksotične topološke spinske teksture. V tankih lamelah so bili namreč v MnNiGa odkriti biskirmioni (vzbuditve s topološkim nabojem  $N = 2$ , ki se tvorijo kot vezani pari  $N = 1$  Blochovih skirmionov z isto kiralnostjo), v  $\text{Mn}_{1.4}\text{Pt}_{0.9}\text{Pd}_{0.1}\text{Sn}$  pa so bili odkriti antikirmioni ( $N = -1$  vzbuditve z zapletenim ovijanjem spinov po obodu). Z meritvami mionske spektroskopije in magnetizacije so avtorji odkrili dva prehoda s spinsko reorientacijo v odvisnosti od temperature, z dinamiko, ki se zlagoma upočasnjuje, ko se od spodaj približujemo zgornji kritični temperaturi. Pod spodnjim prehodom so odkrili vztrajno spinsko dinamiko prek širokega razpona frekvenc, ki se v MnNiGa pojavi zvezno, v  $\text{Mn}_{1.4}\text{Pt}_{0.9}\text{Pd}_{0.1}\text{Sn}$  pa bolj nenadoma in nehomogeno. Meritve, nepričakovano, niso pokazale jasnih znakov biskirmionov ali antikirmionov v razsežnih vzorcih, kar namiguje bodisi na ključen stabilizacijski vpliv omejen geometrije v tankih lamelah ali pa na bolj eksotično spinsko dinamiko. Delo je bilo objavljeno v članku B. N. Wilson *et al.* *Spin dynamics in bulk MnNiGa and Mn<sub>1.4</sub>Pt<sub>0.9</sub>Pd<sub>0.1</sub>Sn investigated by muon spin relaxation*, *Phys. Rev. B* **104**, 134414 (2021).

**Martin Klanjšek** je v razdelku News & Views revije *Nature Physics* na povabilo urednika objavil samostojen pregledni članek, v katerem je opisal dosedanja prizadevanja pri reševanju uganke osnovnega stanja kvantnega magneta z mrežo kagome. Gre za arhetipski magnet, ki gosti eksotično stanje kvantne spinske tekočine, katerega natančna narava še ni poznana. Predlaganim kandidatom za to stanje je skupna tvorba spinskih singletov, pri čemer pa ni jasno, ali imajo ti singleti energijsko režo ali ne. Tako nedavna teoretična dela kot nedavni eksperimenti so razpeti med obema možnostma. Teorije, ki upoštevajo strukturni nered, pa napovedo tudi možnost soobstoja prostih spinov in spinskih singletov s spremenljivo energijsko režo. Avtor je v članku opisal svoj pogled na nedavno presenetljivo odkritje postopne tvorbe spinskih singletov v dveh kvantnih magnetih z mrežo kagome, ki je skladen s teorijami, temelječimi na strukturnem neredu. Članek je bil objavljen v M. Klanjšek *Singlets singled out*, *Nature Physics* **17**, 1081 (2021).

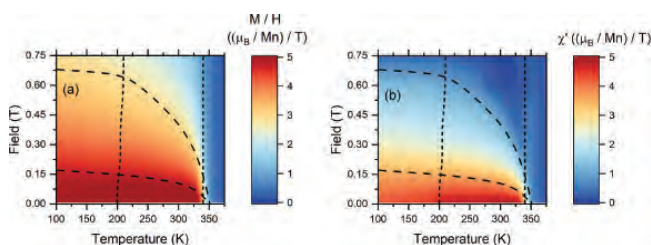
## 2. Visokoentropijske zlitine

Raziskovalna skupina Laboratorija za električne, magnetne in termične meritve (Darja Gačnik, Andreja Jelen, Magdalena Wencka, Jože Luzar, Primož Koželj, Mitja Krnel, Stanislav Vrtnik in Janez Dolinšek) je v letu 2021 raziskovala električne, magnetne in termične lastnosti visokoentropijskih zlitin (kristalnih trdnih raztopin iz petih ali več večinskih kemijskih elementov v ekvimolarnih koncentracijah).

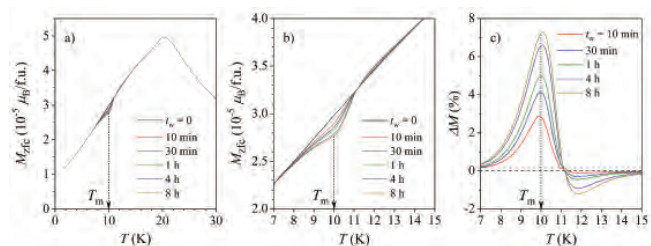
**P. Koželj, S. Vrtnik, M. Krnel, A. Jelen, D. Gačnik, M. Wencka in J. Dolinšek** so skupaj s sodelavci v članku *Spin-glass magnetism of the non-equiatomic CoCrFeMnNi high-entropy alloy*, *J. Magn. Magn. Mater.* **523**, 167579 (2021) raziskali magnetizem visokoentropijske spojine CoCrFeMnNi z naključnim mešanjem elementov na kubični kristalni mreži. Ugotovili smo, da kaže zlitina frustriran magnetizem tipa spinskega stekla. Opazili smo spominski efekt, kjer si spojina zapomni hladilno zgodovino v neergodični fazi. Ko se pri zveznem ohlajanju hlajenje prekine za nekaj časa in se potem spinski sistem izotermno stara pri konstantni temperaturi, nato pa se hlajenje nadaljuje, se pri segrevanju pokaže luknja v magnetizaciji pri temperaturi staranja, globina luknje pa je določena z dolžino staralnega časa. Spinski sistem si zapomni tudi več zaporednih zaustavitev pri vedno nižjih temperaturah med hlajenjem. Opaženi pojav termičnega spomina omogoča uporabo tega materiala kot termično spominsko celico za shranjevanje



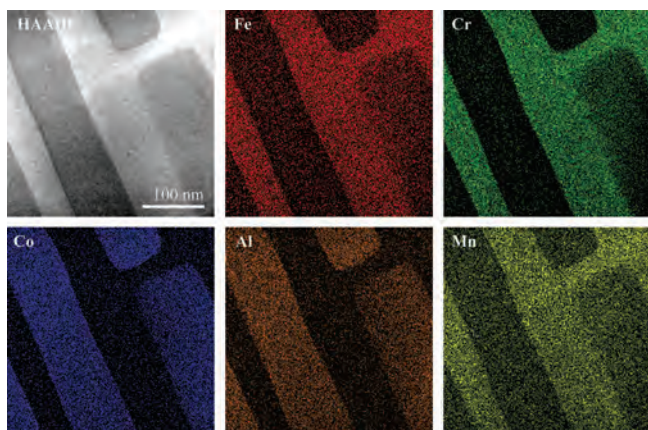
Slika 2: (a) Fazni diagram materialov s skirmioni v razsežnih vzorcih. (b,c) Mionska mesta v  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  identificirana z DFT-izračuni.



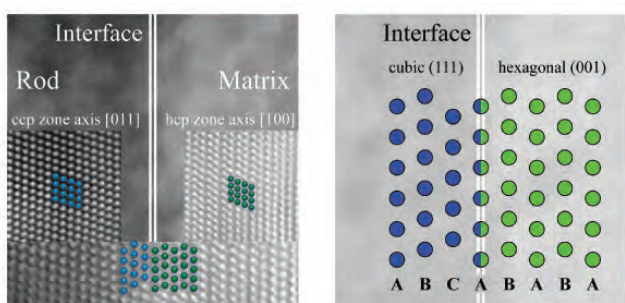
Slika 3: Fazni diagram razsežnih vzorcev MnNiGa iz (levo) DC magnetizacije in (desno) realnega dela AC susceptibilnosti.



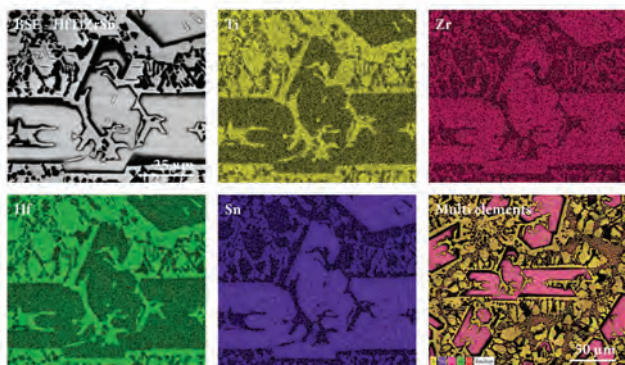
Slika 4: (a) Magnetizacijske krivulje  $M_{zfc}$  za različne zaustavitvene čase  $t_w = 10$  min, 30 min, 1 h, 4 h in 8 h pri staralni temperaturi  $T_m = 10$  K. (b) Povečano območje krivulj  $M_{zfc}$  v bližini  $T_m$ . (c) Normalizirana razlika med referenčno nestarano krivuljo  $M_{zfc}(t_w = 0)$  in staranimi krivuljami  $\Delta M = [M_{zfc}(t_w) - M_{zfc}(t_w = 0)] / M_{zfc}(t_w = 0)$ .



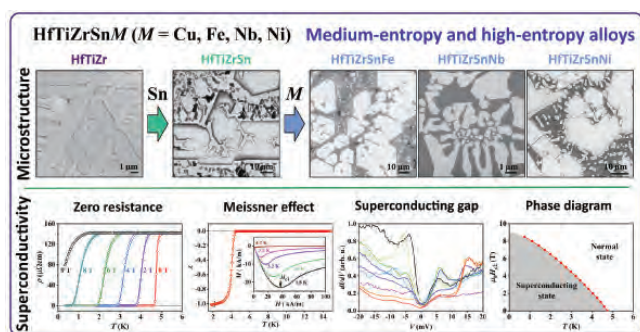
Slika 5: HAADF STEM mikrograf (levi zgornji panel) in EDS zemljevidi spinodalne dekompozicije v visokoentropijski zlitini FeCoCrMnAl.



Slika 6: HAADF-slika mejnega območja med hcp matriko in ccp precipitatu visokoentropijske zlitine Y-Gd-Tb-Dy-Ho v direktnem prostoru (levi panel), ki prikazuje, kako sta fazi hcp in ccp prostorsko povezani. Desni panel kaže shematsko ureditev atomov v bližini meje med fazama kot posledico polimorfizma.



Slika 7: SEM BSE-slika mikrostrukture visokoentropijske zlitine HfTiZrSnM (levi zgornji panel) in EDS-zemljevidi elementov.



digitalnih informacij, ki so v visokoentropijsko zlitino zapisane izključno s spreminjanjem temperature, brez prisotnosti električnega, magnetnega ali elektromagnetnega polja. Na sliki 4 je prikazana časovno odvisna magnetizacija med segrevanjem, ki kaže luknjo pri temperaturi 10 K, kjer je bilo hlajenje med ohlajanjem prekinjeno za različne čase od 10 minut do 8 ur.

V članku *Collective magnetism of a single-crystalline nanocomposite FeCoCrMnAl high-entropy alloy* (A. Jelen, P. Koželj, D. Gačnik, S. Vrtnik, M. Krnel, G. Dražič, M. Wencka, Z. Jagličič, M. Feuerbacher, J. Dolinšek, *J. Alloys Compd.* 864, 158115 (2021)) je skupina raziskala kolektivni magnetizem visokoentropijske spojine FeCoCrMnAl, kjer se prek spinodalne dekompozicije ustvari nanokompozitna mikrostruktura iz bcc matrike in B2 (delno urejene bcc) nanoploščic, kjer ima vsaka faza različno kemijsko kompozicijo. Obe fazi vsebujeta magnetne  $3d$  prehodne elemente Fe, Co, Cr in Mn, kjer se poskušata Fe in Co urejati feromagnetno, Cr in Mn pa antiferomagnetno. Rezultat mešanja elementov je frustriran magnetizem, podoben spinskemu steklu. EDS zemljevidi elementov, ki kažejo spinodalno dekompozicijo materiala FeCoCrMnAl, so prikazani na sliki 5.

V članku *Nanostructure and local polymorphism in ideal-like rare-earth-based high-entropy alloys* (A. Jelen, J. H. Jang, J. Oh, H. J. Kim, A. Meden, S. Vrtnik, M. Feuerbacher, J. Dolinšek, *Mater. Charact.* 172, 110837 (2021)) smo poročali o polimorfizmu v visokoentropijskih zlitinah iz redkih zemelj, ki so do zdaj veljale za prototip idealne enofazne visokoentropijske spojine s povsem naključnim mešanjem elementov na heksagonalni gosto pakirani (hcp) mreži. Pokazali smo, da kljub ničelnim parskim entalpijam mešanja vseh elementnih parov (kar favorizira naključno mešanje elementov v trdni raztopini) majhne razlike v atomskih radijih povzročijo lokalni polimorfizem, kjer ima večinska matrika hcp strukturo, eliptični precipitatu dolžine nekaj 100 nm pa kubično gosto pakirano strukturo (ccp) pri enaki kemijski zgradbi. Slika 6 prikazuje hcp-ccp polimorfizem v visokoentropijski zlitini Y-Gd-Tb-Dy-Ho.

V članku *Structure and Superconductivity of Tin-Containing HfTiZrSnM (M = Cu, Fe, Nb, Ni) Medium-Entropy and High-Entropy Alloys* (D. Gačnik, A. Jelen, M. Krnel, S. Vrtnik, J. Luzar, P. Koželj, M. van Midden, E. Zupanič, M. Wencka, A. Meden, Q. Hu, S. Guo, J. Dolinšek, *Materials* 14, 3953 (2021)) smo raziskali strukture, mikrostrukture, kemijske kompozicije in superprevodnost v visokoentropijskem sistemu HfTiZrSnM ( $M = \text{Cu, Fe, Nb, Ni}$ ), ki vsebuje kositer (do zdaj še neuporabljen element pri visokoentropijskih zlitinah). Materiali kažejo zapletene večfazne mikrostrukture. Mikrostruktura in EDS-zemljevidi elementov zlitine HfTiZrSn so prikazani na sliki 7.

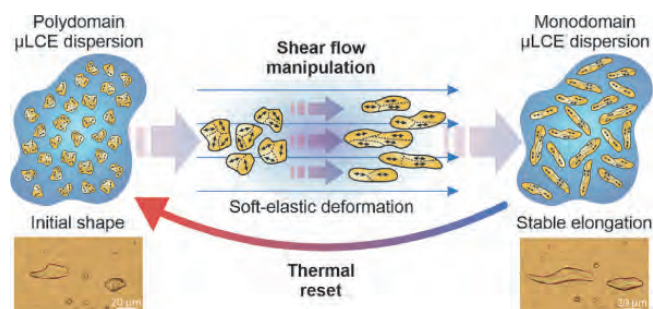
Superprevodnost je bila najdena v vseh zlitinah preiskovane družine HfTiZrSnM ( $M = \text{Cu, Fe, Nb, Ni}$ ), razen tiste z vsebnostjo železa (Fe). Na sliki 8 so prikazani grafi mikrostruktur, električne upornosti pri superprevodnem prehodu, Meissnerjevega efekta, superprevodne vrzeli v gostoti elektronskih stanj pri Fermijevi energiji in zgornjega kritičnega polja v odvisnosti od temperature.

Slika 8: Grafi mikrostruktur, električne upornosti pri superprevodnem prehodu, Meissnerjevega efekta, superprevodne vrzeli v gostoti elektronskih stanj pri Fermijevi energiji in zgornjega kritičnega polja za nekatere visokoentropijske zlitine v sistemu HfTiZrSnM ( $M = \text{Cu, Fe, Nb, Ni}$ )

### 3. Funkcionalni materiali

#### 3.1 Oblikovni spomin v polimerno dispergiranih mikrodcelih tekočkristalnih elastomerov

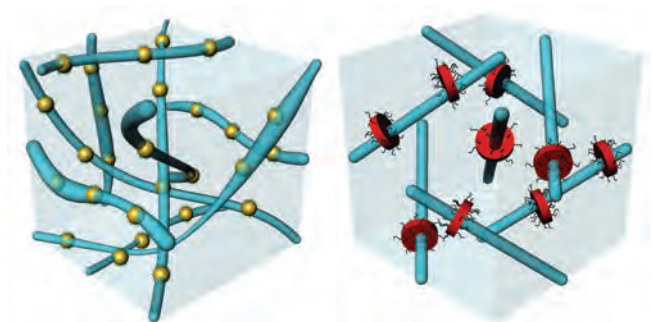
Saide Umerova, Matej Bobnar, Nikita Derets, Boštjan Zalar in Andraž Rešetič v sodelovanju z Danjelo Kuščer (K5) so z uporabo strižnega toka uspeli kontrolirati oblikovni spomin polimerno dispergiranih mikrodcelov tekočkristalnega elastomera ( $\mu$ TKE). Narava mehke elastičnosti polidomenskih  $\mu$ TKE omogoča, da je bila uporaba strižnih sil kot konjugiranega zunanega polja uspešna pri induciranju deformacije in mezomorfne urejanja  $\mu$ TKE delcev, suspendiranih v polidimetilsiloksanu (PDMS), zaradi česar so postali monodomenski. Pri ohlajanju iz izotropne faze proti sobni temperaturi ob prisotnosti dovolj velikih strižnih sil je bilo potrjeno, da so  $\mu$ TKE privzeli podolgovato in časovno stabilno geometrijo. Takšno obnašanje je nekaj podobnega oblikovnemu spominu. Podolgovati delci so se uredili v smeri toka. Če se je ureditev delcev izgubila, npr. zaradi mešanja, jo je bilo mogoče ponovno vzpostaviti z zmernim strižnim tokom brez termičnega cikliranja. Po potrebi je mogoče oblikovni spomin  $\mu$ TKE izbrisati s segrevanjem materiala v izotropno fazo in nato tudi reprogramirati. Ta pojav bi bil lahko neprecenljiv pri aditivni proizvodnji elastičnih izdelkov s predprogramiranim termomehanskim odzivom. Raziskava je bila objavljena v članku S. Umerova, *et al. Shear flow-controlled shape memory of polymer resin dispersed liquid crystal elastomer microparticles*, *Materials & Design* 207, 109836 (2021).



Slika 9: Shematski prikaz deformiranja s strižnim tokom in temperaturnega resetiranja oblike  $\mu$ TKE delcev, dispergiranih v PDMS. Relaksacijo oblike  $\mu$ TKE delcev je bilo mogoče direktno opazovati s polarizirano mikroskopijo.

#### 3.2 Topološki ter kalorični pojavi v multiferoičnih in mehkih snoveh

Nadaljevali smo študijo feroelektričnih lastnosti, elektromehanskega pojava, shranjevanja energije in elektrokaličnega pojava v novih multiferoičnih materialih brez svinca ter mehkih snovi in pokazali, da ti materiali lahko služijo za nove tehnologije superkondenzatorjev in toplotnih strojev. Raziskali smo učinek Halperin-Lubensky-Ma na nematsko urejanje v tekočih kristalih in asimetrični prenos lipidov med lipidnimi vesikli. Pokazali smo tudi, kako se različne vrste nanodelcev urejajo v defektnih rešetkah kiralnih tekočkristalnih faz. B. Rožič je bila tudi strokovno aktivna pri popularizaciji znanosti (B. Rožič *Ženske, ki spreminjajo obraz znanosti*, Slovenska nacionalna komisija za UNESCO 2021, str. 50–51). Dela so bila predstavljena v 18 znanstvenih člankih, objavljenih v mednarodnih znanstvenih revijah, dveh poglavjih in treh vabljenih predavanjih na mednarodnih znanstvenih konferencah. Dela na multiferoičnih, multikaloričnih in mehkih snoveh so leta 2021 zbrala več kot 600 čistih citatov.



Slika 10: Urejanje sferičnih nanodelcev v disklinacijskih linijah modre faze III (leva slika) in anizotropnih nanodelcev v modri fazi I (desna slika).

#### 3.3 Funkcionalne nanostrukture

##### TiO<sub>2</sub> nanostrukture, dopirane z Eu<sup>3+</sup> in Nd<sup>3+</sup> ioni, kot optični nanotermometri

V letu 2021 smo nadaljevali raziskave TiO<sub>2</sub> nanodelcev, dopiranih z lantanoidnimi ioni (Eu<sup>3+</sup> in Nd<sup>3+</sup>), za merjenje temperature na nanoskali. Nanostrukture, dopirane z lantanidnimi ioni, so primerne za uporabo v bioloških aplikacijah, saj delujejo v temperaturnem območju med 15 °C in 50 °C, ki sovpada s fiziološkim temperaturnim območjem. TiO<sub>2</sub> smo izbrali kot podlago zaradi njegove nizke toksičnosti in biokompatibilnosti. Nanodelce TiO<sub>2</sub>, dopirane z Eu<sup>3+</sup> in Nd<sup>3+</sup> ioni, smo pripravili po metodi sol gel, s tehnikami XRD, SEM, TEM, XPS in NEXAFS pa smo določili njihove fizikalno-kemijske značilnosti. Z meritvijo spremembe v intenziteti luminiscence nanodelcev v celici smo dobili informacijo o temperaturi celice z občutljivostjo 0,5 K pri 1 % sprememb intenzitete med segrevanjem. Rezultati so bili objavljeni v revijah P. Umek *et al.*, *Nano select* 2, 1208 (2021) in P. Umek *et al.*, *Sensors* 21 5306 (2021).

##### Razvoj novih polimernih nanokompozitov z izjemno povečanim dipolarnim odzivom

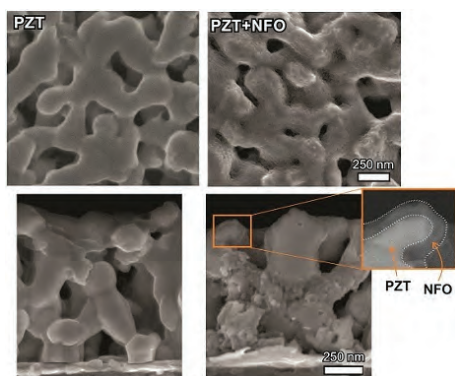
Dielektrični polimeri so zaradi preproste izdelave, fleksibilnosti, majhnih dielektričnih izgub in visoke električne prebojnosti vse bolj razširjeni v sodobnih električnih sistemih. Vendar je za številne aplikacije njihova dielektrična konstanta prenizka. V sodelovanju z raziskovalci z univerze The Pennsylvania State smo razvili novo skupino dielektričnih polimernih nanokompozitov, kjer so v polieterimidu (PEI) razpršeni različni nanodelci (0-D vključki)

ali  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nanopalčke oz.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanožice (1-D vključki). Pokazali smo, da 1-D vključki pri zelo majhnih koncentracijah izjemno povečajo dipolarni odziv PEI. Medtem ko nanodelci na mejah med fazama ustvarijo sferično lupinsko nanotopologijo, so cilindrične medfazne lupine, ustvarjene z enodimenzionalnimi polnili, veliko bolj učinkovite pri povečanju dipolarnega odziva v smislu razširitve velikega dielektričnega odziva medfazne regije in zmanjšanja vpliva polimernih regij z nizko dielektrično konstanto. Posledično PEI nanokompoziti z 0,75 vol.% nanopalčk izkazujejo več kot desetkrat povečan dipolarni odziv, hkrati pa ohranjajo majhne dielektrične izgube. Ti rezultati utirajo pot za razvoj visokozmogljivih dielektričnih polimerov za aplikacije v širokem temperaturnem območju.

Delo je bilo objavljeno v članku X. Chen, T. Yang, Q. Zhang, L. Q. Chen, V. Bobnar, C. Rahn, Q. M. Zhang *Topological structure enhanced nanostructure of high temperature polymer exhibiting more than ten times enhancement of dipolar response*, *Nano Energy* 88, 106226 (2021).

### Razvoj okolju prijaznih tankoplastnih kompozitov iz celuloze in grafenovega oksida za fleksibilne naprave za shranjevanje energije

Izdelali smo nanokompozitne plasti iz grafenovega oksida (GO) in TEMPO-oksidiranih celuloznih nanovlakn (TCNF), ki so bili nato izpostavljeni UV-obsevanju v dušikovi atmosferi z namenom redukcije GO. Redukcijo GO in interakcijo s TCNF smo potrdili z ATR-FTIR, FESEM, UV-Vis, Ramansko in XRD spektroskopijo. Razvite plasti s povečanim mehanskim modulom so stabilne do 160 °C, zaradi Maxwell-Wagnerjeve polarizacije na mejah med fazama pa se dielektrična konstanta močno poveča že pri nizki vsebnosti GO. Tako so ti okolju prijazni, mehansko močni, prožni in termično stabilni materiali primerna alternativa za izdelavo fleksibilnih naprav za shranjevanje energije. Poleg tega se okolju neškodljiva metoda redukcije GO z UV obsevanjem ponuja kot alternativa za škodljive kemične procese, ki jo je mogoče uporabiti tudi v primeru drugih nanokompozitnih biomaterialov. Delo je bilo objavljeno v Y. B. Pottathara, V. Bobnar, Y. Grohens, S. Thomas, R. Kargl, V. Kokol *High dielectric thin films based on UV-reduced graphene oxide and TEMPO-oxidized cellulose nanofibres*, *Cellulose* 28, 3069 (2021).



Slika 11: Strukture poroznih  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  tankih plasti, ki izkazujejo izjemno velik piezoelektrični odziv, in  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3\text{-NiFe}_2\text{O}_4$  tankoplastnih kompozitov z veliko stično površino med magnetostriktivno in piezoelektrično komponento. Posneto z vrstičnim elektronskim mikroskopom (zgoraj površina, spodaj prerez).

### Nanostrukturirani multiferoični $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3\text{-NiFe}_2\text{O}_4$ tankoplastni kompoziti

Z vnašanjem feromagnetnega  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  v porozne feroelektrične  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  tanke plasti smo izdelali nove multiferoične tankoplastne kompozite. Čeprav so bile večplastne strukture spinelnih feritov in  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  že izdelane oz. so bili s sol-gel ali RF brizgalnimi tehnikami pripravljene njihovi kompoziti, morfologija našega sistema zagotavlja izjemno veliko stično površino med magnetostriktivno in piezoelektrično komponento. Podrobne strukturne preiskave so potrdile čisti dvofazni sistem, med sintezo torej ni prišlo do kemijskih reakcij med obema komponentama. Multiferoičnost kompozitov potrjujejo detektirani tako feroelektrična kot feromagnetna histerezna zanka. Odvisnost dielektrične konstante od vrednosti zunanega magnetnega polja, ne le pri nizkih frekvencah, temveč tudi nad značilnimi Maxwell-Wagnerjevimi frekvencami, pa dokazuje neposredno napetostno sklopitev med magnetostriktivnimi  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  in piezoelektričnimi  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  zrni ter posledično nakazuje na potencialno uporabnost razvitega materiala v magnetokapacitivnih aplikacijah. Delo je bilo objavljeno v A. Matavž, P. Koželj, M. Winkler, K. Geirhos, P. Lunkenheimer, V. Bobnar *Nanostructured multiferroic  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3\text{-NiFe}_2\text{O}_4$  thin-film composites*, *Thin Solid Films* 732, 138740 (2021).

### 3.4 Funkcionalni kvantni materiali

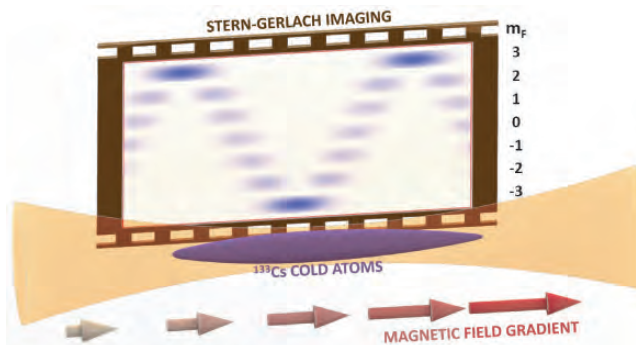
Denis Arčon je s sodelavci iz Francije, Nemčije in Grčije nadaljeval raziskave fullerenskih radikalov  $\text{C}_{59}\text{N}$ , ujetih v cikloparafenilenskih (CPP) obročih. V članku Y. Tanama *et al.* *Robust coherent spin centers from stable azafullerene radicals entrapped in cycloparaphenylene rings*, *Nanoscale* 13, 19946-19955 (2021) so raziskali mehanizem tvorbe stabilnih radikalov v trdnem stanju. Z metodo elektronske paramagnetne resonance so pokazali, da gre tvorba izredno dolgoživih  $\text{C}_{59}\text{N}$  radikalov v dveh stopnjah in da se monomerni radikali tvorijo šele pri temperaturah nad 150 °C. Najpomembnejši del te študije pa se je nanašal na potencialno uporabo  $\text{C}_{59}\text{N}$  radikalov kot kubitov. Z metodo pulzne elektronske paramagnetne resonance so avtorji namreč pokazali, da so koherentni časi takih centrov izredno dolgi in da omogočajo npr. opazovanje Rabijevih oscilacij. V članku so avtorji tudi nakazali možne smeri razvoja tovrstnih materialov, kjer bi lahko ustvarili kompleksne mreže med seboj povezanih fullerenskih kubitov.

Denis Arčon je s kolegi z Univerze Tohoku na Japonskem nadaljeval raziskave sistema  $\text{BaMn}_2\text{Pn}_2$  (kjer je Pn = pniktidni element). Ti sistemi tvorijo enake strukture kot znani superprevodniki  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$  in so zato zanimivi tudi iz stališča razumevanja superprevodnosti. V dveh objavah T. Ogasawara *et al.* *Phys. Rev. B* 103, 125108 (2021) ter N. Janša *et al.*, *Phys. Rev. B* 103, 064422 (2021) so poročali o odkritju izredno kompleksne temperaturno odvisne velikanske magnetoupornosti. S kombinacijo različnih eksperimentalnih tehnik so pokazali, da je za pojav velikanske magnetoupornosti ključna večorbitalna elektronska struktura. Za magnetno urejanje so pomembne

štiri Mn 3d orbitale, medtem ko je za transportne lastnosti odgovorna peta Mn 3d orbitala. Izkazuje se, da se vrzeli v tej zadnji orbitali lokalizirajo pod temperaturo 50 K, takrat tvorijo red kratkega dosega in so ključne za pojav magnetoupornosti.

#### 4. Hladni atomi

Katja Gosar, Tina Arh, Tadej Mežnaršič, Ivan Kvasić, Dušan Ponikvar, Tomaž Apih, Erik Zupanič in Peter Jeglič so razvili novo metodo za detekcijo gradienta magnetnega polja s pomočjo podolgovatega oblaka cezijevih atomov, ohlajenih v bližino absolutne ničle. Ker je frekvenca precesije atomskih spinov odvisna od velikosti magnetnega polja, se lahko slika populacij spinskih stanj uporabi kot meritev spremembe velikosti magnetnega polja vzdolž oblaka. Gradient določimo s pomočjo ene same slike, kar je prednost pred drugimi standardnimi metodami, ki zahtevajo serijo slik. Metoda je bila objavljena v članku K. Gosar *et al. Single-shot Stern-Gerlach magnetic gradiometer with an expanding cloud of cold cesium atoms*, *Phys. Rev. A* 103, 022611 (2021).



Slika 12: Shema magnetnega gradiometra, ki prikazuje Stern-Gerlachovo sliko oblaka cezijevih atomov, ki se širi vzdolž laserskega žarka.

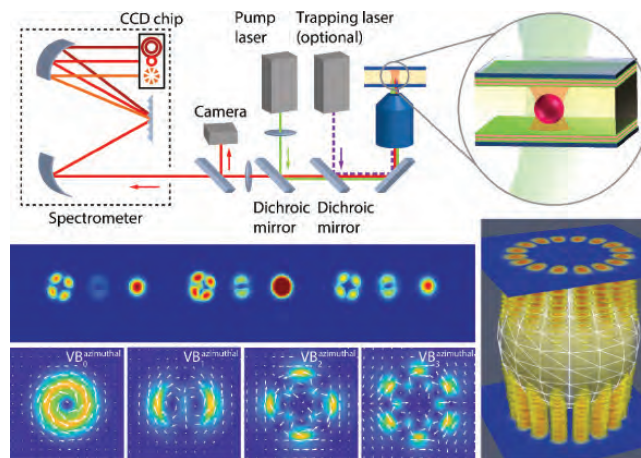
### II. Programska skupina Fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur

Študije raziskovalnega programa Fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur se na eni strani osredotočajo na nove kompleksne mehke materiale, vključno z aktivnimi in biološko relevantnimi sistemi, na drugi strani pa na površine in nanostrukture s specifičnimi funkcionalnimi lastnostmi. Cilj programa je razumeti strukturne, topološke in dinamične lastnosti teh sistemov, njihove interakcije in delovanje na molekularni ravni, njihove mehanizme samosestavljanja in njihovo biološko relevantnost. Za zagotavljanje celovitega pristopa k tem izzivom program združuje eksperimentalne in teoretične raziskave, podprte z modeliranjem in simulacijami. Poseben poudarek je namenjen tudi možnim elektrooptičnim, fotonim in biomedicinskim aplikacijam.

#### Laserji za generacijo strukturirane svetlobe, narejeni iz tekočerkristalnih superstruktur

Tekoči kristali tvorijo izjemno bogat nabor topoloških struktur, ki imajo naravno ali umetno tvorjene topološke defekte. Tekoče kristale so sicer že do zdaj uporabljali znotraj laserskih resonatorjev, vendar so bile za ta namen v uporabi le relativno preproste tekočerkristalne strukture. V naši študiji smo eksperimentalno in teoretično pokazali, kako je svetloba sklopljena s kompleksnimi tekočerkristalnimi strukturami znotraj laserskega resonatorja. To omogoča generiranje netrivialne oblike intenzitete in polarizacije izhajajočega strukturiranega laserskega žarka. Predlagan laser, narejen iz mehke snovi, odpira novo raziskovalno smer na področju mehke fotonike. Raziskave so potekale v sodelovanju s Fakulteto za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in so bile objavljene v reviji *National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS 2021, doi: 10.1073/pnas.2110839118)*.

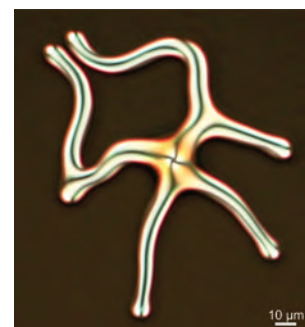
**Odkrili smo sevanje strukturirane laserske svetlobe iz tekočerkristalnih mikrolaserjev, ki jo je mogoče uravnati s strukturo mikrolaserja in zunanjimi vplivi. Odkrili smo reverzibilno samospreminjanje kapljic tekočega kristala v vlakna in druge bolj zapletene oblike. Pokazali smo, da topološki defekti v tekočem kristalu lahko povzročajo prostorsko separacijo nabojev v tekočem kristalu in da celo sferični delci lahko med seboj delujejo z anizotropno električno silo.**



Slika 13: Optična postavitve, uporabljena v eksperimentih (zgoraj), in nekaj primerov eksperimentalno generiranih in simuliranih vektorskih laserskih snopov (spodaj).

#### Samooblikovane tekočerkristalne emulzije

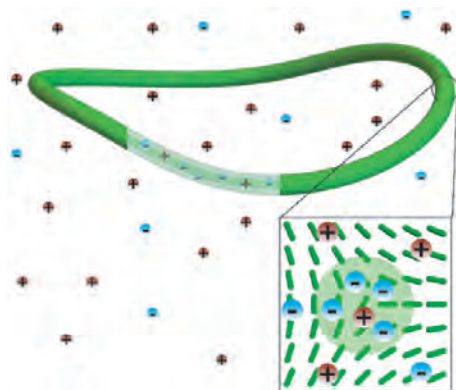
Predstavili smo splošen koncept preoblikovanja tekočerkristalnih (TK) kapljic, suspendiranih v vodnih raztopinah površinskih aktivnih snovi (surfaktantov). Uporabili smo anionski surfaktant v TK kapljicah in kationski surfaktant v vodnem okolju, pri čemer smo z nižanjem temperature in kontrolo površinske napetosti dosegli kontrolirano reverzibilno rast tekočerkristalnih mikrovlaken iz posameznih kapljic. Domnevamo, da je pojav samooblikovnja posledica migracije surfaktanta na mejno plast TK in vode ter tvorbe temperaturno občutljive aktivne plasti. Rast mikrovlaken torej povzroča efektivno negativna površinska napetost. Pri prehodu v smektično A fazo se vlakna preoblikujejo v monodisperzne kapljice, katerih velikost določa hitrost ohlajanja. Uporaba pojava v smektični C fazi pa odpira možnost tvorbe vijaknih vlaken, medtem ko v smektični A fazi pričakujemo lupinaste strukture, analogne biomembranam v živih sistemih. Razvili smo tudi teoretični model, ki napove reverzibilno



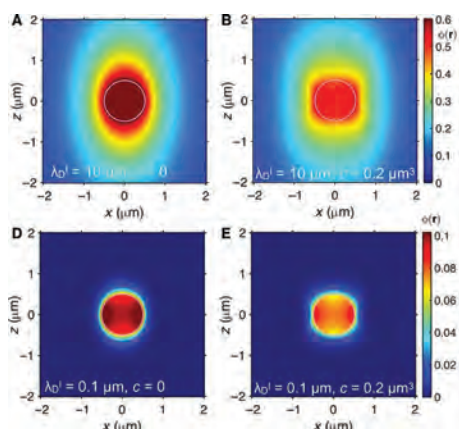
Slika 14: Nematska kapljica se preoblikuje v mikrovlakna.



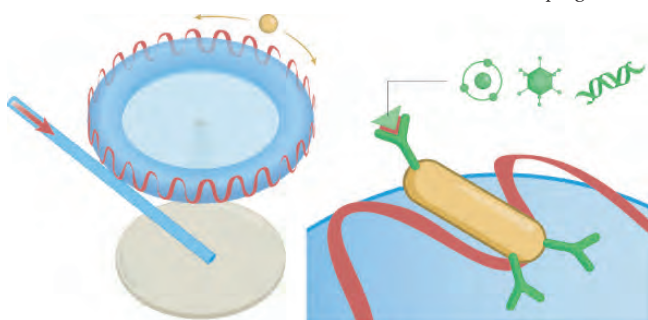
spremembo TK-kapljic v monodisperzna mikrovlakna. Raziskava, ki je potekala v sodelovanju z raziskovalci v Gottingenu, San Diegu, Tokiu in Luxembourgju, je bila objavljena v *PNAS* 2021, DOI: 10.1073/pnas.2011174118.



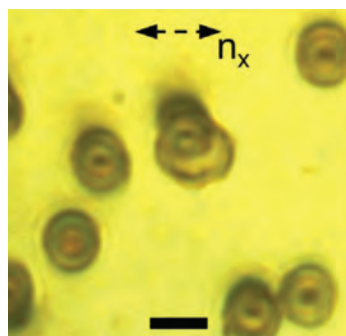
Slika 15: Ionsko nabiti topološki defekti v nematskih tekočinah



Slika 16: Anizotropno elektrostatsko senčenje nabitih koloidov v nematskih tekočinah



Slika 17: Princip delovanja optičnega mikroresonatorja in senzorike na podlagi vezave različnih molekul.



### Podvojitveno-frekvenčno vodene nematske mikrostrukture, ograjene v porozne polimerne membrane

V članku poročamo o ureditvi in elektro-optičnem odzivu v podvojitveno-frekvenčnem tekočem kristalu (PFTK), ograjenem v porozne polimerne membrane (PPM). Značilnost PFTK je pozitivna/negativna dielektrična anizotropija v nizko-/visokofrekvenčnem električnem polju. S slednjimi polji smo v PPM-PFTK kompozitih spreminjali nematično strukturo. Pokazali smo, da nizko-/visokofrekvenčno področje zadušijo/ ojača infrardečo komponento elektromagnetnega valovanja, ki potuje skozi kompozitne sisteme. Predstavili smo tudi možnosti uporabe v fotonih aplikacijah. Študija je potekala v sodelovanju z raziskovalci iz Moskve (*Applied physics letters* 2021, doi: 10.1063/5.0069056).

Slika 18: Mikroskopska slika nematika v porozni polimerni membrani

### Ionsko nabiti topološki defekti v nematskih tekočinah

Zmožnost prostorskega nadzora električnega naboja je pomembna na področjih od nabitih polimerov, bioloških in aktivnih snovi pa do koloidnih materialov, kompleksnih tekočin in mikroelektronike. Avtorja sta s teoretijsko-simulacijskimi pristopi pokazala, da lahko topološki defekti v nematskih elektrolitih delujejo kot območja za lokalno ločevanje električnega naboja, pri čemer se tvorijo električno nabita defektna jedra in v izbranih geometrijah tudi t. i. električni večsloji, kar je posplošitev električnih dvojnih slojev v izotropnih elektrolitih. Posebej sta pokazala, da se ioni zelo učinkovito sklapljajo z defektnimi jedri prek ionske topnosti, z okoljskim orientacijskim ureditvenim poljem pa prek mehanizma fleksoelektričnosti. Dosežek prispeva k razumevanju elektrostatskih mehanizmov v topološki mehki snovi, hkrati pa je tudi prvi korak k razumevanju podobnih pojavov v bioloških sistemih, ki imajo precej bolj zapleteno strukturo in sestavo. Raziskava, ki je potekala v sodelovanju s Fakulteto za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani (*Physical Review X* 2021, DOI:10.1103/PhysRevX.11.011054), je bila prepoznana kot eden od najvidnejših raziskovalnih dosežkov preteklega leta Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v okviru programa Odlični v znanosti 2021.

### Anizotropno elektrostatsko senčenje nabitih koloidov v nematskih tekočinah

Fizikalno obnašanje anizotropnih nabitih koloidov v kompleksnih tekočinah je določeno z njihovo materialno dielektrično anizotropijo. Skupaj z eksperimentalno skupino z Univerze v Boulderju in raziskovalci z UL FMF je uspelo pokazati anizotropno elektrostatsko senčenje nabitih koloidnih delcev v nematskem elektrolitu. Elektrostatski potencial in parske interakcije upadajo z anizotropno Debyejevo dolžino senčenja, drugače kot v izotropnih elektrolitih, kjer je senčitvena dolžina konstantna. Koloidni delci kompleksne oblike v nematskem mediju se uporabljajo kot eksperimentalni modelski sistem in pokažejo kompetitivnost anizotropnih elastičnih in elektrostatskih parskih interakcij za različne koloidne površinske naboje, od nevtralnih do visokih, kar nadalje vodi do metastabilnih delčnih stanj. Delo prispeva k razumevanju elektrostatskega senčenja v nematskih anizotropnih medijih.

### Whispering gallery mode senzori za biološke in fizikalne meritve

V preglednem članku, objavljenem v reviji *Nature Reviews Methods Primers* v sodelovanju z raziskovalci univerz v Exeterju, Michiganu in Okinavi, predstavljamo resonatorje whispering gallery mode v različnih geometrijah, na primer v mikro sferah, mikro toroidih, mikro kapilarah in mikro obročih. Resonatorje whispering gallery mode si lahko predstavljamo kot majhne interferometre, ki s pomočjo večkratnega prehoda svetlobe skozi njih omogočajo zelo natančne meritve na mikro in nanoskali, vključno z zaznavanjem posameznih molekul in ionov. V članku pišemo o različnih senzoričnih mehanizmih, kot sta na primer razcepitev in premik optičnih načinov. Pregled uporabe senzorjev in eksperimentalnih rezultatov zajema in vivo senzoriko, zaznavanje posameznih molekul, žiroskopi in kvantno elektrodinamiko v mikroresonatorjih (*Nature Rev. Methods Primers* 2021, doi: 10.1038/s43586-021-00079-2).

### Predhodni pojavi faznega prehoda med tekočo in plastično kristalno fazo

V članku predstavljamo predhodne pojave faznega prehoda med izotropno in plastično kristalno fazo, opaženo v linearnem in nelinearnem dielektričnem odzivu. Meritve smo izvedli v izjemno širokem temperaturnem intervalu:  $120\text{ K} < T < 345\text{ K}$ . Zaznani predhodni pojavi do zdaj še niso bili eksperimentalno opaženi. V delu primerjamo izmerjene predhodne pojave z analognimi odzivi v klasičnem tekočem kristalu 8OCB, kjer z nižanjem temperature dosežemo zaporedje faznih prehodov v orientacijsko in translacijsko urejeno fazo. V 8OCB smo med drugim kot prvi zaznali temperaturno vodeni prehod med režimoma kvalitativno različnih fluktuacij. Razvili smo minimalni mezoskopski model opisa ključnih faznih prehodov v plastičnih kristalih. Raziskava je potekala v sodelovanju z raziskovalci iz Varšave (*Molecules* 2021, DOI: 10.3390/molecules26020429).

### Sortirajoči topološki defekti v nematičnem tekočem kristalu

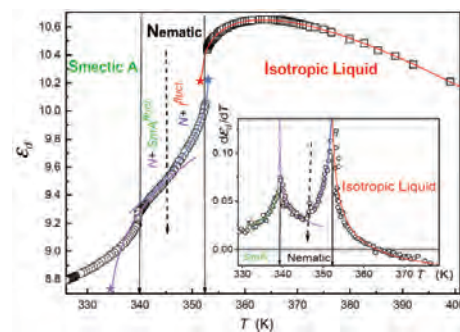
Proučevali smo dinamično obnašanje para  $m = \frac{1}{2}$  nematičnih dislokacij, ki smo jih nukleirali s površinsko vsiljeno  $m = 1$  defektno strukturo. V eksperimentalni raziskavi smo določili kvalitativno različne dinamične režime disklinacij v tekočem kristalu z negativno električno anizotropijo pri spreminjanju amplitude in frekvence zunanega električnega polja. Disklinacije so bodisi rotirale ali pa oscilirale glede na referenčno konfiguracijo. Določili smo fazni prostor dinamičnega obnašanja v odvisnosti od amplitude in frekvence. Ta diagram nakazuje, da pojav generirajo hidrodinamske nestabilnosti, sklopljene z Lehmanovim pojavom. Študija je potekala v sodelovanju z raziskovalci iz Clevelanda. (*Soft Matter* 2021, DOI: 10.1039/D1SM01124C)

### Minimalni disipacijski toerem za mikroplavalce

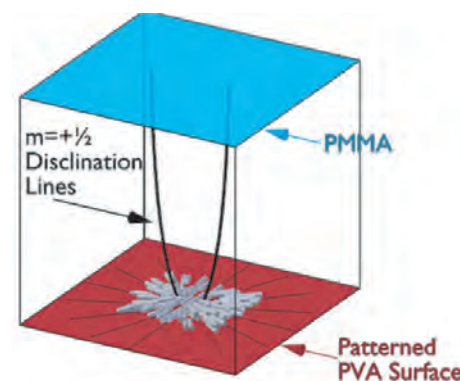
Biolški ali umetni mikroplavalci se premikajo skozi tekočino pri nizkem Reynoldsovem številu tako, da periodično spreminjajo svojo obliko ali pa proizvedejo efektivno drsno hitrost na svoji površini. V tem članku smo izpeljali teorem minimalne disipacije za mikroplavalce. Ta nam pove spodnjo mejo moči, ki jo za gibanje potrebuje mikroplavalec, in sicer izraženo s koeficienti hidrodinamskega upora dveh pasivnih teles enake oblike: enega z robnim pogojem brez zdrsa in enega z robnim pogojem popolnega zdrsa. Teorem velja za plavalce poljubne oblike, ki se gibljejo s katerokoli translacijsko ali kotno hitrostjo. Dokaz teorema temelji na posplošitvi Helmholtzevega teorema o minimalni disipaciji, principa linearne superpozicije in Lorentzevega recipročnega teorema. Pokazali smo tudi, da ima optimalen mikroplavalec hitrostni profil, ki ustreza pasivnemu toku okoli telesa s popolnim zdrsom (npr. zračnega mehurčka), ter porazdelitev tangencialnih sil, ki ustreza telesu brez zdrsa. Tako smo navidezno kompleksen optimizacijski problem zreducirali na izračun dveh pasivnih koeficientov upora. Delo je večinoma potekalo v Göttingenu (*Phys. Rev. Lett.* 2021, DOI: 10.1103/PhysRevLett.126.034503).

### Kemična občutljivost migetalk, ojačana z geometrijo in gibljivostjo

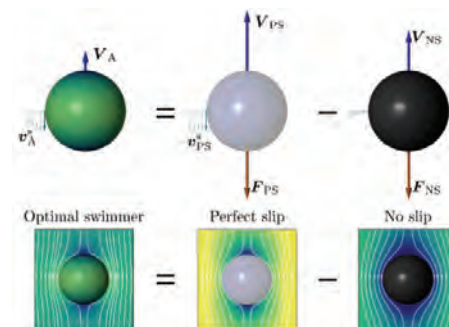
Primarne migetalk, ki so običajno negibne, imajo predvsem senzorične funkcije in delujejo kot receptorji za kemične ali mehanske signale. Vendar pa je vse več indicjev, da senzorične funkcije niso omejene na negibne migetalk in da lahko gibljive migetalk vsebujejo tudi kemoreceptorje. Ta odkritja vodijo do vprašanja, ali je lokacija kemičnih receptorjev na migetalki sama po sebi prednost pri občutljivosti zaznavanja. Zato smo proučili hitrosti, s katerimi se signalni delci ujemajo na model migetalk, vsidrane v ravno površino. Pokazali smo, da celo v mirujoči tekočini senzori na migetalki dosežejo enako občutljivost kot senzori na ravnih ploskvi pri štirikrat večji površini. V prisotnosti strižnega toka se ta prednost poveča na faktor 6. Gibajoča migetalk lahko doseže znatno povečanje občutljivosti pri visokih Pecletovih številih, vendar le, če je gibanje neregularno in tako poganja gibanje tekočine dolgega dosega. Če je več migetalk ena blizu druge, se število ujetih delcev na migetalko zaradi osiromašenja delcev v raztopini zmanjša. Če pa se iste migetalk gibljejo asimetrično, se število delcev lahko tudi poveča, saj pridobijo na račun toka, ki ga skupno poganjajo vse migetalk. Študija je bila večinoma opravljena na Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organization v Göttingenu (*eLife* 2021, DOI: 10.7554/eLife.66322).



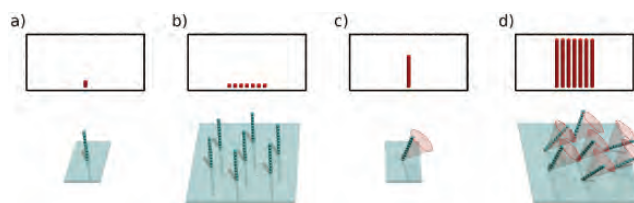
Slika 19: Dielektrični odziv v odvisnosti od temperature



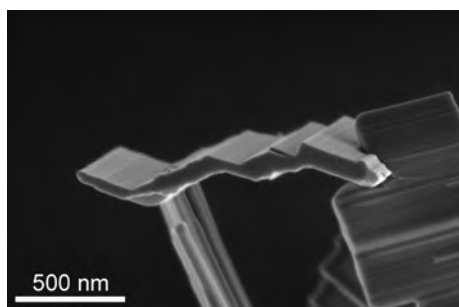
Slika 20: Topološko vsiljene disklinacije



Slika 21: Optimalnega aktivnega mikroplavalca lahko predstavimo kot linearno superpozicijo tokov okoli teles z robnim pogojem idealnega zdrsa in brez zdrsa (prikazano za krogelno obliko).



Slika 22: Hitrost, s katero migetalka zaznava delce (višina rdečih stolpcev) v naslednjih primerih: (a) posamična negibna migetalka, (b) 7 negibnih migetalk, (c) posamična gibljiva migetalka ter (d) skupina 7 gibljivih migetalk. Medijem ko prisotnost drugih migetalk hitrost zaznavanja zaradi osiromašenja koncentracije zmanjša, lahko gibajoče migetalk pridobijo zaradi vzajemno ustvarjenega toka tekočine.



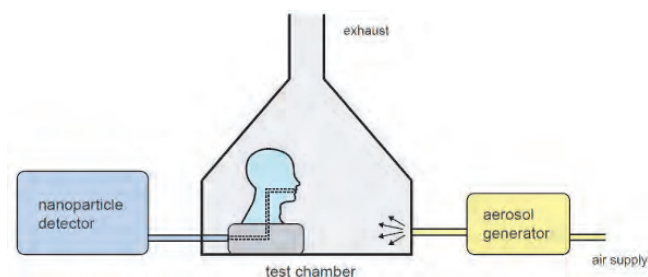
Slika 23: Ploščice  $WO_{3,x}$  v obliki nanostrešnikov

### Nove stehiometrične faze $W_nO_{3n-1}$

Sintetizirali in karakterizirali smo kristale volframovega suboksida, ki rastejo v obliki nanoploščic. S pomočjo slik presečne elektronske mikroskopije v visoki ločljivosti smo identificirali tri nove stehiometrične faze:  $W_{13}O_{38}$  ( $WO_{2,923}$ ),  $W_{12}O_{35}$  ( $WO_{2,917}$ ) in  $W_{11}O_{32}$  ( $WO_{2,909}$ ). Eksperimentalni parametri osnovnih celic se dobro ujemajo z izračunanimi. Nanoploščice rastejo v obliki strešnikov z morfologijo zig-zag, pri čemer so vdolbine globoke več 10 nm. Spekter rentgenske fotoelektronske spektroskopije valenčnega pasu je pokazal nenično gostoto stanj pri Fermijevi energiji, kar nakazuje na kovinsko obnašanje materiala (*Nanomaterials* 2021, doi: 10.3390/nano11081985).

### Filtracijska učinkovitost mask, uporabljenih v pandemiji covid-19

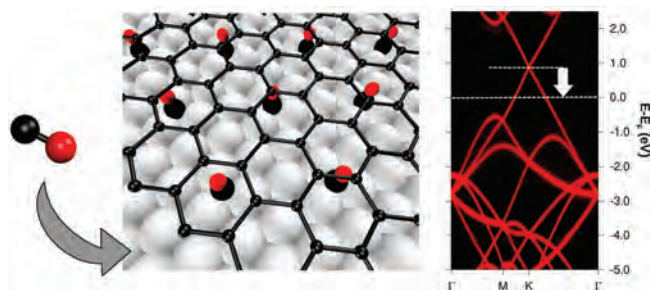
Pomerili smo časovno odvisnost filtracijske učinkovitosti različnih mask, ki so bile v uporabi med pandemijo covid-19. Maske tipa FFP2, FFP3 in kirurške maske so imele visoko filtracijsko učinkovitost, filtracijska učinkovitost tekstilnih pralnih mask pa je bila odvisna od materiala, iz katerega so bile narejene. Tako je bila filtracijska učinkovitost materiala FFP2 maske 98,6 %, filtracijska učinkovitost materiala FFP3 maske pa 99,9 %. Podobne vrednosti filtracijske učinkovitosti so imeli tudi materiali različnih kirurških mask. Materiali na osnovi bombaža, ki se običajno uporablja v pralnih maskah, pa so imeli filtracijsko učinkovitost v razponu od 26 % do 82 %. Nižjo filtracijsko učinkovitost gre pripisati predvsem večjim premerom bombažnih vlaken in pomanjkanju statičnega naboja (*Sensors* 2021, DOI: 10.3390/s21051567).



Slika 24: Shema eksperimenta za merjenje filtracijske učinkovitosti zaščitnih mask med pandemijo covid-19.

### Uglaševanje dopiranja grafena z interkalacijo ogljikovega monoksida na vmesniku Ni (111)

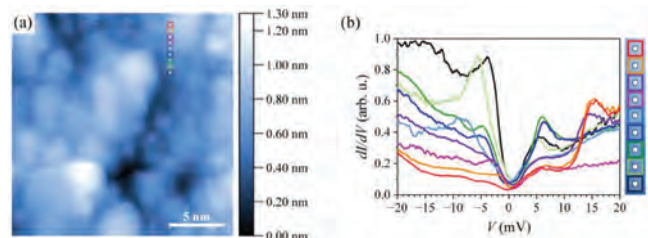
V pogojih blizu ambientalnega tlaka molekule ogljikovega monoksida interkalirajo pod epitaksialni monosloj grafena, ki je zrasel na Ni (111), in se ujamejo v vmesni prostor. Na podlagi *ab-initio* izračunov teorije gostotnih funkcionalov smo v celoti raziskali vzorec interkaliranega CO in osvetlili spremembe, ki jih povzročijo na elektronsko strukturo grafena. Najpomembnejši znak interkalacije CO je jasen preklon dopirnega stanja grafena, ki se spremeni iz n-tipa, ko močno interagira s kovinsko površino, v p-tip. Premik Diracovega stožca je linearno odvisen od pokritosti s CO in doseže približno 0,9 eV pri nasičeni vrednosti 0,57 ML. Teoretične napovedi so primerjane z rezultati poskusov STM, LEED in XPS, ki potrjujejo predlagani scenarij za skoraj nasičen interkaliran sistem CO. Članek je bil objavljen v sodelovanju s skupinami iz Italije (*Carbon* 2021, DOI: 10.1016/j.carbon.2021.01.120).



Slika 25: Ogljikov monoksid, interkaliran v vmesno plast grafena/Ni (111), tvori periodične vzorce, razklopi grafen od Ni (111) in premakne Diracov stožec za približno 1 eV.

### Struktura in superprevodnost $HfTiZrSnM$ ( $M = Cu, Fe, Nb, Ni$ ) zlitin s srednjo in visoko entropijo, ki vsebujejo kositer

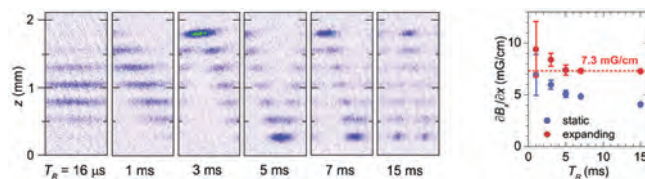
V poskusu vključitve kositra (Sn) v visokoentropijske zlitine, sestavljene iz kovin Hf, Nb, Ti in Zr z dodatkom 3d prehodnih kovin Cu, Fe in Ni, smo sintetizirali vrsto zlitin v sistemu  $HfTiZrSnM$  ( $M = Cu, Fe, Nb, Ni$ ). Zlitine smo kristalografsko, mikrostrukturno in sestavno opredelili ter določili njihove fizikalne lastnosti s poudarkom na superprevodnosti. Skupna značilnost zlitin je mikrostruktura velikih kristalnih zrn heksagonalne ( $Hf, Ti, Zr$ ) $5Sn_3$  delno urejene faze, vgrajene v matriko, ki vsebuje tudi številne majhne vključke. Na podlagi meritev električne upornosti, specifične toplote in magnetizacije je bilo v zlitinah  $HfTiZr$ ,  $HfTiZrSn$ ,  $HfTiZrSnNi$  in  $HfTiZrSnNb$  ugotovljeno superprevodno (SC) stanje. Zlitina  $HfTiZrSnFe$  kaže delni prehod SC, medtem ko je zlitina  $HfTiZrSnCu$  nesuperprevodna. Članek je bil objavljen v sodelovanju s skupinami iz Poljske, Kitajske in Švedske (*Materials*, 2021, DOI: 10.3390/ma14143953).



Slika 26: Topografska slika STM površine vzorca HTZS-Nb in ustrezne krivulje  $dI/dV$ , ki prikazuje spreminjajočo se superprevodno vrzel.

**Stern-Gerlachov magnetni gradiometer z enim posnetkom in razširjajočim se oblakom hladnih cezijevih atomov**

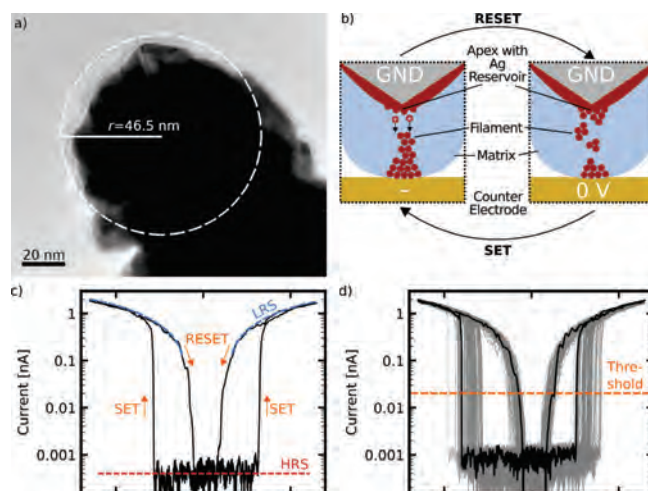
Združujemo Ramseyjev interferometrični protokol, Stern-Gerlachovo detekcijsko shemo in uporabo podolgovate geometrije oblaka popolnoma polariziranih hladnih cezijevih atomov za merjenje izbrane komponente gradienta magnetnega polja vzdolž atomskega oblaka v enem samem posnetku. V nasprotju s standardno metodo, pri kateri se hkrati meri precesija dveh prostorsko ločenih atomskih oblakov, da se izlušči njuna fazna razlika, ki je sorazmerna z gradientom magnetnega polja, v članku prikazujemo gradiometer, ki uporablja eno samo sliko razširjenega atomskega oblaka z vtisnjeno fazno razliko vzdolž oblaka. Z uporabo resonančnih radiofrekvenčnih pulzov in Stern-Gerlachovega slikanja prvič pokažemo nutacijo in Larmorjevo precesijo atomske magnetizacije v uporabljenem magnetnem polju. Nato pustimo, da se hladni atomski oblak razširi v eni dimenziji, in uporabimo protokol za merjenje gradienta magnetnega polja. Ločljivost našega gradiometra z enim posnetkom ni omejena s toplotnim gibanjem atomov in ima ocenjeno absolutno natančnost pod  $\pm 0,2$  mG/cm ( $\pm 20$  nT/cm) (*Phys. Rev. A*, 2021, 10.1103/PhysRevA.103.022611).



Slika 27: (levo) Absorpcijske slike populacij  $mF$ -stanj v odvisnosti od položaja za različne čase in (desno) izmerjena komponenta gradienta magnetnega polja

**Korelacije in filamentna dinamika v nanomemristorju**

Za posnemanje nevrnske dinamike vzbujevalnih in zaviralnih procesov memristorji ponujajo uporaben strojni pristop za izvajanje takšnih procesov, posebej pri učinkovitih verjetnostnih izračunih. V poskusu, da bi razkrili intrinzično dinamiko dolgega dosega pri sobni temperaturi in hkrati ublažili neželene toplotne vplive, smo se osredotočili na nanomemristor, zgrajen na konici sonde za skeniranje. Z uporabo tako funkcionaliziranih konic (imenovanih memtips) smo zajeli dolgoročni intrinzični tokovni odziv. Uspelo nam je identificirati časovne korelacije med preklopi in opazovati filamentno dinamiko neposredno na nanomerilu. Uporaba memtipa za meritve na različnih elektrodah je omogočila neposredno primerjavo vpliva različnih konfiguracij na preklopno obnašanje izbranih filamentov. Takšen pristop v delovnih pogojih bo omogočil poglobljeno razumevanje filamentarnega preklapljanja na nanoskali. Študija je bila opravljena v sodelovanju z raziskovalci z Univerze v Kielu in objavljena v *Nanomaterials* 2021, DOI: 10.3390/nano11020265.



Slika 28: (a) TEM-slika memtipa, ki kaže polmer ukrivljenosti 46,5 nm. (b) Sheme operacij SET in RESET. Tok v stanju z nizkim uporom (LRS) je omejen s serijskim uporom  $1 \text{ G}\Omega$ , ki je vgrajen v eksperimentalno postavitev. Stanje visoke odpornosti (HRS) je podano z mejo zaznavanja nastavitve. (c) in (d) Predstavitev enega in 100 zaporednih ciklov, ki prikazujejo preklopno okno. Za zanesljivo zaznavanje SET in RESET je izbrana meja raven 20 pA.

**III. Programska skupina Eksperimentalna biofizika kompleksnih sistemov in slikanje v biomedicini**

Programska skupina Eksperimentalna biofizika kompleksnih sistemov in slikanje v biomedicini združuje raziskave procesov in struktur bioloških sistemov z razvojem novih naprednih eksperimentalnih tehnik superločljivih mikroskopij, mikrospektroskopij in nanoskopij ter novih slikovnih tehnik. Glavno žarišče raziskav je odziv molekularnih in supramolekularnih struktur na interakcije med materiali in živimi celicami ter med svetlobo in živimi celicami. Zanimajo nas molekularni dogodki in fizikalni mehanizmi, s katerimi so ti dogodki med seboj povezani, časovne skale, pogoji ter aplikativna vrednost raziskovanih mehanizmov, predvsem za uporabo v medicini oz. na področju zagotavljanja zdravja nasploh. Z razvojem novih sklopljenih superločljivih in spektroskopskih tehnik želimo odpreti nove možnosti spoznavanja bioloških sistemov in od tam naprej odpirati nove možnosti za načrtovanje medicinskih materialov in naprav, za diagnostiko, terapijo ter regeneracijo tkiv, ki je med starajočim se prebivalstvom razvitega sveta med najbolj perečimi problemi. Skupina po zaključeni investiciji v nov superločljiv STED-sistem obvladuje različne fluorescenčne mikroskopije: superločljivo (STED) mikroskopijo in dvofotonsko (2PE) mikroskopijo, večkanalno spektralno-razločeno slikanje življenjskega časa fluorescence (spFLIM), fluorescenčno mikrospektroskopijo (FMS) in optično pinceto, s katerimi raziskujemo interakcije predvsem med nanomateriali in celičnimi linijami, ki vodijo v fenomene lipidnega ovijanja in pasivacije nanomaterialov, membranske dizintegracije in prestavljanja celičnih membran brez vloge receptorjev oz. klasičnih signalnih poti. Uvedli smo tudi metodo, ki omogoča spremljanje električnega polja v tumorjih pri zdravljenju rakavih obolenj z elektroporacijo, in nadalje razvili metodo multiparametričnega slikanja z magnetno resonanco za karakterizacijo

**Potem ko smo na podlagi lastnih prebojnih idej ustanovili odcepljeno podjetje Infinite, d. o. o., je slednje v letu 2021 pridobilo tudi svojo prvo zagonsko investicijo in z njo v naši skupini tudi že podprlo nadaljnje temeljne in aplikativne raziskave na področju odkrivanja mehanizmov proženja bolezni.**

hrane in zdravlil ter različnih procesnih postopkov. Z magnetnoresonančnim slikanjem visoke ločljivosti lahko spremljamo učinkovitost površinskih obdelav, nastajanje in raztapljanje gelov ter merjenja difuzije v omejenih geometrijah z moduliranimi gradienti.

Leta 2018 smo v reviji *Nano Letters* predlagali vzročno zvezo med vdihavanjem nanodelcev ter boleznimi srca in ožilja na podlagi prisotnosti koagulacijskih encimov: tkivnega faktorja in faktorja X ter lipidov plazemske membrane v koroni nanodelcev TiO<sub>2</sub> po izpostavljenosti pljučnim epitelnim celicam. Za dodatno **razjasnitev vloge lipidov pri aktivaciji faktorja X** smo uporabili topne oblike PS in PE (1,2-dikaproil-sn-glicero-3-fosfo-l-serin (C6PS) in 1,2-dikaproil-sn-glicero-3-fosfo-etanolamin (C6PE). Ugotovili smo, da se dve molekuli vsakega lipida neodvisno vežeta na faktor VIIa, s konstanto disociacije okoli 150 μM, kar poveča hitrost aktivacije faktorja X za približno 100-krat v prisotnosti topnega tkivnega faktorja.

Da bi se izognili eksperimentalnim artefaktom zaradi slabo fluorescenčno označenih nanodelcev kovinskih oksidov – največja subpopulacija nanodelcev glede na industrijsko proizvodnjo in število aplikacij – pri slikanju živih celic, smo uvedli **niz eksperimentalnih metod, ki omogočajo fluorescenčno označevanje brez artefaktov**, in pokazali njihovo uporabo v primeru nanocevk TiO<sub>2</sub>. Preverili smo potencialne spremembe površinskega naboja in morfologije nanodelcev, ki se lahko pojavijo med označevanjem z uporabo meritev zeta potenciala in transmisijske elektronske mikroskopije, ter ocenili stabilnost vezave fluorescenčnega barvila na nanodelce z meritvami intenzivnosti fluorescence ali z uporabo fluorescenčne korelacijske spektroskopije, kar zagotavlja zanesljivo lokalizacijo nanodelcev znotraj živih celic. Delo je bilo objavljeno v Kokot, Boštjan, Kokot, Hana, Umek, Polona, Van Midden, Katarina Petra, Pajk, Stane, Garvas, Maja, Eggeling, Christian, Koklič, Tilen, Urbančič, Iztok, Štrancar, Janez How to control fluorescent labeling of metal oxide nanoparticles for artefact-free live cell microscopy. *Nanotoxicology*, ISSN 1743-5404, 2021, vol. 15, no. 8, str. 1102–1123, doi: 10.1080/17435390.2021.1973607.

V okviru industrijskega sodelovanja z našim odcepljenim podjetjem Infinite, d. o. o., smo pri izpostavitvi *in vitro* pljučne bariere v živo s superločljivo mikroskopijo opazovali **zgodnje dogodke, ki prehitujejo karanteno nanomaterialov** in bi lahko postali ključni dogodki za še hitrejšo napovedovanje dolgoročnih zdravstvenih zapletov. Med njimi smo odkrili t. i. surfanje nanomaterialov in nastanek lukenj, za katere pa še iščemo povezave z drugimi znanimi povezavami. Dodatno smo **nadgradili fluorescenčne mikroskope z možnostjo detekcije v nazaj sipani svetlobi**, s katero omogočimo sledenje nanomaterialom brez označevanja.

V okviru dveh doktorskih projektov smo uspešno razvili **koncept novih doz**, ki nadgrajujejo koncept lokalne doze z informacijami o lokalnih interakcijah, ter opazovali spremembe nevrokulture ob izpostavitvi nanomaterialov, kjer se je še bolj kot v primeru izpostavitve pljučne bariere pokazal pomen **celic imunskega sistema**. Zdi se, da so slednje **absolutno ključne za preživetje nevronov**. Omenjeni dve doktorski deli bosta končani v letu 2022.

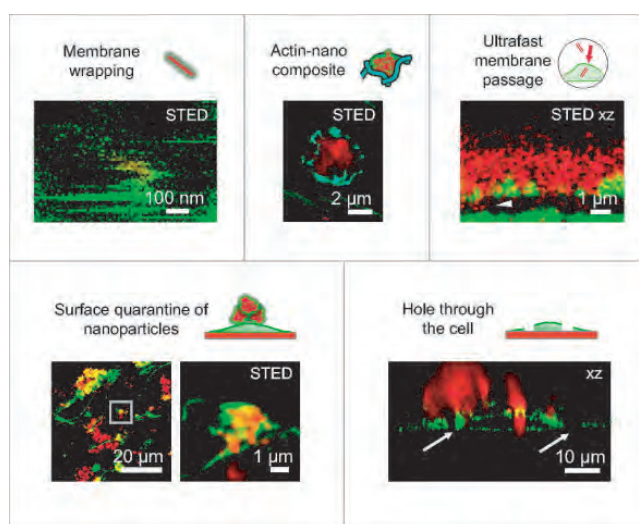
Uspešno raziskovalno delo, ki smo ga opravljali v okviru sodelovanja na projektu ARRS, Prostorsko in časovno oblikovanje laserske svetlobe za minimalno invazivne oftalmološke posege (L2-9254), smo nadgradili z objavo v ugledni znanstveni reviji na tem raziskovalnem področju (Podlipec, Rok, Mur, Jaka, Petelin, Jaka, Štrancar, Janez, Petkovšek, Rok. Method for controlled tissue theranostics using a single tunable laser source. *Biomedical optics express*, ISSN 2156-7085, 2021, vol. 12, no. 9, str. 5881-5893, doi: 10.1364/BOE.428467). V njej poročamo o **novi teranostični metodi za detekcijo učinka laserske terapije na očesnih tkivih** v realnem času na osnovi meritev in **analiz življenjskega časa fluorescence** ter uporabi **zmogljivega adaptivnega 2-fotonskega laserskega sistema**, razvitega v Laboratoriju za fotoniko in laserske sisteme (FOLAS), Fakultete za strojništvo, Univerze v Ljubljani. Za raziskovalno delo v okviru ARRS-projekta L7-7561 so dodeljenemu evropskemu patentu (EP3755994B1) v letu 2021 dodali še uradno objavo.

V okviru sodelovanja z Laboratorijem za toplotno tehniko (LTT), Fakultete za strojništvo in Katedro za farmacevtsko kemijo Fakultete za farmacijo smo na področju detekcije in analize temperaturne dinamike pri procesu mikrovrenja nadaljevali in izvedli nove raziskave z novimi metodami priprave in novimi kombinacijami razvitih temperaturno občutljivih organskih in anorganskih molekul. Na podlagi izsledkov raziskav načrtujemo znanstveno objavo v letu 2022.

V sklopu projekta Crossing Borders and Scales (CROSSING) smo nadaljevali raziskave novih pristopov in **optimizacijo protokolov za korelativno mikroskopijo** na relevantnih bioloških sistemih z uporabo še več visoko ločljivih mikroskopij in spektroskopij (sinhrotron XRF, krio micro-PIXE ipd.) z že obstoječimi. Za proučevanje mehanizmov, ki pripeljejo do kroničnega vnetja pljučnega epitelijskega tkiva zaradi izpostavitve nanodelcev, smo časovnim dinamikom interakcije, pomerjenih na živih sistemih, dodali še meritve časovne dinamike z visoko ločljivo HIM-mikroskopijo. Izsledke raziskav želimo leta 2022 objaviti v reviji z velikim vplivom. V sodelovanju z Odsekom fizike nizkih in srednjih energij (F2) ter Oddelkom za ortopedijo Univerzitetnega kliničnega centra Maribor smo izvedli študijo za razumevanja negativnega vpliva kovinskih drobcov kolčnih protez na okoliško tkivo pri obrabi ali poškodbah, ki bi lahko privedle do imunskega odziva. Z uporabo nekaj najnaprednejših visoko ločljivih in občutljivih mikroskopij ter spektroskopij, ki so na voljo na IJS in HZDR, smo med drugim neposredno ugotovili oksidativni stres kot posledico interakcije s kovinskimi delci, ki lahko povzročata kronično vnetje, in študijo pred kratkim tudi

objavili (Podlipec, Rok, Punzón Quijorna, Esther, Pirker, Luka, Kelemen, Mitja, Vavpetič, Primož, Kavalar, Rajko, Hlawacek, Gregor, Štrancar, Janez, Pelicon, Primož, Fokter, Samo K. Revealing inĕammatory indications induced by titanium alloy wear debris in periprosthetic tissue by label-free correlative high-resolution ion, electron and optical microspectroscopy. *Materials*, ISSN 1996-1944, 2021, vol. 14, issue 11, str. [1-16], doi: 10.3390/ma14113048). Z uporabo komplementarnih slikovnih metod smo sodelovali tudi v objavljeni študiji prouĕevanja vpliva toksiĕnih nanodelcev na sladkovodne organizme in objavili ĕlanek Schymura, Stefan, Drev, Sandra, Podlipec, Rok, Rijavec, Tomaž, Lapanje, Aleš, Štok, Marko, *et al.* Dissolutionbased uptake of nanoparticles by freshwater shrimp : a dual-radiolabelling study of the fate of anthropogenic cerium in water organisms. *Environmental science, Nano*, ISSN 2051-8161, 11 str., doi: 10.1039/d1en00264c.

Nadalje smo razvijali napredne mikroskopske in mikrospektroskopske tehnike ter jih uporabili pri raziskavah razliĕnih molekularnih in celiĕnih mehanizmov. Z evropsijem dopirane nanodelce TiO<sub>2</sub> smo uporabili kot znotrajceliĕne temperature senzorje, objava v ĕlanku Urbanĕiĕ, Iztok, *et al.* Aggregation and mobility of membrane proteins interplay with local lipid order in the plasma membrane of T cells. *FEBS Letters*. 2021, 20 str. ISSN1873-3468. DOI: 10.1002/1873-3468.14153. V sodelovanju z Univerzo v Oxfordu (VB) smo odkrili, kako membranski lipidi in proteini sodelujejo pri aktivaciji T-celic; prispevek je bil izbran za naslovno priznane revije in objavljen v ĕlanku Havrdov, Marketa, Urbanĕiĕ, Iztok, Barton Tomankov, Kateřina, Malina, Lukaš, Štrancar, Janez, Bourlinos, Athanasios B. Self-targeting of carbon dots into the cell nucleus: diverse mechanisms of toxicity in NIH/3T3 and L929 cells. *International journal of molecular sciences*. 2021, vol. 22, no. 11, str. 5608-1-5608-16. ISSN 1661-6596. DOI: 10.3390/ijms22115608. S kolegi z Univerze v Olomoucu (CZ) smo raziskovali internalizacijo ogljikovih nanodelcev kot potencialnih protitumorskih agensov (Biagiotti, Giacomo, Puriĕ, Edvin, Urbanĕiĕ, Iztok, Krišelj, Ana, Weiss, Matjaž, Mravljak, Janez, Gellini, Cristina, Lay, Luigi, Chiodo, Fabrizio, Anderluh, Marko, *et al.* Combining cross-coupling reaction and Knoevenagel condensation in the synthesis of glyco-BODIPY probes for DC-SIGN super-resolution bioimaging. *Bioorganic chemistry*. 2021, vol. 109, str. 1–10, ilustr. ISSN 0045-2068, doi: 10.1016/j.bioorg.2021.104730). Sodelovali smo tudi pri razvoju nove fluorescenĕne probe za opazovanje imunskih celic s superloĕljivo mikroskopijo STED.



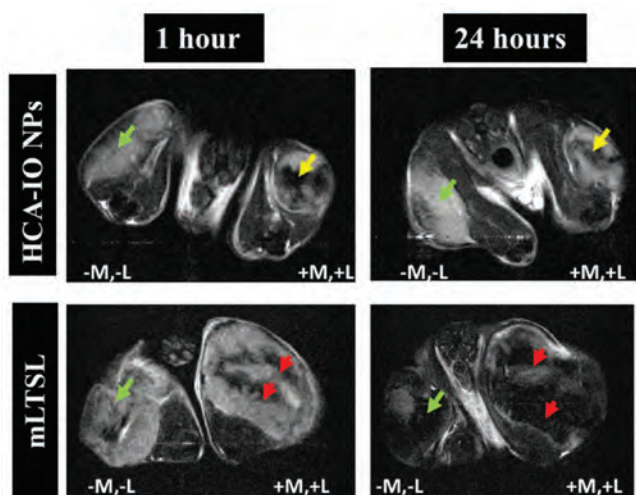
Slika 29: Primeri petih zgodnjih molekularnih dogodkov v živilih epitelijskih celicah po izpostavljenosti nanomaterialu (nanoveĕke TiO<sub>2</sub> oznaĕene rdeĕe), detektiranih s konfokalno oz. STED fluorescenĕno mikroskopijo. Drugi kanali so odvisni od primera do primera (zeleni).

### Študija o magnetoliposomih kot kontrastnih sredstvih za MRI in sistemih za dostavo zdravil

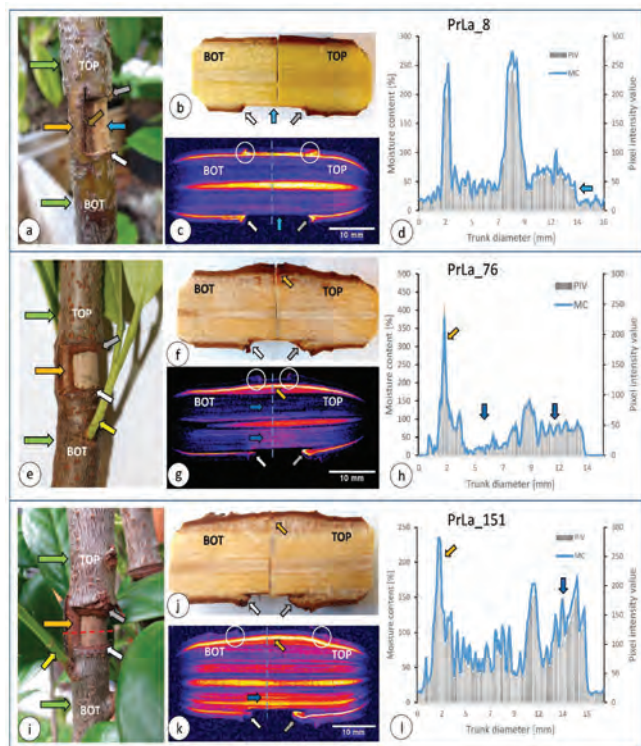
Laboratorij za slikanje z magnetno resonanco je s partnerji z Oddelka za nanostrukturne materiale (K7, JSI) in tujimi partnerji izdelal veĕjo študijo o vplivu blokade proteina programirane celiĕne smrti (PD1) na terapevtsko uĕinkovitost novih temperaturno občutljivih liposomov, napoljenih z doksorubicinom. Raziskani so bili nizko temperaturno občutljivi magnetoliposomi za uĕinkovito dostavo zdravil, ki jih je mogoĕe fototermiĕno aktivirati. Ti magnetoliposomi delujejo tudi kot kontrastna sredstva za slikanje z magnetno resonanco. Magnetoliposomi so bili pripravljene tako, da so imeli v lipidni dvosloj vgrajene prevleĕene nanodelce železovega oksida (10 NP) in v njihovo notranjost vstavljeno še zdravilo proti raku doksorubicin. Naša vloga v študiji je bila karakterizacija NMR relaksacijskih lastnosti magnetoliposomov in slikanje kopiĕenja magnetoliposomov v tumorjih miši. Študija je pokazala, da so ti magnetoliposomi uĕinkovita  $T_2$  kontrastna sredstva z visoko transversalno relaksivnostjo  $r_2 = 333 \text{ mM}^{-1}\text{s}^{-1}$ . Odliĕne lastnosti magnetoliposomov kot MRI kontrastnega sredstva omogoĕajo uĕinkovito vodenje doziranja zdravila in s tem uĕinkovitejše zdravljenje tumorja. Rezultati te študije so bili objavljeni v ugledni reviji v ĕlanku: Ma Guanglong, Kostevšek Nina, Markelc Boštjan, Hudoklin Samo, Erdani-Kreft Mateja, Serša Igor, ĕemažar Maja, Markoviĕ Katarina, Šĕanĕar Janez, *et al.* PD1 blockade potentiates the therapeutic efficacy of photothermally-activated and MRI-guided low temperature-sensitive magnetoliposomes. *Journal of controlled release*, ISSN 0168-3659, 2021, vol. 332, 45 str., str. 419-433, doi: 10.1016/j.jconrel.2021.03.002. Vkljuĕeni smo bili tudi v podobno študijo, kjer smo liposome zamenjali z membranami eritrocitov z vgrajenimi nanodelci železovega oksida. Ta študija je bila objavljena v ĕlanku: Kostevšek Nina, Miklavc Patricija, Kisovec Matic, Podobnik Marjetka, Al-Jamal Wafa, Serša Igor. Magnetoerythrocyte membrane vesicles' superior  $T_2$  MRI contrast agents to magneto-liposomes. *Magnetochemistry*, ISSN 2312-7481, 2021, vol. 7, no. 4, str. 51-1-51-14, doi: 10.3390/magnetochemistry7040051.

### Raziskave lesa z magnetno resonanco

Z merjenjem NMR relaksacijskih ĕasov  $T_1$  in  $T_2$  v eni in dveh dimenzijah smo spremljali spremembe porazdelitve vlage v vzorcu bukve med sušenjem iz zelenega (svežega) v absolutno suho stanje. Ugotovili smo, da so rezultati



Slika 30: Nizko temperaturno občutljivi magnetoliposomi kot učinkovita  $T_2$  NMR kontrastna sredstva *in vivo*. Mišim s tumorji CT26 smo intravensko injicirali prevlečene nanodelce železovega oksida (HCA-IO NP) ali nizko temperaturno občutljive magnetoliposome z vgrajenimi prevlečenimi nanodelci železovega oksida (mLTSL) pri odmerku 50  $\mu\text{g}$  Fe na miš. Po injiciranju smo na en tumor za 50 minut zalepili magnet in nato obsevali z laserjem (808 nm, 0,3 W/cm<sup>2</sup>) za 10 minut (+M, +L). Drugi tumor ni bil izpostavljen magnetu in ni bil obsevan (-M, -L).  $T_2$ -obtežene slike so bile posnete 1 uro in 24 ur po injiciranju. Rdeča in rumena puščica označujeta temnejši kontrast pri zdravljenih tumorjih (+M, +L), injiciranih z mLTSL oziroma s HCA-IO NP. Zelene puščice označujejo nezdravljene tumorje (-M, -L).  $T_2$ -obtežene MR slike so bile posnete z uporabo zaporedij za MR slikanje s spinskim odmevom pri parametrih TE/TR = 40/3000 ms.



Slika 31: Poškodovana stebela češnjevega lovorja (*Prunus laurocerasus*) 8., 76. in 151. dan po mehanski poškodbi: (a, e, i) stanje na dan vzorčenja; (b, f, j) prepolovljeni vzorci na spodnjem (BOT) in zgornjem (TOP) delu; (d, h, l) radialni profil vsebnosti vlage, izračunan iz vrednosti intenzivnosti slikovnih pik MRI; (c, g, k) magnetnoresonančne (MRI) slike poškodovanih stebel.

relaksometrije skladni z modelom homogenega praznjenja por v bioporoznem sistemu s povezanimi porami. To so potrdili tudi rezultati kartiranja NMR relaksacijskih časov, ki so razkrili transport vlage pri sušenju iz aksialno usmerjenega zgodnjega in poznega lesnega sistema do radialnih žarkov, skozi katere vlaga izhlapeva iz vej. V tej študiji se je slikanje z magnetno resonanco izkazalo kot učinkovito orodje za določanje stanja vode in njene porazdelitve ter za proučevanje poti transporta vode v lesu med sušenjem. Ta študija je bila objavljena v članku: Mikac Urška, Merela Maks, Oven Primož, Sepe Ana, Serša Igor. MR study of water distribution in a beech (*Fagus sylvatica*) branch using relaxometry methods. *Molecules*, ISSN 1420-3049, 2021, vol. 26, no. 14, str. 4305-1-4305-10, doi: 10.3390/molecules26144305. Poleg te študije smo sodelovali še v drugi študiji o lesu, kjer smo raziskali učinkovitost zatiranja tujerodnih drevesnih vrst s poškodovanjem stebela z nepopolnim obročkanjem. Ta vrsta poškodbe povzroči, da rastlina izgubi vitalnost, po prvem letu postane šibkejša in nato v nekaj letih odmre. Naša naloga je bila slikati porazdelitev vlage v mehansko poškodovanem stebelu. Ta študija je bila objavljena v članku: Plavčak Denis, Mikac Urška, Merela Maks. Influence of mechanical wounding and compartmentalization mechanism on the suppression of invasive plant species using the example of Cherry Laurel (*Prunus laurocerasus*). *Forests*, ISSN 1999-4907, 2021, vol. 12, iss. 2, 1-15 str., ISSN 1999-4907, doi: doi.org/10.3390/f12121646.

### Korelacije med izidom zdravljenja bolnikov z ishemično možgansko kapjo z rentgenskimi lastnostmi njihovih trombov

Vsi bolniki s sumom na možgansko kap so napoteni na CT celotnih možganov, ki se uporablja predvsem za iskanje zgodnjih značilnosti ishemije in za lociranje okluzije in njene velikosti, medtem ko so vrednosti rentgenskih enot Hounsfield (HU) tromba, ki povzročata možgansko kap, običajno spregledane. V tej študiji smo pokazali, da je vrednost HU pomembna in lahko pomaga pri boljšem načrtovanju zdravljenja možganske kapi. V študijo so bili vključeni bolniki z diagnozo ishemične možganske kapi na območju srednje možganske arterije (MCA). Pri vseh bolnikih sistemska tromboliza ni bila uspešna in je bila potrebna mehanska rekanalizacija. Odzete trombe smo histološko analizirali tudi za določitev deleža rdečih krvnih celic (RBC). CT proksimalnega segmenta MCA smo analizirali in določili povprečno vrednost HU in njeno variabilnost tako v okludiranem delu kot v simetričnem normalnem mestu. Ugotovljene so bile relevantne pozitivne korelacije med povprečno vrednostjo HU tromba in izidom zdravljenja, ovrednotenim z modificirano Rankinovo lestvico (mRS), začetnim mRS, številom prehodov z napravo za trombektomijo in deležem RBC. Ta študija je bila objavljena v članku: Viltušnik Rebeka, Vidmar Jernej, Fabjan Andrej, Jeromel Miran, Milošević Zoran, Kocijančič Igor, Serša Igor. Study of correlations between CT properties of retrieved cerebral thrombi with treatment outcome of stroke patients. *Radiology and oncology*, ISSN 1318-2099, 2021, vol. 55, iss. 4, 409-417 str., doi: 10.2478/raon-2021-0037.

### Slikanje z magnetno resonanco kot orodje za spremljanje odziva tkiv na obdelavo s pulzi električnega polja

Cilj te študije je bil raziskati permeabilizacijo celičnih membran v rastlinski in živalski hrani (krompir, jabolka, piščanec), ki je posledica obdelave s pulzi električnega polja. Študija je bila izvedena pri različnih amplitudah električnih pulzov, rezultati pa so bili izraženi s spremembami električnih lastnosti tkiv, ovrednotenih z električno impedančno spektroskopijo, tokovno-napetostnimi meritvami in s slikanjem z magnetno resonanco. Slikali smo spremembe v porazdelitvi vode in v  $T_2$  NMR

relaksacijskih časih. Ugotovitve naše raziskave bi lahko bile v pomoč pri ustrezni izbiri metode ocenjevanja učinka elektroporacije glede na značilnosti živil. Ta študija je bila objavljena v članku: Genovese Jessica, Kranjc Matej, Serša Igor, Petracci Massimiliano, Rocculi Pietro, Miklavčič Damijan, Mahnič-Kalamiza Samo. PEF-treated plant and animal tissues: insights by approaching with different electroporation assessment methods. *Innovative food science & emerging technologies*, ISSN 1466-8564, 2021, vol. 74, 102872, str. 1–9, doi: 10.1016/j.ifset.2021.102872.

V letu 2021 je Odsek F5 sodeloval s 131 partnerji iz Slovenije in tujine. Sodelovanje je bistveno pripomoglo k uspešni izvedbi raziskav v letu 2021.

## ERC-projekti

1. H2020 - Cell-Lasers; Celični laserji: Sklopitev med optičnimi resonancami in biološkimi procesi  
European Commission  
doc. dr. Matjaž Humar
2. H2020 - LOGOS; Logična vezja iz fotonske mehke snovi  
European Commission  
prof. dr. Igor Muševič

## Najpomembnejše objave v letu 2021

1. Schymura, Stefan, Drev, Sandra, Podlipec, Rok, Rijavec, Tomaž, Lapanje, Aleš, Štok, Marko, *et al.*, Dissolution-based uptake of CeO<sub>2</sub> nanoparticles by freshwater shrimp: a dual-radiolabelling study of the fate of anthropogenic cerium in water organisms, *Environmental science, Nano*, 2021, 8, 7, 1934–1944
2. Everts, J. C., Ravnik, M., Ionically charged topological defects in nematic fluids, *Phys. Rev. X*, 2021, 11, 1, 011054
3. Papič, M., Mur, U., Zuhail, K. P., Ravnik, M., Muševič, I., Humar, M., Topological liquid crystal superstructures as structured light lasers, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 2021, 118, 49, e2110839118
4. Peddireddy, K., Čopar, S., Le, V.K., Muševič, I., Bahr, C., Jampani, V.S.R., Self-shaping liquid crystal droplets by balancing bulk elasticity and interfacial tension, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 2021, 118, 14, e2011174118
5. Pirker, L., Pogačnik Krajnc, A., Malec, J., Radulović, V., Gradišek, A., Jelen, A., Remškar, M., Mekjavič, I. B., Kovač, J., Mozetič, M., Snoj, L., Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation, *J. Membr. Sci.*, 2021, 619, 118756
6. Del Pupo, S., Zupanič, E., *et al.*, Tuning graphene doping by carbon monoxide intercalation at the Ni(111) interface, *Carbon*, 2021, 176, 253–261
7. Nasour, B., Vilfan, A., Golestanian, R., Minimum dissipation theorem for microswimmers, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, 126, 3, 034503
8. Hickey, D., Vilfan, A., Golestanian, R., Ciliary chemosensitivity is enhanced by cilium geometry and motility, *eLife*, 2021, 10, e66322
9. M. Klanjšek, Singlets singled out, *Nature Physics*, 2021, 17, 1081–1082
10. X. Chen, T. Yang, Q. Zhang, L. Q. Chen, V. Bobnar, C. Rahn, Q. M. Zhang, Topological structure enhanced nanostructure of high temperature polymer exhibiting more than ten times enhancement of dipolar response, *Nano Energy*, 2021, 88, 106225
11. Y. Tanama *et al.*, Robust coherent spin centers from stable azafullerene radicals entrapped in cycloparaphenylene rings, *Nanoscale*, 2021, 13, 47, 19946–19955

## Najpomembnejše objave v letu 2020

1. T. Arh, M. Gomilšek, P. Prelovšek, M. Pregelj, M. Klanjšek, A. Ozarowski, S. J. Clark, T. Lancaster, W. Sun, J.-X. Mi, A. Zorko, Origin of magnetic ordering in a structurally perfect quantum kagome antiferromagnet, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, 125, 027203
2. P. Khuntia, M. Velazquez, Q. Barthélemy, F. Bert, E. Kermarrec, A. Legros, B. Bernu, L. Messio, A. Zorko, P. Mendels, Gapless ground state in the archetypal quantum kagome antiferromagnet ZnCu<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>, *Nat. Phys.*, 2020, 16, 469
3. A. J. Hess, G. Poy, Jung-Shen B. Tai, S. Žumer, I. I. Smalyukh, Control of light by topological solitons in soft chiral birefringent media, *Phys. Rev. X*, 2020, 10, 031042
4. G. Poy, A. J. Hess, I. I. Smalyukh, S. Žumer, Chirality-Enhanced Periodic Self-Focusing of Light in Soft Birefringent Media, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, 125, 077801
5. T. Strübing, A. Khosravanizadeh, A. Vilfan, E. Bodenschatz, R. Golestanian, I. Guido, Wrinkling Instability in 3D Active Nematics, *Nano Lett.*, 2020, 20, 6281–6288



6. J. Binysh, Ž. Kos, S. Čopar, M. Ravnik, G. P. Alexander, Three-Dimensional Active Defect Loops, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, **124**, 088001
7. K. Pal, A. Si, G. S. El-Sayyad, M. A. Elkodous, R. Kumar, A. I. El-Batal, S. Kralj, S. Thomas, Cutting edge development on graphene derivatives modified by liquid crystal and CdS/TiO<sub>2</sub> hybrid matrix: optoelectronics and biotechnological aspects, *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 2020
8. H. Massana-Cid, A. Ortiz-Ambriz, A. Vilfan, P. Tierno, Emergent collective colloidal currents generated via exchange dynamics in a broken dimer state, *Sci. Adv.*, 2020, **6**, eaaz2257
9. D. Richter, M. Marinčič, M. Humar, Optical-resonance-assisted generation of super monodisperse microdroplets and microbeads with nanometer precision, *Lab Chip*, 2020, **20**, 734–74
10. P. Campinho, P. Lamperti, F. Boselli, A. Vilfan, J. Vermot, Blood Flow Limits Endothelial Cell Extrusion in the Zebrafish Dorsal Aorta, *Cell Reports*, 2020, **31**, 107505
11. L. Pirker, B. Višič, S. D. Škapin, G. Dražič, J. Kovača, M. Remškar, Multi-stoichiometric quasi-two-dimensional W<sub>n</sub>O<sub>3n-1</sub> tungsten oxides, *Nanoscale*, 2020, **12**, 15102–15114
12. A. Hassaniien, B. Zhou, A. Kobayashi, Spontaneous Antiferromagnetic Ordering in a Single Layer of (BETS)<sub>2</sub>GaCl<sub>4</sub> Organic Superconductor, *Advanced Electronic Materials*, 2020, **6**
13. H. Kokot, B. Kokot, A. Sebastijanovič, R. Podlipec, A. Krišelj, P. Čotar, M. Pušnik, P. Umek, S. Pajk, I. Urbančič, T. Koklič, J. Štrancar, *et al.*, Prediction of chronic inflammation for inhaled particles: the impact of material cycling and quarantining in the lung epithelium, *Adv. Mater.*, 2020, **32**, 2003913
14. A. Barbotin, I. Urbančič, S. Galiani, C. Eggeling, M. J. Booth, Background reduction in sted-fcs using a bi-vortex phase mask, *ACS Photonics*, 2020, **7**, 1742–1753
15. A. Frawley, V. Wycisk, Y. Xiong, S. Galiani, E. Sezgin, I. Urbančič, A. Vargas Jentzsch, K. G. Leslie, C. Eggeling, H. L. Anderson, Super-resolution resolt microscopy of lipid bilayers using a fluorophore-switch dyad, *Chem. Sci.*, 2020, **11**, 8955–8960

#### Najpomembnejše objave v letu 2019

1. M. Gomilšek, R. Žitko, M. Klanjšek, M. Pregelj, C. Baines, L. Yuesheng, Q. Zhang, A. Zorko, Kondo screening in a charge-insulating spinon metal, *Nature Physics*, 2019, **15**, 754
2. A. MATAVŽ, A. Benčan, J. Kovač, C. C. Chung, J. L. Jones, S. Trolier-McKinstry, B. Malič, V. Bobnar, Additive manufacturing of ferroelectric-oxide thin-film multilayer devices, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2019, **11**, 45155
3. B. Senyuk, J. Aplinc, M. Ravnik, I. I. Smalyukh, High-order elastic multipoles as colloidal atoms, *Nature Communications*, 2019, **10**, 1825
4. S. Čopar, J. Aplinc, Ž. Kos, S. Žumer, M. Ravnik, Topology of three-dimensional active nematic turbulence confined to droplets, *Physical Review X*, 2019, **9**, 031051-1-031051-13
5. J. Pollard, G. Posnjak, S. Čopar, I. Mušević, G. P. Alexander, Point defects, topological chirality and singularity theory in cholesteric liquid-crystal droplets, *Physical Review X*, 2019, **9**, 021004-1-021004-19
6. A. P. Almeida, J. Canejo, U. Mur, S. Čopar, P. Almeida, S. Žumer, M. H. Godinho, Spotting plants' microfilament morphologies and nanostructures, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019, **117**, 13188-13193
7. T. Emeršič, R. Zhang, Ž. Kos, S. Čopar, N. Osterman, J. J. de Pablo, U. Tkalec, Sculpting stable structures in pure liquids, *Science Advances*, 2019, **5**, eaav4283
8. E. Sezgin, F. Schneider, S. Galiani, I. Urbančič, D. Waithe, B. Lagerholm, B. Christoffer, Ch. Eggeling, Measuring nanoscale diffusion dynamics in cellular membranes with super-resolution STED-FCS, *Nature protocols*, 2019, **14**, 1054–1083
9. J. Steinkühler, E. Sezgin, I. Urbančič, Ch. Eggeling, R. Dimova, Mechanical properties of plasma membrane vesicles correlate with lipid order, viscosity and cell density, *Communications Biology*, 2019, **2**, 337-1–337-8

#### Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Alpine NMR Workshop, Bled, 16.–20. 9. 2021

#### Patenti

1. Gregor Filipič, Kristina Eleršič, Darij Kreuh, Janez Kovač, Uroš Cvelbar, Miran Mozetič, A method of colouring titanium and titanium alloys, GB2530805 (B), Intellectual Property Office, 24. 11. 2021

- Janez Štrancar, Rok Podlipec, Iztok Urbančič, Zoran Arsov, Andrej Vrečko, Image-processing apparatus and image-processing method for detection of irregularities in tissue, EP3755994 (B1), European Patent Office, 26. 5. 2021
- Vid Bobnar, Barbara Malič, Aleksander Matavž, Metoda proizvodnje polimernih plasti z modificirano površino, SI25887 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 31. 3. 2021

## Nagrade in priznanja

- dr. Luka Drinovec in prof. dr. Griša Močnik: Puhova nagrada za vrhunske dosežke za razvoj metod za merjenje absorpcije aerosolov Ljubljana, Vlada Republike Slovenije
- doc. dr. Anton Gradišek: nagrada za najboljše predavanje na konferenci EcoBalt 2021 z naslovom Particle Removal Efficiency of Face Masks During the Covid-19 Pandemic, Riga, Latvija (virtualno)
- doc. dr. Anton Gradišek: drugo mesto na XPRIZE Pandemic Response Challenge z ekipo JSI vs. COVID za sodelovanje na tekmovanju, kjer so analizirali ukrepe za boj proti pandemiji, Culver City, Kalifornija, ZDA, XPRIZE Foundation (virtualno)
- prof. dr. Miha Ravnik: Blinčeva nagrada za fizike na začetku kariere, Ljubljana, Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Institut "Jožef Stefan"
- Aljaž Kavčič, mag. fiz.: Prešernova nagrada za magistrsko delo z naslovom Mikroskopija in senzorika skozi sipajoča tkiva z uporabo optičnih mikroresonatorjev (mentor doc. dr. Matjaž Humar), Ljubljana, Univerza v Ljubljani
- prof. dr. Samo Kralj: nagrada Republike Slovenije za izjemne dosežke na področju visokega šolstva, Ljubljana, Odbor za podeljevanje nagrad Republike Slovenije na področju šolstva
- doc. dr. Uroš Tkalec: Blinčeva nagrada za vrhunske enkratne dosežke na področju fizike (za raziskovalno delo na področju neravnovesnih kompleksnih tekočin, objavljeno v reviji *Nature Communications*), Ljubljana, Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Institut "Jožef Stefan"

## MEDNARODNI PROJEKTI

- ERC H2020 - Cell-Lasers; Celični laserji: Sklopitev med optičnimi resonancami in biološkimi procesi  
European Commission  
doc. dr. Matjaž Humar
- ERC H2020 - LOGOS; Logična vezja iz fotonske mehke snovi  
European Commission  
prof. dr. Igor Muševič
- Meritev debeline kromovih nanosov na stekleni površini  
PAB Akrapovič, d. o. o.  
prof. dr. Miha Škarabot
- COST CA16109; Sprotno določanje kemijske sestave in virov finih aerosolov  
COST Office  
prof. dr. Griša Močnik
- COST CA16218; Koherentne hibridne naprave na nanoskali za superprevodne kvantne tehnologije  
COST Association AISBL  
dr. Abdelrahim Ibrahim Hassani
- COST CA16221; Kvantne tehnologije z ultrahladnimi atomi  
COST Association AISBL  
dr. Peter Jeglič
- COST CA17121; Korelirana multimodalna slikanja v znanostih o življenju  
COST Association AISBL  
prof. dr. Janez Štrancar
- COST CA17139; Evropska interdisciplinarna topološka akcija  
COST Association AISBL  
prof. dr. Slobodan Žumer
- COST CA16202; Mednarodna mreža za spodbujanje merjenja in napovedovanja peščenih dogodkov  
COST Association AISBL  
prof. dr. Griša Močnik
- COST CA9108 - HiSCALE; Visokotemperaturna superprevodnost za pospešitev prehoda energije  
COST Association AISBL  
dr. Abdelrahim Ibrahim Hassani
- BIO-OPT-COMM; Optična komunikacija v živi nevronske mreži  
HFSPo - International Human Frontier  
doc. dr. Matjaž Humar
- H2020 - ENGIMA; Inženiring nanostruktur z ogromno magneto-piezoektrično in multikalorično funkcionalnostjo  
European Commission  
prof. dr. Zdravko Kutnjak
- H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi  
European Commission  
prof. dr. Maja Remškar
- H2020 - FoodTraNet; Mreža za napredno raziskovanje in usposabljanje na področju kakovosti, varnosti in zaščite hrane  
European Commission  
doc. dr. Matjaž Humar
- H2020 - QMatCh; Iskanje kvantnih stanj snovi s kemijo pod ekstremnimi pogoji  
European Commission  
prof. dr. Denis Arčon
- Zaščita kulturne dediščine v prostorih - primer Leonardo da Vincijeve „Zadnje večerje“  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Griša Močnik
- Z lipidi oviti nanodelci in aktivnost faktorja Xa  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Tilen Koklič
- Študija nanoporoznih materialov za shranjevanje vodika  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Janez Dolinšek
- Magnetnoresonančna študija kandidatov spinskih tekočin  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Andrej Zorko
- Napredni organski in anorganski tankoplastni kompoziti s povečanim dielektričnim in elektromehanskim odzivom  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Zdravko Kutnjak
- Nova elektronska stanja izhajajoča iz sklopitve med magnetizmom in električno prevodnostjo v itinerantnih antiferomagnetih  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Denis Arčon
- Nano-spektralno slikanje hemoglobina na osnovi nelinearne optike za „label-free“ diagnostiko v medicini  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Rok Podlipec

23. Učinek ognjemetov na onesnaženost zraka v urbanem okolju  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Anton Gradišek
24. Raziskave onesnaženosti zraka z nanodelci povzročene z ognjemeti  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Maja Remškar
25. Pozicioniranje in prostorska kontrola magnetnih fulerenov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Denis Arčon
26. Prilagodljivo memristivno preklapljanje v mreži ogljikovih nanocevk za nevromorfno računanje  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Abdelrahim Ibrahim Hassani
27. Optični mikroresonatorji sklopljeni s plazmoni za molekulsko senzoriko znotraj celic v realnem času  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Matjaž Humar
28. Koncept kritične točke v antiferoelektričnih materialih  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Nikola Novak

## PROGRAMI

1. Magnetna resonanca in dielektrična spektroskopija „pametnih“ novih materialov  
prof. dr. Denis Arčon
2. Fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur  
prof. dr. Miha Ravnik
3. Eksperimentalna biofizika kompleksnih sistemov in slikanje v biomedicini  
prof. dr. Janez Štrancar

## PROJEKTI

1. Elektroterapijske terapije z novimi visokofrekvenčnimi elektroterapijskimi pulzi  
prof. dr. Igor Serša
2. Rekonstrukcija električne prevodnosti tkiv s tehnikami magnetne resonance  
prof. dr. Igor Serša
3. Fazni prehodi proti koordinaciji v večplastnih omrežjih  
dr. Uroš Jagodič
4. Razvoj komponent za vzpostavitev nove evropske mreže za kvantno komunikacijo  
dr. Peter Jeglič
5. Razvoj visokozmogljivih piezoelektričnih premazov za samodejno napajanje netkanin tekstilij uporabnih v e-mobilnosti  
prof. dr. Vid Bobnar
6. Zaznavanje spinskih stanj v bližini površine kvantnih spinskih materialov  
prof. dr. Denis Arčon
7. Napredni mehki nematokalorični materiali  
doc. dr. Brigita Rožič
8. Multikalorično hlajenje  
prof. dr. Zdravko Kutnjak
9. Optimizacija tehnik magnetno resonančnega slikanja za napoved uspeha trombolize  
prof. dr. Igor Serša
10. Biointegrirani laserji za proučevanje živih organizmov  
doc. dr. Matjaž Humar
11. Študij sil znotraj celic s pomočjo deformacij fotonih kapljic  
doc. dr. Matjaž Humar
12. Elektrokalični elementi za aktivno hlajenje elektronskih vezij  
prof. dr. Vid Bobnar

13. Napredne anorganske in organske tanke plasti z ojačenim električno induciranim odzivom  
prof. dr. Vid Bobnar
14. Signalna pot z neugodnim izidom, ki vodi do ateroskleroze  
dr. Tilen Koklič
15. Tekočekristalni kapljični laserji za senzoriko znotraj celic  
Zuhail Kottoli Poyil, PhD.
16. Stabilizacija in destabilizacija spinskih tekočin zaradi perturbacij  
prof. dr. Andrej Zorko
17. Fizika Majoranovih fermionov v magnetnih Kitaeva  
dr. Martin Klanjšek
18. Nova eksperimentalna metoda določitve kvantnih spinskih tekočin  
prof. dr. Andrej Zorko
19. Topološka turbulenca v ograjenih kiralnih nematskih poljih  
prof. dr. Miha Ravnik
20. Aktivna prevleka za zaščito pred elektromagnetnim sevanjem  
dr. Matej Pregelj
21. Pametna nanospektroskopija molekularnih dogodkov pri nevrodegeneraciji zaradi nanodelcev  
doc. dr. Iztok Urbančič
22. Samooblikovane fotonске strukture iz tekočih kristalov  
Venkata Subba Rao Jampani, PhD.
23. Napredna optična magnetometrija vrtničnih niti v nekonvencionalnih superprevodnikih  
prof. dr. Denis Arčon
24. Kvantno procesiranje fullerenskih kubitov z diamantnimi senzorji  
prof. dr. Denis Arčon
25. Coulombska stanja v energijski reži superprevodnih kvantnih naprav  
prof. dr. Denis Arčon
26. Prostorsko in časovno oblikovanje laserske svetlobe za minimalno invazivne oftalmološke posege  
prof. dr. Janez Štrancar
27. Magnetno, električno in strižnonapetostno programiranje oblikovnega odziva v aktuatorjih na osnovi polimerno dispergiranih tekočekristalnih elastomerov  
dr. Andraž Rešetič
28. Kriptografsko varen generator naključnih števil  
dr. Peter Jeglič
29. Kriptografsko varen generator naključnih števil  
dr. Peter Jeglič
30. CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop  
prof. dr. Janez Štrancar
31. Mednarodna delavnica Alpine NMR  
prof. dr. Igor Serša

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Odkrivanje ne-antropogenega onesnaževanja zraka  
Aerosol, d. o. o.  
prof. dr. Griša Močnik
2. L1-2607 Sofinanciranje L-projektov: Magnetno, električno in strižnonapetostno programiranje oblikovnega odziva v aktuatorjih na osnovi polimerno dispergiranih tekočekristalnih elastomerov  
KMZ - Zalar Miran, s.p.  
dr. Andraž Rešetič
3. Raziskave in analiza novih molekularnih dogodkov in njihovih vzročno-posledičnih povezav in vitro  
Infinite, d. o. o.  
prof. dr. Janez Štrancar

## OBISKI

1. dr. Andriy Nych, National Academy of Sciences of Ukraine, Kijev, Ukrajina, 28. 2.-13. 3. 2021
2. Arso Ivanović, Univerza v Črni gori, Podgorica, Črna gora, 1. 3.-20. 4. 2021
3. dr. Anna Ryzhkova, ASML B.V. Nederland, Amsterdam, Nizozemska, 30. 5.-19. 6. 2021
4. dr. Bojana Višič, Institut za fiziko v Beogradu, Beograd, Srbija, 31. 5.-1. 8. 2021
5. dr. Andriy Nych in dr. Uliana Ognysta, National Academy of Sciences of Ukraine, Kijev, Ukrajina, 18. 6.-1. 8. 2021
6. dr. Amina Kimouche, University of Potsdam, Potsdam, Nemčija, 25. 6.-27. 8. 2021
7. Pavla Šenjug, Naravoslovno-matematična fakulteta v Zagrebu, Zagreb, Hrvaška, 30. 8.-3. 9. 2021
8. dr. Pedro Sebastiao, Instituto Superior Tecnico, Lizbona, Portugalska, 11.-18. 9. 2021
9. dr. Ireneusz Buganski, Univerza AGH Krakow, Krakow, Poljska, 15. 9.-15. 11. 2021
10. Yuri Tanuma, CRNS, Nantes, Francija, 5.-13. 10. 2021
11. dr. Igor Lukyanchuk in dr. Anna Razumnaya, Université de Picardie Jules Verne, LPMC, Amiens, Francija, 15. 10.-7. 11. 2021
12. Adam Wojciechowski, Univerza v Krakovu, Krakow, Poljska, 16.-20. 10. 2021

13. dr. Valerii Vinokour, Consortium for Advanced Science and Engineering, Chicago, ZDA, 29. 10.-3. 11. 2021
14. Rajko Dragojević in Stefan Ščepanović, Univerza v Podgorici, Podgorica, Črna gora, 1. 11.-1. 12. 2021
15. Jannis Volkmann, Justus-Liebig University, Giessen, Nemčija, 14.-20. 11. 2021
16. dr. Emmanouil Anyfantakis, University of Luxembourg, Luxembourg, Luksemburg, 14.-20. 11. 2021
17. dr. Bojana Višič, Institut za fiziko v Beogradu, Beograd, Srbija, 6.-18. 12. 2021
18. prof. Mimoun El Marssi, Université de Picardie Jules Verne, LPMC, Amiens, Francija, 10.-12. 12. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Venkata Subba Rao Jampani: The role of interfacial tension in liquid crystal dispersions: self-shaping droplets, 15. 12. 2021
2. dr. Georgios Kordogiannis: Experimental studies of phase transitions in soft and bio matter, 2. 11. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- prof. dr. Tomaž Apih, Experimental Nuclear Magnetic Resonance Conference, 29.–31. 3. 2021 (virtualno)
- prof. dr. Tomaž Apih, Rok Peklar, mag. fiz., Ana Sepe, inž. fiz., prof. dr. Igor Serša, Kaja Tušar in Rebeka Viltušnik, mag. inž. rad. tehnol., Bled, Slovenija, 16.–20. 9. 2021
- prof. dr. Janez Dolinšek, Žiga Gosar, mag. fiz., doc. dr. Anton Gradišek, dr. Martin Klanjšek in prof. dr. Igor Serša, EUROMAR 2021, 5.–8. 7. 2021
- prof. dr. Janez Dolinšek, Darja Gačnik, mag. fiz., dr. Andreja Jelen, dr. Stane Vrtnik in dr. Magdalena Wencka, EUROMAT 2021, 12.–16. 9. 2021 (2 predavanji, virtualno)
- prof. dr. Janez Dolinšek, Darja Gačnik, mag. fiz., dr. Primož Koželj, dr. Jože Luzar, Peter Mihor, dr. Stanislav Vrtnik in dr. Magdalena Wencka, slovensko-francosko srečanje (IJS-CNRS), Goriška brda, Slovenija, 8.–11. 11. 2021
- Žiga Gosar, mag. fiz., VCQ Summer School 2021, Dunaj, Avstrija, 6.–10. 9. 2021
- doc. dr. Anton Gradišek, Instituto Superior Tecnico, Lizbona, Portugalska, 26. 5.–8. 6. 2021 (seminar)
- doc. dr. Anton Gradišek in prof. dr. Maja Remškar, EcoBalt 2021, Riga, Latvija, 21.–23. 10. 2021 (vabljen virtualno predavanje)
- dr. Ibrahim Hassanien Abdelrahim, The 7<sup>th</sup> International Conference on Superconductivity and Magnetism, 21.–27. 10. 2021, Bodrum, Turčija (virtualno predavanje)
- Anton Hromov, Msc., 2021 European School on Magnetism, Cluj-Napoca, Romunija, 6.–17. 9. 2021
- doc. dr. Matjaž Humar, International Conference on Advanced Materials, 1.–2. 7. 2021 (vabljen virtualno predavanje)
- doc. dr. Matjaž Humar, Cutting Edge 2021, 16. 9. 2021 (vabljen virtualno predavanje)
- doc. dr. Matjaž Humar, Noč raziskovalcev 2021, 24. 9. 2021 (virtualno predavanje)
- doc. dr. Matjaž Humar, New ERA Presidency conference, Brdo pri Kranju, Slovenija, 26.–27. 10. 2021 (predavanje)
- Jampani Venkata Subba Rao, PhD, Materials Info 2021, 27.–30. 9. 2021 (virtualno predavanje)
- dr. Peter Jeglič in dr. Erik Zupanič, The 52<sup>nd</sup> Conference of the European Group on Atomic Systems, 6.–8. 7. 2021 (virtualno)
- dr. Andreja Jelen in dr. Stanislav Vrtnik, ECometAC on-line dedicated workshop on "High-Entropy Alloys: from basics to industrial applications", 18. 3. 2021 (virtualno, 2 predavanji)
- dr. Tilen Koklič, Chemistry for Next-Gen Applications 2021, 24.–25. 9. 2021 (vabljen virtualno predavanje)
- prof. dr. Samo Kralj, The 1<sup>st</sup> International Seminar on Soft Matter and Food, Varšava, Poljska, 22.–23. 11. 2021 (plenarno predavanje)
- prof. dr. Samo Kralj, ICM MAP 2021, 12.–14. 2. 2021, Kottayam, Kerala, Indija (plenarno virtualno predavanje)
- prof. dr. Zdravko Kutnjak in doc. dr. Brigita Rožič, THERMAG IX 2021, 7.–11. 6. 2021 (virtualno predavanje)
- dr. Nikola Novak, IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics, 16.–21. 5. 2021 (virtualno)
- prof. dr. Igor Muševič, The 11<sup>th</sup> Liquid Matter Conference 2020/2021, 19.–23. 7. 2021 (virtualno)
- prof. dr. Igor Muševič, SKM 2021, 27. 9.–1. 10. 2021 (virtualno vabljen predavanje)
- prof. dr. Igor Muševič, Recent Perspectives on Liquid Crystalline Materials: Chemistry, Physics and Biological applications, 4. 10. 2021 (virtualno predavanje)
- dr. Luka Pirker, European Aerosol Conference 2021, 30. 8.–3. 9. 2021 (virtualno)
- Gregor Pirnat, mag. fiz., EMBO Workshop: Physics of living systems: From molecules to tissues, 7.–10. 6. 2021 (virtualno, poster)
- dr. Rok Podlipec, PHOTONICA 2021, 23.–27. 8. 2021 (vabljen virtualno predavanje)
- dr. Rok Podlipec, HEMMAGINERO workshop 2021, 25. 8. 2021 (virtualno predavanje)
- doc. dr. Rožič Brigita, The 7<sup>th</sup> NANO Boston Conference, Maryland, ZDA, 18.–20. 10. 2021 (vabljen virtualno predavanje)
- doc. dr. Rožič Brigita, The 18<sup>th</sup> International Conference on Ferroelectric Liquid Crystals, 6.–10. 9. 2021, Ljubljana, Slovenija (virtualno)
- Aleksandar Sebastianović, mag. mikrobiol., prof. dr. Janez Štrancar in dr. Iztok Urbančič, EBSA 2021, Dunaj, Avstrija, 24.–28. 7. 2021 (poster, 2 predavanji)
- doc. dr. Uroš Tkalec, SIAM Conference on Mathematical Aspects of Materials Science, 24. 5. 2021 (vabljen virtualno predavanje)
- doc. dr. Uroš Tkalec, Simpozij Znanstveno popoldne Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija, 11. 1. 2021 (vabljen virtualno predavanje)
- dr. Marion Van Midden, Virtual DPG Spring Meeting 2021 of the Surface Science Division, 1.–4. 3. 2021 (virtualno)
- dr. Marion Van Midden, 2021 International Conference on Nanoscience and Technology, 12.–15. 7. 2021 (virtualno)
- dr. Marion Van Midden, The 25<sup>th</sup> Congress and General Assembly of the International Union of Crystallography, 14.–22. 8. 2021 (virtualno)
- prof. dr. Aleksander Zidanšek, International Conference and Expo on Laser Optics, 13.–14. 9. 2021 (virtualno predavanje)
- prof. dr. Andrej Zorko, Hyperfine 2021, 5.–10. 9. 2021 (vabljen virtualno predavanje)
- dr. Magdalena Wencka, International Webinar on Magnetism and Magnetic Materials, 26.–27. 7. 2021 (virtualno predavanje)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

- prof. dr. Denis Arčon: Institut des Matériaux Jean Rouxel (IMN) CNRS, Nantes, Francija, 27.–30. 9. 2021 (sodelovanje v okviru bilateralnega projekta na fullerenskih sistemih)
- Tina Arh, mag. fiz. in prof. dr. Andrej Zorko: Paul Scherrer Institute, Villigen, Švica, 2.–6. 8. 2021, 31. 8.–12. 9. 2021 in 2.–30. 9. 2021 (meritve mionske spektroskopije)
- doc. dr. Anton Gradišek: Instituto Superior Tecnico, Lizbona, Portugalska, 26. 5.–8. 6. 2021 (delo na članku s področja tekočih kristalov)
- doc. dr. Anton Gradišek: Nuklearni institut Vinča, Beograd, Srbija, 3.–9. 9. 2021 (delovni obisk v okviru bilateralnega projekta s Srbijo)
- doc. dr. Anton Gradišek: Instituto Superior Tecnico, Lizbona, Portugalska, 19.–27. 11. 2021 (delo na znanstvenem članku)
- dr. Georgios Kordogiannis: Czech Technical University, Praga, Češka, 6.–10. 1. 2021 (delo na bilateralnem projektu CEUS-2021)
- dr. Georgios Kordogiannis: Faculty of Science, Leuven, Nizozemska, 10. 1.–20. 2. 2021 (delovni obisk)
- prof. dr. Samo Kralj: Institute of High Pressure Physics, Polish Academy of Sciences, Varšava, Poljska, 14.–24. 11. 2021 (priprava članka)
- dr. Nikola Novak: TU Darmstadt, Darmstadt, Nemčija, 20.–24. 7. 2021 (obisk pri partnerski instituciji v okviru bilateralnega projekta PR-10429)
- dr. Nikola Novak in dr. Georgios Kordogiannis: Univerza Leuven, Leuven, Francija, 9.–23. 10. 2021 (delovni obisk)
- dr. Nikola Novak in dr. Georgios Kordogiannis: Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, Francija, 13. 10. 2021 (delovni obisk)
- dr. Nikola Novak in dr. Georgios Kordogiannis: Université libre de Bruxelles, Bruselj, Belgija, 20. 10. 2021 (dogovor o sodelovanju)
- dr. Polona Umek: Univerza v Monsu, Mons, Belgija, 24. 8.–7. 9. 2021 (dokončanje članka in pogovori o nadaljnjem sodelovanju z ddr. Carlo Bittencourt)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

- prof. dr. Tomaž Apih
- prof. dr. Denis Arčon\*, znanstveni svetnik - pomočnik vodja odseka
- prof. dr. Vid Bobnar, znanstveni svetnik
- prof. dr. Janez Dolinšek\*, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
- dr. Gregor Filipič
- doc. dr. Anton Gradišek
- dr. Alan Gregorovič
- Abdelrahim Ibrahim Hassanien, doktor znanosti
- doc. dr. Matjaž Humar
- Venkata Subba Rao Jampani, PhD.
- dr. Peter Jeglič
- dr. Andreja Jelen
- dr. Marjan Ješelnik\*
- dr. Martin Klanjšek
- dr. Tilen Koklič
- Georgios Kordogiannis, PhD., Grčija
- prof. dr. Samo Kralj\*, znanstveni svetnik
- prof. dr. Zdravko Kutnjak, znanstveni svetnik
- dr. Mojca Urška Mikac

- prof. dr. Griša Močnik\*
- doc. dr. Aleš Mohorič\*
- prof. dr. Igor Muševič\***, znanstveni svetnik - vodja odseka
- dr. Nikola Novak
- dr. Andriy Nych
- doc. dr. Dušan Ponikvar\*
- dr. Matej Pregelj
- Amid Ranjesh Siahkal, PhD.
- prof. dr. Miha Ravnik\*
- prof. dr. Maja Remškar, znanstveni svetnik
- doc. dr. Brigita Rožič
- prof. dr. Igor Serša, znanstveni svetnik
- prof. dr. Miha Škarabot
- prof. dr. Janez Štrancar, vodja raziskovalne skupine
- doc. dr. Uroš Tkalec\*
- dr. Polona Umek
- dr. Iztok Urbančič
- dr. Herman Josef Petrus Van Midden
- Mahendran Vellaichamy, PhD., Indija
- doc. dr. Andrej Vilfan
- dr. Stanislav Vrtnik
- prof. dr. Aleksander Zidanšek
- prof. dr. Andrej Zorko

43. dr. Erik Zupanič  
44. prof. dr. Slobodan Žumer, znanstveni svetnik

#### Podoktorski sodelavci

45. dr. Matej Bobnar  
46. dr. Maja Garvas  
47. dr. Matjaž Gomilšek  
48. *dr. Urška Gradišar Centa, odšla 15. 10. 2021*  
49. dr. Uroš Jagodič\*  
50. *Zuhail Kottoli Poyil, PhD., Indija, začasna prekinitev 1. 4. 2021*  
51. dr. Primož Koželj  
52. *dr. Mitja Krnel, začasna prekinitev 7. 4. 2021*  
53. dr. Marta Lavrič  
54. dr. Jože Luzar  
55. Deepshika Malkar, PhD., Indija  
56. dr. Maruša Mur  
57. dr. Luka Pirker  
58. dr. Rok Podlizec  
59. *dr. Gregor Posnjak, začasna prekinitev 1. 8. 2019*  
60. dr. Andraž Rešetič  
61. dr. Anna Ryzhkova  
62. *Saïde Umerova, PhD., odšla 28. 8. 2021*  
63. dr. Jernej Vidmar\*  
64. dr. Bojana Višič

#### Mlajši raziskovalci

65. Tina Arh, mag. fiz.  
66. Devid Črešnar, mag. fiz.  
67. Nikita Derets, Bakalvr, Ruska federacija  
68. Darja Gačnik, mag. fiz.  
69. Žiga Gosar, mag. fiz.  
70. Katja Gosar, mag. fiz.  
71. *dr. Saša Harkai, odšel 1. 12. 2021*  
72. Anton Hromov, Msc.  
73. *Nejc Janša, M.Sc. (Physik), Nemčija, odšel 1. 11. 2021*  
74. Vida Jurečič, mag. prof. pouč. fiz. in mat.  
75. Aljaž Kavčič, mag. fiz.  
76. Hana Kokot, mag. fiz.  
77. Boštjan Kokot, mag. fiz.  
78. Matjaž Malok, mag. inž. meh.  
79. mag. Bojan Marin\*  
80. Matevž Marinčič, mag. fiz.  
81. *dr. Aleksander Matavž, začasna prekinitev 19. 1. 2020*  
82. Tadej Mežnaršič, mag. fiz.  
83. Matic Morgan, mag. prof. pouč. fiz. in mat.  
84. Arkalekha Neogi, Msc., Indija  
85. Rok Peklar, mag. fiz.  
86. Gregor Pirnat, mag. fiz.  
87. Jaka Pišljar, mag. fiz.  
88. Anja Pogačnik Krajnc, mag. fiz.  
89. Aleksandar Sebastijanović, mag. mikrobiol.  
90. Linsy Jane Selvin Robert, Msc.  
91. *dr. Marion Antonia Van Midden, začasna prekinitev 1. 9. 2021*  
92. Rebeka Viltušnik, mag. inž. rad. tehnol.

#### Strokovni sodelavci

93. Petra Čotar, dipl. fiz. (UN)  
94. dr. Luka Drinovec\*  
95. Maša Kavčič, mag. medk. menedž.  
96. Ana Krišelj, mag. biokem.  
97. Ivan Kvasič, univ. dipl. inž. el.  
98. Blaž Mencinger, MSc, Nizozemska  
99. Jaka Močivnik, dipl. inž. meh. (VS)

#### Tehniški in administrativni sodelavci

100. Dražen Ivanov  
101. Janez Jelenc, dipl. inž. fiz.  
102. Davorin Kotnik  
103. Vesna Lopatič, mag. angl.  
104. Silvano Mendizza  
105. Peter Mihor  
106. Janja Milivojevič  
107. Ana Sepe, inž. fiz.  
108. Marjetka Tršinar

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. A.F. Ioffe Physico-Technical Institute, Sankt Peterburg, Ruska federacija  
2. AEROSOL razvoj in proizvodnja znanstvenih instrumentov, d. o. o., Ljubljana, Slovenija  
3. AMES, d. o. o., Brezovica pri Ljubljani, Slovenija

4. ART REBEL 9, d. o. o., Ljubljana, Slovenija  
5. Balder, d. o. o., Ljubljana, Slovenija  
6. BASF, Heidelberg, Nemčija  
7. Ben Gurion University, Beersheba, Izrael  
8. BIA SEPARATIONS, d. o. o., Ajdovščina, Slovenija  
9. BTT TEKSTIL, d. o. o., Zgorinja Kungota, Slovenija  
10. Centre national de la recherche scientifique, Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman, Thiais, Francija  
11. Centre national de la recherche scientifique, Laboratory de Marseille, Marseille, Francija  
12. Chalmers University of Technology, Physics Department, Göteborg, Švedska  
13. Clarendon Laboratory, Oxford, Velika Britanija  
14. CosyLab, d. d., Ljubljana, Slovenija  
15. Department of Chemistry, College of Humanities and Sciences, Nihon University, Tokio, Japonska  
16. Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg, Nemčija  
17. Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg, Nemčija  
18. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lozana, Švica  
19. Eidgenössische Technische Hochschule – ETH, Zürich, Švica  
20. Elettra (Synchrotron Light Laboratory), Bazovica, Italija  
21. European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francija  
22. Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Leioa, Španija  
23. Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Poznanj, Poljska  
24. Florida State University, Florida, ZDA  
25. Forschungszentrum Dresden Rossendorf, Dresden, Nemčija  
26. Gunma National College of Technology, Maebaši, Japonska  
27. Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.  
28. High Magnetic Field Laboratory, Nijmegen, Nizozemska  
29. High Magnetic Field Laboratory, Tallahassee, Florida, ZDA  
30. High-Magnetic-Field Laboratory, Grenoble, Francija  
31. Humboldt Universität Berlin, Institut für Biologie/Biophysik, Berlin, Nemčija  
32. Ilie Murgescu Institute of Physical Chemistry of the Romanian Academy, Bukarešta, Romunija  
33. Infineon Technologies Austria AG, Dunaj, Avstrija  
34. Infinite d. o. o., Limbuš, Slovenija  
35. Institut für Biophysik und nanosystemforschung OAW, Gradec, Avstrija  
36. Institut für Experimentalphysik der Universität Wien, Dunaj, Avstrija  
37. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška  
38. Institut za biofiziko, Medicinska fakulteta, Ljubljana, Slovenija  
39. Institut za kristalografijo Ruske akademije znanosti, Moskva, Rusija  
40. Institut za Teoretično fiziko univerze v Göttingenu, Göttingen, Nemčija  
41. Institute of Electronic Materials Technology, Varšava, Poljska  
42. Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Sciences, Poznanj, Poljska  
43. Instituto Superior Tecnico, Departamento de Fisica, Lizbona, Portugalska  
44. Instrumentation Technologies, d. d., Solkan, Slovenija  
45. International Center for Theoretical Physics, Trst, Italija  
46. International Human Frontier Science Program Organisation, Strasbourg, Francija  
47. ISIS, Rutherford Appleton Laboratory, Didcot, Velika Britanija  
48. Kavli Institute for Theoretical Physics, Santa Barbara, ZDA  
49. Kimberly Clark, Atlanta, ZDA  
50. King's College, London, Velika Britanija  
51. Klinični center Ljubljana, Ljubljana, Slovenija  
52. KMZ Zalar Miran s.p., CNC obdelava kovin in drugih materialov, Ljubljana, Slovenija  
53. Korea Basic Science Institute, Daejeon, Južna Koreja  
54. Krka, tovarna zdravil, d. d., Novo mesto, Slovenija  
55. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Švedska  
56. Kyung Hee University of Suwon, Impedance Imaging Research Center, Seul, Južna Koreja  
57. L'Oreal, Pariz, Francija  
58. Lek farmacevtska družba, d. d., Ljubljana, Slovenija  
59. Liquid Crystal Institute, Kent, Ohio, ZDA  
60. Lotrič Certificiranje, d. o. o., Zelezniki, Slovenija  
61. LPKF LASER & ELECTRONICS, d. o. o., Naklo, Slovenija  
62. LVL livarstvo in orodjarstvo, d. o. o., Kranj, Slovenija  
63. Max Planck Institut, Dresden, Nemčija  
64. Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, ZDA  
65. Melamin kemična tovarna, d. d., Kočevje, Slovenija  
66. Merck KGaA, Darmstadt, Nemčija  
67. Metalurško-kemična industrija Celje, d. d., Celje, Slovenija  
68. MH Hannover, Hannover, Nemčija  
69. Ministrstvo za obrambo, Ljubljana, Slovenija  
70. Nanotul, d. o. o., Ljubljana, Slovenija  
71. National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Physics, Kijev, Ukrajina  
72. National Center for Scientific Research Demokritos, Aghia Paraskevi Attikis, Grčija  
73. National Institute for Research in Inorganic materials, Tsukuba, Japonska  
74. Nuklearni Institut Vinča, Beograd, Srbija  
75. Optotek, d. o. o., Ljubljana, Slovenija  
76. Oxford University, Department of Physics, Department of Materials, Oxford, Velika Britanija  
77. PAB Akrapović, Buzet, Hrvaška  
78. Paul Scherrer Institut, Villigen, Švica  
79. Politecnico di Torino, Dipartimento di Fisica, Torino, Italija  
80. Radboud University Nijmegen, Research Institute for Materials, Nijmegen, Nizozemska

81. RLS Merilna tehnika, d. o. o., Žeja pri Komendi, Slovenija
82. Rwth Aachen University, Aachen, Nemčija
83. School of Physics, Hyderabad, Andhra Prades, Indija
84. SISSA, Trst, Italija
85. SRC sistemske integracije, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
86. State College, Pensilvanija, ZDA
87. Stelar, Mede, Italija
88. Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet, Reka, Hrvaška
89. Sveučilište u Zagrebu, Institut za fiziku, Zagreb, Hrvaška
90. TDK Electronics GmbH & Co OG, Deutschlandsberg, Avstrija
91. Technical University of Catalonia, Barcelona, Španija
92. Tehnična univerza Dunaj, Dunaj, Avstrija
93. TELA merilni sistemi, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
94. The Geisel School of Medicine at Dartmouth, Hanover, ZDA
95. The Max Delbrück Center for Molecular Medicine in Berlin, Berlin, Nemčija
96. Tohoku University, Sendai, Japonska
97. Tokyo University, Bunkyo, Tokio, Japonska
98. UNCOSS, Bruselj, Belgija
99. Università di Pisa, Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Pisa, Italija
100. Universität Freiburg, Institut für Makromolekulare Chemie, Freiburg, Nemčija
101. Universität Mainz, Geowissenschaften, Mainz, Nemčija
102. Universität Regensburg, Regensburg, Nemčija
103. Université de la Méditerranée, Marseille, Francija
104. Université de Nice, Nica, Francija
105. Université de Picardie Jules Verne, Amiens, Francija
106. Université Paris Sud, Pariz, Francija
107. University of Aveiro, Aveiro, Portugalska
108. University of Bristol, Bristol, Velika Britanija
109. University of California at Irvine, Beckman Laster Institute and Medical Clinic, Irvine, Kalifornija, ZDA
110. University of Duisburg, Duisburg, Nemčija
111. University of Durham, Durham, Velika Britanija
112. University of Innsbruck, Innsbruck, Avstrija
113. University of Leeds, Leeds, Velika Britanija
114. University of Linz, Institute of Chemistry, Department of Physical Chemistry & Linz Institute of Organic Solar Cells, Linz, Avstrija
115. University of Loughborough, Loughborough, Velika Britanija
116. University of Provence, Marseille, Francija
117. University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japonska
118. University of Utah, Department of Physics, Salt Lake City, Utah, ZDA
119. University of Waterloo, Department of Physics, Waterloo, Ontario, Kanada
120. University of Zürich, Zürich, Švica
121. Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija
122. Univerza v Monsu, Mons, Belgija
123. Univerza v Münchenu in MPQ, München, Nemčija
124. Univerza v Pavii, Pavia, Italija
125. Univerza v Severni Karolini, Chapel Hill, ZDA
126. Univerza v Siscoinsinu, Madison, ZDA
127. Wageningen University, Laboratory of Biophysics, Wageningen, Nizozemska
128. Weizman Institute, Rehovot, Izrael
129. Yonsei University, Seul, Južna Koreja
130. Zavod RS za transfuzijsko medicine, Ljubljana, Slovenija
131. Zelezarna Ravne, Ravne na Koroškem, Slovenija

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Neelakandan Marath Santhosh, Kush K. Updhyay, Petra Stražar, Gregor Filipič, Janez Zavašnik, André Mão de Ferro, Rui Pedro Silva, Elena Tatarova, Maria de Fátima Montemor, Uroš Cvelbar, "Advanced carbon-nickel sulfide hybrid nanostructures: extending the limits of battery-type electrodes for redox-based supercapacitor applications", *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 17, 20559–20572. [COBISS.SI-ID 60986371]
2. Juan Casanova-Chafer, Polona Umek, Selene Acosta, Carla Bittencourt, Eduard Llobet, "Graphene loading with polypyrrole nanoparticles for trace-level detection of ammonia at room temperature", *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 34, 40909–40921. [COBISS.SI-ID 73603843]
3. Petra Draksler, Urška Mikac, Peter Laggner, Amrit Paudel, Biljana Jankovič, "Polyethylene oxide matrix tablet swelling evolution: the impact of molecular weight and tablet composition", *Acta pharmaceutica*, 2021, **71**, 2, 215–243. [COBISS.SI-ID 43744003]
4. Andraž Bradeško, Lovro Fulanović, Marko Vrabelj, Aleksander Matavž, Mojca Otoničar, Jurij Koruza, Barbara Malič, Tadej Rojac, "Multifunctional cantilevers as working elements in solid-state cooling devices", *Actuators*, 2021, **10**, 3, 58. [COBISS.SI-ID 55105027]
5. Gregor Pirnat, Matjaž Humar, "Whispering gallery-mode microdroplet tensiometry", *Advanced photonics research*, 2021, **2**, 11, 2100129. [COBISS.SI-ID 78059523]
6. Lukas Link, Manisha Pathak, Franziska Jach, Primož Koželj, Alim H. Ormeci, Peter Höhn, Rainer Niewa, "The reduced nitridogermanates(III)  $\text{Ca}_6[\text{Ge}_2\text{N}_6]$  and  $\text{Sr}_6[\text{Ge}_2\text{N}_6]$  with Ge-Ge bonds", *Angewandte Chemie*, 2021, **60**, 14, 7691–7696. [COBISS.SI-ID 56931075]
7. Franziska Jach *et al.* (12 avtorjev), "Tricyanidoferrates(-IV) and ruthenates(-IV) with non-innocent cyanido ligands", *Angewandte Chemie*, 2021, **60**, 29, 15879–15885. [COBISS.SI-ID 94636803]
8. Mao-Hua Zhang, Changhao Zhao, Lovro Fulanović, Jürgen Rödel, Nikola Novak, Alexander Schökel, Jurij Koruza, "Revealing the mechanism of electric-field-induced phase transition in antiferroelectric  $\text{NaNbO}_3$  by in situ high-energy x-ray diffraction", *Applied physics letters*, 2021, **118**, 13, 132903. [COBISS.SI-ID 94840835]
9. Alexander Dubtsov, Sergey V. Pasechnik, Dina V. Shmeliyova, Boris A. Umanski, Samo Kralj, "Dual-frequency electrically driven nematic microstructures confined to biaxial porous polymer membranes", *Applied physics letters*, 2021, **119**, 22, 221903. [COBISS.SI-ID 88021763]
10. Oleg B. Baranov, Martin Košiček, Gregor Filipič, Uroš Cvelbar, "A deterministic approach to the thermal synthesis and growth of 1D metal oxide nanostructures", *Applied Surface Science*, 2021, **566**, 150619. [COBISS.SI-ID 71370243]
11. Maria Kezoudi *et al.* (25 avtorjev), "The Unmanned Systems Research Laboratory (USRL): a new facility for UAV-based atmospheric observations", *Atmosphere*, 2021, **12**, 8, 1042. [COBISS.SI-ID 73054467]
12. Jesús Yús-Díez, Marina Ealo, Marco Pandolfi, Noemí Perez, Gloria Titos, Griša Močnik, Xavier Querol, Andrés Alastuey, "Aircraft vertical profiles during summertime regional and Saharan dust scenarios over the north-western Mediterranean basin: aerosol optical and physical properties", *Atmospheric chemistry and physics*, 2021, **21**, 1, 431–455. [COBISS.SI-ID 47053571]
13. Luca Ferrero, Asta Gregorič, Griša Močnik, Martin Rigler, Sergio Cogliati, Francesca Barnaba, Luca Di Liberto, Gian Paolo Gobbi, Niccolò Losi, Ezio Bolzacchini, "The impact of cloudiness and cloud type on the atmospheric heating rate of black and brown carbon in the Po Valley", *Atmospheric chemistry and physics*, 2021, **21**, 6, 4869–4897. [COBISS.SI-ID 57618947]
14. Anna Tobler *et al.* (15 avtorjev), "Characterization of non-refractory (NR)  $\text{PM}_{10}$  and source apportionment of organic aerosol in Kraków, Poland", *Atmospheric chemistry and physics*, 2021, **21**, 19, 14893–14906. [COBISS.SI-ID 79708163]
15. Vera Bernardoni *et al.* (14 avtorjev), "Determination of Aethalometer multiple-scattering enhancement parameters and impact on source apportionment during the winter 2017/18 EMEP/ACTRIS/COLOSSAL campaign in Milan", *Atmospheric measurement techniques*, 2021, **14**, 4, 2919–2940. [COBISS.SI-ID 60095235]
16. Andrea Cuesta-Mosquera *et al.* (29 avtorjev), "Intercomparison and characterization of 23 Aethalometers under laboratory and ambient air conditions: procedures and unit-to-unit variabilities", *Atmospheric measurement techniques*, 2021, **14**, 4, 3195–3216. [COBISS.SI-ID 61521411]
17. Jesús Yús-Díez *et al.* (13 avtorjev), "Determination of the multiple-scattering correction factor and its cross-sensitivity to scattering and wavelength dependence for different AE33 Aethalometer filter tapes: a multi-instrumental approach", *Atmospheric measurement techniques*, 2021, **14**, 10, 6335–6355. [COBISS.SI-ID 78803715]
18. Rok Podlippec, Jaka Mur, Jaka Petelin, Janez Štrancar, Rok Petkovšek, "Method for controlled theranostics using a single tunable laser source", *Biomedical optics express*, 2021, **12**, 9, 5881–5893. [COBISS.SI-ID 75069699]

19. Giacomo Biagiotti *et al.* (12 avtorjev), "Combining cross-coupling reaction and Knoevenagel condensation in the synthesis of glyco-BODIPY probes for DC-SIGN super-resolution bioimaging", *Bioorganic chemistry*, 2021, **109**, 104730. [COBISS.SI-ID 52587523]
20. Tanusree Sengupta, Tilen Koklič, Barry R. Lentz, Rinku Majumder, "Phosphatidylserine and phosphatidylethanolamine regulate the structure and function of FVIIa and its interaction with soluble tissue factor", *Bioscience reports*, 2021, **41**, 2, BSR20204077. [COBISS.SI-ID 48405507]
21. Simone Del Pupo *et al.* (17 avtorjev), "Tuning graphene doping by carbon monoxide intercalation at the Ni(111) interface", *Carbon*, 2021, **176**, 253-261. [COBISS.SI-ID 50589187]
22. Yasir Beeran Pottathara, Vid Bobnar, Yves Grohens, Sabu Thomas, Rupert Kargl, Vanja Kokol, "High dielectric thin films based on UV-reduced graphene oxide and TEMPO-oxidized cellulose nanofibres", *Cellulose*, 2021, **28**, 3069-3080. [COBISS.SI-ID 49721859]
23. Damjan Vengust, Boštjan Jančar, Tilen Sever, Andreja Šestan, Vid Bobnar, Zdravko Kutnjak, Nina Daneu, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Improved environmental stability of thermoelectric ceramics based on intergrowths of  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9 - \text{Na}_{0.75}\text{CoO}_2$ ", *Ceramics international*, 2021, **47**, 8, 11687-11693. [COBISS.SI-ID 47814403]
24. Manal Benyoussef, Moneim Zannen, Jamal Belhadi, Bouchaib Manoun, Zdravko Kutnjak, Damjan Vengust, Matjaž Spreitzer, Mimoun El Marssi, Abdelilah Lahmar, "Structural, dielectric, and ferroelectric properties of  $\text{Na}_{0.5}(\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x)_{0.5}\text{TiO}_3$  ceramics for energy storage and electrocaloric application", *Ceramics international*, 2021, **47**, 18, 26539-26551. [COBISS.SI-ID 67928579]
25. Mohamed A. Aissa, Moneim Zannen, Manal Benyoussef, Jamal Belhadi, Matjaž Spreitzer, Zdravko Kutnjak, Mimoun El Marssi, Abdelilah Lahmar, "Large direct and inverse electrocaloric effects in lead-free Dy doped 0.975KNN-0.025NBT ceramics", *Ceramics international*, 2021, **47**, 22, 31286-31293. [COBISS.SI-ID 72210179]
26. Gabriel Salierno, Anton Gradišek, Mauricio Maestri, Julia Picabea, Miryan C. Cassanello, Cataldo De Blasio, Maria A. Cardona, Daniel Hojman, Héctor Somacal, "Comparison of the fluidized state stability from radioactive particle tracking results", *ChemEngineering*, 2021, **5**, 4, 65. [COBISS.SI-ID 78846723]
27. Andrew Frawley, Virginia Wycisk, Yaoyao Xiong, Silvia Galiani, Erdinc Sezgin, Iztok Urbančič, Andreas Vargas Jentsch, Kathryn G. Leslie, Christian Eggeling, Harry L. Anderson, "Super-resolution RESOLFT microscopy of lipid bilayers using a fluorophore-switch dyad", *Chemical science*, 2021, **11**, 33, 8955-8960. [COBISS.SI-ID 25958659]
28. Anže Abram, Anamarija Zore, Urban Lipovž, Anita Košak, Maja Garvas, Žan Boltežar, Klemen Bohinc, "Bacterial adhesion on prosthetic and orthotic material surfaces", *Coatings*, 2021, **11**, 12, 1469. [COBISS.SI-ID 87028227]
29. Luka Pirker, Metod Čebašek, Matej Serdinšek, Maja Remškar, "Size- and time-dependent aerosol removal from a protective box during simulated intubation and extubation procedures", *COVID*, 2021, **1**, 1, 315-324. [COBISS.SI-ID 93028355]
30. Luka Mesarec, Aleš Iglič, Veronika Kralj-Iglič, Wojciech Gózdź, Epifanio Giovanni Virga, Samo Kralj, "Curvature potential unveiled topological defect attractors", *Crystals*, 2021, **11**, 5, 539. [COBISS.SI-ID 63076611]
31. Hana Uršič, Marko Vrabelj, Mojca Otoničar, Lovro Fulanović, Brigita Rožič, Zdravko Kutnjak, Vid Bobnar, Barbara Malič, "Influence of synthesis-related microstructural features on the electrocaloric effect for  $0.9\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - 0.1\text{PbTiO}_3$  ceramics", *Crystals*, 2021, **11**, 372. [COBISS.SI-ID 58273795]
32. Zouhair Hanani *et al.* (14 avtorjev), "Morphogenesis mechanisms in the hydrothermal growth of lead-free BCTP nanostructured multipods", *CrystEngComm*, 2021, **23**, 30, 5249-5256. [COBISS.SI-ID 71371267]
33. Walter Jung *et al.* (12 avtorjev), "The impact of boron atoms on clathrate-I silicides: composition range of the borosilicide  $\text{K}_{8-x}\text{BySi}_{46-y}$ ", *Dalton transactions*, 2021, **50**, 4, 1274-1282. [COBISS.SI-ID 57711619]
34. Rana R. Haikal, Amrit Kumar, Daniel O'Nolan, Naveen Kumar, Stavros G. Karakalos, Abdou Hassanien, Michael J. Zaworotko, Mohamed H. Alkordi, "Mixed-metal hybrid ultramicroporous material (HUM) to graphene-supported tetrataenite as highly active and durable NPG catalyst for OER", *Dalton transactions*, 2021, **50**, 15, 5311-5317. [COBISS.SI-ID 57711619]
35. David Hickey, Andrej Vilfan, Ramin Golestanian, "Ciliary chemosensitivity is enhanced by cilium geometry and motility", *eLife*, 2021, **10**, e66322. [COBISS.SI-ID 74126595]
36. Nicolas Bukowiecki, Benjamin Brem, Günther Wehrle, Griša Močnik, Stéphane Affolter, Markus Christian Leuenberger, Martine Collaud Coen, Maxime Hervé, Urs Baltensperger, Martin Gysel-Ber, "Elucidating local pollution and site representativeness at the Jungfrauojuch, Switzerland through parallel aerosol measurements at an adjacent mountain ridge", *Environmental research communications*, 2021, **3**, 2, 021001. [COBISS.SI-ID 55142403]
37. Stefan Schymura *et al.* (11 avtorjev), "Dissolution-based uptake of  $\text{CeO}_2$  nanoparticles by freshwater shrimp - a dual-radiolabelling study of the fate of anthropogenic cerium in water organisms", *Environmental science: Nano*, 2021, **8**, 7, 1934-1944. [COBISS.SI-ID 68083203]
38. Iztok Urbančič *et al.* (11 avtorjev), "Aggregation and mobility of membrane proteins interplay with local lipid order in the plasma membrane of T cells", *FEBS Letters*, 2021, **595**, 16, 2127-2146. [COBISS.SI-ID 69772547]
39. Denis Plavčak, Urška Mikac, Maks Merela, "Influence of mechanical wounding and compartmentalization mechanism on the suppression of invasive plant species using the example of Cherry Laurel (*Prunus laurocerasus*)", *Forests*, 2021, **12**, 12, 1646. [COBISS.SI-ID 86858243]
40. Surya Krishnamurthy, K. S. Kapeleshh, Erik Dovgan, Mitja Luštrek, Barbara Gradišek Piletič, Kathiravan Srinivasan, Yu-Chuan (Jack) Li, Anton Gradišek, Shabbir Syed-Abdul, "Machine learning prediction models for chronic kidney disease using national health insurance claim data in Taiwan", *Healthcare*, 2021, **9**, 5, 546. [COBISS.SI-ID 62383107]
41. Aanchal Alagh, Fatima Ezahra Annanouch, Polona Umek, Carla Bittencourt, Jean François Colomer, Eduard Llobet, "An ultrasensitive room-temperature  $\text{H}_2\text{S}$  gas sensor based on 3D assembly of  $\text{Cu}_2\text{O}$  decorated  $\text{WS}_2$  nanomaterial", *IEEE sensors journal*, 2021, **21**, 19, 21212-21220. [COBISS.SI-ID 73609987]
42. Jessica Genovese, Matej Kranjc, Igor Serša, Massimiliano Petracci, Pietro Rocculi, Damijan Miklavčič, Samo Mahnič-Kalamiza, "PEF-treated plant and animal tissues: insights by approaching with different electroporation assessment methods", *Innovative food science & emerging technologies*, 2021, **74**, 102872. [COBISS.SI-ID 86015747]
43. Julia-Maria Hüber, Walter Jung, Marcus Schmidt, Matej Bobnar, Primož Koželj, Bodo Böhme, Michael Baitinger, Martin Etter, Yuri Grin, Ulrich Schwarz, "Cage adaption by high-pressure synthesis: the clathrate-I borosilicide  $\text{Rb}_8\text{B}_8\text{Si}_{38}$ ", *Inorganic chemistry*, 2021, **60**, 4, 2160-2167. [COBISS.SI-ID 48700419]
44. Pascal Boulet, Marie-Cécile de Weerd, Mitja Krnel, Stanislav Vrtnik, Zvonko Jagličič, Janez Dolinšek, "Structural model and spin-glass magnetism of the  $\text{Ce}_3\text{Au}_{13}\text{Ge}_4$  quasicrystalline approximant", *Inorganic chemistry*, 2021, **60**, 4, 2526-2532. [COBISS.SI-ID 50601219]
45. Sivaprased Ghanta, Anustoop Das, Partha Pratim Jana, Stanislav Vrtnik, Darja Gačnik, Jože Luzar, Andreja Jelen, Primož Koželj, Magdalena Wencka, Janez Dolinšek, "Structure and spin-glass magnetism of the  $\text{Mn}_x\text{Ni}_2\text{Zn}_{11-x}$  pseudobinary  $\gamma$ -brasses at low Mn content", *Inorganic chemistry*, 2021, **60**, 16, 12226-12236. [COBISS.SI-ID 72296707]
46. Laura Agnarelli, Yurii Prots, Ulrich Burkhardt, Marcus Schmidt, Primož Koželj, Andreas Leithe-Jasper, Yuri Grin, " $\text{Mg}_3\text{Pt}_2$ : anionic chains in a  $\text{Eu}_3\text{Ga}_2$ -type structure", *Inorganic chemistry*, 2021, **60**, 17, 13681-13690. [COBISS.SI-ID 73978627]
47. Katja Berginc, Aleksandar Aleksovski, Helena Vrbanc, Kaja Gantar, Igor Serša, Urška Mikac, "Understanding the *in vivo* performance of immediate release tablet formulations with atypical disintegration by using non-conventional disintegration and dissolution methods", *International journal of drug development and research*, 2021, **13**, 5, 349. [COBISS.SI-ID 96688643]
48. Marija Dragojlovič, Igor Milanović, Anton Gradišek, Sandra V. Kurko, Miodrag Mitrić, Anja Umičević, Jana Radaković, Katarina Batalović, "Mechanochemical modification of  $\text{LiAlH}_4$  with  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : a combined DFT and experimental study", *International journal of hydrogen energy*, 2021, **46**, 24, 13070-13081. [COBISS.SI-ID 51522819]
49. Markéta Havrdová, Iztok Urbančič, Kateřina Bartoň Tománková, Lukáš Malina, Janez Štrancar, Athanasios B. Bourlinos, "Self-targeting of carbon dots into the cell nucleus: diverse mechanisms of toxicity in NIH/3T3 and L929 cells", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 11, 5608. [COBISS.SI-ID 64593667]
50. Melani Potrč, Nerea Sebastián, Miha Škarabot, Irena Drevenšek-Olenik, Lea Spindler, "Supramolecular polymorphism of  $(\text{G}_4\text{C}_2)_n$  repeats associated with ALS and FTD", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 9, 4532. [COBISS.SI-ID 61441027]
51. Anton Gradišek, Mario Cifelli, Donatella Ancora, Ana Sepe, Boštjan Zalar, Tomaž Apih, Valentina Domenici, "Analysis of extra virgin olive oils from two Italian regions by means of proton nuclear magnetic resonance relaxation and relaxometry measurements", *Journal of agricultural and food chemistry*, 2021, **69**, 41, 12073-12080. [COBISS.SI-ID 59503363]
52. Donatella Ancora, Jerneja Milavec, Anton Gradišek, Mario Cifelli, Ana Sepe, Tomaž Apih, Boštjan Zalar, Valentina Domenici, "Sensitivity of proton NMR relaxation and proton NMR diffusion measurements to

- olive oil adulterations with vegetable oils", *Journal of agricultural and food chemistry*, 2021, **69**, 41, 12081-12088. [COBISS.SI-ID 64098563]
53. Andreja Jelen, Primož Koželj, Darja Gačnik, Stanislav Vrtnik, Mitja Krnel, Goran Dražič, Magdalena Wencka, Zvonko Jagličič, Michael Feuerbacher, Janez Dolinšek, "Collective magnetism of a single-crystalline nanocomposite FeCoCrMnAl high-entropy alloy", *Journal of alloys and compounds*, 2021, **864**, 158115. [COBISS.SI-ID 47327747]
54. Jan Thoen, George Cordoyiannis, Christ Glorieux, "Adiabatic scanning calorimetry investigation of the melting and order-disorder phase transitions in the linear alkanes heptadecane and nonadecane and some of their binary mixtures", *Journal of Chemical Thermodynamics*, 2021, **163**, 106596. [COBISS.SI-ID 75550467]
55. Guanglong Ma *et al.* (20 avtorjev), "PD1 blockade potentiates the therapeutic efficacy of photothermally-activated and MRI-guided low temperature-sensitive magnetoliposomes", *Journal of controlled release*, 2021, **332**, 419-433. [COBISS.SI-ID 54376707]
56. Abdallah Daddi-Moussa-Ider, Babak Nasouri, Andrej Vilfan, Ramin Golestanian, "Optimal swimmers can be pullers, pushers or neutral depending on the shape", *Journal of Fluid Mechanics*, 2021, **992**, R5. [COBISS.SI-ID 70736131]
57. Janez Stepišnik, Ioan Ardelean, Aleš Mohorič, "Molecular self-diffusion in internal magnetic fields of porous medium investigated by NMR MGSE method", *Journal of magnetic resonance*, 2021, **328**, 106981. [COBISS.SI-ID 62304515]
58. Primož Koželj *et al.* (13 avtorjev), "Spin-glass magnetism of the non-equiatom CoCrFeMnNi high-entropy alloy", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2021, **523**, 167579. [COBISS.SI-ID 41301507]
59. Zerrin Altıntaş, Sina Khoshsima, Marcus P. Schmidt, Matej Bobnar, Ulrich Burkhardt, Mehmet Somer, Özge Balci, "Evolution of magnetic properties of crystalline cobalt-iron boride nanoparticles via optimization of synthesis conditions using hydrous metal chlorides", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2021, **523**, 167634. [COBISS.SI-ID 54560515]
60. Rana Zibaei, Mohammad Sadegh Zakerhamidi, Sirous Korram, Amid Ranjesh Siahkhal, "Effects of polarized light on the optical and self-oscillation behaviors of liquid crystal network polymers", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2021, **9**, 41, 14908-14915. [COBISS.SI-ID 80578051]
61. Ahmed Kreta, Miran Gaberšček, Igor Muševič, "Time-resolved in situ electrochemical atomic force microscopy imaging of the corrosion dynamics of AA2024-T3 using a new design of cell", *Journal of materials research*, 2021, **36**, 1, 79-93. [COBISS.SI-ID 38009603]
62. Satyanarayan Patel, Nikola Novak, "The pyroelectric energy harvesting and storage performance around the ferroelectric/antiferroelectric transition in PNZST", *Journal of Materials Science*, 2021, **56**, 2, 1133-1146. [COBISS.SI-ID 46990083]
63. Luka Pirker *et al.* (11 avtorjev), "Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation", *Journal of membrane science*, 2021, **619**, 118756. [COBISS.SI-ID 32105219]
64. Amid Ranjesh Siahkhal, Tae-Hoon Yoon, "Ultrathin, transparent, thermally-insulated, and energy-efficient flexible window using coatable chiral-nematic liquid crystal polymer", *Journal of molecular liquids*, 2021, **339**, 116804. [COBISS.SI-ID 74722307]
65. Jan Thoen, George Cordoyiannis, Patricia Losada-Pérez, Christ Glorieux, "High-resolution investigation by Peltier-element-based adiabatic scanning calorimetry of binary liquid crystal mixtures with enhanced nematic ranges", *Journal of molecular liquids*, 2021, **340**, 117204. [COBISS.SI-ID 75549187]
66. Milan Ambrožič, Kaushik Pal, Samo Kralj, Arbresha Hölbl, "Nanoparticle controlled nematic macroscopic properties", *Journal of molecular structure*, 2021, **1230**, 129878. [COBISS.SI-ID 47621891]
67. Saša Harkai, Kaushik Pal, Samo Kralj, "Manipulation of  $m = 1$  topological disclination line core structure", *Journal of molecular structure*, 2021, **1234**, 30162. [COBISS.SI-ID 55881475]
68. Apparao Gudimalla, Sabu Thomas, Aleksander Zidanšek, "Phase behaviour of n-CB liquid crystals confined to controlled pore glasses", *Journal of molecular structure*, 2021, **1235**, 130217. [COBISS.SI-ID 66828547]
69. Aleš Fajmut, Kaushik Pal, Saša Harkai, Devid Črešnar, Zdravko Kutnjak, Samo Kralj, "The core structure of a laboratory-made dust devil-like vortex and its condensed matter analogs", *Journal of molecular structure*, 2021, **1237**, 30335. [COBISS.SI-ID 58279171]
70. Kaushik Pal, George Z. Kyzas, Samo Kralj, Fernando Gomes de Souza, "Sunlight sterilized, recyclable and super hydrophobic anti-COVID laser-induced graphene mask formulation for indelible usability", *Journal of molecular structure*, 2021, **1233**, 130100. [COBISS.SI-ID 55917827]
71. Anton Gradišek, Mathias S. Jørgensen, Mark Paskevicius, Bjarne R. S. Hansen, Torben R. Jensen, "Molecular dynamics in  $\text{Ag}_2\text{B}_{12}\text{H}_{12}$  studied by nuclear magnetic resonance", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2021, **125**, 10, 5534-5541. [COBISS.SI-ID 54016003]
72. Esteban Zuñiga-Puelles, Raul Cardoso-Gil, Matej Bobnar, Igor Veremchuk, Gerhard Heide, Roman Gumeniuk, "Electrical and thermal transport properties of natural and synthetic  $\text{FeAs}_x\text{S}_{2-x}$  ( $x \leq 0.01$ )", *The Journal of physics and chemistry of solids*, 2021, **150**, 109809. [COBISS.SI-ID 73478915]
73. Paweł Wyźga, Igor Veremchuk, Primož Koželj, Andreas Leithe-Jasper, Roman Gumeniuk, "Mn-for-Fe substitution in  $\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{In}_2\text{S}_4$  thiospinel - crystal structure and thermoelectric properties", *The Journal of physics and chemistry of solids*, 2021, **152**, 109984. [COBISS.SI-ID 56933635]
74. Nikola Novak, Florian Weyland, George A. Rossetti Jr., "Electrocaloric properties and caloric figure of merit in the ferroelectric solid solution  $\text{BaZrO}_3 - \text{BaTiO}_3$  (BZT)", *Journal of the European ceramic society*, 2021, **41**, 2, 1280-1287. [COBISS.SI-ID 69770499]
75. E. Venkata Ramana, Nuno M. Ferreira, Anubha Mahajan, David Maria Tobaldi, Igor Bdikin, Brigita Rožič, Zdravko Kutnjak, Manuel Almeida Valente, "Processing mediated enhancement of ferroelectric and electrocaloric properties in  $\text{Ba}(\text{Ti}_{0.8}\text{Zr}_{0.2})\text{O}_3 - (\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{TiO}_3$  lead-free piezoelectric", *Journal of the European ceramic society*, 2021, **41**, 13, 6424-6440. [COBISS.SI-ID 69770499]
76. Vahid Nasirimarekani, Tobias Strübing, Andrej Vilfan, Isabella Guido, "Tuning the properties of active microtubule networks by depletion forces", *Langmuir*, 2021, **37**, 26, 7919-7927. [COBISS.SI-ID 69387267]
77. Miha Škarabot, Marjeta Maček Kržmanc, Lina Rupnik, Gojmir Lahajnar, Danilo Suvorov, Igor Muševič, "Electric-field-induced reorientation of ferroelectric micro- and nano-platelets in the nematic liquid crystal", *Liquid crystals*, 2021, **48**, 3, 385-394. [COBISS.SI-ID 46413059]
78. Marta Lavrič *et al.* (12 avtorjev), "Tunability of the elastocaloric response in main-chain liquid crystalline elastomers", *Liquid crystals*, 2021, **48**, 3, 405-411. [COBISS.SI-ID 22334211]
79. Jeffrey Christopher Everts, Miha Ravnik, "Charge-, salt- and flexoelectricity-driven anchoring effects in nematics", *Liquid crystals*, 2021, **48**, 3, 423-435. [COBISS.SI-ID 21920003]
80. Pengfei Zhang, Andraž Rešetič, Marc Behl, Andreas Lendlein, "Multifunctionality in polymer networks by dynamic of coordination bonds", *Macromolecular chemistry and physics*, 2021, **222**, 3, 200394. [COBISS.SI-ID 47308035]
81. Nina Kostevšek, Patricija Miklavc, Matic Kisovec, Marjetka Podobnik, Wafa Al-Jamal, Igor Serša, "Magneto-erythrocyte membrane vesicles' superior  $T_2$  MRI contrast agents to magneto-liposomes", *Magnetochemistry*, 2021, **7**, 4, 51. [COBISS.SI-ID 59744259]
82. Saide Umerova, Danjela Kuščer, Matej Bobnar, Nikita Derets, Boštjan Zalar, Andraž Rešetič, "Shear flow-controlled shape memory of polymer resin dispersed liquid crystal elastomer microparticles", *Materials & design*, 2021, **207**, 109836. [COBISS.SI-ID 64302851]
83. Andreja Jelen, Jae Hyuck Jang, Junhyup Oh, Hae Jin Kim, Anton Meden, Stanislav Vrtnik, Michael Feuerbacher, Janez Dolinšek, "Nanostructure and local polymorphism in "ideal-like" rare-earth-based high-entropy alloys", *Materials characterization*, 2021, **172**, 110837. [COBISS.SI-ID 44582403]
84. Rok Podlipec, Esther Punzón Quijorna, Luka Pirker, Mitja Kelemen, Primož Vavpetič, Rajko Kavalar, Gregor Hlawacek, Janez Štrancar, Primož Pelicon, Samo K. Fokter, "Revealing inflammatory indications induced by titanium alloy wear debris in periprosthetic tby label-free correlative high-resolution ion, electron and optical microspectroscopy", *Materials*, 2021, **14**, 11, 3048. [COBISS.SI-ID 66427395]
85. Darja Gačnik *et al.* (13 avtorjev), "Structure and superconductivity of tin-containing HfTiZrSnM ( $M = \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Nb}, \text{Ni}$ ) medium-entropy and high-entropy alloys", *Materials*, 2021, **14**, 14, 3953. [COBISS.SI-ID 71210755]
86. Brigita Kmet, Danjela Kuščer, Soma Dutta, Hana Uršič, Aleksander Matavž, Franck Levassort, Vid Bobnar, Barbara Malič, Andreja Benčan, "Screen printed copper and tantalum modified potassium sodium niobate thick films on platinumized alumina substrates", *Materials*, 2021, **14**, 23, 7137. [COBISS.SI-ID 86280707]
87. Ekaterina Gongadze, Luka Mesarec, Samo Kralj, Veronika Kralj-Iglič, Aleš Iglič, "On the role of electrostatic repulsion in topological defect-driven membrane fission", *Membranes*, 2021, **11**, 11, 812. [COBISS.SI-ID 82459139]
88. Suzana Uran, Matjaž Malok, Božidar Bratina, Riko Šafarič, "A pot-like vibrational microfluidic rotational motor", *Micromachines*, 2021, **12**, 2, 177. [COBISS.SI-ID 51563779]



89. Aleksandra Drozd-Rzoska, Szymon Starzonek, Sylwester J. Rzoska, Joanna M. Łoś, Zdravko Kutnjak, Samo Kralj, "Pretransitional effects of the isotropic liquid-plastic crystal transition", *Molecules*, 2021, **26**, 2, 429. [COBISS.SI-ID 47374595]
90. Tilen Koklič *et al.* (12 avtorjev), "Electron paramagnetic resonance gives evidence for the presence of type 1 gonadotropin-releasing hormone receptor (GnRH-R) in subdomains of lipid rafts", *Molecules*, 2021, **26**, 4, 973. [COBISS.SI-ID 51410947]
91. Urška Mikac, Maks Merela, Primož Oven, Ana Sepe, Igor Serša, "MR study of water distribution in a beech (*Fagus sylvatica*) branch using relaxometry methods", *Molecules*, 2021, **26**, 14, 4305. [COBISS.SI-ID 71037699]
92. Zouhair Hanani *et al.* (12 avtorjev), "Lead-free nanocomposite piezoelectric nanogenerator film for biomechanical energy harvesting", *Nano energy*, 2021, **81**, 105661. [COBISS.SI-ID 42422787]
93. Xin Chen, Yang Tiannan, Qiyang Zhang, L. Q. Chen, Vid Bobnar, C. Rahn, Qiming M. Zhang, "Topological structure enhanced nanostructure of high temperature polymer exhibiting more than ten times enhancement of dipolar response", *Nano energy*, 2021, **88**, 106225. [COBISS.SI-ID 66896131]
94. Maja Garvas, Selene Acosta, Iztok Urbančič, Tilen Koklič, Janez Štrancar, Luiz A. O. Nunes, Peter Guttman, Polona Umek, Carla Bittencourt, "Single cell temperature probed by Eu<sup>+3</sup> doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles luminescence", *Nano select*, 2021, **2**, 6, 1208-1217. [COBISS.SI-ID 47651843]
95. Niko Carstens, Alexander Vahl, Ole Gronenberg, Thomas Strunskus, Lorenz Kienle, Franz Faupel, Abdou Hassani, "Enhancing reliability of studies on single filament memristive switching via an unconventional cAFM approach", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 2, 265. [COBISS.SI-ID 48065539]
96. Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Luka Pirker, Miran Mozetič, "One-step plasma synthesis of nitrogen-doped carbon nanomesh", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 4, 837. [COBISS.SI-ID 57205763]
97. Laure Bar, George Cordoyiannis, Shova Neupane, Jonathan Goole, Patrick Grosfils, Patricia Losada-Pérez, "Asymmetric lipid transfer between zwitterionic vesicles by nanoviscosity measurements", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 5, 1087. [COBISS.SI-ID 75548675]
98. Luka Pirker, Bojana Višič, Janez Kovač, Srečo D. Škapin, Maja Remškar, "Synthesis and characterization of tungsten suboxide W<sub>n</sub>O<sub>3n-1</sub> nanotiles", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 8, 1985. [COBISS.SI-ID 72209411]
99. Yuri Tanuma *et al.* (10 avtorjev), "Robust coherent spin centers from stable azafullerene radicals entrapped in cycloparaphenylene rings", *Nanoscale*, 2021, **13**, 47, 19946-19955. [COBISS.SI-ID 86989315]
100. Boštjan Kokot, Hana Kokot, Polona Umek, Katarina Petra van Midden, Stane Pajk, Maja Garvas, Christian Eggeling, Tilen Koklič, Iztok Urbančič, Janez Štrancar, "How to control fluorescent labeling of metal oxide nanoparticles for artefact-free live cell microscopy", *Nanotoxicology*, 2021, **15**, 8, 1102-1123. [COBISS.SI-ID 79746819]
101. Martin Klanjšek, "Singles singled out", *Nature physics*, 2021, **17**, 1081-1082. [COBISS.SI-ID 79855363]
102. Deshui Yu, Matjaž Humar, Krista Meserve, Ryan C. Bailey, Sile Nic Chormaic, Frank Vollmer, "Whispering-gallery-mode sensors for biological and physical sensing", *Nature reviews methods primers*, 2021, **1**, 83. [COBISS.SI-ID 88994563]
103. Mahsa Khadem Sadigh, Pouriya Naziri, Amid Ranjkesh Siahkal, Mohammad Sadegh Zakerhamidi, "Relationship of pitch length of cholesteric liquid crystals with order parameter and normalized polarizability", *Optical Materials*, 2021, **119**, 111373. [COBISS.SI-ID 74723331]
104. Mahsa Khadem Sadigh, Pouriya Naziri, Mohammad Sadegh Zakerhamidi, Amid Ranjkesh Siahkal, Tae-Hoon Yoon, "Temperature dependent features of polymer stabilized cholesteric liquid crystals based on selected liquid crystal characteristics", *Optik*, 2021, **230**, 166354. [COBISS.SI-ID 65002499]
105. Mitja Pohlen, Luka Pirker, Rok Dreu, "The potential of macroporous silica-nanocrystalline cellulose combination for formulating dry emulsion systems with improved flow properties: a DoE study", *Pharmaceutics*, 2021, **13**, 8, 1177. [COBISS.SI-ID 72824835]
106. Hanan Mezzourh, Saad Belkhadir, Daoud Mezzane, M'barek Amjoud, Elhassan Choukri, Abdelilah Lahmar, Yaovi Gagou, Zdravko Kutnjak, Mimoun El Marssi, "Enhancing the dielectric, electrocaloric and energy storage properties of lead-free Ba<sub>0.85</sub>Ca<sub>0.15</sub>Zr<sub>0.1</sub>Ti<sub>0.9</sub>O<sub>3</sub> ceramics prepared via sol-gel process", *Physica B, Condensed matter*, 2021, **603**, 412760. [COBISS.SI-ID 45033219]
107. Babak Nasouri, Andrej Vilfan, Ramin Golestanian, "Minimum dissipation theorem for microswimmers", *Physical review letters*, 2021, **126**, 3, 034503. [COBISS.SI-ID 48389635]
108. W. Sun, Tina Arh, Matjaž Gomilšek, Primož Koželj, Stanislav Vrtnik, Marko Herak, J.-X. Mi, Andrej Zorko, "Magnetic ordering of the distorted kagome antiferromagnet Y<sub>3</sub>Cu<sub>6</sub>(OH)<sub>18</sub>[Cl<sub>6</sub>(OH)] prepared via optimal synthesis", *Physical review materials*, 2021, **5**, 6, 064401-1-064401-11. [COBISS.SI-ID 65456899]
109. Katja Gosar *et al.* (11 avtorjev), "Single-shot Stern-Gerlach magnetic gradiometer with an expanding cloud of cold cesium atoms", *Physical review A*, 2021, **103**, 2, 022611. [COBISS.SI-ID 52681987]
110. Peter Prelovšek, Matjaž Gomilšek, Tina Arh, Andrej Zorko, "Dynamical spin correlations of the kagome antiferromagnet", *Physical review B*, 2021, **103**, 1, 014431. [COBISS.SI-ID 47744259]
111. T. J. Hicken *et al.* (13 avtorjev), "Megahertz dynamics in skyrmion systems probed with muon-spin relaxation", *Physical review B*, 2021, **103**, 2, 024428. [COBISS.SI-ID 47746819]
112. Silvie Maskova-Cerna *et al.* (15 avtorjev), "Insight into the physics of the 5f-band antiferromagnet U<sub>2</sub>Ni<sub>2</sub>Sn from the pressure dependence of crystal structure and electrical resistivity", *Physical review B*, 2021, **103**, 3, 035104. [COBISS.SI-ID 48693507]
113. Benjamin Huddart, Matjaž Gomilšek, T. J. Hicken, F. L. Pratt, Stephen Blundell, P. A. Goddard, S. J. Kaech, J. L. Manson, T. Lancaster, "Magnetic order and ballistic spin transport in a sine-Gordon spin chain", *Physical review B*, 2021, **103**, 6, L060405. [COBISS.SI-ID 51948547]
114. Nejc Janša, Kim-Khuong Huynh, Takuma Ogasawara, Martin Klanjšek, Peter Jeglič, Pietro Carretta, Katsumi Tanigaki, Denis Arčon, "Electron correlations and charge segregation in layered manganese pnictide antiferromagnets showing anomalously large magnetoresistance", *Physical review B*, 2021, **103**, 6, 064422. [COBISS.SI-ID 51806723]
115. Takuma Ogasawara, Kim-Khuong Huynh, Time Tahara, Takanori Kida, Masayuki Hagiwara, Denis Arčon, Motoi Kimata, Stephane Yu Matsushita, Kazumasa Nagata, Katsumi Tanigaki, "Large negative magnetoresistance in the antiferromagnet BaMn<sub>2</sub>Bi<sub>2</sub>", *Physical review B*, 2021, **103**, 12, 125108. [COBISS.SI-ID 53990659]
116. Sever Flipo, Helge Rosner, Matej Bobnar, Kristina O. Kvashnina, Andreas Leithe-Jasper, Roman Gumeniuk, "Thermoelectricity and electronic properties of Y<sub>1-x</sub>Ce<sub>x</sub>CrB<sub>4</sub>", *Physical review B*, 2021, **103**, 19, 195121. [COBISS.SI-ID 67442691]
117. K. Somesh, Y. Furukawa, G. Simutis, Fabrice Bert, M. Prinz-Zwick, N. Büttgen, Andrej Zorko, A. A. Tsirlin, Philippe Mendels, R. Nath, "Universal fluctuating regime in triangular chromate antiferromagnets", *Physical review B*, 2021, **104**, 10, 104422. [COBISS.SI-ID 77870851]
118. Martina Dragičević *et al.* (11 avtorjev), "Control of a polar order via magnetic field in a vector-chiral magnet", *Physical review B*, 2021, **104**, 12, L121107. [COBISS.SI-ID 77279491]
119. M. N. Wilson, T. J. Hicken, Matjaž Gomilšek, Aleš Štefančič, G. Balakrishnan, J. C. Loudon, A. C. Twitchett-Harrison, F. L. Pratt, M. Telling, T. Lancaster, "Spin dynamics in bulk MnNiGa and Mn<sub>1.4</sub>Pt<sub>0.9</sub>Pd<sub>0.1</sub>Sn investigated by muon spin relaxation", *Physical review B*, 2021, **104**, 13, 134414. [COBISS.SI-ID 81690627]
120. Jeffrey Christopher Everts, Miha Ravnik, "Ionically charged topological defects in nematic fluids", *Physical review X*, 2021, **11**, 1, 011054. [COBISS.SI-ID 55545603]
121. Lea Gazvoda, Bojana Višič, Matjaž Spreitzer, Marija Vukomanović, "Hydrophilicity affecting the enzyme-driven degradation of piezoelectric poly-L-lactic acid films", *Polymers*, 2021, **13**, 11, 1719. [COBISS.SI-ID 64428035]
122. Karthik Peddireddy, Simon Čopar, Khoa V. Le, Igor Muševič, Christian Bahr, Venkata Subba R. Jampani, "Self-shaping liquid crystal droplets by balancing bulk elasticity and interfacial tension", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2021, **118**, 14, e2011174118. [COBISS.SI-ID 58120707]
123. Miha Papič, Urban Mur, Kottoli Poyil Zuhail, Miha Ravnik, Igor Muševič, Matjaž Humar, "Topological liquid crystal superstructures as structured light lasers", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2021, **118**, 49, e2110839118. [COBISS.SI-ID 88125955]
124. Rebeka Viltužnik, Jernej Fabjan, Miran Jeromel, Zoran Milošević, Igor Kocijančič, Igor Serša, "Study of correlations between CT properties of retrieved cerebral thrombi with treatment outcome of stroke patients", *Radiology and oncology*, 2021, **55**, 4, 409-417. [COBISS.SI-ID 79857923]
125. Žiga Snoj, Igor Serša, Urša Matičič, Erika Cvetko, Gregor Omejec, "Nerve fascicle depiction at MR microscopy and high-frequency US with anatomic verification", *Radiology*, 2021, **297**, 3, 672-674. [COBISS.SI-ID 32560131]
126. Marija Bervida, Samo Stanič, Griša Močnik, Longlong Wang, Klemen Bergant, Xiaoquan Song, "Bora flow characteristics in a complex valley

- environment", *Remote sensing*, 2021, **13**, 21, 4363. [COBISS.SI-ID 83704835]
127. Soukaine Merselmiz, Zouhair Hanani, Daoud Mezzane, Anna G. Razumnaya, M'barek Amjoud, Lahoucine Hajji, Svitlana Terenchuk, Brigita Rožič, Igor A. Luk'yanchuk, Zdravko Kutnjak, "Thermal-stability of the enhanced piezoelectric, energy storage and electrocaloric properties of a lead-free BCZT ceramic", *RSC advances*, 2021, **11**, 16, 9459-9468. [COBISS.SI-ID 54513923]
128. Jeffrey Christopher Everts, Bohdan Senyuk, Haridas Mundoor, Miha Ravnik, Ivan I. Smalyukh, "Anisotropic electrostatic screening of charged colloids in nematic solvents", *Science advances*, 2021, **7**, 5, eabd0662. [COBISS.SI-ID 49147651]
129. Xu Yang, Adil M. Rather, Yuxing Yao, Jen-Chun Fang, Rajdeep S. Mamtani, Robert K. A. Bennett, Richard G. Atta, Solomon Adera, Uroš Tkalec, Xiaoguang Wang, "Liquid crystal-based open surface microfluidics manipulate liquid mobility and chemical composition on demand", *Science advances*, 2021, **7**, 40, eabi7607. [COBISS.SI-ID 79203075]
130. Vipul Lalchandani *et al.* (16 avtorjev), "Real-time characterization and source apportionment of fine particulate matter in the Delhi megacity area during late winter", *Science of the total environment*, 2021, **770**, 145324. [COBISS.SI-ID 48555267]
131. Luca Ferrero *et al.* (16 avtorjev), "Consistent determination of the heating rate of light-absorbing aerosol using wavelength- and time-dependent Aethalometer multiple-scattering correction", *Science of the total environment*, 2021, **791**, 148277. [COBISS.SI-ID 66309379]
132. Drago Kuzman, Marko Bunc, Miha Ravnik, Fritz Reiter, Lan Žagar, Matjaž Bončina, "Long-term stability predictions of therapeutic monoclonal antibodies in solution using Arrhenius-based kinetics", *Scientific reports*, 2021, **11**, 20534. [COBISS.SI-ID 81164035]
133. Igor Serša, "Magnetic resonance microscopy of samples with translational symmetry with FOVs smaller than sample size", *Scientific reports*, 2021, **11**, 541. [COBISS.SI-ID 46632451]
134. Jugaratna Khatua, Tina Arh, Shashi B. Mishra, Hubertus Luetkens, Andrej Zorko, Barindra Sana, M. S. Ramachandra Rao, Birabar R. K. Nanda, Panchanan Khuntia, "Development of short and long-range magnetic order in the double perovskite based frustrated triangular lattice antiferromagnet  $\text{Ba}_2\text{MnTeO}_6$ ", *Scientific reports*, 2021, **11**, 6959. [COBISS.SI-ID 57484803]
135. Primož Koželj, Martin Juckel, Alfred Amon, Yurii Prots, Alim H. Ormeci, Ulrich Burkhardt, Manuel Brando, Andreas Leithe-Jasper, Yuri Grin, Eteri Svanidze, "Non-centrosymmetric superconductor  $\text{Th}_4\text{Be}_{33}\text{Pt}_{16}$  and heavy-fermion  $\text{U}_4\text{Be}_{33}\text{Pt}_{16}$  cage compounds", *Scientific reports*, 2021, **11**, 22352. [COBISS.SI-ID 85710595]
136. Aanchal Alagh, Fatima Ezahra Annanouch, Polona Umek, Carla Bittencourt, Ayrton Sierra-Castillo, Emile Haye, Jean François Colomer, Eduard Llobet, "CVD growth of self-assembled 2D and 1D  $\text{WS}_2$  nanomaterials for the ultrasensitive detection of  $\text{NO}_2$ ", *Sensors and actuators. B, Chemical*, 2021, **326**, 128813. [COBISS.SI-ID 28155907]
137. Akhil Chandran M. K., Branimir Bajac, Gregor Filipič, Željka Cvejić, Vladimir V. Srdić, Milan Radovanović, Mitar Simić, Sohail Sarang, Goran M. Stojanović, "Synthesis and characterization of tin oxide nanopowder and its application to sensing different pathogens", *Sensors and materials*, 2021, **33**, 2, 513-527. [COBISS.SI-ID 55285507]
138. Anja Pogačnik Krajnc, Luka Pirker, Urška Gradišar Centa, Anton Gradišek, Igor B. Mekjavić, Matej Godnič, Metod Čebašek, Tina Bregant, Maja Remškar, "Size- and time-dependent particle removal efficiency of face masks and improvised respiratory protection equipment used during the COVID-19 pandemic", *Sensors*, 2021, **5**, 21, 1567. [COBISS.SI-ID 52915715]
139. Selene Acosta, L. J. Borrero-González, Polona Umek, Luiz A. O. Nunes, Peter Guttmann, Carla Bittencourt, "Nd<sup>3+</sup>-doped  $\text{TiO}_2$  nanoparticles as nanothermometer: high sensitivity in temperature evaluation inside biological windows", *Sensors*, 2021, **21**, 16, 5306. [COBISS.SI-ID 73607171]
140. Neelakandan Marath Santhosh, Vasyil Shvalya, Martina Modic, Nataša Hojnik, Janez Zavašnik, Jaka Olenik, Martin Košiček, Gregor Filipič, Ibrahim Abdulhalim, Uroš Cvelbar, "Label-free mycotoxin Raman identification by high-performing plasmonic vertical carbon nanostructures", *Small*, 2021, **17**, 49, 2103677. [COBISS.SI-ID 80208131]
141. Adam Susser, Samo Kralj, Charles Rosenblatt, "Co-revolving topological defects in a nematic liquid crystal", *Soft matter*, 2021, **17**, 42, 9616-9623. [COBISS.SI-ID 80444163]
142. Amid Ranjkesh Siahkhal, Yeongyu Choi, Jae-Won Huh, Seung-Won Oh, Tae-Hoon Hwang, "Flexible, broadband, super-reflective infrared reflector based on cholesteric liquid crystal polymer", *Solar energy materials and solar cells*, 2021, **230**, 111137. [COBISS.SI-ID 65000195]
143. Urška Gradišar Centa, Meta Sterniša, Bojana Višič, Žiga Federl, Sonja Smole Možina, Maja Remškar, "Novel nanostructured and antimicrobial PVDF – HFP/PVP/MoO<sub>3</sub> composite", *Surface innovations*, 2021, **9**, 5, 256-266. [COBISS.SI-ID 45504003]
144. Aleksander Matavž, Primož Koželj, Maximilian Winkler, Korbinian Geirhos, Peter Lunkenheimer, Vid Bobnar, "Nanostructured multiferroic  $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3 - \text{NiFe}_2\text{O}_4$  thin-film composites", *Thin solid films*, 2021, **732**, 138740. [COBISS.SI-ID 66889219]
145. Elif Gokcen Ates, Valentina Domenici, Małgorzata Florek-Wojciechowska, Anton Gradišek, Danuta Kruk, Nadica Maltar-Strmečki, Mecit Oztop, Emin Burcin Ozvural, Anne-Laure Rollet, "Field-dependent NMR relaxometry for food science: applications and perspectives", *Trends in food science & technology*, 2021, **110**, 513-525. [COBISS.SI-ID 52526595]
146. Tjaša Parkelj Potočnik, Erik Zupanič, Janez Kovač, Matjaž Spreitzer, "Prenos vzorcev v ultravisokem vakuumu s pomočjo vakuumskega kovčka", *Vakuumist*, 2021, **41**, 1/2, 14-18. [COBISS.SI-ID 97033219]
147. Julia-Maria Hübner, Walter Jung, Primož Koželj, Matej Bobnar, Raul Cardoso-Gil, Ulrich Burkhardt, Bodo Böhme, Michael Baitinger, Ulrich Schwarz, Yuri Grin, "Mastering extreme size constraints in the clathrate-I borosilicide  $\text{Cs}_8\text{B}_8\text{Si}_{38}$ ", *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 2021, **647**, 2-3, 119-125. [COBISS.SI-ID 73483779]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Kaushik Pal, Alaa AA Aljabali, Samo Kralj, Sabu Thomas, Fernando Gomes de Souza, "Graphene-assembly liquid crystalline and nanopolymer hybridization: a review on switchable device implementations", *Chemosphere*, 2021, **263**, 128104. [COBISS.SI-ID 29585923]
2. Kaushik Pal, Si Asiya, Gharieb S. El-Sayyad, M. Abd Elkodous, Rajesh Kumar, Ahmed I. El-Batal, Samo Kralj, Sabu Thomas, "Cutting edge development on graphene derivatives modified by liquid crystal and  $\text{CdS}/\text{TiO}_2$  hybrid matrix: optoelectronics and biotechnological aspects", *Critical reviews in solid state and materials sciences*, 2021, **46**, 5, 385-449. [COBISS.SI-ID 32388099]
3. Simon Čopar, Miha Ravnik, Slobodan Žumer, "Introduction to colloidal and microfluidic nematic microstructures", *Crystals*, 2021, **11**, 956. [COBISS.SI-ID 73231619]
4. George Cordoyiannis, Marta Lavrič, Vasileios Tzitzios, Maja Trček, Ioannis Lelidis, George Nounesis, Samo Kralj, Jan Thoen, Zdravko Kutnjak, "Experimental advances in nanoparticle-driven stabilization of liquid-crystalline blue phases and twist-grain boundary phases", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 11, 2968. [COBISS.SI-ID 83680771]
5. Xian Chen, Irene Fonseca, Miha Ravnik, Valeriy Slastikov, Claudio Zannoni, Arghir Zarnescu, "Topics in the mathematical design of materials", *Philosophical transactions. Mathematical, physical and engineering sciences*, 2021, **379**, 20200108. [COBISS.SI-ID 64636675]
6. Mitja Kralj, Marko Kralj, Samo Kralj, "Topological defects in nematic liquid crystals: laboratory of fundamental physics", *Physica status solidi. A, Applications and materials science*, 2021, **218**, 17, 2000752. [COBISS.SI-ID 52854019]

## STROKOVNI ČLANKI

1. Anton Gradišek, Luka Pirker, "How masks protects us", *Alternator: misliti znanost*, 1. 3. 2021. [COBISS.SI-ID 53767171]
2. Urška Gradišar Centa, "Protimikrobne nanokompozitne prevleke: ključ do zmanjšane prenosa okužb", *Alternator: misliti znanost*, 30. sep. 2021. [COBISS.SI-ID 78905347]
3. Aleš Mohorič, "Razklon na stekleni prizmi", *Presek*, 2020/2021, **48**, 5, 13-15, 18-19. [COBISS.SI-ID 62397955]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. Peter Ropač, Urban Mur, Miha Ravnik, "Design of two-dimensional photonic crystals using geometry and self-similarity", V: *Emerging Liquid Crystal Technologies XVI, 6-12 March 2021, CA, USA*, (Proceeding of SPIE **11707**), SPIE, 2021, 117070i. [COBISS.SI-ID 54549251]
2. Guilhem Poy, Slobodan Žumer, "Chirality-enhanced nonlinear optical response of frustrated liquid crystals", V: *Liquid Crystals XXV, 1-5 August 2021, San Diego, CA, USA*, (Proceedings of SPIE **11807**), SPIE, 2021, 1180708. [COBISS.SI-ID 73224451]
3. Luka Mesarec, Wojciech Gózdź, Aleš Iglič, Veronika Kralj-Iglič, Epifanio Giovanni Virga, Samo Kralj, "Stability of normal red blood cells

explained by membrane's in-plane ordering", V: *Sokratska predavanja: 4. mednarodni minisimpozij, Ljubljana, 11.-12. december 2020*, zbornik recenziranih prispevkov, Zdravstvena fakulteta Ljubljana, 2021, 21-27. [COBISS.SI-ID 52934147]

4. Samo Kralj, "Tekoči kristali: poligon osnovne fizike", V: *Znanstveno popoldne in 74. občni zbor DMFA Slovenije: 19. november 2021*, DMFA - Založništvo, 2021, 9. [COBISS.SI-ID 88506627]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Bojan Cestnik, Andreja Abina, Rebeka Kovačič Lukman, Aleksander Zidanšek, "Expert system for systematic monitoring of sustainability-related competences in higher education", V: *16th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES), 10-15 October 2021, Dubrovnik, Croatia*, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, 2021. [COBISS.SI-ID 88904451]
2. Mitja Luštrek, Nina Reščič, Vito Janko, David Susič, Carlo De Masi, Aljoša Vodopija, Matej Marinko, Tea Tušar, Erik Dovgan, Matej Cigale, Anton Gradišek, Matjaž Gams, "Napovedovanje trendov in optimiziranje ukrepov v boju proti pandemiji COVID-19: Tekmovanje XPRIZE in naslednji koraki", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 52-55. [COBISS.SI-ID 86439683]
3. Zdenko Vuk, Jani Bizjak, Erik Dovgan, Matjaž Gams, Anton Gradišek, "An overview of the BATMAN platform", V: *IS 2021, Delavnica projekta BATMAN, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek J, Institut "Jožef Stefan", 2021, 19-22. [COBISS.SI-ID 87098371]
4. Igor Muševič, Karthik Peddireddy, Maruša Mur, Khoa V. Le, Simon Čopar, Christian Bahr, Venkata Subba R. Jampani, "Self-shaping of liquid crystals into superstructures for photonic applications", V: *Emerging Liquid Crystal Technologies XVI, 6-12 March 2021, CA, USA*, (Proceeding of SPIE **11707**), SPIE, 2021, 117070f. [COBISS.SI-ID 74797571]
5. Igor Serša, "Electric current detection by  $T_2^*$  relaxivity change: A Feasibility Study", V: *EMBECE 2020, 8th European Medical and Biological Engineering Conference, 29 November-3 December 2020, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Springer, 2021, 470-477. [COBISS.SI-ID 40942851]
6. Eva Klemenčič, Maja Trček, Zdravko Kutnjak, Samo Kralj, "Elektrokaločni pojav v smektičnih tekočih kristalih", V: *RII6, Razvoj industrijskega inženiringa: priložnosti, potenciali, izzivi, Novo mesto, april 2021*, zbornik recenziranih prispevkov, Fakulteta za industrijski inženiring, 2021, 52-58. [COBISS.SI-ID 72069635]
7. Lara Anja Lešnik Zupan, Jernej Vidmar, Peter Popovič, "A-V malformacija trebušne slinavke-predstavitev primera", V: *Slikovna diagnostika trebušne slinavke, marec 2021, Ljubljana, Slovenija*, zbornik znanstvenih prispevkov, Katedra za radiologijo Ljubljana, Inštitut ERA, 2021, 30-36. [COBISS.SI-ID 59599107]
8. Nina Reščič et al. (12 avtorjev), "Finding efficient intervention plans against Covid-19: second place at the XPRIZE Pandemic Response Challenge", V: *ETAI 2021, XV International Conference, September 23-24 2021*, Proceedings, (ETAI Megunarodna Konferenca 1 2), 2021, 139-143. [COBISS.SI-ID 83629571]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. George Cordoyiannis, Laure Bar, Patricia Losada-Pérez, "Recent advances in quartz crystal microbalance with dissipation monitoring: phase transitions as descriptors for specific lipid membrane studies", V: *Advances in biomembranes and lipid self-assembly* **34**, Elsevier, 2021, 107-128. [COBISS.SI-ID 94637571]
2. Nina Kostevšek, Igor Serša, "Characterization of metal-based nanoparticles as contrast agents for magnetic resonance imaging", V: *Analysis and characterisation of metal-based nanomaterials*, (Comprehensive analytical chemistry **93**), Elsevier, 2021, 303-343. [COBISS.SI-ID 65094659]
3. Apparao Gudimalla, Brigita Rožič, Samo Kralj, "Behavior of nanoparticles within liquid crystal phases", V: *Fundamentals and properties of multifunctional nanomaterials*, (Micro and nano technologies series), Elsevier, 2021, 65-96. [COBISS.SI-ID 74524163]

4. Iztok Urbančič, B. Christoffer Lagerholm, Falk Schneider, "Fluorescence correlation spectroscopy", V: *Imaging modalities for biological and preclinical research. Volume 1, Ex vivo biological imaging*, (IPEM-IOP series in physics and engineering in medicine and biology), IOP Publishing, 2021, i.8.b. [COBISS.SI-ID 64942851]
5. Serhii Ivanchenko, Saide Umerova, D. I. Baranovskyi, Aleksandr Nikolaevyč Kovalenko, Andrey Ragulya, "BaTiO<sub>3</sub> films for multilayer devices by tape casting/perovskites and other framework structure materials", V: *Perovskites and other framework structure crystalline materials*, (Artificially created materials and applications **1**), Independently Published, 2021, 437-466. [COBISS.SI-ID 57115907]

## SREDNJEŠOLSKA, OSNOVNOŠOLSKA ALI DRUGA UČBENIKA Z RECENZIJO

1. Aleš Mohorič, Vito Babič, *Fisica 2: libro di testo di fisica per la seconda classe del ginnasio e per gli istituti professionali*, Mladinska knjiga, 2021. [COBISS.SI-ID 74301699]
2. Aleš Mohorič, Vito Babič, *Fizika 3: učbenik za fiziko v 3. letniku gimnazij in štiri letnih strokovnih šol*, Mladinska knjiga, 2021. [COBISS.SI-ID 70021123]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Andrej Zorko, *Video predavanja iz Moderne fizike*, 2021. [COBISS.SI-ID 60715011]
2. Stanislav Vrtnik, *Zbirka fizikalnih nalog: fizika II: fizikalna merilna tehnika*, 2021. [COBISS.SI-ID 52409603]

## PATENTNA PRIJAVA

1. Martin Rigler, Viktor Pilko, Luka Drinovec, Griša Močnik, *A heating chamber for measuring carbonaceous aerosol, and a device comprising said chamber*, EP3832302 (A1), European Patent Office, 09. 06. 2021. [COBISS.SI-ID 88039939]

## PATENTI

1. Gregor Filipič, Kristina Eleršič, Darij Kreuh, Janez Kovač, Uroš Cvelbar, Miran Mozetič, *A method of colouring titanium and titanium alloys*, GB2530805 (B), Intellectual Property Office, 24. 11. 2021. [COBISS.SI-ID 29504807]
2. Janez Štrancar, Rok Podlipec, Iztok Urbančič, Zoran Arsov, Andrej Vrečko, *Image-processing apparatus and image-processing method for detection of irregularities in tissue*, EP3755994 (B1), European Patent Office, 26. 05. 2021. [COBISS.SI-ID 31223079]
3. Vid Bobnar, Barbara Malič, Aleksander Matavž, *Metoda proizvajanja polimernih plasti z modificirano površino*, SI25887 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 31. 03. 2021. [COBISS.SI-ID 32699175]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Urška Gradišar Centa, *Polimerni nanokompoziti na osnovi biološko ustreznih polimerov in nanožic molibdenovih oksidov: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Maja Remškar). [COBISS.SI-ID 68720899]
2. Apparao Gudimalla, *Stabilizacija topoloških defektov v tekočih kristalih s pomočjo kiralnosti in nanodelcev: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Samo Kralj; somentorja Sabu Thomas, Brigita Rožič). [COBISS.SI-ID 97852931]
3. Saša Harkai, *Rekonfigurabilne mreže nematskih topoloških defektov: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Samo Kralj). [COBISS.SI-ID 87958531]
4. Neelakandan Marath Santhosh, *Plazemsko omogočeno oblikovanje hibridnih ogljikovih nanostruktur za shranjevanje energije: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Uroš Cvelbar; somentor Gregor Filipič). [COBISS.SI-ID 92485635]
5. Urban Mur, *Fotonski načini v anizotropni topološki mehki snovi: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Miha Ravnik). [COBISS.SI-ID 85091075]
6. Marion Antonia van Midden, *Vrstična tunelska mikroskopija koreliranih elektronskih materialov in molekularnih struktur: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Miha Škarabot; somentor Erik Zupanič). [COBISS.SI-ID 72761603]

**Dejavnost enote za plinsko elektroniko obsega veliko različnih področij, od znanosti o plinih in plinskih razelektrivah, plazemske nanoznanosti, plazemske biologije in biomedicine, napredne senzorike, elektronike površin in kristalov do napredne vakuumske znanosti in tehnologije. V okviru teh raziskujemo različne plinske in plazemske sisteme ter njihovo uporabo na različnih področjih, ki so pomembna za napredek človeštva. Raziskovalni dosežki so zato precej raznoliki. Najpomembnejši dosežki in napredek v raziskavah so opisani v nadaljevanju.**

Glavne dejavnosti na odseku zajemajo med seboj povezana raziskovalna področja, kot so znanost o plinih in plinastih razelektrivah, plazemska nanoznanost, obdelava in sinteza nanomaterialov, plazemska kemija, plazemska elektrokemija in kataliza, plazemska biomedicina in biotehnologija, plinski senzori, raziskave na polju v nanostrukturiranih materialih, optoelektroniki, vakuumske znanosti, načrtovanje vakuumskih sistemov, vakuumska toplotna izolacija in druge nastajajoče teme, pomembne za manipulacijo atomov in elektronov. Te raziskovalne teme so združene za reševanje različnih problemov in spopadanje z velikimi izzivi v znanosti in tehnologiji ter za podporo novih nastajajočih področij raziskav.

## **Nova partnerska skupina pri Max-Planck-Institut**

Julija 2021 je društvo Max Planck nagradilo slovensko-nemško partnersko raziskovalno skupino med IJS in Max-Planck-Institut für Eisenforschung (MPIE), Düsseldorf, Nemčija. Partnerska raziskovalna skupina na temo visoko zmogljivih materialov želi povečati odpornost materialov, ki so izpostavljeni sočasni obremenitvi s plinom in visokim temperaturam, ter razkriti vlogo razvoja mikrostrukture in njen vpliv na interakcijo plin-trdna snov. Partnersko skupino, financirano za naslednjih 5 let, na F6 vodi doc. dr. Zavašnik. Skupina je ustanovljena na MPIE na odseku Struktura in nano-/mikromehanika materialov (povezava: <https://www.mpie.de/4580830/new-partner-group-on-high-performance-materials>).

## **Raziskave plazme na atmosferskem tlaku in odkritje stabilizacije tekočinskih nestabilnosti**

Že več kot desetletje se znanstveniki ukvarjajo z vprašanjem, kako ugnati nestabilnosti v tekočinah in na njihovih površinah. Te nestabilnosti, ki jih opazujemo v tekočinah, so vrtinci, nihajna gibanja, turbulentni tokovi, brizganje ipd. V fiziki so te nestabilnosti poznane pod strokovnimi imeni znanstvenikov, ki so jih raziskovali, in sicer Kelvin-Helmholtzeva nestabilnost, Plateau-Rayleighova nestabilnost, Rayleigh-Taylorjeva nestabilnost itd. Te predstavljajo najpomembnejše probleme v dinamiki tekočin. Presenetljivo je, da je bilo za omejevanje ali odpravo teh nestabilnosti, zlasti na fazni meji plin-tekočina, vloženo zelo malo truda. Dosedanje rešitve za omejevanje so vključevala zgolj geometrijsko preoblikovanje sistemov, predvsem toka plina, ki so te nestabilnosti omejili ali ublažili.

Tega problema se je lotila tudi mednarodna ekipa, ki so jo sestavljali člani iz korejskega KAIST-a (okrajšava za ang. Korea Advanced Institute of Science and Technology) in člani Instituta "Jožef Stefan". Na tem področju je ekipa naredila pomemben preboj, saj je ugotovila, da lahko preprosta uporaba ioniziranega plina, ki nastane s plazemsko razelektritvijo plina pri atmosferskem tlaku, stabilizira takšne nestabilnosti tekočine. To je možno doseči tudi brez standardnega geometrijskega preoblikovanja sistema za pihanje plina na površino tekočine samo s spremembo lastnosti curka plina. Te spremembe lastnosti dosežemo z razelektritvijo pihanega plina, kar je popolnoma nov pristop in spremeni obnašanje curka plina ob interakciji s površino tekočine.

Takšne plinske razelektritve so znane že desetletja. V znanstveni literaturi jih zasledimo pod imenom hladne plazme pri atmosferskem tlaku, ki značilno nastanejo ob razelektrivah plina v curkih ali ob razelektrivenih površinah ob prisotnosti elektrod. V teh razelektrivah se pogosto uporabljajo inertni plini (na primer argon ali helij), v katerih lažje ustvarimo razelektritve pri atmosferskem tlaku ali različne mešanice z nekaj inertnega plina. V najpreprostejših primerih se uporablja tudi zunanja zračna atmosfera, predvsem ob površinskih razelektrivah. Značilnost vseh teh plazem je, da je temperatura plina razmeroma hladna, kar pomeni, da je skoraj pri sobni temperaturi ali ne bistveno višja od več deset stopinj Celzija. Tovrstne plazme vsebujejo

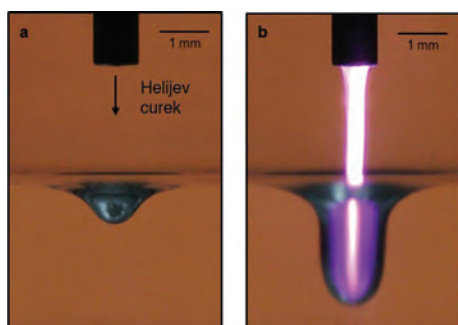


Vodja:

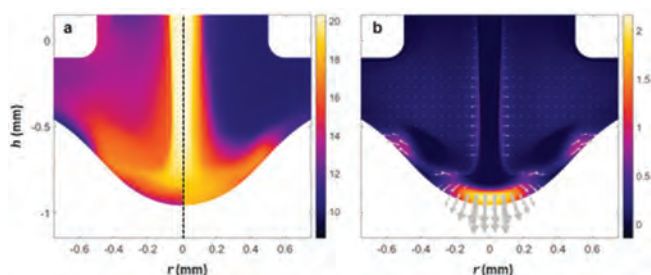
**prof. dr. Uroš Cvelbar**



*Slika 1: Shematski prikaz plazemskega curka, ustvarjenega pri atmosferskem tlaku, ki deluje na vodno površino in jo stabilizira.*



Slika 2: Deformacija vodne površine s kavitacijsko votlino pri interakciji nevtralnega (a) in ioniziranega curka plina (b)



Slika 3: Teoretična ocena plazemskih karakteristik s porazdelitvijo gostote prostorskega naboja (a) in velikost elektrohidrodinamične sile v obravnavanem sistemu (b)

vrsto drugih reaktivnih delcev, tako nabitih, nevtralnih, metastabilnih itd., vključno z elektroni in ioni, ki pa imajo lahko mnogo višje temperature (nekaj tisoč stopinj Celzija) in tako sestavljajo termodinamično neravnotejni plinski sistem.

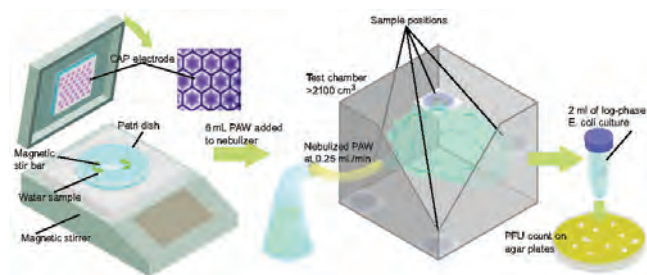
Ko ti delci medsebojno delujejo z drugimi zunanjimi delci oz. okoliškimi molekulami v zračni atmosferi, se pojavi zanimiv pojav, znan kot električni veter. Ta veter nastane zaradi prenosa gibalne količine iz pospešenih nabitih vrst v nevtralni plin v električnem polju, zaradi česar nastane elektrohidrodinamična sila. O tem pojavu smo že poročali v reviji *Nature Communications* (9 (2018) 371). Prav izolacija, kvantifikacija in zmožnost nadzora elektrohidrodinamične sile pri določenih razelektritvenih pogojih, brez prisotnosti drugih pojavov v curku plina, pa so tiste, ki omogočajo njeno nadaljnjo uporabo.

V novi raziskavi pa smo prav ta pojav uporabili na mejni fazi plin-tekočina, da bi uspešno rešili splošni problem nadzora nestabilnosti tekočin, kot je bilo opisano na začetku. Najpomembnejši temeljni kamen tega pristopa sta uporaba in nadzor s plazmo ustvarjene elektrohidrodinamične sile, ki deluje na površino tekočine in omogoči stabilizacijo nestabilnih struktur v tekočini. To smo prikazali na najenostavnejšem primeru udorne votline ali tako imenovane kavitacijske votline, ki nastaja na površini deionizirane vode ob pritisku curka plina nanjo (slike 1–3). Ob dotoku plina na površino tekočine pod različnimi nagibi ali hitrosti plina namreč nastajajo različne nestabilnosti, ki smo jih med raziskavo tudi obravnavali in stabilizirali.

Ekperimentalno in numerično smo pokazali, da je elektrohidrodinamična sila, ki nastane v nastali votlini, odgovorna za razširitev kavitacijske votline, hkrati pa ohranja stabilnost kljub kritičnemu pretoku plina na površino na robu nestabilnega nihanja. Rezultati tega dela so bili objavljeni v reviji *Nature* (592 (2021) 49–53).

### Nagrajeni rezultati za leto 2021 o plazmi pri atmosferskem tlaku, ki se uporabljajo v procesih dekontaminacije

Člani odseka F6 so odkrili nova spoznanja na področjih svetovnega pomena, vključno z vodovarnostjo in zatiranjem virusov v zraku, s čimer so ustvarili odmevne znanstvene rezultate, ki bi lahko spodbudili izjemne družbeno-ekonomske koristi v Sloveniji in širše. Člani so za svoja pretekla dela o onesnaženju z mikotoksini dobili nacionalno priznanje, pri čemer je revija *Journal of Hazardous Materials* (Hojnik *et al.* JHM, 2021) prejela nagrado za znanstveno odličnost na področju biotehnologije, članek sodelavcev odseka F6 pa je bil objavljen v reviji *Plasma Processi in polimeri* (Hojnik *et al.*, 2021), in sicer kot eden od najbolj citiranih prispevkov v letu.



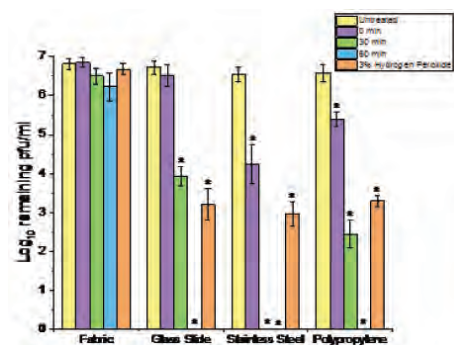
Slika 4: Postopek za generacijo plazemsko aktivirane vode in virusne inaktivacije

### Aerosolizirana voda, aktivirana s plazmo, za dekontaminacijo velikih površin virusa

Aerosoli, pripravljani s plazemsko aktivirano vodo za dekontaminacijo virusov: Nove in učinkovite metode za dezinfekcijo površin so nujno potrebne za zmanjšanje prenosa infektivnih virusnih delcev, kot je SARS-CoV-2. Skupina F6 je proučevala učinke plazemsko aktivirane vode v obliki aerosolov (nPAW) na MS2 bakteriofagih, ki so služili kot nadomestki za patogene viruse, kot je SARS-CoV-2. Bakteriofage smo inokulirali na štiri različne testne površine, ki se pogosto uporabljajo v zdravstvenih okoljih.

Učinkovitost nPAW smo preverjali z učinkovitostjo vodikovega peroksida, ki je eno od sredstev, ki se uporablja za dezinfekcijo površin (slika 4).

V tej raziskavi smo pokazali, da smo učinkovito inaktivirali MS2 na neporoznih površinah, kot so steklo, polipropilen ter nerjavno jeklo, medtem ko je bila inaktivacija neučinkovita na virusih, ki so bili prisotni na tekstilu. Učinkovitost je bila odvisna tako od testnega materiala kot od razprševanja, pokritosti površine in prisotnih drugih organskih snovi, kot je slina. Za neporozne materiale so imele ključno vlogo pri učinkovitosti inaktivacije površinske lastnosti materiala. Pokazali smo, da je nebulizacija plazemsko aktivirane vode uspešno odstranila več kot 99,999 % virusnega bremena na vseh testiranih neporoznih površinah, kar se lahko primerja z učinkovitostjo kemijskih sredstev, kot je vodikov peroksid (slika 5). Študija poudarja potencial nPAW kot učinkovite in prirodne tehnologije površinske dekontaminacije in je bila poslana za objavo v reviji *ACS Environmental Science & Technology*.

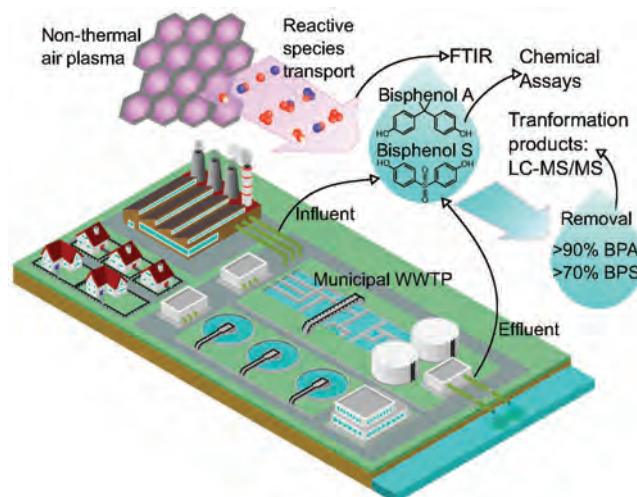


Slika 5: Inaktivacija MS2 na različnih testiranih površinah

### Hladne plazme za razgradnjo mikropolutantov

Razvoj novih, hitrih in učinkovitih ekološko neškodljivih postopkov za odstranjevanje organskih onesnaževalcev je ključnega pomena za trajnostno čiščenje odpadnih voda. S tem namenom smo na Odseku F6 v sodelovanju s kolegi z Odseka O2 proučevali potenciale hladne zračne atmosfere plazme za odstranjevanje endokrinih motilcev bisfenola A in S (BPA, BPS) iz vode in odpadnih voda (slika 6). Učinkovitost metode smo spremljali s kinetiko razgradnje in določanjem nastanka transformacijskih produktov.

Z metodo LC-MS/MS določena učinkovitost odstranjevanja molekule BPA je bila več kot 98-odstotna, za molekulo BPS pa več kot 70-odstotna po 480-sekundni izpostavitvi zračni plazmi. Kinetika pseudo-prvega reda je razkrila, da se molekula BPA BPA ( $k_t = 0.0044\text{--}0.0090\text{ s}^{-1}$ ) razgrajuje hitreje kot molekula BPS BPS ( $k_t = 0.0004\text{--}0.0023\text{ s}^{-1}$ ). Razpad molekule je odvisen tako od časa izpostavitve kot od moči, ki smo jo uporabili za generacijo plazme, medtem ko začetna koncentracija in matriks vzorca nista igrala pomembne vloge. Ta študija je tudi okvirno identificirala tri že predhodno odkrite produkte in en nov transformacijski produkt BPA ter štiri nove produkte transformacije BPS. Njihove predpostavljene strukture nakazujejo podobne mehanizme razgradnje, kot jih povzroča npr. hidroksilacija, ki ji sledi cepitev obroča. Rezultati nakazujejo, da je tehnologija plinske plazme lahko učinkovita pri odstranjevanju tako BPA kot tudi BPS brez procesov, ki potrebujejo dodatke kemikalij, in nakazuje, da je plazma lahko učinkovit pristop za remediacijo odpadnih voda. Raziskava je bila predložena za objavo v reviji *Science of The Total Environment*.

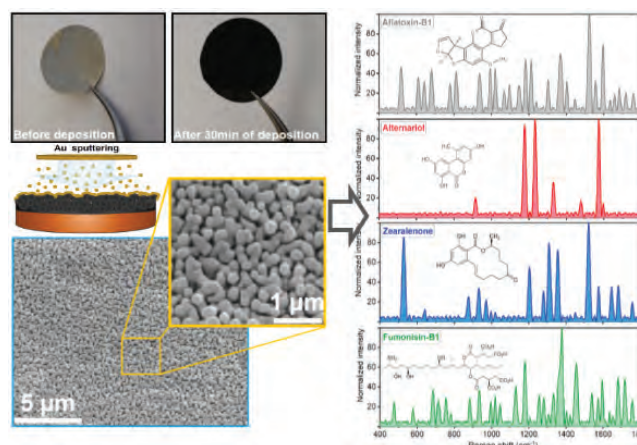


Slika 6: Koncept plazemske razgradnje BPA in BPS v vzorcih iz odpadnih voda

### Plazemsko načrtovanje nanoplazmsonskih senzorjev za aplikacije biokemijskih zaznav

V okviru te raziskave so sodelavci na odseku F6 zasnovali visoko učinkovite optične senzorje na osnovi nanoogljika, proizvedenega s pomočjo plazemske nanosinteze za odkrivanje bioloških nevarnih snovi. Mikotoksini so zelo razširjene strupene snovi v kmetijstvu in živilski industriji, ki pri človeku povzročajo več vrst raka in imunsko pomanjkljivost ter pomenijo resno nevarnost za človeško zdravje. Te nevarne spojine so v naravi proizvedene v različnih plesnih (glivah), ki kontaminirajo različne prehranske izdelke, kot so žita, oreščki, začimbe in drugi živilski izdelki. Njihova detekcija ostaja resen izziv, kar še posebno velja za detekcijo minimalnih škodljivih koncentracij. Raziskave, ki so jih izvedli na odseku F6, kažejo, da se lahko za takojšnje odkrivanje najbolj strupenih mikotoksinov uporabijo visoko zmogljivi plazmsonski substrati s faktorjem ojačitve signala  $5 \times 10^7$ , ki temeljijo na vertikalnih ogljikovih nanocevkah, proizvedenih v plazmi. Zaradi odlične občutljivosti, ki omogoča detekcije pri koncentracijah na ravni ppb, je mogoče zbrati vibracijske prstne odtise aflatoksina B1, zearalenona, alternariola in fumonizina B1. Ključne spektralne razlike med njimi postanejo očitne po uporabi analize glavnih komponent. V primerjavi z dolgotrajnimi konvencionalnimi metodami, vključno s tankoplastno kromatografijo, plinsko kromatografijo, visoko zmogljivo tekočinsko kromatografijo in encimskim imunisorbentnim testom, zagotavljajo zasnovani substrati za površinsko ojačano Ramansko spektroskopijo jasen načrt za zmanjšanje časovnega intervala odkrivanja mikotoksinov. Detekcija mikotoksinov postane tako možna v nekaj sekundah.

Fotonske tehnike, ki temeljijo na zaznavanju stoječih valov, kot je metoda z uporabo plazmsonskih in nanostrukturiranih kovinskih/polprevodniških materialov, imajo pomemben potencial pri biozaznavanju in s tem povezani analizi biomolekularnih interakcij. Naše raziskave nanoplazmsonskih senzorjev so privedle do izboljšane optičnega odziva senzorja na osnovi površinske plazmonske resonance (SPR) z večjo penetracijsko globino električnega polja. Konvencionalna SPR trpi zaradi nizke penetracijske globine ( $<300\text{ nm}$ ), kar omejuje aplikacije za površinske interakcije in analizo večjih biomolekul, kot so bakterijske celice s tipično velikostjo  $\sim 1\text{ }\mu\text{m}$ . Ti primeri povzročijo, da izmerjeni signal ni monotoničen s koncentracijo, zaradi česar je tehnika nezanesljiva za visoke koncentracije. Kot rešitev se lahko uporabljajo infrardeče valovne dolžine, vendar to poslabša kontrast signala. Poleg tega so inštrumenti potrebni za srednje infrardeče ali daljše valovne dolžine dragi. Zato smo razvili vodeno (angleško nearly guided) strukturo SPR (NGWSPR) za izboljšanje učinkovitosti teh senzorjev s povečanjem penetracijske globine



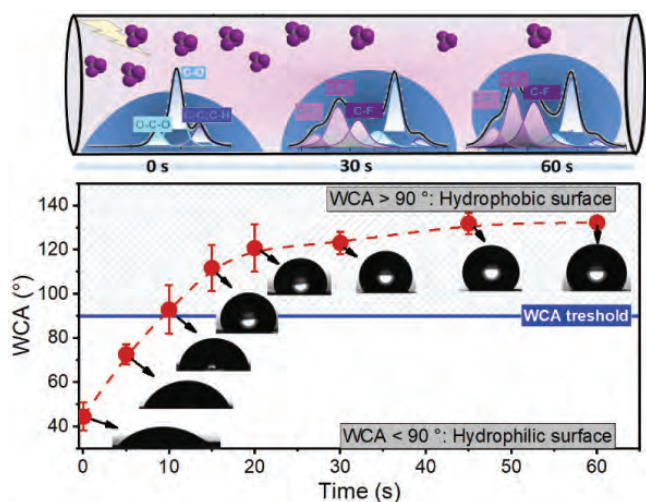
Slika 7: Plazemsko izdelane z zlatom okrašene večplastne nanocevke, zasnovane za Ramansko zaznavanje kancerogenih mikotoksinov. Rezultati so objavljeni v reviji *Small*.

in zmogljivosti z uporabo valovnih dolžin vidne svetlobe, za kar se uporabljajo merilni inštrumenti nižjih cen. Ta tehnika je bila uporabljena za monotono detekcijo gojenih živih bakterijskih celic *Escherichia coli*, s čimer se je odprla pot za uporabo in promocijo pristopa za bioznavanje, biomedicinske raziskave in industrijske aplikacije.

Nazadnje smo pripravili izčrpen pregled plazmorskih senzorjev, ki se uporabljajo v virusni diagnostiki, kjer sta zgodnja diagnoza virusne okužbe in nadzor boleznih zelo pomembna. Odkrivanje virusov je mogoče doseči na podlagi različnih plazmorskih pojavov, vključno s propagacijsko površinsko plazmorsko resonanco (SPR), lokalizirano SPR, površinsko izboljšanim Ramanskim sipanjem, površinsko ojačano fluorescenco in površinsko ojačano infrardečo absorpcijsko spektroskopijo. Ta pregled zajema vse razpoložljive informacije o plazmorskem odkrivanju virusov in zbrane podatke o teh senzorjih na podlagi več parametrov. Ti podatki bodo pomagali znanstvenikom pri napredku v raziskavah in razvoju nove generacije vsestranskih virusnih biosenzorjev, objavljeni pa so bili kot odmeven članek v *Nature Communication Biology*.

### Plazma za trajnostno embalažo na osnovi celuloze

Izdelki na osnovi celuloze pridobivajo vse večje zanimanje, zlasti kot material vrhunske izbire za zamenjavo



Slika 8: Plazemsko-inducirana pretvorba celuloznih nanofibrilov iz hidrofilnih v hidrofobne

plastike na področjih, povezanih z embalažo. Kljub temu visoka inherentna omočljivost pogosto ovira njihov napredek pri tem, da postane učinkovit nadomestek v embalažni industriji. Za premostitev tega izziva je bila izvedena obdelava celuloze s fluoroolglikovo plazmo za izboljšanje hidrofobnosti njene površine. To smo naredili na primeru nanofibrilnih filmov, izpostavljenih plazmi  $CF_4$ , da bi dosegli povečanje njihove hidrofobnosti v manj kot 10 s. Nasičenost kontaktnega kota z vodo (približno  $130 \pm 5^\circ$ ) je bila dosežena po samo 30 sekundah plazemske obdelave. Površinsko fluoriranje je bilo posledica prisotnosti novonastalih C-F vezi v skupinah  $CF_3$ ,  $CF_2$  in CF, potrjenih s spektri C 1s XPS visoke ločljivosti. Dolgotrajna kontinuirana plazemska funkcionalizacija je povzročila strukturne vibracijske spremembe, povezane večinoma z intenzivnim IR in Ramanskim aktivnim raztezanjem C-F vezi v  $CF_2$  skupinah. Hkrati je ATR-FTIR razkril nastanek površinsko vezane IR aktivne H-F funkcionalne skupine. Naše ugotovitve kažejo, da je plazemska obdelava  $CF_4$  lahko učinkovit način za ultrahitro pretvorbo celuloze iz hidrofilne v hidrofobno površino v nekaj sekundah zaradi plazemsko ustvarjenih vodoodbojnih površinskih funkcionalnih skupin.

### Raziskave fuzije in razumevanje interakcij vodikovih izotopov z materiali, povezanimi s fuzijo

Sodelavci oddelka F6 smo del konzorcija EUROfusion, ki deluje na področju raziskav, povezanih s fuzijo. Gre za eksperimentalno potrditev principa delovanja jedrske fuzije. Trenutno je težišče aktivnosti gradnja prototipnega reaktorja ITER, ki ga gradijo v mestu Cadarache v Franciji. Pospešene faze gradnje reaktorja in pripadajočih podsklopov se po nekaj prekinitvah zaključujejo. To bo največji fuzijski reaktor, katerega glavni namen je pokazati izvedljivost koncepta tokamaka. Namen je z zlivanjem deuterija in tritija povečati vhodno energijo plazme za faktor 10. To bo zadnja različica pred izgradnjo prve fuzijske elektrarne. Naš trenutni raziskovalni program se osredotoča na interakcije vodikovih izotopov s strukturnimi materiali, ki se uporabljajo za namene fuzije. Ko gre za fizične jedrske reakcije v fuzijskih procesih, je treba biti previden pri ravnanju z neuporabljenim gorivom in reakcijskimi produkti. Pri izkoriščanju fuzijske energije je količina radioaktivnih materialov zelo majhna, vendar ni povsem zanemarljiva. Zadrževanje radioaktivnega tritija v materialih je težko nadzorovati, ker zlahka prodre v kovinske stene reaktorja, od koder bi lahko skozi hladilni sistem uhajal v okolje.

Zadrževanje tritija je mogoče dokaj natančno predvideti iz raziskav in poskusov, ki jih je mogoče izvesti z vodikom in deuterijem, saj so si vsi kemično podobni. Velik del raziskav v skupini je bila ocena zadržanega deuterija v različnih vzorcih, prejetih iz več laboratorijev v okviru konzorcija EUROfusion. Naša glavna tehnika je termična desorpcijska spektroskopija (TDS) z *in situ* kalibriranim kvadrupolnim masnim spektrometrom. Za izboljšanje njegove zanesljivosti smo izdelali inovativno študijo o interferenčnem učinku.

Kvantifikacija podatkov, ki jih zabeležijo kvadrupolni masni spektrometri, zahteva natančno analizo vseh prispevkov, ki vplivajo na sorazmernost pretvorbe ionskega toka s hitrostjo pretoka plina. Predlagali smo nov kalibracijski protokol z naknadno matematično analizo, ki poveča natančnost kvantifikacije, ko eden od dveh plinov v zmesi bistveno vpliva na občutljivost detekcije drugega plina. Pojav, znan kot interferenčni učinek, je odvisen od velikosti pretoka plina in njihovega razmerja. Deuterij in argon sta bila izbrana za prikaz učinkovitosti predlaganega razporeda za zmanjšanje napake pod  $\sim 10\%$ . Napaka pri vrednotenju deuterija pri določenih razmerjih pretoka bi bila, če zanemarimo vpliv argona, do  $\sim 2,5$ -krat.

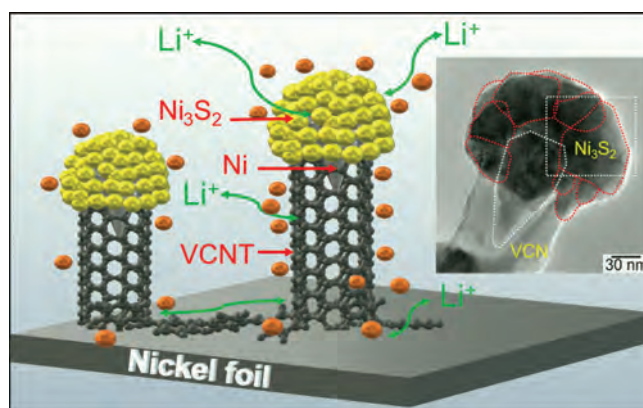
Bodoči divortor v naslednji generaciji reaktorjev bo verjetno deloval na drugačni osnovi kot v ITER, ki ima vgrajen volframov divortor. Med možnimi koncepti se že vrsto let proučuje divortor s tekočo površino. Tekoča kovina, ujeta v volframovo porozno nosilno strukturo, neprestano odvaja toplotni tok v hladilni sistem, tako da se površina sama ne poškoduje tudi v primeru nestabilnosti plazme. V raziskavi smo proučevali kositer, ki je zaradi nizkega tališča okoli 220 °C izjemno zanimiv kandidat za opisani koncept. Pri izpostavljanju kositra atomskemu devteriju smo ugotovili, da je večina devterija vezana na kositrov oksid. Kositer je sam po sebi popolnoma inerten za devterij, čeprav bi lahko opazili izjemno nizko koncentracijo, ~ 1 ppb D / Sn.

### Plazemska sinteza hibridnih ogljikovih nanostruktur za aplikacije, povezane z energijo

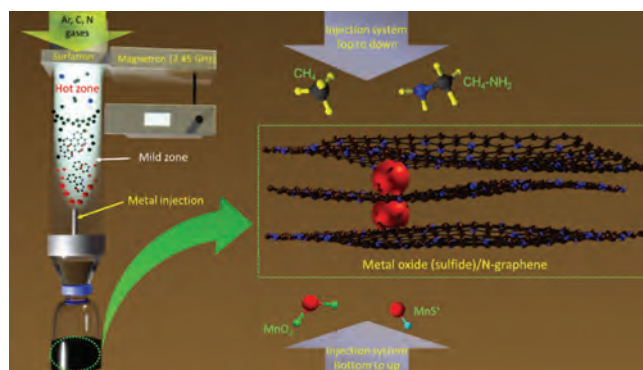
Ogljikove nanostrukture imajo glede na njihovo preprosto funkcionalizacijo in značilnosti ogromen potencial v aplikacijah za shranjevanje in pretvorbo energije. Sodelavcem odseka F6 je v preteklem letu uspelo oblikovati hibridne nanostrukture na osnovi grafena in ogljika za aplikacije, povezane z energijo. Vzpostavili smo hiter in preprost dvostopenjski proces za izdelavo napredne hibridne elektrode  $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{Ni@VCN}$ , ki sestoji iz trinikljevga disulfida ( $\text{Ni}_3\text{S}_2$ ), ki se formira na kovinskem Ni nanodelcu, podprtem z vertikalno ogljikovo nanocevkico (VCN). Hibridna elektroda je bila realizirana s plazemsko deposicijo VCN, ki mu je sledilo nizkotemperaturno žarjenje v prisotnosti  $\text{H}_2\text{S}$ . S plazemsko deposicijo dosežemo neposredni kontakt aktivnega materiala s tokovnim zbiralnikom, kar omogoča dobro električno prevodnost. Tako sintetizirani aktivni material ima hierarhično sestavo, njegova morfologija pa spominja na brokoli (slika 9). Te  $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{Ni@VCN}$  elektrode smo testirali kot anodni material za litij-ionske baterije. Elektroda izkazuje izjemne zmogljivosti shranjevanja litija z visoko reverzibilno zmogljivostjo ( $1113 \text{ mAh g}^{-1}$  po 100 ciklih pri  $100 \text{ mA g}^{-1}$ ), odlično stabilnostjo med cikličnim obratovanjem ( $770 \text{ mAh g}^{-1}$  po 500 ciklih pri  $200 \text{ mA g}^{-1}$ ) in dobro odzivno hitrost. Izkazana zmogljivost spada med eno od najboljših doseženih zmogljivosti za shranjevanje Li-ionov v anodnih  $\text{Ni}_3\text{S}_2$  materialih, uporabljena tehnika izdelave elektrod pa je trenutno eden od najhitrejših pristopov k izdelavi visoko zmogljivih elektrod brez veziva na osnovi  $\text{Ni}_3\text{S}_2$ . Edinstvena morfologija polikristalnega  $\text{Ni}_3\text{S}_2$  na prevodni VCN podpori, ki spominja na brokoli, pospešuje ionsko komunikacijo in poveča zmogljivost shranjevanja litija, kar odpira pot do naprav za shranjevanje energije naslednje generacije.

Sodelovanje z raziskovalci iz Instituto Superior Técnicu v Lizboni na Portugalskem je omogočilo razvoj prelomnega zelenega pristopa, ki temelji na plazmi, za inženiring grafenu podobnih struktur za materiale za shranjevanje energije, ki omogočajo realizacijo trajnostnih sistemov energijskega shranjevanja. Raziskava dokazuje eno najhitrejših metod za sintezo z dušikom dopiranega grafena in hkratno vgradnjo nanodelcev kovinskega oksida ali sulfida med grafenske plasti z uporabo mikrovalovnega plazemskega sistema. Hibridne kovinske nanostrukture na osnovi N-grafena (grafena, dopiranega z dušikom) lahko proizvajamo s hitrostjo ~19 mg/min, kar je ena izmed najhitrejših proizvodnih zmogljivosti z okolju prijaznim pristopom. Postopek je bil nadgrajen z vpihovanjem prekursorja neposredno v plazmo, kar vodi v interkalacijo delcev  $\text{MnO}_x$  nanovelikosti (~10–30 nm) in delcev oksidirane kovinskega sulfida med posameznimi plastmi N-grafena pri atmosferskih pogojih. Hibridne nanostrukture izkazujejo obetavne zmogljivosti shranjevanja energije in dobro stabilnost v vlogi superkondenzatorske elektrode. Pričakujemo, da bo imel opisani kemično inženirski proces pomemben vpliv na načrtovanje naprednih elektrodnih materialov za trajnostne sisteme za shranjevanje energije.

Sodelovanje z raziskovalci iz GREMI: Groupe de Recherches sur l'Énergie des Milieux Ionisés, Orléans, Francija, se je v preteklem letu nadaljevalo z raziskavami načrtovanja nanostruktur iz ogljikovega nitrida z visoko toplotno stabilnostjo. Ekipe je vzpostavila zeleni pristop za oblikovanje hidrogeniranih nanodelcev ogljikovega nitrida, bogatih z dušikom, z uporabo tehnike plazemskega nanašanja pri nizkem tlaku in nizko močjo, neposredno iz mešanice metana in dušika. Za oceno termične stabilnosti oblikovanih nanostruktur pri visokih temperaturah je bila uporabljena napredna rentgenska spektroskopija absorpcijske fine strukture blizu roba (Near Edge X-ray Absorption Fine Structure – NEXAFS, *in-situ*). Termične študije razkrivajo odlično stabilnost materiala in lastnosti, značilne za z dušikom bogatih ogljikovih materialov (razmerje N/C  $0,5-0,2 \pm 0,01$ ). Rezultati kažejo na preoblikovanje



Slika 9: Shema poti naboja v plazemsko sintetiziranih brokoliju podobnih  $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{Ni@VCN}$  elektrodnih materialih; manjša TEM-slika prikazuje detajle strukturnih napak v  $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{Ni@VCN}$ .



Slika 10: Shematski prikaz plazemskega sistema za proizvodnjo kovinskih derivatov interkaliranega N-grafena



prvotno deponiranega  $sp^3$ -bogatega ogljikovega nitrída v  $sp^2$ -ogljikovo fazo z bolj grafitu podobnimi lastnostmi po termičnem žarjenju, oblikovani material pa je stabilen tudi pri temperaturi nad 1100 K. Raziskovalna ekipa je izpostavila, da se toplotno stabilne strukture s hidrofilno površino med žarjenjem preoblikujejo v hidrofobne, zato se lahko uporabijo za hidrofobne površinske premaze v temperaturno zahtevnih pogojih.

Razvoj hibridnih ogljikovih nanostruktur je pomemben za visoko zmogljive aplikacije naprav in je ena glavnih nalog v našem H2020 FET-Open projektu PEGASUS. Vse razvite metode in dosežene/merjene zmogljivosti so bile objavljene v revijah z velikim vplivom.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Neelakandan Marath Santhosh, Kush K. Updhyay, Petra Stražar, Gregor Filipič, Janez Zavašnik, Andre Măo de Ferro, Rui Pedro Silva, Elena Tatarova, Maria de Fátima Montemor, Uroš Cvelbar, Advanced carbon-nickel sulfide hybrid nanostructures: extending the limits of battery-type electrodes for redox-based supercapacitor applications, *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 7, 20559–20572
2. Ivana Sremački, Špela Kos, Maša Bošnjak, Andrea Jurov, Gregor Serša, Martina Modic, Christophe Leys, Uroš Cvelbar, Anton Nikiforov, Plasma damage control: from biomolecules to cells and skin, *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 39, 46303–46316
3. Constantinos M. Damaskinos, Janez Zavašnik, Petar Djinović, Angelos M. Efsthathiou, Dry reforming of methane over  $Ni/Ce_{0.8}Ti_{0.2}O_{2-δ}$ : the effect of Ni particle size on the carbon pathways studied by transient and isotopic techniques, *Applied catalysis. B, Environmental*, 2021, **296**, 120321
4. Anand Mohan Shrivastav, Uroš Cvelbar, Ibrahim Abdulhalim, A comprehensive review on plasmonic-based biosensors used in viral diagnostics, *Communications biology*, 2021, **4**, 70-1-70-12
5. Danka Labus Zlatanović, Sebastian Baloš, Jean Pierre Bergmann, Stefan Rasche, Janez Zavašnik, Vishal Panchal, Leposava P. Šidanin, Saurav Goel, In-depth microscopic characterisation of the weld faying interface revealing stress-induced metallurgical transformations during friction stir spot welding, *International journal of machine tools & manufacture*, 2021, **164**, 103716-1-103716-14
6. Nataša Hojnik, Martina Modic, James L. Walsh, Dušan Žigon, Uroš Javornik, Janez Plavec, Bojana Žegura, Metka Filipič, Uroš Cvelbar, Unravelling the pathways of air plasma induced aflatoxin B<sub>1</sub> degradation and detoxification, *Journal of hazardous materials*, 2021, **403**, 123593
7. Vincenc Nemanič, Janez Zavašnik, Vasyl Shvalya, Marko Žumer, Hydrogen permeability of non-stoichiometric tungsten oxides, *Journal of nuclear materials*, 2021, **548**, 152860-1-152860-8
8. Sanghoo Park, Wonho Choe, Hyungyu Lee, Joo Young Park, Jinwoo Kim, Se Youn Moon, Uroš Cvelbar, Stabilization of liquid instabilities with ionized gas jets, *Nature: International Weekly Journal of Science*, 2021, **592**, 49-53
9. Ines Hamouda, Cédric Labay, Uroš Cvelbar, Maria-Pau Ginebra, Cristina Canal, Selectivity of direct plasma treatment and plasma-conditioned media in bone cancer cell lines, *Scientific reports*, 2021, **11**, 17521-1-17521-12
10. Neelakandan Marath Santhosh, Vasyl Shvalya, Martina Modic, Nataša Hojnik, Janez Zavašnik, Jaka Olenik, Martin Košiček, Gregor Filipič, Ibrahim Abdulhalim, Uroš Cvelbar, Label-free mycotoxin Raman identification by high-performing plasmonic vertical carbon nanostructures, *Small*, 2021, **17**, 49, 2103677-1-2103677-11

### Patent

1. Gregor Filipič, Kristina Eleršič, Darij Kreuh, Janez Kovač, Uroš Cvelbar, Miran Mozetič, A method of colouring titanium and titanium alloys, GB2530805 (B), Intellectual Property Office, 24. 11. 2021

### Nagrade in priznanja

1. Uroš Cvelbar, Martina Modic, *et al.*, Zlato priznanje za inovacijo gospodarske zbornice Dolenjske in Bele krajine 2021
2. Nataša Hojnik, nagrada ARRS - Odlični v znanosti 2021, Razkritje mehanizmov razgradnje in detoksifikacije aflatoksina B<sub>1</sub> po obdelavi z zračno plazmo

## MEDNARODNI PROJEKTI

- Partnerska skupina Max Planck  
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH  
doc. dr. Janez Zavašnik
- COST CA18113; Razumevanje in uporaba nizkega pH pri mikroorganizmih  
COST Association AISBL  
dr. Martina Modic
- COST CA18116; Aniridia: Networking to Address an Unmet Medical, Scientific and Societal Challenge  
COST Association AISBL  
prof. dr. Uroš Cvelbar
- COST CA19110; Uporaba plazme za pametno in vzdržljivo kmetijstvo  
COST Association AISBL  
dr. Martina Modic
- NATO: NOOSE - Nanomateriali za odkrivanje eksplozivnih sledi s SERS  
NATO - North Atlantic Treaty Organisation  
prof. dr. Uroš Cvelbar
- COST CA20120 - Terapevtske aplikacije hladnih plazem  
COST Association AISBL  
dr. Martina Modic
- COST CA20129 - Več obsežni procesi obsevanja in kemije ter z njimi povezane tehnologije  
COST Association AISBL  
prof. dr. Uroš Cvelbar
- H2020 - PEGASUS; Plazemsko podprta sinteza grafena in njegovih nanostruktur  
European Commission  
prof. dr. Uroš Cvelbar
- H2020 - EUROfusion; Komponente v stiku s plazmo-1-IPH-FU, EUROfusion  
European Commission  
dr. Vincenc Nemanič
- H2020 - EUROfusion; WPPFC-PEX-FU, WPPFC-PEX-FU, EUROfusion  
European Commission  
dr. Vincenc Nemanič
- Raziskave vpliva zadrževanja helija v materialih, ki so v stiku s fuzijsko plazmo, s pomočjo naprednih analitičnih metod  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Janez Zavašnik
- Stresni oksidativni odziv mikrobnih biofilmov po izpostavitvi plazemskim reaktivnim vrstam  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Martina Modic
- Priprava katalitične aktivnosti nanomaterialov s plazmo  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Uroš Cvelbar

- Po grafenu - novi materiali na osnovi 2D in 3D grafena  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Uroš Cvelbar
- Raziskovanje kovinskih in kovinsko-oksidsnih senzorskih zmožnosti  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Gregor Filipič
- Načrtovanje plazmotskih lastnosti ogljikovih nanomaterialov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Uroš Cvelbar
- OE - EUROfusion; WP07: ENR-DeHydroc-1,2,3\_OE-FU  
European Commission  
doc. dr. Janez Zavašnik
- OE - EUROfusion; WP18: MAT\_OE-FU, IREMEV-MAT-1\_OE-FU, IREMEV-MAT-2\_OE-FU, IREMEV-MAT-3\_OE-FU  
European Commission  
doc. dr. Janez Zavašnik
- OE - EUROfusion; WP05: PWIE-1,2,3\_OE-FU  
European Commission  
dr. Vincenc Nemanič

## PROGRAMA

- Vakuumska tehnika in materiali za elektroniko  
dr. Vincenc Nemanič
- Tankoplastne strukture in plazemsko inženirstvo površin  
prof. dr. Uroš Cvelbar

## PROJEKTI

- Plazemsko podprti prehodi in-situ  
prof. dr. Uroš Cvelbar
- Krojenje kristalne strukture nanomaterialov  
prof. dr. Uroš Cvelbar
- Plazemska dekontaminacija mikotoksinov in inaktivacija plesni v živilski industriji  
dr. Martina Modic
- Pametna plazemska tehnologija  
James Leon Walsh, PhD. Združeno kraljestvo
- Detekcija napak in vodika in kristalni rešetki s pomočjo ionskih metod v načinu kanaliziranja za fuzijo  
doc. dr. Janez Zavašnik

## OBISKI

- prof. dr. Danijela Vujošević, Inštitut za javno zdravje, Podgorica, Črna gora, 17. 9.-20. 9. 2021
- prof. dr. Oleg Baranov, Univerza v Kharkiv, Kharkiv, Ukrajina, 8. 11.-20. 11. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- Oleg Baranov: Growth of CuO nanostructures in glow discharge plasma, 16. 11. 2021
- Oleg Baranov: Thermal growth of CuO nanostructure: experiments and modeling, 16. 11. 2021
- Andrea Jurov: Optical emission spectroscopy as a tool for monitoring atmospheric pressure plasma processes, 8. 12. 2021
- Neelakandan Marath Santhosh: Plasma-Enabled Design of Hybrid Carbon Nanostructures for Energy Storage Applications, 6. 9. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Uroš Cvelbar, 16<sup>th</sup> SDEWES konferenca (Konferenca o trajnostnem razvoju energetskih, vodnih in okoljskih sistemov), Dubrovnik, Hrvaška, 10.-15. 10. 2021 (1)
- Uroš Cvelbar, Univerza v Seville, Sevilla, Španija, 9.-14. 11. 2021 (1)
- Uroš Cvelbar, AAPPS-DPP2021, 5. Azijsko-pacifiška konferenca o fiziki plazme (virtualno), 26. 9.-1. 10. 2021 (1)
- Uroš Cvelbar, Mednarodna konferenca o površinah, premazih in vmesnikih, SURFCOAT Koreja 2021 (virtualno), 26.-28. 5. 2021 (1)

- Uroš Cvelbar, Nataša Hojnik, Martina Modic, VII. Mednarodni kongres: Inženiring, okolje in materiali v procesni industriji (EEM2021), (virtualno) 17.-19. 3. 2021, Jahorina, Bosna in Hercegovina (1)
- Uroš Cvelbar, Nataša Hojnik, Martina Modic, James L. Walsh, 240. ECS (virtualno), 10.-14. 10. 2021 (1)
- Uroš Cvelbar, Gregor Filipič, Nataša Hojnik, Martin Košiček, Martina Modic, Jaka Olenik, Neelakandan Marath Santhosh, Vasil Shvalya, Damjan Vengust, Janez Zavašnik, 239. srečanje ECS z 18. mednarodnim srečanjem o kemičnih senzorjih (IMCS), (virtualno), 30. 5.-3. 6. 2021
- Uroš Cvelbar, Nataša Hojnik, Martina Modic, James L. Walsh, IWOPA3, 3. mednarodna delavnica o plazemskem kmetijstvu (virtualno), 1.-3. 3. 2021, Greifswald, Nemčija (1)
- Martin Košiček, Janez Zavašnik, Tehnologije in poslovni modeli za krožno gospodarstvo, 13.-15. 9. 2021, Portorož, Slovenija (1)
- Martin Košiček, Janez Zavašnik, Slovenski kemijski dnevi 2021, 22.-24. 9. 2021, Portorož, Slovenija (4)
- Vincenc Nemanič, DSL 2021 (Konferenca o difuziji in trdnih snoveh in tekočinah 2021), San Julian, Malta, 27. 6.-4. 7. 2021 (1)
- Vincenc Nemanič, IAEA, Dunaj, Avstrija, 4.-6. 10. 2021 (1)
- Janez Zavašnik, 15. Mednarodna virtualna konferenca o shranjevanju energije, 9.-11. 6. 2021, Ljubljana, Slovenija (1)
- Janez Zavašnik, 27. mednarodno znanstveno srečanje Vakuumska znanost in tehnika, 9.-10. 9. 2021, Gozd Martuljek, Slovenija (1)
- Janez Zavašnik, ECCE 13 & ECAB 6: inženiring prihodnosti: 13. evropski kongres kemijskega inženirstva in 6. evropski kongres uporabne biotehnologije (virtualno), 20.-23. 9. 2021 (1)
- Janez Zavašnik, 22. konferenca YUCOMAT 2021 (virtualno), 30. 8.-3. 9. 2021, Herceg Novi, Črna gora (1)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

- Vasil Shvalya, Univerza v Užgorodu, Užgorod, Ukrajina, 22. 10.-2. 11. 2021 (delovni obisk, raziskovalno delo, mentorstvo)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. prof. dr. Uroš Cvelbar, vodja odseka
2. dr. Gregor Filipič
3. dr. Martina Modic
4. dr. Vincenc Nemanič
5. Vasył Shvalya, PhD.
6. James Leon Walsh, PhD. Združeno kraljestvo
7. doc. dr. Janez Zavašnik

### Podoktorski sodelavci

8. dr. Nataša Hojnik
9. dr. Neelakandan Marath Santhosh

### Mlajši raziskovalci

10. Martin Košiček, mag. kem.
11. Marko Žumer, univ. dipl. fiz.

### Strokovni sodelavci

12. Jaka Olenik, dipl. inž. fiz. (VS)
13. Damjan Vengust, mag. nan.

### Tehniški in administrativni sodelavci

14. Urška Kisovec, mag. manag.

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Ben Gurion Univerza v Negevu, Izrael
2. Beti Metlika, d. d., Metlika, Slovenija
3. Inea, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
4. Institut za fiziko, Beograd, Srbija
5. Institut za fiziko, Zagreb, Hrvaška
6. Institut za javno zdravje Črna gora, Podgorica, Črna gora
7. Institute Jean Lamour Nancy, Francija
8. Institut Max-Planck, Düsseldorf, Nemčija

9. Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
10. Knauf Insulation, d. o. o., Škofja Loka, Škofja Loka, Slovenija
11. Kharkiv Aviation Institute, National Aerospace University, Kharkov, Ukrajina
12. Kolektor Group, d. o. o., Idrija, Slovenija
13. Kolektor Sikom, d. o. o., Idrija, Slovenija
14. Korejski napredni inštitut za znanost in tehnološko podprto industrijsko znanost in tehnologijo, Daejeon, Južna Koreja
15. Leibniz inštitut za znanost in tehnologijo plazme, Greifswald, Nemčija
16. Mahatma Ghandi Univerza, Kerala, Indija
17. Mednarodna agencija za atomsko energijo, Dunaj, Avstrija
18. Nacionalni inštitut za napredno industrijsko znanost in tehnologijo, Tsukuba, Japonska
19. NASA Ames Research Center, Mountain View, Kalifornija, ZDA
20. National Center For Scientific Research (NCRS) Demokritos, Atene, Grčija
21. National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Bukarešta, Romunija
22. Nanyang Univerza v Singapurju, Singapur
23. NATO, Bruselj, Belgija
24. Onkološki inštitut Ljubljana, Slovenia
25. Politehniška univerza Katalonije, Barcelona, Španija
26. Tehnična univerza na Dunaju, Dunaj, Avstrija
27. Univerza George Washington, Washington DC, ZDA
28. Univerza Tomaš Bata, Zlin, Češka
29. Univerza uporabnih znanosti Zuyd, Heerlen, Nizozemska
30. Univerza v Gentu, Gent, Belgija
31. Univerza v Liverpoolu, Liverpool, Velika Britanija
32. Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
33. Univerza v Louisvillu, Louisville, ZDA
34. Univerza v Nagoyi, Nagoya, Japonska
35. Tehniška univerza v Lizboni, Lizbona, Portugalska
36. Univerza v Shanghaiu Jiao Tong, Šanghaj, Kitajska
37. Univerza v Seville, Sevilla, Španija
38. Univerza v Ulstru, Belfast, Združeno kraljestvo
39. Univerza Texas A&M, Collage station, Teksas, ZDA
40. Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana, Slovenija
41. Queensland Univerza za tehnologijo, Brisbane, Avstralija

## BIBLIOGRAFIJA

### IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Neelakandan Marath Santhosh, Kush K. Updhyay, Petra Stražar, Gregor Filipič, Janez Zavašnik, André Mão de Ferro, Rui Pedro Silva, Elena Tatarova, Maria de Fátima Montemor, Uroš Cvelbar, "Advanced carbon-nickel sulfide hybrid nanostructures: extending the limits of battery-type electrodes for redox-based supercapacitor applications", *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 17, 20559–20572. [COBISS.SI-ID 60986371]
2. Ivana Sremački, Špela Kos, Maša Bošnjak, Andrea Jurov, Gregor Serša, Martina Modic, Christophe Leys, Uroš Cvelbar, Anton Nikiforov, "Plasma damage control: from biomolecules to cells and skin", *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 39, 46303–46316. [COBISS.SI-ID 78729987]
3. Rohini Khobragade, Matevž Roškarič, Gregor Žerjav, Martin Košiček, Janez Zavašnik, Nigel Willy Van de Velde, Ivan Jerman, Nataša Novak Tušar, Albin Pintar, "Exploring the effect of morphology and surface properties of nanoshaped Pd/CeO<sub>2</sub> catalysts on CO<sub>2</sub> hydrogenation to methanol", *Applied catalysis. A, General*, 2021, **627**, 118394. [COBISS.SI-ID 80854787]
4. Constantinos M. Damaskinos, Janez Zavašnik, Petar Djinović, Angelos M. Efstathiou, "Dry reforming of methane over Ni/Ce<sub>0.8</sub>Ti<sub>0.2</sub>O<sub>2-δ</sub>: the effect of Ni particle size on the carbon pathways studied by transient and isotopic techniques", *Applied catalysis. B, Environmental*, 2021, **296**, 120321. [COBISS.SI-ID 62661123]
5. Andrea Jurov, Špela Kos, Nataša Hojnik, Ivana Sremački, Anton Nikiforov, Christophe Leys, Gregor Serša, Uroš Cvelbar, "Analysing mouse skin cell behaviour under a non-thermal kHz plasma jet", *Applied sciences*, 2021, **11**, 3, 1266. [COBISS.SI-ID 49434883]
6. Gregor Žerjav, Janez Zavašnik, Janez Kovač, Albin Pintar, "The influence of Schottky barrier height onto visible-light triggered photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> + Au composites", *Applied Surface Science*, 2021, **543**, 148799. [COBISS.SI-ID 44698371]
7. B. B. Wang, X. X. Zhong, Jing Zhu, Yingying Wang, Yongcai Zhang, Uroš Cvelbar, "Single-step synthesis of TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3-x</sub> hybrid nanomaterials in ethanoic acid: structure and photoluminescence properties", *Applied Surface Science*, 2021, **562**, 150180. [COBISS.SI-ID 65992195]
8. Oleg B. Baranov, Martin Košiček, Gregor Filipič, Uroš Cvelbar, "A deterministic approach to the thermal synthesis and growth of 1D metal oxide nanostructures", *Applied Surface Science*, 2021, **566**, 150619. [COBISS.SI-ID 71370243]
9. Eva Kovačević, Thomas Strunskus, Neelakandan Marath Santhosh, Janez Zavašnik, Wolfgang Unger, Thierry Sauvage, Mohamed-Ramzi Ammar, Uroš Cvelbar, Johannes Berndt, "Thermal stability studies of plasma deposited hydrogenated carbon nitride nanostructures", *Carbon*, 2021, **184**, 82-90. [COBISS.SI-ID 72650499]
10. Petar Djinović, Janez Zavašnik, Janvit Teržan, Ivan Jerman, "Role of CO<sub>2</sub> during oxidative dehydrogenation of propane over Bulk and activated-carbon supported cerium and vanadium based catalysts", *Catalysis letters*, 2021, **151**, 10, 2816-2832. [COBISS.SI-ID 48655875]
11. Gregor Žerjav, Janvit Teržan, Petar Djinović, Zuzana Barbieriková, Tomáš Hajdu, Vlasta Brezová, Janez Zavašnik, Janez Kovač, Albin Pintar, "TiO<sub>2</sub> - β - Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> junction as a leverage for the visible-light activity of TiO<sub>2</sub> based catalyst used for environmental applications", *Catalysis today*, 2021, **361**, 165-175. [COBISS.SI-ID 33298215]
12. Sanjay Gopal Ullattil, Janez Zavašnik, Ksenija Maver, Matjaž Finšgar, Nataša Novak Tušar, Albin Pintar, "Defective grey TiO<sub>2</sub> with minuscule anataserutile heterophase junctions for hydroxyl radicals formation in a visible light-triggered photocatalyst", *Catalysts*, 2021, **11**, 12, 1500. [COBISS.SI-ID 88865027]
13. Damjan Vengust, Boštjan Jančar, Tilen Sever, Andreja Šestan, Vid Bobnar, Zdravko Kutnjak, Nina Daneu, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Improved environmental stability of thermoelectric ceramics based on intergrowths of Ca<sub>3</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9</sub> - Na<sub>0.75</sub>CoO<sub>2</sub>", *Ceramics international*, 2021, **47**, 8, 11687-11693. [COBISS.SI-ID 47814403]

14. Manal Benyoussef, Moneim Zannen, Jamal Belhadi, Bouchaib Manoun, Zdravko Kutnjak, Damjan Vengust, Matjaž Spreitzer, Mimoun El Marssi, Abdellilah Lahmar, "Structural, dielectric, and ferroelectric properties of  $\text{Na}_{0.5}(\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x)_{0.5}\text{TiO}_3$  ceramics for energy storage and electrocaloric application", *Ceramics international*, 2021, **47**, 18, 26539-26551. [COBISS.SI-ID 67928579]
15. Anand Mohan Shrivastav, Uroš Cvelbar, Ibrahim Abdulhalim, "A comprehensive review on plasmonic-based biosensors used in viral diagnostics", *Communications biology*, 2021, **4**, 70. [COBISS.SI-ID 47383555]
16. Zouhair Hanani *et al.* (14 avtorjev), "Morphogenesis mechanisms in the hydrothermal growth of lead-free BCZT nanostructured multipods", *CrystEngComm*, 2021, **23**, 30, 5249-5256. [COBISS.SI-ID 71371267]
17. Ivana Zrinski, Sanja Martinez, Astrid Ortner, Anchalee Samphao, Janez Zavašnik, Kurt Kalcher, Eda Mehmeti, "A novel sensor based on carbon paste electrode modified with polypyrrole/multi-walled carbon nanotubes for the electrochemical detection of cytostatic drug Rapamycin", *Electroanalysis*, 2021, **33**, 5, 1325-1332. [COBISS.SI-ID 50993667]
18. Andreas S. Katsigiannis, Danny L. Bayliss, James L. Walsh, "Cold plasma decontamination of stainless steel food processing surfaces assessed using an industrial disinfection protocol", *Food control*, 2021, **121**, 107543. [COBISS.SI-ID 59077379]
19. Nusrat Sharmin, Izumi Sone, James L. Walsh, Morten Sivertsvik, Estefanía Noriega-Fernández, "Effect of citric acid and plasma activated water on the functional properties of sodium alginate for potential food packaging applications", *Food packaging and shelf life*, 2021, **29**, 100733. [COBISS.SI-ID 95152899]
20. Katarzyna Ledwoch, Maddalena Magoga, Dulcie Williams, Stefania Fabbri, James L. Walsh, Jean-Yves Maillard, "Is a reduction in viability enough to determine biofilm susceptibility to a biocide?", *Infection control and hospital epidemiology*, 2021, **42**, 12, 1486-1492. [COBISS.SI-ID 95241475]
21. Danka Labus Zlatanović, Sebastian Baloš, Jean Pierre Bergmann, Stefan Rasche, Janez Zavašnik, Vishal Panchal, Leosava P. Šidanin, Saurav Goel, "In-depth microscopic characterisation of the weld faying interface revealing stress-induced metallurgical transformations during friction stir spot welding", *International journal of machine tools & manufacture*, 2021, **164**, 103716. [COBISS.SI-ID 55134723]
22. Biben Wang, Xiaoxia Zhong, Chunlin He, Bin Zhang, Uroš Cvelbar, Kostya Ostrikov, "Solvent-dependent structures and photoluminescence of  $\text{WO}_{3-x}$  nanomaterials grown in nonaqueous solutions", *Journal of alloys and compounds*, 2021, **854**, 157249. [COBISS.SI-ID 30152707]
23. Sing Wei Ng, Elmar Slikboer, Aaron Dickenson, James L. Walsh, Peng Lu, Daniela Boehm, Paula Bourke, "Characterization of an atmospheric pressure air plasma device under different modes of operation and their impact on the liquid chemistry", *Journal of applied physics*, 2021, **129**, 12, 123303. [COBISS.SI-ID 58952451]
24. Nataša Hojnik, Martina Modic, James L. Walsh, Dušan Žigon, Uroš Javornik, Janez Plavec, Bojana Žegura, Metka Filipič, Uroš Cvelbar, "Unravelling the pathways of air plasma induced aflatoxin  $B_1$  degradation and detoxification", *Journal of hazardous materials*, 2021, **403**, 123593. [COBISS.SI-ID 24736259]
25. Vincenc Nemanič, Janez Zavašnik, Vasył Shvalya, Marko Žumer, "Hydrogen permeability of non-stoichiometric tungsten oxides", *Journal of nuclear materials*, 2021, **548**, 152860. [COBISS.SI-ID 50595331]
26. B. Gilbert, Aaron Dickenson, James L. Walsh, M. Hasan, "Dominant heating mechanisms in a surface barrier discharge", *Journal of physics. D, Applied physics*, 2021, **54**, 17, 175202. [COBISS.SI-ID 58928643]
27. Elmar Slikboer, James L. Walsh, "Characterization of a kHz sinusoidal argon plasma jet impinging on water using Thomson scattering and fast imaging", *Journal of physics. D, Applied physics*, 2021, **54**, 32, 325201. [COBISS.SI-ID 95185411]
28. Biben Wang, Xiaoxia Zhong, Chunlin He, Bin Zhang, Uroš Cvelbar, Kostya Ostrikov, "Nanostructure conversion and enhanced photoluminescence of vacancy engineered substoichiometric tungsten oxide nanomaterials", *Materials chemistry and physics*, 2021, **262**, 124311. [COBISS.SI-ID 49420803]
29. Hosein Entezari, Mohammad Almasi Kashi, Sima Alikhanzadeh-Arani, Amir Hassan Montazer, Janez Zavašnik, "In situ precipitation synthesis of FeNi/ZnO nanocomposites with high microwave absorption properties", *Materials chemistry and physics*, 2021, **266**, 124508. [COBISS.SI-ID 56768259]
30. Akbar Heidarzadeh, Janez Zavašnik, Rajashekhar Shabadi, Reza Taherzadeh Mousavian, "Dynamic recrystallization's role in strength-ductility trade-off in polycrystalline Fe-Cr-Ni stainless steels produced by laser powder bed fusion", *Materials Science & Engineering. A, Structural materials*, 2021, **814**, 141214. [COBISS.SI-ID 59059715]
31. Lei Wang *et al.* (12 avtorjev), "Synthesis of antibacterial composite coating containing nanocapsules in an atmospheric pressure plasma", *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*, 2021, **119**, 111496. [COBISS.SI-ID 29256451]
32. Vincenc Nemanič, Marko Žumer, Mitja Lakner, "Reduction of measurement error due to the interference effect in a quadrupole mass spectrometer", *Measurement*, 2021, **184**, 109987. [COBISS.SI-ID 72909827]
33. Nusrat Sharmin, Chengheng Pang, Izumi Sone, James L. Walsh, Cecilia Górriz Fernández, Morten Sivertsvik, Estefanía Noriega-Fernández, "Synthesis of sodium alginate-silver nanocomposites using plasma activated water and cold atmospheric plasma treatment", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 9, 12306. [COBISS.SI-ID 95148291]
34. Sanghoo Park, Wonho Choe, Hyungyu Lee, Joo Young Park, Jinwoo Kim, Se Youn Moon, Uroš Cvelbar, "Stabilization of liquid instabilities with ionized gas jets", *Nature*, 2021, **592**, 49-53. [COBISS.SI-ID 57958403]
35. Aleksandar Luković, Predrag Vulić, Janez Zavašnik, Vladica Cvetković, Kristina Šarić, Miodrag Banješević, Marina Lazarov, Aleksandar Pačevski, "Texture and composition of ferrian ilmenite from hornblende andesites of the Timok Magnatic complex, Serbia", *Neues Jahrbuch für Mineralogie. Abhandlungen*, 2021, **197**, 1, 65-83. [COBISS.SI-ID 46631427]
36. Mimoza Naseska, Petra Šutar, Yevhenii Vaskivskiy, Igor Vaskivskiy, Damjan Vengust, Damjan Svetin, Viktor V. Kabanov, Dragan Mihailović, Tomaž Mertelj, "First-order kinetics bottleneck during photoinduced ultrafast insulator-metal transition in 3D orbitally-driven Peierls insulator  $\text{CuIr}_2\text{S}_4$ ", *New journal of physics*, 2021, **23**, 053023. [COBISS.SI-ID 77920003]
37. Rok Zaplotnik, Vincenc Nemanič, Marko Žumer, Janez Kovač, Miran Mozetič, "Deuterium retention in liquid tin exposed to atomic deuterium flux", *Nuclear fusion*, 2021, **21**, 2, 026009. [COBISS.SI-ID 44161283]
38. Simone Stephane, Breno A. B. Salgado, Mohammad Hasan, Morten Sivertsvik, Estefanía Noriega-Fernández, James L. Walsh, "Influence of potable water origin on the physicochemical and antimicrobial properties of plasma activated water", *Plasma chemistry and plasma processing*, 2021, **42**, 377-393. [COBISS.SI-ID 95109635]
39. Breno A. B. Salgado, Stefania Fabbri, Aaron Dickenson, Mohammad Hasan, James L. Walsh, "Surface barrier discharges for *Escherichia coli* biofilm inactivation: modes of action and the importance of UV radiation", *PLoS one*, 2021, **16**, 3, e0247589. [COBISS.SI-ID 59377411]
40. Venkata D. B. C. Dasireddy, Damjan Vengust, Blaž Likozar, Janez Kovač, Aleš Mrzel, "Production of syngas by  $\text{CO}_2$  reduction through Reverse Water-Gas Shift (RWGS) over catalytically-active molybdenum-based carbide, nitride and composite nanowire", *Renewable energy*, 2021, **176**, 251-261. [COBISS.SI-ID 70734595]
41. Ines Hamouda, Cédric Labay, Uroš Cvelbar, Maria-Pau Ginebra, Cristina Canal, "Selectivity of direct plasma treatment and plasma-conditioned media in bone cancer cell lines", *Scientific reports*, 2021, **11**, 17521. [COBISS.SI-ID 80869123]
42. Elmar Slikboer, James L. Walsh, "Impact of electrical grounding conditions on plasma-liquid interactions using Thomson scattering on a pulsed argon jet", *Scientific reports*, 2021, **11**, 17749. [COBISS.SI-ID 95142915]
43. Anand Mohan Shrivastav, Lakkakula Satish, Ariel Kushmaro, Vasył Shvalya, Uroš Cvelbar, Ibrahim Abdulhalim, "Engineering the penetration depth of nearly guided wave surface plasmon resonance towards application in bacterial cells monitoring", *Sensors and actuators. B, Chemical*, 2021, **345**, 130338. [COBISS.SI-ID 67886851]
44. Akhil Chandran M. K., Branimir Bajac, Gregor Filipič, Željka Cvejić, Vladimir V. Srdić, Milan Radovanović, Mitar Simić, Sohail Sarang, Goran M. Stojanović, "Synthesis and characterization of tin oxide nanopowder and its application to sensing different pathogens", *Sensors and materials*, 2021, **33**, 2, 513-527. [COBISS.SI-ID 55285507]
45. Neelakandan Marath Santhosh, Vasył Shvalya, Martina Modic, Nataša Hojnik, Janez Zavašnik, Jaka Olenik, Martin Košiček, Gregor Filipič, Ibrahim Abdulhalim, Uroš Cvelbar, "Label-free mycotoxin Raman identification by high-performing plasmonic vertical carbon nanostructures", *Small*, 2021, **17**, 49, 2103677. [COBISS.SI-ID 80208131]
46. Aleš Omerzu, Robert Peter, Daria Jardas, Iztok Turel, Krešimir Saloman, Matejka Podlogar, Damjan Vengust, Ivana Jelovica Badovinac, Ivna Kavre, Mladen Petravič, "Large enhancement of photocatalytic activity in ZnO thin films grown by plasma-enhanced atomic layer deposition", *Surfaces and interfaces*, 2021, **23**, 100984. [COBISS.SI-ID 50244099]

47. Branko Pivac, Pavo Dubček, H. Zorc, Sigrid Bernstorff, B. Vlahović, Janez Zavašnik, "Thickness dependent growth of Ge nanoparticles in amorphous Ge/SiO<sub>2</sub> multilayers", *Vacuum*, 2021, **190**, 110294. [COBISS.SI-ID 63902467]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Youssef Morabit, Mohammad Hasan, Richard D. Whalley, Eric Roberts, Martina Modic, James L. Walsh, "A review of the gas and liquid phase interactions in low-temperature plasma jets used for biomedical applications", *The European physical journal. D, Atomic, molecular and optical physics*, 2021, **75**, 32. [COBISS.SI-ID 49493251]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Patrick Seleš, Žiga Lipovšek, Martina Kocijan, Tina Radošević, Damjan Vengust, Matejka Podlogar, "Synthesis of ZnO powders with different morphologies for photocatalytic degradation", V: *56th International Conference on Microelectronics, Devices and Materials & the Workshop on Personal Sensors for Remote Health Care Monitoring, 22-24 September 2021, Ljubljana, Slovenia*, Proceedings, MIDEM, 2021, 35-42. [COBISS.SI-ID 86186243]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGLAVJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Janez Zavašnik, Andreja Šestan, Vasyl Shvalya, "Microscopic techniques for the characterisation of metal-based nanoparticles", V: *Analysis and characterisation of metal-based nanomaterials*, (Comprehensive analytical chemistry **93**), Elsevier, 2021, 241-284. [COBISS.SI-ID 74172419]

## PATENT

1. Gregor Filipič, Kristina Eleršič, Darij Kreuh, Janez Kovač, Uroš Cvelbar, Miran Mozetič, *A method of colouring titanium and titanium alloys*, GB2530805 (B), Intellectual Property Office, 24. 11. 2021. [COBISS.SI-ID 29504807]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Andrea Jurov, *Optična emisijska spektroskopija kot orodje za spremljanje procesov hladne plazme pri atmosferskem tlaku*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Uroš Cvelbar; somentor Nataša Hojnik). [COBISS.SI-ID 93265155]
2. Neelakandan Marath Santhosh, *Plazemsko omogočeno oblikovanje hibridnih ogljikovih nanostruktur za shranjevanje energije*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Uroš Cvelbar; somentor Gregor Filipič). [COBISS.SI-ID 92485635]

**Raziskave Odseka za kompleksne snovi obsegajo različna področja od fundamentalnih raziskav osnovnih vzbuditev v kvantnih materialih, neravnovesne kvantne snovi, samoorganizirane prilagajalne funkcionalnosti v kompleksnih sistemih in v mehki snovi do nanobiosistemov, biomolekul in različnih nanomaterialov. Eksperimentalne aktivnosti na odseku so tesno povezane s teoretičnimi raziskavami na različnih ravneh in podprte s sintezo zelo raznovrstnih materialov. Naše raziskave ultrahitrih neravnovesnih prehodov, novih skritih ureditev in feromagnetnih tekočin so široko svetovno znane in nosijo blagovno znamko odseka F7 in Instituta "Jožef Stefan".**



Vodja:

**prof. dr. Dragan D. Mihailović**

Eksperimentalne metode, ki jih uporabljamo, so temu ustrezno zelo različne. Zajemajo femtosekundne laserske spektroskopije v območju od THz do XUV, ultrahitne električne meritve v kombinaciji z različnimi optičnimi tehnikami, sintetično kemijo in rast tankih plasti z metodami, kot so MBE, ALD in EBE, ter laserske študije biomedicinskih vzorcev, femtosekundno tunelsko mikroskopijo in magnetometrijo.

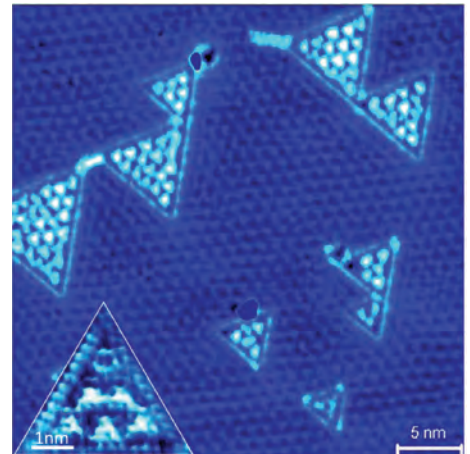
Eksperimentalno delo na odseku je močno podprto s teorijo z različnimi pristopi, vse od analitičnih metod do modeliranja s simulacijami Monte-Carlo in kvantnim popuščanjem s pomočjo kvantnega računalnika D-wave, ki se je v tem letu pokazal kot zelo uporabno orodje za modeliranje neravnovesnih pojavov.

Nekaj spin-out aplikativnih raziskovalnih projektov je dobilo večjo veljavo, nazadnje ultrahitri, nizkoenergijski kriospomin, ki temelji na naših predhodnih študijah ultrahitrih elektronskih prehodov.

Raziskovalni dosežki sodelavcev odseka za kompleksne snovi so zato precej raznoliki in vključujejo pomembna znanstvena odkritja na različnih področjih.

### Kvantni biljard

Vodenje sistemov skozi hitre neravnovesne fazne prehode ponuja priložnost za proučevanje novih stanj kvantne snovi, ki se samosestavijo kot posledica prehoda. Leta 2021 smo poročali o študiji kvantnih interferenčnih učinkov koreliranih elektronov, zaprtih v enoslojnih kvantnih nanostrukturah, ustvarjenih s femtosekundnim lasersko induciranim hlajenjem skozi politipni strukturni prehod prvega reda v slojevitih dihalogenidnem materialu prehodne kovine. Vrstična tunelska mikroskopija elektronov, zaprtih znotraj enakostraničnih trikotnikov, katerih dimenzije so nekaj kristalnih enotnih celic na strani, razkrije, da so trajektorije močno spremenjene glede na stanje prostih elektronov, in sicer z elektronskimi korelacijami in kot posledica robnih pogojev. Primerjava eksperimentov s teoretičnimi napovedmi močno koreliranega vedenja elektronov razkriva, da omejevalna geometrija destabilizira osnovno stanje kristala Wigner/Mott, posledica pa so mešana itinerantna in korelacijsko lokalizirana stanja, prepletena na dolžinski skali enega nanometra. Delo odpira pot k razumevanju kvantnega transporta elektronov, omejenih znotraj enoslojnih struktur atomske velikosti, ki temeljijo na koreliranih elektronskih materialih. Članek je bil objavljen v *Nature Communications*, 12, 3793 (2021). Objavljen je bil tudi film medijske hiše STA, ki je dostopen na kanalu YouTube (<https://youtu.be/yqorfqGrMk>).



Slika 1: Kvantni biljard elektronov znotraj enostranskih trikotnikov  $1T/1H\text{TaS}_2$  heterostrukture/nanostrukture. Elektronske gostote kažejo lokalizirana, itinerantna in robna stanja.

### Fazni diagram v časovni domeni

Metastabilna samoorganizirana elektronska stanja v kvantnih materialih so temeljnega pomena, saj kažejo nastajajoče dinamične lastnosti, ki se lahko uporabljajo v novih generacijah senzorjev in pomnilniških naprav. Takšna stanja se običajno tvorijo s faznimi prehodi v neravnovesnih pogojih, končno stanje pa se doseže s procesi, ki segajo v širok razpon časovnih okvirov. Običajno se fazni diagrami materialov obravnavajo kot statični, brez časovne evolucije. Vendar pa številne funkcionalne lastnosti materialov nastanejo kot posledica kompleksnih časovnih sprememb v materialu, ki se pojavljajo v različnih časovnih okvirih. Doslej takšne lastnosti niso bile obravnavane v okviru časovno razvijajočega se faznega diagrama, čeprav se v neravnovesnih pogojih različne faze običajno razvijajo v različnih časovnih okvirih. Tukaj z uporabo časovno ločenih optičnih tehnik in vrstične tunelske mikroskopije s femtosekundnim sunkom (STM) sledimo evoluciji metastabilnih stanj v kvazidvodimenzionalnem dihalogenidu  $1T\text{-TaS}_2$ , ki je v zadnjem času v središču pozornosti. Določili smo njegov časovni fazni diagram v odvisnosti od gostote fotonov in temperature kot kontrolnih parametrov v časovnih razponih od  $10^{-12}$  do  $10^3$  s. Uvedba časovne domene v fazni diagram nam omogoča spremljanje razvoja metastabilnih emergentnih stanj, ki jih ustvarjajo različni



mehanizmi faznih prehodov na različnih časovnih lestvicah, kar omogoča primerjavo s teoretičnimi napovedmi faznega diagrama in odpira pot do razumevanja zapletenih postopkov urejanj v metastabilnih materialih. Delo je bilo objavljeno v *Nature Communications* 12, 2323 (2021).

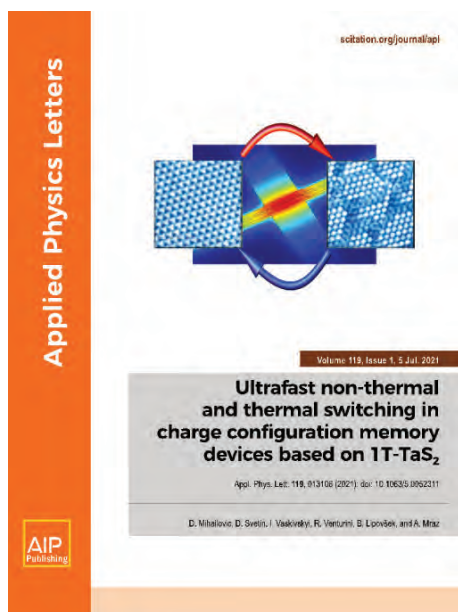
### Spominske naprave na podlagi konfiguracije naboja

V letu 2021 je bil dosežen velik napredek pri izdelavi, testiranju in modeliranju pomnilnikov konfiguracije naboja (CCM). Naprave CCM so izvirni izum, ki temelji na odkritju urejenega stanja skritega naboja v dihalogenidu prehodne kovine, objavljenem v *Science* (2014), z nadaljnjimi publikacijami v *Nature Communications* (2016) in *Science Advances* (2015), *npjQM* (2018), *Nat. Comm.* (2021) in *Nature Materials* (2019).

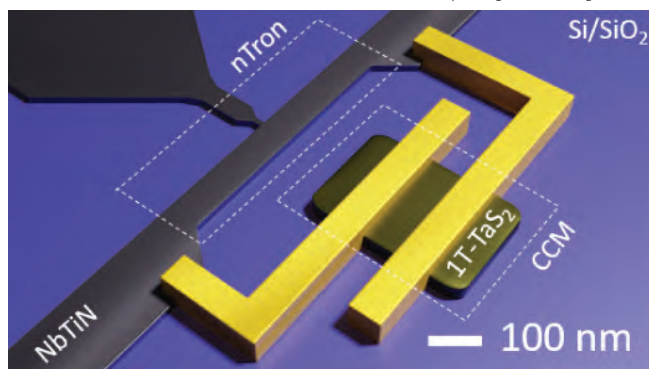
Delovanje naprave CCM temelji na nadzorovanem krmiljenju rekonfiguraciji elektronskih domen v materialu z valom gostote naboja. Ker prevladujoči učinek vključuje manipulacijo z elektroni in ne z atomi, lahko naprave dosežejo subpikosekundno preklapno hitrost in ultranizko femtojoulsko preklapno energijo. Mehanizmi, vključeni v preklapljanje med stanji domen različnih električnih uporov, so zelo netrivialni in vključujejo ujetje neravnovesnih nabojev znotraj topološko zaščitene stanje domen. V članku, ki smo ga pripravili kot odgovor na povabilo urednikov *Applied Physics Letters*, razpravljamo o osnovni fiziki, ki je bistvena za delovanje naprav CCM, pri čemer se osredotočamo na nenavadno asimetrijo med netermičnimi procesi pisanja in toplotnim brisanjem z vidika mehanizma v povezavi s toplotno dinamiko. Rezultati so se pojavili tudi na naslovnici *Appl. Phys. Lett.* 119, 013106 (2021).

V štirih nadaljnjih publikacijah, ki so trenutno v različnih fazah objave, so obravnavani različni vidiki naprav CCM. Prva predstavlja ultraučinkovito preklapljanje upora med fazami, urejenimi s polnjenjem v  $1T-TaS_2$  z enojnim pikosekundnim električnim sunkom (arXiv:2202.13831). V drugi publikaciji raziskujemo skaliranje energetske učinkovitosti naprav CCM kot funkcijo velikosti naprave in časa pisanja podatkov  $\tau_w$  ter drugih parametrov, ki vplivajo na učinkovito delovanje naprave. Ugotavljamo, da se energetska učinkovitost preklopa približno linearno spreminja z obema količinama prek več dekad, pri čemer odstopa od linearosti le, ko se  $\tau_w$  notranji preklapni meji  $\sim 0,5$  ps. V primerjavi s trenutnimi najsodobnejšimi pomnilniškimi napravami je bilo ugotovljeno, da so naprave CCM veliko hitreje in bistveno bolj energetske učinkovite, kar je tukaj prikazano z dvopolnim preklapom z uporabo električnih sunkov z energijo 2,2 fJ, 16 ps. (arXiv: 2103.04622). V tretji publikaciji z uporabo vrstične tunelske

mikroskopije z več sondami (STM) mikroskopsko raziskujemo, kako se netrivialne topološke napake v strukturi elektronskih domen rekonfigurirajo kot odziv na tok v napravi. Napake, ki so topološko enakovredne običajnim kristalnim dislokacijam, se zdijo robustne pri majhnih tokovih. Pri višjih tokovih pa kažejo anihilacijo parov defekt/antidefekt, ki je neposredno povezana s spremembo električnega upora vzorca. Očitna odsotnost drsenja CDW pod lateralnim poljem in jasno razlikovanje med termično aktiviranimi relaksacijskimi procesi domene in temperaturno neodvisno upornostjo pomenita prisotnost nekonvencionalnega 2-komponentnega mehanizma za prenos naboja, ki ga je mogoče modulirati z manipulacijo domenske strukture. V četrti publikaciji (arXiv:2203.14586) predstavljamo izvedbo pomnilnika CCM v okolju krioračunalništva, tako da ga vzporedno združimo s sunkovno proženim superprevodnim kriotronom (nTron). Kombinirana naprava je modelirana v smislu dinamičnega odziva parametra superprevodnega reda v tokovno krmiljeni nanožici z bremenom CCM. Analiza časovne dinamike in tokovno napetostnih značilnosti, ki temeljijo na izmerjenih parametrih naprave, kaže, da lahko tokovni sunki na ravni kvantnega toka (SFQ) poganjajo CCM na pikosekundni časovni skali, hkrati pa nTronu omogočajo delovanje v načinu brez metastabilnosti. Zaradi visoke energetske učinkovitosti in izjemno visoke hitrosti je ta hibridna naprava idealen pomnilnik za uporabo v perifernih napravah za kriogeno in kvantno računalništvo.



Slika 2: Naslovnica revije *Applied Physics Letters*



Slika 3: 3D-model kombinirane naprave. nTron je narejen iz NbTiN tankega filma (sivo), CCM je iz kristala  $1T-TaS_2$  (temno rumeno-zeleno), zlata elektrode pa ju povezujejo v paralelno vezavo (svetlo rumeno). Celotno vezje je na substratu  $Si/SiO_2$  (vijoličasto).

### Ultrahitra elektronska dinamika v kompleksnih sistemih

Nadaljevali smo študijo vpliva obsevanja z intenzivnimi femtosekundnimi optičnimi sunki v  $CuIr_2S_4$  z metodo večsunkovne optične časovno ločljive spektroskopije. Podatki nakazujejo, da je fotovzbujena dinamika prehoda v visokotemperaturno kovinsko fazo upočasnjena zaradi nukleacijske kinetike prehoda prvega reda, kar prepreči kompleten ultrahiter prehod v kovinsko fazo tudi, ko absorbirana energija znatno presega razliko entalpij med fazama. Po drugi strani je dinamično razklopljen elektronski red prehodno uničen na subpikosekundni skali dokaj neodvisno zaradi fotoinduciranega Mottovega prehoda, kot smo poročali v *New Journal of Physics*, 23, 053023 (2021).

Raziskovali smo tudi vpliv nereda v visokotemperaturnih superprevodnikih z vidika fotoinducirane kvazidelčne dinamike. Preiskovali smo optimalno dopiran superprevodnik  $\text{Bi}_{2-x}\text{Sr}_{2-x}\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  (Bi2212) z neredom izven ravnin  $\text{CuO}_2$ , ki ga inducira substitucija Bi-Sr ( $x$ ). Ta je prisotna v standardnih vzorcih Bi2212, a navadno ni točno znana in kontrolirana. Na podlagi sistematične spremembe nereda s kontroliranim  $x$  smo identificirali spremembe v kvazidelčni dinamiki in oblikovanju energijskih rež v superprevodnem stanju (SC) in stanju s psevdorežo (PG). Temperatura pojava odziva PG  $T^*$  narašča z naraščajočim  $x$  znatneje kot majhen padec kritične temperature  $T_c$  z naraščajočim  $x$ . To vedenje se odseva tudi v kritičnih fluencah za uničenje posameznih stanj. Nered skrajša kvazidelčna relaksacijska časa v obeh stanjih, kar je posledica povečanja verjetnosti za sipanje na fononih v prisotnosti nereda. Po drugi strani pa obnavljanje superprevodne reže v področju močnih vzbuditev kaže fluenčno odvisnost, ki je neodvisna od  $x$ . To pomeni, da nered ne vpliva znatno na nastanek koherentne superprevodne reže, kot smo poročali v *Phys. Rev. B* 104, 094507 (2021).

S trisunkovno femtosekundno optično spektroskopijo smo raziskovali uničenje in nastanek Mottovega stanja ter relaksacijo fotovzbujenih nosilcev v organskem Mottovem izolatorju  $\kappa$ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu[N(CN) $_2$ ]Cl ( $\kappa$ -Cl) in superprevodniku  $\kappa$ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu[N(CN) $_2$ ]Br ( $\kappa$ -Br), kjer BEDT-TTF označuje bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene. V obeh soleh smo opazili, da po uničenju z močnim optičnim sunkom tranzientna odbojnost postopoma narašča, pri tem pa njen relaksacijski čas ostaja konstanten. To kaže na to, da se v  $\kappa$ -Cl energijska reža ne zapre, ampak se zapolni s fotoinduciranimi stanji. Mottovo stanje se reformira na časovni skali nekaj pikosekund z izginotjem fotoinduciranih stanj v reži. V  $\kappa$ -Br je vedenje podobno, kar pripisujemo fazno separirani izolatorski Mottovi fazi, kot smo poročali v *Phys. Rev. B* 104, 115152 (2021).

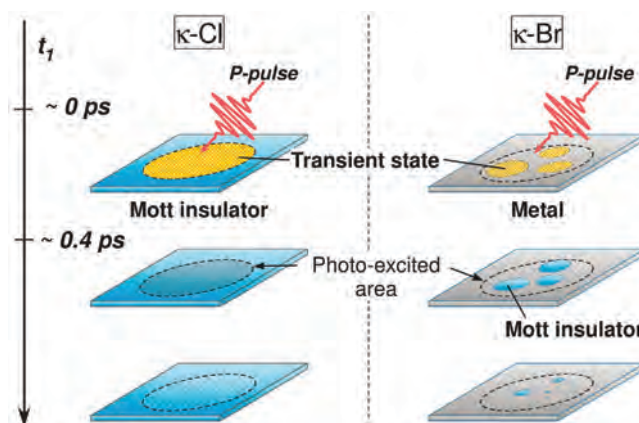
### Teoretične raziskave na nanoskali

Metastabilna samoorganizirana elektronska stanja v kvantnih materialih so temeljnega pomena, saj kažejo nove dinamične lastnosti, ki jih je mogoče uporabiti v novih generacijah senzorjev in spominskih naprav. Takšna stanja običajno nastanejo s faznimi prehodi v neravnovesnih pogojih, končno stanje pa se doseže s procesi, ki zajemajo širok razpon časovnih skal. Tukaj z uporabo časovno ločenih optičnih tehnik in s femtosekundnimi impulzi vzbujene skenirne tunelske mikroskopije (STM) spremljamo razvoj metastabilnih stanj v materialu, ki je v zadnjem času zelo zanimiv, kvazi-dvodimenzionalni-dikalkogenid 1T-TaS $_2$ . Za napovedovanje faznega diagrama uporabljamo najsodobnejše simulacije Monte Carlo nabitega plina polaronov na rešetki. Naš splošni model skoraj v celoti napoveduje strukturo eksperimentalnega faznega diagrama, razen faze 1/12, ki je eksperimentalno ne najdemo. Ta ugotovitev pojasnjuje pomen drugih mehanizmov pri oblikovanju ravnotežnih faz, ki niso samo polaronske korelacije. Rezultati tukajšnje teorije so bili objavljeni v *Nature Communications*, 12, 3793 (2021).

Siljenje sistemov skozi hitre neravnovesne fazne prehode ponuja priložnost proučevanja novih stanj kvantne snovi, ki se po prehodu oblikujejo sama. Tu proučujemo kvantne interferenčne pojave koreliranih elektronov, ki so zaprti v enoslojnih kvantnih nanostrukturah, ustvarjenih s femtosekundnim laserskim ohlajanjem skozi politipni fazni prehod prvega reda v večplastnem prehodno kovinskem dihalkogenidnem materialu. Vrstično tunelsko mikroskopiranje elektronov, zaprtih v enakostraničnih trikotnikih, katerih dimenzije so nekaj kristalnih osnovnih celic, razkriva, da so trajektorije močno spremenjene v primerjavi s prostimi elektroni zaradi elektronskih korelacij in ujetosti. Primerjava poskusov s teoretičnimi napovedmi vedenja močno koreliranih elektronov razkriva, da omejitvena geometrija destabilizira osnovno stanje Wignerjevega/Mottovega kristala, kar povzroči mešana itrierantna in korelacijsko lokalizirana stanja, prepletena na prostorski skali 1 nm. Naše simulacije Monte Carlo kažejo, da se polaronske konfiguracije znatno deformirajo v majhnih trikotnikih, medtem ko je deformacija lokalizirana bolj proti robu, čim večji je trikotnik. Naravna kvantna razširitev istega modela pokaže, da se elektroni bistveno bolj delokalizirajo v primerih, ko je frustracija zaradi konfinacije večja in je vidna že v klasičnih simulacijah. Teoretične simulacije zato sklepajo, da je geometrijska frustracija zaradi konfinacije polaronov glavno gonilo eksperimentalno opaženih kvantnih interferenčnih vzorcev. Delo odpira pot k razumevanju kvantnega transporta elektronov, ki so omejeni v enoslojnih strukturah v atomskem merilu, ki temeljijo na koreliranih elektronskih materialih. Rezultati tukajšnje teorije so bili objavljeni v *Nature Communications*, 12, 3793 (2021).

### Nanomateriali

Karbidni in nitridni prehodnih kovin z velikimi površinami so zelo primerni kot katalizatorji pri različnih reakcijah. Razvili smo nov postopek sinteze molibden nitridnih in karbidnih heterostruktur na podlagi pretvorbe dveh vrst



Slika 4: Shematična ilustracija razvoja elektronskih stanj po vzbuditvi z intenzivnim laserskim sunkom v močno koreliranih organskih soleh  $\kappa$ -Cl in  $\kappa$ -Br.



prekursorjskih nanožic, MoSI NW in MoOksidAnilin NW, s segrevanjem pri povišani temperaturi v plinastem NH<sub>3</sub> in mešanici etan/vodik/argon. Nova sintezna pot je preprosta in ponovljiva ter tehnološko izvedljiva metoda za proizvodnjo večjih količin nanožic, sestavljenih iz molibden karbid/nitridnih zrn s premeri okoli 10 nm. Vsi materiali, pripravljene iz nanožic, kažejo katalitično aktivnost za pretvorbo CO<sub>2</sub> in hkrati odlično selektivnost za proizvodnjo CO. Materiali kažejo dolgotrajne stabilnosti pri zmernih stopnjah pretvorbe, kljub manjšim spremembam



Slika 5: Globalni ogljični odtis je mogoče zmanjšati z zajemanjem, shranjevanjem in uporabo CO<sub>2</sub> za proizvodnjo goriv s pomočjo različnih tehnologij. Zelo obetavna pot je uporaba postopka Fischer-Tropsch, ki poteka v enem reaktorju hkrati s povratno reakcijo vodnega plina (RWGS) z ogljikovim dioksidom in vodikom kot dovodno mešanico. Reakcija RWGS  $CO_2 + H_2 \leftrightarrow CO + H_2O$  je ravnotežna reakcija in zaradi svoje endotermne narave omejena na visoke temperature, zato je treba razviti stabilne, aktivne in selektivne katalizatorje, ki bi omogočili uporabo CO<sub>2</sub> pod sprejemljivimi pogoji.

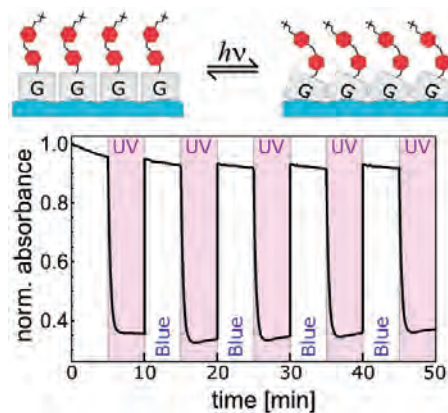
v strukturi in sestavi na površini. Raziskovali smo tudi stopnjo selektivnosti pri sintezi CO. Katalizatorji, sestavljeni iz čistih nitridnih faz, kažejo višjo kemisorpcijo CO pri materialih, pripravljenih na podlagi MoOksidAnilin NW z vrednostjo okoli 4,2 μmol g<sup>-1</sup>, kot pri tistih sintetiziranih iz MoSI NW. S ponavljanjem poskusov z različnimi razmerji CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub> ter materiali so heterogene nanožice Mo<sub>2</sub>C/Mo<sub>2</sub>N pokazale višjo stopnjo pretvorbe CO<sub>2</sub> v CO kot homogene nanožice Mo<sub>2</sub>C. Katalizator Mo<sub>2</sub>C/Mo<sub>2</sub>N je pokazal visoko stopnjo stabilnosti pri 300 °C tudi v daljšem časovnem obdobju (> 24 ur) ob hkratni visoki stopnji selektivnosti okoli 99 % proti CO. Primerjava karakterizacije katalizatorjev pred reakcijo RWGS in po njej kaže, da ni večje razlike v fizikalnih in kemijskih lastnostih preizkušenih materialov, kar dodatno potrjuje možnost uporabe novih materialov za katalizatorje v reakciji RWGS. Delo je bilo objavljeno v reviji *Renewable Energy*.

Z meritvami fotoluminescence nanocevk TiO<sub>2</sub>, izraslih iz tankih folij titana, in podporo dodatnim analizam smo sodelovali pri raziskavah povezav med pogoji sinteze, sestavo, strukturnimi lastnostmi in fotokatalitično aktivnostjo (sodelovanje z Odsekoma za nanostrukturirane materiale in Odsekom za tehnologijo površin IJS ter Kemijskim inštitutom). (*ACS Omega* 6, 23233, 2021)

### Mehka snov

Raziskovali smo mehanizme nastanka G-kvadrupleksov v DNK zaporedjih (G<sub>4</sub>C<sub>2</sub>)<sub>n</sub>, povezanih z nevrološki motnjami ALS in FDT. Ugotovili smo, da imajo zaporedja z n = 1, 2 in 4 zelo različne topologije zvitja in posledično kažejo različne lastnosti makromolekulske asociacije (*International Journal of Molecular Sciences* 22, 4532 (2021)). Nadaljevali smo raziskave lipofilnih derivatov nukleozidov DNK v Langmuirovih filmih na meji zrak-voda in v Langmuir-Blodgett filmih na trdnih substratih. Poudarek je bil na procesu fotoizomerizacije v azofunkcionaliziranih derivatih gvanozina. Ugotovili smo, da so takšni derivati obetavni kandidati za izdelavo fotoaktivnih 2D-materialov, ki lahko zagotovijo vse koristne funkcionalnosti spojin na podlagi DNK (*ACS Omega* 6, 15421 (2021)). Metoda Langmuir-Blodgett je bila uporabljena tudi za izdelavo zaščitnih monoslojnih premazov proti visokotemperaturni koroziji površin za koncentracijo in absorpcijo sončne energije (*Solar Energy Materials and Solar Cells* 223, 110984 (2021)).

V sodelovanju z raziskovalci z univerze Nankai na Kitajskem smo nadaljevali raziskovanje nastajljivih optičnih difrakcijskih struktur na osnovi tekočih kristalov, ki so vgrajeni v lasersko izdelana polimerna ogrodja (naš patent WO2015139353 (A1)). Naše teoretično delo o električno nastajljivih optičnih difrakcijskih mrežicah, izdelanih z uvedbo konvencionalnega nematskega tekočega kristala, vgrajenega v tovrstno ogrodje, smo predstavili v članku v reviji *Polymers* 13, 2292 (2021). Raziskali smo tudi širjenje svetlobe v holesteričnih tekočih kristalih, uvedenih v periodično konfiguracijo polimernih trakov s planarnim površinskim sidranjem (*Physical Review E* 104, 020470 (2021)).



Slika 6: Časovna odvisnost normalizirane absorbance pri 330 nm, izmerjena v kloroformskih raztopinah fotoobčutljivega derivata gvanozina med izmeničnim osvetljevanjem z modro in UV-svetlobo. Intervali UV-osvetljevanja so obarvani z vijoličasto barvo.

V sodelovanju z raziskovalci iz Vzhodnobavarske tehnične visoke šole (OTH) v Regensburgu in Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani smo raziskali različne vidike magnetno reguliranih površinskih lastnosti magnetoaktivnih elastomerov (MAE). MAE so kompozitni materiali, sestavljeni iz magnetnih mikrodelcev, vgrajenih v mehko elastomerno matriko. Pokazali smo, da je značilnosti pljuskanja kapljic tekočine na površini MAE mogoče regulirati z magnetnim poljem (*Advanced Materials Interfaces* 8, 1 (2021)). Pokazali smo tudi, da je z lasersko mikroobdelavo površine MAE mogoče izdelati površinske mikrovzorke različnih velikosti in oblik (*Advanced Materials Technologies* 2021, 2101045). Prav tako smo pokazali, da je mogoče rekonfigurabilne mikrovzorke vtisniti v površino MAE na podlagi učinka spomina oblike, ki ga povzroča magnetno polje (*Polymers* 13, 4422 (2021)).

Nadaljevali smo proučevanje feroelektrične nematične faze. Primerjali smo dva materiala z zelo podobno kemijsko strukturo in pokazali, da je zelo majhna sprememba strukture molekule omogoči gostejše zlaganje molekul, kadar so v polarni fazi. Zmanjšanje izključitvenega volumna je tako vzrok za nastanek polarne faze. Demonstrirali smo tudi, da lahko simulacije molekulske

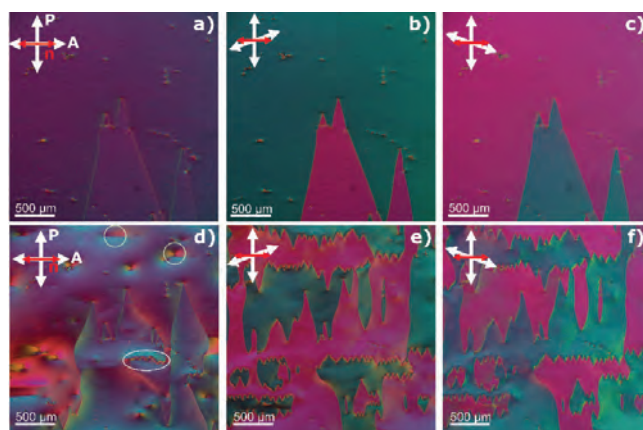
dinamike uporabimo za napovedovanje in identifikacijo materialov, ki so potencialni kandidati za feroelektrično nematično fazo. (*Nat Commun* 12, 4962 (2021)). Proučevali smo tudi oblikovanje in strukturo velikih polarnih nematičnih domen v materialu RM734 v celicah z različnimi urejevalnimi lastnostmi. Opazili smo, da imajo lastnosti urejevalne plasti v celicah močan vpliv na oblikovanje različnih tipov domen z različnimi zvitimi strukturami polarizacije. Optično in s slikanjem s podvojeno frekvenco smo proučevali preklap milimetrskih polarnih domen, ki ga povzroči zunanje električno polje. Posvetili smo se predvsem preklonim lastnostim v posebnem primeru, ko je bilo električno polje v ravnini plasti vzorca. Za karakterizacijo strukturnih sprememb smo optični odziv reproducirali s kombinacijo enostavnega modela in izračunom optičnih lastnosti z Berremanovo metodo (*Liquid Crystals* 48, 2055 (2021)).

Proučevali smo feromagnetno urejanje v suspenzijah magnetnih nanoploščic, narejenih iz barijevega heksaferita v izotropnih topilih, ki nad določenimi mejnimi koncentracijami nanoploščic preidejo v feromagnetno nematično fazo. Ključni interakciji med ploščicami sta dipolarna magnetna in anizotropna senčena elektrostaticna interakcija. Koncentracijo, pri kateri pride do faznega prehoda med izotropno in nematsko fazo, smo spreminjali tako, da smo vplivali na interakcije med ploščicami. Opazili smo, da se je mejna koncentracija (običajno okoli 5 % (v/v)) zmanjšala za 0,6 % (v/v) v suspenzijah z večjim srednjim premerom ploščic, do 0,6 % (v/v) s povečano ionsko močjo, in za približno 2 % (v/v) z večjo magnetizacijo ploščic. Pokazali smo, da lahko s prilagajanjem parametrov, ki vplivajo na interakcije med nanoploščicami ferofluida, spremenimo mejno koncentracijo, pri kateri nastane tekoči magnet. Rezultati kažejo pomen občutljivega ravnovesja med odbojnimi senčenimi elektrostaticnimi in privlačnimi dipolarnimi magnetnimi interakcijami za nastanek tekočega magneta. (*Journal of Molecular Liquids* 118038 (2021)). S pomočjo Pickeringove emulzijske metode (*Nanomaterials* 11, 2797 (2021)) smo prispevali tudi k razvoju Janusovih nanoploščic, narejenih iz barijevega heksaferita in zlata. Na področju makromolekularnih mehkih snovi smo nadaljevali proučevanje tekočokristalnih elastomerov. Opisali smo sintezo polidomenskih magnetnih tekočokristalnih elastomerov, pri čemer smo funkcionalizirane magnetne nanodelce kemijsko vezali v elastomer. S tem smo znatno povečali njegov odziv na zunanje magnetno polje. Izmerili smo magnetne histereze nastalih polidomenskih vzorcev tako v majhnih kot v velikih poljih in v vedenju prepoznali dva mehanizma: reorientacijo delcev in preklap magnetnega momenta znotraj posameznega delca. Opazili smo sklopitev med mehanskim raztegom in magnetizacijo vzorca ter ugotovili, da je magnetizacija, ki se pojavi kot posledica raztega, praktično enaka magnetizaciji, ki se pojavi pod vplivom zunanjega magnetnega polja. Rezultate raziskav smo objavili v *Liquid Crystals*, 48, 1815 (2021).

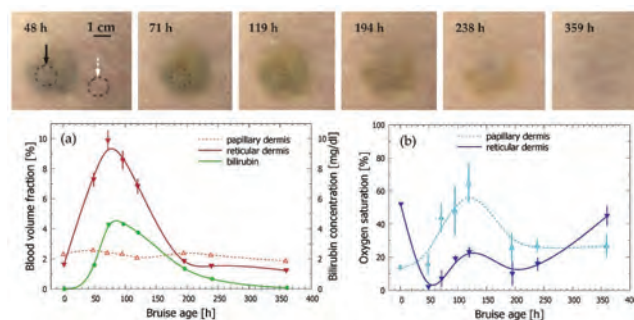
### Biomedicinska optika

Nadaljevali smo razvoj inovativnih optičnih tehnik za neinvazivno karakterizacijo bioloških tkiv in organov. S kombiniranjem difuzno refleksijske spektroskopije (DRS) in sunkovne fototermalne radiometrije (SFTR; to so časovno razločene meritve lasersko inducirane modulacije infrardečega sevanja) z namenskim numeričnim modelom transporta svetlobe v močno sipajočih večplastnih strukturah smo razvili postopek za oceno več fiziološko pomembnih lastnosti človeške kože *in vivo* (npr. vsebnost melanina in krvi, skupaj s stopnjo nasičenosti s kisikom, v značilnih plasteh kože). Opisana metodologija je bila dopolnjena in uporabljena za karakterizacijo laserskega odstranjevanja tetovaz in spremljanja zdravljenja podplutb pri prostovoljcih. Opisana metodologija bi lahko pomenila temelj za razvoj tehnike za oceno starosti modric v kriminalistiki oz. sodni medicini. (*Sensors* 21, 302, 2021).

V sodelovanju z Odsekom za sintezo materialov (IJS) smo proučevali anorganske nanodelce, ki izkazujejo fluorescenco z energijskim prenosom navzgor (ang. upconversion), npr.  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}$ . Taki nanodelci imajo zelo velik potencial za diagnostično slikanje v medicini in celično ciljano terapijo. V zadnjem obdobju smo se osredotočili na razvoj fosfonatnih prevlek za izboljšanje njihove kemijske stabilnosti v fizioloških pogojih



Slika 7: Slike (narejene s polarizacijskim optičnim mikroskopom) delive in nastanka domen v 5.4 mikronov debeli plasti feroelektričnega nematičnega tekočega kristala, ki ju povzroči zunanje električno polje s smerjo, pravokotno na plast tekočega kristala. Pred vklopom polja med prekržanimi polarizatorjema (a) in z zasukanim analizatorjem (b, c). (d) Različne opažene strukture v izmeničnem polju škatlaste oblike s frekvenco 1 Hz in  $V_p = 1,5$  V. (e,f) Končno stanje vzorca po izklopu polja (reproducirano iz *Liquid Crystals* 48, 2055 (2021), objavljeno pod licenco CC BY-NC-ND 4.0).



Slika 8: Zgoraj: Fotografije modric na prostovoljcu ob različnih časih po poškodbi. Spodaj: (a) Časovni poteki pomembnejših parametrov optičnega modela modrice, dobljeni iz meritev na zgoraj prikazani modrici: vsebnosti krvi v papilarnem in retikularnem dermisu (usnjici), koncentracija bilirubina in (b) ustrežna raven oksigenacije krvi.

**Naša edinstvena metodologija za neinvazivno karakterizacijo človeške kože bi lahko omogočila razvoj tehnike za oceno starosti modric v kriminalistiki oz. sodni medicini.**

in posledično zmanjšanje citotoksičnosti, pri čemer pa morajo ohranjati ali celo okrečiti izkoristek fluorescence. (*Dalton Trans.* 50, 6588, 2021).

V namensko zasnovani numerični študiji smo simulirali transport svetlobe v režimu večkratnega sipanja s tehniko Monte Carlo in tako replicirali meritve difuzne refleksije z uporabo integracijske krogle. Namen študije je bil preveriti veljavnost predpostavke o simetričnosti na obrat časa, ki je implicitna pri delovanju večine komercialnih spektrometrov z uporabo IS, in preizkusiti različne strategije za minimizacijo potencialnih sistematskih napak pri analizah tovrstnih meritev. (magistrsko delo, FMF, 2021).

### Mikrofluidika

Mikrofluidične raziskave že vrsto let potekajo v tesnem sodelovanju z Laboratorijem za eksperimentalno mehko snov na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani ter v zadnjem času tudi z industrijskimi farmacevtskimi partnerji.

V začetku leta smo v reviji *IEEE Sensors Journal*, 21, 5871 (2021) objavili izsledke raziskave analize toka v stranskih mikrofluidičnih kanalčkih in opis nove vrste senzorjev mikrofluidičnih tokov. Z opisanimi senzorji hitrost tekočine v mikrofluidičnem vzorcu merimo posredno, prek opazovanja druge tekočine v stranskem kanalčku, ki se z merjenjem ne meša. S spremljanjem gibanja sledilnih delcev v stranskih kanalčkih smo določili karakteristične parametre tokov in pokazali linearno povezavo s hitrostjo tekočine v širokem obsegu merjenih hitrosti.

Drugo obširno področje raziskav izvajamo v sodelovanju s farmacevtskimi partnerji in se osredotočamo na proučevanje dinamike, adsorpcije in agregacije delcev v tekočinah ter na njihovih faznih mejah. Z mikroskopijo pod Brewstrovim kotom smo opazovali adsorpcijsko dinamiko proteinskih filmov na meji voda-zrak in določili hitrost rekonstitucije filmov po nenadnem pretrganju v odvisnosti od koncentracije proteinov. Dodatno smo proteinske filme nadzorovano poškodovali in analizirali nastale agregate ter proučili odvisnost rekonstitucije in agregacije od koncentracije surfaktantskih molekul. Ugotovili smo, da sta mejni koncentraciji za nastanek proteinskega filma in agregacijo proteinov znatno nižji od kritične micelarne koncentracije surfaktantov. Delo je bilo narejeno v okviru uspešno zagovarjanega magistrskega dela na FMF.

**V sodelovanju z industrijskimi partnerji smo proučevali nastanek proteinskih filmov na meji voda-zrak in izmerili hitrost njihove rekonstitucije po nenadnem pretrganju ter nastanka agregatov v raztopini.**

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Mihailović, Dragan, Svetin, Damjan, Vaskivskiy, Igor, Lipovšek, Benjamin, Mraz, Anže, Ultrafast non-thermal and thermal switching in charge configuration memory devices based on 1T-TaS<sub>2</sub>, *Applied physics letters*, 2021, 119, 013106
2. Vaskivskiy, Igor, *et al.*, Element-specific magnetization dynamics in Co-Pt alloys Induced by strong optical excitation, *The journal of physical chemistry: C, Nanomaterials and interfaces*, 2021, 125, 21, 11714-11721
3. Zhang, Renyun, Hummelgård, Magnus, Örtengren, Jonas, Olsen, Martin, Andersson, Henrik, Yang, Ya, Wang, Zhong-Lin, Olin, Håkan, Šutar, Petra, Mihailović, Dragan, All-inorganic triboelectric nanogenerators based on Mo<sub>6</sub>S<sub>3</sub>I<sub>6</sub> and indium tin oxide, *Nano energy*, 2021, 89, 106363
4. Ravnik, Jan, Diego, Michele, Gerasimenko, Yaroslav, Vaskivskiy, Yevhenii, Mertelj, Tomaž, Vodeb, Jaka, Mihailović, Dragan, A time-domain phase diagram of metastable states in a charge-ordered quantum material, *Nature communications*, 2021, 12, 2323-1-2323-8
5. Ravnik, Jan, Vaskivskiy, Yevhenii, Vodeb, Jaka, Aupič, Polona, Vaskivskiy, Igor, Golež, Denis, Gerasimenko, Yaroslav, Kabanov, Viktor V., Mihailović, Dragan, Quantum billiards with correlated electrons confined in triangular transition metal dichalcogenide monolayer nanostructures, *Nature communications*, 2021, 12, 3793-1-3793-8
6. Naseska, Mimoza, Šutar, Petra, Vaskivskiy, Yevhenii, Vaskivskiy, Igor, Vengust, Damjan, Svetin, Damjan, Kabanov, Viktor V., Mihailović, Dragan, Mertelj, Tomaž, First-order kinetics bottleneck during photoinduced ultrafast insulator-metal transition in 3D orbitally-driven Peierls insulator CuIr<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, *New journal of physics*, 2021, 23, 053023-1-053023-10
7. Pokharel, A. R., Agustsson, S. Y., Kabanov, Viktor V., Iga, F., Takabatake, T., Okamura, H., Demšar, Jure, Robust hybridization gap in the Kondo insulator YbB<sub>12</sub> probed by femtosecond optical spectroscopy, *Physical review B*, 2021, 103, 11, 115134-1-115134-7
8. Toda, Yasunori, Tsuchiya, S., Oda, Migaku, Kurosawa, T., Katsumata, S., Naseska, Mimoza, Mertelj, Tomaž, Mihailović, Dragan, Ultrafast transient reflectivity measurements of optimally doped Bi<sub>2-x</sub>Sr<sub>2-x</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8-δ</sub> with disorder, *Physical review B*, 2021, 104, 9, 094507-1-094507-9
9. Malik, R. S., Vaskivskiy, Igor, *et al.*, Ultrafast magnetization dynamics in the half-metallic Heusler alloy Co<sub>2</sub>FeAl, *Physical review B*, 2021, 104, 10, L100408-1-L100408-6

10. Tsuchiya, S., Taniguchi, Hiromi, Yamada, J., Toda, Yasunori, Mihailović, Dragan, Mertelj, Tomaž, Ultrafast dynamics of Mott-state quench and formation in strongly correlated BEDT-TTF molecular conductors observed by three-pulse pump-probe spectroscopy, *Physical review B*, 2021, **104**, 11, 115152-1-115152-6
11. Dasireddy, Venkata D. B. C., Vengust, Damjan, Likozar, Blaž, Kovač, Janez, Mrzel, Aleš, Production of syngas by CO<sub>2</sub> reduction through Reverse Water-Gas Shift (RWGS) over catalytically-active molybdenum-based carbide, nitride and composite nanowire, *Renewable energy*, 2021, **176**, 251-261
12. Vozlič, Maša, Čerňič, Tina, Gyergyek, Sašo, Majaron, Boris, Ponikvar-Svet, Maja, Kostiv, Uliana, Horák, Daniel, Lisjak, Darja, Formation of phosphonate coatings for the improved chemical stability of upconverting nanoparticles under physiological conditions, *Dalton transactions*, 2021, **50**, 19, 6588-6597
13. Potrč, Melani, Sebastián Ugarteche, Nerea, Škarabot, Miha, Drevenšek Olenik, Irena, Spindler, Lea, Supramolecular polymorphism of (G<sub>4</sub>C<sub>2</sub>)<sub>n</sub> repeats associated with ALS and FTD, *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 9, 4532
14. Papan, Jelena, Hribar, Patricija, Mertelj, Alenka, Lisjak, Darja, Preparation of barium-hexaferrite/gold Janus nanoplatelets using the pickering emulsion method, *Nanomaterials*, 2021, **11**, 11, 2797-1-2797-18
15. Mandle, Richard J., Sebastián Ugarteche, Nerea, Martinez-Perdiguero, Josu, Mertelj, Alenka, On the molecular origins of the ferroelectric splay nematic phase, *Nature communications*, 2021, **12**, 4962-1-4962-12
16. Marin, Ana, Verdel, Nina, Milanič, Matija, Majaron, Boris, Noninvasive monitoring of dynamical processes in bruised human skin using diffuse reflectance spectroscopy and pulsed photothermal radiometry, *Sensors*, 2021, **21**, 1, 302-1-302-19

### Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Nonequilibrium Quantum Workshop, Krvavec, Slovenija, 12.-16. 12. 2021
2. 18<sup>th</sup> International Conference on Ferroelectric Liquid Crystals, Polarity and Chirality in Soft Matter, 6.-10. september 2021, IJS, Slovenija

### Patent

1. Nejc Lukač, Matjaž Lukač, Matija Jezeršek, Peter Gregorčič, Cleaning system, EP3510961 (B1), European Patent Office, 9. 6. 2021

### Nagrade in priznanja

1. prof. dr. Martin Čopič: dobitnik Blinčeve nagrade za leto 2021
2. Anže Mraz: dobitnik nagrade Fernando Tommasini za najbolj razumljiv govor v Crossnanu 2021
3. Aleš Mrzel in Damjan Vengust: dobitnika bronaste medalje in nagrade ARCA 2021: KTT - Konzorcij za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo; Nacionalna in univerzitetna knjižnica v Zagrebu, Hrvaška, 14.-16. oktober 2021

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. COST CA16101; Več-modalno slikanje sledi za forenzične preiskave - orodja za forenzično znanost  
COST Office  
prof. dr. Boris Majaron
2. COST CA16218; Koherentne hibridne naprave na nanoskali za superprevodne kvantne tehnologije  
COST Association AISBL  
prof. dr. Viktor Kabanov
3. COST CA17123; MAGNETOFON; Ultrahitna opto-magnetna elektronika za ne-disipacijsko informacijsko tehnologijo  
COST Association AISBL  
prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović
4. COST CA17140 - Nano2Clinic; Nanomedicina raka - od laboratorijskih raziskav do klinične uporabe  
COST Association AISBL  
prof. dr. Boris Majaron
5. COST CA20129; Multiscale Irradiation and Chemistry Driven Processes and Related Technologies  
COST Association AISBL  
dr. Lea Spindler
6. COST-CA17123; Ultrahitna opto-magnetna elektronika za ne-disipacijsko informacijsko tehnologijo - MAGNETOFON  
COST Association AISBL  
doc. dr. Tomaž Mertelj
7. H2020 - INTERFAST; Vratni vmesni stiki za hitro procesiranje informacij  
European Commission  
doc. dr. Tomaž Mertelj
8. H2020 - MAGNELIQ; Magneto-električna tekočina - Boljše zaznavanje  
European Commission  
doc. dr. Alenka Mertelj
9. Tekoče kristalne lastnosti oligonukleotidov DNK in RNK bogatih z gvanozinom  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik
10. Mikrostrukturiranje tekočih kristalov in manipulacija optičnega valovanja s fotorefraktivnimi materiali  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik
11. Preučevanje strukture in dinamike tekočih magnetov z metodama SAXS in SANS  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Alenka Mertelj
12. Nastavljive optične uklonske strukture na osnovi tekočokristalnih materialov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik
13. Novi tekočokristalni materiali za uporabo v difrakcijskih optičnih elementih  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik

14. Raztegljivi laserji  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Luka Cmok

## PROGRAMI

1. Medicinska fizika  
dr. Matija Milanič
2. Svetloba in snov  
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik
3. Dinamika kompleksnih nanosnovi  
prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović

## PROJEKTI

1. Metode in materiali za fotourejene matrike za kiralne tekočokristalne leče in fotske komponente  
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik
2. Zaznavanje spinskih stanj v bližini površine kvantnih spinskih materialov  
Petra Šutar, dipl. inž. kem. tehnol.
3. Feromagnetne tekočine krmiljene z električnim poljem  
dr. Alenka Mertelj
4. Fazni prehodi v sistemih periodičnih nukleotidnih ekspanzij povezanih z nevrodegenerativnimi boleznimi  
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik
5. Kvantne metastabilnosti  
prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović
6. Modeliranje neravnovesnih kvantnih materialov na različnih skalah  
dr. Denis Golež
7. Tekoči magneti: temeljne raziskave feromagnetnega urejanja v tekočinah  
dr. Nerea Sebastian Ugarteche
8. Tehnologija površinsko selektivne hibridizacije za magneto-električne hibride  
doc. dr. Alenka Mertelj
9. Magneto odzivne površine za manipulacijo svetlobe in tekočin  
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik
10. Izkoriščanje magneto-mehanskega učinka pri zdravljenju nevrodegenerativnih bolezni  
doc. dr. Alenka Mertelj
11. Spominske naprave na principu konfiguracije naboja in krmiljene s pomočjo SFQ pulzov  
prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović
12. CMEM:Ultrahitri električni spominski element na osnovi vala gostote naboja za naslednjo generacijo računalništva  
dr. Igor Vaskivskiy
13. 18. mednarodna konferenca o feroelektričnih tekočih kristalih (FLC 2021), Ljubljana, Slovenija, od 6. do 10. septembra 2021  
doc. dr. Alenka Mertelj

## OBISKI

1. dipl. ing. Inna Belyaeva, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, OTH Regensburg, Nemčija, 31. maj-5. junij 2021
2. dr. Emil S. Bozin, Brookhaven National Laboratory, ZDA, 21. junij-23. junij 2021
3. dr. Rinat Mamin, Zavoisky Physical-Technical Inst. of FIC KazanSC, Kazan, Rusija, 19. julij-19. avgust 2021
4. mag. Dejan Bošnjaković, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek, Hrvaška, 19. julij-23. julij 2021
5. dr. Andrei Shumilin, Ioffe Institute, 26 Politekhnicheskaya, St. Petersburg, Rusija, 29. julij-29. avgust 2021
6. dr. Mikhail Chamonine, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, OTH Regensburg, Nemčija, 30. avgust-6. september 2021
7. prof. Eremim Alexey, 5. september-11. september 2021 (FLC conference)
8. prof. dr. Nemanja Trišović, 12. september-17. september 2021
9. mag. Luka Matović, 12. september-17. september 2021
10. ph. d. Marcell Tibor Mátthé, Wigner Research Centre for Physics, Budimpešta, Madžarska, 26. september-24. oktober 2021 in 8. november-4. december 2021
11. dr. Virginie Coda-Bouchot, Université de Lorraine et CentraleSupélec, Metz, Francija, 23.-30. oktober 2021
12. dr. Patrycja Łydźba, Wrocław University of Science and Technology, 11.-12. december 2021 (NQW)
13. dr. Giuliano Chiriaci, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, 11.-12. december 2021 (NQW)

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

### Odsečni seminarji na F-7 (Zoom)

1. Maša Klenovšek, Department of Complex Matter F7, IJS, Overview of recent projects with Direct Laser Lithography, 21. 1. 2021
2. Damjan Svetin, Department of Complex Matter F7, IJS, A tour through the new *Advanced quantum devices laboratory*: from fabrication to characterization, 28. 1. 2021
3. Žiga Gregorin, Department of Complex Matter F7, IJS, Flow induced effects in a discotic ferrofluid, 4. 2. 2021
4. Boris Majaron, Department of Complex Matter F7, IJS, Noninvasive monitoring of self-healing bruises in human skin using optical techniques, 11. 2. 2021
5. Ankita Sarkar, Department of Complex Matter F7, IJS, Probing the Perovskite Oxides: An Optical and Magnetic Study, 18. 2. 2021
6. Luka Cmok, Department of Complex Matter F7, IJS & Department of Engineering, University of Cambridge, Taming Liquid Crystalline Elastomers, 25. 2. 2021
7. Martina Knavs, Department of Complex Matter F7, Nanocenter, Career managements tips for PostDoc and Research funding opportunities, 4. 3. 2021
8. Rok Venturini, Department of Complex Matter F7, IJS, Research of ultrafast phase switching in 1T-TaS<sub>2</sub> by a picosecond electrical pulse, 11. 3. 2021
9. Yelyzaveta Chernolevska, Department of Complex Matter F7, IJS, MBE vs TaS<sub>2</sub>: The Chase for 1T Polytype, 18. 3. 2021
10. Yevhenii Vaskivskiy, Department of Complex Matter F7, IJS, (STM & Ultrafast Laser) vs TaS<sub>2</sub>, 15. 4. 2021
11. Jan Ravník, Paul Scherrer Institut (Switzerland), A time-domain phase diagram of metastable states in a charge ordered quantum material, 20. 5. 2021

12. Cristoph Gadermaier, Politecnico di Milano & Center for Nano Science and Technology, Milano (Italy), Photophysics of two-dimensional semiconductors, 27. 5. 2021
13. Daniele Vella, Faculty of Mechanical Engineering – University of Ljubljana, Laser-induced ultrasound, 3. 6. 2021
14. Kaushalya Jhuria, Université de Lorraine, CNRS, Nancy (France), Picosecond Spin Orbit Torque Switching in ferromagnets, 10. 6. 2021
15. Emil S. Bozin, Brookhaven National Laboratory, ZDA, Unmasking of the high temperature orbital precursors in quantum materials, 22. 6. 2021
16. Qing Hu, Sichuan University, Chengdu (China), Charge-Density-Wave Melted Superconductivity in 1T-TiSe<sub>2</sub>, 9. 9. 2021
17. Igor Vaskivskiy, Complex Matter Department F7, IJS, Ultrafast magnetism in composite ferromagnets. Towards sub-ps switching, 16. 9. 2021
18. Marcell Tibor Máthé, Wigner Research Center for Physics & Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary, Sessile droplets of nematic and ferroelectric nematic liquid crystals, 7. 10. 2021
19. Jaka Vodeb, Department of Complex Matter F7, IJS, Configurational electronic states in layered transition metal dichalcogenides, 21. 10. 2021
20. Matija Lovšin, Department of Complex Matter F7, IJS, Reconfigurable patterns on the surface of magneto-active elastomers, 25. 11. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Alenka Mertelj, Andrej Petelin, Irena Drevenšek Olenik, Luka Cmok, Mojca Vilfan, Lea Spindler, Natan Osterman, Nerea Sebastian Ugarteche, Patricija Hribar Boštjančič, Peter Medle Rupnik, Žiga Gregorin, 18<sup>th</sup> International Conference on Ferroelectric Liquid

- Crystals, Polarity and Chirality in Soft Matter, September 6.–10. 2021, IJS, Slovenija (11)
2. Tomaž Mertelj, Viktor Kabanov, Dragan Mihailović, Igor Vaskivskiy, Mimoza Naseska, Anže Mraz, Yevhenii Vaskivskiy, Yelyzaveta Chernolevska, Jaka Vodeb, Andrej Kranjec, Rok Venturini, Ankita Sarkar, Gregor Jecl, Nonequilibrium Dynamics and Ergodicity of Complex Quantum Systems, Krvavec, Slovenija, 12.–16. 12. 2021 (12)
3. Alenka Mertelj, Patricija Hribar Boštjančič, Luka Cmok, Žiga Gregorin, Natan Osterman, Nerea Sebastian Ugarteche, Irena Drevenšek Olenik, 47<sup>th</sup> German Liquid Crystal Conference, GLCC 2021, Magdeburg, Nemčija, 17. 3.–19. 3. 2021 (7)
4. Irena Drevenšek Olenik, Matija Lovšin, AAAMF 2021, 18. 8.–20. 8. 2021, UCLA, Dallas, ZDA (2) (virtualno)
5. Irena Drevenšek Olenik, vabljen predavanje na: Slovenian-Bavarian Scientific Forum, 27. 5.–28. 5. 2021 (1) (virtualno)
6. Denis Golež, NGSCES 2021: The New Generation in Strongly Correlated Electron Systems, 7. 6.–10. 6. 2021 (2) (virtualno)
7. Patricija Hribar Boštjančič, Anže Mraz, Crossnano Crossborder Workshop in Nanotechnology and Nanoscience, 23. 2.–25. 2. 2021, University of Trieste, Italija (PhD School in Nanotechnology) (2) (virtualno)
8. Patricija Hribar Boštjančič, Žiga Gregorin, 11th liquid matter conference 2020/2021, Praga, Češka, 19. 7.–23. 7. 2021 (2) (virtualno)
9. Patricija Hribar Boštjančič, Slovenski kemijski dnevi 2021, 22. 9.–24. 9. 2021, Portorož, Slovenija (1)
10. Jaka Vodeb, IEEE Quantum Week 2021, 23. 11.–25. 11. 2021, Bilbao, Španija (1)
11. Matija Milanič, konferenca APS March Meeting 2021, 15. 3.–19. 3. 2021, (1) (virtualno)
12. Boris Majaron, Neža Golmajer Zima, International school of Quantum Electronics, 16. 10.–23. 10. 2021, Erice, Sicilija, Italija (2)
13. Tomaž Mertelj, Ankita Sarkar, Gregor Jecl, School of Ultrafast opto-magneto-electronics for non-dissipative information technology, 5. 10.–8. 10. 2021, Samobor, Hrvaška (1)
14. Dragan Mihailović, Anže Mraz, Rok Venturini, Konferenca WINDS (Workshop on Innovative Nanoscale Devices and Systems), 28. 11.–3. 12. 2021, Havaji, ZDA (3)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. dr. Steven Daniel Conradson, znanstveni svetnik
2. prof. dr. Irena Drevenšek Olenik\*, znanstveni svetnik
3. dr. Denis Golež
4. prof. dr. Viktor Kabanov, znanstveni svetnik
5. dr. Matjaž Lukač\*
6. prof. dr. Boris Majaron
7. doc. dr. Alenka Mertelj, pomočnik vodje odseka
8. doc. dr. Tomaž Mertelj
9. **prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović, znanstveni svetnik - vodja odseka**
10. doc. dr. Matija Milanič\*
11. dr. Aleš Mrzel
12. doc. dr. Natan Osterman\*
13. dr. Nerea Sebastian Ugarteche
14. doc. dr. Lea Spindler\*
15. dr. Mojca Vilfan

### Podoktorski sodelavci

16. dr. Yelyzaveta Chernolevska
17. dr. Luka Cmok
18. dr. Andrej Petelin
19. dr. Igor Vaskivskiy
20. dr. Jaka Vodeb

### Mlajši raziskovalci

21. Neža Golmajer Zima, mag. fiz.
22. Žiga Gregorin, mag. fiz.
23. Patricija Hribar Boštjančič, mag. kem.
24. Gregor Jecl, mag. fiz.
25. Andrej Kranjec, univ. dipl. fiz.
26. Matija Lovšin, mag. fiz.
27. Anže Mraz, mag. inž. el.
28. Mimoza Naseska, mag. fiz.
29. Ankita Sarkar, Msc., Indija
30. Yevhenii Vaskivskiy, Master, Ukrajina
31. Rok Venturini, mag. fiz.

### Strokovni sodelavci

32. Davor Grabnar, dipl. inž. fiz. (VS)
33. Peter Medle Rupnik, mag. fiz.
34. Damjan Svetin, dipl. inž. fiz.
35. Petra Šutar, dipl. inž. kem. tehnol.
36. Damjan Vengust, mag. nan.

### Tehniški in administrativni sodelavci

37. Ula Groznik, dipl. upr. ved. (UN)
38. Martina Knavs, univ. dipl. arheol.
39. Barbara Paternoster, mag. posl. ved.

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Agency for Industrial Science and Technology, Tsukuba, Japonska
2. ARESIS, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
3. Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, ZDA
4. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Nemčija
5. Cavendish Laboratory, Cambridge, Velika Britanija
6. Chinese Academy of Sciences, Institute of Physics, Peking, Kitajska
7. Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg, Nemčija
8. École Normale Lyon, Lyon, Francija
9. École Polytechnique fédérale de Lausanne, Švica
10. Elettra-Sincrotrone Trieste S.C.p.A., Basovizza, Trst, Italija
11. Fotona, d. d., Ljubljana, Slovenija
12. Flatiron Institute, New York, ZDA
13. Fermi FEL, Bazovica, Italija
14. Graduate School of Science, Department of Physics, Osaka, Japonska
15. Hokkaido University, Sapporo, Japonska
16. Institute of Chemistry, Department of Physical Chemistry & Linz Institute of Organic Solar Cells, University of Linz, Avstrija
17. Institute of Quantum Electronics, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich, Švica
18. Ioffe Physical-Technical Institute of the Russian Academy of Sciences, Sankt Peterburg, Rusija
19. Istituto per lo Studio di Materiali Nanostrutturali – sezione di Bologna, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Bologna, Italija
20. Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Nemčija
21. Kazan State University, Kazan, Rusija
22. Kotelnikov Institute of RadioEngineering and Electronics RAS, Moskva, Rusija
23. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, ZDA
24. Nankai University, TEDA Applied Physics School, Tianjin, Kitajska
25. National Academy of Sciences of Ukraine (NASU), Institute of Physics, Kijev, Ukrajina
26. National Institute for Material Science, Tsukuba, Japonska
27. National Taras Shevchenko University, Physics Faculty, Kijev, Ukrajina
28. NFFA, Basovizza, Trst, Italija
29. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norveška
30. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Nemčija
31. OTH Regensburg, Nemčija
32. Paul Scherrer Institute, Zürich, Švica
33. Politecnico di Milano, Italija
34. Radboud University, Nijmegen, Nizozemska
35. Saarland University, Saarbrücken, Nemčija
36. Shanghai Jiao Tong University, Department of Physics, Shanghai, Kitajska
37. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvaška
38. Technische Universität Wien, Dunaj, Avstrija
39. Tokyo University, Tokio, Japonska
40. Trinity College Dublin, Irska
41. University of Bologna, Italija
42. Università degli Studi di Napoli Federico II, Neapelj, Italija
43. 36. Università di Pisa, Italija
44. Universität Wien, Dunaj, Avstrija

45. Universität Zürich, Švica  
 46. University of Bristol, Velika Britanija  
 47. University of California San Diego  
 48. University of California at Irvine, Beckman Laser Institute and Medical Clinic, ZDA  
 49. University of California at Riverside, ZDA  
 50. University of Colorado, Boulder, CO, ZDA  
 51. University of Duisburg-Essen, Faculty of Physics, Duisburg, Nemčija  
 52. University of Lorraine and Centrale Supélec, Metz, Francija  
 53. University of Luxembourg  
 54. University of Tsukuba, Japonska  
 55. Wigner Centre for Science, Budimpešta, Madžarska  
 56. Zhejiang University, Department of Physics, Hangzhou, Kitajska

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Matjaž Ličen, Stefano Masiero, Silvia Pieraccini, Irena Drevenšek-Olenik, "Reversible photoisomerization in thin surface films from azo-functionalized guanosine derivatives", *ACS omega*, 2021, **6**, 23, 15421-15430. [COBISS.SI-ID 66162179]
- Živa Marinko, Luka Suhadolnik, Barbara Šetina, Vid Simon Šelih, Boris Majaron, Janez Kovač, Miran Čeh, "Toward a flexible and efficient TiO<sub>2</sub> photocatalyst immobilized on a titanium foil", *ACS omega*, 2021, **6**, 36, 23233-23242. [COBISS.SI-ID 74404099]
- Gaia Kravanja, Inna A. Belyaeva, Luka Hribar, Irena Drevenšek-Olenik, Matija Jezeršek, Mikhail Shamonin, "Tunable drop splashing on magnetoactive elastomers", *Advanced materials interfaces*, 2021, **8**, 11, 2100235. [COBISS.SI-ID 62237187]
- Dragan Mihailović, Damjan Svetin, Igor Vaskivskiy, Rok Venturini, Benjamin Lipovšek, Anže Mraz, "Ultrafast non-thermal and thermal switching in charge configuration memory devices based on 1T-TaS<sub>2</sub>", *Applied physics letters*, 2021, **119**, 013106. [COBISS.SI-ID 69786371]
- Jure Košir, Daniele Vella, Matjaž Lukač, Matija Jezeršek, "Towards personalized and versatile monitoring of temperature fields within heterogeneous tissues during laser therapies", *Biomedical optics express*, 2021, **12**, 7, 4530-4543. [COBISS.SI-ID 72307459]
- Damjan Vengust, Boštjan Jančar, Tilen Sever, Andreja Šestan, Vid Bobnar, Zdravko Kutnjak, Nina Daneu, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Improved environmental stability of thermoelectric ceramics based on intergrowths of Ca<sub>3</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9</sub> - Na<sub>0.75</sub>CoO<sub>2</sub>", *Ceramics international*, 2021, **47**, 8, 11687-11693. [COBISS.SI-ID 47814403]
- Manal Benyoussef, Moneim Zannen, Jamal Belhadi, Bouchaib Manoun, Zdravko Kutnjak, Damjan Vengust, Matjaž Spreitzer, Mimoun El Marssi, Abdelilah Lahmar, "Structural, dielectric, and ferroelectric properties of Na<sub>0.5</sub>(Bi<sub>1-x</sub>Nd<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub> ceramics for energy storage and electrocaloric application", *Ceramics international*, 2021, **47**, 18, 26539-26551. [COBISS.SI-ID 67928579]
- Zouhair Hanani *et al.* (14 avtorjev), "Morphogenesis mechanisms in the hydrothermal growth of lead-free BCZT nanostructured multipods", *CrystEngComm*, 2021, **23**, 30, 5249-5256. [COBISS.SI-ID 71371267]
- Maša Vozlič, Tina Černič, Sašo Gyergyek, Boris Majaron, Maja Ponikvar-Svet, Uliana Kostiv, Daniel Horák, Darja Lisjak, "Formation of phosphonate coatings for the improved chemical stability of upconverting nanoparticles under physiological conditions", *Dalton transactions*, 2021, **50**, 19, 6588-6597. [COBISS.SI-ID 59908867]
- Nika Mlinarič, Natan Osterman, "Proof-of-concept experiment of microfluidic flow sensor based on microcavity-secondary-flow observation", *IEEE sensors journal*, 2021, **21**, 5, 5871-5878. [COBISS.SI-ID 47151875]
- Anže Mraz, Igor Vaskivskiy, Rok Venturini, Damjan Svetin, Yelizaveta Chernolevska, Dragan Mihailović, "Spominska naprava na podlagi konfiguracije naboja (CCM) - nov pristop do spomina", *Informacije MIDE*, 2021, **51**, 3, 157-167. [COBISS.SI-ID 95106051]
- Melani Potrč, Nerea Sebastián, Miha Škarabot, Irena Drevenšek-Olenik, Lea Spindler, "Supramolecular polymorphism of (G<sub>4</sub>C<sub>2</sub>)<sub>n</sub> repeats associated with ALS and FTD", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 9, 4532. [COBISS.SI-ID 61441027]
- Daniel Ząbek, Andrzej Grzebielec, Luka Cmok, Patricija Hribar, Alenka Mertelj, "Experimental analysis of the stability of ferrofluids based on Iron Oxide powder", *Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych*, 2021, **2**, 1-6. [COBISS.SI-ID 70893571]
- Daniel Duffy, Luka Cmok, John S. Biggins, Abhijeet Krishna, Carl D. Modes, Mustafa K. Abdelrahman, Muhammad Javed, Taylor H. Ware, Feng Fang, Mark Warner, "Shape programming lines of concentrated Gaussian curvature", *Journal of applied physics*, 2021, **129**, 22, 224701. [COBISS.SI-ID 67882499]
- Luka Rogelj, Urban Simončič, Tadej Tomanič, Matija Jezeršek, Urban Pavlovčič, Jošt Stergar, Matija Milanič, "Effect of curvature correction on parameters extracted from hyperspectral images", *Journal of biomedical optics*, 2021, **26**, 9, 096003. [COBISS.SI-ID 75439875]
- Igor Vaskivskiy *et al.* (13 avtorjev), "Element-specific magnetization dynamics in Co-Pt alloys Induced by strong optical excitation", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2021, **125**, 21, 11714-11721. [COBISS.SI-ID 71606787]
- Matija Jezeršek, Nejc Lukač, Matjaž Lukač, "Measurement of simulated debris removal rates in an artificial root canal to optimize laser-activated irrigation parameters", *Lasers in surgery and medicine*, 2021, **53**, 3, 411-417. [COBISS.SI-ID 22013443]
- Matjaž Lukač, Giovanni Olivi, Mihnea Constantin, Nejc Lukač, Matija Jezeršek, "Determination of optimal separation times for dual-pulse SWEEPS laser-assisted irrigation in different endodontic access cavities", *Lasers in surgery and medicine*, 2021, **53**, 7, 998-1004. [COBISS.SI-ID 40611843]
- Matjaž Lukač, Anže Zorman, Nejc Lukač, Tadej Perhavec, Blaž Tašič Muc, "Characteristics of non-ablative resurfacing of soft tissues by repetitive Er:YAG laser pulse irradiation", *Lasers in surgery and medicine*, 2021, **53**, 9, 1266-1278. [COBISS.SI-ID 61164035]
- Luka Cmok, Mojca Vilfan, Sašo Gyergyek, Martin Čopič, "Magnetic polydomain liquid crystal elastomers - synthesis and characterisation", *Liquid crystals*, 2021, **48**, 13, 1815-1826. [COBISS.SI-ID 57620995]
- Nerea Sebastián, Richard J. Mandle, Andrej Petelin, Alexey Eremin, Alenka Mertelj, "Electrooptics of mm-scale polar domains in the ferroelectric nematic phase", *Liquid crystals*, 2021, **48**, 14, 2055-2071. [COBISS.SI-ID 73124867]
- Iryna Doroshenko, Yevhenii Vaskivskiy, Yelizaveta Chernolevska, Olena Doroshenko, "Conformational composition of 1-butanol in matrix isolation", *Low temperature physics*, 2021, **47**, 4, 318-324. [COBISS.SI-ID 100529667]
- Renyun Zhang, Magnus Hummelgård, Jonas Örtengren, Martin Olsen, Henrik Andersson, Ya Yang, Zhong-Lin Wang, Håkan Olin, Petra Šutar, Dragan Mihailović, "All-inorganic triboelectric nanogenerators based on Mo<sub>6</sub>S<sub>3</sub>I<sub>6</sub> and indium tin oxide", *Nano energy*, 2021, **89**, 106363. [COBISS.SI-ID 71502595]
- Jelena Papan, Patricija Hribar, Alenka Mertelj, Darja Lisjak, "Preparation of barium-hexaferrite/gold Janus nanoplatelets using the pickering emulsion method", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 11, 2797. [COBISS.SI-ID 81961219]
- Jan Ravnik, Michele Diego, Yaroslav Gerasimenko, Yevhenii Vaskivskiy, Igor Vaskivskiy, Tomaž Mertelj, Jaka Vodeb, Dragan Mihailović, "A time-domain phase diagram of metastable states in a charge ordered quantum material", *Nature communications*, 2021, **12**, 2323. [COBISS.SI-ID 62665219]
- Jan Ravnik, Yevhenii Vaskivskiy, Jaka Vodeb, Polona Aupič, Igor Vaskivskiy, Denis Golež, Yaroslav Gerasimenko, Viktor V. Kabanov, Dragan Mihailović, "Quantum billiards with correlated electrons confined in triangular transition metal dichalcogenide monolayer nanostructures", *Nature communications*, 2021, **12**, 3793. [COBISS.SI-ID 69789955]
- Richard J. Mandle, Nerea Sebastián, Josu Martinez-Perdiguero, Alenka Mertelj, "On the molecular origins of the ferroelectric splay nematic phase", *Nature communications*, 2021, **12**, 4962. [COBISS.SI-ID 73122307]
- Mimoza Naseska, Petra Šutar, Yevhenii Vaskivskiy, Igor Vaskivskiy, Damjan Vengust, Damjan Svetin, Viktor V. Kabanov, Dragan Mihailović, Tomaž Mertelj, "First-order kinetics bottleneck during photoinduced ultrafast insulator-metal transition in 3D orbitally-driven Peierls insulator CuI<sub>2</sub>S<sub>4</sub>", *New journal of physics*, 2021, **23**, 053023. [COBISS.SI-ID 77920003]

29. Tatsuya Kaneko, Zhiyuan Sun, Yuta Murakami, Denis Golež, Andrew J. Millis, "Bulk photovoltaic effect driven by collective excitations in a correlated insulator", *Physical review letters*, 2021, **127**, 12, 127402. [COBISS.SI-ID 77824771]

30. Zhiyuan Sun, Tatsuya Kaneko, Denis Golež, Andrew J. Millis, "Second-order Josephson effect in excitonic insulators", *Physical review letters*, 2021, **127**, 12, 127702. [COBISS.SI-ID 77821955]

31. Amrit Ray Pokharel, Steinn Ymir Agustsson, Viktor V. Kabanov, Fumitoshi Iga, Toshiro Takabatake, Hidekazu Okamura, Jure Demšar, "Robust hybridization gap in the Kondo insulator YbB<sub>12</sub> probed by femtosecond optical spectroscopy", *Physical review. B*, 2021, **103**, 11, 115134. [COBISS.SI-ID 56601091]

32. Tanusree Saha, Denis Golež, Giovanni De Nino, Jernej Mravlje, Yuta Murakami, Barbara Ressel, Matija Stupar, Primož Rebernik Ribič, "Photoinduced phase transition and associated timescales in the excitonic insulator Ta<sub>2</sub>NiSe<sub>5</sub>", *Physical review. B*, 2021, **103**, 14, 144304. [COBISS.SI-ID 71246339]

33. Yasunori Toda, S. Tsuchiya, Migaku Oda, T. Kurosawa, S. Katsumata, Mimoza Naseska, Tomaž Mertelj, Dragan Mihailović, "Ultrafast transient reflectivity measurements of optimally doped Bi<sub>2-x</sub>Sr<sub>2-x</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8+δ</sub> with disorder", *Physical review. B*, 2021, **104**, 9, 094507. [COBISS.SI-ID 77929219]

34. R. S. Malik *et al.* (16 avtorjev), "Ultrafast magnetization dynamics in the half-metallic Heusler alloy Co<sub>2</sub>FeAl", *Physical review. B*, 2021, **104**, 10, 1100408. [COBISS.SI-ID 83475971]

35. Nikolaj Bittner, Denis Golež, Michele Casula, Philipp Werner, "Photoinduced Dirac-cone flattening in BaNiS<sub>2</sub>", *Physical review. B*, 2021, **104**, 11, 115138. [COBISS.SI-ID 77829891]

36. S. Tsuchiya, Hiromi Taniguchi, J. Yamada, Yasunori Toda, Dragan Mihailović, Tomaž Mertelj, "Ultrafast dynamics of Mott-state quench and formation in strongly correlated BEDT-TTF molecular conductors observed by three-pulse pump probe spectroscopy", *Physical review. B*, 2021, **104**, 11, 115152. [COBISS.SI-ID 77907459]

37. Yu Wang, Shaohua Gao, Xinzhen Zhang, Hongyi Chen, Irena Drevenšek-Olenik, Romano Anton Rupp, Shu Chen, Jingjun Xu, "Transfer matrix method for light propagation in variable complex chiral media", *Physical review. E*, 2021, **104**, 6, 064702. [COBISS.SI-ID 91892995]

38. Matija Lovšin, Dominik Brandl, Gašper Glavan, Inna A. Belyaeva, Luka Cmok, Lucija Čoga, Mitjan Kalin, Mikhail Shamonin, Irena Drevenšek-Olenik, "Reconfigurable surface micropatterns based on the magnetic field-induced shape memory effect in magnetoactive elastomers", *Polymers*, 2021, **13**, 24, 4422. [COBISS.SI-ID 90149123]

39. Dejan Bošnjaković, Mathias Fleisch, Xinzhen Zhang, Irena Drevenšek-Olenik, "Electrically tuneable optical diffraction gratings based on a polymer scaffold filled with a nematic liquid crystal", *Polymers*, 2021, **13**, 2292. [COBISS.SI-ID 71504131]

40. Venkata D. B. C. Dasireddy, Damjan Vengust, Blaž Likozar, Janez Kovač, Aleš Mrzel, "Production of syngas by CO<sub>2</sub> reduction through Reverse Water-Gas Shift (RWGS) over catalytically-active molybdenum-based carbide, nitride and composite nanowire", *Renewable energy*, 2021, **176**, 251-261. [COBISS.SI-ID 70734595]

41. Hope M. Bretscher *et al.* (13 avtorjev), "Imaging the coherent propagation of collective modes in the excitonic insulator Ta<sub>2</sub>NiSe<sub>5</sub> at room temperature", *Science advances*, 2021, **7**, 28, eabd6147. [COBISS.SI-ID 71255555]

42. Jason P. Kaye, Denis Golež, "Low rank compression in the numerical solution of the nonequilibrium Dyson equation", *SciPost physics*, 2021, **10**, 4, 091. [COBISS.SI-ID 71215875]

43. Ana Marin, Nina Verdel, Matija Milanič, Boris Majaron, "Noninvasive monitoring of dynamical processes in bruised human skin using diffuse reflectance spectroscopy and pulsed photothermal radiometry", *Sensors*, 2021, **21**, 1, 302. [COBISS.SI-ID 45594371]

44. Luka Noč, Matjaž Ličen, Irena Drevenšek-Olenik, Raghuraj S. Chouhan, Janez Kovač, Daniel Mandler, Ivan Jerman, "Polyhedral oligomeric

silsesquioxanes as protective monolayer coatings against the high-temperature corrosion of concentrating solar power absorber surfaces", *Solar energy materials and solar cells*, 2021, **223**, 110984. [COBISS.SI-ID 48793091]

45. Aleš Omerzu, Robert Peter, Daria Jardas, Iztok Turel, Krešimir Salamon, Matejka Podlogar, Damjan Vengust, Ivana Jelovica Badovinac, Ivna Kavre, Mladen Petravič, "Large enhancement of photocatalytic activity in ZnO thin films grown by plasma-enhanced atomic layer deposition", *Surfaces and interfaces*, 2021, **23**, 100984. [COBISS.SI-ID 50244099]

## KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

1. Denis Golež, Zhiyuan Sun, "A compact device sustains a fluid of bosons", *Nature*, 2021, **598**, 7882, 571-572. [COBISS.SI-ID 90617091]

## STROKOVNI ČLANEK

1. Denis Golež, "Odkritje novega kvantnega stanja", *Delo*, 2021, **63**, 215, 13. [COBISS.SI-ID 77012227]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA

### KONFERENCI

1. Patrick Seleš, Žiga Lipovšek, Martina Kocijan, Tina Radošević, Damjan Vengust, Matejka Podlogar, "Synthesis of ZnO powders with different morphologies for photocatalytic degradation", V: *56th International Conference on Microelectronics, Devices and Materials & the Workshop on Personal Sensors for Remote Health Care Monitoring, 22-24 September 2021, Ljubljana, Slovenia*, Proceedings, MIDEM, 2021, 35-42. [COBISS.SI-ID 86186243]

2. Jošt Stergar, Katja Lakota, Martina Perše, Matija Tomšič, Matija Milanič, "Vasculature based biomarkers and segmentation from hyperspectral images of murine peritonitis model", V: *European Conferences on Biomedical Optics 2021, ECBO, 20-24 June 2021, Munich, Germany*, Optica, 2021, ETu1A.6. [COBISS.SI-ID 71594755]

3. Tadej Tomanič, Luka Rogelj, Matija Milanič, "GPU-accelerated inverse adding-doubling algorithm for analysis of skin hyperspectral images", V: *European Conferences on Biomedical Optics 2021, ECBO, 20-24 June 2021, Munich, Germany*, Optica, 2021, EW4A37. [COBISS.SI-ID 71585283]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Boris Majaron, *Optične metode v medicini*, Fakulteta za matematiko in fiziko Ljubljana, 2021. [COBISS.SI-ID 65821443]

## PATENT

1. Nejc Lukač, Matjaž Lukač, Matija Jezeršek, Peter Gregorčič, *Cleaning system*, EP3510961 (B1), European Patent Office, 09. 06. 2021. [COBISS.SI-ID 16243483]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Jošt Stergar, *Združeno hiperspektralno slikanje makroskopskih in mikroskopskih vzorcev za ocenjevanje optičnih in strukturnih lastnosti tkiv: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Matija Milanič). [COBISS.SI-ID 79143939]

2. Jaka Vodeb, *Konfiguracijska elektronska stanja v plastovitih prehodno kovinskih dihalogenidih: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Dragan Mihailović; somentor Viktor Kabanov). [COBISS.SI-ID 85138691]





### Glavna področja našega dela so:

- **teoretična, eksperimentalna in uporabna reaktorska fizika**
- **fizika plazme**
- **neutronski transportni preračuni v fuzijskih reaktorjih**
- **fizika polprevodniških elementov**
- **medicinska fizika**

Na področju reaktorske fizike smo raziskave nadaljevali predvsem v smeri razvoja novih računskih in eksperimentalnih metod za analizo raziskovalnih in močnostnih fisijskih in fuzijskih jedrskih reaktorjev.

Glavni cilj projekta Stabilnost jedrskih reaktorjev pri obratovanju v načinu sledenja bremenu, ki se je začel leta 2020, je proučiti omejitve pri obratovanju jedrskih elektrarn v načinu sledenja bremenu iz jedrskega vidika na reaktorsko sredico in gorivo ter zagotoviti učinkovite rešitve operaterjem za optimizacijo obratovanja elektrarne. V letu 2020 so bile vzpostavljene povezave z vsemi udeleženi v projektu vključno s partnerjem iz gospodarstva. Prav tako so se začele raziskovalne dejavnosti na vseh delovnih paketih, ki potekajo po začrtanem časovnem okvirju. Prvi rezultati projekta so pričakovani za leto 2021.

V sklopu projekta z naslovom Občutljivost fizikalnih parametrov jedrskega reaktorja na termične jedrske podatke smo raziskovali generiranje podatkov sipalnih presekov termičnih nevtronov in pripadajočih kovariančnih podatkov z natančno metodo, ki temelji na osnovnih fizikalnih načelih z uporabo najsodobnejših atomskih simulacij, ki se v kombinaciji z izračuni atomske rešetke ali molekularne dinamike zanaša na teorijo funkcionalne gostote. Pri projektu so se začele dejavnosti v okviru atomskih simulacij za potrebe določevanja termičnih sipalnih presekov. Poleg tega je bila vzpostavljena ključna povezava z državno univerzo v Severni Karolini, katere eksperti bodo pripomogli k uspešnemu začetku projekta. Delo na projektu poteka po začrtanem časovnem okvirju. Prvi izračuni za izbrane referenčne testne primere z novimi podatki za termično sipanje so bili opravljeni pred koncem leta 2021.

Cilj raziskave z naslovom Napredne metode za analizo termičnih sipalnih presekov je pridobiti podatke sipalnih presekov termičnih nevtronov za še neraziskane materiale, kot so recimo uran-hidridna goriva, diamant, ter na konvencionalne moderatorje (npr. polietilen, polimetil metakrilat, teflon in grafit). Poleg sipalnih presekov termičnih nevtronov pa želimo pridobiti tudi pripadajoče kovariančne podatke. Letos je bil vzpostavljen in preizkušen postopek generiranja podatkov sipalnih presekov termičnih nevtronov v obliki za uporabo v Monte Carlo kodi iz predhodno določenih podatkov gostote stanj. Postopek je bil izveden s pomočjo modulov NJOY (in sicer modulov LEAPR, RECONR, BROADR, THERMR in ACER). Pridobljeni podatki so trenutno v postopku validacije z eksperimentalnimi vrednostmi. V prihodnjem letu bodo začele potekati dejavnosti za generacijo podatkov gostote stanj za različne materiale.

Glavni cilj evropskega projekta TOURR, ki se je začel leta 2020, je pripraviti skupno strategijo za evropske raziskovalne reaktorje in pripraviti osnovo za njeno implementacijo. Ta strateški cilj je razdeljen na specifične cilje: Pregled in analiza trenutnega stanja evropske flote raziskovalnih reaktorjev, vključno z načrti za nadgradnje, evalvacije nujnih potreb Evropske unije, razvoj orodij za optimalno uporabo flote raziskovalnih reaktorjev in ne nazadnje ozaveščanje odločevalcev o prihodnji uporabi raziskovalnih reaktorjev. IJS vodi prvi delovni paket, kjer smo sodelavci odseka odgovorni za zbiranje informacij o statusu in načrtih flote evropskih raziskovalnih reaktorjev. V preteklem letu je bil delovni paket uspešno dokončan z analizo vrzeli uporabnosti evropskih raziskovalnih reaktorjev in identifikacijo priložnosti za izboljšave na področjih znanstvenih raziskav, za produkcijo medicinskih izotopov in izobraževanje. Poleg tega smo vpleteni v strategijo širjenja rezultatov med ciljnim občinstvom.

Tudi v letu 2021 smo ponudili podporo obratovanju Nuklearne elektrarne Krško (NEK). Izvedli smo neodvisne projektne izračune za 32. cikel in fizikalne teste ob začetku obratovanja po zaključenem remontu. Za NEK smo izdelali neodvisno strokovno mnenje varnostne evaluacije po novi polnitvi jedrskega goriva. NEK smo ponudili tudi strokovno in računsko podporo za projekt bodočega suhega skladiščenja izrabljenih gorivnih elementov. Glavnina dela je bila namenjena občutljivostni analizi vpliva različnih parametrov na karakterizacijo izrabljenega goriva.

V letu 2021 je naša ekipa delala na projektu *Support for implementation and calculations in the SFDS project*, katerega primarni cilj je podpora Jedrski elektrarni Krško pri načrtovanju in implementaciji suhega skladišča za izrabljeno gorivo. V dogovoru z NEK smo v letu 2021 opravljali analize in izboljšave, s katerimi bomo povečali natančnost izvornega člana izrabljenega goriva in zmanjšali negotovost prihodnjih izračunov jedrske sredice. Vzpostavili smo sistem za generiranje perturbiranih knjižnic WIMS z namenom njihove uporabe v študijah propagacije negotovosti in analize občutljivosti, kot je metoda simultane vzorčenja.



Vodja:

**prof. dr. Luka Snoj**

V okviru mednarodnega projekta E-SiCure2 – Izboljšanje varnosti na mejah in pristaniščih, ki poteka v mednarodnem partnerstvu pod okriljem programa NATO Znanost za mir, smo začeli razvijati detektorje različnih vrst sevanja na osnovi silicijevega karbida (SiC). Raziskave slonijo na znanstvenih rezultatih, doseženih v okviru predhodnega projekta E-SiCure (2016–2019), njihov cilj pa je razviti pikselizirane detektorje, ki bodo omogočali sočasno zaznavanje termičnih oz. hitrih nevtronov, nabitih delcev ter X in gama žarkov. Opravili smo obsežno kampanjo testiranja prototipnih detektorjev z izvori alfa delcev in nevtronov ter začeli simulacije odziva detektorjev, opremljenih z različnimi konverterskimi materiali, ki omogočajo občutljivost na termične in hitre nevtrone. Rezultati računskega iskanja novih konverterskih materialov so bili predstavljeni v prispevku na konferenci NENE 2021, kjer je delo prejelo nagrado za najboljši poster konference.

S podjetjem Rolls-Royce Civil Nuclear SAS (Meylan, Francija) smo nadaljevali sodelovanje pri eksperimentalnem testiranju detektorjev za nuklearno instrumentacijo na reaktorju TRIGA na IJS. V letu 2021 smo za potrebe testiranja izvedli 3-dnevno eksperimentalno kampanjo.

V letu 2021 smo nadaljevali delo v okviru evropskega projekta EURAD, v katerem sodelujemo v skupini WP3 CORI – cementno organske interakcije med radionuklidi in WP8 SFC – karakterizacija izrabljenega goriva. Znotraj WP3, v delovnem paketu CORI evropskega skupnega programa za ravnanje z radioaktivnimi odpadki, smo raziskovali

medsebojne vplive cementa, organskih molekul in radionuklidov z namenom varnega odlaganja nizko in srednje radioaktivnih odpadkov. Na reaktorju TRIGA na IJS smo izvajali študijo radiolitične razgradnje superplastifikatorjev z obsevanjem z žarki gama. Znotraj WP8 smo izvedli več podrobnih izračunov zakasnele toplote ter nevtronskega in ftonskega izvora goriva gorivnih elementov PWR-reaktorjev. Pri tem smo bili osredotočeni na občutljivostno in negotovostno analizo z uporabo različnih kod in modelov.

V letu 2021 smo nadaljevali sodelovanje v okviru evropskega projekta ENEEP – European Nuclear Experimental Educational Platform. Namen projekta je ustanoviti platformo na evropski ravni, ki bo omogočala eksperimentalne izobraževalne aktivnosti na področju jedrske znanosti in tehnike za študente na vseh ravneh študija in mlade profesionalce. Pri projektu sodelujemo s partnerji s STU (Slovaška), CTU (Češka), ATI (Avstrija) in BME (Madžarska). V letu 2021 smo vodili aktivnosti v delovnem sklopu 4, ki bodo privedle do vzpostavitve platforme.

S kolegi s CEA Cadarache smo nadaljevali raziskave o izvedljivosti uporabe pulznega načina obratovanja reaktorja za specifične aplikacije,

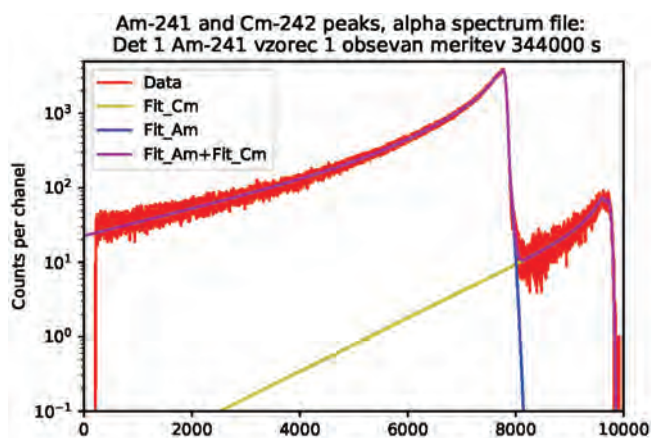
npr. za testiranje nuklearne instrumentacije pri izjemno visokih ravneh nevtronskega fluksa, tj. do  $10^{16}$  n cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, ki so dosegljive le ob pulzu reaktorja. Pri tem je nujna sposobnost sprotnega merjenja absolutnega nivoja fluksa nevtronov, ki se v času nekaj ms spremeni za 6–7 velikostnih redov. V letu 2021 smo izvedli serijo poskusnih meritev z uporabo miniaturnih fisijskih celic in merilnim sistemom MONACO, ki je bil razvit na CEA.

V letu 2021 smo v sodelovanju s kolegi s CEA Cadarache nadaljevali aktivnosti na bilateralnem projektu Referenčni eksperiment za validacijo modeliranja odziva jedrske instrumentacije na nevtrone in žarke gama. Cilj projekta je opraviti izčrpano eksperimentalno kampanjo na reaktorju TRIGA na IJS z merjenjem odziva za različne tipe detektorjev (fisijskih in ionizacijskih celic, samonapajalnih nevtronskih detektorjev, aktivacijskih meritev in termoluminescenčnih dozimetrov) ter primerjava merskih rezultatov z rezultati simulacij po metodi Monte Carlo.

V sodelovanju s CEA Cadarache smo nadaljevali eksperimentalno delo v okviru projekta Meritev preseka za zajetje termičnih nevtronov v <sup>241</sup>Am. Opravili smo meritev aktivacije <sup>242</sup>Am/<sup>242</sup>Cm v obsevalnem kanalu F-19 v zunanem obroču sredice reaktorja ter v obsevalnem kanalu IC-40 v grafitnem reflektorju reaktorja TRIGA na IJS z uporabo vzorcev z nizko začetno aktivnostjo <sup>241</sup>Am, izdelanih na IJS. Delno smo analizirali meritve aktivacije <sup>241</sup>Am v centralnem kanalu reaktorja TRIGA. Iz izmerjenih aktivnosti obsevanih vzorcev smo določili reakcijske hitrosti s polno propagacijo negotovosti. Določili smo preliminarno vrednost preseka za zajetje termičnega nevtrona v <sup>241</sup>Am, ki znaša  $\sim 720$  b. Propagacija negotovosti bo predvidoma opravljena v letu 2022. Za leto 2022 je predvidena analiza meritev obsevanj v grafitnem reflektorju in F-ringju.

V letu 2021 smo začeli projekt CEA Nove jedrske reakcije inelastičnega sipanja za epitermično dozimetrijo. Izveden je bil prvi cilj projekta, poiskati primerne reakcije tipa (n,n') za obsevanje v reaktorju TRIGA na IJS. Drugi cilj, obsevanje standardnih materialov in materialov za aktivacijo prek (n,n') reakcij na reaktorju TRIGA, je predviden za leto 2022. Tretji cilj, primerjava rezultatov izračunov in meritev, pa za konec leta 2022 oz. leto 2023.

V letu 2021 smo nadaljevali sodelovanje pri evropskem projektu SANDA. IJS sodeluje na več področjih, npr. pri razvoju in uporabi programov za občutljivostne in negotovostne analize, preračune benchmark eksperimentov ter pri uporabi obeh za validacijo in izboljšanje jedrskih podatkov.



Slika 1: Energijski spekter delcev alfa, ki prihajajo iz vzorca americija 241, predhodno obsevanega z nevtroni. Na grafu vidimo dva vrhova, ki ustrežata americiju 241 in njegovemu aktivacijskemu produktu kiriju 242.

Nadaljevali smo mednarodno sodelovanje pod vodstvom švedskih organizacij Vattenfall, SKB in SSB na področju karakterizacije izrabljenega jedrskega goriva. V sklopu t. i. slepega testa, kjer smo neodvisno določili zakasnelo toploto nekaj izbranih gorivnih elementov, smo zaključevali skupno objavo končnih rezultatov. Znanstveni članek bo predvidoma objavljen v letu 2022.

V okviru sodelovanja z Mednarodno agencijo za atomsko energijo (MAAE) smo sodelovali pri izvedbi ciljnega raziskovalnega projekta Karakterizacija izrabljenega goriva. Prispevali smo občutljivostno analizo vpliva obsevalnih parametrov in vpliv različnih knjižnic jedrskih podatkov na karakterizacijo  $16 \times 16$  goriva.

V sodelovanju s kolegi z drugih odsekov na IJS smo na začetku pandemije covid pokazali, da se lahko ionizirajoče sevanje uporabi za sterilizacijo mask tipa FFP2 in FFP3. Slednje je zelo pomembno odkritje za primere pomanjkanja mask in druge zaščitne opreme, kot se je dogajalo na začetku epidemije covid v marcu 2021. Za ta dosežek smo dobili nagrado odlični v znanosti s strani ARRS.

S kolegi z Univerze v Lancstru smo demonstrirali, da se lahko z uporabo sevanja, ki nastane v jedrskih elektrarnah, uspešno pretvarja glicerol, ki je odpadni produkt proizvodnje biodizla, v spojino z večjo vrednostjo, to je solketal. Rezultate raziskave smo objavili v prestižni reviji *Nature Communications Chemistry*.

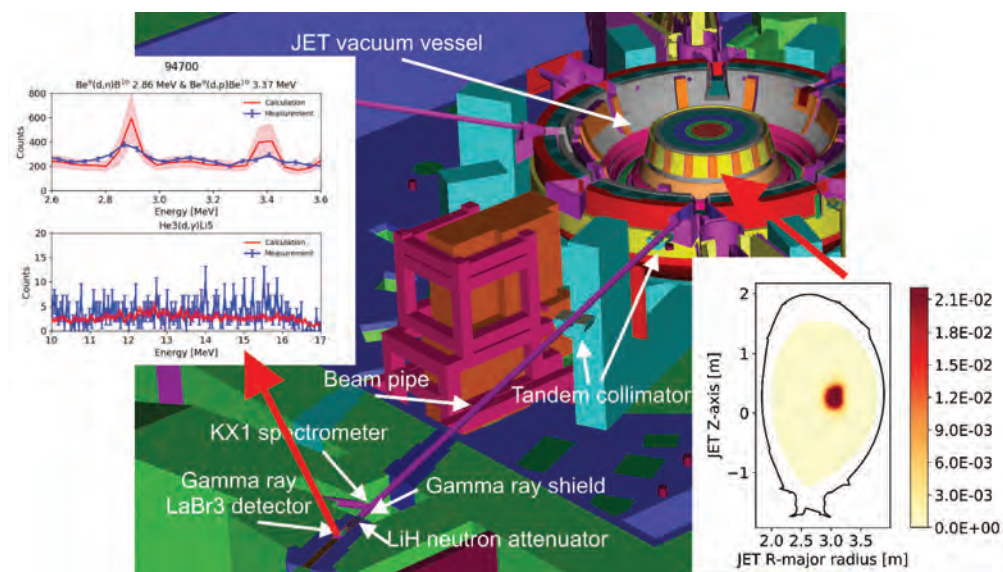
Za Laboratorij za fiziko plazme je bilo lansko leto pomembno, saj je pomenilo začetek novega okvirnega raziskovalnega programa FP9, tako da je mnogo projektov znotraj konzorcija EUROfusion dobilo novo vsebino in preobleko. Uspelo nam je obdržati našo vključenost v eksperimentalne kampanje na tokamakih MST, ki se zdaj skupaj s tokamakom JET vodijo pod projektom WPTE (Tokamak Exploitation). Zaradi pandemije covid-19 smo se v letu 2021 tako omejili na simulacije in razvoj simulacijskih modelov filamentarnega transporta v sklopu raziskovalne naloge RT15. Raziskave so bile usmerjene na vpliv reciklacije devterija iz divertorja in sten posode reaktorja ter na vpliv velikosti filamentov. Za simulacije uporabljamo računske ure, pridobljene na superračunalniku HPC Marconi, delo pa se bo nadaljevalo v letu 2022. Zaradi pandemije je bilo podaljšano tudi delo na bazičnem raziskovalnem projektu Emitirajoči divertor v mednarodni konfiguraciji. Poleg razvitja sklopljenega modela delčne kode in preprostega termičnega modela monobloka v divertorja smo opravili uspešno verifikacijo in validacijo našega analitičnega modela invertiranega plašča, ki je posledica visoke termionske emisije. Validacijo smo opravili s pomočjo delčne kode, ki nam je razkrila tudi nekaj novih fizikalnih lastnosti, hkrati pa tudi nekaj pomanjkljivosti delčne računske metode oz. kode, ki jo uporabljamo, kar bi želeli v prihodnosti odpraviti. V novi shemi programa koncerna EUROfusion je nastal nov oddelek, ki je namenjen razvoju računskih kod pod imenom Teorija, simulacije, verifikacije in validacije. Postali smo del dveh razvojnih nalog, in sicer pri razvoju kinetičnih in girokinetičnih kod ter razvoju modelov divertorja v bodočem demonstracijskem reaktorju DEMO. Pri prvi nalogi sodelujemo pri razvoju robnih pogojev za girokinetične kode, pri drugi nalogi pa smo vključeni v modeliranje divertorske plazme v reaktorju DEMO, katere rezultati bodo vplivali na razumevanje pojavov v tovrstni plazmi in izboljšali naše predikativne sposobnosti za obnašanje plazme v tovrstnem nizkotemperaturnem divertorju.

Začeli smo delati na projektu za načrtovanje bodoče fuzijske elektrarne DEMO, in sicer na področju nevtronskih preračunov, aktivacije, zakasnele toplote in izračunov hitrosti doz. Naša naloga so preračuni aktivacije in zakasnele toplote v komponentah divertorja za različne čase po zaustavitvi reaktorja. Scenarij obsevanja obsega približno 5 let neprekinjenega obsevanja in nato nekaj reaktorskih pulzov pri fuzijski moči 2 GW. Pri načrtovanju reaktorja DEMO sodelujemo tudi pri pregledu varnostnega poročila z namenom posredovati čim več dolgoročnih priporočil. Naša skupina je pri tem osredotočena na analizo konvencionalnih nevarnosti in kvantifikacijo virov.

V letu 2021 smo začeli s projektom *Optimizacija nevtronskih karakteristik fuzijskih reaktorjev s pomočjo strojnega učenja*, v okviru katerega smo delali na parametrizaciji enostavnih modelov tokamakov, ki so primerni za uporabo z avtomatiziranimi optimizacijskimi algoritmi. Začeli smo tudi iskati optimizacijske algoritme za uporabo v teh primerih.

V letu 2021 smo sodelavci odseka F8 v sodelovanju s kolegi z več drugih evropskih institutov/laboratorijev/univerz analizirali rezultate, pridobljene pri eksperimentalnem delu na tokamaku Joint European Torus – JET, trenutno največjem fuzijskem reaktorju. Glavnina dela je bila posvečena preračunom nevtronskega polja na različnih lokacijah v tokamaku in primerjavi z eksperimentalnimi vrednostmi. Simulirali smo odziv detektorjev pri različnih plazmah (DD, DT, TT) in pripravili ter posredovali na JET optimiziran set aktivacijskih folij za meritve karakteristik nevtronskega spektra za primer plazme TT. Najpomembnejši rezultati so bili izračuni aktivacije vzorcev v JET za 2019 DD kampanjo in primerjava z meritvami na položaju za dolgotrajna obsevanja vzorcev (angl. Long Term Irradiation Station (O-LTIS)). Sodelavci odseka F8 so v letu 2021 sodelovali tudi pri razvoju računske metodologije izvora in transporta žarkov gama v tokamaku JET v podporo meritvam, saj so meritve žarkov gama lahko komplementarne meritvam moči tokamaka z nevtroni.

V okviru EUROfusion projektov Evropskega fuzijskega programa smo nadaljevali mednarodno sodelovanje, začeto pred več kot 20 leti, 21.–22. marca 2000, ko se je Slovenija s temi raziskavami prvič vključila v Evropski fuzijski program. V letu 2021 smo sodelovali pri občutljivostnih in negotovostnih analizah primerov ščitenja pred 14 MeV nevtroni, vključno z novim eksperimentom na FNG napravi v Frascatiju, Water Cooled Lithium Lead (WCLL)



Slika 2: Primerjava meritev in izračunanih absolutnih spektrov fuzijskih žarkov gama za položaj detektorja, 20 m oddaljenega od plazme. Primerjava je bila izvedena z uporabo realističnega Monte Carlo izvora žarkov gama. Ujemanje med izračuni in meritvami je odlično in neverjetno za raziskovalno področje.

benchmarku. Benchmark eksperiment smo modelirali s pomočjo Monte Carlo programov ADVANTG/MCNP za transport ter SANDY za občutljivostne in negotovostne analize jedrskih podatkov. Prav tako smo nadaljevali delo na aktivaciji vode v reaktorju TRIGA, ki je relevantno za fuzijo.

Sodelovali smo pri delu programske skupine Fuzijske tehnologije, ki je začela delovanje januarja 2019. V tej programski skupini so zbrani vodilni slovenski strokovnjaki na področju tehnologije fuzije in fizike plazme s štirih odsekov Instituta "Jožef Stefan" in dveh fakultet Univerze v Ljubljani. Štirje izmed trinajstih raziskovalcev v tej skupini prihajajo z odseka F8.

V letu 2021 smo aktivno sodelovali pri projektu JET3-NEXP streaming benchmark experiment. Projekt se je leta 2021 zaključil in se nadaljuje v okviru novega projekta Preparation for ITER operation (PrIO). V letu 2021 smo nadaljevali analizo eksperimenta za določanje strujanja nevtronov s pomočjo termo-luminescentnih detektorjev in aktivacijskih folij. Izračuni nevtronske fluence in reakcijskih hitrosti so bili izvedeni s pomočjo hibridnih (Monte Carlo/determinističnih) kod na več eksperimentalnih lokacijah znotraj zgradbe tokamaka. Letos je IJS prispeval tudi del zaključnega poročila za eksperimente JET3-NEXP. Rekordni DT eksperimenti, ki so bili izvedeni na koncu leta 2021, bodo analizirani v okviru projekta PrIO v letu 2022.

V letu 2021 smo nadaljevali sodelovanje z institutom Culham Centre for Fusion Energy v Angliji prek napolitve podoktorskega raziskovalca na večletno delo v tujini. Tam je v letu 2021 nadaljeval opravljanje vloge odgovorne osebe za plazemske izračune s kodo TRANSP in ponujal podporo eksperimentalnim kampanjam naprave JET v vlogi diagnostičnega koordinatorja v komandni sobi tokamaka in eksperta za medpulzne plazemske analize s programom BEAST. Sodelovali smo pri pripravi in analizi številnih eksperimentov znotraj eksperimentalnih kampanj s tritijevo in deuterij-tritijevo plazmo. V okviru plazemske analize eksperimentov na tokamaku JET z mešanim D-3He gorivom smo izmerili in modelirali odziv nevtronskih detektorjev prek sklopitve kod TRANSP-DRESS-MCNP. Pokazali smo, da je mogoče z uporabo kombinacije indijevih in aluminijevih folij izmeriti vpliv hitrih ionov na anizotropijo nevtronskega spektra zunanje gretih plazem, kar smo tudi uspešno računsko validirali. Z analizo TRANSP smo ponudili podporo pri plazemskih analizah rekordnih DT strelav na tokamaku JET. Sodelovanje se je zaključilo novembra 2021, saj se je s tem datumom končalo obdobje EUROfusion financiranja in začelo novo obdobje, ki ni vključevalo podoktorskega raziskovalnega programa.

Na področju medicinske fizike, specifično na področju biomedicinske optike, smo nadaljevali raziskave, osnovane okoli hiperspektralne mikroskopije. Izvedli smo raziskavo mikroskopske strukture tkivnih fantomov, ki smo jih primerjali z analitičnimi izračuni sipanja in meritvami s pomočjo drugih tehnik. Razvijali smo nove kontraste pri slikanju s hiperspektralno mikroskopijo, ki omogočajo razlikovanje med različnimi deli vzorcev. Na podlagi mikroskopskih slik smo razvijali nove biomarkerje strukture tkiva, ki lahko razlikujejo med zdravimi in obolenimi subjekti. Delo na tem področju je predstavljalo poglaviti del doktorskega dela Jošta Stergarja in odpira vrata za nove raziskave v prihodnosti. Rezultate raziskav smo predstavljali na mednarodnih konferencah s področja Medicinske fizike. Nadaljevali smo tudi mednarodna sodelovanja, kjer smo s sodelavci z Univerze na Reki sodelovali pri raziskavah na temo uporabe metod strojnega učenja za obdelavo hiperspektralnih slik, s sodelavci Univerze v Bologni pa smo

razvijali nove metode za analizo del kulturne dediščine. Slednje je vključevalo razvoje sistemov za dvodimenzionalni zajem slik s pomočjo infrardeče spektroskopije FTIR in hiperspektralno mikroskopijo različnih vzorcev.

Poleg tega smo nadaljevali raziskave na področju analize slik pozitronske emisijske tomografije (PET). Osredotočali smo se predvsem na uporabo PET-slikanja v nevrologiji pri diferencialni diagnozi nevrodegenerativnih boleznih. Uporaba FDG-PET slikanja je bila v kombinaciji z mrežno analizo že nekajkrat raziskovalno uporabljena za diferencialno diagnozo parkinsonizmov in demenc. Še vedno pa ostaja odprto vprašanje, kakšne FDG-PET slike lahko uporabimo za mrežno analizo in koliko slik potrebujemo za uporaben model. V naših raziskavah smo ugotovili, da je za uspešno diferencialno diagnozo treba uporabiti zadostno število referenčnih slik (vsaj 30 bolnikov in 30 zdravih kontrol). Ugotovili smo tudi, da imajo te slike lahko razmeroma slabo resolucijo (od 12 do 15 mm FWHM).

Tako kot vsa leta smo tudi letos tesno sodelovali z Univerzo v Wisconsinu – ZDA. Skupini sta v tem letu nadaljevali s tesno organizacijsko povezanostjo (redni tedenski sestanki prek Zooma, interne recenzije člankov itd.).

## Najpomembnejše objave preteklem letu

1. Plant, Arran George, Bor Kos, Anže Jazbec, Luka Snoj, Vesna Najdanovic-Visak, Malcolm John Joyce, Nuclear-driven production of renewable fuel additives from waste organics, *Communications Chemistry*, 2021, 4, 132
2. Bor Kos, Aljaž Čufar, Ivan A. Kodeli, ASUSD nuclear data sensitivity and uncertainty program package: Validation on fusion and fission benchmark experiments, *Nuclear Engineering and Technology*, 2021, 53, 7, 2151-2161
3. Luka Pirker, Anja Pogačnik Krajnc, Jan Malec, Vladimir Radulović, Anton Gradišek, Andreja Jelen, Maja Remškar, Igor B. Mekjavić, Janez Kovač, Miran Mozetič, Luka Snoj, Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation, *Journal of Membrane Science*, 2021, 619, 118756
4. A. West, L. Snoj, *et al.*, Use of Gaussian process regression for radiation mapping of a nuclear reactor with a mobile robot, *Scientific reports*, 2021, 11, 1, 13975

## Nagrade in priznanja

1. Andrej Žohar: nagrada Best Poster Award za najboljši poster, Bled, mednarodna konferenca 30<sup>th</sup> International Conference Nuclear Energy for New Europe – NENE 2021, september 2021, poster z naslovom Silicon carbide neutron detector development computational support with MCNP
2. Nagrada Agencije za raziskovalno dejavnost RS *Odlični v znanosti 2021* v kategoriji *Tehnika*, podkategorija Energetika za delo Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation (doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118756)

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. Obsevanja za podjetje Rolls-Royce Civil Nuclear SAS  
Rolls-Royce Civil Nuclear SAS  
dr. Vladimir Radulović
2. E-SiCure2 - Krepitev varnosti na mejah in v pristaniščih  
NATO - North Atlantic Treaty Organisation  
prof. dr. Luka Snoj
3. Kinetični pristop k modeliranju in meritvam v postrgani plasti tokamakov; Mreža majhnih in srednje velikih naprav z magnetnim zadrževanjem plazme v fuzijskih raziskavah  
IAEA - International Atomic Energy Agency  
dr. Jernej Kovačič
4. IAEA RC 24324 - Določitev negotovosti lastnosti izrabljenega goriva glede na variacije materiala goriva in njegove zgodovine zgorevanja; CRP T13018: Karakterizacija izrabljenega goriva  
IAEA - International Atomic Energy Agency  
doc. dr. Marjan Kromar
5. H2020 - EURAD; Evropski skupni program za obvladovanje radioaktivnih odpadkov  
European Commission  
dr. Vladimir Radulović
6. H2020 - ENEEP; Evropska jedrska eksperimentalna izobraževalna platforma  
European Commission  
dr. Vladimir Radulović
7. H2020 - SANDA; Določitev natančnih jedrskih podatkov za energetsko in neenergetsko uporabo  
European Commission  
prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
8. H2020 - ARIEL; Pospeševalniki in raziskovalni reaktorji za izobraževanje in učenje  
European Commission  
prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
9. H2020 - TOURR; Optimizacija uporabe raziskovalnih reaktorjev v Evropi  
European Commission  
prof. dr. Luka Snoj
10. H2020 - EUROfusion; Raziskovalna enota - vodenje in administracija RU-FU  
European Commission  
prof. dr. Luka Snoj
11. H2020 - EUROfusion; Enabling Research-2-FU  
European Commission  
dr. Jernej Kovačič
12. H2020 - EUROfusion; Komponente v stiku s plazmo-1-IPH-FU, EUROfusion  
European Commission  
dr. Jernej Kovačič
13. H2020 - EUROfusion; Exploitation of DT Operation for ITER-JET3-FU  
European Commission  
prof. dr. Luka Snoj
14. H2020 - EUROfusion; JET Campaigns-JET1-FU  
European Commission  
dr. Žiga Štancar
15. H2020 - EUROfusion; PMI-PPPT-2-FU: Nuclear data  
European Commission  
prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
16. Validacija naprednih multifizikalnih metod za modeliranje in simulacije jedrskih reaktorjev  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Vladimir Radulović

17. Uporaba referenčnih „benchmark“ eksperimentov za preveritev in izboljšanje nuklearnih podatkov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
18. Optimizacija konverterjev nevtronov za izboljšano delovanje detektorjev nevtronov na osnovi silicijevega karbida  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Luka Snoj
19. Referenčni eksperimenti pri konstantni moči in tranzientih reaktorja za namene razvoja in validiranja kode za transport nevtronov tRAPID na reaktorju IJS TRIGA Mark-II  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Luka Snoj
20. Razvoj multifizikalnih orodij za preračune transporta plazme in nevtronov v modernih fuzijskih napravah  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Žiga Štancar
21. Referenčni eksperimenti pri konstantni moči in tranzientih reaktorja za namene razvoja in validiranja kode za transport nevtronov tRAPID na reaktorju IJS TRIGA Mark-II  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Aljaž Čufar
22. OE - EUROfusion; WP08: DES-1,2\_OE-FU  
European Commission  
dr. Aljaž Čufar
23. OE - EUROfusion; WP19: SAE-1\_OE-FU  
European Commission  
Domen Kotnik, mag. jedr. teh.
24. OE - EUROfusion; WP10: BB\_OE-FU  
European Commission  
dr. Gašper Žerovnik
25. OE - EUROfusion; WP06: PrIO-5\_OE-FU; WPPrio-ITERneutronics&Safety  
European Commission  
prof. dr. Luka Snoj
26. OE - EUROfusion; WP01: WPTE - Tokamak Exploitation, OE - EUROfusion; WP01: WPTE-JET  
European Commission  
dr. Jernej Kovačič
27. OE - EUROfusion; WP04: AC-TSVV-4,7\_OE-FU  
European Commission  
dr. Jernej Kovačič
28. OE - EUROfusion; WP25: PMU\_OE-FU, RU-Mgmt-1\_OE-FU  
European Commission  
prof. dr. Luka Snoj
29. OE - EUROfusion; WP24: TRED\_OE-FU, EDU\_OE-FU  
European Commission  
prof. dr. Luka Snoj

## PROGRAMI

1. Medicinska fizika  
prof. dr. Robert Jeraj
2. Reaktorska fizika  
prof. dr. Luka Snoj
3. Fuzijske tehnologije  
prof. dr. Igor Lengar

## PROJEKTI

1. Prispevek k izboljšanju nuklearnih podatkov s pomočjo visoko kakovostnih referenčnih „benchmark“ eksperimentov penetracije sevanja  
prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli

2. Absolutne radiacijske meritve pri zelo visokih ravneh nevtronskega fluksa med pulziranjem reaktorja  
prof. dr. Igor Lengar
3. Elektrokalični elementi za aktivno hlajenje elektronskih vezij  
prof. dr. Luka Snoj
4. Napredne metode za analizo termičnih sipalnih presekov  
prof. dr. Luka Snoj
5. Referenčni eksperiment za validacijo modeliranja odziva jedrske instrumentacije na nevtrone in žarke gama  
dr. Vladimir Radulović
6. Občutljivost fizikalnih parametrov jedrskega reaktorja na termične jedrske podatke  
prof. dr. Andrej Trkov
7. Nove jedrske reakcije inelastičnega sipanja za epitermično nevtronsko dozimetrijo  
dr. Gašper Žerovnik
8. Stabilnost jedrskih reaktorjev pri obratovanju v načinu sledenja bremenu  
prof. dr. Luka Snoj
9. Obsevanja na reaktorju TRIGA  
prof. dr. Luka Snoj
10. Kritičnost in transport nevtronov v reaktorski sredici  
dr. Vladimir Radulović
11. Obsevanje kapsul FT-TIMS na reaktorju TRIGA za 2020-2022  
prof. dr. Luka Snoj
12. Secondment – JET  
dr. Žiga Štancar
13. SiC kampanja v okviru pogodbe med CEA/AMU in FRAMATOME  
dr. Vladimir Radulović

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Ocena vpliva pozicije zunaj-središčnih detektorjev moči na njihov signal  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
prof. dr. Luka Snoj
2. Izdelava neodvisnega strokovnega mnenja (IER) za Relodas Safety Evaluation (RSE) za cikel 32, ki vsebuje tudi spremembe ARO pozicije navedene v TS  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
doc. dr. Marjan Kromar
3. Reload Operational Core Analysis, Post Refuelling Nuclear Design Check Tests, PIS and KFSS Cycle Specific Data for Future Fuel Cycles (Cycle 31)  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
doc. dr. Marjan Kromar
4. Podpora pri izvedbi in izračunih v projektu SFDS  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
prof. dr. Luka Snoj
5. Optimizacija vlaganja v zaboynike za suho skladiščenje – SFDS  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
doc. dr. Marjan Kromar
6. Podpora pri pregledih in izračunih v projektu SFDS za 2020 in 2021  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
prof. dr. Luka Snoj
7. L2-2612 Sofinanciranje L-projekta: Stabilnost jedrskih reaktorjev pri obratovanju v načinu sledenja bremenu  
GEN energija, d. o. o.  
prof. dr. Luka Snoj
8. Fizikalni testi za Cikel 32 - Reload Operational Core Analysis, Post Refuelling Nuclear Design Check Tests, PIS and KFSS Cycle Specific Data for Future Fuel Cycles  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
doc. dr. Marjan Kromar
9. NEK PSR3 Projektna naloga „Varnostne analize“  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
prof. dr. Luka Snoj

## OBISKI

1. dr. Loic Barbot, dr. Gregoire de Izarra, Commissariat a l'Energie Atomique – CEA / DER / SPESI / LDCI, Cadarache, Francija, 14.-16. 6. 2021
2. dr. Damien Fourmentel, dr. Hubert Carcreff, Commissariat a l'Energie Atomique – CEA, Cadarache, Francija, 19. 7.–23. 7. 2021
3. doc. dr. Blaž Likozar in Anže Prašnikar, Kemijski inštitut, Ljubljana, 13. 8. 2021
4. Branislav Vrban in Štefan Čerba, bratislavska univerza za tehnologijo, Bratislava, Slovaška, 6. 9.–9. 9. 2021
5. Valentin Valero, Laboratorij IM2NP, Univerza Aix-Marseille, Francija, 20. 9.–18. 12. 2021
6. prof. dr. Andreas Solders, prof. dr. Zsolt Elter, Univerza Uppsala, Uppsala, Švedska, 27. 9.–1. 10. 2021
7. prof. dr. Piero Ravetto, Politecnico di Torino, Dipartimento Energia, NEMO Group, Torino, Italija, 18. 10.–21. 10. 2021

8. Bret Kugelmass in prof. Adam Zuckerman, Energy Impact Center, Washington DC, ZDA, 21. 10. 2021
9. Zalán Bata, Marcell Kégl, Dávid Korom, Levente Lovas, Budapesti Muszaki es Gazdasagtudományi Egyetem, Budimpešta, Madžarska, 25. 10. 2021
10. prof. dr. Vladimir Demidov, West Virginia University, Morgantown, WV, ZDA, 29. 10. 2021–28. 10. 2022
11. dr. Damien Fourmentel in dr. Gregoire De Izarra s CEA Cadarache, Francija, dr. Laurent Ottaviani, Univerza Aix-Marseille, Francija ter Patrick Konrad, Heiko Jasper in Patrick Weidenauer, Framatome, Francija, 2. 11.–5. 11. 2021
12. Christelle Reynards Carette, Adrien Volte in Michel Carette, Univerza Aix-Marseille, Francija, 8. 11.–12. 11. 2021
13. dr. Christophe Destouches, CEA Cadarache, Francija, 15. 11.–19. 11. 2021
14. dr. Elchin Huseynov, National Nuclear Research Centre, Baku, Azerbajdžan, 19. 11.–27. 11. 2021

15. dr. Laurent Ottaviani, Institute Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence, Aix-Marseille Université, Francija, 22. 11.–27. 11. 2021
16. dr. Loic Barbot in dr. Gregoire de Izarra iz CEA, Cadarache, Francija, 6. 12.–10. 12. 2021
17. Danilo Bisiach, Jure Trnovec in Sebastjan Zorzut iz podjetja I-Tech, Solkan, Slovenija, 7. 12. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Luka Snoj: delavnica/predavanje o MCNP: časovne simulacije & izračun pomembnosti za tallyje, 25. 5. 2021
2. Luka Snoj, Andrej Kavčič: Predstavitev svojega oddelka in dela, 31. 8. 2021
3. Simon Lončarič, Anže Mihelčič, Veronika Cvelbar, Anže Gabrijel, Dana Kocijančič, Tjaž Gantar, Gašper Letnar in Patrik Kuster, Predstavitev dela v okviru poletne prakse na Odseku za reaktorsko fiziko, 3. 9. 2021
4. Richard Wheeler: Lecture about proposal writing, 15. 9. 2021
5. Andrej Žohar: Testna predstavitev članka z rezultati doktorske naloge, 28. 9. 2021
6. Valentin Valero: My presentation to the F8 Reactor Physics Department, 8. 10. 2021
7. Aljaž Čufar: Nuclear Analyses for DEMO, 15. 10. 2021
8. Michel Adamič: Electrochemical Energy Storage in Batteries, 2. 12. 2021
9. Michel Adamič: Tehnologija električnih vozil za začetnike, 16. 12. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Stefan Costea, Dušan Čalič, Aljaž Čufar, Domen Kotnik, Jernej Kovačič, Marjan Kromar, Igor Lengar, Anže Pungercič, Vladimir Radulović, Luka Snoj, Ingrid Švajger, Andrej Trkov, Bojan Žefran, Gašper Žerovnik, Andrej Žohar, udeležba na konferenci Nuclear Energy for New Europe - NENE 2021, Bled, 6. 9.–9. 9. 2021 (14 prispevkov)

2. Vladimir Radulović, udeležba na mednarodni konferenci ANIMMA 2021, Praga, Češka, 20. 6.–26. 6. 2021 (1 prispevek)
3. Vladimir Radulović, udeležba na sestanku v okviru projekta ENEEP, Budapest University of Technology and Economics, Budimpešta, Madžarska, 15. 11.–16. 11. 2021
4. Luka Snoj, udeležba z vabilom na EUPRAT USC Evaluation Meeting, Evropska komisija, Bruselj, Belgija, 11. 11.–12. 11. 2021
5. Luka Snoj, udeležba na 1. sestanku Koordinacijskega odbora za spremljanje izdelave 3. revizije programa odlaganja RAO iz NEK, HEP, d. d., Zagreb, Hrvaška, 10. 11. 2021
6. Luka Snoj, udeležba z vabilom na high level diskusiji na temo jedrske energije ob robu SET PLAN konference, Bled, 26. 11. 2021
7. Luka Snoj, udeležba z vabilom na strokovnem posvetu v organizaciji Ministrstva za infrastrukturo, Kulturni dom Krško, Krško, 6. 12. 2021
8. Andrej Trkov, udeležba z vabilom na Consultancy Meeting of the International Nuclear Data Evaluation Network, Mednarodna agencija za atomsko energijo, Dunaj, Avstrija, 31. 10.–4. 11. 2021
9. Andrej Trkov, udeležba z vabilom na Consultancy Meeting of the International Nuclear Data Evaluation Network (INDEN), Mednarodna agencija za atomsko energijo, Dunaj, Avstrija, 12. 12.–17. 12. 2021

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Robert Jeraj: University of Wisconsin, Madison, WI, ZDA, 26. 8.–7. 12. 2021
2. Jošt Stergar: Univerza v Rijeki, Reka, Hrvaška, 8. 7.–17. 7. 2021 (udeležba na poletni šoli Summer School on Image Processing 2021)
3. Ingrid Švajger: North Carolina State University, Dept. of Nuclear Engineering, Raleigh, Severna Karolina, ZDA, 29. 1.–11. 4. 2021 (gostujoča študentka - obisk z vabilom)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. dr. Dušan Čalič
2. dr. Aljaž Čufar
3. prof. dr. Tomaž Gyergyek\*, znanstveni svetnik
4. prof. dr. Robert Jeraj, znanstveni svetnik
5. prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
6. doc. dr. Marjan Kromar
7. prof. dr. Igor Lengar
8. doc. dr. Matija Milanič\*
9. dr. Vladimir Radulović
10. dr. Urban Simončič\*
11. **prof. dr. Luka Snoj, vodja odseka**
12. prof. dr. Andrej Trkov, znanstveni svetnik
13. dr. Gašper Žerovnik

### Podoktorski sodelavci

14. dr. Klemen Ambrožič
15. Stefan Costea, Master, Fizica, Romunija
16. *dr. Bor Kos, odšel 7. 6. 2021*
17. dr. Jernej Kovačič
18. dr. Jošt Stergar
19. *dr. Žiga Štancar, odšel 1. 11. 2021*

### Mlajši raziskovalci

20. Tanja Goričanec, mag. jedr. teh.
21. Domen Kotnik, mag. jedr. teh.
22. Jan Malec, mag. fiz.
23. *Stefano Marciano, Msc., odšel 1. 7. 2021*
24. Anže Pungercič, mag. jedr. teh.
25. Ingrid Švajger, mag. jedr. teh.
26. Andrej Žohar, mag. jedr. teh.

### Strokovni sodelavci

27. Saša Škof, dipl. fin. mat. (UN)

### Tehniški in administrativni sodelavci

28. Slavko Slavič, prof. mat.
29. Bojan Žefran

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Aix-Marseille University, Marseille, Francija
2. Agencija za radioaktivne odpadke - ARAO, Ljubljana
3. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile - ENEA, Fusion Technical Unit, Frascati, Rim, Italija
4. Belgian Nuclear Research Centre (SCK CEN), Mol, Belgija
5. Brookhaven National Laboratory, National Nuclear Data Center, Brookhaven, NY, ZDA
6. Budapest University of Technology and Economics, Budimpešta, Madžarska
7. Centro de Investigaciones Energeticas, Medioambientales y Technologicas - CIEMAT, Madrid, Španija
8. China Nuclear Power Technology Research Institute, Shenzhen, Guangdong, Kitajska
9. Commissariat a l'Energie Atomique, Francija
10. CREATE, Engineering School of Basilicata University, Campus Macchia Romana, Potenza, Italija
11. Culham Centre for Fusion Energy, Culham, Velika Britanija
12. Czech Technical University, Praga, Češka republika
13. DITO Lighting, Slovenija
14. École National Supérieure d'Informatique pour l'Industrie et l'entreprise (ENSIIE), Évry, Francija
15. ENEA, Department of Fusion and Nuclear Safety Technology, Frascati, Italija
16. European Consortium for the Development of Fusion Energy, Garching, Nemčija
17. Fusion for Energy - F4E, Barcelona, Španija
18. IAEA, Nuclear Data Section, Dunaj, Avstrija
19. IDOM - Consulting, Engineering, Architecture, Bilbao, Španija
20. Institute of Plasma Physics, Praga, Češka republika
21. International Atomic Energy Agency, Dunaj, Avstrija
22. JET Exploitation Unit, Abingdon, Združeno kraljestvo
23. Joint Research Centre, Geel, Belgija
24. Karlova univerza v Pragi, Češka republika
25. Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Nemčija
26. Lancaster University, Lancaster, Združeno kraljestvo
27. LANL - Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, ZDA
28. Massachusetts Institute of Technology - MIT, Cambridge, MA, ZDA
29. National Institutes for Quantum and Radiological Science - QST, Takasaki, Japonska
30. Nuklearna elektrarna Krško
31. North Carolina State University, Raleigh, NC, ZDA
32. Oak Ridge National Laboratory, Nuclear Data, Oak Ridge, ZDA
33. OECD - Nuclear Energy Agency, Pariz, Francija
34. Onkološki inštitut Ljubljana
35. Princeton Plasma Physics Laboratory, Princeton, ZDA
36. Rolls Royce Civil Nuclear Company, Grenoble, Francija
37. Ruder Bošković Institute (RBI), Hrvaška
38. Slovak University of Technology in Bratislava (STU), Bratislava, Slovaška



39. Swiss Plasma Center – EPFL, Lozana, Švica
40. TU Wien, Dunaj, Avstrija
41. UK Atomic Energy Authority, Culham Science Centre, Abingdon, Združeno kraljestvo
42. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, Španija
43. Universidad Politécnica de Madrid
44. Universität Innsbruck, Institut für Ionen Physik und Angewandte Physik, Innsbruck, Avstrija
45. University of Bologna, Bologna, Italija
46. University of Aveiro, Aveiro, Portugalska
47. University of Rijeka, Rijeka, Hrvaška
48. University of Wisconsin, Madison, WI, ZDA
49. Univerza Alexandru-Ioan-Cuza, Iasi, Romunija
50. Univerza Ovidius, Constanca, Romunija
51. Univerza St. Kliment Ohridski, Fakulteta za fiziko, Sofija, Bolgarija
52. Univerza v Ljubljani
53. Univerzitetna klinika za pljučne bolezni in alergijo Golnik
54. Univerzitetni klinični center Ljubljana
55. Uppsala University, Department of Physics and Astronomy, Uppsala, Švedska
56. Virginia Tech – Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginija, ZDA

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Michal Košťál *et al.* (12 avtorjev), "Validation of IRDFF-II library in VR-1 reactor field using thin targets", *Annals of Nuclear Energy*, 2021, **158**, 108268. [COBISS.SI-ID 58521091]
2. Denise Neudecker, Oscar Cabellos, Alexander R. Clark, Wim Haeck, Roberto Capote, Andrej Trkov, Morgan C. White, Michael E. Rising, "Which nuclear data can be validated with LLNL pulsed-sphere experiments?", *Annals of Nuclear Energy*, 2021, **159**, 108345. [COBISS.SI-ID 63280131]
3. Luca Fiorito, Pablo Romojaro, Oscar Cabellos, M. García-Hormigos, Augusto Hernandez Solis, S. Sanchez-Fernandez, Alexey Yu Stankovsky, Gert Van den Eynde, Gašper Žerovnik, "On the use of criticality and depletion benchmarks for verification of nuclear data", *Annals of Nuclear Energy*, 2021, **161**, 108415. [COBISS.SI-ID 69106435]
4. Mike Herman *et al.* (13 avtorjev), "Infrastructure for the new paradigm of nuclear reaction evaluation", *Annals of Nuclear Energy*, 2021, **163**, 108494. [COBISS.SI-ID 71667459]
5. Marco T. Pigni, Roberto Capote, Andrej Trkov, "Progress on the reevaluation and validation of the  $n+^{233}\text{U}$  neutron cross sections", *Annals of Nuclear Energy*, 2021, **163**, 108595. [COBISS.SI-ID 81127939]
6. Vladimir Sobes, Cyrille de Saint-Jean, Dimitri Rochman, Oscar Cabellos, Andrew Holcomb, Eric Bauge, Roberto Capote, Andrej Trkov, Michael Fleming, "WPEC Subgroup 44 computational Inter-comparison exercise on correlations in nuclear data libraries", *Annals of Nuclear Energy*, 2021, **164**, 108605. [COBISS.SI-ID 74311171]
7. Anže Jazbec, Bor Kos, Klemen Ambrožič, Luka Snoj, "Dose rate calculations at beam tube 5 of the JSI TRIGA mark II research reactor using Monte Carlo method", *Applied Radiation and Isotopes*, 2021, **168**, 109510. [COBISS.SI-ID 39260163]
8. Michal Košťál *et al.* (13 avtorjev), "Testing of various neutron filters in reference neutron field in LR-0 reactor for nuclear data validation and verification", *Applied Radiation and Isotopes*, 2021, **169**, 109566. [COBISS.SI-ID 45372163]
9. Arran George Plant, Bor Kos, Anže Jazbec, Luka Snoj, Vesna Najdanović-Visak, Malcolm John Joyce, "Nuclear-driven production of renewable fuel additives from waste organics", *Communications chemistry*, 2021, **4**, 132. [COBISS.SI-ID 77586435]
10. Ivana Capan, Tomislav Brodar, Takahiro Makino, Vladimir Radulović, Luka Snoj, "M-Center in Neutron-Irradiated 4H-SiC", *Crystals*, 2021, **11**, 11, 1404. [COBISS.SI-ID 88392451]
11. Andrej Žohar, Igor Lengar, Massimo Nocente, Luka Snoj, Žiga Štancar, JET Contributors, "Modelling of plasma gamma ray sources in large tokamaks", *Fusion engineering and design*, 2021, **163**, 112158. [COBISS.SI-ID 43921411]
12. Domen Kotnik, Bor Kos, Igor Lengar, Aljaž Čufar, Christian Bachmann, Luka Snoj, "Assessment of sky-shine in DEMO during breeding blanket maintenance", *Fusion engineering and design*, 2021, **167**, 112348. [COBISS.SI-ID 54620163]
13. Chiara Piron *et al.* (12 avtorjev), the JET Contributors, "Development of the RAPTOR suite of codes towards real-time reconstruction of JET discharges", *Fusion engineering and design*, 2021, **169**, 112431. [COBISS.SI-ID 97559299]
14. Vladimir Radulović, Sebastjan Rupnik, Jonathan Naish, Steve Bradnam, Zamir Ghani, Sergey Popovichev, Vasilii Kiptily, Paola Batistoni, Rosaria Villari, Luka Snoj, JET Contributors, "Preparation of a water activation experiment at JET to support ITER", *Fusion engineering and design*, 2021, **169**, 112410. [COBISS.SI-ID 55792899]
15. Jonathan Naish, Paola Batistoni, Bor Kos, Barbara Obryk, Rosaria Villari, Theodora Vasilopoulou, Ion Stamatelatos, JET Contributors, "Comparison of neutron flux streaming calculations to the 2019-2020 JET experimental deuterium-deuterium results", *Fusion engineering and design*, 2021, **170**, 112538. [COBISS.SI-ID 58533891]
16. Igor Lengar, Domen Kotnik, Bor Kos, Aljaž Čufar, Christian Bachmann, Luka Snoj, "Shutdown dose rate calculations with modified DEMO single sector model", *Fusion engineering and design*, 2021, **171**, 112569. [COBISS.SI-ID 63948035]
17. Ioannis Tsitsimpelis, Andrew West, Mauro Licata, M. D. Aspinall, Anže Jazbec, Luka Snoj, Philippe A. Martin, Barry Lennox, Malcolm John Joyce, "Simultaneous, robot-compatible gamma-ray spectroscopy and imaging of an operating nuclear reactor", *IEEE sensors journal*, 2021, **21**, 4, 5434-5443. [COBISS.SI-ID 57541891]
18. Luka Rogelj, Urban Simončič, Tadej Tomanič, Matija Jezeršek, Urban Pavlovčič, Jošt Stergar, Matija Milanič, "Effect of curvature correction on parameters extracted from hyperspectral images", *Journal of biomedical optics*, 2021, **26**, 9, 096003. [COBISS.SI-ID 75439875]
19. Luka Pirker *et al.* (11 avtorjev), "Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation", *Journal of membrane science*, 2021, **619**, 118756. [COBISS.SI-ID 32105219]
20. Marjan Kromar, Bojan Kurinčič, "Comparison of the ENDF/B-VII.0, ENDF/B-VIII.1, ENDF/B-VIII.0 and JEFF-3.3 Libraries for the Nuclear Design Calculations of the NPP Krško with the CORD-2 System", *Journal of nuclear engineering and radiation science*, 2021, **8**, 4, 041501. [COBISS.SI-ID 82363139]
21. Robert Bernat, Luka Bakrač, Vladimir Radulović, Luka Snoj, Takahiro Makino, Takeshi Ohshima, Željko Pastuović, Ivana Capan, "4H-SiC Schottky barrier diodes for efficient thermal neutron detection", *Materials*, 2021, **14**, 17, 5105. [COBISS.SI-ID 76974339]
22. Gustavo P. A. Nobre *et al.* (12 avtorjev), "Newly evaluated neutron reaction data on Chromium isotopes", *Nuclear data sheets*, 2021, **173**, 1-41. [COBISS.SI-ID 63030275]
23. Anže Jazbec, Anže Pungerčič, Bor Kos, Klemen Ambrožič, Luka Snoj, "Delayed gamma radiation simulation in case of loss of water event using Monte Carlo method", *Nuclear Engineering and Design*, 2021, **378**, 111170. [COBISS.SI-ID 57537539]
24. Carolina Introini, Davide Chiesa, Stefano Lorenzi, Massimiliano Nastasi, Ezio Previtali, Andrea Salvini, Monica Sisti, Luka Snoj, Antonio Cammi, "Assessment of the integrated mass conservative Kalman filter algorithm for Computational Thermo-Fluid Dynamics on the TRIGA Mark II reactor", *Nuclear Engineering and Design*, 2021, **384**, 111431. [COBISS.SI-ID 79143683]
25. Bor Kos, Aljaž Čufar, Ivan Aleksander Kodeli, "ASUSD nuclear data sensitivity and uncertainty program package: Validation on fusion and fission benchmark experiments", *Nuclear Engineering and Technology*, 2021, **53**, 7, 2151-2161. [COBISS.SI-ID 57546755]
26. Tanja Goričanec, Žiga Štancar, Domen Kotnik, Luka Snoj, Marjan Kromar, "Applicability of the Krško nuclear power plant core Monte Carlo model for the determination of the neutron source term", *Nuclear Engineering and Technology*, 2021, **53**, 11, 3528-3542. [COBISS.SI-ID 76991491]
27. Vasily Kiptily *et al.* (14 avtorjev) and JET Contributors, "Evidence for Alfvén eigenmodes driven by alpha particles in D-<sup>3</sup>He fusion experiments on JET", *Nuclear fusion*, 2021, **61**, 11, 114006. [COBISS.SI-ID 96697091]
28. Anna Teplukhina, Mario Podesta, Francesca Poli, G. Szepesi, Yevgen Kazakov, Phillip Bonofiglio, Marina Gorelenkova, Massimo Nocente, Jozef Ongena, Žiga Štancar and JET Contributors, "Fast ion transport by

- sawtooth instability in the presence of ICRF-NBI synergy in JET plasmas", *Nuclear fusion*, 2021, **61**, 11, 116056. [COBISS.SI-ID 96731907]
29. L. W. Packer *et al.* (20 avtorjev) and JET Contributors, "Technological exploitation of the JET neutron environment: progress in ITER materials irradiation and nuclear analysis", *Nuclear fusion*, 2021, **61**, 11, 116057. [COBISS.SI-ID 81595139]
  30. Davide Laghi, Marco Fabbri, Lorenzo Isolan, Marco Sumini, Georg Shnabel, Andrej Trkov, "Application of JADE V&V capabilities to the new FENDL v3.2 beta release", *Nuclear fusion*, 2021, **61**, 11, 116073. [COBISS.SI-ID 81984771]
  31. Emilia R. Solano *et al.* (34 avtorjev) and JET Contributors, "L-H transition threshold studies in helium plasmas at JET", *Nuclear fusion*, 2021, **61**, 12, 124001. [COBISS.SI-ID 96685827]
  32. Žiga Stancar *et al.* (20 avtorjev) and JET Contributors, "Experimental validation of an integrated modelling approach to neutron emission studies at JET", *Nuclear fusion*, 2021, **61**, 12, 126030. [COBISS.SI-ID 83888387]
  33. Valerio Mascolino, Alireza Haghighat, Luka Snoj, "Verification and Validation of RAPID Formulations and Algorithms based on Dosimetry Measurements at the JSI TRIGA Mark-II Reactor", *Nuclear science and engineering*, 2021, **195**, 9, 937-953. [COBISS.SI-ID 58526723]
  34. Melpomeni Fani *et al.* (13 avtorjev), "Selection of the first <sup>99m</sup>Tc-labelled somatostatin receptor subtype 2 antagonist for clinical translation-preclinical assessment of two optimized candidates", *Pharmaceuticals*, 2021, **14**, 19. [COBISS.SI-ID 47167747]
  35. Mihaela Sin, Roberto Capote, M. W. Herman, Andrej Trkov, B.V. Carlson, "Modeling photon-induced reactions on <sup>233-238</sup>U actinide targets", *Physical review. C*, 2021, **103**, 054605. [COBISS.SI-ID 63937795]
  36. Steven R. Meikle *et al.* (32 avtorjev), "Quantitative PET in the 2020s: a roadmap", *Physics in Medicine & Biology*, 2021, **66**, 06rm01. [COBISS.SI-ID 55027715]
  37. Yevgen Kazakov *et al.* (62 avtorjev), JET Contributors, ASDEX Upgrade Team, EUROfusion MST1 Team, and Alcator C-Mod Team, "Physics and applications of three-ion ICRF scenarios for fusion research", *Physics of plasmas*, 2021, **28**, 2, 020501. [COBISS.SI-ID 52925955]
  38. Tomaž Gyergyek, Stefan Costea, Krištof Bajt, Anej Valič, Jernej Kovačič, "Formation of an inverted sheath in a one-dimensional bounded plasma system studied by particle-in-cell simulation", *Physics of plasmas*, 2021, **28**, 12, 123507. [COBISS.SI-ID 87629571]
  39. Stefan Costea, Jernej Kovačič, David Tskhakaya, Roman Schrittwieser, Tomaž Gyergyek, Tsviatko K. Popov and the EUROfusion MST1Team, "Particle-in-cell simulations of parallel dynamics of a blob in the scrape-off-layer plasma of a generic medium-size tokamak", *Plasma physics and controlled fusion*, 2021, **63**, 5, 055016. [COBISS.SI-ID 57412099]
  40. Anthony Field *et al.* (20 avtorjev) and JET Contributors, "The impact of fuelling and W radiation on the performance of high-power, ITER-baseline scenario plasmas in JET-ILW", *Plasma physics and controlled fusion*, 2021, **63**, 9, 095013. [COBISS.SI-ID 97276675]
  41. Andrew West, Ioannis Tsitsimpelis, Mauro Licata, Anže Jazbec, Luka Snoj, Malcolm J. Joyce, Barry Lennox, "Use of Gaussian process regression for radiation mapping of a nuclear reactor with a mobile robot", *Scientific reports*, 2021, **11**, 1, 13975. [COBISS.SI-ID 69560323]
  42. Ana Marin, Nina Verdel, Matija Milanič, Boris Majaron, "Noninvasive monitoring of dynamical processes in bruised human skin using diffuse reflectance spectroscopy and pulsed photothermal radiometry", *Sensors*, 2021, **21**, 1, 302. [COBISS.SI-ID 45594371]
  43. ShengLi Tzeng, Jun Zhu, Amy J. Weisman, Tyler J. Bradshaw, Robert Jeraj, "Spatial process decomposition for quantitative imaging biomarkers using multiple images of varying shapes", *Statistics in medicine*, 2021, **40**, 5, 1243-1261. [COBISS.SI-ID 54827523]
  - Czech Republic*, Proceedings, (EP) web of conferences **253**, 2021, 03005. [COBISS.SI-ID 87523331]
  2. Valentin Valero, Licia Ottaviani, Abdallah Lyoussi, H. Ghninou, Vladimir Radulović, Luka Snoj, Anže Pungerčič, A. Volte, M. Carette, C. Reynard-Carette, "3-D thermal and radiation-matter interaction simulations of a SiC solid-state detector for neutron flux measurements in JSI TRIGA Mark II research reactor", V: *ANIMMA 2021, 7th International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, 21-25 June 2021, Prague, Czech Republic*, Proceedings, (EP) web of conferences **253**, 2021, 04009. [COBISS.SI-ID 88380419]
  3. Vladimir Radulović, Loïc Barbot, Grégoire De Izzara, Julijan Peric, Igor Lengar, "Reactor pulse operation for nuclear instrumentation detector testing – preparation of a dedicated experimental campaign at the JSI TRIGA reactor", V: *ANIMMA 2021, 7th International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, 21-25 June 2021, Prague, Czech Republic*, Proceedings, (EP) web of conferences **253**, 2021, 04019. [COBISS.SI-ID 87530243]
  4. Jan Malec, Michael Österlund, Andreas Solders, Ali Al-Adili, Anže Jazbec, Sebastjan Rupnik, Vladimir Radulović, Igor Lengar, Luka Snoj, "On teaching experimental reactor physics in times of pandemic", V: *ANIMMA 2021, 7th International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, 21-25 June 2021, Prague, Czech Republic*, Proceedings, (EP) web of conferences **253**, 2021, 10001. [COBISS.SI-ID 87535363]
  5. Vladimir Radulović *et al.* (16 avtorjev), "The European nuclear experimental educational platform – ENEEP: Progress, prospects and remote education capabilities", V: *ANIMMA 2021, 7th International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, 21-25 June 2021, Prague, Czech Republic*, Proceedings, (EP) web of conferences **253**, 2021, 10002. [COBISS.SI-ID 88387331]
  6. Jošt Stergar, Katja Lakota, Martina Perše, Matija Tomšič, Matija Milanič, "Vasculature based biomarkers and segmentation from hyperspectral images of murine peritonitis model", V: *European Conferences on Biomedical Optics 2021, ECBO, 20-24 June 2021, Munich, Germany, Optica*, 2021, ETu1A.6. [COBISS.SI-ID 71594755]
  7. Tadej Tomanič, Luka Rogelj, Matija Milanič, "GPU-accelerated inverse adding-doubling algorithm for analysis of skin hyperspectral images", V: *European Conferences on Biomedical Optics 2021, ECBO, 20-24 June 2021, Munich, Germany, Optica*, 2021, EW4A37. [COBISS.SI-ID 71585283]
  8. Ingrid Švajger, Luka Snoj, "Evaluation of reactor pulse experiments", V: *M&C 2021, The International Conference on Mathematics and Computational Methods Applied to Nuclear Science and Engineering 2021, 3-7 October 2021*, Proceedings, ANS, 2021, 1490-1499. [COBISS.SI-ID 99786243]
  9. Vid Merljak, Marjan Kromar, "Comparing different approaches to calculating decay heat power of a spent fuel dry storage cask for Krško NPP", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 304. [COBISS.SI-ID 95809539]
  10. Daniel Lopéz Aldama, Andrej Trkov, Roberto Capote Noy, "On the processing of thermal scattering law data into ACE format for Monte Carlo transport calculations", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 305. [COBISS.SI-ID 95820035]
  11. Anže Pungerčič, Vladimir Radulović, Ingrid Švajger, Luka Snoj, "Upgrades to the Monte Carlo computational model of the JSI TRIGA research reactor", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 306. [COBISS.SI-ID 93038851]
  12. Ingrid Švajger, Nina C. Fleming, Benjamin Laramée, Gilles Noguere, Ayman I. Hawari, Luka Snoj, Andrej Trkov, "Thermal scattering law data for zirconium hydride from first-principles", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 307. [COBISS.SI-ID 93044227]
  13. Anže Pungerčič, Alireza Haghighat, Luka Snoj, "Further development of RAPID code extension for TRIGA reactor 3D burnup calculations", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 308. [COBISS.SI-ID 93041411]
  14. Domen Kotnik, Kristina Pahor, Luka Snoj, Igor Lengar, "Parametric analysis of the closed water activation loop at the JSI TRIGA reactor", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New*

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. José Coutinho *et al.* (14 avtorjev), "Silicon carbide diodes for neutron detection", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment*, 2021, **986**, 164793. [COBISS.SI-ID 35121667]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Andrej Žohar *et al.* (19 avtorjev) and JET Contributors, "Long term neutron activation in JET DD operation", V: *ANIMMA 2021, 7th International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, 21-25 June 2021, Prague*,

- Europe, September 6-9, Bled, Slovenia, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 309. [COBISS.SI-ID 93051907]
15. Anže Jazbec, Vladimir Radulović, Sebastjan Rupnik, Borut Smodiš, Luka Snoj, "Jožef Stefan Institute TRIGA research reactor activities in the period from September 2020 – August 2021", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 314. [COBISS.SI-ID 91270403]
  16. Andrej Žohar, Vladimir Radulović, Luka Snoj, Robert Bernat, Luka Bakrač, Ivana Capan, Takahiro Makino, "Silicon carbide neutron detector development - computational support with MCNP", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 316. [COBISS.SI-ID 93092099]
  17. Dušan Čalič, "Analyses of the doppler coefficient of reactivity using Monte Carlo and deterministic codes", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 317. [COBISS.SI-ID 95796739]
  18. Bor Kos, Roberta Cirillo, Anže Pungertič, Gabriel Lazaro Pavel, Luka Snoj and TOURR contributors "Gathering of data on the European research reactor fleet as part of the TOURR project", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 318. [COBISS.SI-ID 94432259]
  19. Dušan Čalič, Marjan Kromar, "Impact of the various nuclear data libraries on the NPP Krško spent fuel characterization", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 319. [COBISS.SI-ID 95807747]
  20. Jan Malec, Dušan Čalič, Andrej Trkov, "Burnup-dependent isotopic compositions of PWR fuel pins using OpenMC and WIMS with ENDF/B-VIII nuclear data library", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 321. [COBISS.SI-ID 94871043]
  21. Marjan Kromar, Dušan Čalič, "Impact of different fuel temperature models on the nuclear core design predictions of the NPP Krško", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 322. [COBISS.SI-ID 95798531]
  22. Tanja Goričanec, Marjan Kromar, Andrej Kavčič, Bor Kos, Rok Bizjak, Igor Lengar, Božidar Kranjc, Luka Snoj, "Analysis of the effect of Krško NPP ex-core detector position on their response", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 503. [COBISS.SI-ID 94450947]
  23. Aljaž Čufar, Christian Bachmann, Tom Berry, René Chavan, Tim Eade, Thomas Franke, Bor Kos, Dieter Leichtle, Peter Spaeh, Minh Quang Tran, "Neutronics analyses of EU DEMO 2020 EC port configuration", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 804. [COBISS.SI-ID 94457347]
  24. Gašper Žerovnik, Vladimir Radulović, Ljudmila Benedik, Bor Kos, Tjaž Gantar, Gilles Noguere, "Method for analysis of neutron activation measurements of Am-241 with uncertainty propagation", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 1006. [COBISS.SI-ID 94460931]
  25. Jan Malec, Vladimir Radulović, Igor Lengar, Anže Jazbec, Sebastjan Rupnik, Michael Österlund, Ali Al-Adili, Andreas Solders, Luka Snoj, "Remote research reactor exercises during pandemic induced lockdown", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 1104. [COBISS.SI-ID 94464771]
  26. Sandi Cimerman, Bojan Žefran, "Upgrading of HPCC at reactor center JSI in the last decade", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 1108. [COBISS.SI-ID 91497987]
  27. Jan Malec, Klemen Ambrožič, Marjan Kromar, "Development of fuel characterization tool based on library interpolation", V: *PHYSOR 2020, International Conference on Physics of Reactors: Transition to a scalable nuclear future, 29 March-2 April 2020, Cambridge*, Proceedings, [EPJ Web of Conferences **247**], 2021, 12004. [COBISS.SI-ID 24532739]
  28. Augusto Hernandez Solis, Klemen Ambrožič, Dušan Čalič, Luca Fiorito, Bor Kos, Marjan Kromar, Peter Schillebeeckx, Alexey Stankovskiy, Gašper Žerovnik, "Boundary condition modeling effect on the spent fuel characterization and final decay heat prediction from a PWR assembly", V: *PHYSOR 2020, International Conference on Physics of Reactors: Transition to a scalable nuclear future, 29 March-2 April 2020, Cambridge*, Proceedings, [EPJ Web of Conferences **247**], 2021, 12008. [COBISS.SI-ID 24550659]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGlavJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Damijan Valentinuzzi, Katja Uršič Valentinuzzi, Matea Maruna, Simon Buček, Urban Simončič, Martina Vrankar, Maja Čemažar, Gregor Serša, Robert Jeraj, "Computational modeling and experimental investigations to enhance the successful response of anti-PD-1 cancer immunotherapies", V: *The physics of cancer: research advances*, World Scientific, 2021, 145-164. [COBISS.SI-ID 47397891]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Jošt Stergar, *Združeno hiperspektralno slikanje makroskopskih in mikroskopskih vzorcev za ocenjevanje optičnih in strukturnih lastnosti tkiv: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Matija Milanič). [COBISS.SI-ID 79143939]

# ODSEK ZA EKSPERIMENTALNO FIZIKO OSNOVNIH DELCEV

# F-9

*Raziskave na odseku so usmerjene v meritve v svetu osnovnih delcev, kjer proučujemo osnovne gradnike narave in interakcije med njimi, ter v razvoj in uporabo tehnološko zahtevnih detektorjev delcev. Eksperimenti v fiziki visokih energij so bolj zahtevni in tudi stroški so večji, zato se za njihovo izvedbo znanstveniki z vsega sveta združujejo v velike kolaboracije v mednarodnih središčih za fiziko delcev. V teh središčih delujejo pospeševalniki z največjimi človeštvu dostopnimi energijami. Slovenski znanstveniki sodelujemo pri poskusih v CERN-u pri Ženevi in KEK-u v Tsukubi. Astrofizika delcev je področje, ki uporablja detekcijske metode fizike delcev za študij pojavov v vesolju. Slovenski znanstveniki sodelujemo pri meritvah kozmičnih delcev najvišjih energij z observatorijem Pierre Auger v Malargue v Argentini.*



Vodja:

**prof. dr. Marko Mikuž**

Meritve lastnosti osnovnih gradnikov narave so izvedljive na pospeševalnikih delcev z visoko energijo. Primer je Veliki hadronski pospeševalnik (LHC) v CERN-u. Pri njegovi gradnji so razen držav članic CERN-a z znatnimi finančnimi prispevki sodelovale Japonska, Kanada, Rusija in Združene države Amerike. Raziskovalci Odseka za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev izvajamo skupaj s kolegi z Oddelka za fiziko Fakultete za matematiko in fiziko, Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani ter Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Mariboru svoje meritve v dveh mednarodnih središčih za fiziko delcev: evropski organizaciji za jedrske raziskave (CERN) v Ženevi in japonskem središču KEK v Tsukubi. Naše delo poteka v okviru dveh mednarodnih skupin:

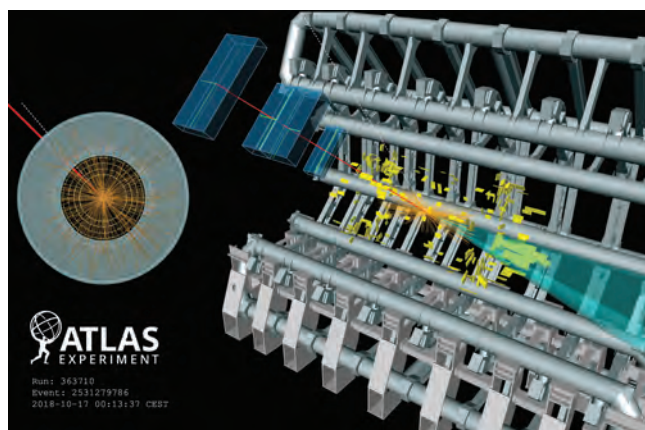
- ATLAS pri Velikem hadronskem trkalniku (LHC) v CERN-u (3000 znanstvenikov, 181 institucij iz 41 držav),
- BELLE II na asimetričnem trkalniku elektronov in pozitronov KEK-B v KEK, Tsukuba (1679 znanstvenikov, 123 institucij iz 26 držav).

Na področju astrofizike delcev sodelujemo v kolaboraciji Pierre Auger (250 znanstvenikov, 94 institucij iz 17 držav), ki blizu Malargue v Argentini meri z observatorijem za kozmične delce najvišjih energij s površino 3000 km<sup>2</sup>. Raziskave na tem področju izvajamo skupaj s kolegi z Univerze v Novi Gorici.

Podrobnejše poročilo po dejavnostih v letu 2021, pri čemer smo se osredotočili na prispevek naših raziskovalcev:

## ATLAS pri Velikem hadronskem trkalniku (LHC) v CERN-u

V zadnjih treh letih poteka v CERN-u nadgradnja Velikega hadronskega trkalnika LHC in nadgradnje detektorjev na njem, kar nam daje potreben čas za analizo do zdaj zajetih podatkov, letos pa se začne novo obdobje poskusov, imenovano Run 3. V letih 2015–2018 je v CERN-u potekalo obdobje zajemanja podatkov na Velikem hadronskem trkalniku LHC, imenovano Run 2. Leta 2015 je nadgrajeni Veliki hadronski trkalnik LHC v CERN-u dosegel novo rekordno težiščno energijo trkov protonov 13 TeV, obdobje Run 2 delovanja LHC pa se je nato zaključilo konec leta 2018 s trki težkih ionov (Pb-Pb) pri težiščni energiji 5.02 TeV. Količina podatkov eksperimenta ATLAS o protonskih trkih pri 13 TeV je v letih 2015–2018 dosegla integrirano luminoznost 150 fb<sup>-1</sup> prvovrstnih podatkov, s čimer je LHC presegel vsa pričakovanja in omogočil zajem največje količine podatkov na eksperimentu ATLAS do zdaj. Ta nabor edinstvenih podatkov iz Run 2 omogoča najnatančnejše analize iskanja procesov nove fizike onkraj standardnega modela do zdaj (slika 1). V analiziranih podatkih so bile postavljene nove meje pri iskanju temne snovi, objavljeni so bili prvi rezultati spektralne analize korelacij trkov težkih ionov (Xe + Xe), prvič so bili zaznani redki razpadi Higgsovega bozona ( $H \rightarrow \mu\mu$ ,  $H \rightarrow Z\gamma$ ), za dokončno potrditev meritev pa bo potrebnih še več podatkov. Poleg tega je bil statistično izključen precejšen nabor različnih teorij nadgradnje standardnega modela, obstaja pa nekaj indikacij na možna nova odkritja v fiziki osnovnih delcev, a bo za potrditev treba dokončno analizirati celotno količino zajetih podatkov – tako bo tudi to leto še polno izzivov in



Slika 1: Prikaz dogodka trka pri iskanju težkih resonanc, ki razpadajo v bozon W in Higgsov bozon, v končnih stanjih z leptoni in pljuski kvarkov b, izmerjenih z detektorjem ATLAS pri energiji trka protonov 13 TeV. Kandidat za bozon W je sestavljen iz miona in manjkajoče transverzalne energije, kjer je mion označen z rdečo črto in manjkajoča transverzalna energija s prekinjeno belo črto. Kandidat za Higgsov bozon je predstavljen z velikim pljuskom, kot ga prikazuje moder stožec. Rumeni kvadri predstavljajo energijo v lokaliziranih gručah, izmerjenih v kalorimetru po odštevanju šumu.

**V analiziranih podatkih so bile postavljene nove meje pri iskanju temne snovi, objavljeni so bili prvi rezultati spektralne analize korelacij trkov težkih ionov (Xe + Xe).**

pričakovani prelomnih dogodkov, vzporedno s pripravo na zajem novih podatkov. V letu 2021 je kolaboracija ATLAS objavila več kot 60 znanstvenih člankov v najuglednejših mednarodnih revijah, s čimer se je število vseh objavljenih člankov kolaboracije povečalo na 1030, v pripravi pa jih je še več kot sto.

Ljubljanska skupina pri eksperimentu ATLAS je vodilna pri načrtovanju, izgradnji in obratovanju več manjših detektorjev, ki skrbijo za kontrolo in spremljanje obsevanja notranjega detektorja: ATLAS Beam Condition Monitor (BCM), Beam Loss Monitor (BLM), Radiation Monitor (RADMON) in Diamond Beam Monitor (DBM). BCM je namenjen spremljanju pogojev v žarkih protonov Velikega hadronskega pospeševalnika (Large Hadron Collider, LHC) in opozarjanju pred potencialno nevarnimi dogodki. Med prvim obdobjem zajemanja podatkov je bil BCM tudi glavni monitor luminoznosti spektrometra ATLAS. Po drugi strani je precej bolj preprost sistem BLM namenjen samo varovanju notranjega detektorja spektrometra ATLAS pred potencialnimi nevarnimi pogoji, kjer deluje neodvisno in vzporedno z BCM. BLM je do zdaj nekajkrat sprožil in zaustavil žarke LHC ter s tem preprečil morebitne poškodbe najbolj občutljivih notranjih delov spektrometra ATLAS. Sistem RADMON meri doze, ki jih prejmejo različni deli notranjega detektorja spektrometra ATLAS. V letu 2021 smo obnovili in nadgradili elektroniko za krmiljenje in branje BCM in BLM ter programsko opremo za nadzor teh komponent. Sistema smo uspešno vključili v sistem za zajemanje podatkov eksperimenta ATLAS in se tako pripravili na začetek delovanja LHC v letu 2022.

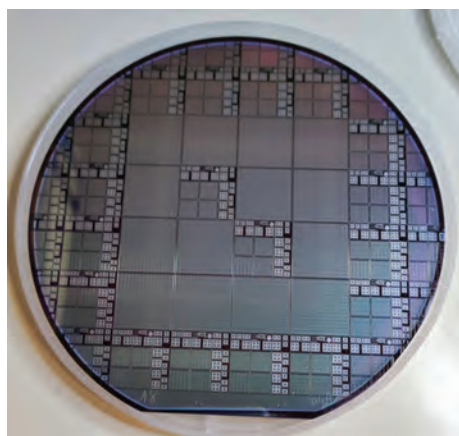
### **Nadgradnja detektorja ATLAS**

V letu 2021 se je LHC pripravil na naslednje obdobje zajemanja podatkov Run 3, ki se bo začelo leta 2022 in bo trajalo do konca leta 2025. Za tem bo sledila večja nadgradnja pospeševalnika LHC za visoko luminoznost (High Luminosity LHC ali HL-LHC), ki bo začel obratovati leta 2028. V obdobju 2025–2028 se bo izvedla tudi obsežna nadgradnja detektorja ATLAS. Velik del kolaboracije ATLAS, vključno s skupino z odseka F9, se intenzivno ukvarja z razvojem in izdelavo sistemov za nadgradnjo.

Skupina odseka F9 je prevzela vodilno vlogo pri razvoju popolnoma novega sistema za monitoriranje in nadzor žarkov BCM, za katerega smo že razvili bralni čip, odporen proti sevalnim poškodbam, ki bo povezan s senzorji iz pCVD-diamantov. V letu 2021 smo izvedli več preverjanj sevalne odpornosti bralnega čipa in potrdili ustrezno delovanje tudi po obsevanju. Delovanje diamantnega senzorja, priključenega na bralni čip, smo uspešno preverili v testnem žarku. Trenutno načrtujemo, izdelujemo, preverjamo in usklajujemo delovanje različnih komponent sistema. BCM je postavljen blizu interakcijske točke in je podsistem blaziničastega detektorja za nabite delce, s katerimi morajo biti komponente usklajane.

**Uporaba LGAD v visoko zrnatem detektorju časa (High Granularity Timing Detector) v ATLASu bo zaradi destruktivnih dogodkov omejena na precej nižje napetosti kot v laboratoriju, zato je treba v pomnoževalno plast dodati primesi ogljika, da zmanjšamo upad začetnih primesi bora z obsevanjem.**

Leta 2020 je kolaboracija ATLAS uradno potrdila, da bo visoko zrnati detektor časa (High Granularity Timing Detector) del nadgradnje eksperimenta ATLAS. Kljub pandemiji je ljubljanska skupina s F9 prispevala velik delež k razvoju senzorjev, primernih za HGTD, ki temeljijo na tehnologiji silicijevih detektorjev z nizkim ojačenjem LGAD (slika 2), o čemer so pisali v več publikacijah. Testirali smo senzorje različnih proizvajalcev in jih kvalificirali za uporabo v eksperimentu. Sistematsko smo določili učinkovitost zbiranja naboja in določitve časa preleta nabitih delcev v odvisnosti od števila nevtronov, ki so preleteli senzorje. Razvijali in preskusili smo senzorje z različnimi pomnoževalnimi plastmi in pokazali



*Slika 2: Prikaz 6-palčne silicijeve rezine z večkanalnimi senzorji (15 x 15 blazinic) proizvajalca FBK, primernimi za vgradnjo v eksperiment ATLAS. Senzorji uporabljajo z ogljikom bogato pomnoževalno plast.*

koristnost dodanih primesi ogljika za njihovo sevalno trdnost. S primesmi ogljika se namreč zmanjša upad začetnih primesi bora z obsevanjem. Z meritvami v testnem žarku smo pokazali, da je uporaba detektorjev v žarku visokoenergijskih delcev omejena na precej nižje napetosti kot pri delu v laboratoriju zaradi destruktivnih dogodkov in so detektorji s primesjo ogljika edina izbira. Pokazali smo stabilnost delovanja obsevanih večkanalnih senzorjev LGAD v pogojih, kot bodo v eksperimentu.

V letu 2021 je kolaboracija ATLAS nadaljevala sestavljanje komponent za nadgradnjo notranjega detektorja, kjer bomo kot senzorje uporabili mikropasovne silicijeve detektorje. Končali smo evaluacijo 5 % komponent, kar je predserijska izdelava. Naša skupina sodeluje v postopku zagotovitve kakovosti senzorjev. Na reaktorskem centru v Podgorici smo z nevtroni obsevali testne strukture, izdelane na silicijevih rezinah, predvidena so redna obsevanja vsak mesec v obdobju štirih let. V za to posebej sestavljenem merilnem sistemu smo merili odziv senzorjev s pomočjo vira  $^{90}\text{Sr}$  in večkanalnega bralnega sistema ALIBAVA. Vsi senzorji iz predserije kažejo pričakovano degradacijo signalov, signal se po obsevanju z  $1.6 \cdot 10^{15} \text{ n}_{\text{eq}} \text{ cm}^{-2}$  zmanjša na približno tretjino, kar ustreza približno 7500 elektronom. Meritve na senzorjih iz predserije so pokazale pričakovane rezultate. V drugi polovici leta smo začeli evaluacijo senzorjev iz serijske izdelave.

Poleg razvoja senzorjev smo se v sodelovanju s podjetjem Elgoline, d. o. o., iz Cerknice priključili razvoju posebnih večplastnih fleksibilnih tiskanih vezij, ki bodo služila povezavi

senzorjev s periferno bralno elektroniko. Prvi prototipi so bili izdelani pred koncem leta 2020, v letu 2021 pa je bila narejena predserija, ki obsega 5 odstotkov končne produkcije. Na Odseku za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev smo v sodelovanju z Univerzo v Oxfordu razvili robota (slika 3), s katerim testiramo fleksibilna vezja velikih dimenzij. V podjetju Elgoline bodo v naslednjem letu izdelali več kot 1000 takšnih vezij, kar bo zadoščalo za oba sprednja dela silicijevega pasovnega detektorja. Vsako fleksibilno vezje bomo testirali trikrat, po različnih stopnjah sestavljanja detektorskih modulov.

V ITk bo vgrajen nov sistem za sprotno merjenje integriranih doz (RadMon). Sevanje, ki nastane med delovanjem hadronskega trkalnika, poškoduje senzorje in bralno elektroniko, ki je blizu interakcijske točke. Za razumevanje delovanja detektorjev je pomembno meriti količino sevanja, ki so mu izpostavljeni. V letu 2021 smo izdelali prototip vezja in bralne elektronike za RadMon. V reaktorju TRIGA smo preverjali delovanje senzorjev za merjenje ionizacijske doze (RadFET) in diod, s katerimi merimo fluence hitrih nevtronov.

### Belle in Belle II na asimetričnem trkalniku elektronov in pozitronov KEKB v KEB

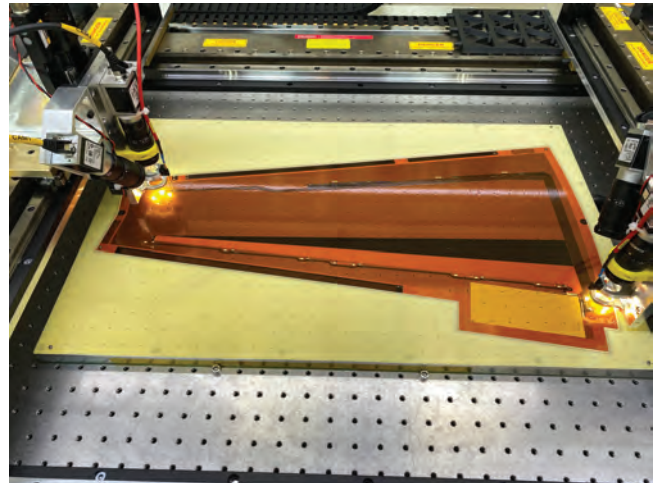
Sodelavci odseka so nadaljevali raziskave pri eksperimentih Belle in Belle II na trkalniku elektronov in pozitronov KEKB oz. SuperKEKB v Tsukubi na Japonskem. Osnovna motivacija obeh eksperimentov, ki spadata v eksperimentalne napore na t. i. obzorju natančnosti, je iskanje procesov in delcev, ki niso zajeti v standardnem modelu (SM) interakcij in jih s skupnim nazivom označujemo kot nova fizika (NF). Eksperimenti na obzorju natančnosti izvajajo izjemno natančne meritve in rezultate primerjajo s podobno natančnimi teoretičnimi napovedmi v okviru SM. Standardni model je izjemno uspešen in eksperimentalno potrjen opis procesov na ravni osnovnih delcev pri trenutno dosegljivih energijah in natančnosti. Procesi NF morajo biti odgovorni – med drugim – za opaženo prevlado snovi nad antisnovo v vesolju.

Detektor Belle je zaključil zajemanje podatkov v letu 2010, številne analize pa še potekajo. Med najodmevnejšimi rezultati mednarodne skupine v letu 2021 je prva meritev diferencialnih razvejitev in vkluzivnem semileptonskem razpadu  $B \rightarrow X_u l^+ \nu_l$ . Izmerjene porazdelitve so občutljive na oblikovno funkcijo, ki narekuje neperturbativno dinamiko prehodov  $b \rightarrow u$ , in bodo omogočile nov, modelsko neodvisen pristop k določitvam matričnega elementa  $|V_{ub}|$  matrike CKM. Upamo, da bodo v prihodnosti te meritve ključno pripomogle k razrešitvi opaženih neskladij v vrednosti  $|V_{ub}|$ , določeni z uporabo ekskluzivnih in inkluzivnih metod.

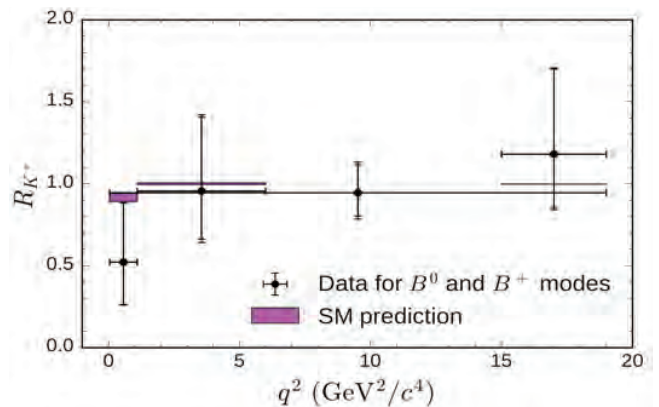
Drug odmeven rezultat mednarodne skupine v letu 2021 je bil nov eksperimentalni preizkus t. i. univerzalnosti različnih leptonov ( $e, \mu$ ) z meritvijo razpadov  $B \rightarrow K^* l^+ l^-$ . Meritev je posebej zanimiva zaradi več v zadnjih letih opaženih anomalij v meritvah razpadov, ki potekajo prek prehoda  $b \rightarrow s l^+ l^-$  (večinoma pri eksperimentu LHCb). To je bila prva meritev, ki v končnem stanju poleg  $K^{*0}$  vključuje tudi  $K^{*+}$ . Rezultati meritve (slika 4) so skladni tako z napovedmi SM kot tudi z rezultati eksperimenta LHCb. Odgovor na vprašanje, ali so opažene anomalije res posledica NF in ne samo statistične fluktuacije, pa bodo dale še prihajajoče meritve, ki bodo temeljile na večji količini zbranih podatkov pri eksperimentih Belle II in LHCb.

Eksperiment Belle II je do zdaj zbral količino podatkov, ki ustreza integrirani luminoznosti 270 fb<sup>-1</sup>. Pri tem je trkalnik SuperKEKB v letu 2021 večkrat postavil svetovni rekord v luminoznosti (število trkov na sekundo). Med pomembnimi rezultati skupine Belle II v letu 2021 je do zdaj najnatančnejša meritev življenjskega časa mezonov  $D^0$  in  $D^+$  (slika 5). Meritev potrjuje odlično delovanje sistema za rekonstrukcijo razpadnih verteksov v detektorju Belle II in dobro razumevanje sistematskih efektov,

**V podjetju Elgoline bodo za nadgradnjo detektorja ATLAS v naslednjem letu izdelali več kot 1000 velikih fleksibilnih vezij za silicijeve pasovne detektorje. Vsako fleksibilno vezje bomo testirali trikrat, po različnih stopnjah sestavljanja detektorskih modulov.**

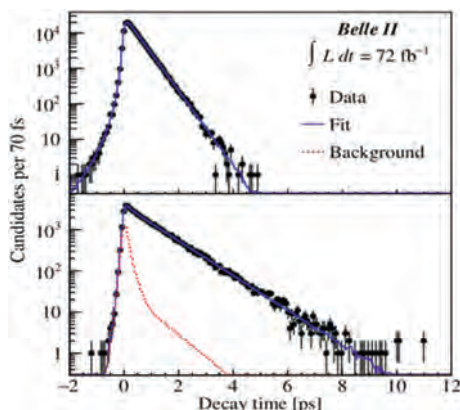


Slika 3: Robot pri testiranju vezja. Na sliki sta vidni dve prečni testni postaji s kamerama. Testna postaja vzpostavi električni kontakt z vezjem in izmeri njegove lastnosti ter odkrije morebitne nepravilnosti.



Slika 4: Izmerjena vrednost razmerja  $R_{K^*} = Br(B \rightarrow K^* e^+ e^-) / Br(B \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-)$ , kot funkcija kvadrata velikosti četverca gibalne količine leptonskega para ( $q^2$ ), skupaj z napovedano vrednostjo v okviru SM. Rezultat je v skladu z napovedmi, rahlo odstopanje pri najmanjšem  $q^2$  pa kaže v isto smer kot statistično mnogo znatnejša anomalija, opažena pri eksperimentu LHCb.

**Najnatančnejša meritev življenjskega časa mezonov  $D$  in meritev razvejitvenega razmerja razpada  $B^+ \rightarrow K^+ \nu \nu$  pri eksperimentu Belle II nakazujeta na obilico novih rezultatov, ki si jih v naslednjih letih obetamo od tega eksperimenta.**



Slika 5: Porazdelitev razpadnega časa mezonov  $D$ . Iz razpada  $D^0 \rightarrow K \pi^+$  (zgoraj) in  $D^+ \rightarrow K \pi^+ \pi^+$  (spodaj).

ki bodo imeli ključno vlogo pri prihajajočih študijah mešanja nevtralnih mezonov in časovno odvisne kršitve simetrije CP. Drug odmeven dosežek je rezultat iskanja razpada  $B^+ \rightarrow K^+ \nu \nu$ , katerega razvejitevno razmerje je v okviru SM sicer premajhno, da bi ga lahko zaznali, vendar mnogi izmed modelov NF napovedujejo večjo vrednost. Gre za zelo zahtevno meritev, z enim samim v detektorju zaznanim delcem v končnem stanju ( $K^+$ ). Pri meritvi smo prvič uporabili nov pristop rekonstrukcije, kjer poleg lastnosti razpada  $B^+ \rightarrow K^+ \nu \nu$  izkoristimo tudi inkluzivne lastnosti drugega mezona B v dogodku pri prehodu  $Y(4S) \rightarrow B \bar{B}$  (t. i. inkluzivno označevanje). Iskanega razpada v meritvi nismo opazili, zato smo postavili zgornjo mejo za njegovo razvejitevno razmerje. Čeprav meritev temelji na relativno majhni količini podatkov ( $70 \text{ fb}^{-1}$ ), je ta meja podobna kot iz drugih meritev. To kaže na velik potencial uporabljenega pristopa inkluzivnega označevanja, ki bo uporaben tudi v mnogo drugih študijah in bo pomembno razširil obzorje dosega eksperimenta Belle II.

### Pierre Auger

Observatorij Pierre Auger je bil zgrajen z namenom zaznavanja visoko energijskih kozmičnih žarkov, pod katerimi razumemo subatomske delce z energijami na  $10^{18}$  eV. Tovrstni delci v zemeljski atmosferi interagirajo z atomi in tako povzročijo nastanek sekundarnih delcev, ki jih imenujemo atmosferski pljusk. Če hočemo oceniti izvor, energijo in tip primarnega delca, je treba izmeriti lastnosti pljaska. Ker so tovrstni delci zelo redki (na zemljo namreč pride zgolj en delec na kvadratni kilometer na stoletje z energijo  $10^{20}$  eV), je potrebna nadvse obsežna merilna naprava. Observatorij Pierre Auger zato obsega površino  $3000 \text{ km}^2$ , nahaja pa se v provinci Mendoza v Argentini.

Observatorij Pierre Auger uporablja dve komplementarni tehniki zaznave atmosferskih pljuskov. Na poti skozi atmosfero sekundarni delci vzbujajo molekule dušika. Pri relaksaciji te izsevajo fluorescenčno svetlobo, ki jo zaznavamo z mrežo velikih teleskopov. Sekundarne delce, ki dosežejo zemljo, pa zaznavamo z mrežo Čerenkovih detektorjev prek meritve svetlobe, izsevane ob prehodu relativističnega delca skozi vodo.

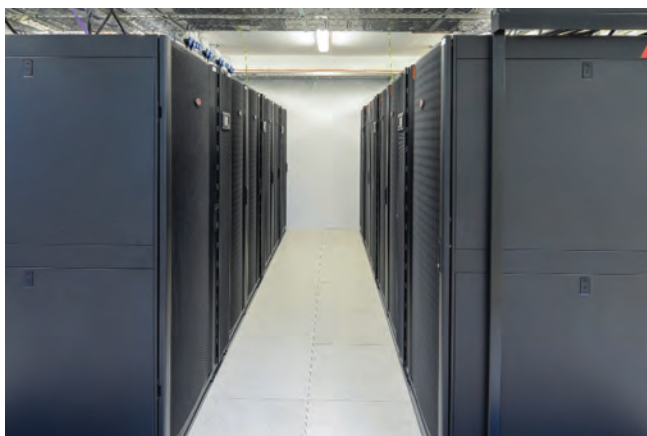
Kolaboracija Pierre Auger je izmerila strmo upadanje energijskega spektra delcev z energijo nad  $10^{20}$  eV. Dušenje fluksa pri visokih energijah razlagamo z interakcijo delcev z mikrovalovnim prasevanjem (tako imenovani GZK-efekt) ter zaradi fotonske dezintegracije. Kljub temu pa je bilo pokazano, da GZK-efekt ne more biti edina razlaga, saj podatki nakazujejo težjo masno sestavo, kot bi jo pričakovali, zato razlogi za spektralni upad ostajajo nepojasnjeni.

Trki visokoenergijskih kozmičnih žarkov z atmosferskimi molekulami ponujajo vpogled v hadronske interakcije pri energijah, ki za nekaj velikostnih razredov presegajo težiščno energijo trkalnika LHC. Obsežni poskusi integracije LHC rezultatov v meritve observatorija so pokazali na precejšnje razhajanje, saj je število mionov, ki jih dobimo pri Monte Carlo simulaciji, temelječi na dosedanjih meritvah, precej manjše, kot jih zaznavamo, prav tako tudi globina interakcijske točke znotraj atmosfere odstopa od pričakovane za smiselno kompozicijo kozmičnih žarkov.

Kolaboracija Pierre Auger je v fazi nadgradnje, ki bo ponudila dodaten vpogled v opisane probleme. Ključni element nadgradnje je namestitve scintilacijskih detektorjev na vsakega izmed 1660 Čerenkovih detektorjev. Tako bo identifikacija primarnih delcev olajšana, saj z uporabo scintilatorjev dosežemo lažje razločevanje med elektromagnetno in mionsko komponento pljaska. Meritvam kompozicije pa bo pripomogla tudi nova bralna elektronika Čerenkovih detektorjev. Poteka tudi nadgradnja observatorija s sistemom AERA (Auger Engineering Radio Array). AERA je mreža anten, ki merijo emisijo radijskih valov v frekvenčnem pasu med 30 in 80 MHz, ki nastanejo ob tvorbi pljaska sekundarnih delcev v atmosferi.

### Center za distribuirano računanje

Odsek F9 je s svojim računskim centrom SiNET z več kot 7000 jedri in okoli 5 PB podatkovne hrambe (slika 6) v letu 2021 nadaljeval sodelovanje v mednarodnih projektih in organizacijah WLCG, EGI, EGI/InSPIRE, Nordugrid. Poleg tega smo sodelovali z drugimi računskimi centri, kot je inštitutski NSC in center Arnes. V okviru sodelovanja evropske iniciative EuroHPC in vključenosti v Slovensko nacionalno superračunalniško omrežje SLING smo v letu 2021 sodelovali pri vzpostavitvi in še nadaljujemo sodelovanje pri vzdrževanju superračunalnika Vega v mariborskem IZUMu. Kapacitete centra SiNET so bile leta 2021 večinoma uporabljene pri analizi podatkov in produkciji mednarodnih eksperimentov ATLAS in Belle II ter pri drugih projektih odseka. Deloma pa so bile na voljo tudi drugim



Slika 6: Oprema računskega centra SiNET je na Teslovi ulici 30 in Jamovi cesti 39 v Ljubljani. S povezavo 100 Gb/s je SiNET povezan v omrežje Akademske in raziskovalne mreže Arnes.

**V letu 2021 smo sodelovali pri vzpostavitvi in vzdrževanju superračunalnika Vega v mariborskem IZUMu.**

sodelavcem inštituta in zunanjim sodelavcem. Nadaljevali smo z delovanjem v konzorciju Leonardo, pri vzpostavitvi enega od treh velikih sistemov EuroHPC na Cineci v Bologni. Poleg vzdrževanja in administracije odsek sodeluje pri številnih projektih za podporo in načrtovanje računske infrastrukture ter pri razvoju, distribuciji in vzpostavitvi distribuirane infrastrukture.

## Razvoj detektorjev

### Silicijevi in diamantni detektorji

Večina dela, povezanega z razvojem silicijevih detektorjev nabitih delcev, je potekala v okviru mednarodnih kolaboracij ATLAS in CERN-RD50. Skupina je aktivna tudi pri razvoju diamantnih detektorjev v okviru mednarodne kolaboracije RD42.

Nadgradnja detektorja ATLAS za HL-LHC je osrednja aktivnost pri delu s silicijevimi detektorji. To zajema meritve pasovnih silicijevih detektorjev in razvoj LGAD za HGTD, kot je opisano zgoraj. Poleg dela za ATLAS smo v letu 2021 merili z osiromašenimi CMOS-detektorji, in sicer s prototipom RD50-MPW2, ki smo ga razvili v okviru kolaboracije RD50. Tehnologija je primerna za izvedbo monolitnih detektorjev za okolja z velikimi odmerki sevanja in za aplikacije, kjer je treba čim bolj zmanjšati količino materiala v detektorju. Osiromašeni CMOS omogoča tudi hitro zbiranje naboja, kar je pogoj za dobro časovno ločljivost, ki postaja vse bolj pomembna pri vseh vrstah aplikacij. V letu 2021 smo merili časovne lastnosti aktivnih blazinic v RD50-MPW2. Kot prvi smo proučili časovni odziv detektorja z metodo E-TCT in s tem na preprost način pokazali, kako časovne lastnosti ojačevalca pomembno vplivajo na učinkovitost detektorja.

Naša skupina se ukvarja tudi z razvojem silicijevih detektorjev za nabite delce za naslednjo generacijo hadronskih trkalnikov, kot je Future Circular Collider (FCC). Delo na tem področju zajema meritve odziva detektorjev po obsevanju s hadroni do ekstremnih fluenc, to je do  $10^{17}$  n/cm<sup>2</sup> in več. V letu 2021 smo izvedli več meritev z detektorji, obsevanimi do ekstremnih fluenc.

Pri razvoju diamantnih detektorjev smo se v letu 2021 ukvarjali z detektorjem za sistem BCM'. Izvedli smo več meritev v testnem žarku z diamantnim senzorjem površine 1 cm x 1 cm in z debelino 500 μm. Na površino diamanta je nanešenih več bralnih elektrod, ki so povezane z bralnim čipom Calypso, ki je bil namensko izdelan za BCM'.

V letu 2021 smo v okviru bilateralnega projekta z Institutom NürDAM, Bolu, Turčija razvijali FET-dozimetre z različnimi dielektriki, da bi povečali občutljivost dozimetrov. V ta namen smo razvili strukture MOSFET, kjer je običajni SiO<sub>2</sub> zamenjan s tanko plastjo HfO<sub>2</sub>. Izkazalo se je, da je nabiranje naboja v HfO<sub>2</sub> po obsevanjih počasnejše, kar posledično pomeni manjšo občutljivost.

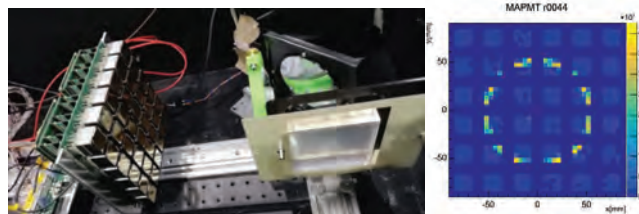
### Fotonski detektorji

V letu 2021 smo nadaljevali raziskave fotonskih senzorjev za novo generacijo detektorjev obročev Čerenkova (RICH). Za nadgradnjo detektorja Belle II v smeri naprej in za nadgradnjo detektorja obročev Čerenkova pri spektrometru LHCb razvijamo senzor posameznih fotonov, ki bo zelo hiter, bo imel fino granulacijo, bo občutljiv za svetlobo velikih valovnih dolžin in bo tudi zdržal radiacijsko obremenitev, predvsem zaradi toka nevtronov. Študiramo različne detektorje in sevalna sredstva. V visokoenergijskem testnem curku nabitih delcev v CERNu (slika 7) smo preizkušali prototipe detektorjev s silicijevimi fotopomnoževalkami, fotopomnoževalkami z večkanalnimi ploščami in najnovejše vzorce aerogela z različnimi lomnimi količniki.

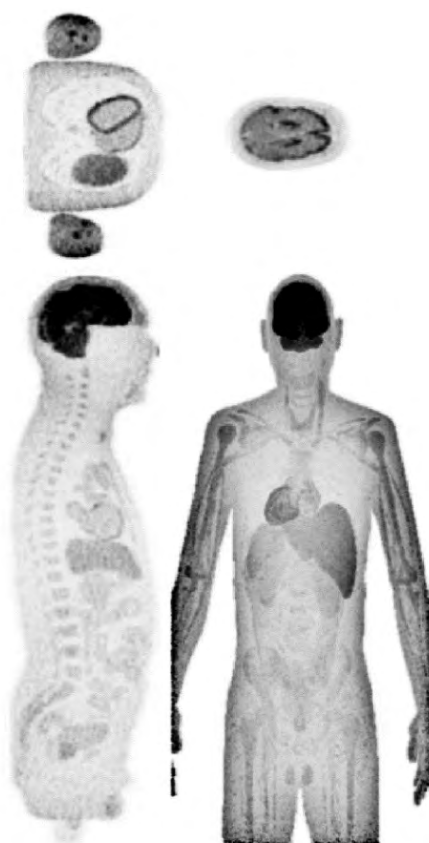
### Detektorji za uporabo v medicini

Eksperimentalna fizika delcev stremi k razvoju in obvladovanju najsodobnejše tehnologije. Inovacije, ki izhajajo iz naših laboratorijev, se lahko koristno prenesejo tudi na druga področja. Medicinska fizika je uspešen primer, kjer uvajamo napredek na področju fotodetektorjev in bralne elektronike, da bi izboljšali detektorsko tehnologijo v nuklearni medicini in pri slikovnih metodah v biomedicinski optiki.

Zasnovali smo napravo za pozitronsko tomografijo (PET) s ploščatimi detektorji, ki na podlagi ultra hitrega zaznavanja omogoča rekonstrukcijo slike z občutno manjšo količino detekcijskega kristala, in s tem omogočili nižjo ceno in večjo prilagodljivost. Z natančnimi fizikalnimi simulacijami smo pokazali, da takšen pristop doseže kakovost slik, primerljivo s trenutno najboljšimi komercialnimi napravami, omogoča pa tudi cenovno bolj ugodno hkratno slikanje celotnega telesa (slika 8). Za razvoj takšne naprave PET smo povezani v mednarodno



Slika 7: Prototip detektorja obročev Čerenkova z aerogelom kot sevalcem. Levo: fotone Čerenkova, ki jih nabiti delci izsevajo v plasti aerogela, zaznamo z matriko fotonskih senzorjev, ki so sposobni zaznavati posamezne fotone. Desno: rekonstruirani zadetki posameznih fotonov na senzorski ravnini.



Slika 8: Uporaba ultra hitrih detektorjev omogoča cenovno dostopno pozitronsko tomografijo celotnega človeškega telesa z enako kakovostjo slik kot trenutno najboljše komercialne naprave. Slika prikazuje rezultate fizikalnih simulacij s ploščatimi detektorji, ki pokrivajo skoraj celotno človeško telo.



---

**Za razvoj inovativne metode meritve življenjskega časa fluorescence smo na 14. mednarodni konferenci o prenosu tehnologij, ki jo organizira Center za prenos tehnologij in inovacij Instituta "Jožef Stefan", prejeli nagrado za najboljšo inovacijo iz javnoraziskovalnih organizacij.**

---

**Na podlagi poglobljenega razumevanja odziva detektorjev in metod analize podatkov smo prispevali tudi k razvoju in oceni zmogljivosti novih biomarkerjev za PET, ki se uporabljajo v študijah rakavih obolenj, in napovedovanju resnosti obolenj s covidom-19.**

---

sodelovanje, ki vključuje Univerzo v Barceloni, Fundacijo Bruno Kessler, Univerzo Davies v Kaliforniji in Univerzo Harvard.

Razvili smo sistem za meritve življenjskega časa fluorescence, ki s pomočjo najnovejših detektorjev svetlobe omogoča hitrejše meritve od obstoječih metod. Za razvoj inovativne metode meritve življenjskega časa fluorescence smo na 14. mednarodni konferenci o prenosu tehnologij, ki jo organizira Center za prenos tehnologij in inovacij Instituta "Jožef Stefan", prejeli nagrado za najboljšo inovacijo iz javnoraziskovalnih organizacij. Z izkušnjami pri naprednih metodah zaznavanja svetlobe smo sodelovali tudi pri izgradnji in prvih predkliničnih meritvah s sistemom za hiperspektralno slikanje.

Na podlagi poglobljenega razumevanja odziva detektorjev in metod analize podatkov smo prispevali tudi k razvoju in oceni zmogljivosti novih biomarkerjev za PET, ki se uporabljajo v študijah rakavih obolenj in pri napovedovanju resnosti obolenj s covidom-19.

### **Obsevanja v reaktorju TRIGA**

Na Reaktorskem centru v Podgorici smo izvedli več obsevanj z nevtroni in z ionizacijskim sevanjem sredice ob ustavljeni fisiji, za različne znanstvene ustanove z vsega sveta. Reaktor IJS je referenčna obsevalna naprava pri razvoju silicijevih detektorjev in elektronike za LHC in druge eksperimente v fiziki delcev.

### ERC-projekti

1. H2020 - FAIME; Anomalije v fiziki okusov z naprednimi identifikacijskimi metodami  
European Commission  
prof. dr. Peter Križan

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. G. Aad *et al.* (ATLAS Collaboration), Search for dark matter produced in association with a dark Higgs boson decaying into  $W^\pm W^\mp$  or  $ZZ$  in fully hadronic final states from  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collisions recorded with the ATLAS detector, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, **126**, 12, 121802
2. G. Aad *et al.* (ATLAS Collaboration), Longitudinal flow decorrelations in Xe+Xe Collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.44$  TeV with the ATLAS Detector, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, **126**, 12, 122301
3. G. Aad *et al.* (ATLAS Collaboration), Search for lepton-flavor violation in Z-boson decays with  $\tau$  leptons with the ATLAS detector, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, **127**, 27, 271801
4. G. Aad *et al.* (ATLAS Collaboration), Search for displaced leptons in  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collisions with the ATLAS detector, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, **127**, 5, 051802
5. G. Aad *et al.* (ATLAS Collaboration), Test of the universality of  $\tau$  and  $\mu$  lepton couplings in W-boson decays with the ATLAS detector, *Nature physics*, 2021, **17**, 7, 813–818
6. L. Cao *et al.* (Belle Collaboration), Measurement of differential branching fractions of inclusive  $B \rightarrow X_u \ell^+ \nu_\ell$  decays, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, **127**, 26, 261801
7. S. Wehle *et al.* (Belle Collaboration), Test of lepton-flavor universality in  $B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$  decays at Belle, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, **126**, 16, 161801
8. F. Abudinén *et al.* (Belle II Collaboration), Precise measurement of the  $D^0$  and  $D^+$  lifetimes at Belle II, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, **127**, 21, 211801
9. F. Abudinén *et al.* (Belle II Collaboration), Search for  $B^+ \rightarrow K^+ \nu \nu$  decays using an inclusive tagging method at Belle II, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, **127**, 18, 181802
10. A. Aab *et al.* (Pierre Auger Collaboration), Measurement of the fluctuations in the number of muons in extensive air showers with the Pierre Auger Observatory, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, **126**, 15, 152002

### Organizacija strokovnih srečanj

1. Noč ima svojo moč, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija, 24. 9. 2021

## Nagrade in priznanja

1. dr. Andrej Seljak, dr. Rok Dolenc, doc. dr. Rok Pestotnik, prof. dr. Peter Križan, prof. dr. Samo Korpar: Nagrada za najboljšo inovacijo iz javnoraziskovalnih organizacij, Sistem za merjenje življenjskega časa fluorescence RFLAS, Ljubljana, Slovenija, CTT, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. ERC H2020 - FAIME; Anomalije v fiziki okusov z naprednimi identifikacijskimi metodami  
European Commission  
prof. dr. Peter Križan
2. COST CA16108 - VBSCan; Koordinacija in strukturiranje dejavnosti o sipanju vektorskih bozonov  
COST Office  
prof. dr. Borut Paul Kerševan
3. COST VBSCan; Koordinacija in strukturiranje dejavnosti o sipanju vektorskih bozonov  
COST Association AISBL  
prof. dr. Borut Paul Kerševan
4. H2020 - JENNIFER2; Japonsko - evropska mreža za eksperimentalne raziskave na področju nevtronov in obzorja natančnosti  
European Commission  
prof. dr. Rok Pestotnik
5. H2020 - EUROCC; Nacionalni kompetenčni centri v okviru EuroHPC  
European Commission  
prof. dr. Marko Mikuž
6. H2020 - AIDAInnova; Razvoj in inovacije detektorskih tehnologij za uporabo na pospeševalnikih  
European Commission  
dr. Gregor Kramberger
7. H2020 - HITRlplus; Integracija raziskav težko jonskih terapij  
European Commission  
doc. dr. Andrej Studen
8. Izdelava in kvalifikacija dozimetrom NürFET za uporabo v nuklearnih reaktorjih  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Gregor Kramberger
9. Razvoj segmentiranih silicijevih in diamantnih senzorjev sevanja in bralne elektronike za uporabo v fiziki delcev in medicinski diagnostiki  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Igor Mandić
10. Študija vpliva deleža in krajevne ločljivosti dogodkov z visoko krajevno ločljivostjo na kvaliteto slike pri sistemih PET s hibridno ločljivostjo  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Vladimir Cindro

## PROGRAMA

1. Astrofizika osnovnih delcev  
prof. dr. Marko Zavrtanik

2. Eksperimentalna fizika osnovnih delcev  
prof. dr. Borut Paul Kerševan

## PROJEKTI

1. Novi detektorji in tehnike daljinskega zaznavanja atmosferskih lastnosti za polja Čerenkovih teleskopov  
prof. dr. Marko Zavrtanik
2. Napredni detektor za pozitronsko tomografijo z meritvijo časa preleta  
prof. dr. Samo Korpar
3. Razvoj metod strojnega učenja za analizo podatkov na Velikem hadronskem trkalniku (LHC)  
dr. Andrej Gorišek
4. Daljinsko zaznavanje atmosfere na observatoriju Cherenkov Telescope Array in njen vpliv na opazovanje visokoenergijskih kozmičnih gama žarkov  
prof. dr. Marko Zavrtanik
5. Osromašeni senzorji CMOS za nadgradnjo sledilnikov v detektorju ATLAS in bodočih trkalnikih  
prof. dr. Marko Mikuž
6. Napredne metode za identifikacijo hadronov pri eksperimentu Belle II  
prof. dr. Peter Križan
7. Razvoj prostorsko občutljivega detektorja časa v eksperimentu ATLAS  
dr. Gregor Kramberger
8. Nadgradnja sledilnega sistema detektorja ATLAS za delovanje na LHC z visoko luminoznostjo  
prof. dr. Marko Mikuž
9. Kolaboracija CERN RD-39  
prof. dr. Marko Mikuž
10. Kolaboracija CERN RD-50  
prof. dr. Marko Mikuž
11. Kolaboracija DELPHI  
prof. dr. Borut Paul Kerševan
12. Kolaboracija ATLAS  
prof. dr. Marko Mikuž
13. Kolaboracija CERN RD-42  
prof. dr. Marko Mikuž
14. Kolaboraciji Belle in Belle II  
prof. dr. Peter Križan
15. Načrtovanje, dobava in kontrola kakovosti fleksibilno-klasičnih hibridnih vezij  
prof. dr. Marko Mikuž
16. Obsevanja v jedrskem reaktorju TRIGA  
prof. dr. Vladimir Cindro

## OBISKI

1. dr. Karol Adamczyk, Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics, Krakov, Poljska, 31. 8.-1. 9. 2021
2. dr. Raffaele Giordano, Univerza v Neaplju, Federico II, Neapelj, Italija, 19. 9.-25. 9. 2021
3. Andrea Crnjac, dr. Miloš Manojlović, Ruđer Bošković Institut, Zagreb, Hrvaška, 14. 12.-16. 12. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Gašper Razdevšek, mladi raziskovalec (FMF), Simulation study of limited angle PET system with 50 ps CTR panel detectors, 12. 4. 2021
2. Miha Mali, mladi raziskovalec, Karakterizacija detektorskih modulov za spremljanje protonskih curkov za nadgradnjo sledilnika spektrometra ATLAS, 8. 9. 2021
3. prof. dr. Peter Križan, B physics (review talk at PIC021), 21. 9. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI

## STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Karol Mateusz Adamczyk, Marko Bračko, Peter Križan, Andrej Lozar, Anja Novosel, Luka Šantelj, 2021 Belle II Physics Week, Rim, Italija, 29. 11.-3. 12. 2021
2. Alissa Shirley-Ann Howard, Gregor Kramberger, Igor Mandić, 39<sup>th</sup> RD50 Workshop, Valencia, Španija, 16. 11.-20. 11. 2021 (2)
3. Peter Križan, The 40<sup>th</sup> International Symposium on Physics in Collision, Aachen, Nemčija, 13. 9.-17. 9. 2021
4. Blaž Leban, Jakob Novak, ATLAS NMS Subsistence for 2021, Ženeva, Švica, 2. 11.-26. 11. 2021
5. Blaž Leban, FastCaloSim: Mini workshop for reproducing AF3 in Run3, 29. 11.-30. 11. 2021 (virtualno) (1)
6. Andrej Lozar, Introduction to Masterclasses for Physicists, APS April Meeting 2021, 16. 4. 2021 (virtualno) (1)
7. Andrej Lozar, Introduction to International Masterclasses at the 2021 CERN-Fermilab Hadron Collider Physics Summer School, 4. 9. 2021 (virtualno) (1)

8. Igor Mandić, Trento Workshop on Advanced Silicon Radiation Detectors, Trento, Italija, 16. 2.–18. 2. 2021 (virtualno)
9. Igor Mandić, Bojan Hiti, The 38<sup>th</sup> RD50 Workshop, 21. 6.–23. 6. 2021 (virtualno) (1)
10. Boštjan Maček, TIPP2021, 24. 5.–28. 5. 2021 (virtualno) (1)
11. Marko Mikuž, RECF Country visit, Pariz, Francija, 9. 9.–11. 9. 2021
12. Marko Mikuž, 109<sup>th</sup> Plenary ECFA meeting, Ženeva, Švica, 17. 11.–19. 11. 2021
13. Marko Mikuž, EC EURO-LABS, Caen, Francija, 25. 11.–26. 11. 2021
14. Jakob Novak, ASHPC21, 31. 5.–2. 6. 2021 (virtualno) (1)
15. Anja Novosel, Luka Senekovič, Andrej Lozar, Physics of the Flavourful Universe, Portorož, Slovenija, 21. 9.–24. 9. 2021 (1)
16. Anja Novosel, Towards first and results: A Hands-on Workshop for Summer Measurements, 2. 7.–5. 7. 2021 (virtualno)
17. Anja Novosel, Luka Senekovič, SSI 2021 – SLAC Summer Institute 2021, The Higgs State Fair, 16. 8.–27. 8. 2021 (virtualno)
18. Anja Novosel, Dark Matter 2021: From the Smallest to the Largest Scales, 13. 9.–16. 9. 2021 (virtualno)
19. Rok Pestotnik, The 12<sup>th</sup> International Conference on Position Sensitive Detectors, Birmingham, Velika Britanija, 12. 9.–15. 9. 2021 (1)
20. Rok Pestotnik, TIPP 2021, 25. 3. 2021 (virtualno) (1)
21. Rok Pestotnik, APS April Meeting 2021, 17. 4.–21. 4. 2021 (virtualno) (1)
22. Rok Pestotnik, CoViD-19: Inflammation and Molecular Imaging, 20. 5.–23. 5. 2021 (virtualno)
23. Rok Pestotnik, EEE MIC 2021, 17. 10.–22. 10. 2021 (virtualno) (1)
24. Rok Pestotnik, PSD12: The 12<sup>th</sup> International Conference on Position Sensitive Detectors, 12. 9.–17. 9. 2021 (virtualno) (1)
25. Andrej Seljak, 14. mednarodna konferenca za prenos tehnologij, Ljubljana, Slovenija, 7. 10.–8. 10. 2021 (1)
26. Luka Šantelj, Workshop: Anomalies and Precision in the Belle II Era, Dunaj, Avstrija, 6. 9.–8. 9. 2021 (1)
27. Marko Zavrtanik, Erasmus + Mobility Teaching and Training, Bolu, Turčija, 2. 10.–24. 10. 2021

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Marko Bračko, Jurij Eržen, Boštjan Golob, Samo Korpar, Peter Križan, Andrej Lozar, Rok Pestotnik, Marko Starič, Andrej Seljak, Luka Senekovič, Luka Šantelj: KEK, Tsukuba, Japonska (krajši obiski – delo na kolaboraciji Belle, B2GM srečanja skozi celo leto) (virtualno)
2. Vladimir Cindro, Andrej Filipič, Andrej Gorišek, Bojan Hiti, Alissa Shirley-Ann Howard, Borut Paul Kerševan, Gregor Kramberger, Dejan Lesjak, Blaž Leban, Boštjan Maček, Igor Mandić, Marko Mikuž, Jakob Novak, Andrej Studen, Marko Zavrtanik: CERN, Ženeva, Švica (krajši obiski – delo na kolaboracijah ATLAS, RD-42 in RD50) (virtualno)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. Karol Mateusz Adamczyk, PhD., Poljska
2. doc. dr. Marko Bračko\*
3. prof. dr. Vladimir Cindro, znanstveni svetnik - pomočnik vodja odseka
4. prof. dr. Andrej Filipič
5. prof. dr. Boštjan Golob\*, znanstveni svetnik
6. dr. Andrej Gorišek
7. prof. dr. Borut Paul Kerševan\*, znanstveni svetnik
8. prof. dr. Samo Korpar\*, znanstveni svetnik
9. dr. Gregor Kramberger, znanstveni svetnik
10. prof. dr. Peter Križan\*, znanstveni svetnik
11. dr. Boštjan Maček
12. doc. dr. Igor Mandić, pomočnik vodje odseka
13. **prof. dr. Marko Mikuž\***, znanstveni svetnik - vodja odseka
14. prof. dr. Rok Pestotnik
15. doc. dr. Tomaž Podobnik\*
16. dr. Andrej Seljak
17. prof. dr. Marko Starič, znanstveni svetnik
18. doc. dr. Andrej Studen\*
19. prof. dr. Marko Zavrtanik, znanstveni svetnik
20. prof. dr. Danilo Zavrtanik\*, znanstveni svetnik
21. doc. dr. Dejan Žontar\*

### Podoktorski sodelavci

22. dr. Rok Dolenc\*
23. dr. Bojan Hiti
24. dr. Luka Šantelj

### Mlajši raziskovalci

25. Dania Consuegra Rodriguez, Msc.
26. Alissa Shirley-Ann Howard, M.Sci., Združeno kraljestvo
27. Blaž Leban, mag. fiz.
28. Andrej Lozar, mag. med. fiz.
29. Miha Mali, mag. fiz.
30. Jakob Novak, mag. fiz.
31. Anja Novosel, mag. fiz.
32. Leonardo Benjamin Rizzuto
33. Luka Senekovič, mag. fiz.

### Strokovni sodelavci

34. Jakob Merljak, dipl. inž. rač. in inf. (UN)

### Tehniški in administrativni sodelavci

35. Andreja Butina Čalič, mag. posl. ved
36. Jurij Eržen
37. Dejan Lesjak
38. Erik Margan

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. CERN – European Organization for Nuclear Research, Ženeva, Švica
2. DESY – Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg, Nemčija
3. ELGO line, Proizvodno podjetje, d. o. o., Podskrajnik, Cerknica
4. FERMILAB, Chicago, ZDA
5. KEK – High Energy Accelerator Research Organization, Tsukuba, Japonska
6. Univerza v Nišu, Elektro fakulteta, Niš, Srbija
7. Kolaboracija ATLAS (174 institucij)
8. Kolaboracija Belle (62 institucij)
9. Onkološki Inštitut, Ljubljana
10. Pierre Auger Observatory, Argentina (94 institucij)
11. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
12. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Ljubljana
13. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor
14. Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica
15. Uprava RS za varstvo pred sevanji, Ministrstvo za zdravje, Ljubljana

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for phenomena beyond the Standard Model in events with large  $b$ -jet multiplicity using the ATLAS detector at the LHC", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 1, 11. [COBISS.SI-ID 56585731]
2. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for chargino-neutralino pair production in final states with three leptons and missing transverse momentum in  $\sqrt{s} = 13$  TeV  $pp$  collisions with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 1, 1118. [COBISS.SI-ID 96600835]
3. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Differential cross-section measurements for the electroweak production of dijets in association with a  $Z$  boson in proton-proton collisions at ATLAS", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 2, 163. [COBISS.SI-ID 54574339]
4. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for type-III seesaw heavy leptons in dilepton final states in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 3, 218. [COBISS.SI-ID 66839555]
5. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for pair production of scalar leptoquarks decaying into first- or second-generation leptons and top quarks in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 4, 313. [COBISS.SI-ID 66832899]
6. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for heavy resonances decaying into a pair of  $Z$  bosons in the  $l^+l^-l'^+l'^-$  and  $l^+l^-v\bar{v}$  final states using  $139 \text{ fb}^{-1}$  of proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 4, 332. [COBISS.SI-ID 66869251]
7. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Optimisation of large-radius jet reconstruction for the ATLAS detector in 13 TeV proton-proton collisions", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 4, 334. [COBISS.SI-ID 66840835]
8. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for a heavy Higgs boson decaying into a  $Z$  boson and another heavy Higgs boson in the  $llbb$  and  $llWW$  final states in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 5, 396. [COBISS.SI-ID 66834947]
9. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurements of Higgs bosons decaying to bottom quarks from vector boson fusion production with the ATLAS experiment at  $\sqrt{s} = 13$  TeV", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 6, 537. [COBISS.SI-ID 73801731]
10. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Muon reconstruction and identification efficiency in ATLAS using the full Run 2  $pp$  collision data set at  $\sqrt{s} = 13$  TeV", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 7, 578. [COBISS.SI-ID 73806851]
11. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for squarks and gluinos in final states with one isolated lepton, jets, and missing transverse momentum at  $\sqrt{s} = 13$  with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 7, 600. [COBISS.SI-ID 73807875]
12. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Jet energy scale and resolution measured in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 8, 689. [COBISS.SI-ID 73918467]
13. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of single top-quark production in association with a  $W$  boson in the single-lepton channel at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 8, 720. [COBISS.SI-ID 73919235]
14. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurements of the inclusive and differential production cross sections of a top-quark-antiquark pair in association with a  $Z$  boson at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 8, 737. [COBISS.SI-ID 79315971]
15. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for dark matter produced in association with a single top quark in  $\sqrt{s} = 13$  TeV  $pp$  collisions with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 10, 860. [COBISS.SI-ID 88225283]
16. AUGER Collaboration, P. Abreu *et al.*, "The energy spectrum of cosmic rays beyond the turn-down around  $10^{17}$  eV as measured with the surface detector of the Pierre Auger Observatory", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 11, 966. [COBISS.SI-ID 83905027]
17. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for R-parity-violating supersymmetry in a final state containing leptons and many jets with the ATLAS experiment using  $\sqrt{s} = 13$  TeV proton-proton collision data", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 11, 1023. [COBISS.SI-ID 96600323]
18. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurements of WH and ZH production in the  $H \rightarrow b\bar{b}$  decay channel in  $pp$  collisions at 13 TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 12, 178. [COBISS.SI-ID 54580483]
19. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Configuration and performance of the ATLAS b-jet triggers in Run 2", *The European physical journal. C*, 2021, **81**, 12, 1087. [COBISS.SI-ID 96601091]
20. Raffaele Giordano, Yun-Tsung Lai, Samo Korpar, Rok Pestotnik, Andrej Lozar, Luka Šantelj, Masayoshi Shoji, Shohei Nishida, "Frame-level intermodular configuration scrubbing of on-detector FPGAs for the ARICH at Belle II", *IEEE transactions on nuclear science*, 2021, **68**, 12, 2810-2817. [COBISS.SI-ID 90150915]
21. CTA Collaboration, A. Acharyya *et al.*, "Sensitivity of the Cherenkov Telescope Array to a dark matter signal from the Galactic centre", *Journal of cosmology and astroparticle physics*, 2021, 1, 057. [COBISS.SI-ID 53262595]
22. CTA Collaboration, H. Abdalla *et al.*, "Sensitivity of the Cherenkov Telescope Array for probing cosmology and fundamental physics with gamma-ray propagation", *Journal of cosmology and astroparticle physics*, 2021, 2, 048. [COBISS.SI-ID 53539843]
23. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurements of top-quark pair single- and double-differential cross-sections in the all-hadronic channel in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV using the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 01, 033. [COBISS.SI-ID 54414083]
24. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of hadronic event shapes in high- $p_T$  multijet final states at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 01, 188. [COBISS.SI-ID 54355971]
25. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for squarks and gluinos in final states with jets and missing transverse momentum using  $139 \text{ fb}^{-1}$  of  $\sqrt{s} = 13$  TeV  $pp$  collision data with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 2, 143. [COBISS.SI-ID 56578051]
26. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for dark matter in association with an energetic photon in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 2, 226. [COBISS.SI-ID 56574211]
27. Belle Collaboration, S. Choudhury *et al.*, "Test of lepton flavor universality and search for lepton flavor violation in  $B \rightarrow K\ell\ell$  decays", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 3, 105. [COBISS.SI-ID 55108099]
28. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of light-by-light scattering and search for axion-like particles with  $2.2 \text{ fb}^{-1}$  of Pb+Pb data with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 3, 243. [COBISS.SI-ID 60582147]
29. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for Higgs boson production in association with a high-energy photon via vector-boson fusion with decay into bottom quark pairs at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 3, 268. [COBISS.SI-ID 66490627]
30. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for new phenomena in events with two opposite-charge leptons, jets and missing transverse momentum in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 4, 165. [COBISS.SI-ID 66492931]
31. Belle Collaboration, Seok Hee Park *et al.*, "Search for the dark photon in  $B^0 \rightarrow A'A'$ ,  $A' \rightarrow e^+e^-$ ,  $\mu^+\mu^-$ , and  $\pi^+\pi^-$  decays at Belle", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 4, 191. [COBISS.SI-ID 61484547]
32. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for new phenomena in final states with  $b$ -jets and missing transverse momentum in  $\sqrt{s} = 13$  TeV  $pp$  collisions with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 5, 093. [COBISS.SI-ID 66494723]

33. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for new phenomena with top quark pairs in final states with one lepton, jets, and missing transverse momentum in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 5, 174. [COBISS.SI-ID 66498307]
34. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurements of  $W^+W^- \geq 1$  jet production cross-sections in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 6, 003. [COBISS.SI-ID 78523907]
35. Belle Collaboration, Uno Kenta *et al.*, "Search for lepton-flavor-violating tau-lepton decays to  $\ell\gamma$  at Belle", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 6, 019. [COBISS.SI-ID 80430339]
36. Belle Collaboration, Roman Mizuk *et al.*, "Measurement of the energy dependence of the  $e^+e^- \rightarrow B\bar{B}, B\bar{B}^*$  and  $B^*B^*$  exclusive cross sections", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 6, 137. [COBISS.SI-ID 80446467]
37. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for charged Higgs bosons decaying into a top quark and a bottom quark at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 6, 145. [COBISS.SI-ID 73786627]
38. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for doubly and singly charged Higgs bosons decaying into vector bosons in multi-lepton final states with the ATLAS detector using proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 6, 146. [COBISS.SI-ID 73785603]
39. Belle Collaboration, Sen Jia *et al.*, "Measurements of branching fractions and asymmetry parameters of  $\Xi_c^0 \rightarrow \Lambda\bar{K}^{*0}, \Xi_c^0 \rightarrow \Sigma^0\bar{K}^{*0}$ , and  $\Xi_c^0 \rightarrow \Sigma^+K^{*-}$  decays at Belle", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 6, 160. [COBISS.SI-ID 80427267]
40. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "A search for the decays of stopped long-lived particles at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 6, 173. [COBISS.SI-ID 78577411]
41. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for pair production of third-generation scalar leptoquarks decaying into a top quark and a  $\tau$ -lepton in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 6, 179. [COBISS.SI-ID 73787395]
42. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurements of differential cross-sections in four-lepton events in 13 TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 7, 005. [COBISS.SI-ID 78519299]
43. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for supersymmetry in events with four or more charged leptons in  $139 \text{ fb}^{-1}$  of  $\sqrt{s} = 13$  TeV  $pp$  collisions with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 7, 167. [COBISS.SI-ID 95433987]
44. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Determination of the parton distribution functions of the proton from ATLAS measurements of differential  $W^\pm$  and Z boson production in association with jets", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 7, 223. [COBISS.SI-ID 73787907]
45. Belle Collaboration, Guan Yinghui *et al.*, "Measurement of branching fractions and search for CP violation in  $D^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\eta, D^0 \rightarrow K^+K^-\eta$ , and  $D^0 \rightarrow \phi\eta$  at Belle", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 9, 075. [COBISS.SI-ID 80435459]
46. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for dark matter in events with missing transverse momentum and a Higgs boson decaying into two photons in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 10, 013. [COBISS.SI-ID 95507715]
47. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the  $t\bar{t}\ell\bar{\ell}$  production cross section in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 11, 118. [COBISS.SI-ID 96500995]
48. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the production cross section of pairs of isolated photons in  $pp$  collisions at 13 TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 11, 169. [COBISS.SI-ID 96503299]
49. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for dark matter produced in association with a Standard Model Higgs boson decaying into  $b$ -quarks using the full Run 2 dataset from the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 11, 209. [COBISS.SI-ID 96504323]
50. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for exotic decays of the Higgs boson into long-lived particles in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV using displaced vertices in the ATLAS inner detector", *The journal of high energy physics*, 2021, **2021**, 11, 229. [COBISS.SI-ID 96501763]
51. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Design, upgrade and characterization of the silicon photomultiplier front-end for the AMIGA detector at the Pierre Auger Observatory", *Journal of instrumentation*, 2021, **16**, 1, P01026. [COBISS.SI-ID 48750851]
52. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Calibration of the underground muon detector of the Pierre Auger Observatory", *Journal of instrumentation*, 2021, **16**, 4, P04003. [COBISS.SI-ID 59620099]
53. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "The FRAM robotic telescope for atmospheric monitoring at the Pierre Auger Observatory", *Journal of instrumentation*, 2021, **16**, 6, P06027. [COBISS.SI-ID 68620291]
54. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "The ATLAS fast TrackER system", *Journal of instrumentation*, 2021, **16**, 7, P07006. [COBISS.SI-ID 73931011]
55. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Deep-learning based reconstruction of the shower maximum  $X_{max}$  using the water-Cherenkov detectors of the Pierre Auger Observatory", *Journal of instrumentation*, 2021, **16**, 7, P07019. [COBISS.SI-ID 70526211]
56. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Performance of the ATLAS RPC detector and Level-1 muon barrel trigger at  $\sqrt{s} = 13$  TeV", *Journal of instrumentation*, 2021, **16**, 7, P07029. [COBISS.SI-ID 73930243]
57. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurements of sensor radiation damage in the ATLAS inner detector using leakage currents", *Journal of instrumentation*, 2021, **16**, 8, P08025. [COBISS.SI-ID 79319299]
58. Bojan Hiti *et al.* (13 avtorjev), "Characterisation of analogue front end and time walk in CMOS active pixel sensor", *Journal of instrumentation*, 2021, **16**, 12, P12020. [COBISS.SI-ID 93784835]
59. Jelena Perić, Nejc Mekiš, Dejan Žontar, "Establishment of typical adult CT dose indicators for PET-CT scans in Slovenia", *Journal of radiological protection*, 2021, **41**, 3, 552-563. [COBISS.SI-ID 64247811]
60. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Test of the universality of  $\tau$  and  $\mu$  lepton couplings in  $W$ -boson decays with the ATLAS detector", *Nature physics*, 2021, **17**, 7, 813-818. [COBISS.SI-ID 73934339]
61. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for charged-lepton-flavour violation in Z-boson decays with the ATLAS detector", *Nature physics*, 2021, **17**, 9, 819-825. [COBISS.SI-ID 78515715]
62. H. Pernegger *et al.* (43 avtorjev), "Radiation hard monolithic CMOS sensors with small electrodes for High Luminosity LHC", Nuclear instruments and methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment, 2021, **986**, 164381. [COBISS.SI-ID 35567875]
63. Matthew Franks, Gianluigi Casse, Igor Mandić, Susan Powell, Eva Vilella, Joost H. Vosseveld, Sven Wonsak, "E-TCT characterization of a thinned, backside biased, irradiated HV-CMOS pixel test structure", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment*, 2021, **991**, 164949. [COBISS.SI-ID 47155459]
64. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Medium-Induced modification of Z-tagged charged particle yields in Pb+Pb collisions at 5.02 TeV with the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2021, **126**, 7, 072301. [COBISS.SI-ID 54728451]
65. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for dark matter produced in association with a dark Higgs boson decaying into  $W^\pm W^\mp$  or ZZ in fully hadronic final states from  $\sqrt{s} = 13$  TeV  $pp$  collisions recorded with the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2021, **126**, 12, 121802. [COBISS.SI-ID 66864643]
66. Belle II Collaboration, Y. Teramoto *et al.*, "Evidence for  $X(3872) \rightarrow J/\psi\pi^+\pi^-$  produced in single-tag two-photon interactions", *Physical review letters*, 2021, **126**, 12, 122001. [COBISS.SI-ID 57941763]
67. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Longitudinal flow decorrelations in Xe+Xe Collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$  TeV with the ATLAS Detector", *Physical review letters*, 2021, **126**, 12, 122301. [COBISS.SI-ID 60749315]
68. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Measurement of the fluctuations in the number of muons in extensive air showers with the Pierre Auger Observatory", *Physical review letters*, 2021, **126**, 15, 152002. [COBISS.SI-ID 60176643]
69. Belle Collaboration, Simon Wehle *et al.*, "Test of lepton-flavor universality in  $B \rightarrow K^*\ell^+\ell^-$  decays at Belle", *Physical review letters*, 2021, **126**, 16, 161801. [COBISS.SI-ID 61485315]
70. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for displaced leptons in  $\sqrt{s} = 13$  TeV  $pp$  collisions with the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2021, **127**, 5, 051802. [COBISS.SI-ID 73791235]
71. Belle Collaboration, Yu-Bo Li *et al.*, "Measurements of the branching fractions of semileptonic decays  $\Xi_c^0 \rightarrow \Xi^-\ell^+\nu_\ell$  and the asymmetry parameter of  $\Xi_c^0 \rightarrow \Xi^-\pi^+$ ", *Physical review letters*, 2021, **127**, 12, 121803. [COBISS.SI-ID 80253443]
72. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for new phenomena in final states with two leptons and one or no  $b$ -tagged jets at  $\sqrt{s} = 13$  TeV using the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2021, **127**, 14, 141801. [COBISS.SI-ID 95425283]

73. Belle II Collaboration, F. Abudinén *et al.*, "Search for  $B^+ \rightarrow K^+ \nu \bar{\nu}$  decays using an inclusive tagging method at Belle II", *Physical review letters*, 2021, **127**, 18, 181802. [COBISS.SI-ID 91329795]
74. Belle II Collaboration, F. Abudinén *et al.*, "Precise measurement of the  $D^0$  and  $D^+$  lifetimes at Belle II", *Physical review letters*, 2021, **127**, 21, 211801. [COBISS.SI-ID 91331587]
75. Belle II Collaboration, Lu Cao *et al.*, "Measurement of differential branching fractions of inclusive  $B \rightarrow X_u \ell^+ \nu_\ell$  decays", *Physical review letters*, 2021, **127**, 26, 261801. [COBISS.SI-ID 96959235]
76. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for lepton-flavor violation in  $Z$ -boson decays with  $\tau$  leptons with the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2021, **127**, 27, 271801. [COBISS.SI-ID 95420675]
77. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Two-particle azimuthal correlations in photonuclear ultraperipheral Pb + Pb collisions at 5.02 TeV with ATLAS", *Physical review. C*, 2021, **104**, 1, 014903. [COBISS.SI-ID 73794307]
78. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Exclusive dimuon production in ultraperipheral Pb + Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$  TeV with ATLAS", *Physical review. C*, 2021, **104**, 2, 024906. [COBISS.SI-ID 78899203]
79. Belle Collaboration, K. H. Kang *et al.*, "Measurement of time-dependent  $CP$  violation parameters in  $B^0 \rightarrow K_S^0 K_L^0 K_S^0$  decays at Belle", *Physical review. D*, 2021, **103**, 3, 032003. [COBISS.SI-ID 54695683]
80. Belle Collaboration, J. Y. Lee *et al.*, "Measurement of branching fractions of  $\Lambda_c^+ \rightarrow \eta \Lambda \pi^+$ ,  $\eta \Sigma^0 \pi^+$ ,  $\Lambda(1670) \pi^+$ , and  $\eta \Sigma(1385)^+$ ", *Physical review. D*, 2021, **103**, 5, 052005. [COBISS.SI-ID 55884291]
81. Belle II Collaboration, Subhashree Mohanty *et al.*, "Measurement of branching fraction and search for  $CP$  violation in  $B \rightarrow \phi \phi K$ ", *Physical review. D*, 2021, **103**, 5, 052013. [COBISS.SI-ID 57942531]
82. Belle Collaboration, S. X. Li *et al.*, "Measurements of the branching fractions of  $\Lambda_c^+ \rightarrow p \eta$  and  $\Lambda_c^+ \rightarrow p \pi_0$  decays at Belle", *Physical review. D*, 2021, **103**, 7, 072004. [COBISS.SI-ID 59880707]
83. Belle Collaboration, Cesar Beleno *et al.*, "Measurement of the branching fraction of the decay  $B^+ \rightarrow \pi^+ \pi^- \ell^+ \nu_\ell$  in fully reconstructed events at Belle", *Physical review. D*, 2021, **103**, 11, 112001. [COBISS.SI-ID 76722435]
84. Belle II Collaboration, Joseph Thomas McNeil *et al.*, "Measurement of the resonant and nonresonant branching ratios in  $\Xi_c^0 \rightarrow \Xi^0 K^+ K^-$ ", *Physical review. D*, 2021, **103**, 11, 112002. [COBISS.SI-ID 85010435]
85. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for trilepton resonances from chargino and neutralino pair production in  $\sqrt{s} = 13$  TeV  $pp$  collisions with the ATLAS detector", *Physical review. D*, 2021, **103**, 11, 112003. [COBISS.SI-ID 73792259]
86. Belle Collaboration, Guan Yinghui *et al.*, "Measurement of branching fractions and  $CP$  asymmetries for  $D_s^+ \rightarrow K^+(\eta, \pi^0)$  and  $D_s^+ \rightarrow \pi^+(\eta, \pi^0)$  decays at Belle", *Physical review. D*, 2021, **103**, 11, 112005. [COBISS.SI-ID 80256003]
87. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for new phenomena in events with an energetic jet and missing transverse momentum in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *Physical review. D*, 2021, **103**, 11, 112006. [COBISS.SI-ID 73793027]
88. Belle Collaboration, T. J. Moon *et al.*, "First determination of the spin and parity of a charmed-strange baryon  $\Xi_c(2970)^+$ ", *Physical review. D*, 2021, **103**, 11, L111101. [COBISS.SI-ID 77157635]
89. Belle Collaboration, Shawn Dubey *et al.*, "Search for  $B_s^0 \rightarrow \eta' X_{ss}$  at Belle using a semi-inclusive method", *Physical review. D*, 2021, **104**, 1, 012007. [COBISS.SI-ID 80252931]
90. Belle Collaboration, Lu Cao *et al.*, "Measurements of partial branching fractions of inclusive  $B \rightarrow X_u \ell^+ \nu_\ell$  decays with hadronic tagging", *Physical review. D*, 2021, **104**, 1, 012008. [COBISS.SI-ID 77276675]
91. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the relative  $B_c^\pm/B^\pm$  production cross section with the ATLAS detector at  $\sqrt{s} = 8$  TeV", *Physical review. D*, 2021, **104**, 1, 012010. [COBISS.SI-ID 88201219]
92. Belle Collaboration, Sen Jia *et al.*, "Search for the  $\eta_{c2}(1D)$  in  $e^+e^- \rightarrow \gamma \eta_{c2}(1D)$  at  $\sqrt{s}$  near 10.6 GeV at Belle", *Physical review. D*, 2021, **104**, 1, 012012. [COBISS.SI-ID 85070339]
93. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for bottom-squark pair production in  $pp$  collision events at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with hadronically decaying  $\tau$ -leptons,  $b$ -jets, and missing transverse momentum using the ATLAS detector", *Physical review. D*, 2021, **104**, 3, 032014. [COBISS.SI-ID 78896899]
94. Belle II Collaboration, N. K. Nisar *et al.*, "Search for the decay  $B_s^0 \rightarrow \eta' \eta$ ", *Physical review. D*, 2021, **104**, 3, L031101. [COBISS.SI-ID 95945475]
95. Belle II Collaboration, J. Yelton *et al.*, "Measurement of the masses and widths of the  $\Sigma_c(2455)^+$  and  $\Sigma_c(2520)^+$  baryons", *Physical review. D*, 2021, **104**, 5, 052003. [COBISS.SI-ID 95943427]
96. Belle II Collaboration, Y. Li *et al.*, "Evidence for the decay  $\Omega_c^0 \rightarrow \pi^+ \Omega(2021)^- \rightarrow \pi^+ (\bar{K} \Xi)^-$ ", *Physical review. D*, 2021, **104**, 5, 052005. [COBISS.SI-ID 95948291]
97. Belle Collaboration, S. X. Li *et al.*, "Measurement of the branching fraction of  $\Lambda_c^+ \rightarrow p \omega$  decay at Belle", *Physical review. D*, 2021, **104**, 7, 072008. [COBISS.SI-ID 99714563]
98. Belle Collaboration, H. Atmacan *et al.*, "Search for  $B^0 \rightarrow \tau^\pm \ell^\mp$  ( $\ell = e, \mu$ ) with a hadronic tagging method at Belle", *Physical review. D*, 2021, **104**, 9, L091105. [COBISS.SI-ID 99717123]
99. Belle Collaboration, E. Kovalenko *et al.*, "Study of  $e^+e^- \rightarrow Y(1S, 2S)\eta$  and  $e^+e^- \rightarrow Y(1S)\eta'$  at  $\sqrt{s} = 10.866$  GeV with the Belle detector", *Physical review. D*, 2021, **104**, 11, 112006. [COBISS.SI-ID 99712515]
100. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for charginos and neutralinos in final states with two boosted hadronically decaying bosons and missing transverse momentum in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *Physical review. D*, 2021, **104**, 11, 112010. [COBISS.SI-ID 96516099]
101. Belle Collaboration, R. Van Tonder *et al.*, "Measurements of  $q^2$  moments of inclusive  $B \rightarrow X_c \ell^+ \nu_\ell$  decays with hadronic tagging", *Physical review. D*, 2021, **104**, 11, 112011. [COBISS.SI-ID 99718915]
102. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the  $t\bar{t}$  production cross-section in the lepton+jets channel at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS experiment", *Physics letters. Section B*, 2021, **810**, 135797. [COBISS.SI-ID 54346243]
103. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "A search for the dimuon decay of the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2021, **812**, 135980. [COBISS.SI-ID 54340355]
104. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the jet mass in high transverse momentum  $Z(\rightarrow b\bar{b})\gamma$  production at  $\sqrt{s} = 13$  using the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2021, **812**, 135991. [COBISS.SI-ID 53805059]
105. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Observation of photon-induced  $W^+W^-$  production in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV using the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2021, **816**, 136190. [COBISS.SI-ID 66857219]
106. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the associated production of a Higgs boson decaying into  $b$ -quarks with a vector boson at high transverse momentum in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2021, **816**, 136204. [COBISS.SI-ID 60226307]
107. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Evidence for Higgs boson decays to a low-mass dilepton system and a photon in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2021, **819**, 136412. [COBISS.SI-ID 78511363]
108. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for resonances decaying into photon pairs in  $139 \text{ fb}^{-1}$  of  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2021, **822**, 136651. [COBISS.SI-ID 88205315]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Tomaž Podobnik, *Fizika sevanja in dozimetrija*, 2021. [COBISS.SI-ID 57975043]
2. Tomaž Podobnik, *Proseminar B*, 2021. [COBISS.SI-ID 57980675]
3. Rok Dolenc, *Vaje pri predmetu Napredni detektorji delcev in obdelava podatkov*, 2021. [COBISS.SI-ID 53198595]



# ODSEK ZA ANORGANSKO KEMIJO IN TEHNOLOGIJO

## K-1

**Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo je ena od vodilnih skupin v svetu na področju sinteze novih anorganskih spojin, ki vsebujejo fluor. Glavna raziskovalna področja so: sinteza novih koordinacijskih spojin z različnimi ligandi, kemija žlahtnih plinov, kemija elementov glavnih skupin, sinteza hibridnih materialov in sinteza novih anorganskih materialov s posebnimi lastnostmi. Znamenit del aktivnosti skupine je usmerjen v reševanje tehnološke, ekološke in varnostne problematike. Skupina že več kot trideset let tesno sodeluje z gospodarstvom. Aktivna je tudi na področju izobraževanja ter skrbi za promocijo naravoslovnih znanosti med učenci srednjih in osnovnih šol.**

V letu 2021 smo obnovili in opremili prostore Laboratorija za kemijo pod ekstremnimi pogoji, ki ga gradimo sodelavci K1 in sodelavka K5, dobitniki projekta Direktorjevega sklada. V ta sklop spadajo tudi sistem dveh suhih celic z vgrajenim stereomikroskopom in ATR-FTIR spektrometrom ter nov visokozmogljiv monokristalni rentgenski difraktometer Rigaku Oxford Diffraction XtaLAB Synergy-S, financiran iz projekta ERC StG. Ta je še posebej primeren za meritve kristalnih struktur pod visokimi tlaki v celicah z diamantnimi nakovalji, saj ima poleg mikrofokusne bakrove rentgenske cevi tudi kratkovalovno mikrofokusno srebrno cev in moderen detektor Dectris Eiger2 R CdTe. Laboratorij in opremo smo in bomo v prihodnjih letih uporabljali v okviru projekta HiPeR-F, v katerem se osredotočamo na raziskave kemijskih reakcij s fluorom pod izredno visokim tlakom – od 10.000 barov do prek 100.000 barov. Element fluor, ki ga zaradi svoje izjemne reaktivnosti lahko imenujemo kar tiger periodnega sistema, bo pod ekstremnimi pogoji omogočil preizkušanje omejitev, ki trenutno veljajo v kemiji. Gre torej za združitev dveh specializiranih eksperimentalnih in ekstremnih področij raziskav – študij snovi pod izjemno visokimi pritiski in raziskave ekstremske kemijske reaktivnosti.

Nadaljevali smo tudi raziskave na področju koordinacijske kemije in uporabe različnih ligandov. Kemija žlahtnih plinov, tudi priprava spojin z  $XeF_2$  kot ligandom, je pomemben del raziskav odseka. Izčrpanje hlapnih snovi pri 243 K iz raztopin popolnoma raztopljenega  $LnF_3$  ( $Ln = La - Dy$  in  $Y$ ) in  $XeF_2$  (molarno razmerje 1:3) v brezvodnem HF, nakisanem s presežkom  $BF_3$ , je dala  $[Ln(XeF_2)_3](BF_4)_3$  soli. Z enako sintezo, ampak različnimi razmerji  $LnF_3 : XeF_2 = 1:1$  smo pripravili spojini  $[Ln(XeF_2)](BF_4)_3$  ( $La - Nd$ ). Kristalni strukturi  $La$  in  $Nd$  soli sta izotopski. Z uporabo reaktantov  $LnF_3 : XeF_2 = 1:2$  pa nam je uspelo pripraviti le spojino lantana s sestavo  $[La(XeF_2)_2](BF_4)_3$ . Dolgotrajno črpanje  $[Ln(XeF_2)](BF_4)_3$  ( $n = 3, 2, 1$ ) pri 298 K ali poskusi izolacije pri 298 K so privedli do produktov z nižjo vsebnostjo  $XeF_2$  oziroma do mešanic različnih produktov. Poleg produktov  $[Ln(XeF_2)](BF_4)_3$  in  $LnF_3/BF_3$  so nastale tudi spojine  $[Ln(XeF_2)]F(BF_4)_2$  ( $Ln = La, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy$  in  $Y$ ). Določili smo kristalni strukturi stranskih produktov  $LaF(HF)(BF_4)_2$  in  $LaF(BF_4)_2$ .

Na področju kemije imidazolijevih spojin, vključno z N-heterocikličnimi karbeni, je treba omeniti sintezo in karakterizacijo ter podrobno analizo vezi s pomočjo DFT-kalkulacij spojin  $[(L^{Dipp})H][VOF_4(THF)]$  in  $[(L^{Dipp})H][VOF_4(Py)]$ . Osredotočili smo se tudi na proučevanje narave vezi med anionom  $VOF_4^-$  in različnimi ligandi, kot so THF, piridin (Py), ABCO, metan, etilen, voda, acetonitril in amonijak. Na naravo vezi med posameznimi enotami pogosto sklepamo na podlagi podatkov, pridobljenih s pomočjo kristalne strukture. Z DFT-kalkulacijami lahko podrobneje proučimo interakcije, s čimer pridobimo drugačen pogled na interakcije med posameznimi enotami. V tej študiji smo pokazali, da lahko zanašanje samo na strukturne vidike rešenih kristalnih struktur, kot so orientacija ligandov in razdalje vezi, povzroči napačno razlago kemijskih vezi. Raziskava je bila izvedena v sodelovanju z Odsekom za fizikalno in organsko kemijo. Poleg tega smo proučevali N-heterociklične karbene, koordinirane na alane, kjer smo uvedli novo metodo za selektivno funkcionalizacijo alanov. Triflat ali kloridne soli na osnovi aldiminija smo uporabili kot reagent za prenos skupin  $Cl^-$  in  $CF_3SO_3^-$ . Reakcija poteka kvantitativno v molskem razmerju 1:1 in vodi v izolacijo spojin  $[(IPr)AlH_2OTf]$ ,  $[(IPr)AlH_2Cl]$  in  $[(IPr)AlHCl_2]$ , ki smo jih tudi strukturno karakterizirali.

Študije v preteklem letu so vključevale tudi ambisole ione dušika, kisika in fluora, kjer se pridevnik ambisolen uporablja za opis zvrsti  $X^+$ , tako da se lahko  $X^+$  in  $X^-$  pojavita tako kot kation



Vodja:  
**doc. dr. Gašper Tavčar**

**Kemijske lastnosti snovi lahko raziskujemo tudi pod ekstremnimi pogoji v obnovljenem laboratoriju s sodobno opremo.**



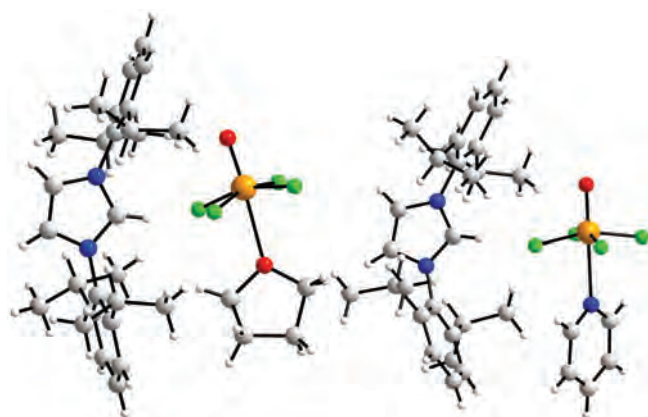
Slika 1: Moderen visokozmogljiv monokristalni rentgenski difraktometer Rigaku OD XtaLAB Synergy-S.



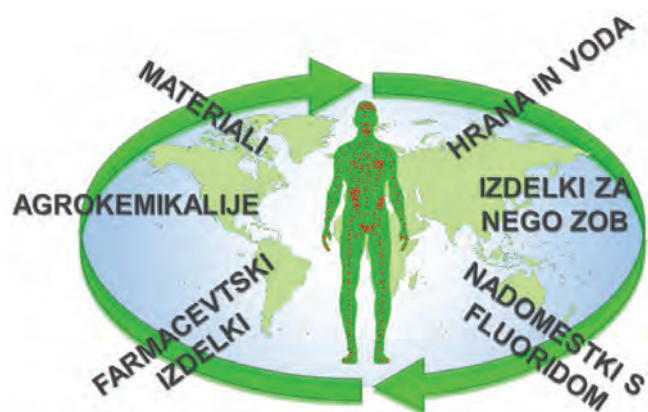
## Potrebujemo celovit in kritičen pogled na učinke fluoridnih ionov in organofluorovih spojin na zdravje ljudi in okolje.



Slika 2: Sistem suhih celic v laboratoriju za kemijo pod ekstremnimi pogoji



Slika 3: Kristalni strukturi  $[L^{Dipp}H][VOF_4(THF)]$  (a) in  $[L^{Dipp}H][VOF_4(Py)]$  (b), raziskava, objavljena v reviji *Inorganic Chemistry*, 2021, 60, 11932–11947.



Slika 4: Vplivi fluora in njegovih spojin na ljudi; pregled področja, objavljeno v reviji *Chemical Reviews*, 2021 121, 4678–4742.

in anion v izoliranih soleh, četudi navadno ne v kombinaciji z običajnimi protoni.

Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo je močno povezan s kemijo fluora, zato smo v sodelovanju z raziskovalci iz Kitajske, Madžarske, Španije in Japonske izvedli pregled literature o učinkih fluorida na zdravje ljudi. Potrdili smo, da je edini dobro opredeljeni koristni učinek fluorida zaščitni učinek pred kariesom. Prekomerni vnos fluorida lahko privede do različnih zdravstvenih težav, vključno z disregulacijo receptorjev, povezanih z G-proteini. Slabo so raziskani tudi vplivi vse bolj prisotnih organofluorovih spojin na zdravje ljudi in okolje. Članek *Chemical Aspects of Human and Environmental Overload with Fluorine - Kemijski vidiki preobremenitve človeka in okolja s fluorom* je bil objavljen v prestižni reviji *Chemical Reviews*.

Na področju upravljanja z industrijskimi tveganji smo v letu 2021 raziskovali in objavili dela na področju uvajanja varne uporabe utekočinjenega zemeljskega plina (UZP) za pogon ladij (evropski projekt SUPER-LNG), razmerij med slogi vodenja in sistemi obvladovanja varnosti v industrijskih organizacijah ter odpornosti in zaščite občutljivih industrijskih obratov (kritične infrastrukture) pred fizičnimi, kibernetnimi, tehnološkimi nevarnostmi in ekstremnimi naravnimi pojavi (Evropski projekt InfraStress). Dodatno smo raziskovali odziv industrijskih organizacij na izbruh pandemije covid-19, vezan na s tem povezane varnostne izzive. Začeli smo delo na EU Interreg projektu TRANSCPEARLYWARNING (*TRANSnational Civil Protection EARLY WARNING System to improve the resilience of Adrion territories to natural and man-made risks*), ki se ukvarja z zgodnim opozarjanjem na naravne in druge nevarnosti v Jadransko-Ionski regiji.

Treba je omeniti tudi aktivnosti odseka na področju izobraževanja. Sodelavci odseka so aktivno sodelovali na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana kot predavatelji in kot mentorji magistrskim in doktorskim študentom. Ob tem Šola eksperimentalne kemije, ki deluje v okviru odseka, ohranja izredno pomembne povezave instituta tako z osnovnimi kot srednjimi šolami. V obliki tečajev ali zgolj z obiski omogočamo učencem eksperimentiranje in odkrivanje lastnosti snovi. Atraktivne kemijske poskuse pa smo v letu 2021 predstavili tudi v okviru prireditve, kot so festival Igraj se z mano, Znanstival in na Slovenskem festivalu znanosti. Del teh aktivnosti poteka s sodelovanjem v projektu, ki ga poleg IJS financira tudi Mestna občina Ljubljana. S promocijo znanosti in raziskovanja ter neformalnim izobraževanjem je povezana tudi vseevropska akcija Noč raziskovalcev v okviru programa Obzorje 2020. Konzorcij partnerjev Ustanova Hiša eksperimentov, Institut "Jožef Stefan", Kemijski inštitut, Tehniški muzej Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo in Geološki zavod Slovenije je v ta namen sooblikoval projekt Noč ima svojo moč. V preteklem letu smo zadnji petek v septembru v sklopu tega projekta organizirali in izvedli vrsto dejavnosti. Z delavnicami Šole eksperimentalne kemije smo se predstavili v osnovnih in srednjih šolah, domovih starejših občanov, knjižnici in v središču Ljubljane. V večernih urah smo v sodelovanju z raziskovalnimi odseki in centri odprli vrata instituta v Ljubljani in Podgorici. Obiskovalci so si ogledali nekatere odseke in centre, jedrski reaktor TRIGA in sodelovali pri različnih delavnicah.

## ERC-projekti

1. H2020 - HiPeR-F; Preizkušanje omejitev oksidacijskih stanj periodnega sistema s kemijo fluora pod visokimi tlaki  
European Commission  
doc. dr. Matic Lozinšek

## Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. J. Han, L. Kiss, H. Mei, A. M. Remete, M. Ponikvar-Svet, D. M. Sedwick, R. Romàn, S. Fustero, H. Morowaki, V. A. Soloshonok, Chemical aspects of human and environmental overload with fluorine, *Chemical reviews*, 2021, 121, 8, 4678–4742
2. M. Lozinšek, H. P. A. Mercier, G. J. Schrobilgen, Mixed noble-gas compounds of Krypton(II) and Xenon(VI);  $[F_5Xe(FKrF)AsF_6]$  and  $[F_5Xe(FKrF)_2AsF_6]$ , *Angewandte Chemie: International edition*, 2021, 60, 15, 8149–8156
3. A. Kokalj, Ž. Zupanek, M. Tramšek, G. Tavčar, Coordination of a neutral ligand to a metal center of oxohalido anions: fact or fiction?, *Inorganic Chemistry*, 2021, 60, 16, 11932–11947
4. E. A. Goreschnik, Influence of the synthetic conditions on a formation of 1-D, 2-D and 3-D copper-chloride coordination polymers, *CrystEngComm*, 2021, 23, 40, 7171–7178
5. Z. Mazej, E. A. Goreschnik,  $XeF_2$  coordination to La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy and Y in rare-earth metal(III) tetrafluoridoborates, *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2021, 2021, 26, 2669–2681
6. M. Gerbec, P. Vidmar, G. Pio, E. Salzano, A comparison of dispersion models for the LNG dispersion at port of Koper, Slovenia, *Safety science*, 2021, 144, 105467-1-105467-16

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Matic Lozinšek, član organizacijskega odbora, Slovenski kemijski dnevi 2021, 22.–24. 9. 2021, Portorož, Slovenija

## Nagrade in priznanja

1. Matic Lozinšek, dosežek *Prvi spojini, ki hkrati vsebujeta kripton in ksenon* je bil uvrščen v izbor Odlični v znanosti 2021, ARRS

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. ERC H2020 - HiPeR-F; Preizkušanje omejitev oksidacijskih stanj periodnega sistema s kemijo fluora pod visokimi tlaki  
European Commission  
doc. dr. Matic Lozinšek
2. H2020 - InfraStress; Izboljšanje odpornosti občutljivih industrijskih obratov in infrastrukture izpostavljene kibernetičnim in fizičnim grožnjam s pomočjo odrtega sistema za stresne teste  
European Commission  
prof. dr. Marko Gerbec
3. H2020 - NOCMOC; Noč ima svojo moč  
European Commission  
dr. Melita Tramšek
4. H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi  
European Commission  
dr. Melita Tramšek
5. H2020 - NOCMOC; Noč ima svojo moč, Evropska noč raziskovalcev  
European Commission  
dr. Melita Tramšek
6. Visokotlačna strukturna študija hidratiranih kovinskih soli superšibkega (B12F12)<sup>2-</sup> aniona  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Matic Lozinšek

## PROGRAM

1. Anorganska kemija in tehnologija  
doc. dr. Gašper Tavčar

## PROJEKTI

1. Celostna ocena trajnosti kritičnih surovin - odpravljanje vrzeli in razvoj novih metodoloških pristopov  
dr. Robert Kocjančič
2. Iskanje visoko temperaturne superprevodnosti in eksotičnega magnetizma v fluoridovih argenticah(II)  
doc. dr. Matic Lozinšek
3. Napredni reagenti za (asimetrično) nukleofilno fluoriranje  
doc. dr. Gašper Tavčar
4. Določevanje struktur spojin žlahtnih plinov s 3D elektronsko difrakcijo  
doc. dr. Matic Lozinšek
5. Visokotlačna stabilizacija in fazni prehodi zmuzljivih fluoridov prehodnih kovin  
doc. dr. Matic Lozinšek
6. Uporaba sekundarnih svinčevih žlinder kot vir sekundarnih surovin za pridobivanje svinca  
doc. dr. Gašper Tavčar
7. PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)  
doc. dr. Gašper Tavčar
8. Program ukrepov za nadzor nad onesnaževanjem zraka (OP NEC)  
dr. Robert Kocjančič

9. Svetovanja in analize za tuje kupce  
prof. dr. Maja Ponikvar-Svet
10. P.439148; Metoda oligomerizacije nenasičenih ogljikovodikov  
dr. Zoran Mazej

## VEČJE NOVO POGODBENO DELO

1. L1-2608 sofinanciranje L-projekta : Uporaba sekundarnih svinčevih Zlinder kot vir sekundarnih surovin za pridobivanje svinca  
TH Re-MINING, d. d.  
doc. dr. Gašper Tavčar

## OBISKI

1. Juan D. Forero-Saboya; izpopolnjevanje in delo v laboratoriju, ICMAB-CSIC, Barcelona, Španija, od 12. 7. 2021 do 12. 10. 2021
2. dr. Kshitij Gurung in dr. Peter Brazda; obisk v okviru češko-slovenskega sodelovanja na projektu GA CR-ARRS, Odsek za strukturne analize, Inštitut za fiziko, Praga, od 8. 11. 2021 do 18. 11. 2021

3. Matic Lozinšek, HERCULES 2021 European School-Neutrons and synchrotron radiation for science, Grenoble, Francija, 22. 2. 2021–26. 3. 2021, virtualno
4. Matic Lozinšek, tutor na 18<sup>th</sup> BCA/CCG Intensive Teaching School in X-Ray Structure Analysis, Durham University, Durham, UK, 12.–17. 4. 2021, virtualno
5. Matic Lozinšek, Klemen Motaln, Kristian Radan, Erik Uran, Evelin Gruden Slovenski kemijski dnevi 2021, Portorož, Slovenija, 22.–24. 9. 2021
6. Matic Lozinšek, Kristian Radan, izvajanje demonstracijskih eksperimentov na Festivalu znanosti, Genova, Italija, 28. 10.–1. 11. 2021
7. Evelin Gruden, izpopolnjevanje v tujini, izmenjava SI-CZ, Praga, Češka republika, 14. 11. 2021–4. 1. 2022

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH IN STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Gašper Tavčar, sestanek s podjetjem PRG, Skopje, Severna Makedonija, 18. 1.–24. 1. 2021
2. Matic Lozinšek, IUCr High-Pressure Workshop 2021, Novosibirsk, Rusija, 1.–6. 2. 2021, virtualno

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Evelin Gruden, izpopolnjevanje v tujini, izmenjava SI-CZ, Praga, Češka republika, 14. 11. 2021–4. 1. 2022

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. prof. dr. Marko Gerbec
2. doc. dr. Evgeny Goreschnik
3. dr. Robert Kocjančič
4. doc. dr. Matic Lozinšek
5. dr. Zoran Mazej
6. prof. dr. Maja Ponikvar-Svet
7. doc. dr. Tomaž Skapin
8. **doc. dr. Gašper Tavčar, vodja odseka**
9. dr. Melita Tramišek

### Podoktorski sodelavci

10. dr. Kristian Radan

### Mlajši raziskovalci

11. Jan Gnidovec, mag. kem.
12. Evelin Gruden, mag. kem.
13. David Levovnik, mag. inž. teh. var.
14. Klemen Motaln, mag. inž. kem. inž.
15. Anja Pavlovič, mag. farm.
16. Erik Uran, Msc., Hrvaška

### Strokovni sodelavci

17. mag. Tine Oblak
18. mag. Tomaž Ogrin

### Tehniški in administrativni sodelavci

19. Peter Frkal, mag. ekotehnol.
20. Martina Knavs, univ. dipl. arheol.
21. *Pero Kolobaric, odšel 15. 10. 2021*
22. Robert Moravec
23. Mira Zupančič

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

### Domače

1. ACRONI, Jesenice
2. Istrabenz Plini, d. o. o., Koper
3. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Ljubljana
4. Ministrstvo za delo, družino, socialne zadeve in enake možnosti
5. Ministrstvo za okolje in prostor
6. RACI, Ljubljana
7. Fit Media Celje
8. Intercal Slovenija, d. o. o., Zagorje ob Savi
9. TH Remining, Ljubljana
10. Slovenska znanstvena fundacija, Ljubljana
11. Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko, Ljubljana
12. Univerza v Ljubljani, Naravoslovno tehniška fakulteta
13. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
14. Kemijski inštitut, Ljubljana
15. Univerza v Novi Gorici

### Tuje

1. Andalusian Institute of Technology, Sevilla, Španija
2. Bergische Universitaet Wuppertal, Nemčija
3. Humboldt-Universität zu Berlin, Nemčija
4. Georg-August-Universität, Göttingen, Nemčija
5. Univerzitet Sv. Cirila i Metoda, Skopje, Makedonija
6. University of Maryland, Baltimore, ZDA
7. University of Warsaw, Poljska
8. Ivan Franko University, Lviv, Ukrajina
9. McMaster University, Hamilton, Kanada
10. Veissmann Francija, Paulquemont, Francija
11. Sortech, Halle, Nemčija
12. University of Namur
13. Florida State University
14. The University of Edinburgh, Edinburg, Združeno kraljestvo
15. Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB-CSIC), Bellaterra, Katalonija, Španija
16. Luke – Natural Resources Institute Finland
17. Associazione Festival della Scienza
18. Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, Praga, Češka
19. Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, Varšava, Poljska

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Nazariy Pokhodylo, Yurii Slyvka, Evgeny A. Goreschnik, Roman Lytvyn, "Synthesis, crystal structure and Hirshfeld surface analysis of (4-methylphenyl)[1-(pentafluorophenyl)-5-(trifluoromethyl)-1H-1,2,3-triazol-4-yl]methanone", *Acta crystallographica. Section E, Crystallographic communications*, 2021, **77**, 10, 1067-1071. [COBISS.SI-ID 79268355]
- Yurii Slyvka, Nazariy Pokhodylo, Evgeny A. Goreschnik, Olexiy V. Pavlyuk, Marian G. Mys'kiv, "Syntheses and crystal structures of two copper(I)- halide  $\pi$ ,  $\rho$ -coordination compounds based on 2-[(prop-2-en-1-yl)sulfanyl]pyridine", *Acta crystallographica. Section E, Crystallographic communications*, 2021, **e77**, 11, 1180-1184. [COBISS.SI-ID 82957827]
- Narcis Plyuta, Vladimir N. Kokozay, Julia A. Rusanova, Halyna Buvailo, Evgeny A. Goreschnik, Svitlana R. Petrušenko, "A bis-chelate *o*-vanillin-2-ethanolamine copper(II) complex bearing both imine and amine forms of the ligand", *Acta crystallographica. Section E, Crystallographic communications*, 2021, **77**, 12, 1272-1275. [COBISS.SI-ID 96161283]
- Matic Lozinšek, Hélène P. A. Mercier, Gary J. Schrobilgen, "Mixed noble-gas compounds of Krypton(II) and Xenon(VI); [F<sub>5</sub>Xe(FKrF)AsF<sub>6</sub>] and [F<sub>5</sub>Xe(FKrF)<sub>2</sub>AsF<sub>6</sub>]", *Angewandte Chemie*, 2021, **60**, 15, 8149-8156. [COBISS.SI-ID 39698179]
- Jan Bitenc, Antonio Scafuri, Klemen Pirnat, Matic Lozinšek, Ivan Jerman, Jože Grdadolnik, Bernard Fraisse, Romain Berthelot, Lorenzo Stievano, Robert Dominko, "Electrochemical performance and mechanism of calcium metal-organic battery", *Batteries & supercaps*, 2021, **4**, 1, 214-220. [COBISS.SI-ID 30754051]
- Jianlin Han, Loránd Kiss, Haibo Mei, Attila Márió Remete, Maja Ponikvar-Svet, Daniel Mark Sedgwick, Raquel Román, Santos Fustero, Hiroki Moriwaki, Vadim A. Soloshonok, "Chemical aspects of human and environmental overload with fluorine", *Chemical reviews*, 2021, **121**, 8, 4678-4742. [COBISS.SI-ID 64491011]
- Kacper Koterias, Jakub Gawraczyński, Mariana Derzsi, Zoran Mazej, Wojciech Grochala, "Lattice dynamics of KAgF<sub>3</sub> perovskite, unique 1D antiferromagnet", *Chemistry*, 2021, **3**, 94-103. [COBISS.SI-ID 47756803]
- Anton Kokalj *et al.* (12 avtorjev), "Simplistic correlations between molecular electronic properties and inhibition efficiencies: do they really exist?", *Corrosion science*, 2021, **179**, 108856. [COBISS.SI-ID 24309251]
- Evgeny A. Goreschnik, "Influence of the synthetic conditions on a formation of 1-D, 2-D and 3-D copper-chloride coordination polymers", *CrystEngComm*, 2021, **23**, 40, 7171-7178. [COBISS.SI-ID 78110723]
- Maša Vožlič, Tina Čerňič, Sašo Gyergyek, Boris Majaron, Maja Ponikvar-Svet, Uliana Kostiv, Daniel Horák, Darja Lisjak, "Formation of phosphonate coatings for the improved chemical stability of upconverting nanoparticles under physiological conditions", *Dalton transactions*, 2021, **50**, 19, 6588-6597. [COBISS.SI-ID 59908867]
- Griša Grigorij Prinčič, Matic Lozinšek, Jernej Iskra, "Expanding the boron peroxide chemistry on BODIPY scaffold", *Dyes and pigments*, 2021, **190**, 109290. [COBISS.SI-ID 54876419]
- Zoran Mazej, Evgeny A. Goreschnik, "Nitrosonium and nitronium salts of new mixed-cation hexafluoroantimonates(V)", *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2021, **2021**, 18, 1776-1785. [COBISS.SI-ID 62622211]
- Zoran Mazej, Evgeny A. Goreschnik, "XeF<sub>2</sub> coordination to La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy and Y in rare-earth metal(III) tetrafluoroborates", *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2021, **2021**, 26, 2669-2681. [COBISS.SI-ID 69782787]
- Anton Kokalj, Žiga Zupanek, Melita Tramšek, Gašper Tavčar, "Coordination of a neutral ligand to a metal center of oxohalido anions: fact or fiction?", *Inorganic chemistry*, 2021, **60**, 16, 11932-11947. [COBISS.SI-ID 76786435]
- Zoran Mazej, Evgeny A. Goreschnik, "Attempted syntheses of new mixed-cation hexafluoroarsenates(V) in liquid anhydrous HF acidified with AsF<sub>5</sub>; the crystal structures of A<sub>3</sub>M(HF)Mn(AsF<sub>6</sub>)<sub>7</sub> (A = H<sub>3</sub>O, K/H<sub>3</sub>O M = Ca, Sr, Ba)", *Journal of fluorine chemistry*, 2021, **244**, 109745. [COBISS.SI-ID 53946883]
- Dominik Kurzydłowski, Gajek Kurzydłowski, Zoran Mazej, "NaZnF<sub>3</sub> as a low-pressure analog of MgSiO<sub>3</sub>", *Physical review materials*, 2021, **5**, 11, 113602. [COBISS.SI-ID 83411715]
- Piotr J. Leszczyński, Tomasz Jaroń, Przemysław Malinowski, Jakub Gawraczyński, Zoran Mazej, Wojciech Grochala, "Polycyclic aromatic hydrocarbons and their adducts with solvents from Ag(II)SO<sub>4</sub>-based oxidative C-C coupling", *Polycyclic aromatic compounds*, 2021, **41**, 4, 795-804. [COBISS.SI-ID 64196867]
- Evelin Gruden, Gašper Tavčar, "Synthesis and characterization of partially substituted NHC supported alane adducts using triflate or chloride salts", *Polyhedron*, 2021, **196**, 115009. [COBISS.SI-ID 51341315]
- Olga Aneziris, Marko Gerbec, Ioanna Koromila, Zoe Nivolianitou, Francesco Pilo, Ernesto Salzano, "Safety guidelines and a training framework for LNG storage and bunkering at ports", *Safety science*, 2021, **138**, 105212. [COBISS.SI-ID 53244163]
- Marko Gerbec, Peter Vidmar, Gianvito Pio, Ernesto Salzano, "A comparison of dispersion models for the LNG dispersion at port of Koper, Slovenia", *Safety science*, 2021, **144**, 105467. [COBISS.SI-ID 75734787]
- Marija Čolović, Metka Hajzeri, Melita Tramšek, Boris Orel, Angelja Kjara Surca, "In situ Raman and UV-visible study of hybrid electrochromic devices with bis end-capped designed trialkoxysilyl-functionalized ionic liquid based electrolytes", *Solar energy materials and solar cells*, 2021, **220**, 110863. [COBISS.SI-ID 39876355]
- Maja Ponikvar-Svet, Kathleen F. Edwards, Joel F. Liebman, "Paradoxes and paradigms: on ambisaline ions of oxygen, fluorine, and related oxyfluorides", *Structural chemistry*, 2021, **32**, 1, 11-17. [COBISS.SI-ID 51731459]
- Maja Ponikvar-Svet, Kathleen F. Edwards, Joel F. Liebman, "Paradoxes and paradigms: on ambisaline ions of nitrogen", *Structural chemistry*, 2021, **32**, 2, 529-537. [COBISS.SI-ID 55126787]
- Marko Jagodič, Andrii Vakulka, Evgeny A. Goreschnik, Zvonko Jagličić, Zvonko Trontelj, "Magnetic properties of the cis-[CuCl<sub>2</sub>(DMSO)<sub>2</sub>] complex", *Theoretical and experimental chemistry*, 2021, **57**, 5, 366-370. [COBISS.SI-ID 97704195]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

- Maja Ponikvar-Svet, Diana N. Zeiger, Joel F. Liebman, "Alkaloids and selected topics in their thermochemistry", *Molecules*, 2021, **26**, 21, 6715. [COBISS.SI-ID 88066051]

## KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

- Matic Lozinšek, "Nitrosonium tetrafluoridoborate, NOBF<sub>4</sub>", *IUCrData*, 2021, **6**, x211215. [COBISS.SI-ID 85633283]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGLAVJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

- Marko Gerbec, Gabriele Giunta, "InfraStress approach on risk modelling of cascading events with live data for decision support", *V: Cyber-physical threat intelligence for critical infrastructures security: securing critical infrastructures in air transport, water, gas, healthcare, finance and industry*, Now Publishers, 2021, 2-21. [COBISS.SI-ID 75762691]
- Aleksandar Jovanović, Marjan Jelić, Peter Klimek, Somik Chakravarty, Denis Čaleta, Marko Gerbec, Mai Thi Nguyen, "Modelling interdependencies within and among critical infrastructures/entities exposed to cyber-physical threats", *V: Cyber-physical threat intelligence for critical infrastructures security: securing critical infrastructures in air transport, water, gas, healthcare, finance and industry*, Now Publishers, 2021, 51-83. [COBISS.SI-ID 75775747]
- Barbara Malič, Mojca Otoničar, Kristian Radan, Jurij Koruza, "Lead-free piezoelectric ceramics", *V: Encyclopedia of materials: technical ceramics and glasses*, Elsevier, 2021, **3**, 358-368. [COBISS.SI-ID 64919555]

## STROKOVNI SESTAVEK V SLOVARJU, ENCIKLOPEDIJI ALI LEKSIKONU

- Gašper Tavčar, "Čeh, Miran: (1958-)", *Slovenska biografija, Novi Slovenski biografski leksikon*, 2021. [COBISS.SI-ID 50515203]



*Na odseku se ukvarjamo z raziskavami fizikalno-kemijskih procesov na površinah trdih snovi, kot sta korozija in heterogena kataliza, ter s sintezo novih spojin. Sinergijo teh raziskav smo ustvarili na področju protikorozijske zaščite in funkcionalizacije materialov z uvedbo integrativnega pristopa, ki obsega eksperimente in molekulsko modeliranje na osnovi prvih principov z uporabo teorije gostotnega funkcionala (angl. density functional theory, DFT).*

Korozija je zelo razširjen pojav z velikim gospodarskim in okoljskim vplivom. Škoda, ki jo povzroča po svetu, je ocenjena na 2,5 milijona evrov na leto, zato je zaščita površin kovin in zlitin nujna. Zaščita pred korozijo, katere glavni cilj je podaljšati življenjsko dobo kovinskih materialov, je ena od pomembnih metodologij za zmanjšanje potrebe po strmem povečevanju proizvodnje in s tem ohranitev virov za naslednja stoletja. Tradicionalnih načinov zaščite pred korozijo, kot so konverzijske kromatne prevleke, zaradi ekoloških omejitev ni več mogoče uporabljati. Potrebe industrije, zlasti v transportu, gradbeništvu, strojništvu in elektroniki, postavljajo zahteve po razvoju učinkovitih, trajnostnih in okolju prijaznih protikorozijskih zaščit, ki imajo hkrati dodatne funkcionalne lastnosti. Naše raziskovalno delo na področju zaščite pred korozijo je osredotočeno na vse glavne površinske obdelave, kot so uporaba zaviralcev korozije, konverzijske prevleke, organske in anorganske prevleke (slika 1). Pomembna je predvsem zaščita glavnih skupin kovin in zlitin, saj je njihova uporaba danes nepogrešljiva. Te vključujejo lahke kovine (Al) ter energetsko učinkovite (Cu) in infrastrukturne (Fe in Zn) kovine. Aluminijske zlitine in sodobna visoko trdna jekla se uporabljajo v različnih aplikacijah, zlasti v transportni industriji, kjer je velika potreba po zmanjšanju teže vozil, saj to pripomore k zmanjšanju sproščanja emisij v okolje. Jekla in zlitine na osnovi bakra so nepogrešljivi materiali na področju infrastrukture, gradbeništvu in drugih industrij.

V sklopu naših raziskav preiskujemo vse zgoraj omenjene alternative (slika 1) in raziskujemo možne kombinacije, npr. sol-gel prevleke brez in z dodatkom zaviralcev korozije, s čimer poleg zaporne zaščite dosežemo tudi aktivno zaščito prevleke na poškodovanih mestih (prevleke z možnostjo t. i. samoceljenja). Raziskujemo tudi sodobne metodologije protikorozijske zaščite, kot je nanos atomskih plasti (angl. atomic layer deposition, ALD).

Velik preboj v razumevanju mehanizma zaviranja korozije z organskimi molekulami smo dosegli tudi z uvedbo integrativnega eksperimentalno-modelirnega pristopa s kombinacijo eksperimentalnih tehnik elektrokemijske in površinske analize ter modeliranjem in simulacijo na podlagi prvih principov z uporabo teorije gostotnega funkcionala. Rezultat takšnega pristopa je bolj racionalna in ekološko usmerjena uporaba kemikalij, kar je v skladu z direktivami Evropske unije o trajnostnem razvoju in krožnem gospodarstvu.

## 1. Integrativni pristop študije zaviralcev korozije

Pri načrtovanju učinkovite zaščite pred korozijo je potrebno poglobljeno temeljno znanje o površinskih procesih, saj je razumevanje mehanizma zaviranja korozije na atomski ravni še vedno zelo pomanjkljivo. Da bi to presegli, smo uvedli sinergijski iterativni pristop, ki je sestavljen iz naslednjih treh raziskovalnih smeri: (1) anorganska in organska sinteza, (2) tehnike elektrokemijske in površinske analize ter (3) modeliranje in simulacije na podlagi metode DFT.

### 1.1. Organske spojine kot zaviralci korozije

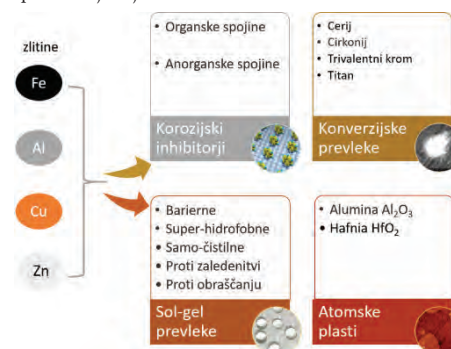
Raziskali smo organske spojine kot površinsko aktivne zaviralce korozije. Molekulska struktura teh spojin je sestavljena iz reaktivne sidrne skupine in alkil ali perfluoro hrbtenice (slika 2a). Obravnavali smo učinek sidrne skupine in hrbtenične verige na učinkovitost delovanja organskih spojin kot zaviralcev korozije na aluminiju. Upoštevani so bili različni vidiki takšnih sistemov: dolžina hrbtenične verige za določeno sidrno skupino, učinek sidrne skupine na določeno dolžino alkilne in perfluoroalkilne verige ter prodiranje ionov Cl<sup>-</sup> v samosestavljeno organsko monoplast.

Stabilnost ustrezne organske plasti na hidroksiliranih površinah Al je podana z vezavo sidrne skupine na površino kot tudi s stransko interakcijo med verigami (slika 2a). Med raziskanimi učinkovitimi zaviralci korozije za aluminij so zanimivi zlasti derivati fosfonske kisline, ki se ne glede na dolžino hrbtenice zaradi fosfatne sidrne skupine močno adsorbirajo na površino (slika 2b). Tudi karboksilne kisline so obetavni zaviralci korozije, vendar je adsorpcijska afiniteta karboksilatne sidrne skupine bistveno nižja, ustrezna organska plast pa je dovolj stabilizirana

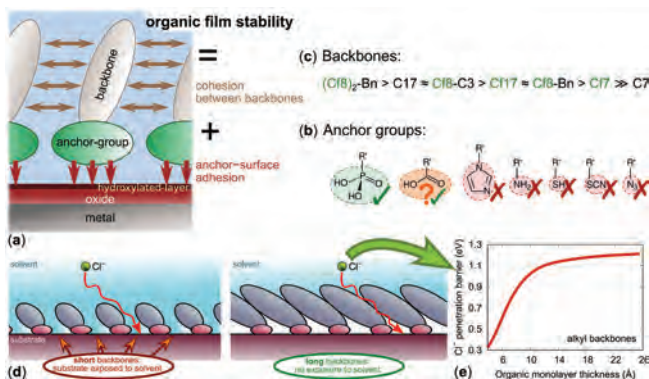


Vodja:

**prof. dr. Ingrid Milošev**



Slika 1: Vrste protikorozijske zaščite in funkcionalizacije površine materialov.



Slika 2: Prikaz integrativnih raziskav izbranih organskih spojin, ki zavirajo korozijo aluminija: (a) arhetipska struktura raziskanih organskih spojin, (b) sidrne skupine, (c) tipi hrbtenice, razvrščeni glede na učinkovitost, ko so zasidrani s karboksilno skupino, (d) lateralne kohezivne interakcije in efektivna pokritost površine za kratke in dolge hrbtenične verige ter (e) aktivacijska pregrada za prodiranje ionov  $Cl^-$  v organsko monoplast kot funkcija debeline organske monoplasti.

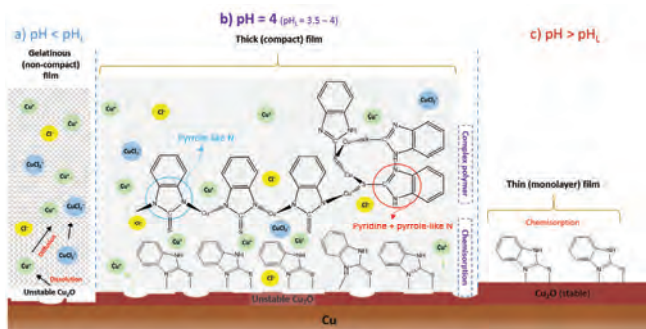
(tj.  $(Cf8)_2-B_n$ ). Stranke kohezivne interakcije so močnejše z nagibanjem hrbtenice, kar ima za posledico tudi večjo učinkovito pokritost za daljše hrbtenice (slika 2d). Dolge hrbtenice so prav tako učinkovitejše pri oviranju dostopa reaktivnih spojin (tj. kloridov) do površine Al (slika 2e), kajti aktivacijska pregrada za prodiranje ionov  $Cl^-$  raste z debelino organske plasti do približno 10 Å (tu se predpostavlja popolna enoslojna pokritost površine, ki se glede na eksperimente za karboksilne kisline tvori samo za dolge alkilne verige) in nato postane skoraj neodvisna od debeline plasti. Vloga daljših verig je torej dvojna: a) stabilizirajo organsko plast in b) učinkovito ovirajo dostop do površine Al. Študije so bile izvedene v sodelovanju z raziskovalci s CNRS, Chimie ParisTech, Francija, in Univerze Eötvös Loránd, Kemijski inštitut, Madžarska.

### 1.2. Sinergijski učinek zaviralcev korozije

Kot učinkovita zaviralca korozije Cu in Al v 3 ut. % raztopini NaCl sta bila testirana 2-merkaptobenzimidazol (MBI ali S) in oktilfosfonska kislina (OPA ali P) ter njuni binarni zmesi ( $xS+yP$ , kjer sta  $x$  in  $y$  molska razmerja v %). Učinkovitost zaviralcev smo ovrednotili z elektrokemijskimi polarizacijskimi meritvami, njihovo adsorpcijo pa z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (XPS), infrardečo spektroskopijo (FTIR), z izračuni DFT in z meritvami omočljivosti površine. Pri testiranju mešanice S+P na bakru smo ugotovili, da je mešanica 90S+10P boljši zaviralec korozije kot 100S, kar lahko pripišemo sinergiji med MBI in OPA. Rezultati XPS so potrdili, da je površina v raztopini NaCl brez dodatka zaviralca korozije prekrita s plastjo Cu(I)oksida, medtem ko v prisotnosti MBI nastane tanka zaščitna plast zaviralca, tvorba Cu(I)oksida pa je bodisi onemogočena ali pa zakopana pod tvorjeno plastjo zaviralca. Izračuni DFT potrjujejo, da se MBI lahko na površino bakra veže v obliki tiolata in tiona, medtem ko možnost vezave v tiolni obliki lahko ovzremo. Analiza XPS-spektrov dušika je potrdila, da se MBI veže na baker v obliki tiolata (prisoten je tako piridinski kot pirolni dušik); kadar pa je prisoten tudi OPA, XPS-analiza potrdi, da se mehanizem vezave spremeni in poleg tiolata opazimo tudi tionsko obliko s pirolnim dušikom za plast, tvorjeno v 90S+10P.

Nadalje smo ugotovili, da se v 90S+10P tvori veliko debelejša zaščitna plast kot v raztopini 100S in izkazuje hidrofoben značaj. Znotraj plasti so molekule MBI kemisorbirane v prvi monoplasti, ki ji sledijo večplastni metalorganski kompleksi Cu(I)MBI. Plasti tvorijo zelo kompaktno strukturo, ki deluje kot učinkovita ovira za raztapljanje bakra. Znotraj ozkega pH območja ene enote (tj. med pH 3 in 4) se debelina, kompaktnost in učinkovitost zaviranja korozije tvorjenih plasti spreminjajo z raztopinami  $xS+yP$ .

Na podlagi pridobljenih rezultatov smo predlagali mehanizem sinergije, ki upošteva raztapljanje bakra, tvorbo topnih kompleksov in adsorpcijo na površini v odvisnosti od mejnega pH ( $pH_L$ ) (slika 3). Predpostavlja se, da nizek pH,  $pH < pH_L$  (upoštevajoč, da OPA tvori kislno raztopino) in prisotnost kloridnih ionov močno spodbudita tvorbo topnih kompleksov Cu(II)OPA namesto adsorpcije, kar povzroči spremembo aktivnosti površine, ki za 90S+10P postane bolj dovzetna za adsorpcijo MBI. Poleg tega je v kislem okolju mešanice MBI+OPA aktivacija površine Cu močnejša kot pri skoraj nevtralnem pH raztopine 100S. Zvrsti Cu(I), ki



Slika 3: Predlagane polimerne strukture Cu-MBI: (a) nekompaktna voluminozna plast se tvori pri  $pH < pH_L$  (za 10S+90P in 50S+50P pri pH 3 oziroma 3,3), (b) debelejša zaščitna plast se tvori pri pH 4 za 90S+10P in (c) za 100S se tvori tanka plast pri pH 5,5 ( $pH > pH_L$ ).

nastanejo z raztapljanjem Cu pri nižjem pH ( $pH_L = 3,5-4$ ), tako reagirajo z MBI, kar povzroči nastanek debele in kompaktne plasti. Pri  $pH > pH_L$  se tvori stabilna plast  $Cu_2O$ , zato je veliko manj zvrsti Cu(I) na voljo za tvorbo kompleksa z MBI na površini.

V nasprotju z bakrom kombinacija binarnega zaviralca S+P ne deluje sinergijsko na aluminiju. Kljub temu je sistem S+P/Al stabilen v prisotnosti zaviralca S v mešanici S+P in ne zmanjšuje učinkovitosti P. Poleg 100P se dobro obnese tudi kombinacija 10S+90P. Tako 100P kot 10S+90P tvorita plasti z znatnim hidrofobnim značajem.

Z raziskavami smo tudi potrdili, da imajo kloridni ioni dvojno vlogo pri tvorbi mikrometrsko debele polimerizirajoče plasti  $[Cu-Cl-MBI]_n$ . To se zgodi, ko je baker izpostavljen 3 ut.% raztopini NaCl, ki vsebuje 1 mM mešanice MBI in OPA, v molskem razmerju MBI:OPA = 9:1. Kloridni ioni hkrati delujejo kot promotor tvorbe polimerizirane plasti  $[Cu-MBI]_n/[Cu-Cl-MBI]_n$  in kot reaktant pri njeni tvorbi, kar potrjujejo rezultati masne spektrometrije z analizatorjem na čas preleta ionov (ToF-SIMS). Tvorbo plasti  $Cu_2O$  pod plastjo Cu-zaviralec smo dokazali z mikroskopijo s fokusiranim ionskim žarkom (FIB-SEM) in s kemijsko analizo na prerezu polimeriziranega filma s tehniko EDS (energijskodisperzijska rentgenska spektroskopija). Spodnja plast Cu(I) oksida je skupaj s porozno, slami podobno morfologijo prekrivne plasti  $[Cu-Cl-MBI]_n$ , odgovorna za odlično protikorozijsko zaščito bakra, tudi v kloridnem okolju brez MBI+OPA. Objavili smo tudi nov vpogled v mehanizem degradacije plasti Cu-MBI/Cu-Cl-MBI, ki povzroči nastanek dimerjev  $(MBI)_2$ . Zaščitna plast, tvorjena v raztopini NaCl, ki vsebuje sinergistično kombinacijo MBI in OPA, deluje kot obstojna protikorozijska zaščita.

### 1.3. Molekulske elektronske lastnosti in učinkovitost zaviranja korozije

Splošno razširjeno prepričanje, ki ga najdemo v literaturi, pogosto predpostavlja, da je učinkovitost zaviralcev korozije odvisna od molekularnih elektronskih lastnosti spojin. Med priljubljenimi tovrstnimi sklepi je, da mora imeti dober korozijski zaviralec nizko vrzel HOMO–LUMO, kjer HOMO pomeni najvišjo zasedeno molekularno orbitalo, LUMO pa najnižjo nezasedeno molekularno orbitalo. V tem kontekstu smo kritično ovrednotili pogosto uporabljene poenostavljene korelacije med molekularnimi elektronskimi parametri zaviralcev korozije in njihovimi eksperimentalno določenimi učinkovitostmi zaviranja korozije za niz 24 heterocikličnih organskih spojin, testiranih za baker v 3 ut.% raztopini NaCl. Preizkusili smo dvanajst različnih molekularnih elektronskih deskriptorjev, kot so ionizacijski potencial, elektronska afiniteta, vrzel HOMO–LUMO in dipolni moment. Potrdili smo, da noben deskriptor ne kaže opazne korelacije z učinkovitostjo zaviranja korozije. Zato naši rezultati vzbujajo resne dvome o zgoraj omenjeni domnevi, da so takšni parametri povezani z učinkovitostjo zaviranja korozije. Namesto tega se je treba osredotočiti na ustreznejše pristope. Med njimi imajo tehnike strojnega učenja (ML) trenutno največji potencial za ustvarjanje razumno robustnih in napovednih modelov za presejanje novih zaviralcev korozije. Vendar pa je izziv zagotoviti ustrezne deskriptorje, ker deskriptorji vplivajo na kakovost modelov ML veliko bolj kot sam algoritem strojnega učenja. V poznejši študiji smo dejansko pokazali, da je v nekaterih primerih mogoče zgraditi več napovednih modelov z uporabo pristopa ML, kjer se med deskriptorji uporabljajo molekularni elektronski parametri.

Analizirali smo tudi nekatere prednosti in slabosti *učinkovitosti zaviranja* kot metrike za ocenjevanje učinkovitosti zaviralcev korozije, zlasti težave z nelinearnostjo. Uvedli smo novo metriko, imenovano *moč zaviranja*, ki uporablja univerzalno logaritemsko lestvico in brezdimenzijsko enoto decibel. Ta nova metrika ni dovezna za problem nelinearnosti.

## 2. Protikorozijska zaščita z metodo nanosa atomskih plasti

### 2.1. Vpliv predpriprave površine in sestave

Nanos atomskih plasti (ALD) je tehnika tankoslojnega nanašanja, ki temelji na zaporedni uporabi kemijskega postopka v plinski fazi; metodo uvrščamo v skupino vakuumskega nanašanja plasti. ALD omogoča tvorbo nanoplastnih plasti. Čeprav jih je mogoče uporabiti kot zaporno zaščito na kovinskih biomaterialih, so jih do zdaj le redko raziskovali v biomedicinski namene. Zato smo primerjali zaščitne lastnosti plasti ALD, nanesene na površino komercialnega titana visoke čistosti (cp-Ti).

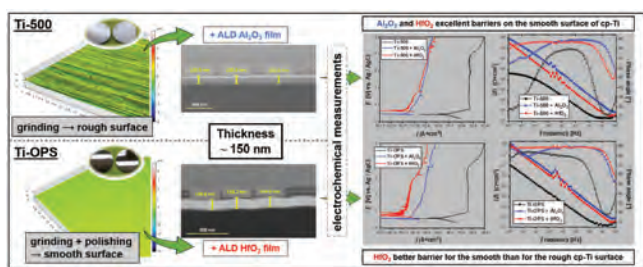
Pred nanašanjem plasti ALD so bile površine cp-Ti pripravljene na dva načina: brušenje in brušenje, ki mu je sledilo poliranje (slika 4). Tako pripravljene površine smo opredelili kot hrapave in gladke. Debelino, sestavo, morfologijo in topografijo plasti aluminijevega in hafnija oksida smo določili z elipsometrijo, FIB/SEM-EDS, ToF-SIMS in 3D profilometrom. Dobili smo homogeno stehiometrično sestavo aluminijevega in hafnija oksida z debelino filma približno 150 nm. Protikorozijske lastnosti tankih plasti ALD so bile ovrednotene v simulirani raztopini

---

**Prof. Ingrid Milošev je bila imenovana za pridruženo urednico revije *CORROSION*. *CORROSION* je leta 1945 ustanovilo Združenje za zaščito materialov in učinkovitost (AMPP, nekdanji NACE), ki je globalna skupnost strokovnjakov, ki se posveča zaščiti materialov z namenom nadzora korozije in zaščitnih prevlek z več kot 40.000 člani. Revija *CORROSION*, ki jo vodi glavni urednik prof. John Scully, zagotavlja trajno evidenco napredka v znanosti in tehnologiji preprečevanja in nadzora korozije ter vsebuje recenzirane članke najboljših svetovnih raziskovalcev.**

---





Slika 4: 3D-površinski profili različno pripravljenih vzorcev cp-Ti (brušenih in poliranih); SEM-slike prerezov vzorcev cp-Ti s 150 nm tankih plasti  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in  $\text{HfO}_2$ ; potenciodinamske polarizacijske krivulje in elektrokemijski impedančni spektri nezaščitenih in z ALD zaščitenih brušenih in poliranih vzorcev Ti-500 in Ti-OPS, posnetih v simulirani fiziološki raztopini.

**Leta 2021 je pri Woodhead Publishing (Cambridge, Anglija) izšla tretja izdaja knjige *Joint Replacement Technology*. Uredil jo je prof. Peter A. Revell. Knjiga vsebuje najnovejša spoznanja, dosežke in razvoj na področju tehnologije zamenjave sklepov. Prof. Ingrid Milošev in soavtorji iz Ortopedske bolnišnice Valdoltra, Univerze v Helsinkih, Ortopedske bolnišnice Invalidske fundacije v Helsinkih ORTON in Univerze Friedrich-Alexander Erlangen-Nürnberg v Nemčiji so prispevali poglavje Kovine za zamenjavo sklepov.**

## 2.2. Večplastne plasti ALD

Plasti z debelino 60 nm so bili pripravljene v dveh konfiguracijah (enoslojni in večslojni) s hafnijevim oksidom, s čimer smo raziskali vpliv hafnijevga oksida. Plasti ALD, nanesene na kemijsko jedkano površino cp-Ti in nerjavnega jekla SS316L, so homogene in kompaktno, tako enoplastne kot večplastne. Zdi se, da prisotnost hafnije kot vmesnega sloja minimalno vpliva na strukturo večplastnih slojev. Opaženih je bilo nekaj površinskih udrtin, pa tudi aglomeratov. Filmi ALD iz aluminijevga oksida imajo dober oprijem na polirane vzorce cp-Ti in SS316L v enoslojnih in večplastnih kombinacijah s hafnijem. AFM v kombinaciji s SKPFM je potrdil, da so bili na plasteh ALD pridobljene bolj pozitivne vrednosti razlike Volta potencialov zaradi njihovega višjega izstopnega dela glede na podlago in visoko izolacijskih lastnosti, ki močno zavirajo prenos elektronov in

posledično elektrokemijsko interakcijo na mejah med trdno snovjo in raztopino. Po 1 uri potopitve v simulirano fiziološko raztopino vse raziskane vrste plasti ALD zagotavljajo znatno zaporno protikorozijsko zaščito testiranih vzorcev, kar se odraža v zmanjšanju gostote toka za dva ali tri velikostne razrede. Vendar pa je bilo po 30 dneh potopitve ugotovljeno, da 20 nm tanka plast aluminijevga oksida ni dovolj učinkovita, zlasti v primeru nanosa na cp-Ti. Po drugi strani pa je 60 nm tanka plast, bodisi iz čistega aluminijevga oksida ali večplastne strukture, ohranila dobre (zaporne) protikorozijske lastnosti v času potopitve. Elektrokemijske lastnosti so zato predvsem odvisne od prisotnosti por, lukenj in/ali drugih drobnih napak v nanosenem filmu ALD, saj je oblika krivulj PDP z nanoseno plastjo ali brez nje primerljiva. Prehajanje elektrolita skozi napake v filmu lahko prepreči repasivacijo kovinske podlage. To je še posebej očitno pri nerjavnem jeklu: zaradi njegove občutljivosti na lokalno korozijo v kloridni raztopini postane dolgoročna zaščita odvisna od medsebojnega delovanja med poroznostjo filma in njegovo sposobnostjo repasivacije skozi pore in napake.

Večslojna kombinacija debeline 60 nm in v konfiguraciji 20 nm aluminijev oksid/20 nm hafnijev oksid /20 nm aluminijev oksid ni prinesla tako pomembnega izboljšanja zaščitnih lastnosti v primerjavi z enojno plastjo aluminijevga oksida enake debeline, kot bi pričakovali glede na veliko boljše zaščitno sposobnost hafnija. Čeprav je površina učinkovito zaščitna, lahko vmesna plast hafnija negativno vpliva na stabilnost večplastnega filma zaradi notranjih napetosti ali nekompatibilnosti, do katerega najverjetneje pride zaradi nagnjenosti k tvorbi aglomeratov, kar vodi do delaminacije in raztapljanja filmov ALD. ALD-filmi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ali v kombinaciji s  $\text{HfO}_2$  imajo torej dobre zaporne lastnosti in so primerni kandidati za uporabo na specifičnih medicinskih vsadkih, vendar pod pogojem, da je zagotovljena zadostna debelina plasti in vsadki niso pod mehansko obremenitvijo. Študijo smo izvedli v sodelovanju z raziskovalci z Univerze v Vidmu v Italiji.

## 3. Protikorozijske hibridne sol-gel prevleke

### 3.1. Silan-siloksanse prevleke

Sinteza po sol-gel postopku je vsestranska metoda, ki se uporablja za pripravo najrazličnejših materialov in se vse pogosteje uporablja kot metoda za modifikacijo površin, za spreminjanje poroznosti, omočljivosti, katalitične aktivnosti, biokompatibilnosti in protikorozijske zaščite kovin. Sol-gel prevleke ostajajo eno od pomembnih področij našega raziskovalnega dela. Nove hibridne sol-gel-akrilne prevleke so bile sintetizirane z združitvijo dveh solov, kar privede do polikondenzacije: sola 1, pripravljenega s kopolimerizacijo med MAPTMS (3-(trimetoksilil)propil

metakrilat) in akrilatnimi monomeri, in sola 2, ki je hidroliziran TEOS (tetraetil ortosilikat). Uporabili smo šest monomerov z različnimi dolžinami alkilne verige (slika 5). Derivate akrilatnega estra, ki smo ga uporabili za reakcijo, smo označili kot siloksan-PxMA, kjer x pomeni derivat akrilatnega monomera (E etil, M metil, B butil, H heksil, O oktil in D dodecil). Razdelimo jih lahko v dve skupini: prevleke s kratkoverižnimi monomeri (M1, E2 in B4) z do štirimi ogljikovimi atomi in prevleke z dolgoverižnimi monomeri (H6, O8 in D12) z do dvanajstimi ogljikovimi atomi. Omočljivost površine, izraženo s kontaktnim kotom, se povečuje skoraj linearno od prevleke z metilno skupino (60°) do prevleke z butilno skupino (80°). Kontaktni koti so ostali nespremenjeni pri dolžinah verig z več kot štirimi ogljikovimi atomi. Prevleke M1, E2 in B4 so gladke in tvorijo ravno površino. Prevleke z daljšimi verigami so izkazovale tudi tvorbo domen, ki so bile bogatejšje s silicijem. Te nastanejo zaradi nehomogenega mešanja obeh solov zaradi večjih razlik med polarnimi in nepolarnimi deli. To je privedlo do znatno zmanjšane stopnje heterokondenzacije in prednostnega zamreženja. Zaradi nehomogene strukture in sestave prevleke so prevleke z daljšimi alkilnimi verigami izkazovale slabšo protikorozijsko zaščito, saj je površina korodirala že po enotedenski izpostavljenosti 3,5 ut.% raztopini NaCl.

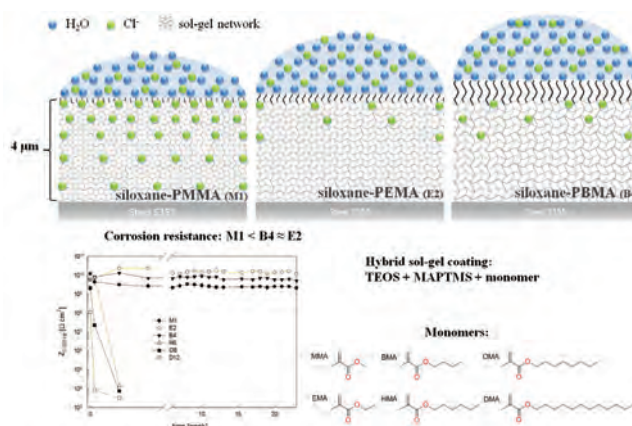
V prvi skupini kratkoverižnih prevlek je po 6-mesečni potopitvi v slanem okolju izjemno protikorozijsko zaščito izkazovala prevleka z etilno (E2) in butilno (B4) skupino, saj je površina ostala nespremenjena. Prevleka z metilno skupino (M1), bolj znana kot siloksan-PMMA, je izkazala najmanjšo upornost v prvi triadi, z vrednostjo impedance in faznim kotom, ki sta v prvih treh mesecih padla na polovico velikosti, nato pa ostala konstantna v naslednjih treh mesecih. Najbolj učinkovito protikorozijsko zaščito prevlek E2 in B4 smo potrdili z izjemno visokimi vrednostmi upornosti, saj so bile vrednosti v območju  $10^{10} \Omega \text{ cm}^2$  tudi po šestih mesecih potopitve v 3,5 ut.% raztopini NaCl.

Podrobna študija z uporabo  $^{29}\text{Si}$  MAS NMR je pokazala, da sta se skupna stopnja kondenzacije in stopnja kondenzacije organskega dela (vrste T) zmanjšali pri monomerih z daljšimi alkilnimi verigami v strukturi kot posledica steričnega učinka. Najvišjo vrednost skupne stopnje kondenzacije vrst T smo opazili pri prevlekah E2 in B4.

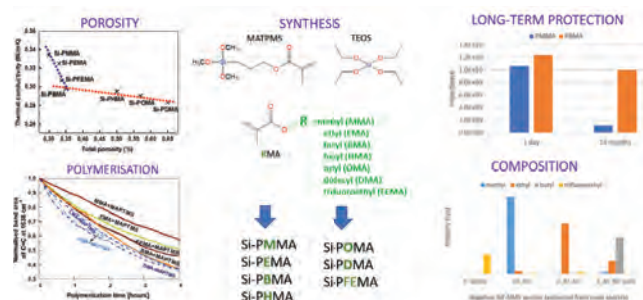
Študija je tudi potrdila, da je prevleko siloksan-PMMA (M1), za katero je že znano, da je odporna proti koroziji, mogoče dodatno nadgraditi z različnimi akrilati za izboljšanje njene zaščite pred korozijo (E2, B4).

Siloksan-poliakrilatne sol-gel prevleke, ki se razlikujejo po dolžini alkilnih ali perfluoroalkilnih verig, vezanih na akrilatno skupino, smo sintetizirali in nanесли na aluminijevo zlitino 7075-T6 (slika 6). Stopnja kopolimerizacije med MAPTMS in akrilatnim derivatom (tj. organskim delom) je odvisna od vrste derivata: poveča se od metila do butila in nato doseže končno vrednost. Pri derivatih z daljšo verigo sterični učinek prepreči nadaljnje povečanje kinetike kopolimerizacije in povzroči neenakomerno polikondenzacijo. Enak trend smo opazili pri hidrofobnosti prevlek: povečuje se z daljšanjem alkilne verige do štiri ogljikove atome, daljše verige pa niso pokazale nadaljnje spremembe hidrofobnosti. Zamenjava alkilnih s perfluoroalkilnimi verigami izboljša kinetiko kopolimerizacije sola in poveča hidrofobnost prevleke. Površinsko in globinsko kemično sestavo smo raziskali z XPS, ToF-SIMS in z razelektrovno optično emisijsko spektroskopijo (GDOES). Prevleke so sestavljene pretežno iz organskega dela, vendar je anorganski del s siloksanjskimi vezmi nujen za doseganje dobrega oprijema s podlago. Identificirali smo pozitivne in negativne ToF-SIMS-fragmente, ki so značilni za alkilne verige pri akrilatnih derivatih, njihova intenziteta pa je odvisna od vrste derivata. Globinski profili GDOES so potrdili homogeno globinsko sestavo prevlek z definiranim prehodom prevleka/podlaga. Rezultati fototermske odklonske spektrometrije snopa so pokazali, da imajo prevleke z alkilnimi verigami med heksilom in dodecilom večjo poroznost kot tiste s krajšimi verigami. Prevleke s kratko verigo, zlasti etil in butil, izkazujejo izjemno protikorozijsko zaščito do 18 mesecev v 5 ut.% raztopini NaCl. Zamenjava alkilnih verig s perfluoroalkilnimi verigami ne vpliva bistveno na odpornost proti koroziji.

Naslednji pomemben rezultat se nanaša na toplotno prevodnost in difuzivnost teh prevlek. V primerjavi z organskimi prevlekami PMMA

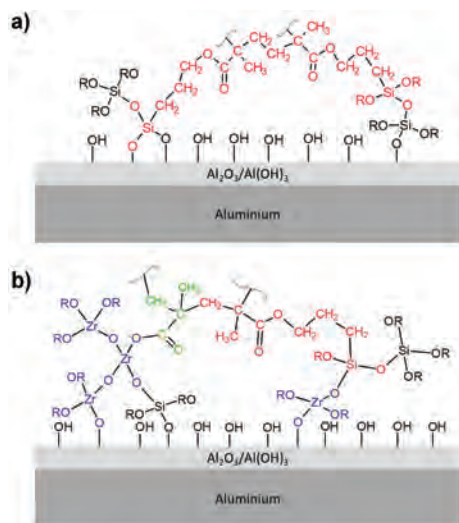


Slika 5: Predlagani mehanizem za doveznost/prehajanje elektrolita za prevleke M1, E2 in B4. Prikazane so tudi vrednosti impedance v odvisnosti od časa potopitve v korozivnem mediju ter molekulske formule monomerov, uporabljenih v raziskavah.

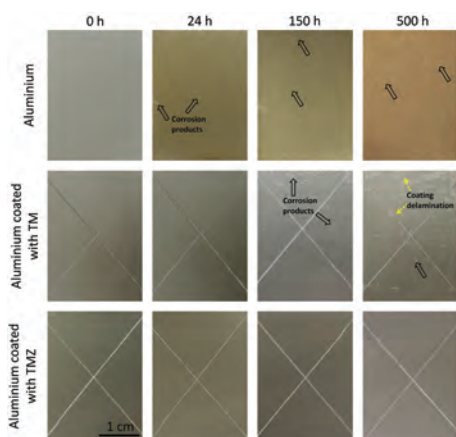


Slika 6: Vpliv akrilatnih monomerov v siloksan-silika sol-gel prevleki (Si-PxMA) na poroznost, kinetiko polimerizacije, vrednost impedance in sestavo prevleke.

**9. junija 2021 je prof. Anton Kokalj predstavil webinar v okviru serije CorroZoom, ki ga organizira prof. G. S Frankel z The Ohio State University, Columbus, ZDA. V seriji predavanj je sodelovalo šest vrhunskih raziskovalcev z vsega sveta. Predavanje prof. Kokalja z naslovom *Molekularno modeliranje zaviralcev korozije, ki je trenutno zelo aktualna tema korozijskih raziskav, je bilo posvečeno modeliranju adsorpcije in vezavi organskih molekul na površine kovin.***



Slika 7: Shematski prikaz sol-gel mreže v prevleki (a) TM in (b) TMZ



Slika 8: Posnetek površine brušenega aluminija in zaščitenega s prevleko TM in TMZ pri različnih časih izpostavljenosti v slanivlažni komori. Puščice označujejo mesta, kjer se začne korozija na aluminiju in aluminiju, zaščitenem s prevleko TM. Raza v obliki X je bila narejena pred testiranjem z namenom simulacije defekta na prevleki. Testiranje je potekalo v 5 ut. % raztopini NaCl pri 37 °C po standardu ASTM B117.

dosegajo anorgansko-organske hibridne sol-gel prevleke Si-PxMA približno 50 % večjo toplotno prevodnost (lastnost materiala, da prevaja toploto) in toplotno difuzivnost (lastnost materiala, da izmenjuje toploto z okolico). To smo razložili z učinkom siloksanse faze v prevleki. Postopek sinteze po hibridnem sol-gel postopku torej ponuja pomembno pot za spreminjanje toplotnih lastnosti s kombinacijo anorganskih in organskih komponent, kjer sestavni deli tvorjene mreže vplivajo na toplotne lastnosti brez potrebe po vnosu polnil oz. nanodelcev. Odlične toplotne lastnosti v kombinaciji z močno zaščito pred korozijo v kloridni raztopini so osnova za različne uporabe teh siloksan-poliakrilatnih prevlek. Študijo smo izvedli v sodelovanju z raziskovalci CNRS, Chimie ParisTech, Francija in Univerze v Novi Gorici.

### 3.2. Silan-cirkonijeve prevleke

Raziskali smo tudi sintezo dveh vrst akrilnih hibridnih prevlek, od katerih je ena vsebovala samo Si (prevleka TM), druga pa Si in Zr (prevleka TMZ). Podatki FTIR v realnem času so pokazali bistvene razlike v nastajanju akrilnih prevlek na osnovi Si ter Si in Zr. Prevleka TM vsebuje vezi Si-O-Si, medtem ko prevleka TMZ vsebuje vezi Si-O-Si, Zr-O-Zr in Si-O-Zr (slika 7). SEM-posnetki površine so potrdili, da sta obe sol-gel prevleki tvorili neprekinjeno, gladko površino brez razpok. Prevleke so bile debele 2–3 mikrometre brez vidnih por ali napak. Analize EIS so potrdile, da obe prevleki zagotavljata zaporne lastnosti na začetku potopitve v 0,1 M raztopino NaCl. Po daljši potopitvi je prevleka na osnovi Si/Zr še vedno zagotavljala zaporno zaščito, medtem ko je prevleka na osnovi Si izgubila zaporne lastnosti že po nekaj dneh potopitve. Degradacijo prevlek smo dodatno potrdili z XPS-analizo. Primerjava XPS-spektrov visoke ločljivosti prevleke na osnovi Si/Zr pred potopitvijo in po njej je potrdila, da se spektri Si, O, C in Zr po potopitvi ne spremenijo. Po drugi strani XPS-spektri premazov na osnovi Si kažejo prisotnost produktov korozije aluminija (zaznani so vrhovi za Al in Cl), saj so ioni prehajali skozi prevleko. Razlika v korozijski odpornosti obeh prevlek je bila potrjena tudi s testom v slani-vlažni komori, saj je prevleka na osnovi Si/Zr ostala stabilna več kot 500 ur (slika 8).

Predstavljeni rezultati potrjujejo pomembno korelacijo med EIS- in XPS-podatki ter so ključni za oceno porazdelitve korozijskih produktov aluminija in degradacije prevleke. S hibridnimi prevlekami na osnovi Si/Zr smo dosegli boljšo zaporno protikorozijsko zaščito in manjšo degradacijo prevleke na površini aluminija. Zato lahko prevleke, pripravljene v optimiziranih pogojih, uvrščamo med pomembne možnosti zamenjave protikorozijskih zaščit na osnovi kromatov. Študija je bila izvedena v sodelovanju z raziskovalci iz CNRS, Chimie ParisTech, Francija.

### 3.3. Hibridne sol-gel prevleke z aktivno protikorozijsko zaščito

V sodelovanju z raziskovalci s Tehnične univerze v Delftu na Nizozemskem, Univerze Vrije in Bruslju v Belgiji in Univerze Complutense v Madridu v Španiji smo proučevali učinek predobdelave na nanos sol-gel prevleke. Silanske sol-gel prevleke, nanesene na aluminij in aluminijeve zlitine, smo obsežno raziskali kot protikorozijsko zaščito in kot vezivo med substratom in nadaljnjimi zaščitnimi plastmi. Ta študija je poskušala raziskati učinek površinske kemijske obdelave pred nanosom sol-gela na medfazne adhezijske lastnosti hibridne sol-gel prevleke. Uporabili smo različne predobdelave površine, vključno z dvema abrazivnima obdelavama in tremi kemičnimi predobdelavami, ter ocenili njihov učinek na sestavo in hrapavost površine. Površine smo karakterizirali s tehnikami SEM, XPS, meritvami hrapavosti in z merjenjem kontaktnih kotov. Na aluminij smo nanesli tudi hibridne sol-gel prevleke z dodatkom cerijevega nitrata, ki smo jim nato ovrednotili oprijemljivost s testom adhezije. Čeprav so bile najvišje vrednosti oprijema dosežene na bolj grobih površinah, je analiza pokazala, da je adhezija med hidroksilirano površino in prevleko najmočnejša.

Anodni film in hibridna sol-gel prevleka z dodatkom zaviralca korozije sta bila ocenjena kot dobra strategija za izboljšanje zaporne in aktivne zaščite pred korozijo aluminijeve zlitine 2024-T3. Vzorci AA2024-T3 so bili eloksirani v modificirani kopeli z žveplovocitransko kislino (SCA) kot prvi sloj protikorozijskega večplastnega sistema in nato zaščiteni z nanosom hibridnih sol-gel prevlek. Te prevleke so bile dopirane z LiNO<sub>3</sub> in Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> kot zaviralcema korozije. Njihovo morfologijo, sestavo in zaščito pred korozijo smo primerjali s sol-gel prevleko brez zaviralcev, in sicer na nepoškodovanih in namenoma poškodovanih vzorcih. Anodizirani AA2024-T3 s prekrivno sol-gel prevleko brez zaviralcev je pokazal največjo impedančno vrednost med dolgotrajno potopitvijo v 0,1 M raztopini NaCl. Z dodajanjem litijeve in cerijeve soli v hibridno sol-gel prevleko dosežemo

**Prof. Anton Kokalj je bil med organizatorji e-šole MaX e-School on Advanced Materials and Molecular Modeling with Quantum ESPRESSO, ki je potekala na spletu od 17. do 28. maja 2021 in je bila predvajana tudi na YouTube. E-šola je študentom predstavila teorijo gostotnega funkcionala, programski paket Quantum ESPRESSO in visoko zmogljivo računalništvo.**

aktivno zaščito pred korozijo, medtem ko hibridna sol-gel prevleka brez zaviralca korozije aktivne zaščite ne izkazuje. Med dolgotrajnim potopnim testom v 0,5 M raztopini NaCl je sol-gel prevleka, dopirana s Ce, izkazovala višjo stopnjo aktivne korozijske zaščite kot prevleka, ki vsebuje Li. Sedanje ugotovitve razkrivajo, da kombinacija anodnih/hibridnih sol-gel plasti na AA2024-T3 izboljša protikorozijsko zaščitne lastnosti zapornih lastnosti glede na posamezne plasti, vključitev korozijskih zaviralcev, kot sta Li in Ce, pa zagotavljata aktivno zaščito pred korozijo.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Kokalj A., Lozinšek M., Kapun K., Taheri P., Neupane Sh., Losada-Pérez P., Xie C., Stavber S., Crespo D., Renner F. U., Mol A., Milošev I., Simplistic correlations between molecular electronic properties and inhibition efficiencies: Do they really exist?, *Corros. Sci.*, 2021, **179**, 108856
2. Milošev I., Kokalj A., Poberžnik M., Carrière Ch., Zimerl D., Iskra J., Nemes A., Szabó D., Zanna S., Seyeux A., Costa D., Rábai J., Marcus P., The effects of perfluoroalkyl and alkyl backbone chains, spacers, and anchor groups on the performance of organic compounds as corrosion inhibitors for aluminum investigated using an integrative experimental-modeling approach, *J. Electrochem. Soc.*, 2021, **168**, 7, 071506
3. Spajić I., Rodič P., Šekularac G., Lekka M., Fedrizzi L., Milošev I., The effect of surface preparation on the protective properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and HfO<sub>2</sub> thin films deposited on cp-titanium by atomic layer deposition, *Electrochim. Acta*, 2021, **366**, 137431
4. Kozlica Dž. K., Kokalj A., Milošev I., Synergistic effect of 2-mercaptobenzimidazole and octylphosphonic acid as corrosion inhibitors for copper and aluminium: an electrochemical, XPS FTIR and DFT study, *Corros. Sci.*, 2021, **182**, 109082
5. Rodič P., Zanna S., Milošev I., Marcus P., Degradation of sol-gel acrylic coatings based on Si and Zr investigated using electrochemical impedance, infrared and X-ray photoelectron spectroscopies, *Front. Mater.*, 2021, **8**, 756447
6. Kokalj A., Costa D., Model study of penetration of Cl<sup>-</sup> ions from solution into organic self-assembled-monolayer on metal substrate, *J. Electrochem. Soc.*, 2021, **168**, 7, 071508

### Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Virtualna šola z naslovom *MaX e-School on Advanced Materials and Molecular Modeling with Quantum ESPRESSO* je potekala od 17. do 28. maja 2021. E-šola sta organizirala SISSA in ICTP v sodelovanju z različnimi mednarodnimi institucijami – CINECA, CECAM, Institut "Jožef Stefan", Arnes in Univerza v Šanghaju, vse pod okriljem MaX CoE in Fundacije Quantum ESPRESSO. Namen šole je bil udeležencem predstaviti napredno molekularno modeliranje in modeliranje materialov s programskim paketom Quantum ESPRESSO. Na šoli so bili obravnavani tako osnovni koncepti kot nedavni razvoj s poudarkom na metodah, ki temeljijo na teoriji gostotnega funkcionala (DFT) in visoko zmogljivem računalništvu (HPC), s posebnim poudarkom na nastajajočih arhitekturah, ki temeljijo na GPGPU. Na e-šolo se je prijavilo **rekordno število udeležencev**, skoraj 1300 registracij je prispelo iz 92 držav za 120 razpoložljivih mest.

### Nagrade in priznanja

1. Matjaž Dlouhy, prva nagrada za najboljše študentsko predavanje, z naslovom *The effect of corrosion relevant species on the adsorption of imidazole on copper* na srečanju Slovenskega kemijskega društva Slovenski kemijski dnevi 2021, 22.-24. september 2021.

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. COST CA17126: Razumevanje in modeliranje intenzivnih elektronskih vzbujačij  
COST Association  
prof. dr. Anton Kokalj
2. H2020 - mCBEEs; Napredne integrativne rešitve korozijskih problemov na sub-mikro skali: dolgoročna zaščita miniaturiziranih biomedicinskih, elektronskih in energetskih sistemov  
European Commission  
prof. dr. Ingrid Milošev
3. H2020 - MAMI; Magnetizem in mikrohidrodinamika  
European Commission  
prof. dr. Ingrid Milošev
4. H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi  
European Commission  
prof. dr. Ingrid Milošev
5. DCOIN: Razčlenjenje korozije in njene inhibicije  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Matic Poberžnik

## PROGRAMA

1. Kemija za trajnostni razvoj  
doc. dr. Peter Rodič
2. Napredni materiali za nizkoogljično in trajnostno družbo  
prof. dr. Ingrid Milošev

## PROJEKTI

1. Multidisciplinarni pristop k razvoju novega, večfunkcijskega heterogenega katalizatorja za učinkovito pretvorbo H<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub> plinskih mešanic v dodatke gorivom in nadomestke prof. dr. Anton Kokalj
2. Razvoj sodobnih nanostrukturiranih katalizatorjev za hidrogenacijo ogljikovega dioksida v metanol  
prof. dr. Anton Kokalj
3. Določevanje struktur spojin žlahtnih plinov s 3D elektronsko difrakcijo  
prof. dr. Anton Kokalj
4. Fotokatalitsko čiščenje vode - razvoj pritrjenih katalizatorjev in kompaktnih reaktorjskih sistemov  
doc. dr. Peter Rodič
5. ELME - Ekološki laboratorij z mobilno enoto  
doc. dr. Peter Rodič

## OBISKI

1. dr. Emilie Gaudry, Institut Jean Lamour, University of Lorraine, Nancy, Francija, 2. 8.-6. 8. 2021
2. Thiago Trevizam Dorini, Institut Jean Lamour, University of Lorraine, Nancy, Francija, 2. 8.-12. 8. 2021
3. dr. Florian Brix, Institut Jean Lamour, University of Lorraine, Nancy, Francija, 2. 8.-6. 8. 2021

13. Matjaž Dlouhy: The effect of corrosion relevant species on the adsorption of imidazole on copper, 21. 9. 2021
14. Ana Kraš: In attempt to better understand the mechanism of zirconium conversion coating formation, 24. 9. 2021
15. Nikolina Lešič: The effect of magnetic field and different electrolytes on the electrochemical behavior of NdFeB and SmFeN magnets and their metal components, 27. 9. 2021
16. Uroš Grošelj: Nobelove nagrade za kemijo v letu 2021, 23. 11. 2021
17. Erik Gregori: Compartment modeling approach: Application to epidemiology, 13. 12. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA

1. Nikolina Lešič: Production of injection and compression molded NdFeB and SmFeN magnets, 17. 2. 2021
2. Peter Rodič: Protikorozijska zaščita Al in Al zlitin s hibridnimi sol-gel prevlekami, 12. 3. 2021
3. Sumit Sharma: Studying the adsorption behavior of corrosion inhibitors at metal-water interfaces using molecular simulation, 14. 4. 2021
4. Anton Kokalj: Molekularno modeliranje kot orodje za razumevanje interakcij molekule in površine, 4. 6. 2021
5. Žan Gostečnik: Sinteza kleščastih ligandov in njihovih kompleksov s kovinami prehoda, 14. 6. 2021
6. Emilie Gaudry: Complex intermetallic compounds: from surface structures to surface properties, 4. 8. 2021
7. Florian Brix: Genetic algorithm and machine learning for surface properties predictions, 5. 8. 2021
8. Thiago Trevizam Dorini: Complexity at the metal/oxide interface: theoretical investigation at the atomic scale, 11. 8. 2021
9. Ivan Spajčić: Effect of temperature on deposition of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and HfO<sub>2</sub> thin films on titanium and stainless steel by atomic layer deposition; material properties and biocompatibility assessment, 13. 9. 2021
10. Erik Gregori: Molekularno modeliranje prepustnosti intrinzičnih točkovnih defektov v grafenu za difuzijo preprostih plinov, 15. 9. 2021
11. Žan Gostečnik: Durable corrosion protection of AA7075-T6 using hybrid sol-gel coatings, 21. 9. 2021
12. Lea Gašparič: DFT study of hydrogen adsorption on Pt nanoparticles supported on graphene and TiON, 21. 9. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH IN STROKOVNIH ZBOROVANJIH

1. P. Rodič, A. Kraš, B. Kapun, I. Milošev, 14. mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 7. 10. 2021
2. I. Spajčić, I. Milošev: 1<sup>st</sup> CrossNano Workshop: crossborder workshop in nanotechnology and nanoscience, 23.-25. 2. 2021, spletno
3. P. Rodič, B. Kapun, I. Milošev: 1<sup>st</sup> online Corrosion and Materials Degradation Web Conference, 17.-19. 5. 2021, spletno
4. P. Rodič, B. Kapun, I. Milošev: Cutting Edge 2021: scientific conference for young researchers: independent in science, 16. 9. 2021, spletno
5. P. Rodič, B. Kapun, I. Milošev, M. Dlouhy, L. Gašparič, A. Kokalj: Slovenski kemijski dnevi 2021, 22.-24. 9. 2021
6. L. Gašparič, A. Kokalj: 15<sup>th</sup> International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, 4<sup>th</sup> International Meeting Materials Science for Energy related Applications, 22.-23. 9. 2021, spletno
7. M. Dlouhy, A. Kokalj: 13. Študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in 15. dan mladih raziskovalcev (Konferenca KMBO), 27.-28. 5. 2021

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. dr. Matic Poberžnik, CNR-IOM (Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto Officina dei Materiali, Trst, Italija), 1. 1. 2021-31. 12. 2021 (podoktorsko izpopolnjevanje)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. prof. dr. Anton Kokalj, znanstveni svetnik
2. **prof. dr. Ingrid Milošev, znanstvena svetnica - vodja odseka**
3. doc. dr. Peter Rodič

### Podoktorski sodelavci

4. dr. Matic Poberžnik, začasna prekinitev 1. 1. 2021
5. dr. Gavrilo Šekularac, začasna prekinitev 1. 1. 2021

### Mlajši raziskovalci

6. Matjaž Dlouhy, mag. kem.
7. Lea Gašparič, mag. kem.

8. Erik Gregori, mag. inž. kem. inž.

9. Dževad Kozlica, Msc.

10. Ana Kraš, mag. appl. chem., R. Hrvaška

11. Nikolina Lešič, mag. chem., R. Hrvaška

12. Ivan Spajčić, mag. inž. kemijskog inženjerstva, Hrvaška

### Strokovni sodelavci

13. Barbara Kapun, dipl. inž. kem. tehnol.

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
2. Univerza v Novi Gorici, Laboratorij za raziskavo materialov

3. Ortopedska bolnišnica Valdoltra, Ankaran
4. Kemijski inštitut, Ljubljana
5. Center odličnosti CIPKeBiP, Ljubljana
6. Center odličnosti Nanocenter
7. Talum, d. d., Kidričevo
8. Helios, d. d., Količevo
9. Trimco, d. o. o., Trebnje
10. Hidria, d. o. o., Ljubljana
11. Kolektor Group, d. o. o., Idrija
12. Alkemika, d. o. o., Celje
13. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, Piran
14. Chemcolor, Sevnica
15. Jub, d. o. o., Dol pri Ljubljani
16. Gabrijel Aluminium, Grosuplje
17. University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Zagreb, Hrvaška
18. CNR-IOM DEMOCRITOS National Simulation Center, Trst, Italija
19. SISSA/ISAS - International School for Advanced Studies, Trst, Italija
20. CNR, Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari, Milano, Italija
21. University of Udine, Polytechnic Department of Engineering and Architecture, Italija
22. University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Srbija
23. University of Belgrade, Faculty of Physical Chemistry, Srbija
24. University of Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Department of Materials Science and Engineering, Nemčija
25. The Ohio University, Fontana Corrosion Center, Columbus, ZDA
26. Hasselt University, Institute for Materials Research, Hasselt, Belgija
27. National University of Mar del Plata, INTEMA, Conicet, Argentina
28. Universidad Nacional de Cordoba, Cordoba, Argentina
29. Universitat Politècnica de Catalunya, Department of Physics, Barcelona, Španija
30. Delft University of Technology, Materials Science and Engineering, Nizozemska
31. CNRS, Chemie ParisTech, PSL University, Institut de Recherche de Chimie Paris, Francija
32. Eötvös Loránd University, Budimpešta, Madžarska
33. Institut Jean Lamour & Université de Lorraine, Francija
34. Bay Zoltán Nonprofit Ltd. for Applied Research LTD, Budimpešta, Madžarska
35. Joanneum Research Materials, Niklasdorf, Avstrija

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Njomza Ajvazi, Stojan Stavber, "Direct cross-coupling of alcohols with O-nucleophiles mediated by N-iodosuccinimide as a precatalyst under mild reaction conditions", *Catalysts*, 2021, **11**, 7, 858. [COBISS.SI-ID 71453955]
2. Anton Kokalj *et al.* (12 avtorjev), "Simplistic correlations between molecular electronic properties and inhibition efficiencies: do they really exist?", *Corrosion science*, 2021, **179**, 108856. [COBISS.SI-ID 24309251]
3. Anton Kokalj, "On the alleged importance of the molecular electron-donating ability and the HOMO-LUMO gap in corrosion inhibition studies", *Corrosion science*, 2021, **180**, 109016. [COBISS.SI-ID 42646787]
4. Dževad Kozlica, Anton Kokalj, Ingrid Milošev, "Synergistic effect of 2-mercaptobenzimidazole and octylphosphonic acid as corrosion inhibitors for copper and aluminium: an electrochemical, XPS, FTIR and DFT study", *Corrosion science*, 2021, **182**, 109082. [COBISS.SI-ID 45404675]
5. Anton Kokalj, "Molecular modeling of organic corrosion inhibitors: calculations, pitfalls, and conceptualization of molecule-surface bonding", *Corrosion science*, 2021, **193**, 109650. [COBISS.SI-ID 84887299]
6. Anton Kokalj, Chenyang Xie, Ingrid Milošev, Daniel Crespo, "How relevant are molecular electronic parameters for predicting corrosion inhibition efficiency: imidazoles as corrosion inhibitors of Cu/Zr materials in NaCl solution", *Corrosion science*, 2021, **193**, 109900. [COBISS.SI-ID 83222787]
7. Ivan Spajić, Peter Rodič, Gavrilo Šekularac, Maria Lekka, Lorenzo Fedrizzi, Ingrid Milošev, "The effect of surface preparation on the protective properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and HfO<sub>2</sub> thin films deposited on cp-titanium by atomic layer deposition", *Electrochimica Acta*, 2021, **366**, 137431. [COBISS.SI-ID 37347587]
8. Peter Rodič, Maria Lekka, Francesco Andreatta, Ingrid Milošev, Lorenzo Fedrizzi, "The synergistic effect of cerium acetate and sodium sulphate on corrosion inhibition of AA2024-T3 at various temperatures", *Electrochimica Acta*, 2021, **370**, 137664. [COBISS.SI-ID 47400707]
9. Peter Rodič, Sandrine Zanna, Ingrid Milošev, Philippe Marcus, "Degradation of sol-gel acrylic coatings based on Si and Zr investigated using electrochemical impedance, infrared and X-ray photoelectron spectroscopies", *Frontiers in materials*, 2021, **8**, 756447. [COBISS.SI-ID 83839235]
10. Anton Kokalj, Žiga Zupaneč, Melita Tramšek, Gašper Tavčar, "Coordination of a neutral ligand to a metal center of oxohalido anions: fact or fiction?", *Inorganic chemistry*, 2021, **60**, 16, 11932-11947. [COBISS.SI-ID 76786435]
11. Chenyang Xie, Ingrid Milošev, Frank Renner, Anton Kokalj, Pere Bruna, Daniel Crespo, "Corrosion resistance of crystalline and amorphous CuZr alloys in NaCl aqueous environment and effect of corrosion inhibitors", *Journal of alloys and compounds*, 2021, **879**, 160464. [COBISS.SI-ID 65108739]
12. Boštjan Žener, Lev Matoh, Peter Rodič, David Škufca, Ester Heath, Urška Lavrenčič Štangar, "Removal of 18 bisphenols co-present in aqueous media by effectively immobilized titania photocatalyst", *Journal of environmental chemical engineering*, 2021, **9**, 6, 106814. [COBISS.SI-ID 87911683]
13. Matevž Topolovec, Ingrid Milošev, Andrej Cör, "Outcome after two sequential revision hip arthroplasties for CoC bearing Fracture with 10 years follow-up: a case report", *Journal of orthopaedic case reports*, 2021, **11**, 7, 45-48. [COBISS.SI-ID 77288451]
14. Dževad Kozlica, Jernej Ekar, Janez Kovač, Ingrid Milošev, "Roles of chloride ions in the formation of corrosion protective films on copper", *Journal of The Electrochemical Society*, 2021, **168**, 3, 031504. [COBISS.SI-ID 54139907]
15. Shova Neupane *et al.* (11 avtorjev), "Study of mercaptobenzimidazoles as inhibitors for copper corrosion: down to the molecular scale", *Journal of The Electrochemical Society*, 2021, **168**, 5, 051504. [COBISS.SI-ID 64251395]
16. Ingrid Milošev, Anton Kokalj *et al.* (13 avtorjev), "The effects of perfluoroalkyl and alkyl backbone chains, spacers, and anchor groups on the performance of organic compounds as corrosion inhibitors for aluminum investigated using an integrative experimental-modeling approach", *Journal of The Electrochemical Society*, 2021, **168**, 7, 071506. [COBISS.SI-ID 71407875]
17. Anton Kokalj, Dominique Costa, "Model study of penetration of Cl<sup>-</sup> ions from solution into organic self-assembled-monolayer on metal substrate: Trends and modeling aspects", *Journal of The Electrochemical Society*, 2021, **168**, 7, 071508. [COBISS.SI-ID 66705667]
18. Ivan Spajić, Ehsan Rahimi, Maria Lekka, Ruben Offoiach, Lorenzo Fedrizzi, Ingrid Milošev, "Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and HfO<sub>2</sub> atomic layers deposited in single and multilayer configurations on titanium and on stainless steel for biomedical applications", *Journal of The Electrochemical Society*, 2021, **168**, 7, 071510. [COBISS.SI-ID 71220227]
19. Thiago T. Dorini, Florian Brix, Corentin Chatelier, Anton Kokalj, Émilie Gaudry, "Two-dimensional oxide quasicrystal approximants with tunable electronic and magnetic properties", *Nanoscale*, 2021, **13**, 24, 10771-10779. [COBISS.SI-ID 67139843]
20. Shova Neupane *et al.* (13 avtorjev), "A model study on controlling dealloying corrosion attack by lateral modification of surfactant inhibitors", *npj Materials degradation*, 2021, **5**, 29. [COBISS.SI-ID 65365763]
21. Damir Hamulić, Peter Rodič, Ingrid Milošev, "The influence of length of alkyl chain on the chemical structure and corrosion resistance of silica-polyacrylic hybrid coatings on structural steel", *Progress in organic coatings*, 2021, **150**, 105982. [COBISS.SI-ID 34061571]

22. Ruben del Olmo, Urša Tiringar, Ingrid Milošev, Peter Visser, Raul Arrabal, Endzhe Matykina, Johannes M. C. Mol, "Hybrid sol-gel coatings applied on anodized AA2024-T3 for active corrosion protection", *Surface & coatings technology*, 2021, **419**, 127251. [COBISS.SI-ID 64254979]
23. Urša Tiringar, Joost Pieter Bernard van Dam, Shoshan Abrahami, Herman A. Terry, Janez Kovač, Ingrid Milošev, Johannes M. C. Mol, "Scrutinizing the importance of surface chemistry versus surface roughness for aluminium/sol-gel film adhesion", *Surfaces and interfaces*, 2021, **26**, 101417. [COBISS.SI-ID 75238403]

## KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

1. Dževad Kozlica, Ingrid Milošev, "Technical note: Does Cr<sup>6+</sup> really exist? Difference between charge and oxidation state and how to record them", *Corrosion*, 2021, **77**, 7, 696-699. [COBISS.SI-ID 69768707]

## STROKOVNI ČLANEK

1. Ingrid Milošev, Peter Rodič, Darko Malnarič, "Čiščenje površine kovine s suhim ledom kot alternativa kemičnemu čiščenju", *IRT 3000: inovacije, razvoj, tehnologije*, 2021, **16**, 5, 54-57. [COBISS.SI-ID 65255939]

## SAMOSTOJNA ZNANSTVENA SESTAVKA ALI POGLAVJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Bojan Božič, Klara Čebular, Stojan Stavber, "Metal-free and acid-free activation of carbonyl moiety using molecular Halogens or N-halamines", V: *Advances in organic synthesis*, 2021, **15**, 1-97. [COBISS.SI-ID 83022339]
2. Ingrid Milošev, Vesna Levašič, Simon Kovač, Tarvo Sillat, Sannakaisa Virtanen, Veli-Matti Tiainen, Rihard Trebše, "Metals for joint replacement", V: *Joint replacement technology*, (Woodhead publishing series in biomaterials), Elsevier, 2021, 65-122. [COBISS.SI-ID 72546051]

## ENCIKLOPEDIJA, SLOVAR, LEKSIKON, PRIROČNIK, ATLAS, ZEMLJEVID

1. Vesna Levašič, Ingrid Milošev, Rihard Trebše, *Angleško-slovenski slovar ortopedskih izrazov*, (Termania), Amebis, 2021. [COBISS.SI-ID 65079555]

**Odsek za elektronsko keramiko raziskuje sintezo, lastnosti in uporabo keramičnih materialov za elektroniko in energetiko, pretežno kompleksnih materialov in struktur, ki lahko opravljajo več funkcij (multifunkcijski materiali). To so predvsem piezoelektriki, feroelektriki, relaksorji, multiferoiki, prevodni oksidi, nizko dimenzionalni magneti in kupratni superprevodniki. Poudarek raziskav je na kreiranju lastnosti s sintezo in strukturo na nano-, mikro- in makroravni. Raziskujemo tudi osnove procesov za pripravo senzorjev tlaka, keramičnih mikroelektromehanskih sistemov (MEMS) in fleksibilne elektronike.**



Vodja:

**prof. dr. Barbara Malič**

Nadaljevali smo raziskave na področju okolju prijaznih piezoelektrikov brez svinca. V sodelovanju s kolegi s Tehniške univerze Darmstadt v Nemčiji smo pri sobni temperaturi proučevali deformacijo feroelektričnega monokristala  $\text{KNbO}_3$  v orientacijah [101] in [101]. Mehanske dislokacije in strukturo feroelektričnih domen smo raziskali z mikroskopom na atomsko silo s piezoelektričnim modulom (PFM). Rezultati kažejo, da dislokacije delujejo kot mesta nukleacije in pripenjanja za feroelektrične domene, kar vodi do lokalnega povečanja gostote feroelektričnih domenskih sten.

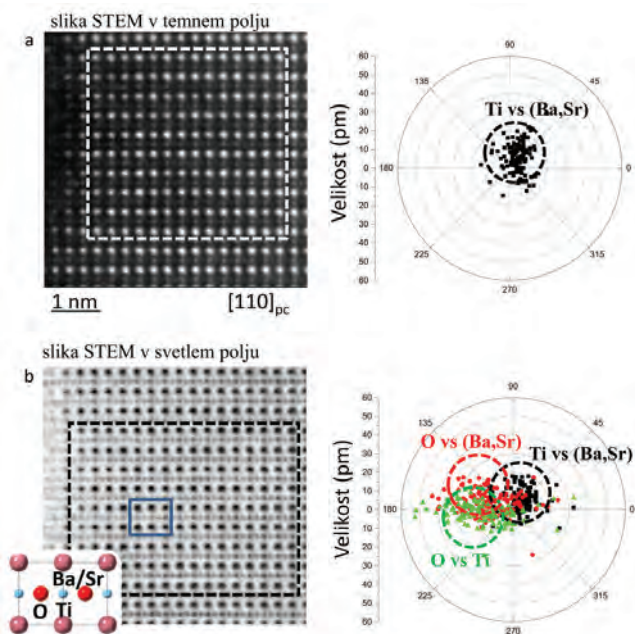
Nadaljevali smo raziskave polikristaliničnega  $\text{BiFeO}_3$ . Izvedli smo primerjalno strukturo študijo nenabitih in nabitih domenskih sten (DS) v keramiki  $\text{BiFeO}_3$  s pomočjo vrstične preseвне elektronske mikroskopije na atomski ravni. Pokazali smo, da nenabite stene tipa {100} v psevdokubični formulaciji (pc) izkazujejo večje lokalne napetosti kot nabite stene, kar je posledica intrinzične mrežne deformacije. Ker je bilo eksperimentalno dokazano, da se domenske stene tipa {100}pc bistveno razlikujejo po porazdelitvi napetosti in strukturi, domnevamo, da se bodo pri preklapljanju pod poljem različno obnašale.

Skupaj s kolegi z Univerze za znanost in tehnologijo, Trondheim, Norveška, smo objavili pregledni članek o lastnostih domenskih sten pod izmeničnim tokom (AC), ki vključuje tudi naše delo o vplivu prevodnosti domenskih sten na makroskopski piezoelektrični odziv keramike  $\text{BiFeO}_3$ .

V sodelovanju z raziskovalci s Kemijskega inštituta, EPFL, Lozana, Švica, Centra za materiale Leoben, Avstrija, in tokijskega inštituta za tehnologijo, Japonska, smo z uporabo vrstične preseвне elektronske mikroskopije z atomsko ločljivostjo, dopolnjene z ramansko spektroskopijo, razkrili in kvantitativno opisali statične 2–4 nm velike polarne skupke v nominalno nepolarnih kubičnih fazah keramike na osnovi barijevega titanata. Ti rezultati so pomembni za razumevanje strukture neurejenih materialov na atomski ravni in lahko pomagajo razjasniti dvomnosti glede dinamične in statične narave polarnih nanoskupkov [slika 1].

Piezoelektrična keramika brez svinca  $(\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2})\text{TiO}_3\text{--BaTiO}_3$  (NBT-BT) je zanimiva za močnostne piezoelektrične aplikacije, kjer je utrjevanje elektromehanskega odziva izjemnega pomena. V sodelovanju s kolegi s Tehniške univerze Darmstadt v Nemčiji smo izvedli študijo keramike NBT-BT, katere cilj je bil ugotoviti učinkovitost utrjevanja s tako imenovanim kompozitnim pristopom. Z vključki druge faze, v tem primeru ZnO, smo dosegli pripenjanje domenskih sten ter tako zmanjšali njihovo gibljivost in s tem povezane izgube. Z meritvami polarizacije pri višjih harmonikah, ki smo jih izvedli v našem laboratoriju, smo izjemno temperaturno stabilnost mehanskega faktorja kakovosti v kompozitih NBT-BT/ZnO razložili kot posledico robustnega mehanskega pripenjanja, ki ga vključki omogočajo.

V sodelovanju s kolegi z Univerze Friedrich-Alexander, Erlangen-Nürnberg, Nemčija, smo z mikroskopom na atomsko silo s piezoelektričnim modulom (PFM) in preseвної elektronske mikroskopije raziskovali domensko strukturo keramike  $(\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2})\text{TiO}_3$ . V vzorcu, ki je bil izpostavljen dovolj visokemu električnemu polju, smo opazili jasno preklapljanje feroelektričnih domen, medtem ko je domenska struktura vzorcev, izpostavljenih enosmernemu tlaku do 750 MPa, ostala nespremenjena.



**Slika 1:** Slika STEM v temnem (a) in svetlem (b) polju  $\text{Ba}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{TiO}_3$  v conski osi [110] s pripadajočima polarinima grafikona premikov, kjer je opazna ločitev gravitacijskih centrov med kationi in anioni. V primeru kubične strukture bi gravitacijski centri kationov in anionov sovpadali. Premiki Ti proti (Ba, Sr), O proti Ti in O proti (Ba, Sr) so bili določeni iz STEM-slik glede na položaje teh atomov v idealni kubični strukturi. Črtkana pravokotnika na slikah a in b označujeta območji, s katerih so bili premiki določeni.



**Doktorska študenta Oana-Andreea Condurache in Matej Šadl sta na mednarodnih konferencah prejela skupaj štiri nagrade za predstavitev rezultatov iz njunih doktorskih študij.**

V feroelektrikih so mehanizmi utrjevanja z akceptorskim dopiranjem običajno povezani s pripenjanjem domenskih sten na kisikovih vrzelih. V relaksorskih feroelektrikih na osnovi svinca so ti mehanizmi zapleteni zaradi napolarne strukture teh materialov in njihovega dinamičnega prispevka k elektromehanskim lastnostim. Da bi osvetlili to vprašanje, smo sistematično raziskali učinke utrjevanja v  $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$  (PMN-PT) z dopiranjem z Mn. Ugotovili smo, da je pripenjanje domenskih sten v povezavi s kisikovimi vrzelmi podobno v ergodičnih in neergodičnih relaksorskih fazah PMN-PT. Z znižanjem temperature zmrzovanja je bilo ugotovljeno, da dopiranje z Mn omogoča učinkovit pristop k izboljšanju toplotne stabilnosti elektrokaličnega odziva.

Raziskovali smo spremembe med polarizacijo relaksorske feroelektrične keramike PMN-PT okoli morfotropne fazne meje. Zanimalo nas je, kako način polarizacije vpliva na piezoelektrični in dielektrični odziv ter na odziv kristalne mreže in feroelektričnih domen. Ugotovili smo, da je za sestave na monoklinski (M) strani faznega diagrama polarizacija z izmeničnim električnim poljem (polarizacija AC) učinkovitejša od konstantnega električnega polja (polarizacija DC), saj dosežemo primerljive vrednosti koeficienta  $d_{33}$  s precej nižjimi polji kot pri polarizaciji DC. Ta rezultat so še dodatno podprle *in situ* rentgenske meritve M sestave PMN-30PT. Nadalje smo ugotovili, da ima faza Cm M nizkokotne nanodomenske stene in kaže postopno kaskadno gibanje domenskih sten, ki se začne že pri nizkih poljih ( $\sim 2$  kV/cm) in doseže nasičenje približno pri 15 kV/cm, kar prispeva k velikim napetostim v materialu. Tetragonalni podobna – M faza izkazuje nenadno preklapljanje domen pri koercitivnem polju, brez opazne deformacije kristalne rešetke do 30 kV/cm.

V sodelovanju s kolegi z Odseka za fiziko trdne snovi, IJS, in s Tehniške univerze Darmstadt, Nemčija, smo proučili **elektrokalične (EK) lastnosti** keramike  $0,9\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-}0,1\text{PbTiO}_3$  (PMN-10PT). Keramiko smo pripravili po dveh metodah, s konvencionalno kolumbitno metodo in z mehanokemijsko sintezo. Mehanokemijsko sintetizirani vzorci so vzdržali električno polje do 115 kV/cm brez preboja, kar je omogočilo doseganje zelo visokih

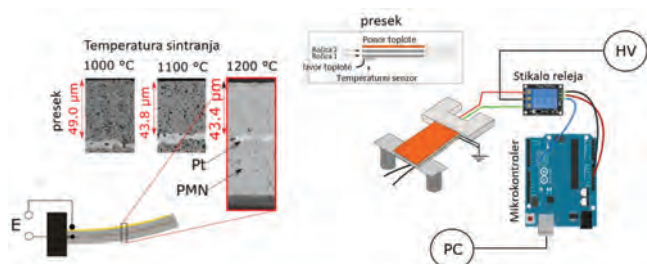
EK temperaturnih sprememb ( $\Delta T_{\text{EK}} = 2,37$  K pri temperaturi 107 °C). Nasprotno je keramika, pripravljena s kolumbitno sintezo, lahko prenesla električna polja do  $\sim 60$  kV/cm in je zato izkazovala veliko nižjo  $\Delta T_{\text{EK}}$ . Podroben pregled mikrostrukture je razkril, da ta keramika vsebuje sekundarno fazo na stičiščih zrn, ki olajša pot električnemu toku. Po drugi strani so v PMN-10PT, pripravljenem z mehanokemijsko sintezo, meje med zrni čiste, v perovskitnih zrnih so prisotni vključki MgO. Te mikrostrukturne značilnosti prispevajo k višjemu prebojnemu polju mehanokemijsko sintetizirane keramike.

Kljub izzivom izvedbe ostaja EK hlajenje obetavna tehnologija zaradi možnosti povečevanja in velike učinkovitosti. Izdelali smo večfunkcijske strukture, sestavljene iz ročic relaksorske feroelektrične keramike PMN-PT, zloženih v kaskado, ter tako pripravili napravo za potrditev koncepta. Med testiranjem se je izkazalo, da je ključni element, ki vpliva na delovanja naprave, slab prenos toplote čez stike ročic. Študija je tako jasno pokazala, da se bo za učinkovito EK delovanje kaskadnih struktur treba osredotočiti na znižanje toplotnega kontaktnega upora [slika 2].

S sodelavci z Univerze McMaster, Kanada, Nacionalnega Laboratorija Oakridge, ZDA, in avstralskega sinhrotrona (ANSTO Avstralija) smo nadaljevali raziskave na **kupratnih superprevodnikih**,  $\text{La}_{1,6-x}\text{Nd}_{0,4-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  (Nd-LSCO). Najprej smo z resonančnim rentgenskim sipanjem (angl. resonant X-ray scattering) merili razvoj elektronske nematičnosti in urejenost gostote naboja z dopiranjem z vrzeli. Ugotovili smo, da je elektronska nematičnost – rotacijski zlom simetrije elektronske strukture – povezana s pojavom faze psevdno reže. Nd-LSCO izkazuje znatno zmanjšanje elektronske nematičnosti, bodisi z naraščanjem temperature do točke pojava faze psevdno reže na faznem diagramu bodisi z naraščanjem dopiranja skozi kvantno kritično točko psevdno reže.

Poleg tega smo z meritvami elastičnega in neelastičnega nevtronskega sipanja na monokristalih z  $x = 0.125, 0.19, 0.24$  in  $0.26$  pokazali, da se dvodimenzionalne, kvazistatične, paralelne spinske črte pojavijo pri temperaturah, kjer se področje faze paralelnih spinskih črt razteza čez  $p^*$  in zajema superprevodna osnovna stanja v tem sistemu. Meritve 2D TN in začetka 2D paralelnih črt pri optimalnih in visokih vrednostih dopiranja z vrzeli v Nd-LSCO so nam omogočile dopolniti in dokončati fazni diagram za 2D paralelne črte in proučiti njihovo povezavo s superprevodnostjo.

Na področju **nizkodimenzionalnega magnetizma** smo nadaljevali študije **manganatov**. Izvedli smo sintezo, strukturno in magnetno karakterizacijo serije  $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_{1+x}\text{MnO}_{4+\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0,5$ ). Ugotovili smo, da vsak član serije  $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_{1+x}\text{MnO}_{4+\delta}$  izkazuje enako obnašanje spinskega



*Slika 2: Večnamenske konzole kot delovni elementi v polprevodniških hladilnih napravah: Mikrostruktura prečnega prereza konzol, sestavljenih iz dveh keramičnih plasti  $\text{Pb}(\text{Mg,Nb})\text{O}_3$  in platine, sintranih pri različnih temperaturah. Po priključitvi električnega polja (E) na zgornjo plast konzole se ta upogne, kot je shematično prikazano spodaj. Desno je prikazana eksperimentalna postavitve za testiranje naprave kot dokaz delovanja koncepta s konzolami, razporejenimi v kaskadno strukturo.*

**Prof. dr. Goran Dražić je prejel Zoisovo nagrado za vrhunske dosežke na področju preseвне elektronske mikroskopije materialov.**

stekla, kot je bilo prej ugotovljeno za  $x = 0,2$ . Pokazalo se je, da se  $T_g$  spreminja z naraščajočim  $x$  in doseže maksimalno vrednost  $26,4(4)$  K pri  $x = 0,20$  [slika 3].

Poleg tega smo z metodo rentgenske absorpcijske spektroskopije XANES (angl. X-ray absorption near edge structure) pokazali, da se oksidacijsko stanje mangana pri vzorcih  $Ba_{1-x}La_xMnO_{4+\delta}$  spreminja z naraščajočim  $x$ : za  $x \leq 0,2$  je mangan v oksidacijskem stanju  $+3,0(1)$ , medtem ko je za  $x > 0,2$  mangan v mešanem oksidacijskem stanju  $+2/+3$ . Izvor stanja spinskega stekla v seriji  $Ba_{1-x}La_xMnO_{4+\delta}$  kaže dva režima, ki sta odvisna od oksidacijskega stanja mangana.

V sodelovanju z Oddelkom za raziskave sodobnih materialov, IJS, smo raziskali domensko strukturo v tankih plasteh relaksorskega feroelektrika  $0,67Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-0,33PbTiO_3$  (PMN-33PT) na različnih podlagah. S PFM-analizo smo pokazali, da je domenska struktura tankih plasti PMN-33PT občutljiva na tlačne napetosti v plasteh. Namreč, plasti pod napetostmi, manjšimi od 1,1 %, izkazujejo relaksorsko obnašanje, medtem ko smo v plasteh pod višjimi napetostmi ( $> 1,9$  %) opazili feroelektrične domene. Dobljeni rezultati nakazujejo, da lahko z načrtovanjem napetosti v plasteh pripravimo vzorce z željenimi funkcijskimi lastnostmi.

S sodelavci Odseka za fiziko trdne snovi, IJS, Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani ter Nanocentra CENN smo proučevali oblikovanje nanostruktur oksidnih materialov z brizgalnim tiskalnikom z uporabo črnih na osnovi raztopin. Raziskali smo pomen mobilnosti kontaktne črte, bodisi pripete bodisi gibljive, na morfologijo tiskane nanostrukture, ki je lahko kupolasta, ravna ali obročasta. S prilagoditvijo sestave topila in kontrolo omakalnega kota črnila na podlagi je mogoče natisniti nanose enakomerne debeline v nanometrskem območju.

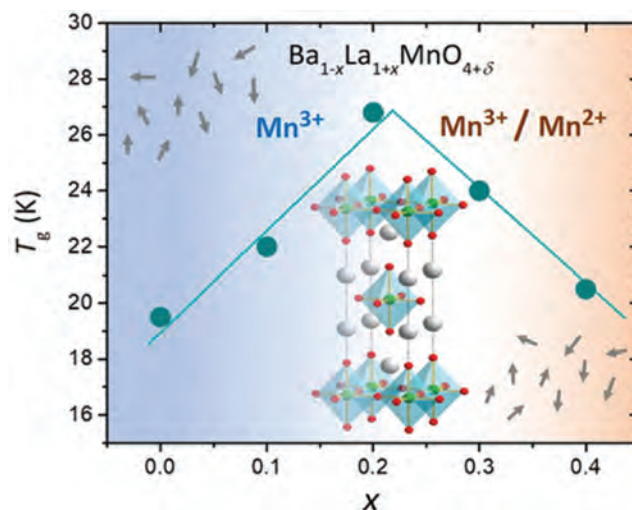
Na področju priprave feroelektričnih tankih plasti brez svinca s sintezo iz raztopin smo se osredotočili na trdne raztopine na osnovi barijevega titanata z izboljšanim fero- in piezoelektričnim odzivom.

Nadaljevali smo raziskave priprave debelih plasti okolju prijaznih piezoelektrikov na osnovi  $K_{0,5}Na_{0,5}NbO_3$  na keramičnih podlagah, ki so primerne za pridobivanje energije in za uporabo v ultrazvočnih pretvornikih. Raziskave so potekale v okviru projekta Proteus v sodelovanju z raziskovalci Univerze v Toursu, Tours, Francija.

Proučevali smo, kako sintranje v različnih atmosferah vpliva na strukturne, mikrostrukturne in funkcijske lastnosti  $\sim 30 \mu m$  debelih plasti  $K_{0,5}Na_{0,5}NbO_3$  (KNN), modificiranih z 0,38 mol%  $K_{5,4}Cu_{1,3}Ta_{10}O_{29}$  in 1 mol% CuO. Plasti smo s sitotiskom nanесли na platinizirane podlage aluminijevega oksida in sintrali pri  $1100^\circ C$  v kisiku ali na zraku z zasipom ali brez njega. Debele plasti, sintrane v kisiku, imajo piezoelektrični koeficient  $d_{33}$  64 pm/V in elektromehanski sklopitveni koeficient po debelini ( $k_3$ ) 43 % ter mehanske izgube, manjše od 0,5 %, zaradi česar so obetavni kandidati za okolju prijazne piezoelektrične zbiralnike energije.

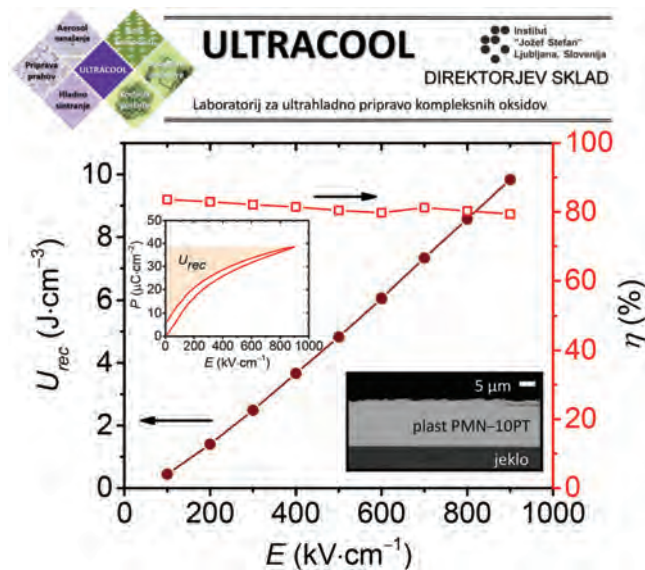
Nadaljevali smo raziskave debelih plasti z metodo nanosa v aerosolu v okviru Laboratorija za ultrahladno pripravo kompleksnih oksidov. Sredstva za postavitev laboratorija smo prejeli v okviru projekta ULTRACOOOL Direktorjevega sklada. Ukvarjali smo se z optimizacijo parametrov priprave debelih plasti  $0,9Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-0,1PbTiO_3$  (PMN-10PT) na nerjavnem jeklu. Nanešene plasti zdržijo električna polja do 900 kV/cm in izkazujejo obetavne lastnosti shranjevanja električne energije, namreč gostoto shranjene energije do  $7,0 J/cm^3$  in izkoristek do 70 %. Segrevanje plasti do  $500^\circ C$  med nanosom sprosti nastale napetosti, kar še dodatno izboljša gostoto shranjene energije na  $9,8 J/cm^3$  in izkoristek na 80 % [slika 4]. Omenjene lastnosti izkazujejo odlično temperaturno stabilnost do  $200^\circ C$  in stabilnost na ciklično obremenjevanje vzorcev z električnim poljem do 16 milijonov ciklov.

V sodelovanju z Laboratorijem za hlajenje in daljinsko energetiko Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani smo pripravili večplastne



Slika 3: Serija  $Ba_{1-x}La_xMnO_{4+\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0.4$ ) izkazuje redko obnašanje anizotropnega spinskega stekla. Temperatura, pri kateri spini zmrznejo, se spreminja z naraščajočim  $x$  in doseže najvišjo vrednost  $26,4(4)$  K pri  $x = 0,20$ . Oksidacijsko stanje mangana je prav tako odvisno od  $x$ .

**V izbor dosežkov Odlični v znanosti sta se na področju elektronskih komponent in materialov uvrstila prof. dr. Mojca Otoničar in prof. dr. Tadej Rojac, in sicer z razlago vpliva polarnega nereda na dinamiko elektromehanskega odziva relaksorskih materialov in objavo raziskave v prestižni reviji Advanced Functional Materials.**



Slika 4: Shranjevanje električne energije v debelih plasteh PMN-10PT, pripravljenih z metodo nanosa v aerosolu: gostota shranjene energije ( $U_{rec}$ ) in izkoristek ( $\eta$ ) v odvisnosti od električnega polja ( $E$ ). Spodaj desno: mikrostruktura vzorca, posneta z vrstičnim elektronskim mikroskopom. Zgoraj levo: meritve polarizacije ( $P$ ) v odvisnosti od  $E$ .

---

**Prof. dr. Barbara Malič je bila gostujoča  
sourednica posebne izdaje IEEE Transactions  
on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency  
Control o prispevkih žensk v raziskavah in  
razvoju feroelektrikov.**

---

kompozite. Kompoziti so bili sestavljeni iz plasti  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , ki so bile nanešene na magnetokalorično gadolinijevo podlago z metodo nanosa v aerosolu. Takšne keramično-kovinske večplastne strukture predstavljajo preprost, zanesljiv in finančno ugoden pristop za funkcionalizacijo in zaščito obstoječih magnetokaloričnih podlag.

V sklopu raziskav **hladnega sintranja** funkcijskih oksidov v laboratoriju **ULTRACOOL** smo poleg keramike  $\text{BiFeO}_3$  vključili (K,Na)  $\text{NbO}_3$  in kompozite s piezoelektričnimi polimeri (PVDF). Medtem ko optimizacija parametrov hladnega sintranja keramičnih materialov še poteka, so prve izmerjene elektromehanske lastnosti hladno sintrane keramike zelo obetavne in kažejo veliko perspektivo za uporabo v aktuatorjih in zbiralnikih energije. Predhodne študije kažejo, da so glavne prednosti hladnega sintranja poleg prihranka energije zaradi nizkotemperaturne obdelave visoka dielektrična prebojna trdnost, ki omogoča uporabo visokih napetosti, visoka dielektrična konstanta in nizke dielektrične izgube tako pripravljenih keramičnih materialov.

Miniaturni generator ozona v obliki **monolitne tridimenzionalne keramične strukture** je bil izdelan s tehnologijo Low-Temperature Co-fired Ceramic (LTCC) z uporabo električne razelektivne. Večplastna keramična struktura z dimenzijami  $63,6 \text{ mm} \times 41,8 \text{ mm} \times 1,3 \text{ mm}$  vključuje integrirane elektrode, zakopane kanale in votline mikrometrskih in milimetrskih dimenzij. Največja koncentracija ozona v napravi na osnovi LTCC je bila okoli 1,1 vol. % pri napetosti okoli 7 kV in pretoku kisika 10 ml/min. Njen izkoristek je primerljiv z veliko večjimi generatorji ozona, ki so na voljo na trgu. S tehnologijo LTCC smo izdelali 3D-strukture z zakopano votlino za radiofrekvenčno dielektrično segrevanje polarnih tekočin. Moč za segrevanje vode v votlini s prostornino 0,3 ml se giblje od 5 do 40 W. Ta nova možnost segrevanja bi lahko omogočila miniaturizacijo mikrofluidnih sistemov. Poleg tega smo materiale LTCC in keramiko z visoko temperaturo žganja (HTCC) testirali za izdelavo tridimenzionalnih močnostnih modulov. Z dvopolznim električnim testiranjem napajalnih modulov smo potrdili kakovost metalizacije, ožičenja in montaže v kombinaciji z izbranimi materiali. Raziskava je potekala v sodelovanju s podjetjem KEKO Oprema in Centrom odličnosti NAMASTE.

V okviru projekta **KET4CP Izdelava nevidnih plastičnih struktur na osnovi cenovno ugodnih prosojnih prevodnih oksidov iz raztopin s sitotiskom** smo s projektinima partnerjema RC eNeM in Inštitutom za fiziko trdne snovi iz Latvije razvili metodo izdelave prosojnih plasti na osnovi cinkovega oksida iz cenovno ugodnih raztopin, ki smo jih nanašali na steklo z metodo vrtenja ali sitotiska. Tanke plasti na osnovi ZnO debeline 150 nm, pripravljene s sitotiskom, so imele optično prepustnost nad 90 % in električno prevodnost 0,002 S/cm. Postopek priprave plasti s sitotiskom iz raztopin smo uspešno preizkusili v proizvodni liniji podjetja RC eNeM. Za izum so projektini partnerji prejeli srebrno priznanje Območne gospodarske zbornice Zasavje v letu 2021.

V sodelovanju z Odsekom za fiziko trdne snovi, IJS, smo proučevali spominski učinek večdomenskih delcev tekočerkristalnih elastomerov, dispergiranih v polimeru. Z analizo reološkega obnašanja disperzije v odvisnosti od temperature in strižne hitrosti smo dokazali, da lahko s strižno silo usmerimo in deformiramo mikrodelce tekočerkristalnega elastomera v polimeru.

V sodelovanju s kolegi z Odseka za fiziko trdne snovi, IJS, ter iz Maroka in Francije smo proučili piezoelektrične nanokompozite za shranjevanje energije. Kompoziti so bili sestavljeni iz nanodelcev  $\text{Ba}_{0,85}\text{Ca}_{0,15}\text{Zr}_{0,10}\text{Ti}_{0,90}\text{O}_3$ , ki so bili vgrajeni v biološko razgradljivi polimer. Piezoelektričnost nanodelcev pred vstavitvijo v polimerno matriko in po njej smo določili s PFM. Največja gostota moči, ki je bila dosežena v pripravljenih vzorcih, je bila  $7,5 \text{ mW/cm}^3$ .

V sodelovanju s slovenskim podjetjem Lotrič Meroslovje, d. o. o., smo razvili ekonomičen postopek za izdelavo nebiološke tekočine za testiranje medicinske zaščitne opreme po standardu EN 14683, v skladu z ISO 22609: 2004. Izum *Postopek priprave tekočine za testiranje medicinske zaščitne opreme* je registriran kot tehnična izboljšava.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Kuščer, Danjela, Drnovšek, Silvo, Levassort, Franck, Inkjet-printing-derived lead-zirconate-titanate-based thick films for printed electronics, *Materials & design*, 2021, **198**, 109324-1-109324-9
2. Benčan, Andreja, Oveisi, Emad, Hashemizadeh, Sina, Veerapandiyar, Vignaswaran K., Hoshina, Takuya, Rojac, Tadej, Deluca, Marco, Dražič, Goran, Damjanović, Dragan, Atomic scale symmetry and polar nanoclusters in the paraelectric phase of ferroelectric materials, *Nature communications*, 2021, **12**, 1, 3509-1-3509-9
3. Bradeško, Andraž, Fulanović, Lovro, Vrabelj, Marko, Matavž, Aleksander, Otoničar, Mojca, Koruza, Jurij, Malič, Barbara, Rojac, Tadej, Multifunctional cantilevers as working elements in solid-state cooling devices, *Actuators*, 2021, **10**, 3, 58-1-58-13
4. Šadl, Matej, Condurache, Oana, Benčan, Andreja, Dragomir, Mirela, Prah, Uroš, Malič, Barbara, Deluca, Marco, Eckstein, Udo, Hausmann, Daniel, Khansur, Neamul Hayet, Webber, Kyle Grant, Uršič, Hana, Energy-storage-efficient  $0.9\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $0.1\text{PbTiO}_3$  thick films integrated directly onto stainless steel, *Acta materialia*, 2021, **221**, 117403-1-117403-11

- Otoničar, Mojca, Bradeško, Andraž, Salmanov, Samir, Chung, C. C., Jones, Jacob L., Rojac, Tadej, Effects of poling on the electrical and electromechanical response of PMN-PT relaxor ferroelectric ceramics, *Open ceramics*, 2021, 7, 100140-1-100140-14

## Patent

- Vid Bobnar, Barbara Malič, Aleksander Matavž, Metoda proizvodnje polimernih plasti z modificirano površino, SI25887 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 31. 3. 2021

## Nagrade in priznanja

- Oana-Andreea Condurache: 3. mesto na mednarodnem tekmovanju: YCN Pitch me your Idea!, Young Ceramicist Network Pitch Contest, Young Ceramicist Society
- Oana-Andreea Condurache: 3. mesto na študentskem tekmovanju v sklopu 27. konference Slovenski kemijski dnevi (SKD 2021), Organizacijski odbor konference SKD 2021
- Danjela Kuščer: srebrno priznanje za inovacijo: Izdelava transparentnih elektrod iz raztopin cenovno dostopnih prevodnih oksidov s postopkom sitotiska, Gospodarska zbornica Slovenije, Območna zbornica Zasavje
- Andreja Benčan Golob, Goran Dražič, Barbara Malič, Mojca Otoničar, Tadej Rojac, Hana Uršič Nemevšek, dosežek za prispevek *Razkritje vpliva polarne nereda na dinamiko elektromehanskega odziva relaksorskih materialov* je bil uvrščen v izbor Odlični v znanosti ARRS 2021, ARRS
- Matej Šadl: nagrada Alessandro de Vita za najbolj multidisciplinarno raziskavo in za znanstveno radovednega študenta, Organizacijski odbor Crossnano Crossborder Workshop in Nanoscience and Nanotechnology 2021
- Matej Šadl: nagrada za 2. mesto na študentskem tekmovanju, Organizacijski odbor konference *2021 Joint ISAF ISIF-PMF virtual conference*

## MEDNARODNI PROJEKTI

- H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi European Commission  
prof. dr. Barbara Malič
- H2020 - QMatCh; Iskanje kvantnih stanj snovi s kemijo pod ekstremnimi pogoji European Commission  
doc. dr. Mirela Dragomir
- Hladno sintranje kompleksnih oksidnih materialov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Mojca Otoničar
- Absorberji sončnih celic na osnovi feroelektrikov z ozkim prevodnim pasom; sinteza in karakterizacija  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
- Stabilnost medpovršin piezoelektričnih keramičnih oksidov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Tadej Rojac
- Okolju prijazne piezoelektrične debeloplastne strukture na osnovi kalijevega natrijevega niobata za uporabo v napravah za zbiranje energije iz okolja  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Danjela Kuščer Hrovatin
- Multiferoiki za uporabo v hladilnih sistemih na osnovi trdne snovi  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
- Sinteza, struktura in lastnosti okolju prijaznih piezoelektričnih nanodelcev z različno morfologijo površin  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Andreja Benčan Golob
- Visokotlačna sinteza in karakterizacija izbranih feroikov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Kristian Radan
- Gojenje kristalov in magnetne lastnosti dvojnih perovskitov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Mirela Dragomir
- Porozne relaksor-feroelektrične plasti brez svinca za shranjevanje energije  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
- Tanke plasti okolju prijaznih feroelektrikov za zbiranje energije in za shranjevanje energije  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Barbara Malič

- In-situ študije dinamičnih procesov v keramičnih oksidih v redukcijskem okolju presevnega elektronskega mikroskopa  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Andreja Benčan Golob
- Načrtovanje mikrostrukture in lastnosti piezoelektrikov brez svinca za zbiranje energije  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Barbara Malič
- Okolju prijazna priprava tankih plasti funkcijskih oksidov brez svinca za uporabo v mikro-elektro-mehanskih sistemih (MEMS)  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Barbara Malič
- Pametna zasnova večfunkcijskih kompozitov z optimiziranim prenosom energije med komponentami  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Barbara Malič

## PROGRAM

- Elektronska keramika, nano, 2D in 3D strukture  
prof. dr. Barbara Malič

## PROJEKTI

- In situ kvantitativna vrstična presečna elektronska mikroskopija funkcijskih materialov na atomski ravni  
prof. dr. Andreja Benčan Golob
- TCCbuilder: odprtokodno simulacijsko orodje za toplotne tokokroge  
prof. dr. Barbara Malič
- Multikalorično hlajenje  
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
- Elektrokalični elementi za aktivno hlajenje elektronskih vezij  
prof. dr. Barbara Malič
- Napredne anorganske in organske tanke plasti z ojačenim električno induciranim odzivom  
prof. dr. Barbara Malič
- Iskanje visoko temperaturne superprevodnosti in eksotičnega magnetizma v fluoridno argentatnih(II)  
doc. dr. Mirela Dragomir
- Oblikovanje funkcionalnosti feroelektrikov brez svinca in inženiringom domenskih sten  
prof. dr. Andreja Benčan Golob

8. Hladno sintranje multifunkcijskih elektronskih komponent  
dr. Mojca Otoničar
9. Načrtovanje tankih plasti relaksorskih feroelektrikov za piezoelektrične aplikacije in shranjevanje energije  
prof. dr. Tadej Rojac
10. Določevanje struktur spojnih zlatih plinov s 3D elektronsko difrakcijo  
doc. dr. Mirela Dragomir
11. Več-kalorični elementi za okolju prijazne hladilne sisteme  
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
12. Povečan piezoelektrični odziv relaksorske feroelektrične keramike s strukturnim neredom  
prof. dr. Tadej Rojac
13. Mikrofluidni Senzorski Sistem za zaznavanje PESticidov (MISS PES)  
prof. dr. Danjela Kuščer Hrovatin
14. Upogljivi elementi z multi-fizikalnimi lastnostmi  
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
15. Procesna intenzifikacija kontinuirne sinteze vodikovega peroksida visoke čistosti z uporabo elektrokatalitskega mikroreaktorja  
prof. dr. Barbara Malič

## OBISKI

1. Maria Karypidou, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Grčija, 2. 7. 2021–29. 8. 2021
2. Maximilian Gehringer, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Nemčija, 1. 9. 2021–29. 10. 2021
3. Reham Elsurhafa, University of Ankara, Ankara, Turčija, 13. 9. 2021–24. 11. 2021
4. Matthieu Fricaudet, Université Paris-Saclay, Pariz, Francija, 22. 10. 2021–29. 10. 2021
5. Maxime Vallet, Université Paris-Saclay, Pariz, Francija, 25. 11. 2021–4. 12. 2021
- raziskovalcev: Throughout knowledge towards a green new world 2021, 27.–28. 5. 2021, virtualno (5)
3. Matic Belak Vivod, Lia Šibav, Rigaku School for Practical Crystallography, 7.–11. 6. 2021 in 14.–18. 6. 2021, virtualno
4. Matic Belak Vivod, Lia Šibav, Rigaku High pressure Workshop: Hardware and Software Overview to Get You Started, 21.–22. 7. 2021, virtualno
5. Matic Belak Vivod, Mirela Dragomir, Lia Šibav, North American Solid State Chemistry Conference, 28.–30. 7. 2021, virtualno (1)
6. Matic Belak Vivod, Oana-Andreea Condurache, Mirela Dragomir, Barbara Malič, Samir Salmanov, Lia Šibav, Katarina Žiberna, 27. konferenca Slovenski kemijski dnevi, Portorož, Slovenija, 22.–24. 9. 2021 (8)
7. Andreja Benčan Golob, Oana-Andreea Condurache, Barbara Malič, Mojca Otoničar, Tadej Rojac, Samir Salmanov, Matej Šadl, Hana Uršič Nemevšek, IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectric, (ISAF) International Symposium on Integrated Functionalities, (ISIF) Piezoresponse Force Microscopy Workshop, (PFM), Sydney, Avstralija, 16.–21. 5. 2021, virtualno (8)
8. Oana-Andreea Condurache, Crossnano Crossborder Workshop in Nanoscience and Nanotechnology, Trst, Italija, 23.–25. 2. 2021, virtualno (1)
9. Mirela Dragomir, IUCr High-Pressure Workshop 2021, Novosibirsk, Rusija, 1.–6. 2. 2021, virtualno
10. Mirela Dragomir, HERCULES 2021 European School-Neutrons and synchrotron radiation for science, Grenoble, Francija, 22. 2. 2021–26. 3. 2021, virtualno
11. Sabi W. Konsago, Barbara Malič, Piezoelectric for End-users XI, Sassari, Italija, 21.–24. 2. 2021, virtualno (2)
12. Sabi W. Konsago, Danjela Kuščer, Kostja Makarovič, Matej Šadl, 56. mednarodna konferenca o mikroelektroniki, elektronskih sestavnih delih in materialih z delavnico (MIDEM) with the Workshop on Personal sensor for remote health care monitoring, hibridno, 22.–24. 9. 2021 (4)
13. Danjela Kuščer, konferenca EUROMAT, 13.–17. 9. 2021, virtualno (1)
14. Danjela Kuščer, konferenca TCM-TOEO2021, 18.–21. 9. 2021, virtualno
15. Kostja Makarovič, spletni simpozij: Senzorji 4.0, 14. 1. 2021, virtualno (1)
16. Kostja Makarovič, 44th IMAPS Poland Conference 2021, 18.–21. 4. 2021, virtualno (1)
17. Kostja Makarovič, 30. Elektrotehniška in računalniška konferenca (ERK 2021), 20.–21. 9. 2021 (1)
18. Barbara Malič, Hana Uršič Nemevšek, 8th Piezoelectric MEMS workshop, Nara, Japonska, 7.–9. 6. 2021, virtualno (2)
19. Mojca Otoničar, International school of oxide electronics ISOE 2021, Korzika, Francija, 24. 8.–3. 9. 2021, (2)
20. Tadej Rojac, MS&T21 Materials Science & Technology Meeting, Columbus, Ohio, ZDA, 17.–20. 10. 2021, virtualno (1)
21. Tadej Rojac, 3<sup>rd</sup> Indian Materials Conclave (IndMac) and 32<sup>nd</sup> Annual General Meeting of MRSI, Madras, Indija, 20.–23. 12. 2021, virtualno (1)
22. Matej Šadl, Crossnano Crossborder Workshop in Nanoscience and Nanotechnology, 23.–25. 5. 2021, virtualno (1)
23. Hana Uršič Nemevšek, Slovenian-Bavarian Scientific Forum on zoom, 28. 5. 2021, virtualno (1)
24. Hana Uršič Nemevšek, Japan-Slovenia workshop on piezoelectric thin films, 8. 10. 2021 (1)

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Matic Belak: Fluoridoargentati (II) kot potencialni analogi superprevodnim kupratom, 11. 3. 2021
2. prof. dr. Barbara Malič: Feroelektrična keramika: pogled na stoletje raziskav od odkritja feroelektričnega pojava do danes, IJS kolokvij v okviru Stefanovih dnevo, 23. 3. 2021
3. Lia Šibav: Kemija nizkodimenzionalnih kvantnih spinskih sistemov, 2. 4. 2021
4. Katarina Žiberna: Karakterizacija feroelektričnih materialov z *in situ* tehnikami vrstične elektronske mikroskopije, 16. 4. 2021
5. prof. dr. Hana Uršič Nemevšek: Mikroskop na atomsko silo (Jupiter XR, Asylum Research – 1. del), 3. 6. 2021
6. doc. dr. Mirela Dragomir: Rietveldova analiza z uporabo programske opreme TOPAS in TOPAS-Academic, 14. 6. 2021
7. doc. dr. Mirela Dragomir: Geometrično frustrirani magnetni oksidi, 23. 6. 2021
8. dr. Špela Stres: Pomoč CIT pri prijavih na projekte EU, 6. 9. 2021
9. Samir Salmanov: Postopek hladnega sintranja za pripravo kakovostnih funkcijskih materialov, 16. 9. 2021
10. Sabi W. Konsago: Sinteza feroelektričnih tankih plasti na osnovi barijevega titanata iz raztopin, 14. 10. 2021
11. Maximilian Gehringer, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Nemčija: Večplastni visoko temperaturni kondenzatorji na osnovi  $\text{Na}_x\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$  keramike, 28. 10. 2021
12. doc. dr. Mojca Otoničar: Kaj vemo o procesu hladnega sintranja?, 11. 11. 2021
13. Maja Koblar: Prednosti in slabosti različnih vrstičnih elektronskih mikroskopov, 25. 11. 2021
14. prof. dr. Hana Uršič Nemevšek: Mikroskop na atomsko silo Jupiter XR – 2. del, 16. 12. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Matic Belak Vivod, Mirela Dragomir, The 13<sup>th</sup> Frolic Goats High-Pressure Diffraction Workshop, 19.–20. 4. 2021, Poznan, Poljska, virtualno
2. Matic Belak Vivod, Oana-Andreea Condurache, Sabi W. Konsago, Samir Salmanov, Lia Šibav, Katarina Žiberna, 13<sup>th</sup> Jožef Stefan IPSS Conference in 15. Dan mladih

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. prof. dr. Andreja Benčan Golob
2. dr. Mirela Dragomir
3. prof. dr. Goran Dražič\*, znanstveni svetnik
4. prof. dr. Danjela Kuščer Hrovatin
5. dr. Kostja Makarovič\*
6. **prof. dr. Barbara Malič, znanstveni svetnik - vodja odseka**
7. dr. Mojca Otoničar
8. prof. dr. Tadej Rojac, znanstveni svetnik
9. prof. dr. Hana Uršič Nemevšek

### Podoktorski sodelavci

10. dr. Uroš Prah, *časna prekinitvev* 15. 6. 2021
11. dr. Kristian Radan, 1. 2. 2021 *razporeditev v odsek K1*

### Mlajši raziskovalci

12. Matic Belak Vivod, mag. kem.
13. Oana Andreea Condurache, master fizika, Romunija
14. Sabi William Konsago, Msc., Rusija
15. Barbara Repič, mag. inž. kem. inž.
16. Samir Salmanov, Msc., Rusija
17. Matej Šadl, mag. nan.
18. Lia Šibav, mag. kem.
19. Katarina Žiberna, mag. kem.

### Strokovni sodelavci

20. Silvo Drnovšek, dipl. inž. kem. tehnol.
21. Brigita Kmet, dipl. inž. kem. tehnol.
22. Maja Koblar, mag. nan.

### Tehniški in administrativni sodelavci

23. Andrej Debevec
24. Tina Ručigaj Korošec, univ. dipl. soc.

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

- Adam Mickiewicz University, Poznań, Poljska
- Alexandru Ioan Cuza University (A.I. Cuza), Dielectric, Ferroelectric and Multiferroic Materials Department, Iași, Romunija
- Associazione Festival della Scienza, Genova, Italija
- BioSense Institute, Novi Sad, Srbija
- Biosistemika, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
- Center odličnosti NAMASTE, Ljubljana, Slovenija
- Center odličnosti VESOLJE, Ljubljana, Slovenija
- Centrale Supélec, Université Paris-Saclay, Pariz, Francija
- Colorado School of Mines, Golden, Kolorado, ZDA
- École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lozana, Švica
- European Organization for Nuclear Research CERN, Ženeva, Švica
- Frantsevich Institute for Problems of Materials Science NAS of Ukraine, Kijev, Ukrajina
- Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Department of Materials Science and Engineering, Erlangen, Nemčija
- Institut für Elektronenmikroskopie und Nanoanalytik - Zentrum für Elektronenmikroskopie (FELMI TU Graz), Gradec, Avstrija
- Institut za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu, Odsek za nauku o materijalima (IMS UB), Beograd, Srbija
- Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd, Srbija
- Institute for Materials Science, University of Duisburg-Essen, Essen, Nemčija
- Institute for Technical Physics and Materials Science, Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Science, Budimpešta, Madžarska
- Institute of Physics of the Czech Academy of Science, Praga, Češka
- Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Sciences, Poznań, Poljska
- KEKO - Oprema, d. o. o., Žužemberk, Slovenija
- Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
- Knauf Insulation, d. o. o., Škofja Loka, Slovenija
- Lotrič Meroslovje, d. o. o., Selca, Slovenija
- Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Luksemburg, Luksemburg
- MAHLE Electric Drives Slovenija, d. o. o., Šempeter pri Gorici, Slovenija
- Materials Center Leoben Forschung GmbH (MCL), Leoben, Avstrija
- McMaster University, Hamilton, Ontario, Kanada
- Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, Slovenija
- Meggitt Sensing Systems, Meggitt A/S, Kvistgård, Danska
- Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija
- Murata Manufacturing Co., Ltd, Kyoto, Japonska
- Murexin, d. o. o., Puconci, Slovenija
- National Institute of Materials Physics, Magurele, Romunija
- North Carolina State University (NCSSU), Materials Science and Engineering Department, Raleigh, Severna Karolina, ZDA
- Norwegian University of Science and Tehnology (NTNU), Department of Materials Science and Engineering, Trondheim, Norveška
- Osaka Prefecture University - Graduate School of Engineering, Department of Physics and Electronics, Osaka, Japonska
- Penn State University, Materials Research Center, State College, Pensilvanija, ZDA
- RC eNeM, d. o. o., Zagorje ob Savi, Slovenija
- Shanghai University, Department of Electronic Information Materials, Šanghaj, Kitajska
- Shizuoka University, Research Institute of Electronics, Department of Engineering, Graduate School of Integrated Science and Technology, Hamamatsu, Japonska
- Steklarna Hrastnik, Hrastnik, Slovenija
- STELEM, d. o. o., Žužemberk, Slovenija
- TDK Electronics GmbH & Co OG, Deutschlandsberg, Avstrija
- Technical University of Denmark (DTU), Kongens Lyngby, Danska
- Technische Universität Darmstadt (TUda), Darmstadt, Nemčija
- Tsinghua University, School of Materials Science and Engineering, Peking, Kitajska
- Université François-Rabelais Tours, Greman CNRS, Tours, Francija
- University of Applied Sciences, Department of Mechatronics, Bjelovar, Hrvaška
- University of Aveiro (UA), Aveiro, Portugalska
- University of Latvia, Institute of Solid State Physics, Riga, Latvija
- University of New South Wales, Sydney, Avstralija
- University of Hull, Hull, Velika Britanija
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za naravoslovje, Nova Gorica, Slovenija
- VARSIL, podjetje za proizvodnjo varistorja in sklopov, d. o. o., Ljubljana, Slovenija

## BIBLIOGRAFIJA

### IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Luka Pavko *et al.* (19 avtorjev), "Toward the continuous production of multigram quantities of highly uniform supported metallic nanoparticles and their application for synthesis of superior intermetallic Pt-alloy ORR electrocatalysts", *ACS applied energy materials*, 2021, **4**, 12, 13819–13829. [COBISS.SI-ID 87825155]
- Klemen Bohinc, Karla Korade, Katarina Jerin, Nikolina Lešič, Marijana Đaković, Goran Dražič, Jean-François Dufrière, Davor Kovačević, "Experimental and theoretical study of morphological and charging properties of truncated octahedron and cubic ceria nanoparticles: implications for biomedical applications", *ACS applied nano materials*, 2021, **4**, 2, 1434-1444. [COBISS.SI-ID 53345539]
- Matej Šadl *et al.* (12 avtorjev), "Energy-storage-efficient 0.9Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub> - 0.1PbTiO<sub>3</sub> thick films integrated directly onto stainless steel", *Acta materialia*, 2021, **221**, 117403. [COBISS.SI-ID 81773059]
- Andraž Bradeško, Lovro Fulanović, Marko Vrabelj, Aleksander Matavž, Mojca Otoničar, Jurij Koruza, Barbara Malič, Tadej Rojac, "Multifunctional cantilevers as working elements in solid-state cooling devices", *Actuators*, 2021, **10**, 3, 58. [COBISS.SI-ID 55105027]
- Neamul Hayet Khansur, Udo Eckstein, Hana Uršič, Matej Šadl, Martin Brehl, Alexander Martin, Kevin Riess, Dominique de Ligny, Kyle Grant Webber, "Enhanced electromechanical response and thermal stability of 0.93(Na<sub>1/2</sub>Bi<sub>1/2</sub>)TiO<sub>3</sub> - 0.07BaTiO<sub>3</sub> through aerosol deposition of base metal electrodes", *Advanced materials interfaces*, 2021, **8**, 11, 2100309. [COBISS.SI-ID 66469123]
- Tony Schenk, Andreja Benčan, Goran Dražič, Oana Condurache, Nathalie Valle, Brahime El Adib, Naveen Aruchamy, Torsten Granzow, Emmanuel Defay, Sebastjan Glinšek, "Enhancement of ferroelectricity and orientation in solution-derived hafnia thin films through heterogeneous grain nucleation", *Applied physics letters*, 2021, **118**, 16, 162902. [COBISS.SI-ID 60919811]
- Tadej Žumber, Alenka Ristić, Goran Dražič, Hristina Lazarova, Janez Volavšek, Albin Pintar, Nataša Zabukovec Logar, Nataša Novak Tušar, "Influence of alumina precursor properties on Cu-Fe alumina supported catalysts for total toluene oxidation as a model volatile organic air pollutant", *Catalysts*, 2021, **11**, 2, 252. [COBISS.SI-ID 52278787]
- Aleksandar Miletić, Peter Panjan, Miha Čekada, Lazar Kovačević, Pal Terek, Janez Kovač, Goran Dražič, Branko Škorić, "Nanolayer CrAlN/TiSiN coating designed for tribological applications", *Ceramics international*, 2021, **47**, 2, 2022-2033. [COBISS.SI-ID 41522947]
- Vlad Alexandru Lukacs *et al.* (11 avtorjev), "Preparation and properties of porous BaTiO<sub>3</sub> nanostructured ceramics produced from cuboidal nanocrystals", *Ceramics international*, 2021, **47**, 13, 18105-18115. [COBISS.SI-ID 78497283]
- Omeir Khalid, Alexander Spriewald Luciano, Goran Dražič, Herbert Over, "Mixed Ru<sub>x</sub>Ir<sub>1-x</sub>O<sub>2</sub> supported on rutile TiO<sub>2</sub>: catalytic methane combustion, a model study", *ChemCatChem*, 2021, **13**, 18, 3983-3994. [COBISS.SI-ID 72741123]
- Stanislav Kurajica, Katarina Mužina, S. Keser, Goran Dražič, Ivana Katarina Munda, "Assessment of cell toxicity and oxidation catalytic activity of nanosized zinc-doped ceria UV filter", *Chemical and biochemical engineering quarterly*, 2021, **35**, 2, 157-164. [COBISS.SI-ID 72727555]
- Peter Panjan, Aljaž Drnovšek, Goran Dražič, "Influence of growth defects on the oxidation resistance of sputter-deposited TiAlN hard coatings", *Coatings*, 2021, **11**, 2, 123. [COBISS.SI-ID 48260611]
- Hana Uršič, Marko Vrabelj, Mojca Otoničar, Lovro Fulanović, Brigita Rožič, Zdravko Kutnjak, Vid Bobnar, Barbara Malič, "Influence of synthesis-related microstructural features on the electrocaloric effect for 0.9Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub> - 0.1PbTiO<sub>3</sub> ceramics", *Crystals*, 2021, **11**, 372. [COBISS.SI-ID 58273795]

14. Ruggero Vigliaturo, Sabrina M. Elkassas, Giancarlo Della Ventura, Günther Redhammer, Francisco Ruiz-Zepeda, Michael J. O'Shea, Goran Dražić, Reto Gieré, "Multi-scale characterization of glaucophane from Chiavolino (Biella, Italy): implications for international regulations on elongate mineral particles", *European journal of mineralogy*, 2021, **33**, 1, 77-112. [COBISS.SI-ID 50955011]
15. Anica Peter, Leonard Mihaly Cozmuta, Camelia Nicula, Anca Mihaly Cozmuta, Cătălina Mihaela Talaşman, Goran Dražić, Antonio Peñas, Antonio Jesus Calahorra, Gianni Sagratini, Stefania Silvi, "Chemical and organoleptic changes of curd cheese stored in new and reused active packaging systems made of Ag-graphene-TiO<sub>2</sub>-PLA", *Food chemistry*, 2021, **363**, 130341. [COBISS.SI-ID 67828483]
16. Nejc Rozman, Peter Nadrah, Renaud Cornut, Bruno Jousseme, Marjan Bele, Goran Dražić, Miran Gaberšček, Špela Kunej, Andrijana Sever Škapin, "TiO<sub>2</sub> photocatalyst with single and dual noble metal co-catalysts for efficient water splitting and organic compound removal", *International Journal of Hydrogen Energy*, 2021, **46**, 65, 32871-32881. [COBISS.SI-ID 73787139]
17. Andreja Jelen, Primož Koželj, Darja Gačnik, Stanislav Vrtnik, Mitja Krnel, Goran Dražić, Magdalena Wencka, Zvonko Jagličić, Michael Feuerbacher, Janez Dolinšek, "Collective magnetism of a single-crystalline nanocomposite FeCoCrMnAl high-entropy alloy", *Journal of alloys and compounds*, 2021, **864**, 158115. [COBISS.SI-ID 47327747]
18. Lukas Riemer, Li Jin, Hana Uršič, Mojca Otoničar, Tadej Rojac, Dragan Damjanović, "Dielectric and electro-mechanic nonlinearities in perovskite oxide ferroelectrics, relaxors, and relaxor ferroelectrics", *Journal of applied physics*, 2021, **129**, 5, 054101. [COBISS.SI-ID 49625859]
19. Oana Condurache, Goran Dražić, Naonori Sakamoto, Tadej Rojac, Andreja Benčan, "Atomically resolved structure of step-like uncharged and charged domain walls in polycrystalline BiFeO<sub>3</sub>", *Journal of applied physics*, 2021, **129**, 5, 054102. [COBISS.SI-ID 49236995]
20. Mihail Slabki, Lalita Kodumudi Venkataraman, Tadej Rojac, Jürgen Rödel, Jurij Koruza, "Thermal stability of the electromechanical properties in acceptor-doped and composite-hardened (Na<sub>1/2</sub>Bi<sub>1/2</sub>)TiO<sub>3</sub> – BaTiO<sub>3</sub> ferroelectrics", *Journal of applied physics*, 2021, **130**, 1, 014101. [COBISS.SI-ID 69264899]
21. Primož Koželj *et al.* (13 avtorjev), "Spin-glass magnetism of the non-equiatomic CoCrFeMnNi high-entropy alloy", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2021, **523**, 167579. [COBISS.SI-ID 41301507]
22. Andraž Bradeško *et al.* (12 avtorjev), "Implications of acceptor doping in the polarization and electrocaloric response of 0.9Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub> – 0.1PbTiO<sub>3</sub> relaxor ferroelectric", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2021, **9**, 3204-3214. [COBISS.SI-ID 49684995]
23. Katarina Mužina, Stanislav Kurajica, Goran Dražić, Patrick Guggenberger, Gordana Matijašić, "True doping levels in hydrothermally derived copper-doped ceria", *Journal of nanoparticle research*, 2021, **23**, 8, 149. [COBISS.SI-ID 72760835]
24. Anca Peter *et al.* (13 avtorjev), "Modifying the silver-titania nanocomposites with carbonaceous materials to remove the pollutants from domestic waste water", *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 2021, **21**, 4, 2278-2291. [COBISS.SI-ID 58698755]
25. Bing Ma, Matías Blanco, Laura Calvillo, Lingjing Chen, Gui Chen, Tai-Chu Lau, Goran Dražić, Julien Bonin, Marc Robert, Gaetano Granozzi, "Hybridization of molecular and graphene materials for CO<sub>2</sub> photocatalytic reduction with selectivity control", *Journal of the American Chemical Society*, 2021, **143**, 22, 8414-8425. [COBISS.SI-ID 65576963]
26. Hermína Hudelja, Bernd Wicklein, Danjela Kuščer, Andraž Kocjan, "Triggering the aqueous interparticle association of  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hierarchical assemblies using divalent cations and cellulose nanofibers", *Journal of the European ceramic society*, 2021, **41**, 1, 590-598. [COBISS.SI-ID 28158467]
27. Marion Höfling, Maximilian Trapp, Lukas Porz, Hana Uršič, Enrico Bruder, Hans-Joachim Kleebe, Jürgen Rödel, Jurij Koruza, "Large plastic deformability of bulk ferroelectric KNbO<sub>3</sub> single crystals", *Journal of the European ceramic society*, 2021, **41**, 7, 4098-4107. [COBISS.SI-ID 57014019]
28. Alfredo Blázquez Martínez, Nicolas Godard, Naveen Arachamy, Cosme Milesi-Brault, Oana Condurache, Andreja Benčan, Sebastjan Glinšek, Torsten Granzow, "Solution-processed BiFeO<sub>3</sub> thin films with low leakage current", *Journal of the European ceramic society*, 2021, **41**, 13, 6449-6455. [COBISS.SI-ID 65116163]
29. Danjela Kuščer, Silvo Drnovšek, Franck Levassort, "Inkjet-printing-derived lead-zirconate-titanate-based thick films for printed electronics", *Materials & design*, 2021, **198**, 109324. [COBISS.SI-ID 36937475]
30. Saide Umerova, Danjela Kuščer, Matej Bobnar, Nikita Derets, Boštjan Zalar, Andraž Rešetič, "Shear flow-controlled shape memory of polymer resin dispersed liquid crystal elastomer microparticles", *Materials & design*, 2021, **207**, 109836. [COBISS.SI-ID 64302851]
31. Anca Peter *et al.* (13 avtorjev), "Morpho-structural and chemical characterization of paper based materials with functionalized surface", *Materials chemistry and physics*, 2021, **267**, 124693. [COBISS.SI-ID 62636291]
32. Vesna V. Vodnik *et al.* (12 avtorjev), "Development of genistein-loaded gold nanoparticles and their antitumor potential against prostate cancer cell lines", *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*, 2021, **124**, 112078. [COBISS.SI-ID 67338755]
33. Matej Šadl, Urban Tomc, Hana Uršič, "Investigating the feasibility of preparing metal-ceramic multi-layered composites using only the aerosol-deposition technique", *Materials*, 2021, **14**, 16, 4548. [COBISS.SI-ID 72970755]
34. Brigita Kmet, Danjela Kuščer, Soma Dutta, Hana Uršič, Aleksander Matavž, Franck Levassort, Vid Bobnar, Barbara Malič, Andreja Benčan, "Screen printed copper and tantalum modified potassium sodium niobate thick films on platinized alumina substrates", *Materials*, 2021, **14**, 23, 7137. [COBISS.SI-ID 86280707]
35. Kostja Makarovič, Darko Belavič, Matjaž Vidmar, Barbara Malič, "A 3D LTCC-based ceramic microfluidic system with RF dielectric heating of liquids", *Materials*, 2021, **14**, 23, 7396. [COBISS.SI-ID 87578371]
36. Kostja Makarovič, Darko Belavič, Barbara Malič, Andreja Benčan, Franci Kovač, Janez Holc, "Small ozone generator fabricated from low temperature Co-fired ceramics", *Microelectronics international*, 2021, **38**, 1, 1-5. [COBISS.SI-ID 50126595]
37. Marija Tkalčević, Jordi Sancho-Parramon, Lovro Basioli, Matej Bubaš, Goran Dražić, Peter Nadazdy, Peter Siffalovica, Maja Mičetić, "3D networks of nanopores in alumina: structural and optical properties", *Microporous and mesoporous materials*, 2021, **325**, 111306. [COBISS.SI-ID 72698371]
38. Zouhair Hanani *et al.* (12 avtorjev), "Lead-free nanocomposite piezoelectric nanogenerator film for biomechanical energy harvesting", *Nano energy*, 2021, **81**, 105661. [COBISS.SI-ID 42422787]
39. Edi Radin, Goran Štefanič, Goran Dražić, Ivan Marić, Tanja Jurkin, Anđela Pustak, Nikola Baran, Matea Raič, Marijan Gotič, "Solid-state dispersions of platinum in the SnO<sub>2</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanomaterials", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 12, 3349. [COBISS.SI-ID 90041091]
40. Jingkun Li *et al.* (16 avtorjev), "Identification of durable and non-durable Fe<sub>N</sub>x sites in Fe-N-C materials for proton exchange membrane fuel cells", *Nature Catalysis*, 2021, **4**, 1, 10-19. [COBISS.SI-ID 42880515]
41. Andreja Benčan, Emad Oveisi, Sina Hashemizadeh, Vignaswaran K. Veerapandiyam, Takuya Hoshina, Tadej Rojac, Marco Deluca, Goran Dražić, Dragan Damjanović, "Atomic scale symmetry and polar nanoclusters in the paraelectric phase of ferroelectric materials", *Nature communications*, 2021, **12**, 1, 3509. [COBISS.SI-ID 65810179]
42. Mojca Otoničar, Andraž Bradeško, Samir Salmanov, Chingchang Chung, Jacob L. Jones, Tadej Rojac, "Effects of poling on the electrical and electromechanical response of PMN-PT relaxor ferroelectric ceramics", *Open ceramics*, 2021, **7**, 100140. [COBISS.SI-ID 67640323]
43. Anže Abram, Goran Dražić, "Structural and photocatalytic properties of hydrothermally-prepared boehmite/TiO<sub>2</sub> coatings", *Open ceramics*, 2021, **7**, 100153. [COBISS.SI-ID 69028099]
44. Junning Li *et al.* (11 avtorjev), "Doping-induced polar defects improve the electrocaloric performance of Ba<sub>0.9</sub>Sr<sub>0.1</sub>Hf<sub>0.1</sub>Ti<sub>0.9</sub>O<sub>3</sub>", *Physical review applied*, 2021, **16**, 1, 014033. [COBISS.SI-ID 76451843]
45. Mirela Dragomir, Iztok Arčon, Paul A. Dube, Jeremiah C. Beam, Andrew P. Grosvenor, Graham King, John E. Greedan, "Family of anisotropic spin glasses Ba<sub>1-x</sub>La<sub>1+x</sub>MnO<sub>4+δ</sub>", *Physical review materials*, 2021, **5**, 7, 074403. [COBISS.SI-ID 73562627]
46. Qianli Ma, Kirrily C. Rule, Zachary W. Cronkwright, Mirela Dragomir, Gabrielle Mitchell, Evan M. Smith, Songxue Chi, Alexander I. Kolesnikov, Matthew B. Stone, Bruce D. Gaulin, "Parallel spin stripes and their coexistence with superconducting ground states at optimal and high doping in La<sub>1.6-x</sub>Nd<sub>0.4</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub>", *Physical review research*, 2021, **3**, 2, 023151. [COBISS.SI-ID 70733827]
47. Kevin Ries, Neamul Hayet Khansur, Alexander Martin, Andreja Benčan, Hana Uršič, Kyle Grant Webber, "Stress- and frequency-dependent properties of relaxor-like sodium bismuth titanate", *Physical review. B*, 2021, **103**, 9, 094113. [COBISS.SI-ID 58273539]
48. Tjaša Gornik, Sudhirkumar Shinde, Lea Lamovšek, Maja Koblar, Ester Heath, Börje Sellergren, Tina Kosjek, "Molecularly imprinted polymers for the removal of antidepressants from contaminated wastewater", *Polymers*, 2021, **13**, 1, 120. [COBISS.SI-ID 44987651]

49. Naman K. Gupta *et al.* (12 avtorjev), "Vanishing nematic order beyond the pseudogap phase in overdoped cuprate superconductors", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2021, **118**, 34, e2106881118. [COBISS.SI-ID 73564163]
50. Jamal Belhadi, Urška Trstenjak, Hana Uršič, Nina Daneu, Jieun Kim, Zishen Tian, Gertjan Koster, Lane W. Martin, Matjaž Spreitzer, "Growth mode and strain effect on relaxor ferroelectric domains in epitaxial  $0.67\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - 0.33\text{PbTiO}_3/\text{SrRuO}_3$  heterostructures", *RSC advances*, 2021, **11**, 3, 1222-1232. [COBISS.SI-ID 49711107]
51. Vesna Ribič, Aleksander Rečnik, Goran Dražič, Matejka Podlogar, Zorica Branković, Goran Branković, "TEM and DFT study of basal-plane inversion boundaries in  $\text{SnO}_2$ -doped  $\text{ZnO}$ ", *Science of sintering*, 2021, **53**, 2, 237-252. [COBISS.SI-ID 66827779]
52. Arij Marzouki, M. Yao, Samir Salmanov, Vincent Loyau, Adel Megriche, Brahim Dkhil, Mojca Otoničar, "New approach for designing bulk multiferroic composites made of two perovskite oxides with enhanced direct magnetoelectric coupling", *Scripta materialia*, 2021, **194**, 113673. [COBISS.SI-ID 45621763]
53. Kristina Radinović, Jadranka Milikić, Una Stamenović, Vesna V. Vodnik, Mojca Otoničar, Srečo D. Škapin, Biljana Šljukić Paunković, "Tailoring gold-conducting polymer nanocomposites for sensors applications: proof of concept for As(III) sensing in aqueous media", *Synthetic metals*, 2021, **278**, 116834. [COBISS.SI-ID 76448771]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Shujun Zhang, Barbara Malič, Jing-Feng Li, Jürgen Rödel, "Lead-free ferroelectric materials: prospective applications", *Journal of materials research*, 2021, **36**, 5, 985-995. [COBISS.SI-ID 68227587]

## OBJAVLJENA ZNANSTVENA PRISPEVKA NA KONFERENCI

1. Blaž Mikuž, Jan Kren, Anil Kumar Basavaraj, Danjela Kuščer, "Influence of seeding particles on particle image velocimetry measurements in single-phase turbulent pipe flow", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 614. [COBISS.SI-ID 91311107]
2. Aleksander Sešek, Tadej Skuber, Kostja Makarovič, "Optimizacija izdelave močnostnih modulov ter termična analiza", V: *ERK 2021, 30.*

*mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20-21 september 2021*, Zbornik, (Zbornik Elektrotehniške in računalniške konference **30**), Slovenska sekcija IEEE, Fakulteta za elektrotehniko, 2021, 5-9. [COBISS.SI-ID 78796547]

## SAMOSTOJNA ZNANSTVENA SESTAVKA ALI POGLAVJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Danjela Kuščer, "Screen printing", V: *Encyclopedia of materials: technical ceramics and glasses*, Elsevier, 2021, **1**, 227-232. [COBISS.SI-ID 65439491]
2. Barbara Malič, Mojca Otoničar, Kristian Radan, Jurij Koruza, "Lead-free piezoelectric ceramics", V: *Encyclopedia of materials: technical ceramics and glasses*, Elsevier, 2021, **3**, 358-368. [COBISS.SI-ID 64919555]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Tadej Rojac, *Dielektrični, piezoelektrični, piroelektrični, feroelektrični in elektrokalični materiali: kako delujejo in kje se uporabljajo*, Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehnična fakulteta, 2021. [COBISS.SI-ID 48776707]
2. Tadej Rojac, *Keramika: uvod*, Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehnična fakulteta, 2021. [COBISS.SI-ID 48769027]
3. Tadej Rojac, *Mechanochemistry: basics and examples*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2021. [COBISS.SI-ID 47422979]
4. Tadej Rojac, *Mechanochemistry: principles, mechanisms and examples*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2021. [COBISS.SI-ID 87435523]
5. Tadej Rojac, *Sinteza keramike v trdnem stanju: osnove in primeri iz področja elektronske keramike*, Institut Jožef Stefan, 2021. [COBISS.SI-ID 94323459]
6. Tadej Rojac, *Sinteza keramike v trdnem stanju: osnove, mehanizmi in primeri*, Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehnična fakulteta, 2021. [COBISS.SI-ID 48780547]

## PATENT

1. Vid Bobnar, Barbara Malič, Aleksander Matavž, *Metoda proizvodnje polimernih plasti z modificirano površino*, SI25887 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 31. 03. 2021. [COBISS.SI-ID 32699175]





# ODSEK ZA NANOSTRUKTURNE MATERIALE

# K-7

**Raziskave in razvoj na Odseku za nanostrukturne materiale so osredotočeni na vodilna področja nanotehnologije in naprednih materialov za reševanje najzahtevnejših družbenih izzivov, s katerimi se Evropa in svet trenutno spopadata. Slednje vključuje razvoj materialov in tehnologij za učinkovito rabo zelene energije in kritičnih surovin, zdravje ter okolje. Interdisciplinarnost raziskovalne skupine odseka s komplementarnimi bazičnimi in aplikativnimi znanji v kombinaciji z naj sodobnejšimi raziskovalnimi metodami omogoča, da se lahko hitro odzovemo na številne nastale družbene izzive. Temeljne in aplikativne raziskave na Odseku za nanostrukturne materiale vključujejo raziskave in razvoj na področju magnetov in intermetalnih zlitin, inženirske in funkcijske keramike, mineralov, senzorjev, materialov za trajnostno in ekološko grajeno okolje ter biomimetske in biomateriale.**

## Magnetni materiali

Obnavamo enega od trenutno največjih družbenih izzivov Evrope, ki je usklajen z evropskim Zelenim dogovorom. In sicer kako narediti mobilnost in proizvodnjo energije podnebno nevtralna ter kar se da učinkovito glede izrabe virov. S tem krajšamo in zapiramo zanke krožne ekonomije, z učinkovitim recikliranjem kritičnih materialov pa prispevamo k evropski neodvisnosti od kritičnih surovin iz uvoza. Trajni magneti na osnovi redkih zemelj, kot so Nd-Fe-B, imajo najvišji energijski produkt  $(BH)_{\text{Max}}$  in najboljši izkoristek v primerjavi z maso. Zato se povpraševanje po njih še povečuje, saj so vitalnega pomena v električni mobilnosti (e-vozila), v elektromotorjih in generatorjih za pretvorbo energije ter v vetrnih turbinah. Z raziskavami tako doprinašamo nova znanja na področja oblikovanja in izdelave novih, z viri učinkovitih magnetov Nd-Fe-B z izboljšanimi magnetnimi lastnostmi.

Magneti na osnovi sistema Nd – Fe – B vsebujejo med 28 in 35 ut. % elementov redkih zemelj, kot so Nd, Pr, Tb in Dy. Kot taki, odsluženi magneti so pomemben sekundarni vir omenjenih elementov, ki jih EU ocenjuje kot najbolj kritične surovine. V okviru projekta ITN-MSCA DEMETER smo razvili proces za recikliranje trajnih magnetov Nd-Fe-B z ekstrakcijo magnetnih zrn. Metoda je na Evropskem patentnem uradu dobila patent: Metoda za pridobivanje zrn  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  iz sintranih Nd-Fe-B magnetov in/ali magnetnih ostankov z elektrokemičnim jedkanjem, EP3660174B1 (slika 1). Tehnologija je trenutno v dvigovanju tehnološke stopnje pripravljenosti ter je na voljo trgu prek Centra za prenos tehnologij in inovacij na IJS. Paralelno pa preizkušamo načine izključno kemijske obdelave magnetov Nd-Fe-B, da bi primerjali in izboljšali učinkovitost recikliranja.

Nadalje smo v projektu DEMETER razvili okolju prijazno in učinkovito metodo za recikliranje redkih zemelj, in sicer za razvito metodo recikliranja kritičnih surovin redkih zemelj iz trajnih magnetov, s čimer smo prispevali k bolj zeleni Evropi. Tehnologija je v postopku patentne zaščite pri evropskem patentnem uradu. Razvita metoda je bila predstavljena na Mednarodni razstavi ARCA v Zagrebu, kjer je bila nagrajena s srebrno medaljo za inovacijo.

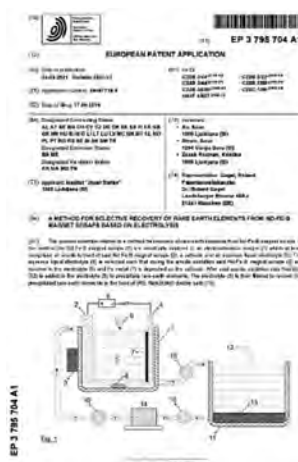
Razvili smo nov tip visokokoercitivnih, nanostrukturiranih, trajnih Nd-Fe-B magnetov z lokalno različnimi magnetnimi lastnostmi. V ta namen smo uporabili moderno tehniko sintranja (Pulsed Electric Current Sintering – PECS). Tehnika omogoča sočasno sintranje prahov z različnimi magnetnimi lastnostmi, brez tveganja nezaželene difuzije elementov prek meje med različnimi materiali. Rezultati so bili objavljeni v reviji *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (doi.org/10.1016/j.jmmm.2021.168011).

Iz naslova recikliranja in ponovnega procesiranja trajnih magnetov smo razvili nov pristop k procesiranju visoko oksidiranih odpadnih magnetov. Metoda reprocesiranja Nd-Fe-B temelji na PECS-tehniki sintranja oksidiranih prahov s pomočjo dodatka eutektične zlitine Nd-Cu. Z novim pristopom lahko pripravimo reciklirane trajne magnetne, ki dosegajo koercitivnost prek 1000 kA/m, ne da bi uporabili drage in okoljsko sporne piro- in hidrometalurške postopke.

Prah Nd-Fe-B (kaljeni trakovi) je bil uporabljen tudi za proizvodnjo vroče deformiranih magnetov s pomočjo naprave PECS. Pogoje procesiranja smo optimizirali in tako zmanjšali porabo energije, kar je vodilo v ekonomsko učinkovito procesiranje. Rezultati so bili objavljeni v reviji *International Journal of Material Science and*



Vodja:  
**prof. dr. Sašo Šturm**



Slika 1: Evropski patent, metoda za pridobivanje zrn  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  iz sintranih Nd-Fe-B magnetov in/ali magnetnih ostankov z elektrokemičnim jedkanjem EP3660174B1 (levo), srebrna medalja na Sejmu inovacij ARCA v Zagrebu za okolju prijazno in učinkovito metodo za recikliranje redkih zemelj (desno).

*Application* (doi.org/10.11648/j.ijmsa.20211005.12). Izboljšali smo tudi magnetne lastnosti vroče deformiranega magneta Nd-Fe-B z nedavno razvito metodo dvostopenjskega difuzijskega postopka z uporabo minimalne količine težkih elementov redkih zemelj ter tako prispevali k procesiranju magnetov z učinkovito rabo virov. Izsledki teh raziskav so bili objavljeni v reviji *Scripta Materialia* (*IF* = 5,6, doi.org/10.1016/j.scriptamat.2021.114207).

V letu 2021 smo nadaljevali evropski projekt SUSMAGPRO, Trajnostna obnova, predelava in ponovna uporaba magnetov redkih zemelj v evropskem krožnem gospodarstvu. Cilj projekta je razviti dobavno verigo recikliranja magnetov iz redkih zemelj v Evropski uniji in prikazati učinkovito ponovno uporabo recikliranih magnetov na osnovi redkih zemelj v več panogah. Multidisciplinarni konzorcij SUSMAGPRO obsega 20 vodilnih evropskih industrijskih in akademskih institucij, ki delujejo na področju magnetov na osnovi redkih zemelj, njihove trajnostne predelave, ponovne uporabe, recikliranja in predelave ter pokrivajo celotno vrednostno verigo od zbiranja odpadkov, ki vsebujejo magnete, do proizvajalcev visokotehnoloških izdelkov.

Drugi projekt, ki je močno povezan s SUSMAGPRO, je INSPIRES (inteligentna in trajnostna obdelava inovativnih magnetov redkih zemelj) v okviru EIT RawMaterials, ki se je začel leta 2021 ter je namenjen predelavi in dobavi redkih zemelj v EU z radikalnimi inovacijami na področju recikliranja trajnih magnetov, s poudarkom na enem izmed najbolj dostopnih virov – gospodinjskih aparatih. Celotna veriga industrijskih partnerjev znotraj projekta INSPIRES je v Sloveniji in se osredotoča na gospodinjske aparate, ki niso vključeni v SUSMAGPRO. INSPIRES bo optimiziral metode v industrijskem obsegu za trajnostno pridobivanje in recikliranje ter uporabo recikliranih magnetov v novih motorjih, proizvedenih v Sloveniji. Ta projekt bo dokaz koncepta za širšo evropsko verigo recikliranja magnetov na koncu življenjske dobe iz gospodinjskih aparatov.

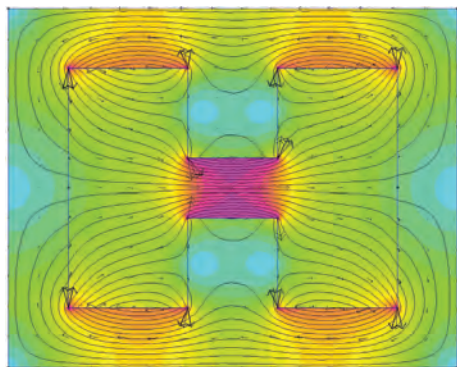
Kot koordinatorji smo uspešno zaključili evropski projekt MaXcycle (Novo krožno gospodarstvo za trajnostne magnete na osnovi elementov redkih zemelj), transnacionalni skupni raziskovalni in inovacijski projekt, financiran iz instrumenta ERA-NET Cofund on Raw Materials (ERA-MIN 2), v okviru Obzorje 2020. Dva najpomembnejša rezultata tega projekta sta: a) opredelitev standardiziranih meril kakovosti za magnete na koncu uporabe (EOLM) in klasifikacijskega sistema za stopnjo kontaminacije za kategorizacijo izdelkov po zahtevah po predhodni obdelavi in b) razvoj sistema označevanja za na novo proizvedene magnete na osnovi redkih zemelj za prepoznavo različnih vrst in lastnosti magnetov, vključno z zagotavljanjem zanesljivih in trajnih metod označevanja. O rezultatih smo poročali v *Materials proceedings 2021* (doi.org/10.3390/materproc2021005087) ter na dogodku EU Green Week 2021 – ZERO POLLUTION.

Od leta 2021 smo partnerji pri projektu H2020 – PILOTS PASSENGER: Pilotna akcija za zagotovitev trajnostne evropske naslednje generacije učinkovitih magnetov brez redkih zemelj. Projekt predlaga izboljššan stroncijev ferit (Sr-ferit) in zlitino mangan-aluminij-ogljik (MnAlC) kot nadomestka za zagotavljanje trajnostne proizvodnje trajnih magnetov v Evropi. Tu prispevamo k izboljšanju in karakterizaciji magnetov na osnovi Sr-ferita.

V letu 2021 smo uspešno pridobili sredstva iz mreže EIT RAW Materials za projekt RECO2MAG, ki ga koordiniramo.

Ta je usmerjen v najnovejše raziskave na področju magnetov Nd-Fe-B, kjer bomo z optimizacijo mikrostrukture z obdelavo mej med zrni zviševali magnetne lastnosti teh magnetov. Znižana vsebnost Dy in izboljšani energijski produkti sta glavna cilja, ki bosta omogočila njihovo uporabo v EU izdelanih magnetov v novih e-motorjih. LCA/LCC-analiza bo v sklopu z najnovejšimi geološkimi podatki o primarnih in sekundarnih nahajališčih redkih zemelj, s čimer bomo ustvarili neodvisen in učinkovit industrijski evropski ekosistem kritičnih surovin in njihovih produktov.

V sodelovanju s Kolektorjem, d. d., slovenskim proizvajalcem vezanih magnetov na osnovi Nd-Fe-B, smo razvili postopek izboljšanja magnetnih lastnosti Nd-Fe-B prahov iz kaljenih trakov prek postopka difuzije eutektične zlitine Nd<sub>70</sub>Cu<sub>30</sub>. Tako izboljššan prah je bil uporabljen za izdelavo polimerno vezanih magnetov. Iz rezultatov smo napisali patentno prijavo z naslovom *Postopek za izboljšanje magnetnih lastnosti magnetnih prahov MQP-B+ Nd-Fe-B z majhnim deležem intergranularne faze in postopek izdelave polimerno-vezanih magnetov iz teh magnetnih prahov* ter jo vložili na Urad RS za intelektualno lastnino.



Slika 2: Izračunane silnice magnetnega polja okoli segmenta trajnega magneta, predlaganega za uporabo v magnetnem žetveniku.

Končali smo delo pri nacionalnem projektu v okviru ARRS *Učinkovito recikliranje odpadnega brusnega blata pri proizvodnji magnetov Sm-Co za gospodarstvo brez odpadkov* v sodelovanju s podjetjem Magneti Ljubljana, d. d., kjer smo raziskali poti recikliranja brusnega blata tipa Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>, vključno s SmCo<sub>5</sub>. Ugotovili smo, da je brusno blato mogoče reciklirati s kemičnimi in pirolitičnimi metodami ter naknadnim pretaljevanjem z indukcijskim ali obločnim načinom.

Nadaljeval se je razvoj metode za reševanje inverznega magnetostatičnega problema kot dopolnilo eksperimentalnim dejavnostim na odseku v zvezi z dodajalnimi tehnologijami. Ukvarjali smo se tudi z načrtovanjem optimalne oblike trajnega magneta kot izvora spreminjajočega magnetnega polja v t. i. magnetnem žetveniku – napravi za napajanje prenosne elektronske opreme brez uporabe zunanjih energijskih virov (slika 2).

V okviru ARRS-projekta *Razvoj večkomponentnih trajnih magnetov kompleksnih oblik z uporabo napredne tehnologije 3D-tiskanja* smo nadaljevali razvoj večkomponentnih trajnih magnetov kompleksnih oblik z aditivno proizvodnjo za podjetje Kolektor, d. d. Cilj je povečati

moč elektromotorja z novimi oblikami magnetov in uporabo različnih materialov v enem samem magnetu. Ta zapletena oblika bo natisnjena z najsodobnejšo metodo izdelave 3D-objektov z uporabo tiskanja iz filamentov. Naslednji cilj projekta smo dosegli z izdelavo 3D-tiskancev z usmerjenimi magnetnimi delci na osnovi Sr-ferita znotraj natisnjene magneteta, kar smo dosegli z uporabo zunanega trajnega magneteta. Razlika v orientaciji je vidna na sliki 3.

V letu 2021 smo nadaljevali raziskovalne dejavnosti na področju utrjevanja keramičnih feritnih magnetov. Pri teh raziskavah smo se naslonili na uspešne raziskave izboljšanja mehanskih lastnosti inženirske keramike z uporabo celuloznih nanovlaknen (CNF), ki smo jo razvili v sodelovanju s kolegi z Inštituta za znanost o materialih (CSIC) iz Madrida. V okviru teh študij smo se dodatno osredotočili na tehnike hitrega sintranja feritnih magnetov, to je s pomočjo sintranje z intenzivnim toplotnim sevanjem (SITR). Tako procesirani feritni magneti bi ob znatnem izboljšanju magnetnih lastnosti predstavljali možno alternativo nekaterim trajnim magnetom na osnovi redkih zemelj, ki pa so kritične.

### Kompleksne intermetalne zlitine

V okviru sodelovanja raziskovalne skupine IRP PAC2 smo objavili članek v reviji *Crystals* (doi.org/10.3390/cryst11121535) na področju ternarnega sistema Al-Cr-Sc, ki velja za kompleksni kovinski sistem. Članek se osredotoča na kristalno in elektronsko strukturo na novo odkrite faze v sistemu Al-Cr-Sc (slika 4). Naslov članka se glasi: Structure, Microstructure and Electronic Properties of a Newly Discovered Ternary Phase in the Al-Cr-Sc System.

Naša glavna raziskava je usmerjena v kompozitne materiale, bolj natančno na polimerno matrico politalamida (PPA), ojačano s kvazikristalnim prahom Al-Cu-Fe-B (QC). Glavni cilj raziskave je razvoj nizko adhezijskega kompozitnega materiala z visoko trdnostjo. PPA spada med visokotemperaturne inženirske plastike in je med drugimi lastnostmi tudi kemično odporen. QC ima zelo zanimive lastnosti, povezane z nizko površinsko energijo, nizkim koeficientom trenja, visoko odpornostjo proti obrabi, nelepljivimi lastnostmi in zmanjšano omočljivostjo. Pri raziskavi smo se najprej osredotočili na raziskavo površinske energije sintranega vzorca na osnovi kvazikristalov, in sicer v pogojih, ki so v primerjavi s pogoji v industrijskih okoljih.

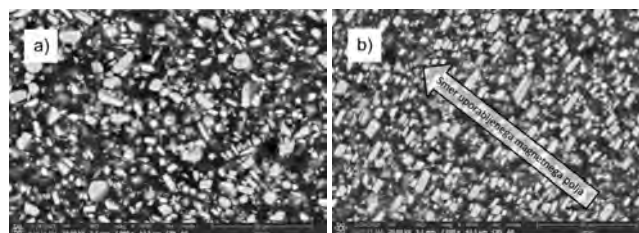
Z metodo rentgenske fotoelektronske spektroskopije z visoko lateralno ločljivostjo (XPS) smo na površini QC zaznali oksidno plast debeline okoli 5 nm. Ta oksidna plast lahko vpliva na vez med polimerno matrico in kvazikristalnim prahom. Nadaljnja raziskava bo tako usmerjena na vpliv vezave oksidne plasti, ki se pojavi pri QC, in polimerne matrice ter s tem na površinske in mehanske lastnosti kompozitov. Poudarek bo na tribološkem področju kompozitov, kot so visoko trenje, obraba in hladno varjenje.

### Kataliza

Farmacevtski izdelki spadajo v skupino obstojnih organskih onesnaževal in so v okolju (odpadne vode, onesnažen zrak) dolgoročno kemično stabilni. Njihova razgradnja v ogljikov dioksid, vodo in anorganske ione je možna z naprednimi oksidacijskimi procesi (angl. AOPs). V okviru študije pod okriljem ARRS-projekta za razgradnjo farmacevtikov smo uspešno testirali TiO<sub>2</sub>, TiON in BDD (angl. *boron doped diamond*) materiale v procesu razgradnje antibiotika tetraciklin. Nadalje smo v okviru raziskave v reviji *Journal of Cleaner Production* (IF=9.297, doi:10.1016/j.jclepro.2022.131061) objavili pregledni članek o fotokatalitski, elektrokatalitski in fotoelektrokatalitski razgradnji farmacevtskih izdelkov v vodnem mediju. Poleg tega smo uspešno oblikovali napredno 3D-elektrodo, izdelano z aditivno tehnologijo, s končnim ciljem učinkovitega pretočnega fotoelektrokatalitskega reaktorja za razgradnjo farmacevtskih izdelkov v odpadni vodi.

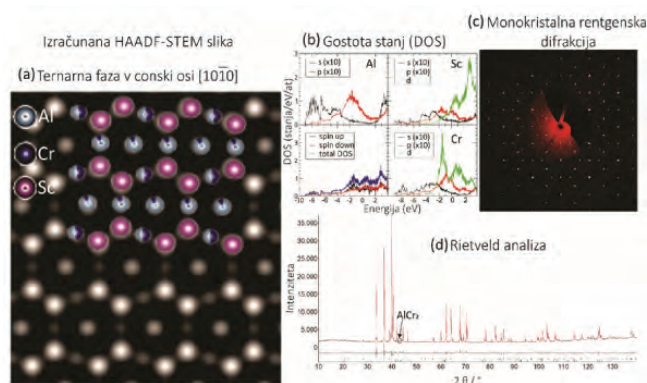
Znanje katalizne skupine, pridobljeno v preteklih letih, smo uspešno implementirali v nov okvir raziskovalnega področja visoko entropijskih zlitin (*ang. HEAs*). Končni cilj študije, ki še poteka, je razširiti raziskovalno področje novih materialov, ki bi jih lahko uporabili pri čiščenju organskih onesnaževal v odpadnih vodah.

Nadaljevali smo dosedanje sodelovanje s Kemijskim inštitutom, kjer smo nanocevke TiO<sub>2</sub> pripravili s procesom anodne oksidacije in obdelali v atmosferi amonijaka pri povišanih temperaturah. Po transformaciji nanocevke TiO<sub>2</sub>



Slika 3: Mikrostruktura natisnjene magneteta na osnovi Sr-feritnih delcev, posneta z vrstičnim elektronskim mikroskopom, brez uporabe zunanega magnetnega polja med tiskanjem (a) in z uporabo zunanega magnetnega polja med tiskanjem (b).

**Dosegli smo povečanje remanence za več kot 65 % v primerjavi s 3D-tiskanim magnetom brez izpostavljanja zunanjemu magnetnemu polju. Povečana remanentna magnetizacija vodi k večji moči in večjim izkoristkom električnega motorja.**



Slika 4: (a) Ternarna faza v konjski osi  $[10\bar{1}0]$ , (b) gostota energijskih stanj, (c) monokristalna rentgenska difrakcija in (d) Rietveld analiza ternarne faze v kovinskem sistemu Al-Cr-Sc



Slika 5: V ACS Omega objavljena naslovnica za članek *Toward a Flexible and Efficient TiO<sub>2</sub> Photocatalyst* (doi:10.1021/acsomega.1c02862).

v TiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub> so bili na površino nanešeni Ir-nanodelci. Učinkovitost materiala je bila nato proučevana v tehnološko relevantnih katalitskih reakcijah.

Sodelovanje s Kemijskim inštitutom pa je prineslo tudi patentno prijavo pri Evropskem patentnem uradu, prijava EP 21163572.7. Tema patenta je anodna oksidacija zelo majhnih kovinskih mrež (npr. TEM-mreža) in aparat za anodno oksidacijo. Patent se lahko uporabi v različnih industrijskih aplikacijah.

V okviru lanskoletne študije raziskave o postopku elektrokemijske oksidacije fleksibilnih titanovih folij na področju fotokatalize je bil objavljen članek v reviji *ACS Omega* (IF= 3.512, doi:10.1021/acsomega.1c02862), katerega raziskava je bila predstavljena tudi kot naslovnica ACS revije (slika 5).

### Senzorji

Razvijamo receptorske elemente za detekcijo toksičnih organskih spojin (TOC) in biomolekul, kot je virus SARS-CoV-2. Na področju detekcije SARS-CoV-2 razvijamo novo strategijo hitrega testiranja, ki temelji na elektrokemijskem principu zaznavanja virusnih različic v vzorcih sline. Sistem za detekcijo, t. i. detekcijska platforma SARS-CoV-2, temelji na modificiranih sitotiskanih elektrodah (SPE), katerih površina omogoča imobilizacijo različnih virusnih receptorskih elementov (protiteles) za specifično vezavo mutiranih oblik virusa. Poseben poudarek v razvoju biosenzorske platforme smo namenili modifikaciji SPE oz. pripravi visoko prevodne matrice, ki temelji na nanostrukturiranih prevodnih polimerih (polianilin in polistiren) in nanodelcih Au. Slednja je ključna za elektrokemijsko detekcijo, saj omogoča pretvorbo kovalentne interakcije med receptorskimi elementi (protitelesi) in tarčnimi virusnimi različicami v merljiv, koncentracijsko odvisen električni signal. Na podlagi elektrokemijskih meritev smo rezultate ovrednotili tako kvalitativno kot kvantitativno.

Hkrati prevodna matrica zaradi svoje kemijske sestave izkazuje edinstvene lastnosti na področju prevodnosti in biokompatibilnosti, kar rezultira v visoki analitični učinkovitosti (občutljivost in specifičnost) in zelo nizkih mejah zaznave (na atomarnem koncentracijskem območju). Zaradi vseh omenjenih dejstev je biosenzorska platforma zagotovo odlična izhodiščna točka za praktično in poceni testiranje obolelih oseb brez ali pred pojavom bolezenskih znakov.

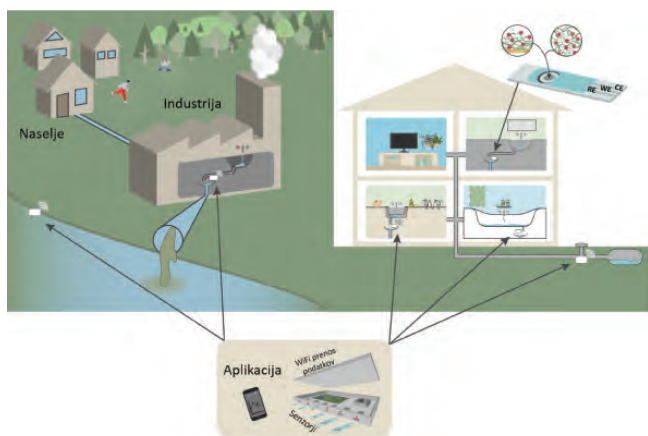
Nadaljevali smo raziskave na področju polianilina (PANI) in njegovega obnašanja v prisotnosti amonijaka (NH<sub>3</sub>). NH<sub>3</sub> je del naravnega cikla dušika ter je toksična in neurotoksična spojina, ki označuje obolelo stanje v človeškem telesu, kar doprinese k interesu zaznavanja in spremljanja NH<sub>3</sub> koncentracij v fizioloških medijih. Ukvarjamo se z elektrokemijsko sintetiziranim PANI za detekcijo NH<sub>3</sub> v tekočini pri nevtralnem pH. Sistem temelji na kronoamperometričnih meritvah in kapljičnem dodatku alikvotov NH<sub>3</sub> k osnovnemu elektrolitu (npr. PBS).

Na podlagi eksperimentalnih nastavitvev in rezultatov smo razvili zaznavni mehanizem. Izračunana detekcijska limita za zaznavanje NH<sub>3</sub> v fiziološki raztopini (25 μM) se je z dodatkom nanodelcev Au na površino PANI elektrode znižala trikrat (8 μM). Obnovljivost elektrode po vsakem dodatku in ponovljivost meritev daje sistemu potencial za nadaljnjo aplikacijo v pretočno injekcijskih sistemih.

Hlapne strupene organske spojine, katehol, resorcinol in hidrokinon so izomeri benzendiolov, ki so v zadnjem času postali zanimivi zaradi akutnih in kroničnih težav, ki jih povzročajo ljudem. So elektrokemično aktivne molekule, kar pomeni, da so podvržene redoks procesom. Detekcija temelji na preprostem trielektrodnem elektrokemičnem sistemu, pri čemer je delovna elektroda sestavljena iz materiala z visoko prevodnostjo in veliko aktivno površino. Uporabljamo elektrode SPE, kjer delovno elektrodo modificiramo s tanko plastjo katalizatorja in ogljikom (npr. Pt/C ali Au/C). Za kvalitativno detekcijo posameznih izomerov uporabljamo ciklično voltametrijo, za selektivno detekcijo več izomerov hkrati uporabljamo diferencialno impulzno voltametrijo in kronoamperometrijo za kvantitativno detekcijo posameznih izomerov. Selektivno zaznavamo vse tri izomere, pri čemer smo dosegli mejo zaznave 1 μM za katehol in hidrokinon ter 100 nM za resorcinol z dobro obnovljivostjo v laboratorijskih pogojih. Naš cilj je še dodatno izboljšati mejo detekcije in modificirati sistem za detekcijo analitov v zraku.

Začeli smo razvijati nove receptorske elemente za detekcijo obstojnih in mobilnih kemikalij (PMC), kot so melamin, BPS (bisfenol S) in benzotriazol. Namen je razviti miniaturo, prenosni senzor, ki bo zaznal analite v vodi in v prihodnosti tudi v zraku (slika 6).

**Ukvarjamo se z razvojem receptorskih elementov za detekcijo toksičnih organskih snovi, kot so akrilamid (AA) (nacionalni projekt J2-1739), obstojne in mobilne kemikalije (PMC) (nacionalni projekt J2-3051) in benzendioli. Ukvarjamo se tudi z razvojem receptorskih elementov za elektrokemijsko detekcijo SARS-CoV-2 (nacionalni projekt Z2-3206).**



Slika 6: Točke detekcije in integracije in princip delovanja senzorskih platform za detekcijo TOC ali PMC v vodi.

### Materiali za zdravje in čisto okolje

Na tem področju razvijamo nanonosilce za inovativno zdravljenje raka in diagnostiko.

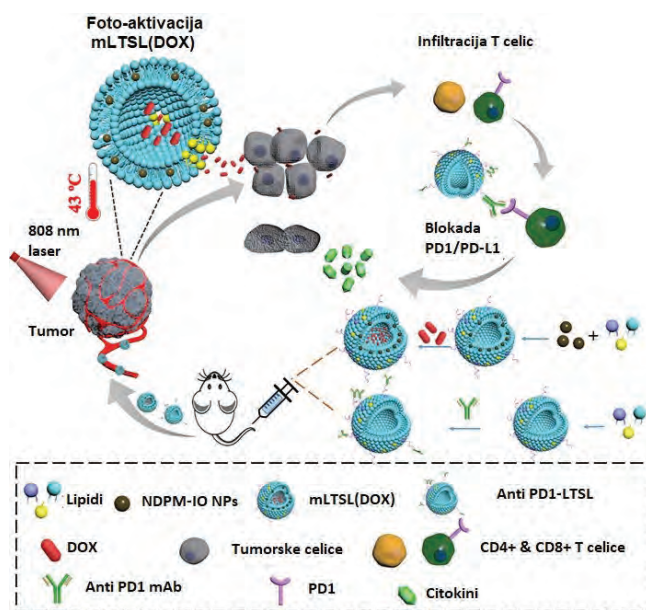
V sodelovanju s Queen's University Belfast, Združeno kraljestvo in Medicinsko fakulteto Univerze v Ljubljani smo razvili temperaturno občutljive liposome za zdravljenje raka prostate, ki vsebujejo predzdravilo, sestavljeno iz doksorubicina (Dox), konjugiranega na peptidni substrat za prostato specifični antigen (PSA), ki ga lahko cepimo z encimsko aktivnim PSA na mestu tumorja. V kombinaciji s hipertermijo je zdravljenje s tako pripravljenimi liposomi znatno zavrlo rast tumorja in metastaz pri miših. Študija je bila objavljena v reviji *Acta Biomaterialia* (*IF* = 8,947, doi.org/10.1016/j.actbio.2021.12.019). Prav tako smo razvili temperaturno občutljive liposome za imuno- in kemoterapijo ter slikanje z magnetno resonanco (MRI). Terapevtska učinkovitost doksorubicina se je okrepila v kombinaciji z monoklonskimi protitelesi proti PD1, kar je povzročilo znatno zmanjšanje rasti tumorja CT26 z aktivacijo imunskih celic.

Naša študija je prikazala izjemen potencial kombiniranja blokade PD1 s temperaturno občutljivimi magneto-liposomi, ki sprostito zdravilo po aktivaciji z lasersko svetlobo, ker lahko tak večfunkcionalen nanosistem občutno izboljša kemo- ali fototermično terapijo in MRI vodeno dostavo zdravil (slika 7). Ta študija je bila objavljena v *Journal of Controlled Release* (*IF* = 9,776, doi.org/10.1016/j.jconrel.2021.03.002). Pri študiji smo sodelovali z raziskovalci iz Queen's University Belfast in Onkološkim inštitutom v Ljubljani.

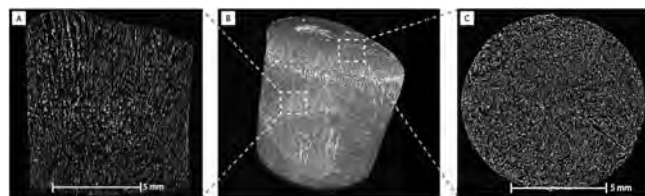
Na področju nanonosilcev smo naredili korak naprej in iz sintetičnih liposomov prešli na uporabo telesu lastnih nanonosilcev, narejenih iz eritrocitnih membran, kar zmanjša možnost pojava stranskih učinkov. Eritrocitne membrane so bile uporabljene kot nosilci za MRI kontrastna sredstva. V reviji *Magnetochemistry* (doi.org/10.3390/magnetochemistry7040051) smo opisali izboljšanje kontrastne učinkovitosti železo-oksidnih nanodelcev, če so ti enkapsulirani v eritrocitne membrane napram enkapsulaciji v liposome oziroma prostim nanodelcem. Kot komplementarno metodo MRI lahko uporabimo fluorescenčno slikanje. V ta namen smo enkapsulirali dve različni fluorescenčni barvili (indocianin zeleno in IR820) v eritrocitne membrane in liposome ter primerjali njihovo fototermično učinkovitost, stabilnost in hemotoksičnost s prostimi barvili (objava v reviji *International Journal of Molecular Sciences*, *IF* = 5.924, doi.org/10.3390/ijms22136914). Za zaokrožitev naših študij na temo eritrocitnih membran smo objavili tudi pregledni članek o dostavi nukleinskih kislin z nosilci na eritrocitnih membranah (*International Journal of Molecular Sciences*, doi.org/10.3390/ijms22105264).

### Inženirska keramika

Proučevali smo disperzijo, reološko obnašanje in zmrzovanje vodnih suspenzij, ki vsebujejo sintetiziran prah mezoporoznega aluminijevega oksida (MA). Cilj je bil pripraviti stabilne suspenzije, ki vsebujejo delce  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  mikrometrskih velikosti, pridobljene s hidrolizo AlN, primerne za konsolidacijo. Dodatek dvovalentnih kationov ( $\text{Mg}^{2+}$  ali  $\text{Ca}^{2+}$ ) ali celuloznih nanovlaken je sprožil nastanek šibkih povezav med delci, ki prispevajo k stabilizaciji suspenzije. Suspenzije smo nato zamrzili v visoko porozne keramične monolite MA z visoko hierarhično poroznostjo (93,1–99,2 %) (slika 8) z visoko prepustnostjo ( $k_1 = 2,39\text{--}4,31 \times 10^{-12} \text{ m}^2$  in  $k_2 = 2,23\text{--}9,15 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ ) in nizko anizotropno toplotno prevodnostjo v razponu od 0,039 do 0,071 W/m·K, ki je bila odvisna od orientacije por. Kljub visoki poroznosti so monoliti pokazali izjemno visoko tlačno trdnost (do 52,0 kPa). Delo o monolitih je bilo objavljeno v *Open Ceramics* (https://doi.org/10.1016/j.oceram.2021.100069). Proučevali smo učinkovitost recikliranja tehnične keramike na osnovi glinice (aluminijev oksid), saj se med velikotonažno industrijsko proizvodnjo te keramike ustvarjajo različne vrste procesnih izgub oziroma ostankov. Če reciklirana keramika izpolnjuje specifikacije končnega izdelka, se lahko ostanki ponovno uporabijo in reciklirajo v proizvodnem procesu. Raziskali smo možnost ponovne uporabe različnih koncentracij odpadne glinice pri različnih pogojih sintranja. Za sintranje smo uporabili tako konvencionalno sintranje na zraku kot hitro sintranje v pulzirajočem enosmernem toku (SPS; Spark Plasma Sintering). Tehnika SPS je v kratkem času omogočila hitro zgostitev vzorcev glinice s finostrukturno mikrostrukturno in visoko trdoto. Študije so bile objavljene v *Journal of Materials Research*



Slika 7: Blokada PD1 okrepi terapevtsko učinkovitost fototermično aktiviranih in MRI vodenih temperaturno občutljivih magneto-liposomov.



Slika 8:  $\mu\text{-CT}$  slikanje visokoporoznih MA keramičnih monolitov, gledanih v različnih smereh, ki prikazujejo hierarhično mezo-makro poroznost: a) v radialni smeri, b) 3D-pogled in c) v aksialni smeri.



Slika 9: Shema prikazuje vpliv mikrostrukture (velikost zrn) in naknadne obdelave 3Y-TZP v dentalnem laboratoriju (peskanje) na staranje in vivo v ustnem okolju.

and Technology (IF=5,039, doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.01.064) in Open Ceramics (doi.org/10.1016/j.oceram.2021.100076).

Na področju dentalne keramike smo tradicionalno vpleteni v raziskave z itrijem dopirane cirkonijeve oksidne (3Y-TZP) keramike v tesnem sodelovanju s Katedro za stomatološko protetiko Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani (MF-UL). V sklopu izbora najvidnejših raziskovalnih dosežkov preteklega leta ARRS – Odlični v znanosti 2021 – je bila na področjih biotehnika in medicina (podpodročje stomatologija) izbrana klinična študija staranja keramike 3Y-TZP v ustnem okolju, ki je rezultat dolgoletnega interdisciplinarnega sodelovanja med MF-UL in Institutom "Jožef Stefan". Delo smo objavili v vodilni znanstveni reviji s tega področja *Dental Materials* (doi.org/10.1016/j.dental.2020.11.023) (slika 9), član

programske skupine P2-0087 Keramični in komplementarni materiali za napredne inženirske in biomedicinske aplikacije, ki jo vodi izr. prof. dr. Andraž Kocjan z Odseka za nanostrukturne materiale). Študija je pomemben mejnik na področju raziskav dentalnih keramičnih materialov in translacijske dentalne medicine.

Dolgoletno sodelovanje z Zdravstveno fakulteto Univerze v Ljubljani smo tudi to leto nadgradili s študijami, povezanimi z adhezijo bakterij. Najprej smo analizirali adhezijo *S. mutans* na štiri različne cemente, ki se uporabljajo v zobozdravstvu: dva steklo-ionomera cementa ter dva cementa na osnovi keramičnih kompozitov. Izkazalo se je, da se na nanohibridnih kompozitnih površinah zadrži največ bakterij, kar je bilo v dani študiji povezano z nizkokontaktim kotom, visoko hrapavostjo in najbolj negativnim nabojem površine. Rezultate študije smo objavili v *Coatings* (doi.org/10.3390/coatings11020235). Študijo s *S. mutans* smo nato ponovili na širšem asortimaju dentalnih materialov, kot so amalgam, Chromasit, z itrijevim oksidom stabiliziran cirkonijev oksid (YSZ) in zobovina. Izkazuje se, da je adhezija najvišja na zobovini, ki ji sledi YSZ. Študijo smo objavili v *Molecules* (doi.org/10.3390/molecules26041152).

Prav tako smo se posvetili najpogosteje uporabljenim materialom v ortotiki in protetiki. Adhezijo *S. aureus* in *S. epidermis* (obe bakteriji sta lahko razlog za huda vnetja na stiku med kožo in materialom) smo evaluirali tako na naravnih kot umetnih materialih: pluti, usnju, penam, PMMA in PVA. Izkazuje se, da morfologija površine bistveno vpliva na adhezijo bakterij, saj so prednjačili materiali z razgibano površino (sintetično usnje in termo pluta), ki ščitijo bakterije pred lateralnimi silami in promovirajo nastanek biofilma. Študiji sta objavljeni v *Coatings* (doi.org/10.3390/coatings11121469) in *Materials* (doi.org/10.3390/ma14226877).

Zadnjo študijo v *Coatings* (doi.org/10.3390/coatings11060630) smo posvetili polielektrolitskim večslojem, ki se lahko zaključijo s pozitivno ali negativno nabitim slojem na katetrskih površinah. Primerjali smo obdelan in neobdelan kateter ter spremljali adhezijo *E. coli*. Izkazalo se je, da površinski naboj dominantno vpliva na adhezijo bakterij, medtem ko hidrofobnost površine in hrapavost v tem primeru nimata bistvene vloge.

V okviru raziskav strukturalnih materialov smo raziskovalci K7 pridobili nove projekte v sklopu evropskega fuzijskega programa EUROfusion za obdobje 2021–2025. V tem obdobju bomo nadaljevali raziskave kompozitov volfram-divolframov karbid (W-W<sub>2</sub>C) in funkcijsko gradientnih materialov, kot je npr. Cu-W, pripravljen z dodajalnimi tehnologijami za uporabo v evropski demonstracijski fuzijski elektrarni EU DEMO.



Slika 10: W-11WC monobloki, spojeni s CuCrZr (levo); enak sestav izpostavljen termični obremenitvi 15 MW/m<sup>2</sup> in hlajen s hladilno tekočino v cevi s temperaturo 18° C (desno).

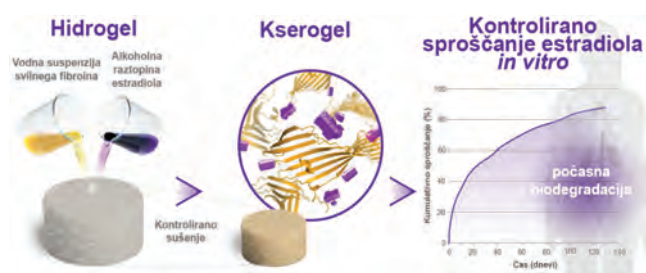
Sestava in postopek priprave kompozitnih materialov W-W<sub>2</sub>C sta bila optimizirana na podlagi proučevanja soodvisnih razmerij med začetno in končno sestavo materiala, ki neposredno vplivata na njegove temperaturno odvisne (do 1000° C) mehanske in termične lastnosti. Glavno merilo za izbiro optimalne sestave je bila odpornost materiala na termične šoke med preskušanjem z visokim toplotnim tokom (angl. high heat flux test HHFT). Na podlagi obetavnih termomehanskih lastnosti in HHFT, določenih v prejšnjem obdobju, je bila za izdelavo testnih monoblokov diverterja izbrana sestava W-11WC (slika levo). Kompozitni monobloki so bili spojeni na hladilno strukturo iz CuCrZr in podvrženi HHFT-preskusom v aktivno hlajenem modelu diverterja (slika 10).

Prav tako smo s spreminjanjem razmerja W-W<sub>2</sub>C v kompozitih pripravili kompozit W-W<sub>2</sub>C, ki ima temperaturo prehoda krhko-žilavo kar 200° C nižje od trenutno najbolj obetavnega in preiskanega materiala – valjanega volframa.

### Biomateriali

Leta 2021 je bil na podlagi uspešnih raziskav biomaterialov na titanovih vsadkih iz preteklih let podeljen evropski patent Implant having a multilayered coating and a process for preparing thereof (EP2595669A1). Patent opisuje hidrotermalni postopek sinteze prevleke iz TiO<sub>2</sub> v bioaktivnega stekla na poroznem titanovem vsadku za izboljšanje integracije vsadka s kostjo.

Kot partnerji v ARRS-projektu smo zaključili raziskave priprave svilnega fibroina kot hormonskega nosilca v sodelovanju z Veterinarsko fakulteto Univerze v Ljubljani. Delo je bilo objavljeno v vodilni znanstveni reviji s področja znanosti dostave zdravil in farmacevtske tehnologije *Journal of Drug Delivery Science and Technology* (doi.org/10.1016/j.jddst.2021.102701). Priprava biopolimernih kserogelov je pomemben korak pri izdelavi naprednih farmacevtskih dostavnih sistemov s podaljšanim sproščanjem zdravilnih učinkovin za namen hormonske terapije (slika 11). Nadaljnja raziskava je bila osredotočena na pripravo fibroinskih filmov z nizko stopnjo kristaliničnosti, kar pripomore k hitrejši stopnji razgradnje implantata za sprostitvev hormonov. Izvedeni so bili še preostali poskusi *in vivo* na živalih.



Slika 11: Postopek priprave kserogelnih dostavnih sistemov iz svilnega fibroina s podaljšanim sproščanjem estradiola

**Funkcionalna keramika: polprevodniška keramika na osnovi ZnO (varistorji, termoelektriki)**

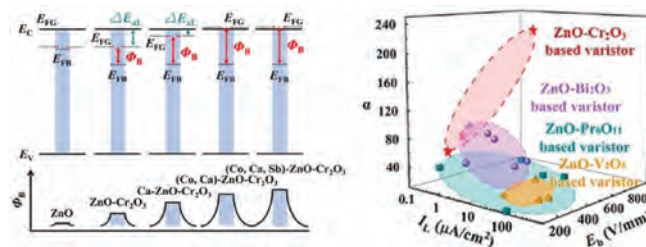
Termoelektrične ZnO keramike so aktualne za pridobivanje električne energije iz odpadne toplote pri visokih temperaturah nad 650 °C. ZnO je polprevodnik tipa n z visokim Seebeckovim koeficientom (S) 400 μV/K. Žal ima za dober termoelektrični material prenizko električno prevodnost ( $\sigma$ ) zaradi nizke koncentracije nosilcev naboja  $n < 10-17 \text{ cm}^{-3}$ , njegova termična prevodnost ( $\kappa$ ) pa je previsoka, saj ima preprosto strukturo, ki jo sestavljajo lahki elementi. Razumevanje vpliva dopantov na koncentracijo nosilcev naboja ter strukturnih in mikrostrukturnih elementov na transport nosilcev naboja in fononov je tako ključnega pomena za izboljšanje električne prevodnosti ( $\sigma$ ) ob ohranjenem visokem Seebeckovem koeficientu (S) in zmanjšanju toplotne prevodnosti. Naše raziskave so tako usmerjene v študij vpliva mejnih površin, kot so meje med zrni in posebne inverzne meje (IBs) v zrnih na prenos naboja in toplote. Zlasti multiple IBs, ki jih povzročijo dopanti, kot sta  $\text{In}^{3+}$  in  $\text{Ga}^{3+}$ , imajo pri tem pomembno vlogo, saj lahko delujejo kot energijski filter, kjer se poti fononov in elektronov razcepijo. S svojo širino, omejeno na eno plast atomov in praktično neskončno v drugih dveh dimenzijah, se ta motnja lahko obnaša kot kvantni vodnjak, kjer je dovoljeno samo elektronom z določeno energijo, da ga preidejo, medtem ko drugi ostanejo omejeni na plast. Hkrati donorski dopanti ( $\text{M}^{3+}$ ) lahko povzročijo množico razpoložljivih stanj za transport elektronov, ki vzdolž planarnega defekta preidejo v način balističnega transporta ( $\sigma_p$ ). Po drugi strani 2D struktura in kemijska anizotropija povzročata sipanje fononov, ki prečno prehajajo planarne defekte, kar zniža  $\kappa$  prek plasti. V skladu s tem smo tako analizirali vpliv dodatka nizkih količin do nekaj at.% dopantov, kot so  $\text{In}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  in  $\text{Co}^{2+/3+}$  na strukturo, mikrostrukturo in termoelektrične lastnosti keramike ZnO v sistemih  $\text{ZnO-In}_2\text{O}_3\text{-Co}_3\text{O}_4$ ,  $\text{ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-Co}_3\text{O}_4$  in  $\text{ZnO-In}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Co}_3\text{O}_4$ .

Pri teh raziskavah sodelujemo z National Institute for Materials Science (NIMS, Tsukuba, Japonska) z laboratorijem CRISMAT (Caen, Francija).

V sodelovanju s Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Science – SICCAS proučujemo vpliv izbranih dopantov in procesnih parametrov (temperature in atmosfere sintranja) na formiranje elektrostatskih Schottkijevih barier na mejah med zrni in električno prevodnost keramike ZnO. Ugotovili smo, da s sintranjem v reduktivni atmosferi učinkovito preprečimo nastanek intrinzičnih akceptorskih stanj, to je vrzeli cinka ( $\text{V}_{\text{Zn}}$ ) in intersticijskega kisika ( $\text{O}_i$ ) ter s tem Schottkijevih barier, hkrati pa se močno poveča trdna topnost  $\text{Al}_3$  v ZnO, kar bistveno izboljša električno prevodnost in termoelektrične lastnosti keramike ZnO. Te raziskave so privedle tudi do odkritja povsem nove vrste varistorske keramike na osnovi ZnO, pri katerih nastanek elektrostatskih Schottkijevih barier, ki so odgovorne za tokovno napetostno (I-U) nelinearnost, povzroči  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  dodatek majhnih količin oksidov Ca, Co in Sb pa jih še izboljša (slika 12).

Nova vrsta varistorske keramike  $\text{ZnO-Cr}_2\text{O}_3$ , v primerjavi z do zdaj poznanimi standardnimi varistorskimi keramikami na osnovi ZnO, ne vsebuje hlapnih ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ), dragih ( $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$ ) in toksičnih ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) dopantov, njena prednost pa je tudi preprosta in bistveno cenejša kemijska sestava. Pojasnili smo mehanizem nastanka elektrostatskih Schottkijevih barier z dodatkom  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  in raziskali vpliv dodatka CaO na rast zrn ZnO ter prebojno napetost, kar je pomembno za možnost uporabe nove vrste varistorske keramike na področju prenapetostnih zaščit v širokem področju napetosti (objavljeno v reviji *ACS Applied Materials & Interfaces*, doi.org/10.1021/acsaami.1c07735).

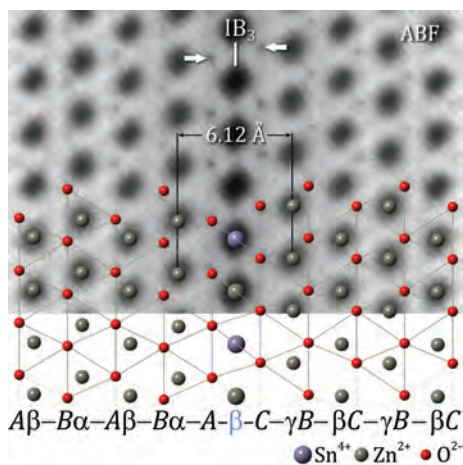
S podjetjema Bourns in KEKON smo sodelovali pri razvoju večplastnih varistorjev (MLV) z izboljšano temperaturno stabilnostjo in komponent na osnovi MLV in večplastnih kondenzatorjev. S Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani in podjetjem VARSİ smo sodelovali pri študiju



Slika 12: Izjemna tokovno-napetostna (I-U) nelinearnost nove varistorske keramike na osnovi sistema  $\text{ZnO-Cr}_2\text{O}_3$  je povezana s strukturo pasov in dopanti za izboljšanje lastnosti (tj. oksidi Ca, Co in Sb);  $f_B$  - višina Schottkyjevih barier;  $E_C$  - prevodni pas,  $E_V$  - valenčni pas;  $E_{FB}$  in  $E_{FG}$  - Fermijev nivo mej med zrni in Fermijev nivo zrn (levo), koeficient nelinearnosti ( $\alpha$ ), tok puščanja ( $I_L$ ) in prebojna napetost ( $E_B$ ) nove (Ca, Co, Sb) dopirane  $\text{ZnO-Cr}_2\text{O}_3$  varistorske keramike v primerjavi z literaturnimi podatki za standardne tipe varistorske keramike na osnovi ZnO (desno).



karakteristik površine varistorne keramike in postopkih njene obdelave za optimizacijo procesov finalizacije varistorjev in njihovih lastnosti.



Slika 13: Optimiran model Sn-bogate inverzne meje (linijska različica razporeditve kationov) t. i. IB<sub>3</sub> translacije (*Science of Sintering*, doi.org/10.2298/SOS2102237R)

ABF-STEM posnetek Sn-bogate inverzne meje v ZnO keramiki, opazovan v [2 $\bar{1}$ 10] projekciji, nam odkriva lege O-atomov (šibke pike) med kationi (slika 13). Ti nam pomagajo prepoznati koordinacijo kationov in tip inverzije. Spodaj je optimiran model Sn-bogate inverzne meje (linijska različica razporeditve kationov), t. i. IB<sub>3</sub> translacije (objavljeno v reviji *Science of Sintering*, doi.org/10.2298/SOS2102237R).

Raziskovali smo tudi strukturo inverznih mej v ZnO v SnO<sub>2</sub>-dopiranem sistemu, kjer Sn<sup>4+</sup> dopant na oktaedrijskih mestih IB-sloja tvori neurejeno razporeditev s Zn<sup>2+</sup> kationom v razmerju 1:1. Njihova razporeditev je tako odvisna od lokalnega naboja po Paulingovem principu elektronevtralnosti za ionske kristale, po katerem mora biti povprečno oksidacijsko število kationov v IB-sloju 3<sup>+</sup>. HRTEM in ABF-STEM analiza Sn-bogatih inverznih mej v ZnO je potrdila dve razporeditvi kratkega dosega, ki so ju napovedali tudi izračuni na osnovi teorije gostotnih funkcionalov (DFT) kot konfiguraciji z najnižjo energijo.

Posledično se ureditev kationov hkrati podreja zahtevam elektronevtralnosti in 6-števne simetrijske omejitve zaradi heksagonalne razporeditve atomov znotraj IB-sloja. Na večje razdalje ta razporeditev zadosti kemijskemu pogoju 1:1 razporeditve kationov in s tem pogoju elektronevtralnosti, simetrijski pogoj pa poskrbi za maksimiranje entropije znotraj IB-sloja. Narava IB-sloja v Sn-dopiranem ZnO tako prispeva k povečanju sipanja fononov na kvantni jami, Zn<sup>2+</sup> v oktaedrijski koordinaciji pa poveča koncentracijo nosilcev naboja in prevodnost znotraj IB-sloja.

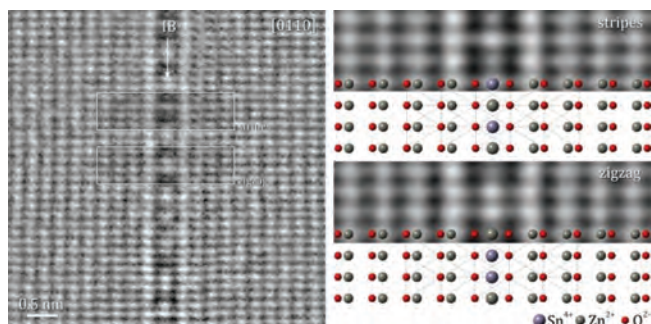
### Mineralogija

Sodelovanje z Oddelkom za litofserske raziskave dunajske univerze v okviru FWF-ARRS bilateralnega projekta N1-0115: *Vključki mineralov v granatih od makroskopskega do atomarnega nivoja – odpiranje petrogenetskega arhiva (GlnA)* in FWF-RFBR mednarodnega projekta: *Fe-Ti oksidni vključki in magnetizem oceanskega gabra (MiMa)* je prineslo skupno publikacijo, objavljeno v reviji *Contributions to Mineralogy and Petrology* (doi.org/10.1007/s00410-021-01864-8). Gre za prvo TEM-raziskavo magnetitnih vključkov v plagioklasu. Raziskovali smo tudi orientirane vključke mineralov v granatih z avstrijskih lokacij, da bi pojasnili njihove pogoje rasti.

Bilateralni projekt NKFIH-ARRS, ki smo ga prijavi skupaj s kolegi s Panonske univerze v Veszprému, N1-0230: *Aragonit: Struktura in nastanek* je bil jeseni sprejet v financiranje. Univerza v Novosibirsku je bila vključena kot zunanji partner. Skupna prijava je temeljila na dolgoletnem strokovnem znanju skupin, ki se ukvarjajo s tvorbo aragonita. V zvezi s to tematiko je bila v reviji *Crystal Growth & Design* (doi/10.1021/acs.cgd.0c00589) skupaj z novosibirsko skupino objavljena študija o metastabilnih strukturah CaCO<sub>3</sub> in njihovem odnosu do aragonita.

### Analitska elektronska mikroskopija

Za mikrostrukturno karakterizacijo materialov uporabljamo vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), presevno elektronsko mikroskopijo (TEM), svetlobno optično mikroskopijo (LOM) in tipalno mikroskopijo na atomsko silo (AFM). Med SEM-tehnikami uporabljamo FEG-SEM visoke ločljivosti, kvalitativno in kvantitativno elektronsko mikroanalizo (EPMA: EDXS, WDXS) in elektronsko difrakcijo povratno sipanih elektronov (EBSD).



Slika 14: Kvantitativna HRTEM-študija s Sn bogate inverzne meje v ZnO, ki prikazuje dve različni razporeditvi kationov kratkega dosega v IB-ravnini. Kationske razporeditve (trakovi in cikcak) nadzoruje kemija IB in 6-števna simetrija oktaedrskega IB-sloja (*Acta Materialia*, doi.org/10.1016/j.actamat.2020.08.035).

Med tehnikami TEM uporabljamo visokoločljivostno vrstično presevno elektronsko mikroskopijo (STEM, HAADF-STEM) in spektroskopijo na izgubo energije elektronov (EELS) za določevanje strukture in kemijskih svojstev materialov na atomarni ravni (slika 14). V zadnjem času so naše raziskave usmerjene tudi na *in-situ* LC TEM za opazovanje dinamičnih procesov med elektrokemijskimi procesi nanašanja kovin iz tekočih medijev.

Konzorcij ESTEEM (Enabling Science and Technology through European Electron Microscopy), katerega člani smo, je nadaljeval svoje aktivnosti na področju karakterizacije materialov z različnimi vrhunskimi tehnikami presevne elektronske mikroskopije.

Raziskovalna skupina Odseka za nanostrukturne materiale je z delom svojega raziskovalnega in razvojnega programa močno povezana z delovanjem Centra za elektronsko mikroskopijo in mikroanalizo (CEMM) v okviru nacionalnega Centra za elektronsko mikroskopijo in analizo površin (CEMAP).

**Sodelovanje z industrijo**

Industrijska sodelovanja s podjetji: Arhel, d. o. o., Žeje pri Komendi, Gorenje, d. o. o., Velenje, Inštitut za vode Republike Slovenije, Kekon, d. o. o., Žužemberk, Kolektor Group, d. o. o., Idrija, Magneti, d. d., Ljubljana, RLS Merilna tehnika, d. o. o., Žeje pri Komendi, Univerza v Ljubljani – Strojna fakulteta, Weiler Abrasives, d. o. o., Maribor.

**Izobraževanje in promocija znanosti**

Sodelavci odseka smo že deveto leto sodelovali pri aktivnostih promocije znanosti v sklopu projekta Znanost na cesti (ZnC). Zaradi ukrepov proti covidu-19 smo ponovno del predavanj izvedli v živo in prek spleta iz Atrija ZRC in Knjižnice v Kranju. Skupaj smo izvedli kar 16 poljudnoznanstvenih predavanj. Na spletni strani projekta ZnC smo objavili 5 blogov raziskovalk in raziskovalcev ter 2 nagradna natečaja.

Na ponovno povabilo organizacij EIT Raw materials in JA Slovenija (Zavod za spodbujanje podjetnosti mladih) smo sodelovali pri organizaciji in izvedbi Inovacijskega kampa 2021. Na njem je sodelovalo 137 dijakov s 17 gimnazij in srednjih šol iz vse Slovenije.

Člani oddelka so vključeni v izobraževalni program na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana, Naravoslovnotehniški fakulteti UL ter na Akademiji za likovno umetnost in oblikovanje UL.

**Dejavnosti SRIP ToP, vertikalne verige vrednosti (VVV) Novi materiali**

V okviru aktivnosti SRIP ToP VVV Novi materiali smo pripravili dodatno gradivo za sprejeti akcijski načrt (III. faza SRIP-ov za obdobje 2020–2023).

**Organizacija konferenc, kongresov in srečanj**

1. Zaključni sestanek mednarodnega projekta MaXycle: A novel circular economy for sustainable RE-based magnets (ERA.MIN2), Goriška brda, 20.–22. junij 2021
2. Letni sestanek v okviru mednarodnega laboratorija LIA PACS2: Push-Pull AlloyS and Complex Compounds (PACS2): from bulk properties to surface functions, Goriška brda, 8.–10. november 2021
3. Letni sestanek v okviru mednarodnega projekta EIT Raw Materials INSPIRES: Intelligent and Sustainable Processing of Innovative Rare-Earth Magnets, Ribno pri Bledu, 14.–16. december 2021

**Patenti**

1. Saša Novak, Nataša Drnovšek, Gregor Murn, Implant having a multilayered coating and a process for preparing thereof, EP2595669 (B1), European Patent Office, 13. 10. 2021
2. Xuan Xu, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, A method for recovery of Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B grains from bulk sintered Nd-Fe-B magnets and/or magnet scraps by electrochemical etching, EP3660174 (B1), European Patent Office, 27. 10. 2021
3. Sašo Gyergyek, Andraž Kocjan, Darko Makovec, Method for synthesis of coated magnetic particles, GB2582272 (B), Intellectual Property Office, 14. 7. 2021
4. Simon Reinhard, Jaćim Jaćimović, Lorenz Herrmann, Tomaž Tomše, Method of producing a permanent magnet with inter-grain heavy-rare-earth element, EP3649659 (B1), European Patent Office, 7. 4. 2021

**Nagrade in priznanja**

1. **dr. Tomaž Tomše** je prejemnik štipendije za izvajanje raziskav in novega pristopa k izdelavi naprednih večkomponentnih Nd-Fe-B trajnih magnetov za elektromotorje in generatorje *New approach towards the manufacture of advanced multicomponent Nd-Fe-B permanent magnets for electromotors and generators*, ki jo podeljuje Slovenska znanstvena fundacija (SSF) v sodelovanju s Svetovno zvezo znanstvenikov (WFS).
2. **prof. dr. Sašo Šturm**, **prof. dr. Kristina Žužek**, **Xuan Xu** so prejemniki srebrne medalje za inovacijo na mednarodni razstavi ARCA *Environmentally friendly and energy efficient method for recovery of rare earth elements*, ki jo podeljuje Hrvaško združenje inovatorjev (Udruga inovatora Hrvatske), Zagreb, Hrvaška.

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. K7, CTT - ID Creations; Pravice in obveznosti v zvezi z razvojem, uporabo in komercializacijo hidrotermalno sintetiziranih prevlek iz TiO<sub>2</sub> na kovinskih ortopedskih in zobnih vsadkih  
ID Creations Oy  
prof. dr. Saša Novak Krmpotič
2. COST CA17140 - Nano2Clinic; Nanomedicina raka - od laboratorijskih raziskav do klinične uporabe  
COST Association AISBL  
dr. Nina Kostevšek
3. Študijski obisk ge. Ipeknaz Özden na IKTS, Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS, Dresden, Nemčija za sodelovanje na projektu: Integracija tehnologij spajanja filamentov in termoplastičnega 3D  
JECs Trust  
Ipeknaz Özden, Msc.
4. H2020 - ESTEEM3; Razvoj znanosti in tehnologije v povezavi z evropsko elektronsko mikroskopijo  
European Commission  
prof. dr. Miran Čeh
5. H2020 - SUSMAGPRO; Trajnostna obnova, predelava in ponovna uporaba magnetov redkih zemelj v krožnem gospodarstvu  
European Commission  
prof. dr. Spomenka Kobe
6. H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi  
European Commission  
prof. dr. Spomenka Kobe
7. H2020 - ORACLE; Napredne sintetske poti in katalizatorji za sintezo amonjaka kot alternativnega obnovljivega goriva  
European Commission  
prof. dr. Andraž Kocjan
8. H2020 - PASSENGER; Pilotna akcija za zagotovitev nove generacije učinkovitih trajnostnih magnetov brez redkih zemelj v Evropi  
European Commission  
prof. dr. Kristina Žužek
9. H2020 - EUROfusion; Komponente v stiku s plazmo-1-IPH-FU, EUROfusion  
European Commission  
prof. dr. Saša Novak Krmpotič
10. Oblikovanje termoelektričnih lastnosti keramike ZnO z inženiringom defektov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Slavko Bernik
11. Nanostrukturirani materiali na osnovi kovinskih oksidov za aplikacije v fotokatalitičnih procesih  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Matejka Podlogar
12. INSPIRES - Inteligentno in trajnostno procesiranje inovativnih magnetov redkih zemelj  
EIT RawMaterials e.V.  
prof. dr. Spomenka Kobe
13. OE - EUROfusion; WP18: MAT\_OE-FU, IREMEV-MAT-1\_OE-FU, IREMEV-MAT-2\_OE-FU, IREMEV-MAT-3\_OE-FU  
European Commission  
dr. Petra Jenuš
14. OE - EUROfusion; WP21: PRD-1,2\_OE-FU  
European Commission  
dr. Aljaž Iveković
15. OE - EUROfusion; WP24: TRED\_OE-FU, EDU\_OE-FU  
European Commission  
prof. dr. Saša Novak Krmpotič

## PROGRAMI

1. Nanostrukturni materiali  
prof. dr. Sašo Šturm
2. Keramični in komplementarni materiali za napredne inženirske in biomedicinske aplikacije  
prof. dr. Andraž Kocjan
3. Fuzijske tehnologije  
prof. dr. Saša Novak Krmpotič

## PROJEKTI

1. Vpiv estrogenih hormonov pred puberteto na aktivno feminizacijo možganov in razvoj novega hormonskega vsadka za posnemanje spolnega cikla  
prof. dr. Saša Novak Krmpotič

2. Karakterizacija fraktalnih struktur in povečevalni kriteriji njihove sinteze  
dr. Matejka Podlogar
3. Izdelava novega reaktorskega koncepta za mikrokinetične študije ter njegova uporaba za selektivno oksidativno dehidrogenacijo alkanov in spajanje metana  
dr. Luka Suhadolnik
4. Selektivna ekstrakcija molekul z visoko vrednostjo za sektor specialnih kemikalij iz ostankov predelave lesa  
dr. Petra Jenuš
5. Geobiokemijski cikel molibdena v kamninah in sedimentih  
prof. dr. Sašo Šturm
6. Napredni 3D celični modeli: Premostitev vrzeli med in vitro in in vivo poskusnimi sistemi (hep3DGenTox)  
prof. dr. Saša Novak Krmpotič
7. Poobsevalni karies pri pacientih z rakom glave in vratu: vzroki in preprečevanje  
prof. dr. Andraž Kocjan
8. Razgradnja plastike s poliekstremotolerantnimi glivami  
dr. Matejka Podlogar
9. Modulacija polifenolnega profila v sadju s trajnostnimi fizikalnimi poobiralnimi postopki  
dr. Anže Abram
10. Predklinične in klinične raziskave cirkonijeve oksidne keramike izdelane s tehnologijami aditivnega oblikovanja  
prof. dr. Andraž Kocjan
11. Nanostrukturne raziskave difuzijske kontroliranih procesov med topotaksialnimi faznimi transformacijami v mineralih tipa rutil-korund  
prof. dr. Aleksander Rečnik
12. Izboljšanje zanesljivosti monolitne dentalne keramike iz cirkonijevega oksida  
dr. Andraž Kocjan
13. Vključki v granatih od makroskopskega do atomarnega nivoja: Odpiranje petrogenetskega arhiva  
prof. dr. Aleksander Rečnik
14. Visoko zmogljivi nanostrukturirani senzorji akrilamida  
doc. dr. Kristina Žagar Soderžnik
15. Oblikovanje funkcionalnosti feroelektrikov brez svinca in inženiringom domenskih sten  
doc. dr. Matej Andrej Komelj
16. Napovedovanje nukleacijskih procesov elektrokemijske tvorbe faz s kombinacijo in situ elektronske mikroskopije in večstopenjskim modeliranjem  
prof. dr. Sašo Šturm
17. Ploskovne napake v naravnih in sintetiziranih perovskitnih oksidih: nanogeokemijski indikatorji in funkcionalne medpovršine  
prof. dr. Aleksander Rečnik
18. Razvoj visoko učinkovitih senzorjev za zaznavanje obstojnih in mobilnih kemikalij v okolju (SENSE-PMC)  
doc. dr. Kristina Žagar Soderžnik
19. Učinkovita reciklaža brusnega blata pri proizvodnji Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> magnetov za gospodarstvo brez odpadkov  
prof. dr. Kristina Žužek
20. Razvoj večkomponentnih trajnih magnetov kompleksnih oblik z uporabo napredne tehnologije 3D tiskanja  
prof. dr. Spomenka Kobe
21. Razgradnja tekstilne mikroplastike iz odpadnih vod v gospodinjstvu  
dr. Matejka Podlogar
22. Novi pretočni fotoelektrokatalitski reaktorji za razgradnjo farmacevtikov v odpadnih vodah  
prof. dr. Miran Čeh
23. RECEMENT: Ponovna proizvodnja (surovin) in izrabljenih izdelkov za ponovno uporabo v cementu / betonu  
prof. dr. Sašo Šturm
24. MaXycle: Novo krožno gospodarstvo za trajnostne magnete na osnovi redkih zemelj  
prof. dr. Spomenka Kobe
25. Financiranje projektnih gostovanj na slovenskih visokošolskih zavodih  
prof. dr. Sašo Šturm
26. Manjše storitve za tujino  
dr. Zoran Samardžija
27. Zunanje servisne usluge  
prof. dr. Andraž Kocjan

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. L2-9213 Sofinanciranje projekta: Učinkovita reciklaža brusnega blata pri proizvodnji Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> magnetov za gospodarstvo brez odpadkov  
Magneti Ljubljana, d. d.  
prof. dr. Kristina Žužek
2. Raziskovalno razvojnih aktivnosti na projektu NexGenHVEC  
Kekon, d. o. o.  
prof. dr. Sašo Šturm

- L2-1830 Sofinanciranje L-projekta: Razgradnja tekstilne mikroplastike iz odpadnih vod v gospodinjstvu  
Gorenje gospodinjski aparati, d. d.  
dr. Matejka Podlogar
- L2-1829 Sofinanciranje L-projekta: Razvoj večkomponentnih trajnih magnetov kompleksnih oblik v uporabo napredne tehnologije 3D tiskanja  
Kolektor Group, d. o. o.  
prof. dr. Spomenka Kobe
- Izvedba meritev VSM, XRD, TEM in CoNiP  
RLS Merilna Tehnika, d. o. o.  
prof. dr. Sašo Šturm
- L2-2614 Sofinanciranje L-projekta: Novi pretočni fotoelektrokatalitski reaktorji za razgradnjo farmacevtikov v odpadnih vodah  
ARHEL projektiranje in inženiring, d. o. o.  
prof. dr. Miran Čeh

## OBISKI

- Milan Vukšič, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje (FSB), Zagreb, Hrvaška, 15.–31. januar 2021
- Martina Kocijan, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška, 1. februar–31. marec 2021
- Milan Vukšič, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje (FSB), Zagreb, Hrvaška, 1. februar–31. marec 2021
- izr. prof. dr. Aleš Omerzu in doc. dr. Robert Peter, Sveučilište u Rijeci, Reka, Hrvaška, 2. junij 2021
- dr. Pascal Boulet, Thiago Trevizam Dorini, dr. Emilie Gaudry, dr. Julian Ledieu in Marie-Cécile de Weerd, Institut Jean Lamour – Universitet de Lorraine, Nancy, Francija, 7.–11. junij 2021
- dr. Vincent Fournée, Institut Jean Lamour – Universitet de Lorraine, Nancy, Francija, 22.–25. junij 2021
- Anna Katharina Hofer, Lehrstuhl für Struktur und Funktionskeramik, Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija, 6.–9. julij 2021
- Daria Jardas, Sveučilište u Rijeci, Reka, Hrvaška, 13.–24. julij 2021
- dr. Florian Brix in dr. Emilie Gaudry, Institut Jean Lamour – Universitet de Lorraine, Nancy, Francija, 2.–6. avgust 2021
- Thiago Trevizam Dorini, Institut Jean Lamour – Universitet de Lorraine, Nancy, Francija, 2.–12. avgust 2021
- Sandra González Arceo, Universidad Autónoma de Madrid, Servicio de Relaciones Internacionales y Movilidad, Madrid, Španija, 13. september 2021–31. januar 2022
- dr. Richard Wheeler, Edinburgh Scientific, Edinburgh, Združeno kraljestvo, 16. september 2021
- Darya Farrokhnemou in Seyyedeh Shahrzad Sajjadiwand, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Sabanci University, Istanbul, Turčija, 16. september–13. december 2021
- izr. prof. dr. Aleš Omerzu, Sveučilište u Rijeci, Reka, Hrvaška, 27. september–27. december 2021
- Krzysztof Kubacki, Inovacijsko središče za vzhodno regijo Republike Slovenije, in Tina Zajc Benda, EIT RawMaterials Innovation Hub CLC East Sp. z o. o., Wrocław, Poljska, 14. oktober 2021
- dr. Gabin Guélou, prof. dr. Emmanuel Guilmeau in Krishnendu Maji, Laboratoire CRISMAT, Caen, Francija, 26.–29. oktober 2021
- Anna Katharina Hofer, Lehrstuhl für Struktur und Funktionskeramik, Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija, 8.–12. november 2021
- Anna Katharina Hofer, Lehrstuhl für Struktur und Funktionskeramik, Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija, 13.–15. december 2021
- dr. Goran Branković in Jelena Vukašinić, Institut za multidisciplinarna istraživanja (IMSI), Beograd, Srbija, 13.–16. december 2021
- prof. dr. Carlo Burkhardt, Hochschule Pforzheim – Hochschule für Angewandte Wissenschaften mit den Fakultäten für Gestaltung, für Technik und für Wirtschaft und Recht, Pforzheim, Nemčija, 16.–18. december 2021
- Giulia Della Pelle, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Stealth biomimetic nanocarriers for diagnostic and gene therapy, 9. april 2021 (virtualno)
- dr. Sina Khoshima, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Synthesis and optimization of the transition metal boride nanoparticles and their possible magnetic/hybrid composite applications, 22. april 2021 (virtualno)
- Anubhav Vishwakarma, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Design of smart phone self-charger, based on a permanent magnet, 6. maj 2021 (virtualno)
- Sara Tominc, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Twin-assisted microstructure development in Ta2O5-doped SnO2-CoO ceramics for low-voltage varistor applications, 27. maj 2021 (virtualno)
- Živa Marinko, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Anodized titanium foils for flexible TiO2 photocatalyst, 16. september 2021 (virtualno)
- Abhilash Krishnamurthy, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Electrochemical detection of Benzenediols, 17. september 2021 (virtualno)
- doc. dr. Matej Andrej Komelj, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Nano vs. quantum technology, 15. oktober 2021 (virtualno)
- Krishnendu Maji, CRISMAT, CNRS, Normandie Univ, ENSICAEN, UNICAEN, Caen, Francija: Synthetic CuPbBi5S9: a semi-ordered cation deficient aikinite key-matrix for high thermoelectric performance, 27. oktober 2021 (virtualno)
- prof. dr. Emmanuel Guilmeau, Laboratoire CRISMAT, Caen, Francija: Advances in Thermoelectric Ternary and Quaternary Sulphides, 28. oktober 2021
- Darya Farrokhnemou, Sabanci University, Istanbul, Turčija: Effect of Sodium Hydroxide on phase transformation of Gamma-alumina, 18. november 2021 (virtualno)
- Shahzad Sajjadiwand, Sabanci University, Istanbul, Turčija: Effect of Impurities (Na/Si) on Microstructure of Sintered Alumina, 18. november 2021 (virtualno)
- dr. Matic Korent, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Significant coercivity enhancement of hot-deformed bulk magnets by two-step diffusion process using a minimal amount of Dy, 24. november 2021 (virtualno)
- dr. Belisa Alcantara Marinho, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Photocatalysis – Previous Experiences and Further Challenges, 25. november 2021 (virtualno)
- dr. Hermina Hudelja, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Freeze casting of hierarchically structured highly porous  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> monoliths, 2. december 2021 (virtualno)
- dr. Anže Abram, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Bend it like Griffith, an introduction to in situ mechanical testing, 16. december 2021 (virtualno)
- dr. Hermina Hudelja, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Freeze casting of hierarchically structured highly porous  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> monoliths, 2. december 2021 (virtualno)
- izr. prof. dr. Aleš Omerzu, University of Rijeka: Semiconductors for Photocatalysis, 23. december 2021 (virtualno)

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- dr. Tomaž Tomše, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Rapid sintering of Nd-Fe-B permanent magnets for energy-conversion applications, 7. januar 2021 (virtualno)
- Matej Kocen, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Low-activation tungsten carbide-based composite for fusion application, 21. januar 2021 (virtualno)
- prof. dr. Aleksander Rečnik, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Atomic-scale aspects of crystal twinning, 11. februar 2021 (virtualno)
- dr. Luka Suhadolnik, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Transforming materials discovery with robotbased research, 3. marec 2021 (virtualno)
- prof. dr. Gerhard Dehm, Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf, Nemčija: Congruent and non-congruent grain boundary phase transformations in Copper studied by advanced STEM, 4. marec 2021 (virtualno)
- dr. Zoran Samardžija, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Scanning electron microscopy and electron probe microanalysis: SEM, EDS, WDS and EBSD, 11. marec 2021 (virtualno)
- dr. Fevzi Kafexhiu, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: On the precipitation of micro-phase in the AlCoCrFeNi<sub>2.1</sub> EHEA and its effects on mechanical properties, 25. marec 2021 (virtualno)

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Belisa Alcantara Marinho, Miran Čeh, Barbara Ljubec, Živa Marinko, poslovni sestanek v podjetju Arhel, d. o. o., Žeje pri Komendi, 16. december 2021 (4)
- Belisa Alcantara Marinho, Miran Čeh, Petra Jenuš, Špela Trafela, Kristina Žagar Soderžnik, Kristina Žužek, udeležba na konferenci Slovenski kemijski dnevi 2021, Ankaran, 22.–24. september 2021 (6)
- Slavko Bernik, delovni sestanek v Varsi, d. o. o., Ljubljana, 15. februar 2021 (1)
- Slavko Bernik, delovni sestanek v Varsi, d. o. o., Ljubljana, 19. februar 2021 (1)
- Slavko Bernik, projektni sestanek (Varsi, Strojna fakulteta, IJS), Varsi, d. o. o., Ljubljana, 4. junij 2021 (1)
- Slavko Bernik, projektni sestanek (Varsi, Strojna fakulteta, IJS), Varsi, d. o. o., Ljubljana, 1. september 2021 (1)
- Slavko Bernik, delovni sestanek v podjetju Bourns, d. o. o., Žužemberk, 29. september 2021 (1)
- Slavko Bernik, projektni sestanek (Varsi, Strojna fakulteta, IJS), Varsi, d. o. o., Ljubljana, 12. oktober 2021 (1)
- Slavko Bernik, Petra Jenuš, Sašo Šturm, Kristina Žužek, delovni sestanek v podjetju Bourns, d. o. o., Žužemberk, 18. november 2021 (4)

10. Slavko Bernik, delovni sestanek v podjetju Raycap, d. o. o., Ljubljana, 17. december 2021 (1)
11. Miran Čeh, udeležba na New ERA Presidency Conference, Brdo pri Kranju, 27. oktober 2021 (1)
12. Miran Čeh, Kristina Žagar Soderžnik, udeležba na 22<sup>nd</sup> YUCOMAT Conference, Herceg Novi, Črna gora, 30. avgust–30. september 2021 (2)
13. Miran Čeh, udeležba na OMEE 2021: Oxide Materials for Electronic Engineering, Lviv, Ukrajina, 27. september–3. oktober 2021 (1)
14. Giulia Della Pelle, udeležba na konferenci NanoMedicine International Conference 2021, Milano, Italija, 19.–22. oktober 2021 (1)
15. Giulia Della Pelle, udeležba na konferenci Nanobiotech Montreaux 2021, Montreaux Švica, 14.–17. november 2021 (1)
16. Jean-Marie Dubois, Spomenka Kobe, Benjamin Podmiljšak, Sašo Šturm, Tomaž Tomše, Kristina Žužek, udeležba na zaključnem sestanku projekta MaXycle: A novel circular economy for sustainable RE-based magnets (ERA.MIN2), Goriška brda, 20.–22. junij 2021 (6)
17. Jean-Marie Dubois, Spomenka Kobe, Monika Kušter, Matejka Podlogar, Benjamin Podmiljšak, Sorour Semsari Parapari, Sašo Šturm, Tomaž Tomše, Kristina Žužek, udeležba na letnem sestanku v okviru mednarodnega laboratorija LIA PACS2: Push-Pull AlloyS and Complex Compounds (PACS2): from bulk properties to surface functions, Goriška brda, 8.–10. november 2021 (9)
18. Aljaž Iveković, Petra Jenuš, Saša Novak Krmptič, udeležba na konferenci NENE2021, Bled, 8.–9. september 2021 (3)
19. Sina Khoshsima, Matic Korent, Sašo Šturm, Tomaž Tomše, Kristina Žužek, delovni obisk (ogled linije NdFeB za novi projekt RECO2MAG), v Magneti Ljubljana, d. o. o., Ljubljana, 29. november 2021 (5)
20. Spomenka Kobe, delovni obisk v Salonitu Anhovo, d. d., Deskle, 26. oktober 2021 (1)
21. Spomenka Kobe, Benjamin Podmiljšak, Sašo Šturm, Tomaž Tomše, Kristina Žužek, udeležba na letnem sestanku v okviru mednarodnega projekta EIT Raw Materials INSPIRES: Intelligent and Sustainable Processing of Innovative Rare-Earth Magnets, Ribno pri Bledu, 14.–16. december 2021 (5)
22. Andraž Kocjan, ERC gostovanje pri vodji ERC projekta prof. dr. Raúl Bermejo, Leoben, Avstrija, 3.–28. maj 2021 (1)
23. Andraž Kocjan, ERC gostovanje pri vodji ERC projekta prof. dr. Raúl Bermejo, Leoben, Avstrija, 31. maj–24. junij 2021 (1)
24. Andraž Kocjan, ERC gostovanje pri vodji ERC projekta prof. dr. Raúl Bermejo, Leoben, Avstrija, 11.–16. julij 2021 (1)
25. Andraž Kocjan, ERC gostovanje pri vodji ERC projekta prof. dr. Raúl Bermejo, Leoben, Avstrija, 2.–26. avgust 2021 (1)
26. Andraž Kocjan, ERC gostovanje pri vodji ERC projekta prof. dr. Raúl Bermejo, Leoben, Avstrija, 6.–13. september; 17. september–1. oktober 2021 (1)
27. Andraž Kocjan, udeležba na Ceramic Conference, München, Nemčija, 14.–16. september 2021 (1)
28. Andraž Kocjan, ERC gostovanje pri vodji ERC projekta prof. dr. Raúl Bermejo, Leoben, Avstrija, 4.–18. oktober 2021; 24.–28. oktober 2021 (1)
29. Andraž Kocjan, udeležba na 14<sup>th</sup> ECerS Conference for Young Scientists in Ceramics, Novi Sad, Srbija, 19.–23. oktober 2021 (1)
30. Živa Marinko, udeležba na Labtim Waters RoofTop Eventu, Ljubljana, 9. julij 2021 (1)
31. Ipeknaz Özden, študentska izmenjava (JECs Trust), Dresden, Nemčija, 4. oktober–10. december 2021 (1)
32. Benjamin Podmiljšak, udeležba na konferenci EIT Urbana mobilnost, Ljubljana, 28. oktober 2021 (1)
33. Aleksander Rečnik, obisk prek Erasmus+ izmenjave, Beograd, Srbija, 21. september–5. oktober 2021 (1)
34. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Roboteh, d. o. o., Šentjur, 26. marec 2021 (1)
35. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Zarja elektronika, d. o. o., Kamnik, 31. marec 2021 (1)
36. Luka Suhadolnik, izobraževanje v podjetju Roboteh, d. o. o. (za robota Kuka), Šentjur, 1. junij 2021 (1)
37. Luka Suhadolnik, izobraževanje v podjetju Roboteh, d. o. o. (za robota Kuka), Šentjur, 2. junij 2021 (1)
38. Luka Suhadolnik, izobraževanje v podjetju Roboteh, d. o. o. (za robota Kuka), Šentjur, 3. junij 2021 (1)
39. Luka Suhadolnik, izobraževanje v podjetju Roboteh, d. o. o. (za robota Kuka), Šentjur, 4. junij 2021 (1)
40. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Iskra Pio, d. o. o., Šentjernej, 15. junij 2021 (1)
41. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Zarja elektronika, d. o. o., Kamnik, 28. junij 2021 (1)
42. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Technix, d. o. o., Mengeš, 14. julij 2021 (1)
43. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Zarja elektronika, d. o. o., Kamnik, 16. julij 2021 (1)
44. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Iskra Pio, d. o. o., Šentjernej, 21. julij 2021 (1)
45. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Zarja elektronika, d. o. o., Kamnik, 23. julij 2021 (1)
46. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Technix, d. o. o., Mengeš, 20. avgust 2021 (1)
47. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Zarja elektronika, d. o. o., Kamnik, 24. avgust 2021 (1)
48. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Kvader MT, d. o. o., Horjul, 3. september 2021 (1)
49. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Albatros-PRO, d. o. o., Logatec, 7. september 2021 (1)
50. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Zarja elektronika, d. o. o., Kamnik, 8. september 2021 (1)
51. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Technix, d. o. o., Mengeš, 10. september 2021 (1)
52. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju MCoSt, d. o. o., Mengeš, 13. september 2021 (1)
53. Luka Suhadolnik, Sašo Šturm, delovni sestanek v podjetju Iskra Pio, d. o. o., Šentjernej, 14. september 2021 (1)
54. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Zarja elektronika, d. o. o., Kamnik, 27. september 2021 (1)
55. Luka Suhadolnik, delovni sestanek v podjetju Tomson, Tomaž Potočnik, d. o. o., Kresnice, 29. september 2021 (1)
56. Špela Trafela, udeležba na podelitvi nagrad L'Oréal-UNESC Za ženske v znanosti, Ljubljana, 15. junij 2021 (1)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Matejka Podlogar, Tina Radošević, Obisk v sklopu bilateralnega projekta BF-HR/20-21-003 v Sveučilištu u Rijeci, Reka, Hrvaška, 5.–9. september 2021
2. Luka Suhadolnik, podoktorsko izobraževanje na: Università degli Studi di Trieste, Trst, Italija, 1. oktober 2021–30. september 2023 (delo na projektu HEMCAT – Towards Non Iridium High Entropy Material ElectroCaTalysts for Oxygen Evolution Reaction in Acidic Media).

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. prof. dr. Slavko Bernik, znanstveni svetnik
  2. prof. dr. Miran Čeh, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
  3. prof. dr. Jean Marie Dubois, znanstveni svetnik
  4. dr. Aljaž Iveković
  5. dr. Petra Jenuš
  6. prof. dr. Spomenka Kobe, znanstveni svetnik
  7. prof. dr. Andraž Kocjan
  8. doc. dr. Matej Andrej Komelj
  9. prof. dr. Saša Novak Krmptič, znanstveni svetnik
  10. dr. Matejka Podlogar
  11. dr. Benjamin Podmiljšak
  12. prof. dr. Aleksander Rečnik, znanstveni svetnik
  13. dr. Zoran Samardžija
  14. **prof. dr. Sašo Šturm, vodja odseka**
  15. dr. Kristina Žagar Soderžnik
  16. prof. dr. Kristina Žužek
- ### Podoktorski sodelavci
17. dr. Anže Abram
  18. Belisa Alcántara Marinho, PhD. Portugalska
  19. dr. Maja Antanasova\*
  20. dr. Nataša Drnovšek\*

21. *Andrea Impagnatiello, PhD., odšel 1. 9. 2021*

22. *dr. Fevzi Kafexhiu, odšel 1. 9. 2021*

23. Sina Khoshsima, PhD., Turčija

24. dr. Nina Kostevšek

25. Sorour Semsari Parapari, Msc.

26. *dr. Luka Suhadolnik, začasna prekinitev 1. 10. 2021*

27. dr. Tomaž Tomše

28. dr. Špela Trafela

### Mlajši raziskovalci

29. Giulia Della Pelle, Msc.

30. *Hermína Hudelja, mag. kem., odšla 15. 3. 2021*

31. Diana Knyzhnykova, Msc., Ukrajina

32. Matej Kocen, mag. kem.

33. dr. Matic Korent

34. Anja Korent, mag. nan.

35. Abhilash Krishnamurthy, Msc., Nemčija

36. Monika Kušter, mag. inž. metal. in mater.

37. Barbara Ljubec, mag. inž. kem. teh.

38. Živa Marinko, mag. mol. biol.

39. Ipeknaz Özden, Msc., Turčija

40. Patrick Seleš, Msc., Hrvaška

41. Vinko Sršan, Msc., Hrvaška

42. *Sara Tominc, univ. dipl. inž. kem. tehnol., odšla 1. 7. 2021*

43. Aleksander Učakar, mag. inž. metal. in mater.

44. Anubhav Vishwakarma, Msc., Indija

**Strokovni sodelavci**

- 45. Sanja Fidler, univ. dipl. kom.
- 46. Kaja Križman, mag. ind. farm.
- 47. Tina Radošević, dipl. inž. geol. (UN)
- 48. dr. Boris Saje\*

**Tehniški in administrativni sodelavci**

- 49. Sabina Cintauer, mag. manag.
- 50. Darko Eterović
- 51. Tomislav Pustotnik
- 52. Marija Šebjan Pušenjak, dipl. ekon. (VS)

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Aarhus University, Aarhus, Danska
2. Akrapovič, d. d., Ivančna Gorica
3. Albatros-PRO, d. o. o., Logatec
4. Arhel, d. o. o., Ljubljana
5. AquafilSLO, d. o. o., Ljubljana
6. Aqua Viva, d. o. o., Radomlje
7. BIA Separations, d. o. o., Ljubljana
8. Bourns, d. o. o., Žužemberk
9. CEITEC Brno University of Technology, Brno, Češka
10. Centre d'Elaboration de Matériaux et d'Etudes Structurales, CEMES-CNRS, Toulouse, Francija
11. Chalmers University of Technology, Chalmers, Göteborg, Švedska
12. CNR Institute of materials of Materials for Electronics and Magnetism (IMEM), Parma, Italija
13. CSIC, Institute for Ceramic and Glass, Institute of Material Science, and the Rocasolano
14. Danmarks Tekniske Universitet – DTU, Kongens Lyngby, Danska
15. Domel, d. o. o., Železniki
16. European Institute of Innovation and Technology, EIT RawMaterials, Berlin, Nemčija
17. Ernst Ruska-Centre for Microscopy and Spectroscopy, Jülich, Nemčija
18. Eskisehir Technical University, Campus 26555, Tepebaşı, Eskisehir, Turčija
19. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Nemčija
20. Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden, Nemčija
21. General Numerics Research Lab e.V., Berlin, Nemčija
22. Genuine Technologies, d. o. o., Ljubljana
23. Gorenje, gospodinski aparati, d. d., Velenje
24. Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM), Madrid, Španija
25. Institut Jean Lamour – Universitet de Lorraine, Nancy, Francija
26. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
27. Inštitut za kovinske materiale in tehnologije – IMT, Ljubljana
28. Inštitut za multidisciplinarne studije, Beograd, Srbija
29. Inštitut za vode RS, Ljubljana
30. International Center for Theoretical Physics – ICTP, Trst, Italija
31. Iskra Pio, d. o. o., Šentjernej
32. Keko Oprema, d. o. o., Žužemberk
33. Kekon, d. o. o., Žužemberk
34. Kemijski inštitut, Ljubljana
35. Kolektor, d. o. o., Idrija
36. Kvader MT, d. o. o., Horjul
37. Laboratoire CRISMAT/ENSICAEN, Caen, Francija
38. Lithoz GmbH, Dunaj, Avstrija
39. Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukrajina
40. MCost, d. o. o., Mengeš
41. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana
42. Magneti, d. d., Ljubljana
43. MagSpin Transparent Ceramics, Eskisehir, Turčija
44. Max Planck Institute for Plasma Physics, Garching, Nemčija
45. Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf, Nemčija
46. Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart, Nemčija
47. Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Struktur und Funktionskeramik, Leoben, Avstrija
48. Mustafa Kemal University, Arts & Science Faculty, Physics Department, Hatay, Turčija
49. 4-N Tech, d. o. o., Ljubljana
50. National Institute for Materials Science NIMS, Research Center for Magnetic and
51. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim
52. Onkološki Inštitut, Oddelek za eksperimentalno onkologijo, Ljubljana
53. Ovia Inovacije, d. o. o., Zagreb, Hrvaška
54. PfarmaHemp, d. o. o., Ljubljana
55. Physical Chemistry Institute, Madrid, Španija
56. Queen's University Belfast, School of Pharmacy, Belfast, Velika Britanija
57. Raycap, d. o. o., Zeje pri Komendi
58. RLS Merilna tehnika, d. o. o., Komenda
59. Roboteh, d. o. o., Šentjur
60. Rolex SA, Plan-les-Ouates, Švica
61. Sabanci Üniversitesi, Istanbul, Turčija
62. Salonit Anhovo, d. d., Deskle
63. Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Šanghaj, Kitajska
64. Spintronic Materials, Tsukuba, Japonska
65. Surovina, d. o. o., Maribor
66. Sveučilište u Rijeci, Reka, Hrvaška
67. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, Hrvaška
68. Sylentis S.A., Madrid, Španija
69. Technische Universität Graz, Zentrum für Elektronenmikroskopie, Gradec, Avstrija
70. Technix, d. o. o., Mengeš
71. Treibacher Industrie, Althofen, Avstrija
72. Tomson, Tomaž Potočnik, d. o. o., Kresnice
73. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, Španija
74. Universidad de Cadiz, Facultad de Ciencias, Puerto Real, Cadiz, Španija
75. Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, Španija
76. Università degli Studi di Trieste, Trst, Italija
77. Università di Bologna, Dipartimento di Chimica Industriale Toso Montanari, Bologna, Italija
78. Université Paris Sud, Laboratoire de Physique des solides, Orsay, Francija
79. Universiteit Antwerpen, Antwerpen, Belgija
80. University of Cambridge, Department of Materials Science and Metallurgy, Cambridge, Velika Britanija
81. University of Oxford, Department of Materials, Oxford, Velika Britanija
82. University of Pforzheim, Pforzheim, Nemčija
83. University of Ryukyus, Faculty of Science, Biology Department, Okinawa, Japonska
84. University of Science and Technology – AGH-UST, Interfaculty Laboratory for Electron Microscopy, Krakow, Poljska
85. University of Stockholm, Department of Materials and Environmental Chemistry, Stockholm, Švedska
86. University of Technology, Department of Engineering Sciences and Mathematics, Luleå, Švedska
87. University of Vienna, Department of Lithospheric Research, Dunaj, Avstrija
88. University of Zagreb, Engineering and Naval Architecture, Zagreb, Hrvaška
89. University of Zaragoza (UNIZAR), Zaragoza, Španija
90. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana
91. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
92. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Katedra za farmacevtsko tehnologijo, Ljubljana
93. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana
94. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana
95. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana
96. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana
97. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Inštitut za biologijo celice, Ljubljana
98. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za stomatološko protetiko, Ljubljana
99. Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana
100. Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica
101. Univerzitetni klinični center Ljubljana
102. Ustna medicina, d. o. o., Ljubljana
103. Veterinarska fakulteta Univerze v Ljubljani
104. WEILER Abrasives, d. o. o., Maribor
105. Zarja elektronika, d. o. o., Kamnik
106. Zavod za gradbeništvo, Ljubljana
107. Zeos, d. o. o., Ljubljana

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Tian Tian, Liaoying Zheng, Matejka Podlogar, Zeng Huarong, Slavko Bernik, Kunqi Xu, Xuezheng Ruan, Xun Shi, Guorong Li, "Novel ultrahigh-performance ZnO-based varistor ceramics", *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 30, 35924-35929. [COBISS.SI-ID 71513091]
- Leonard Moriau *et al.* (12 avtorjev), "Effect of the morphology of the high-surface-area support on the performance of the oxygen-evolution reaction for iridium nanoparticles", *ACS catalysis*, 2021, **11**, 2, 670-681. [COBISS.SI-ID 45043203]
- Živa Marinko, Luka Suhadolnik, Barbara Šetina, Vid Simon Šelih, Boris Majaron, Janez Kovač, Miran Čeh, "Toward a flexible and efficient TiO<sub>2</sub> photocatalyst immobilized on a titanium foil", *ACS omega*, 2021, **6**, 36, 23233-23242. [COBISS.SI-ID 74404099]
- Julian Ledieu, Michael Feuerbacher, Carsten Thomas, Marie-Cécile de Weerd, Sašo Šturm, Matejka Podlogar, Jaafar Ghanbaja, Sylvie Migot, Muriel Sicot, Vincent Fournée, "The (110) and (320) surfaces of a Cantor alloy", *Acta materialia*, 2021, **209**, 116790. [COBISS.SI-ID 56558851]
- Leonard Moriau, Gorazd Koderman Podboršek, Angelja Kjara Surca, Sorour Semsari Parapari, Martin Šala, Urša Petek, Marjan Bele, Primož Jovanovič, Boštjan Genorio, Nejc Hodnik, "Enhancing iridium nanoparticles' oxygen evolution reaction activity and stability by adjusting the coverage of titanium oxynitride flakes on reduced graphene oxide nanoribbons' support", *Advanced materials interfaces*, 2021, **8**, 17, 2100900. [COBISS.SI-ID 74932227]
- Martina Kocijan *et al.* (11 avtorjev), "Graphene-based TiO<sub>2</sub> nanocomposite for photocatalytic degradation of dyes in aqueous solution under solar-like radiation", *Applied sciences*, 2021, **11**, 9, 3966. [COBISS.SI-ID 61512195]
- Špela Trafela, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, "Surface modification for the enhanced electrocatalytic HCHO oxidation performance of Ni-thin-film-based catalysts", *Applied Surface Science*, 2021, **537**, 147822. [COBISS.SI-ID 28465667]
- Laurent Bouley, Dmytro Kandaskalov, Marie-Cécile de Weerd, Sylvie Migot, Jaafar Ghanbaja, Sašo Šturm, Pascal Boulet, Julian Ledieu, Émilie Gaudry, Vincent Fournée, "Investigation of the (100) and (001) surfaces of the Al<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub> intermetallic compound", *Applied Surface Science*, 2021, **542**, 148540. [COBISS.SI-ID 41242627]
- Igor Karlovits, Urška Kavčič, Špela Trafela, Kristina Žužek Rožman, "Comparison of cyclic voltammetry measurements of paper-based screen printed electrodes via proprietary and open source potentiostats", *Bioresources*, 2021, **16**, 2, 3916-3933. [COBISS.SI-ID 59881731]
- Martina Kocijan, Lidija Čurkovič, Tina Radošević, Matejka Podlogar, "Enhanced photocatalytic activity of hybrid rGO@TiO<sub>2</sub>/CN nanocomposite for organic pollutant degradation under solar light irradiation", *Catalysts*, 2021, **11**, 9, 1023. [COBISS.SI-ID 74160387]
- Mia Omerašević, Andraž Kocjan, Dušan Bučevac, "Novel cordierite-acicular mullite composite for diesel particulate filters", *Ceramics international*, 2021, **48**, 2, 2273-2280. [COBISS.SI-ID 79821571]
- Sara G. S. Santos, Larissa O. Paulista, Claudio Passalia, Belisa Alcantara Marinho, Marina Flores, Marisol D. Labas, Rodolfo J. Brandi, Vitor J. P. Vilar, "A step forward on NETmix reactor for heterogeneous photocatalysis: kinetic modeling of As(III) oxidation", *Chemical engineering journal*, 2021, **405**, 126612. [COBISS.SI-ID 83880451]
- Ana Caroline Klemz *et al.* (14 avtorjev), "Treatment of real oilfield produced water by liquid-liquid extraction and efficient phase separation in a mixer-settler based on phase inversion", *Chemical engineering journal*, 2021, **417**, 127926. [COBISS.SI-ID 99241475]
- Klemen Bohinc, Erna Tintor, Davor Kovačević, Rajko Vidrih, Anamarija Zore, Anže Abram, Željka Kojič, Marija Obradović, Valentina Veselinović, Olivera Dolić, "Bacterial adhesion on glass-ionomer cements and micro/nano hybrid composite dental surfaces", *Coatings*, 2021, **11**, 2, 235. [COBISS.SI-ID 52503043]
- Klemen Bohinc, Lora Kukić, Roman Štukelj, Anamarija Zore, Anže Abram, Tin Klaić, Davor Kovačević, "Bacterial adhesion capacity of uropathogenic *Escherichia coli* to polyelectrolyte multilayer coated urinary catheter surface", *Coatings*, 2021, **11**, 6, 630. [COBISS.SI-ID 64997379]
- Tine Malgaj, Tadej Mirt, Andraž Kocjan, Peter Jevnikar, "The influence of nanostructured alumina coating on bonding and optical properties of translucent zirconia ceramics: in vitro evaluation", *Coatings*, 2021, **11**, 9, 1126. [COBISS.SI-ID 76732931]
- Anže Abram, Anamarija Zore, Urban Lipovž, Anita Košak, Maja Garvas, Žan Boltežar, Klemen Bohinc, "Bacterial adhesion on prosthetic and orthotic material surfaces", *Coatings*, 2021, **11**, 12, 1469. [COBISS.SI-ID 87028227]
- Calvin Cheung, Ilaria Monaco, Nina Kostevšek, Mauro Comes Franchini, Wafa Al-Jamal, "Nanoprecipitation preparation of low temperature-sensitive magnetoliposomes", *Colloids and surfaces. B, Biointerfaces*, 2021, **198**, 111453. [COBISS.SI-ID 45521923]
- Ge Bian, Olga Ageeva, Aleksander Rečnik, Gerlinde Habler, Rainer Abart, "Formation pathways of oriented magnetite micro-inclusions in plagioclase from oceanic gabbro", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 2021, **176**, 12, 104. [COBISS.SI-ID 86761475]
- Monika Kušter, Anton Meden, Boštjan Markoli, Zoran Samardžija, Maja Vončina, Pascal Boulet, Émilie Gaudry, Jean-Marie Dubois, Sašo Šturm, "Crystal structure, microstructure and electronic properties of a newly discovered ternary phase in the Al-Cr-Sc system", *Crystals*, 2021, **11**, 12, 1535. [COBISS.SI-ID 88540675]
- Andraž Kocjan, Jasna Cotič, Tomaž Kosmač, Peter Jevnikar, "In vivo aging of zirconia dental ceramics - part I: biomedical grade 3Y-TZP", *Dental materials*, 2021, **37**, 3, 443-453. [COBISS.SI-ID 43739907]
- Jasna Cotič, Andraž Kocjan, Sanja Panchevska, Tomaž Kosmač, Peter Jevnikar, "In vivo aging of zirconia dental ceramics - part II: highly-translucent and rapid-sintered 3Y-TZP", *Dental materials*, 2021, **37**, 3, 454-463. [COBISS.SI-ID 44538115]
- Aline M. Novack *et al.* (12 avtorjev), "Facile fabrication of hybrid titanium(IV) isopropoxide/pozzolan nanosheets (TnS-Pz) of high photocatalytic activity: characterization and application for Cr(VI) reduction in an aqueous solution", *Environmental science and pollution research international*, 2021, **28**, 23568-23581. [COBISS.SI-ID 99236099]
- Iztok Naglič, Blaž Leskovar, Zoran Samardžija, Boštjan Markoli, "Influence of Ga on the formation of phases in cast Al-Mn-based alloys", *Intermetallics*, 2021, **136**, 107263. [COBISS.SI-ID 69218563]
- Aybike Paksoy, Samira Fatma Kurtoğlu, Azam Khodadadi Dizaji, Zerrin Altintaş, Sina Khoshima, Alper Uzun, Özge Balci, "Nanocrystalline cobalt-nickel-boron (metal boride) catalysts for efficient hydrogen production from the hydrolysis of sodium borohydride", *International journal of hydrogen energy*, 2021, **46**, 11, 7974-7988. [COBISS.SI-ID 81558531]
- Matic Korent, Marko Soderžnik, Urška Ročnik, Sandra Drev, Kristina Žužek Rožman, Sašo Šturm, Spomenka Kobe, Kristina Žagar, "Toward low-energy spark-plasma sintering of Hot-deformed Nd-Fe-B magnets", *International journal of materials science and applications*, 2021, **10**, 5, 98-107. [COBISS.SI-ID 78797059]
- Giulia Della Pelle, Andrea Delgado López, Marina Salord Fiol, Nina Kostevšek, "Cyanine dyes for photo-thermal therapy: a comparison of synthetic liposomes and natural erythrocyte-based carriers", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 13, 6914. [COBISS.SI-ID 68230403]
- Maja Antanasova, Andraž Kocjan, Anže Abram, Janez Kovač, Peter Jevnikar, "Pre-oxidation of selective-laser-melted titanium dental alloy: effects on surface characteristics and porcelain bonding", *Journal of adhesion science and technology*, 2021, **35**, 19, 2094-2109. [COBISS.SI-ID 50192131]
- Aljaž Iveković, Maria L. Montero-Sistiaga, Jef Vleugels, Jean-Pierre Kruth, Kim Vanmeensel, "Crack mitigation in laser powder bed fusion processed Hastelloy X using a combined numerical-experimental approach", *Journal of alloys and compounds*, 2021, **864**, 158803. [COBISS.SI-ID 48665859]
- Kristina Žagar *et al.* (13 avtorjev), "Microstructural insights into the coercivity enhancement of grain-boundary-diffusion-processed Tb-treated Nd-Fe-B sintered magnets beyond the core-shell formation mechanism", *Journal of alloys and compounds*, 2021, **864**, 158915. [COBISS.SI-ID 48607491]
- Guanglong Ma *et al.* (20 avtorjev), "PD1 blockade potentiates the therapeutic efficacy of photothermally-activated and MRI-guided low temperature-sensitive magnetoliposomes", *Journal of controlled release*, 2021, **332**, 419-433. [COBISS.SI-ID 54376707]

32. Kaja Križman, Saša Novak, Julijana Kristl, Gregor Majdič, Nataša Drnovšek, "Long-acting silk fibroin xerogel delivery systems for controlled release of estradiol", *Journal of drug delivery science and technology*, 2021, **65**, 102701. [COBISS.SI-ID 90691587]
33. Zerrin Altıntaş, Sina Khoshshima, Marcus P. Schmidt, Matej Bobnar, Ulrich Burkhardt, Mehmet Somer, Özge Balci, "Evolution of magnetic properties of crystalline cobalt-iron boride nanoparticles via optimization of synthesis conditions using hydrous metal chlorides", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2021, **523**, 167634. [COBISS.SI-ID 54560515]
34. Tomaž Tomše, Jačim Jačimović, Jean-Marie Dubois, Spomenka Kobe, Kristina Žužek Rožman, Sašo Šturm, "Nanostructured multicomponent Nd-Fe-B magnets prepared by a spark-plasma-sintering approach", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2021, **553**, 168011. [COBISS.SI-ID 61041155]
35. Milan Vukšić, Irena Žmak, Lidija Čurković, Danko Čorić, Petra Jenuš, Andraž Kocjan, "Evaluating recycling potential of waste alumina powder for ceramics production using response surface methodology", *Journal of Materials Research and Technology*, 2021, **11**, 866-874. [COBISS.SI-ID 49518851]
36. Guiomar D. Soria *et al.* (11 avtorjev), "Uncorrelated magnetic domains in decoupled SrFe<sub>2</sub>O<sub>19</sub>/Co hard/soft bilayers", *Journal of physics. D, Applied physics*, 2021, **54**, 5, 054003. [COBISS.SI-ID 37534979]
37. Petra Jenuš, Aleksander Učakar, Sandra Repše, Claudio Sangregorio, Michele Petrecca, Martin Albino, Riccardo Cabassi, César De Julián Fernández, Blaž Belec, "Magnetic performance of SrFe<sub>2</sub>O<sub>19</sub> - Zn<sub>0.2</sub>Fe<sub>2.8</sub>O<sub>4</sub> hybrid magnets prepared by Spark Plasma Sintering", *Journal of physics. D, Applied physics*, 2021, **54**, 20, 204002. [COBISS.SI-ID 48728323]
38. Hermina Hudelja, Bernd Wicklein, Danjela Kuščer, Andraž Kocjan, "Triggering the aqueous interparticle association of  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hierarchical assemblies using divalent cations and cellulose nanofibers", *Journal of the European ceramic society*, 2021, **41**, 1, 590-598. [COBISS.SI-ID 28158467]
39. Nina Kostevšek, Patricija Miklavc, Matic Kisovec, Marjetka Podobnik, Wafa Al-Jamal, Igor Serša, "Magneto-erythrocyte membrane vesicles' superior T<sub>2</sub> MRI contrast agents to magneto-liposomes", *Magnetochemistry*, 2021, **7**, 4, 51. [COBISS.SI-ID 59744259]
40. Roman Celin, Fevzi Kafexhiu, Grega Klančnik, Jaka Burja, "Lastnosti simulirane grobozrnate mikrostrukture poboljšane visokotrdnega jekla", *Materiali in tehnologije*, 2021, **55**, 1, 115-120. [COBISS.SI-ID 50472195]
41. Carlo Burkhardt, Antje Lehmann, Peter Fleissner, Laura Grau, Mirko Trautz, Maximilian Mungenast, Benjamin Podmiljšak, Spomenka Kobe, "Comparative evaluation of anti-corrosion coatings for NdFeB-type magnets with respect to performance and recyclability via hydrogen-assisted recycling (HPMS)", *Materials proceedings*, 2021, **5**, 1, 87. [COBISS.SI-ID 93040899]
42. Klemen Bohinc, Anže Abram, Anamarija Zore, Roman Štukelj, Ana Lenarčič, Rajko Vidrih, Andriana Sever Škapin, "Biophysical properties of foamed and solid polymers used in orthotics and prosthetics", *Materials*, 2021, **14**, 22, 6877. [COBISS.SI-ID 84946435]
43. Igor Velkavrh, Joel Voyer, Fevzi Kafexhiu, Bojan Podgornik, "Creep rate, friction, and wear of two heat-affected zone regions of 9-12 wt.% Cr steels", *Metals*, 2021, **11**, 4, 558. [COBISS.SI-ID 59596547]
44. Barbara Kalebič, Jelena Pavlović, Jelena Dikić, Aleksander Rečnik, Sašo Gyergyek, Nikola Škoro, Nevenka Rajič, "Use of natural clinoptilolite in the preparation of an efficient adsorbent for ciprofloxacin removal from aqueous media", *Minerals*, 2021, **11**, 5, 518. [COBISS.SI-ID 63382787]
45. Mirjam Gorjan, Petra Virant, Franc Rojko, Anže Abram, Rebeka Rudolf, Peter Raspor, Anamarija Zore, Klemen Bohinc, "Bacterial adhesion of *Streptococcus mutans* to dental material surfaces", *Molecules*, 2021, **26**, 4, 1152. [COBISS.SI-ID 52565251]
46. Mirko Maturi, Erica Locatelli, Letizia Sambri, Silvia Tortorella, Sašo Šturm, Nina Kostevšek, Mauro Comes Franchini, "Synthesis of ultrasmall single-crystal gold-silver alloy nanotriangles and their application in photothermal therapy", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 4, 912. [COBISS.SI-ID 58412291]
47. Hermina Hudelja, Thomas Konegger, Bernd Wicklein, Janko Čretnik, Farid Akhtar, Andraž Kocjan, "Freeze-casting of highly porous cellulose-nanofiber-reinforced  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> monoliths", *Open ceramics*, 2021, **5**, 100069. [COBISS.SI-ID 51386371]
48. Milan Vukšić, Irena Žmak, Lidija Čurković, Andraž Kocjan, "Spark plasma sintering of dense alumina ceramics from industrial waste scraps", *Open ceramics*, 2021, **5**, 100076. [COBISS.SI-ID 55106307]
49. Anže Abram, Goran Dražič, "Structural and photocatalytic properties of hydrothermally-prepared boehmite/TiO<sub>2</sub> coatings", *Open ceramics*, 2021, **7**, 100153. [COBISS.SI-ID 69028099]
50. Rok Mravljak, Ožbej Bizjak, Matejka Podlogar, Aleš Podgornik, "Effect of polyHIPE porosity on its hydrodynamic properties", *Polymer testing*, 2021, **93**, 106590. [COBISS.SI-ID 18448643]
51. Rok Mravljak, Ožbej Bizjak, Benjamin Božič, Matejka Podlogar, Aleš Podgornik, "Flow-through PolyHIPE silver-based catalytic reactor", *Polymers*, 2021, **13**, 6, 880. [COBISS.SI-ID 55287299]
52. Letiane Thomas Hendges *et al.* (10 avtorjev), "Adsorption and desorption of water-soluble naphthenic acid in simulated offshore oilfield produced water", *Process safety and environmental protection*, 2021, **145**, 262-272. [COBISS.SI-ID 83884291]
53. Vesna Ribić, Aleksander Rečnik, Goran Dražič, Matejka Podlogar, Zorica Branković, Goran Branković, "TEM and DFT study of basal-plane inversion boundaries in SnO<sub>2</sub>-doped ZnO", *Science of sintering*, 2021, **53**, 2, 237-252. [COBISS.SI-ID 66827779]
54. Pierre Van Cauwenbergh, Vahid Samaee, Lore Thijs, Jitka Nejezchlebová, Petr Sedlak, Aljaž Iveković, Dominique Schryvers, Brecht Van Hooreweder, Kim Vanmeensel, "Unravelling the multi-scale structure-property relationship of laser powder bed fusion processed and heat-treated AlSi<sub>10</sub>Mg", *Scientific reports*, 2021, **11**, 6423. [COBISS.SI-ID 60890627]
55. Matic Korent, Xin Tang, Hossein Sepehri-Amin, Keiko Hioki, Kristina Žagar, Spomenka Kobe, T. Ohkubo, Kazuhiro Hono, "Significant coercivity enhancement of hot-deformed bulk magnets by two-step diffusion process using a minimal amount of Dy", *Scripta materialia*, 2021, **205**, 114207. [COBISS.SI-ID 76067843]
56. Anja Korent, Kristina Žagar, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, Nathalie Redon, Jean-Luc Wojkiewicz, Caroline Duc, "Facile fabrication of an ammonia-gas sensor using electrochemically synthesised polyaniline on commercial screen-printed three-electrode systems", *Sensors*, 2021, **21**, 1, 169. [COBISS.SI-ID 44777987]
57. Aleš Omerzu, Robert Peter, Daria Jardas, Iztok Turel, Krešimir Salamon, Matejka Podlogar, Damjan Vengust, Ivana Jelovica Badovinac, Ivna Kavre, Mladen Petravić, "Large enhancement of photocatalytic activity in ZnO thin films grown by plasma-enhanced atomic layer deposition", *Surfaces and interfaces*, 2021, **23**, 100984. [COBISS.SI-ID 50244099]
58. Patrick Diehle, András Kovács, Thomas Duden, Rolf Speen, Kristina Žagar, Rafal E. Dunin-Borkowski, "A cartridge-based turning specimen holder with wireless tilt angle measurement for magnetic induction mapping in the transmission electron microscope", *Ultramicroscopy*, 2021, **220**, 113098. [COBISS.SI-ID 69337347]
59. Tjaša Matjašič, Tatjana Simčič, Tjaša Kanduč, Zoran Samardžija, Nataša Mori, "Presence of polyethylene terephthalate (PET) fibers in hyporheic zone alters colonization patterns and seasonal dynamics of biofilm metabolic functioning", *Water Research*, 2021, **203**, 117455. [COBISS.SI-ID 72585475]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Dimitrij Ješič, Damjan Lašič Jurković, Andrej Pohar, Luka Suhadolnik, Blaž Likozar, "Engineering photocatalytic and photoelectrocatalytic CO<sub>2</sub> reduction reactions: mechanisms, intrinsic kinetics, mass transfer resistances, reactors and multi-scale modelling simulation", *Chemical engineering journal*, 2021, **407**, 126799. [COBISS.SI-ID 26720003]
- Giulia Della Pelle, Nina Kostevšek, "Nucleic acid delivery with red-blood-cell-based carriers", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 10, 5264. [COBISS.SI-ID 63559427]
- Belisa Alcantara Marinho, Selene M. A. Guelli U. de Souza, Antônio Augusto U. de Souza, Dachamir Hotza, "Electrospun TiO<sub>2</sub> nanofibers for water and wastewater treatment: a review", *Journal of Materials Science*, 2021, **56**, 9, 5428-5448. [COBISS.SI-ID 84070147]
- Ana Caroline Klemz *et al.* (12 avtorjev), "Oilfield produced water treatment by liquid-liquid extraction: a review", *Journal of petroleum science & engineering*, 2021, **199**, 108282. [COBISS.SI-ID 84075267]
- Cecilia Granados-Miralles, Petra Jenuš, "On the potential of hard ferrite ceramics for permanent magnet technology: a review on sintering strategies", *Journal of physics. D, Applied physics*, 2021, **54**, 3, 303001. [COBISS.SI-ID 64147459]
- Ipeknaz Özden, Aljaž Iveković, Andraž Kocjan, "Additive manufacturing of ceramics from thermoplastic feedstocks", *Open ceramics*, 2021, **6**, 100129. [COBISS.SI-ID 64927491]

## STROKOVNI ČLANEK

- Viktor Angeleski, Bunjamin Khaferi, Lidija Nemeth, Maja Antanasova, "Inlay-retained zirconia fixed dental prostheses: minimally invasive treatment option based on an adhesive approach", *Apollonia*, 2021, **22**, 45/46, 37-43. [COBISS.SI-ID 98578435]



## OBJAVLJENA ZNANSTVENA PRISPEVKA NA KONFERENCI

1. Patrick Seleš, Žiga Lipovšek, Martina Kocijan, Tina Radošević, Damjan Vengust, Matejka Podlogar, "Synthesis of ZnO powders with different morphologies for photocatalytic degradation", V: *56th International Conference on Microelectronics, Devices and Materials & the Workshop on Personal Sensors for Remote Health Care Monitoring, 22-24 September 2021, Ljubljana, Slovenia*, Proceedings, MIDEEM, 2021, 35-42. [COBISS.SI-ID 86186243]
2. Anubhav Vishwakarma, Matej Komelj, "Design of a smart-phone self-charger, based on a permanent magnet", V: *56th International Conference on Microelectronics, Devices and Materials & the Workshop on Personal Sensors for Remote Health Care Monitoring, 22-24 September 2021, Ljubljana, Slovenia*, Proceedings, MIDEEM, 2021, 52-56. [COBISS.SI-ID 96103683]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGLAVJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Nina Kostevšek, Igor Serša, "Characterization of metal-based nanoparticles as contrast agents for magnetic resonance imaging", V: *Analysis and characterisation of metal-based nanomaterials*, (Comprehensive analytical chemistry **93**), Elsevier, 2021, 303-343. [COBISS.SI-ID 65094659]
2. Andraž Kocjan, Tadej Mirt, Ralf-Joachim Kohal, Zhijian Shen, Peter Jevnikar, "Zirconia ceramics: clinical and biological aspects in dentistry", V: *Encyclopedia of materials: technical ceramics and glasses*, Elsevier, 2021, **3**, 817-832. [COBISS.SI-ID 54431235]
3. Slavko Bernik, "Oxide thermoelectric materials: compositional, structural, microstructural, and processing challenges to realize their potential", V: *Thermoelectric energy conversion: theories and mechanisms, materials, devices, and applications*, (Woodhead publishing series in electronic and optical materials), Woodhead Publishing, 2021, 269-302. [COBISS.SI-ID 48446211]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Andraž Kocjan, *Uvod v dentalne keramične materiale in procesiranje*, Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, 2021. [COBISS.SI-ID 54787075]
2. Andraž Kocjan, *Uvod v znanost o materialih. I.*, Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, 2021. [COBISS.SI-ID 53601539]
3. Andraž Kocjan, *Uvod v znanost o materialih. II.*, Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, 2021. [COBISS.SI-ID 53601795]

## PATENTI

1. Saša Novak, Nataša Drnovšek, Gregor Murn, *Implant having a multilayered coating and a process for preparing thereof*, EP2595669 (B1), European Patent Office, 13. 10. 2021. [COBISS.SI-ID 25845031]
2. Xuan Xu, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, *A method for recovery of Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B grains from bulk sintered Nd-Fe-B magnets and/or magnet scraps by electrochemical etching*, EP3660174 (B1), European Patent Office, 27. 10. 2021. [COBISS.SI-ID 32013863]
3. Sašo Gyergyek, Andraž Kocjan, Darko Makovec, *Method for synthesis of coated magnetic particles*, GB2582272 (B), Intellectual Property Office, 14. 07. 2021. [COBISS.SI-ID 32193319]
4. Simon Reinhard, Jačim Jačimovič, Lorenz Herrmann, Tomaž Tomše, *Method of producing a permanent magnet with inter-grain heavy-rare-earth element*, EP3649659 (B1), European Patent Office, 07. 04. 2021. [COBISS.SI-ID 21752579]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Hermina Hudelja, *Konsolidacija hierarhično strukturiranih visokoporoznih monolitov iz  $\gamma - Al_2O_3$  s kontroliranim zamrzovanjem*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Andraž Kocjan). [COBISS.SI-ID 90365443]
2. Matic Korent, *Procesiranje trajnih Nd-Fe-B magnetov z nizko vsebnostjo težkih redkih zemelj za visoko-temperaturne aplikacije*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Kristina Žagar Soderžnik; somentor Spomenka Kobe). [COBISS.SI-ID 90189571]
3. Sara Tominc, *Mehanizmi kompenzacije naboja in dvojčenje v dopirani keramiki na osnovi SnO<sub>2</sub>*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Aleksander Rečnik; somentor Nina Daneu). [COBISS.SI-ID 84774403]

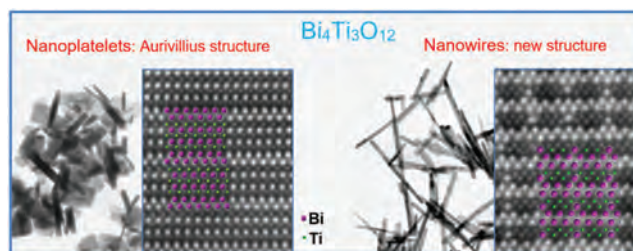
**Glavna dejavnost Odseka za sintezo materialov je sinteza različnih naprednih, predvsem oksidnih magnetnih materialov. V ospredju so nanostrukturirani materiali, kot so magnetne tekočine, funkcionalizirani nanodelci za uporabo v biomedicini, večnamenski nanokompoziti, katalizatorji in fluorescentni materiali.**

Velik del raziskav na Odseku za sintezo materialov je posvečen sintezi nanodelcev. V letu 2021 smo nadaljevali raziskave hidrotermalne sinteze nanodelcev bizmutovega titanata ( $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  – BIT). Glede na eksperimentalne pogoje sinteze (na primer glede na koncentracijo NaOH) lahko BIT sintetiziramo v obliki nanoploščic ali nanožic. Strukturo nanodelcev BIT smo podrobno raziskali s pomočjo upodabljanja pri atomski ločljivosti z vrstično-presevnim elektronskim mikroskopom (v sodelovanju s prof. dr. Goranom Dražičem, Kemijski inštitut) v kombinaciji z rentgensko difraktoometrijo (v sodelovanju s prof. dr. Antonom Medenom, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani) in Ramansko spektroskopijo. Ugotovili smo, da nanoploščice (debele 10 nm in široke med 50 nm in 200 nm) izkazujejo plastovito perovskitno strukturo Aurivilliusovega tipa, ki je značilna za BIT, medtem ko nanožice (široke od 15 nm do 35 nm in dolge od več sto nm do več  $\mu\text{m}$ ) izkazujejo popolnoma novo strukturo z ortorombsko osnovno celico. Predlagali smo možen model strukture (slika 1). Struktura nanožic je sestavljena iz dveh strukturnih plasti, ki se izmenjujeta vzdolž ortorombske c-smeri: strukturne plasti, sestavljene iz dveh vzporednih plasti atomov Bi, ki je podobna plasti  $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$  v Aurivilliusovi strukturi, in strukturne plasti, sestavljene iz dveh vzporednih plasti atomov Ti, kjer je vsak šesti Ti zamenjan z Bi. Opazovanje domenske strukture s presevnim elektronskim mikroskopom in mikroskopom na atomsko silo (v sodelovanju s prof. dr. Hano Uršič, Odsek za elektronsko keramiko) je potrdilo feroelektrično naravo obeh vrst nanostruktur. V letu 2021 smo raziskave osredotočili na procese, ki so vpleteni v nastanek obeh oblik nanodelcev BIT. S hidrotermalno obdelavo hidroksidov 38 ur pri 200 °C dobimo nanožice z metastabilno ortorombsko strukturo pri nižjih koncentracijah NaOH ( $\leq 1$  mol/L), medtem ko pri višjih koncentracijah NaOH nastanejo nanoploščice. V začetni stopnji sinteze sicer vedno dobimo mešanico dveh metastabilnih polimorfov: nanožic in defektne perovskitne faze. Perovskitna faza v obliki globularnih agregatov majhnih nanokristalitev vsebuje le katione  $\text{Bi}^{3+}$  in  $\text{Ti}^{4+}$  ( $\text{Na}^+$  ali  $\text{Ti}^{3+}$  nismo zaznali). Med nadaljnjo hidrotermalno obdelavo pri nižjih koncentracijah NaOH se agregati perovskitnih nanokristalitev raztopijo, medtem ko nanožice rastejo. Pri višjih koncentracijah NaOH pa se raztopijo nanožice, medtem ko na površini perovskitnih agregatov rastejo nanoploščice z Aurivilliusovo strukturo (slika 3).

V preteklem letu smo vzpostavili sodelovanje z raziskovalno skupino prof. dr. Damijana Miklavčiča s Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Sodelovanje temelji na nedavno odobrenem projektu ARRS, ki je posvečen raziskavam selektivne elektroporacije z razpršenimi nanoelektrodami. V okviru sodelovanja smo razvili metode za pripravo nanodelcev zlata različnih velikosti in oblik (slika 3). Sintetizirane nanodelce zlata smo prevlekli z različnimi oblogami amorfne silicijevega dioksida (t. i. silike), ki se razlikujejo po morfologiji in debelini prevleke. Proces oblaganja s siliko temelji na metodi mehkih templatov (kapljice notranje faze), ki omogoča dokaj preprosto načrtovanje prevlek silike za različne uporabe. Metoda omogoča preprosto prilagajanje orientacije in geometrije por z velikostjo med 5 nm in 40 nm. Raziskavo z omenjeno metodo smo objavili v reviji *ACS Applied Materials & Interfaces* (factor

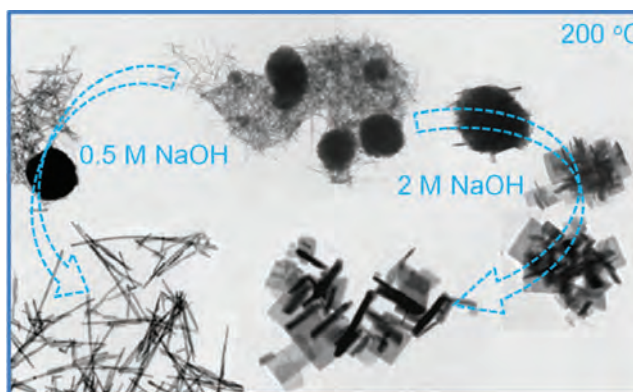


Vodja:  
**prof. dr. Darko Makovec**

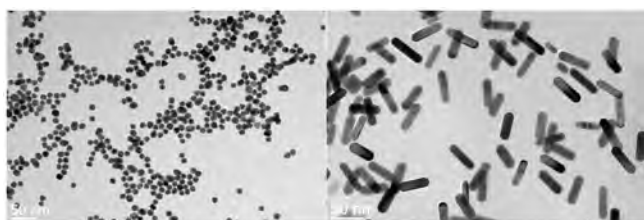


Slika 1: Feroelektrične nanodelce  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  lahko hidrotermalno sintetiziramo po dveh značilnih oblikah; kot nanoploščice in kot nanožice. Nanožice izkazujejo popolnoma novo plastovito kristalno strukturo.

**Odkrili smo novo kristalno strukturo, nov metastabilen polimorf  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ , stabiliziran v obliki nanožic.**



Slika 2: V začetni stopnji hidrotermalne obdelave oborjenih ionov  $\text{Bi}^{3+}$  in  $\text{Ti}^{4+}$  v NaOH nastanejo dva metastabilna polimorfa bizmutovega titanata; nanožice in globularni agregati perovskitnih nanokristalitev. V nadaljevanju se perovskitni agregati raztopijo pri nižjih koncentracijah NaOH, medtem ko se pri višjih koncentracijah NaOH raztopijo nanožice, na površinah agregatov pa rastejo nanoploščice z ravnolično Aurivilliusovo strukturo.



Slika 3: Slika TEM zlatih nanodelcev: okrogli nanodelci (levo) in zlate nanopalčke (desno)

vpliva = 9.229) v letu 2021. Metoda je bila prvotno razvita za oblaganje različnih vrst magnetnih nanodelcev, pri čemer nam omogoča sintezo prevleke silike s hierarhično porazdeljeno poroznostjo. Magnetni nanodelci, ki so bili vključeni v dano raziskavo, so se razlikovali po dimenziji (od 3 nm do mikrometra), obliki (sferični, podolgovati in ploščice) in magnetnih lastnostih (permanentno magnetni in superparamagnetni). Pokazali smo tudi, da je metoda zelo uporabna pri pripravi mezoporoznih prevlek silike, saj smo lahko enako uspešno prevlekli nanodelce zlata kot magnetne nanodelce železovega oksida.

Razen z anorganskimi prevlekami pa lahko površinske lastnosti nanodelcev uravnavamo tudi z vezavo različnih funkcionalizacijskih molekul. Plast molekul mora biti na površino nanodelcev vezana kovalentno, da se med uporabo ne desorbira ali izmenja z drugimi molekulami, prisotnimi v mediju. Kot alternativo kovalentni vezavi, ki ni možna med ionskimi anorganskimi površinami in organskimi molekulami, se za površinsko funkcionalizacijo pogosto izkorišča koordinativna vez. Zelo močne koordinativne vezi so znane med površinskimi kovinskimi ioni in nekaterimi organskimi skupinami (npr. karboksilna, fosfonska, kateholi). Ugotovili smo, da se nasičena magnetizacija superparamagnetnih maghemitnih nanodelcev poveča, če jih prevlečemo z nekaterimi kateholi, čeprav bi se morala zaradi nemagnetne prevleke zmanjšati. Po drugi strani pa smo opazili nepričakovano veliko zmanjšanje nasičene magnetizacije pri nanoploščicah barijevega heksaferita po prevlečenju s tetrafosfonatom. To sicer ne velja za prevleke iz mono-, di- ali bisfosfonatov. Nepričakovane rezultate nameravamo razložiti z natančno spektroskopsko študijo v sodelovanju s prof. dr. Iztokom Arčonom (Univerza v Novi Gorici) in s teoretičnimi izračuni s sodelavci iz CNR v Trstu (dr. Layla Martin Samos, dr. Matic Poberžnik in Gabriela Herrero).

Nadaljevali smo raziskave feromagnetnih suspenzij nanoploščic barijevega heksaferita (v sodelovanju z Odsekom za kompleksne snovi). Osredotočili smo se na razumevanje koloidnih interakcij v suspenzijah nanoploščic heksaferita v izotropnih topilih z uporabo različnih površinskih ligandov, vključno z različnimi fosfonati in nepolarnimi ligandi za pripravo nepolarnih ferofluidov na osnovi nanoploščic. Določili smo pogoje za nastanek feromagnetnih ferofluidov v izotropnih topilih in območje stabilnosti feromagnetnih tekočih kristalov.

Pomemben del raziskav je bil posvečen novi raziskovalni smeri, ki se je razvila iz predhodnih raziskav nanoploščic barijevega heksaferita in feromagnetnih tekočin. Naš namen je nadgraditi anizotropne magnetne lastnosti in obliko nanoploščic heksaferitov z dodatnimi anizotropnimi lastnostmi. To nameravamo z razvojem Janusovih

nanoploščic s hibridizacijo heksaferitnih nanoploščic samo na eni od dveh bazalnih površin. Ena od študij je povezana z razvojem magneto-fotonskih Janusovih nanoploščic barijev-heksaferit–zlato v okviru projekta Seal of Excellence Multifunctional Janus Nanoplatelets (vodja dr. Jelena Papan). Pripravili smo prve Janusove nanoploščice barijev heksaferit–zlato prek sistema Pickering emulzij.

### Sinteza magneto-optičnih Janusovih nanoploščic iz nanoploščic barijevega heksaferita in zlatih nanodelcev v emulzijah Pickering.

V okviru nacionalnega projekta v sodelovanju s Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani razvijamo tehnologije hibridizacije za izdelavo Janusovih magneto-električnih nanoploščic na osnovi imobilizacije nanoploščic barijevega heksaferita na trdni podlagi. Imobilizirana enojna plast nanoploščic bo omogočila njihovo hibridizacijo s polarnimi ligandi samo na eni bazalni ravnini nanoploščic. V tem letu smo se večinoma posvetili optimizaciji funkcionalizacije površine steklenih podlag z amino-silani. Za najboljšo se je izkazala metoda nanosa iz parne faze. Obenem smo prilagodili metode na osnovi optične absorpcije in fluorescense za določanje gostote aktivnih amino skupin na stekleni podlagi.

Zadnji pomemben projekt (začetek november 2020) je projekt FET-OPEN MAGNELIQ, ki poteka v sodelovanju med našim inštitutom, Univerzo v Mariboru, CNR Trst in Češko akademijo znanosti ter podjetjem Prensilia, Pisa. V projektu želimo razviti magneto-električno tekočino na osnovi magneto-električnih Janusovih nanoploščic. Študirali smo koordinativno interakcijo med nanoploščicami barijevega heksaferita z različnimi kompleksanti z namenom določitve pogojev za pripravo stabilnih magneto-električnih hibridov. Eksperimentalne raziskave potekajo vzporedno s teoretičnim modeliranjem osnovnih interakcijskih potencialov. Poleg tega smo pripravili in ovrednotili več različnih feromagnetnih tekočin z izrazitim magneto-optičnim učinkom.

V preteklem letu smo nadaljevali raziskave na področju novih dostavnih sistemov za zdravilne učinkovine, ki smo jih razvijali na osnovi skupkov magnetnih nanodelcev (t. i. nanoskupkov). Njihova magnetna vodljivost sicer omogoča širok nabor najrazličnejših uporab, kot so magnetno ločevanje, slikanje z metodo magnetnega upodabljanja položaja magnetnih nanodelcev (magnetic particle imaging, MPI), slikanje z uporabo magnetne resonance in številne druge. V letu 2021 smo razvili platformo za pripravo dostavnih sistemov na osnovi magnetnih nanodelcev. V okviru raziskave smo pripravili delno izpraznjene (votle) magnetne nanonosilce, ki imajo nanometriške rezervoarje za vgradnjo

### Razvoj novih sistemov za dostavo zdravilnih učinkovin, ki jih lahko vodimo z magnetnim poljem.

zdravilne učinkovine in obenem ohranjeno zmožnost magnetne vodljivosti. Raziskava je interdisciplinarna in poteka v sodelovanju z raziskovalci s Fakultete za farmacijo Univerze v Ljubljani (prof. dr. Petra Kocbek). V okviru naše platforme smo razvili tudi alternativni dostavni sistem, kjer imajo magnetni nanodelci prostor, namenjen vgradnji zdravilne učinkovine na svoji površini. V okviru tega dostavnega sistema je učinkovina vgrajena v notranjost radialno usmerjenih por v debelejši oblogi iz silike. Nanoskupki so torej obloženi z debelo oblogo silike, ki ima radialno usmerjene pore za vgradnjo učinkovine, medtem ko jedrni magnetni nanoskupek omogoča magnetno vodljivost.

V preteklem letu smo okrepili sodelovanje s skupino raziskovalcev z Oddelka za kemijske in farmacevtske znanosti z Univerze v Trstu, Italija, ki jo vodi prof. dr. Silvia Marchesan. V okviru raziskav smo pripravili hibridne nanomateriale s tehniko samourejanja di- in tripeptidov. Ti kompozitni materiali se uredijo v različne nanostrukture z različnimi lastnostmi. V prihodnje nameravamo veliko truda posvetiti razvoju biokompatibilnih materialov, ki omogočajo kontrolirano sproščanje učinkovin. V preteklem letu smo nadaljevali tesno sodelovanje s skupino prof. Marchesan tudi na področju razvoja magnetnih nanodelcev, konjugiranih s kratkimi peptidi in samourejajočimi se fibrilami peptidnih nanostruktur. Osrednja tema našega sodelovanja je bilo razumevanje magnetno-mehanskega učinka magnetnih nanodelcev anizotropnih oblik na mehko snov.

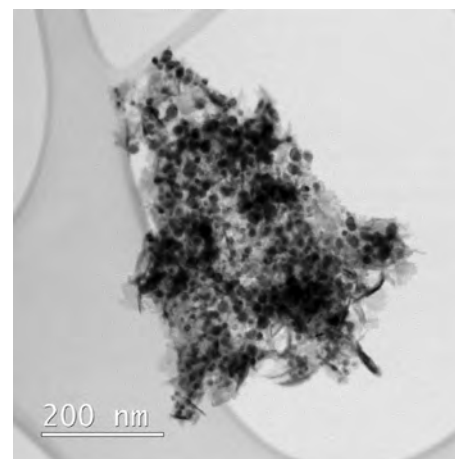
Nadaljevali smo raziskovanje gretja magnetnih nanoskupkov v izmeničnem magnetnem polju (AMF) za uporabo v katalizi. Uporabljamo skupke magnetnih nanodelcev, prevlečene z ogljikom ali aluminijevim oksidom. Za sintezo ogljikovih prevlek najprej prevlečemo nanoskupke s hidrotermalno karbonizacijo ogljikovih hidratov, ki jih nato termično obdelamo. Metodo za sintezo prevlek iz aluminijevega oksida pa smo razvili v sodelovanju z Odsekom za nanostrukturne materiale na osnovi hidrolize AlN v koloidni suspenziji superparamagnetnih nanodelcev železovega oksida, ki ji sledi termična obdelava.

V sodelovanju z Odsekom za katalizo in reakcijsko inženirstvo Kemijskega inštituta (dr. Blaž Likozar in dr. Miha Grilc) smo proučevali katalitsko pretvorbo levulinske kisline z uporabo magnetnega segrevanja. Pri tem smo uporabili katalizator na osnovi Ru. Na magnetne nanoskupke, prevlečene z ogljikom, smo nanесли približno 2 nm velike Ru-nanodelce. Glavni produkt pretvorbe levulinske kisline je bil  $\gamma$ -valerolakton. V 1 uri magnetnega segrevanja pri blagih pogojih (relativno nizek skupni tlak  $H_2$ ) je reakcija potekla s 100-odstotnim izkoristkom. Poglobljena analiza in modeliranje procesov hidrogenacije in deoksigenacije sta pokazala, da se površina katalizatorja hitro segreje na 137 °C, medtem ko glavna medija ostane pri precej nižji temperaturi 85 °C. Takšno termično neravnovesje je ključno za velik izkoristek, saj poveča hitrost pretvorbe izopropil levulinata (ki nastaja z vzporedno reakcijo) v  $\gamma$ -valerolakton. Predstavljena analiza nam dobro pojasni eksperimentalno ugotovljena dejstva in omogoča optimizacijo procesa. Po štirih ciklih recikliranja sta pretvorba in selektivnost ostala nespremenjena, kar kaže na dobro stabilnost katalizatorja.

V sodelovanju z isto skupino s Kemijskega inštituta smo proučevali vpliv velikosti in porazdelitve velikosti katalitskih nanodelcev Ru na njihovo aktivnost za hidrogeniranje hidroksimetil furfurala (HMF) in za razgradnjo  $NH_3$ . Pripravili smo serijo katalizatorjev, kjer smo spreminjali povprečno velikost Ru-nanodelcev v razponu od 0,9 do približno 5 nm. Ru-nanodelce smo nanесли na magnetne nanoskupke, prevlečene z ogljikom. Poglobljena analiza in modeliranje hidrogeniranja HMF sta pokazala, da izkazujejo najmanjši nanodelci Ru najvišjo aktivnost in selektivnost za nastanek 2,5-bishidroksimetalfurana (BHMF). Zaradi majhne velikosti nanodelcev se molekule HMF najverjetneje preferenčno adsorbirajo prek aldehidne skupine. V takšni konfiguraciji je nasičenje obroča močno oteženo, kar je najverjetnejši razlog za visoko selektivnost. Isti katalizator pa je izkazoval le nizko aktivnost za razgradnjo  $NH_3$ . Tu smo najvišjo aktivnost opazili pri katalizatorju, kjer so bili nanodelci Ru veliki približno 2 nm. V neizotermnem eksperimentu smo ugotovili, da se razgradnja začne že pri sorazmerno nizki temperaturi 330 °C, medtem ko smo popolno razgradnjo dosegli pri zgolj nekoliko višji temperaturi. Dobra aktivnost pri tako nizki temperaturi kaže na velik potencial za uporabo razvitih katalizatorjev v dostopni (t. i. on-demand) proizvodnji  $H_2$  z razgradnjo  $NH_3$ .

Zelo aktivni smo bili tudi pri projektu Oracle H2020, katerega cilj je razviti elektrificirano proizvodnjo  $NH_3$ , ki bo prilagodljiva po obsegu proizvodnje. Pri projektu sodelujemo z veliko priznanimi evropskimi institucijami s področja razvoja katalizatorjev in procesov za razogljčenje kemijske industrije in energetike. Pri projektu se osredotočamo na razvoj katalizatorjev na osnovi magnetnih nanoskupkov in njihovo integracijo v reaktorske enote, ki jih bomo magnetno segrevali. S takšnimi enotami želimo dokazati koncept prilagodljive in on-demand proizvodnje  $NH_3$  z uporabo elektrike (preferenčno iz obnovljivih virov). V ta namen smo začeli razvijati nove magnetne skupke na osnovi zlitine  $Co_xNi_{1-x}$ . S soobarjanjem  $Co^{2+}$  in  $Ni^{2+}$  ionov v vodni raztopini, ki mu sledi hidrotermalna obdelava, smo pripravili prekursorske nanodelce homogene sestave. Z uporabo naše predhodno razvite metode, ki temelji na hidrolizi AlN, smo nato prekursorske

### Uporaba segrevanja skupkov magnetnih nanodelcev v izmeničnem magnetnem polju v katalizi.



Slika 4: Slika STEM BF magnetnih nanodelcev  $Co_xNi_{1-x}$  vgrajenih v nanostrukturirano matrico aluminijevega oksida.

nanodelce uspešno vgradili v nanostrukturirano matrico aluminijevega oksida (slika 4). Pri visoki temperaturi v reduktivni atmosferi nato prekurzorske nanodelce reduciramo v kovinske nanodelce  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}$ . Razvita metoda omogoča kontrolo sestave in s tem prilagajanje magnetnih lastnosti  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}$  nanodelcev. Tudi po daljšem času hranjenja na zraku se magnetizacija nanodelcev le nekoliko zniža zaradi površinske oksidacije, vendar se z redukcijo pri sorazmerno milih pogojih znova povrne na začetno vrednost. Še pomembneje za uporabo pa je, da se nanodelci hitro segrejejo v AMF tudi pri tehnološko relevantnih pogojih, to je v toku  $\text{H}_2$ .

Nadaljevali smo tudi raziskave fluorescentnih nanomaterialov. Fluorescentni nanodelci z energijsko pretvorbo navzgor (UCNP, na primer,  $\text{LnF}_3$  in  $\text{NaYF}_4$  nanodelci, dopirani z lantanidi) se uporabljajo v različnih optičnih elementih, raziskujemo pa jih tudi kot možne biomarkerje za medicinsko diagnostiko. Po našem odkritju znatnega raztapljanja nanodelcev na osnovi fluoridnih UCNP v vodnih medijih smo svoje nadaljnje raziskave osredotočili na preprečevanje ali vsaj zmanjšanje njihovega raztapljanja. V letu 2021 smo proučevali učinkovitost nekaterih fosfonatnih prevlek, da bi preprečili raztapljanje UCNP-jev. Pokazali smo, da struktura fosfonatov in pogoji prevlečenja določajo gostoto fosfonskih prevlek. Študije raztapljanja smo opravili v sodelovanju z Odsekom za anorgansko kemijo in tehnologijo (dr. Maja Ponikvar Svet) ter Češko akademijo znanosti (dr. Uliana Kostiv). Vse študije so bile podprte z optično karakterizacijo v sodelovanju z Odsekom za kompleksne snovi (prof. Boris Majaron) in s študijami viabilnosti celic, opravljenimi na Medicinski fakulteti Univerze v Ljubljani (dr. Lovro Žiberna). Del rezultatov predstavlja magistrsko delo Maše Vožlič, ki je zanj prejela Prešernovo nagrado Univerze v Ljubljani in Krkino nagrado.

Nadaljevali smo tudi raziskave, posvečene materialom s pozitivnim temperaturnim koeficientom upornosti (PTKU). V ospredju so bili kompozitni materiali, ki vsebujejo mešanico prevodne (kovina) in neprevodne faze (keramika  $\text{BaTiO}_3$ ). Dimenzijske spremembe pri fazni transformaciji v neprevodni fazi privedejo do prekinitev povezav v prevodni fazi in s tem do PTK-anomalije.

## Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Nemeč, S., Kralj, S., A versatile interfacial coassembly method for fabrication of tunable silica shells with radially aligned dual mesopores on diverse magnetic core nanoparticles, *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 1, 1883-1894
2. Papan, J., Hribar, P., Mertelj, A., Lisjak, D., Preparation of barium-hexaferrite/gold Janus nanoplatelets using the pickering emulsion method, *Nanomaterials*, 2021, **11**, 11, 2797-1-2797-18
3. Masdeu, G., Findrik, Z., Kralj, S., Makovec, D., López-Santín, J., Álvaro Gregorio, G., Multi-reaction kinetic modeling for the peroxidase-aldolase cascade synthesis of a D-fagomine precursor, *Chemical Engineering Science*, 2021, **239**, 116602-1-116602-11

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Sestanek konzorcija projekta H2020-FETOPEN-2018-2019-2020: MAGNELIQ, Ljubljana, 14.–15. 10. 2021

## Patent

1. Sašo Gyergyek, Andraž Kocjan, Darko Makovec, Method for synthesis of coated magnetic particles, GB2582272 (B), Intellectual Property Office, 14. 7. 2021

## Nagrade in priznanja

1. Sebastjan Nemeč, osvojeno 2. mesto v tekmovanju za najboljše študentsko predavanje na konferenci Slovenski kemijski dnevi 2021 v Portorožu (22.–24. 9. 2021)

---

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. COST CA18132; Funkcionalni gliko-nanomateriali za razvoj diagnostike in ciljne terapije  
COST Association AISBL  
doc. dr. Slavko Kralj
2. H2020 - BeMAGIC; Magnetoelektriki po 2020: Izobraževalni program o energetsko učinkovitih magnetoelektričnih nanomaterialih za sodobne tehnologije informatike in varovanja zdravja  
European Commission  
prof. dr. Darja Lisjak

3. H2020 - ORACLE; Napredne sintetske poti in katalizatorji za sintezo amonjaka kot alternativnega obnovljivega goriva  
European Commission  
doc. dr. Sašo Gyergyek
4. H2020 - PASSENGER; Pilotna akcija za zagotovitev nove generacije učinkovitih trajnostnih magnetov brez redkih zemelj v Evropi  
European Commission  
prof. dr. Darko Makovec
5. H2020 - MAGNELIQ; Magneto-električna tekočina - Boljše zaznavanje  
European Commission  
prof. dr. Darja Lisjak

## PROGRAM

1. Sodobni magnetni in večnamenski materiali  
prof. dr. Darko Makovec

## PROJEKTI

1. Baktericidna nanorezila: preizkus bimodalnega mehanokemijskega odstranjevanja trdovratnih biofilmov  
doc. dr. Slavko Kralj
2. Selektivna elektroporacija s porazdeljenimi nanoelektrodami  
doc. dr. Slavko Kralj

3. Večnamenske Janusove nanoploščice  
Jelena Papan, PhD., Srbija
4. Tekoči magneti: temeljne raziskave feromagnetnega urejanja v tekočinah  
prof. dr. Darja Lisjak
5. Tehnologija površinsko selektivne hibridizacije za magneto-električne hibride  
prof. dr. Darja Lisjak
6. Magnetno odzivne površine za manipulacijo svetlobe in tekočin  
prof. dr. Darko Makovec
7. S posnemanjem endogenih lipidnih delcev do magnetno-odzivnih nanostruktur za izboljšano dostavo zdravil in nanodelcev  
prof. dr. Darko Makovec
8. Izkoriščanje magneto-mehanskega učinka pri zdravljenju nevrodgenerativnih boleznih  
doc. dr. Slavko Kralj

## OBISKI

1. dr. Vladimira Novotna, Inštitut za fiziko Češke akademije znanosti, Praga, Češka, 14.-15. 10. 2021
2. Tomas Landovsky, Inštitut za fiziko Češke akademije znanosti, Praga, Češka, 14.-15. 10. 2021
3. dr. Layla Martin Samos, Nacionalni raziskovalni svet, Institut za raziskavo materialov, Trst, Italija, 14.-15. 10. 2021
4. dr. Nicolas Salles Nacionalni raziskovalni svet, Institut za raziskavo materialov, Trst, Italija, 14.-15. 10. 2021
5. dr. Matic Pobrežnik, Nacionalni raziskovalni svet, Institut za raziskavo materialov, Trst, Italija, 14.-15. 10. 2021
6. dr. Gabriela Herrero, Nacionalni raziskovalni svet, Institut za raziskavo materialov, Trst, Italija, 14.-15. 10. 2021
7. Miha Gunde, Nacionalni raziskovalni svet, Institut za raziskavo materialov, Trst, Italija, 14.-15. 10. 2021
8. Francesco Clemente, Prensilia S.r.l, Pontedera, Italija, 14.-15. 10. 2021
9. Giulia Lippi, Prensilia S.r.l, Pontedera, Italija, 14.-15. 10. 2021
10. Nicola Motzo, Prensilia S.r.l, Pontedera, Italija, 14.-15. 10. 2021
11. Amadeo Morandi, Prensilia S.r.l, Pontedera, Italija, 14.-15. 10. 2021

3. prof. dr. Darko Makovec: Prilagoditev kristalne strukture majhni velikosti nanodelcev, odsečni seminar, 4. 3. 2021
4. Sebastjan Nemeč: Sinteza mezoporozne silike na magnetnih nanodelcih in vgradnja učinkovin, odsečni seminar, 7. 1. 2021
5. Žiga Ponikvar: Priprava katalizatorjev in testiranje za razpad NH<sub>3</sub>, odsečni seminar, 9. 12. 2021
6. dr. Ali Tufani: Optomagnetični nanodelci za diagnozo progresivnih boleznih v zgodni fazi, odsečni seminar, 11. 3. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Stanislav Čampelj, Slavko Kralj, Darja Lisjak, Dare Makovec, Sebastjan Nemeč, Jelena Papan, Žiga Ponikvar, Anja Sedminek, Ali Tufani, Slovenski kemijski dnevi 2021, Portorož, 22.-24. 9. 2021, (9)
2. Slavko Kralj, Sebastjan Nemeč, 15<sup>th</sup> Annual Meeting PSSRC 2021, (virtualno), 13. 10. 2021 (1)
3. Slavko Kralj, Sebastjan Nemeč, [1<sup>st</sup>] Crossnato Crossborder Workshop in Nanoscience and Nanotechnology, Univerza v Trstu, Trst (virtualno), Italija, 23.-25. 2. 2021 (1)
4. Slavko Kralj, Sebastjan Nemeč, 13. Studentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in 15. dan mladih raziskovalcev (Konferenca KMB0), (virtualno), 27.-28. 5. 2021 (1)
5. Slavko Kralj, Jelena Papan, YUCOMAT 2021, Herceg Novi, Črna gora, 30. 9.-3. 9. 2021 (2)
6. Darja Lisjak, 3<sup>rd</sup> Conference on Properties, Design and Applications of Upconversion Nanomaterials, UPCONline 2021, 6.-9. 4. 2021 (1)
7. Anja Sedminek, 2<sup>nd</sup> Interregional Congress: H2 Greentec, (virtualno), 25. 11. 2021 (1)

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Slavko Kralj: Načrtovanje magnetnih nanodelcev za napredne uporabe v medicini, odsečni seminar, 10. 6. 2021
2. prof. dr. Darja Lisjak: Problematika raztapljanja nanodelcev z energijsko pretvorbo navzgor na osnovi NaYF<sub>4</sub> in smernice za zaščitne prevleke, odsečni seminar, 20. 5. 2021

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. doc. dr. Sašo Gyergyek
2. doc. dr. Slavko Kralj
3. prof. dr. Darja Lisjak, znanstveni svetnik
4. **prof. dr. Darko Makovec, znanstveni svetnik vodja odseka**
5. dr. Igor Zajc, strokovni sekretar odseka

### Podoktorski sodelavci

6. dr. Stanislav Čampelj
7. Jelena Papan, PhD., Srbija
8. Ali Tufani, PhD.

### Mlajši raziskovalci

9. Nina Križaj, mag. kem.
10. Sebastjan Nemeč, mag. farm.
11. Žiga Ponikvar, mag. kem.
12. Anja Sedminek, mag. kem.
13. Luka Skubic, mag. inž. kem. inž.

### Strokovni sodelavci

14. Tina Čerňič, dipl. inž. kem. inž. (UN)

### Tehniški in administrativni sodelavci

15. Bernarda Anželak, univ. dipl. inž. kem. inž.
16. Tamara Matevc, univ. dipl. lit. komp. in fil.

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Aarhus Universitiet, Aarhus, Danska
2. Budapest University of Technology and Economics, Budimpešta, Madžarska
3. Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung (BAM), Berlin, Nemčija
4. C2cat Bv, Amstelveen, Nizozemska
5. Casale SA, Lugano, Švica
6. CNR, Istituto Officina dei Materiali, Trst, Italija

7. CNRS-IPBS, Toulouse, Francija
8. Češka akademija znanosti, Češka republika
9. Department of Chemistry and Biochemistry, University of Bern, Švica
10. Department of Physics, Central University of Punjab, Bathinda, Indija
11. Dutch Institute for Fundamental Energy Research, Eindhoven, Nizozemska
12. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lozana, Švica
13. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, Švica
14. IBIDEN Ceram GmbH, Frauental, Avstrija
15. IMDEA Nanoscience, Madrid, Španija
16. IMDEA Nanoscience, Madrid, Španija
17. INDUSTRIE ILPEA spa, Malgesso, Italija
18. InoVine, d. o. o., Ljubljana
19. Institut Catala de Nanociencia i Nanotecnologia, Barcelona, Španija
20. Institute of Nuclear Sciences Vinča, Beograd, Srbija
21. Institute of Physics ASCR, Praga, Češka
22. Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC, Madrid, Španija
23. Kemijski inštitut, Ljubljana
24. Medical University of Graz, Gradec, Avstrija
25. Missouri University of Science and Technology, Rolla, ZDA
26. Murata Manufacturing Co., Oddelek za razvoj materialov, Kyoto, Japonska
27. Nanos Scientifical, Ljubljana
28. National institute of advanced industrial science and technology, Osaka, Japonska
29. Osaka research institute of industrial science and technology, Osaka, Japonska
30. Prensilia, SRL, Italija
31. STELEM, d. o. o., Žužemberk
32. Technische Universität Dresden, Nemčija
33. Tehnična Univerza Chalmers, Švedska
34. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, Španija
35. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, Španija
36. Università di Trieste, Trst, Italija
37. Université de Strasbourg, Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg, Strasbourg, Francija
38. University of Cyprus, Nikozija, Ciper
39. University of Hull, Hull, Velika Britanija

40. University of Southern Denmark, Odense, Danska  
 41. University of Sydney, Key Centre for Polymers and Colloids, Sydney, Avstralija  
 42. University of Turku, Turku, Finska  
 43. University of Twente, Enschede, Nizozemska  
 44. University Paris, Nanomaterials group in the CSPBAT Laboratory, Pariz, Francija  
 45. Univerza v Ljubljani, Biotehnična fakulteta, Ljubljana  
 46. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana  
 47. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Ljubljana  
 48. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana  
 49. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Ljubljana  
 50. Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana  
 51. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor  
 52. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor  
 53. Univerza v Novi Gorici  
 54. VITO NV, Mol, Belgija  
 55. VTT Chemical Research Centre of Finland Espoo & Tampere, Tampere, Finska

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Sebastjan Nemeč, Slavko Kralj, "A versatile interfacial coassembly method for fabrication of tunable silica shells with radially aligned dual mesopores on diverse magnetic core nanoparticles", *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 1, 1883-1894. [COBISS.SI-ID 45139715]
- Ana Maria Garcia *et al.* (11 avtorjev), "Nanoscale assembly of functional peptides with divergent programming elements", *ACS nano*, 2021, **15**, 2, 3015-3025. [COBISS.SI-ID 51537411]
- Marin Tadić, Matjaž Panjan, Biljana Vučetić Tadić, Slavko Kralj, Jelena Lazović, "Magnetic properties of mesoporous hematite/alumina nanocomposite and evaluation for biomedical applications", *Ceramics international*, 2021, **47**, 2, 2022-2033. [COBISS.SI-ID 90977539]
- Brett Pomeroy, Miha Grilc, Sašo Gyergyek, Blaž Likozar, "Catalyst structure-based hydroxymethylfurfural (HMF) hydrogenation mechanisms, activity and selectivity over Ni", *Chemical engineering journal*, 2021, **412**, 127553. [COBISS.SI-ID 35846147]
- Gerard Masdeu, Zvezdana Findrik, Slavko Kralj, Darko Makovec, Josep López-Santín, G. Álvaro Gregorio, "Multi-reaction kinetic modeling for the peroxidase-aldolase cascade synthesis of a D-fagomine precursor", *Chemical Engineering Science*, 2021, **239**, 116602. [COBISS.SI-ID 57113603]
- Vesna Lazić, Andrea Pirković, Dušan Sredojević, Jelena P. Marković, Jelena Papan, S. Phillip Ahrenkiel, Ivona Janković-Častvan, Dragana Dekanski, Milica Jovanović-Krivokuća, Jovan Nedeljković, "Surface-modified ZrO<sub>2</sub> nanoparticles with caffeic acid: characterization and in vitro evaluation of biosafety for placental cells", *Chemico-biological interactions*, 2021, **347**, 109618. [COBISS.SI-ID 80866563]
- Maša Volžič, Tina Čeranič, Sašo Gyergyek, Boris Majaron, Maja Ponikvar-Svet, Uliana Kostiv, Daniel Horák, Darja Lisjak, "Formation of phosphonate coatings for the improved chemical stability of upconverting nanoparticles under physiological conditions", *Dalton transactions*, 2021, **50**, 19, 6588-6597. [COBISS.SI-ID 59908867]
- Luka Cmok, Mojca Vilfan, Sašo Gyergyek, Martin Čopič, "Magnetic polydomain liquid crystal elastomers - synthesis and characterisation", *Liquid crystals*, 2021, **48**, 13, 1815-1826. [COBISS.SI-ID 57620995]
- Olivija Plohl, Sašo Gyergyek, Lidija Fras Zemljič, "Mesoporous silica nanoparticles modified with N-rich polymer as a potentially environmentally friendly delivery system for pesticides", *Microporous and mesoporous materials*, 2021, **310**, 110663. [COBISS.SI-ID 31454467]
- Barbara Kalebić, Jelena Pavlović, Jelena Dikić, Aleksander Rečnik, Sašo Gyergyek, Nikola Škoro, Nevenka Rajić, "Use of natural clinoptilolite in the preparation of an efficient adsorbent for ciprofloxacin removal from aqueous media", *Minerals*, 2021, **11**, 5, 518. [COBISS.SI-ID 63382787]
- Ozlem Karahan, Ali Tufani, Unal Serkan, I. Burc Misirlioglu, Yusuf Z. Menciloglu, Kursat Sendur, "Synthesis and morphological control of VO<sub>2</sub> nanostructures via a one-step hydrothermal method", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 3, 752. [COBISS.SI-ID 87142403]
- Matjaž Kristl, Sašo Gyergyek, Srečo D. Škapin, Janja Kristl, "Solvent-free mechanochemical synthesis and characterization of nickel tellurides with various stoichiometries: NiTe, NiTe<sub>2</sub> and Ni<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 8, 1959. [COBISS.SI-ID 72057603]
- Jelena Papan, Patricija Hribar, Alenka Mertelj, Darja Lisjak, "Preparation of barium-hexaferrite/gold Janus nanoplatelets using the

pickering emulsion method", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 11, 2797. [COBISS.SI-ID 81961219]

- Irena Petrič, Janja Stergar, Hermina Bukšek, Mihael Drofenik, Sašo Gyergyek, Claus Hélix-Nielsen, Irena Ban, "Superparamagnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@CA nanoparticles and their potential as draw solution agents in forward osmosis", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 11, 2965. [COBISS.SI-ID 85953027]
- Gerard Masdeu, Luis Miguel Vázquez, Josep López-Santín, Gloria Caminal, Slavko Kralj, Darko Makovec, Gregorio Álvaro, Marina Guillén, "Synthesis of a precursor of D-fagomine by immobilized fructose-6-phosphate aldolase", *PLoS one*, 2021, **16**, 4, e0250513. [COBISS.SI-ID 60991235]
- Olivija Plohl, Marjana Simonič, Ken Kolar, Sašo Gyergyek, Lidija Fras Zemljič, "Magnetic nanostructures functionalized with a derived lysine coating applied to simultaneously remove heavy metal pollutants from environmental systems", *Science and technology of advanced materials*, 2021, **22**, 1, 55-71. [COBISS.SI-ID 48392195]
- Larisa Tratnjek, Nadica Sibinovska, Slavko Kralj, Darko Makovec, Katja Kristan, Mateja Erdani-Kreft, "Standardization of esophageal adenocarcinoma in vitro model and its applicability for model drug testing", *Scientific reports*, 2021, **11**, 6664. [COBISS.SI-ID 56692995]
- Žiga Ponikvar, Matjaž Finšgar, Sašo Gyergyek, "Principi elektronske mikroskopije s poudarkom na presewni elektronski mikroskopiji", *Vakuumist*, 2021, **41**, 1-2, 27-35. [COBISS.SI-ID 94217219]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Črt Dragar, Slavko Kralj, Petra Kocbek, "Bioevaluation methods for iron-oxide-based magnetic nanoparticles", *International journal of pharmaceuticals*, 2021, **597**, 120348. [COBISS.SI-ID 50271235]
- C. De Julián Fernández, Claudio Sangregorio, Juan De la Figuera, Blaž Belec, Darko Makovec, Adrian Quesada, "Progress and prospects of hard hexaferrites for permanent magnet applications: topical review", *Journal of physics. D, Applied physics*, 2021, **54**, 15, 153001. [COBISS.SI-ID 42214915]
- Slavko Kralj, Silvia Marchesan, "Bioinspired magnetic nanochains for medicine", *Pharmaceutics*, 2021, **13**, 8, 1262. [COBISS.SI-ID 73118979]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

- Anja Sedminek, Blaž Likozar, Sašo Gyergyek, "Novel routes and catalysts for synthesis of ammonia as alternative renewable fuel", V: *2. Interregional Congress H<sub>2</sub>GreenTECH, 25 November 2021*, Follow up journal, Interreg Slovenija-Austria, 2021, 10-17. [COBISS.SI-ID 90152707]

## PATENT

- Sašo Gyergyek, Andraž Kocjan, Darko Makovec, *Method for synthesis of coated magnetic particles*, GB2582272 (B), Intellectual Property Office, 14. 07. 2021. [COBISS.SI-ID 32193319]

# ODSEK ZA RAZISKAVE SODOBNIH MATERIALOV

# K-9

*Na Odseku za raziskave sodobnih materialov razvijamo nove materiale s poznavanjem soodvisnosti njihovih strukturnih, mikrostrukturnih in funkcionalnih lastnosti. Pri tem uporabljamo napredne tehnologije, ki omogočajo nadzor sinteze na atomski in mikrostrukturni ravni. Z njimi pripravljamo vnaprej načrtovane strukturirane 3D-materiale, tanke plasti in nanodelce z izbrano kristalno strukturo, kemijsko sestavo in mikrostrukturno. Med našimi pomembnejšimi cilji je razvoj i) novih funkcionalnih oksidnih materialov za elektronske aplikacije in pretvorbo energije, ii) novih biokompatibilnih materialov z izboljšanimi antibakterijskimi ali piezoelektričnimi lastnostmi ter iii) toplotnoizolacijskih materialov z izboljšanimi lastnostmi in trajnostnim vidikom.*

## Novi funkcionalni oksidi

Dvodimenzionalne nanostrukture (2D) postajajo vedno bolj pomembne na področju katalize zaradi njihovih posebnih lastnosti – imajo namreč veliko površino z velikim številom aktivnih mest za pospeševanje katalitskih procesov. Sistematično načrtovanje 2D-materialov z želenimi epitaksialnimi lastnostmi še vedno ostaja eden ključnih izzivov. S tega vidika postaja razumevanje nukleacije in mehanizma rasti kristalov vse pomembnejše, čeprav ostaja na tem področju še vedno veliko neznanega. 2D-materiali so edinstveni za ustvarjanje heterostruktur z največjim možnim stikom med različnimi fazami, kar lahko igra ključno vlogo pri reakcijah, kot je npr. fotokatalitski nastanek vodika. V heterostrukturiranih fotokatalizatorjih z dobro urejenim epitaksialnim stikom lahko medfazno električno polje prispeva k učinkovitemu ločevanju fotoinduciranih nosilcev naboja in ohranjanju visoke redukcijske sposobnosti. Dodatno smo se posvečali nekaterim izzivom, ki jih prinašajo 2D-fotokatalizatorji; med drugim z načrtovanjem SrTiO<sub>3</sub>/Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> heterostrukturiranih ploščic, pripravljenih s hidrotermalno topokemijsko pretvorbo Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> ploščic, ki v omenjeni reakciji služijo kot šablona pri načrtovanju/zagotavljanju oblike končnih delcev (v tem primeru SrTiO<sub>3</sub> ploščic ali SrTiO<sub>3</sub>/Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> heterostrukturiranih ploščic). Pokazali smo, da so s to metodo pripravljene ploščice dobri fotokatalizatorji za nastanek vodika pod vplivom simuliranega sončnega sevanja. Z našo študijo smo pridobili nov vpogled v mehanizem rasti heterostrukturiranih ploščic, ki predstavlja splošne smernice za načrtovanje podobnih 2D-heterostruktur. Natančneje, raziskujemo, kako je mogoče s prenasičenostjo (koncentracija Sr<sup>2+</sup> in NaOH) do neke stopnje preseči strukturno neujemanje obeh faz, ki sta v stiku, in tako nadzorovati reakcijski mehanizem in razvoj morfologije. Glede na prenasičenost lahko pretvorba ploščic Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> v SrTiO<sub>3</sub> oz. SrTiO<sub>3</sub>/Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> heterostrukture pod hidrotermalnimi pogoji vodi v tri različne morfologije: ploščice, okvirje in kocke. Opazili smo, da kakovost Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> ploščic (kot je zraščena delcev in porazdelitev velikosti) močno vpliva na mehanizem rasti in s tem razvoj morfologije. Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> ima plastovito strukturo, v kateri se izmenjujeta psevdo-perovskitni [Bi<sub>2</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>10</sub>]<sup>2-</sup> blok in bizmut oksidna [Bi<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> plast. S pomočjo STEM-HAADF smo ugotovili, da rast SrTiO<sub>3</sub> perovskita poteka na psevdo-perovskitnem bloku, medtem ko so prvotno Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> ploščice zaključene z [Bi<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> plastjo. To nakazuje, da se med raztapljanjem Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> v alkalni raztopini NaOH in segrevanjem do 200 °C plast [Bi<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> raztopi, pri čemer se izpostavi psevdo-perovskitna plast, na kateri poteka epitaksialna rast SrTiO<sub>3</sub>. Optimizirane heterostrukture so bile testirane za razvoj vodika brez uporabe žlahtnih kovin kot sokatalizatorjev. Dodatno smo z novimi pristopi dosegli večje površine pripravljenih fotokatalitskih ploščic, kar je posledično vodilo do 100-kratnega povečanja količine nastalega vodika.

Za pridobitev nadaljnega razumevanja porazdelitve aktivnih katalitskih mest in ocene potencialne uporabe teh novih materialov na področju heterogene katalize smo v sodelovanju z Oddelkom za kemijsko inženirstvo z Nacionalne univerze v Tajvanu izvedli raziskave pretvorbe izo-propanola na nanoploščicah SrTiO<sub>3</sub> in heterostrukturah SrTiO<sub>3</sub>/Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>. Odvisno od kislinsko-baznih lastnosti površine katalizatorja lahko pretvorba izopropanola poteka kot dehidracija na kislinskih mestih (nastanek propena in vode) ali dehidrogenacija na kislinsko-baznih parih (nastanek acetona in vodika). Z metodo temperaturno-programirane površinske reakcije smo dokazali, da so ploščice na osnovi SrTiO<sub>3</sub> bolj aktivne in selektivne za reakcijo dehidrogenacije v primerjavi s komercialnim prahom ali kockami SrTiO<sub>3</sub>, ki neselektivno katalizirata obe reakciji.

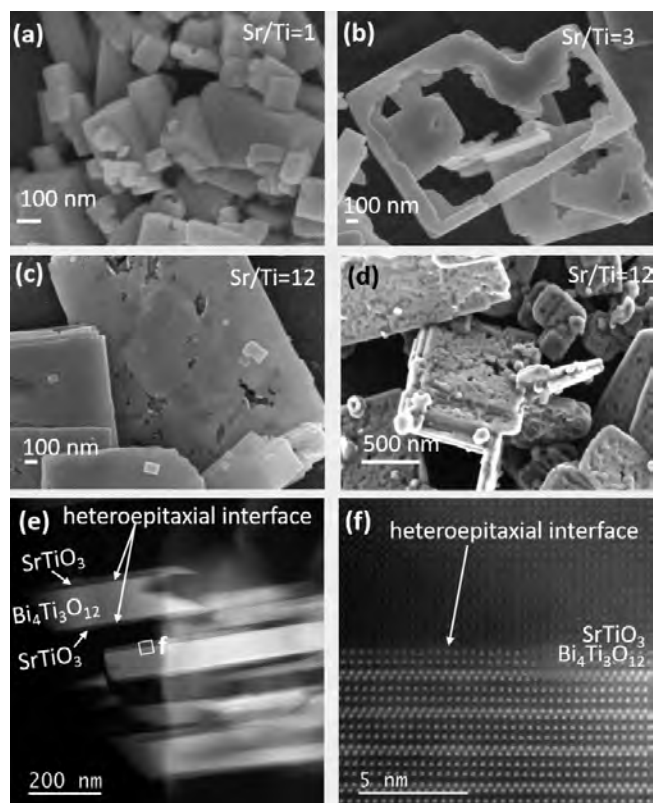
Poleg omenjenih ploščic smo raziskali postopek za pripravo 2D-nanoploščic ogljikovega nitrída (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>). Kot polprevodnik z nizko širino energijske špranje (2,7 eV) je g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> eden najbolj obetavnih in poceni fotokatalizatorjev, odkritih v zadnjem desetletju. Na površino teh nanoploščic smo nanесли manjšo količino nanodelcev kovinskega borida kot sokatalizatorja za izboljšanje redukcijskih sposobnosti in povečanje nastanka vodika. V preliminarnih raziskavah smo za omenjen nov kompozit dobili več kot 20-krat višje katalitične vrednosti. Prav tako smo bili



Vodja:

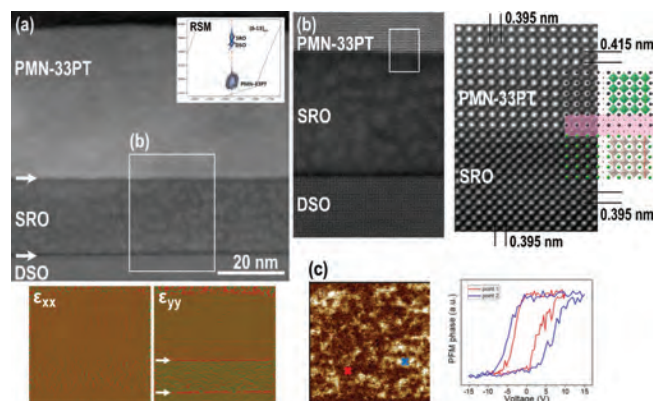
**prof. dr. Matjaž Spreitzer**





Slika 1: SEM-slike delcev  $\text{SrTiO}_3$ , sintetiziranih iz ploščic  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  pod hidrotermalnimi pogoji v 6 mol/L NaOH pri 200 °C 12 ur z različnimi začetnimi molskimi razmerji Sr/Ti (a: Sr/Ti=1, b: Sr/Ti=3, c in d: Sr/Ti=12) in z različno začetno temperaturo raztopine NaOH (a-c: 25 °C in d: 50 °C). (e) HAADF-STEM slika ploščic  $\text{SrTiO}_3/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  heterostruktur z nizko stopnjo topokemijske pretvorbe pri nizki povečavi in (f) HAADF-STEM slika heteroepitaksialnega kontakta  $\text{SrTiO}_3/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  z atomsko resolucijo (del, označen na sliki e).

popolnoma vpete heterostrukture PMN-33PT/SRO na  $\text{DyScO}_3$  (DSO) substrat, na katerem je plast pod največjo tlačno napetostjo (-1,9%). Analiza z vrstično presevno elektronsko mikroskopijo (STEM) je potrdila, da so napetosti v plasti homogeno porazdeljene, kontaktne površine med posameznimi plastmi pa so atomsko ostre in ne vsebujejo ploskovnih napak. Kombinirana analiza z XRD, RSM in meritvami piezoelektričnega odziva (PFM) je pokazala, da je domenska struktura PMN-33PT odvisna od stopnje tlačne napetosti. Stabilizacija relaksorskih domen je značilna za rahlo napete plasti PMN-33PT, medtem ko je v plasteh pri visokih napetostih prisotna močno deformirana tetragonalna struktura. Rezultati tega raziskovalnega dela kažejo, da lahko prek kontroliranja epitaksialnih napetosti v tankih plasteh učinkovito prilagajamo in izboljšamo funkcionalne lastnosti relaksorskih feroelektrikov. Več podrobnosti je na voljo v znanstvenem prispevku J. Belhadija s sodelavci, ki je bil objavljen v *RSC Advances* (doi: 10.1039/d0ra10107a).



Slika 2: (a) Popolnoma vpete SRO/PMN-33PT heterostrukture na DSO-substrat, kot sta pokazali RSM-analiza (v zgornjem desnem kotu) in geometrijska fazna analiza (GPA) atomskih plasti, pravokotnih na substrat (in-plane;  $\epsilon_{xx}$ ), in plasti, vzporednih s substratom (out-of-plane;  $\epsilon_{yy}$ ), na STEM-sliki. (b) Analiza kontakta SRO/PMN-33PT na atomski ravni je pokazala neprekinjenost perovskitne mreže prek kontakta. (c) PFM-amplituda in lokalni PFM histerezni zanki, izmerjeni v točkah, označenih na sliki.

uspešni pri razvoju 2D-struktur  $\text{MoB}_2$ , ki je še en obetaven večnamenski katalizator z aplikacijami v proizvodnji vodika (elektroliza vode) in shranjevanju energije (baterije in superkondenzatorji).

Novost na področju integracije funkcionalnih oksidov s pomočjo tehnike pulznega laserskega nanašanja je povezana s pripravo robustnih materialov za razvoj vodika ( $\text{H}_2$ ) v fotoelektrokemičnem sistemu za cepljenje vode. Dosegli smo hkratno realizacijo zaščite polprevodniškega substrata in enostavnosti prenosa naboja pod osvetlitvijo sončne svetlobe v prisotnosti raztopine. Rezultati so pokazali, da je bila gostota fotogeneriranega toka močno izboljšana v primerjavi s tisto, izmerjeno v temnem stanju. To kaže na hiter fotoodziv naših vzorcev, ki je posledica lahkega prenosa naboja na stičišču. Z aplikativnega vidika lahko takšne materiale uporabimo za izdelavo naprav s heterostrukturami perovskitnih - reduciran grafen oksid - silicij.

Na našem odseku je več raziskovalnih projektov usmerjenih v krojenje lastnosti tankih plasti na osnovi funkcionalnih oksidov. Za načrtovanje materialov z visokim elektromehanskim odzivom je poleg kontrolirane rasti kompleksnih relaksorskih tankih plasti potrebno tudi razumevanje vpliva napetosti na nastanek deformacij in strukturnih domen v funkcionalnih plasteh. Na tem raziskovalnem področju smo nadaljevali študije vpliva napetosti na domensko strukturo in funkcionalne lastnosti tankih plasti na osnovi trdne raztopine relaksor - feroelektrik s sestavo  $(1-x)\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - x\text{PbTiO}_3$  (PMN-PT). Po optimizaciji sinteznih parametrov in sestave plasti smo uspešno pripravili popolnoma vpete epitaksialne heterostrukture, sestavljene iz 40 do 45 nm debelih plasti  $0,67\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - 0,33\text{PbTiO}_3$  in 20 nm  $\text{SrRuO}_3$  (PMN-33PT/SRO) na različnih substratih, in sicer  $\text{SrTiO}_3$  (ST) in  $\text{ReScO}_3$  (RSO) z  $\text{Re}=\text{Dy, Tb, Gd, Sm}$  in Nd. Vse funkcionalne plasti so bile enofazne in so imele ravno površino, kar smo potrdili z odbojno visokoenergijsko difrakcijo elektronov (RHEED) in rentgensko difrakcijo z visoko ločljivostjo (HR-XRD). Kartiranje recipročnega prostora (RSM) je pokazalo, da so plasti koherentno vpete na vse substrate, razen na ST in NSO, kjer so bile plasti delno relaksirane. Na sliki 2 je prikazan primer

popolnoma vpete heterostrukture PMN-33PT/SRO na  $\text{DyScO}_3$  (DSO) substrat, na katerem je plast pod največjo tlačno napetostjo (-1,9%). Analiza z vrstično presevno elektronsko mikroskopijo (STEM) je potrdila, da so napetosti v plasti homogeno porazdeljene, kontaktne površine med posameznimi plastmi pa so atomsko ostre in ne vsebujejo ploskovnih napak. Kombinirana analiza z XRD, RSM in meritvami piezoelektričnega odziva (PFM) je pokazala, da je domenska struktura PMN-33PT odvisna od stopnje tlačne napetosti. Stabilizacija relaksorskih domen je značilna za rahlo napete plasti PMN-33PT, medtem ko je v plasteh pri visokih napetostih prisotna močno deformirana tetragonalna struktura. Rezultati tega raziskovalnega dela kažejo, da lahko prek kontroliranja epitaksialnih napetosti v tankih plasteh učinkovito prilagajamo in izboljšamo funkcionalne lastnosti relaksorskih feroelektrikov. Več podrobnosti je na voljo v znanstvenem prispevku J. Belhadija s sodelavci, ki je bil objavljen v *RSC Advances* (doi: 10.1039/d0ra10107a).

Junija 2021 smo v PLD laboratoriju odseka K9 pridobili dodaten sistem za pulzno lasersko nanašanje (PLD), tako da imamo zdaj na voljo dva PLD-sistema, ki omogočata pripravo tankih plasti različnih materialov. Glavne komponente prvega PLD-sistema so preprost vakuumski sistem, s katerim je mogoče doseči visok vakuum ( $5 \times 10^{-8}$  mbar), nosilec za substrate z uporabnim grelcem, ki omogoča segrevanje do temperature 900 °C, ter nosilec za tarče z možnostjo vrstičenja tarč med ablacijo s pulznim laserjem. Drugi PLD-sistem je poleg že naštetih osnovnih komponent opremljen tudi z ionsko črpalko, titanovo sublimacijsko črpalko in ventili, s katerimi je mogoče doseči ultravisoki vakuum ( $5 \times 10^{-10}$  mbar), kar je velika posebnost v primerjavi z običajnimi PLD-sistemi. Na voljo je tudi sistem za lasersko

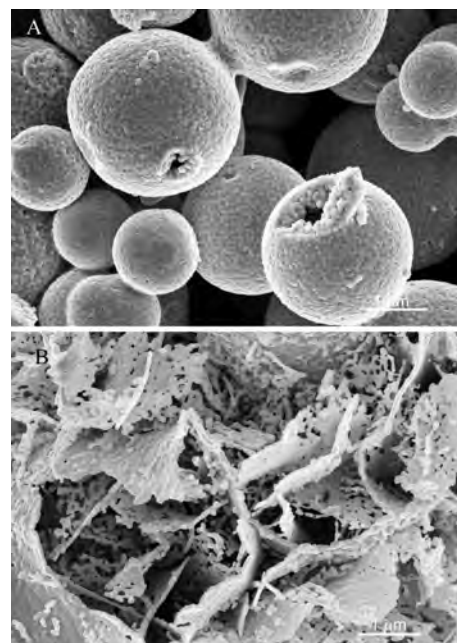
gretje substratov, s katerim je mogoče doseči temperature do 1200 °C. UHV PLD-sistem je vakuumsko povezan s suho komoro, ki omogoča shranjevanje reaktivnih tarč, komoro za shranjevanje do 12 vzorcev in analitskim sistemom za temperaturno-programirano desorpcijo (TPD). Omenjeni PLD-sistem je mogoče povezati tudi z vakuumskim kovčkom, ki omogoča prenos vzorcev do naprav, ki omogočajo strukturno in kemijsko analizo (XPS, JT-STM) ter so na sosednjih odsekih znotraj našega Instituta. Oba PLD-sistema sta opremljena s sistemoma za odbojno visokoenergijsko difrakcijo elektronov (RHEED), ki omogoča spremljanje rasti tankih plasti ter strukturno analizo površin pripravljenih vzorcev. Že obstoječi pulzni laser smo z dodatnimi optičnimi elementi povezali še z novim PLD-sistemom. Glavna prednost dveh ločenih PLD-sistemov je **možnost hkratnega dela na projektih**, kjer uporabljamo **tarče z bolj hlajenimi materiali**, kot je npr. svinec, ki ga uporabljamo za rast različnih piezoelektričnih materialov, ter na projektih, kjer postopki sinteze zahtevajo **ohranjanje ultravisokega vakuuma**, ki je ključen pri integraciji oksidnih materialov s polprevodniki.



Slika 3: Levo: UHV PLD, desno: HV PLD-sistem, zadaj: UV-laser z optično potjo.

Naše raziskave so segale tudi na področje **novega tipa litij-ionskih baterij s trdnim elektrolitom**, ki veljajo za bolj varne in stabilne ter imajo **večjo energijsko gostoto in kapaciteto** v primerjavi z baterijami s tekočim elektrolitom. Raziskave so zajemale pripravo keramičnega elektrolita na osnovi dvojnega perovskita  $\text{Li}_{3x}\text{La}_{2/3-x}\text{TiO}_3$  z vrzeli na A mestu, ki ga odlikuje **visoka ionska prevodnost** ( $10^{-3} \text{ Scm}^{-1}$ ). V vzorcih, pripravljenih s konvencionalno metodo sintranja v trdnem, smo analizirali vpliv pogojev sinteze, razmerja La/Li in dopiranja na mikrostrukturo ter funkcionalne lastnosti. Rezultati bodo pripomogli k **razumevanju mehanizma ionske prevodnosti** v  $\text{Li}_{3x}\text{La}_{2/3-x}\text{TiO}_3$ , kar je zelo pomembno za aplikativno uporabo tega materiala v baterijah. Raziskave na področju visokotehnoloških materialov za elektronske naprave so vključevale tudi **keramične kompozite upside-down**, ki temeljijo na visokem razmerju polnila stroncij titanata ( $\text{SrTiO}_3$ , ST), skupaj z litijevim molibdatom ( $\text{Li}_2\text{MoO}_4$ , LMO), ki služi kot ustrezno vezivo. Kompozite pripravljamo z metodo **zgoščevanja pri sobni temperaturi (RTF)** kot trajnostno alternativo dolgotrajnemu in energijskemu sintranju keramike pri visoki temperaturi. V okviru dosedanjega raziskovanja kompozitov LMO-ST so bili proučevani različni fizikalni parametri, omočljivost in stik med LMO in ST ter mehanske lastnosti v odvisnosti od različne vsebnosti veziva LMO. Dobljeni eksperimentalni rezultati v radiofrekvenčnem merilnem območju (1MHz) izkazujejo dielektrično konstanto ( $\epsilon_r$ ) med 65 in 120 z dielektričnimi izgubami ( $\tan \delta$ ) od 0,002 do 0,05. Z **uporabo metode RTF** dosežemo med 20 in 40 % vrednosti dielektrične konstante konvencionalno sintrane keramike ST. V nadaljevanju smo proučevali tudi uporabo organotitanatnega prekursorja kot veziva v kombinaciji s keramiko ST. Po postopku impregnacije so se dielektrične in mehanske lastnosti še dodatno izboljšale. Vrednosti dielektrične konstante ( $\epsilon_r$ ) neobdelanih in impregiranih  $\text{ST}/\text{TiO}_x$  kompozitov so bile med 80 in 120 z dielektričnimi izgubami ( $\tan \delta$ ) od 0,0035 do 0,0151. Prav te lastnosti pritegnejo veliko pozornosti pri uporabi kompozitov LMO-ST v industriji elektrokeramike.

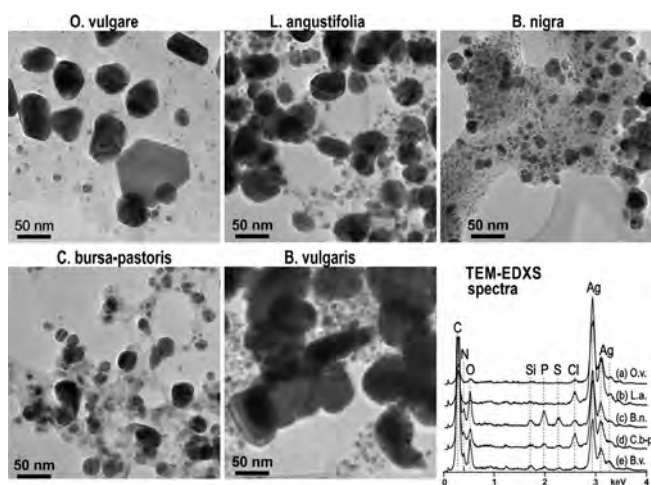
Za zdravje ljudi je cink eden od ključnih elementov, zato se vsako leto za potrebe dodatka k živilom in medicinske namene proizvedejo ogromne količine cinkovega glukonata. Na žalost pa se po preteku roka cinkov glukonat običajno odloži k preostalim smetem na deponijo, kar povzroča prekomerni dotok cinkovih ionov v okolje in posledično lahko onesposobi tla, vpliva na rast rastlin in povzroči veliko škodo ljudem in živalim. Z namenom, da bi zmanjšali onesnaževanje okolja in zapravljanje virov cinka, smo raziskali recikliranje odpadnega cinkovega glukonata kot vira za pripravo struktur ZnO. Uporabili smo hidrotermalno sintezo ter pri tem preiskovali vpliv sinteznih parametrov na obliko nastalih struktur. Ugotovili smo, da v odvisnosti od temperature in časa dobimo različne strukture ZnO, ki variirajo od votlih sfer do čipkastih ploščic (slika 4), pri čemer so vse dobljene mikrometrске strukture sestavljene iz nanodelcev. Fotokatalitične aktivnosti ZnO struktur smo zasledovali z razgradnjo barvila metilensko modro pod vplivom UV-svetlobe v vodni raztopini. Izkazalo se je, da imajo **čipkaste ZnO-ploščice boljše fotokatalitično aktivnost** od votlih ZnO-sfer.



Slika 4: SEM-slika ZnO (A) votlih sfer in (B) čipkastih ploščic po žganju.

### Antibakterijski in piezoelektrični biokompatibilni materiali

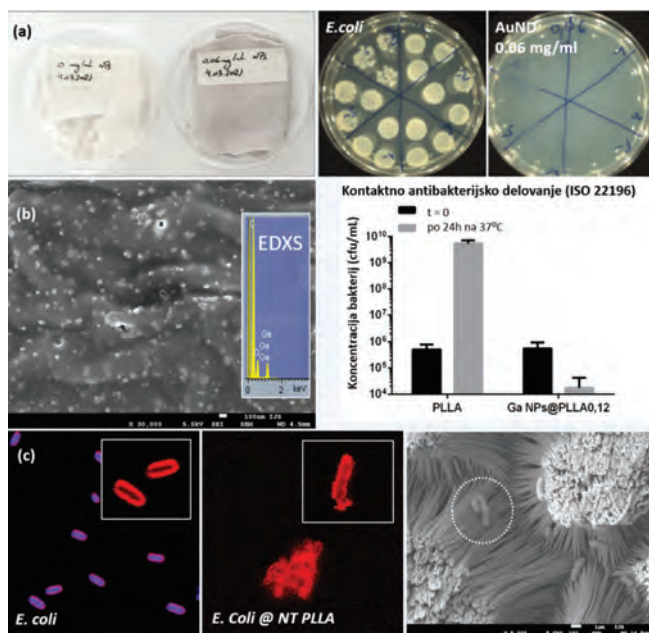
V sodelovanju s Slovaško akademijo znanosti iz Košic smo proučevali antibakterijsko delovanje srebrnih nanodelcev (Ag NPs), sintetiziranih po okolju prijazni metodi, to je z redukcijo srebrnega nitrata ( $\text{AgNO}_3$ ) v vodnih raztopinah, ki so vsebovale izvlečke petih različnih zdravilnih rastlin: *Berberis vulgaris*, *Brassica nigra*, *Capsella bursa-pastoris*, *Lavandula angustifolia* in *Origanum vulgare*.



Slika 5: TEM-slike srebrnih nanodelcev, ki smo jih sintetizirali v raztopinah z izvlečki različnih rastlin iz 5 mM  $\text{AgNO}_3$ . TEM/EDXS spektri Ag NPs in organske matrice.

Postopek sinteze je hiter in preprost in ga je mogoče preprosto spremljati s spremembo barve ter z uporabo spektroskopije ultravijolične in vidne (UV-Vis) svetlobe. Za potrditev nastanka elementarnih nanodelcev srebra smo uporabili rentgensko difrakcijsko analizo (XRD) in presevno elektronsko mikroskopijo (TEM), slike nanodelcev so prikazane na sliki 5. V članku smo pokazali, da na velikost in morfologijo Ag NPs vpliva sestava organske matrice, saj imajo ekstrakti različnih rastlin različno vsebnost antioksidantov in skupnih fenolov. Antibakterijsko aktivnost AgNP smo testirali proti petim bakterijskim sevom in ugotovili, da imajo vsi sintetizirani nanodelci povečano protimikrobno delovanje v primerjavi s kontrolo, najboljše lastnosti smo opazili pri nanodelcih, pripravljenih iz izvlečki *B. nigra* in *L. angustifolia*. Članek je bil objavljen aprila 2021 v reviji *Nanomaterials* (doi: 10.3390/nano11041005).

Na področju materialov za uporabo v biomedicini je naše delo osredotočeno na oblikovanje inovativnih sredstev za zdravljenje in regeneracijo tkiv. V ta namen razvijamo organske piezoelektrične biomateriale in nova učinkovitejša protimikrobna sredstva. V okviru projekta *Okolju prijazen protimikrobni material za tekstil z izboljšanimi lastnostmi* smo skupaj s Centrom za prenos tehnologij (CTT) in v sodelovanju z madžarskim podjetjem Innwear-tex ter portugalskim industrijskim tekstilnim raziskovalnim inštitutom (CITEVE) razvili nov tekstilni material iz bombaža, funkcionaliziran z nanodelci zlata/arginina (Au(arg)NP). Testiranje je potrdilo visoko stabilnost AuNP-funkcionaliziranega tekstila, ki je tudi po 20 ciklih pranja in sušenja (slika 6a) pokazal antibakterijsko (z zmanjšanjem *E. coli* za 6 log<sub>10</sub> enot) in protivirusno aktivnost (z zmanjšanjem bakteriofagov za 3 log<sub>10</sub> enote). Podoben pristop smo uporabili za funkcionalizacijo poli-l-laktidnih (PLLA) filmov z antimikrobnim galijem. Pripravili smo kompozite galijevih nanodelcev s PLLA, ki so pokazali močno kontaktno antibakterijsko delovanje proti *P. aeruginosa* (z redukcijo 6 log<sub>10</sub> enot) (slika 6b). Ko PLLA obdelamo kot piezoelektrično plast, omogočimo ciljanje bakterijskih celic na nespecifičen način s fizikalnimi dražljaji. To je lahko zelo pomembno, zlasti v kontekstu izogibanja odpornim bakterijskim sevom. Ugotovili smo, da imajo takšne piezo-PLLA plasti, ki so izdelane kot samostojne nanocevke, visoko sposobnost razgradnje vodikovega peroksida. Poleg tega pa lahko poškodujejo bakterijsko membrano (slika 6c). Še pomembneje je, da je bil ta učinek selektiven za bakterijsko membrano in takšnih poškodb nismo opazili pri človeških rdečih krvnih celicah, kar je obetavno za terapevtsko uporabo takšnih plasti. V tem kontekstu bomo še naprej raziskovali sinergijo med protimikrobno aktivnostjo nanodelcev Ga in piezoelektrične matrice, da bi zagotovili učinkovitejšo protimikrobno delovanje proti širšemu naboru bakterijskih sevov.



Slika 6: (a) Bombaž, funkcionaliziran z nanodelci zlata/arginina (AuNPs), in njegova baktericidna aktivnost proti *E. coli*; (b) poli-l-laktidni (PLLA) filmi z galijevimi nanodelci in njihovo kontaktno protimikrobno delovanje proti *P. aeruginosa*; (c) poškodovanje membran bakterij (*E. coli*) po piezostimulaciji z nanoteksturiranimi PLLA-plastmi.

### Toplotnoizolacijski materiali

Izboljšanje energetske učinkovitosti in trajnosti sta osrednji ideji krožnega gospodarstva in uporaba odpadnih materialov za produkte z dodano vrednostjo predstavlja obetavno strategijo. Eden od takšnih odpadnih materialov je odpadno steklo, ki se lahko uporabi za proizvodnjo penjenega stekla, izdelka z visoko dodano vrednostjo. Šibka točka proizvodnje penjenega stekla so visoki stroški, povezani s prilagajanjem kemične sestave odpadnega stekla, ki je skorajda obvezno za pripravo produkta z vrhunskimi lastnostmi. Poleg tega na mehanizem penjenja močno vpliva proces kristalizacije, v večini primerov je kakovost končnega izdelka slabša.

V naši raziskavi smo proučevali možnost nadzora kristalizacije pri penjenju odpadnega stekla. Poročamo o pripravi penjenega stekla na osnovi embalažnega stekla, penilnega para (ogljik/ $Mn_3O_4$ ) in inhibitorjev kristalizacije (borov oksid kot fluks, aluminijev oksid in fosfati). **Opazili smo, da količina fluksa, za katero smo ugotovili, da sicer učinkovito zavira kristalizacijo, po drugi strani preprečuje učinkovitost penjenja.** Zmanjšanje vsebnosti fluksa vodi do vzorcev z nižjo gostoto. Dodajanje fosfatov penilni mešanici zmanjša delež kristaliničnosti, odprto poroznost in toplotno prevodnost penjenega stekla; taki vzorci vsebujejo skoraj izključno samo devitritno fazo. Dobljeni vzorci penjenega stekla so imeli toplotno prevodnost od 57 do 66  $mW m^{-1} K^{-1}$ . Poleg tega lahko kristalizacijo zaviramo tudi z dodatkom vodnega stekla, pri čemer dobimo vzorce penjenega stekla s toplotno prevodnostjo od 57 do 59  $mW m^{-1} K^{-1}$ . V drugem delu naše raziskave smo raziskali možnost uporabe odpadnega okenskega stekla. **Preliminarni rezultati so obetavni zaradi večje stabilnosti okenskega stekla in posledično nižje stopnje kristalizacije.** Dobljeni vzorci penjenega stekla imajo manjši delež kristalizacije z eno prevladujočo kristalno fazo, devitritom. Posledično ima penjeno steklo na osnovi okenskega stekla zelo zaprto porozno strukturo (zaprta poroznost tudi do 96 %).

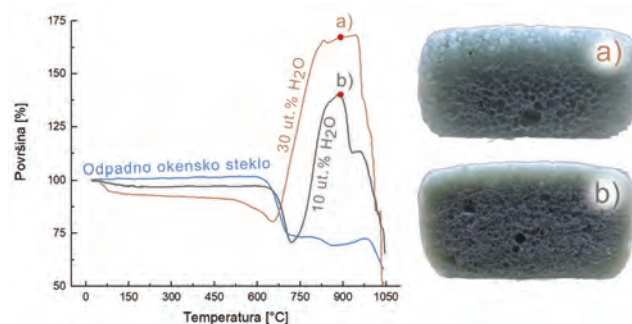
Uporaba vodnega stekla zmanjšuje vpliv proizvodnje penjenega stekla na okolje, hkrati pa ohranja visokokakovostne izdelke, za katere je značilna nizka toplotna prevodnost. Da bi dodatno pojasnili učinek vodnega stekla na proces in razumeli vlogo vode, smo raziskali sposobnost penjenja hidrotermalno obdelanega stekla v obliki prahu. V ta namen smo uporabili tri vrste odpadnega stekla (katodno steklo – CRT, okensko steklo in mešano barvno embalažno steklo) in jih hidrotermalno obdelali z različnimi dodatki vode. Sposobnost stekla za vezavo molekul vode v svojo strukturo močno vpliva na znižanje temperature penjenja in povečano ekspanzijo. Vzorec penjenega stekla z najnižjo gostoto ( $\sim 320 kg m^{-3}$ ) je bil narejen na osnovi CRT-stekla, hidrotermalno obdelanega s 30 ut.% vode. Podobno kot pri vodnem steklu predvidevamo, da je mehanizem ekspanzije hidrotermalno obdelanega prahu povezan s tvorbo karbonatov, ki se pozneje razgradijo med segrevanjem. Zanimivo je, da XRD-analiza hidrotermalno obdelanih prahov kaže na prisotnost zeolitov, ki med toplotno obdelavo razpadejo. **Hidrotermalno obdelan prah zavira reakcijo med atmosfero in ogljikom, saj smo penilno mešanico z ogljikom lahko uporabili tudi v zračni atmosferi.** Prihodnje raziskave bodo osredotočene na praktično uporabo hidriranega stekla (vodno steklo in/ali hidrotermalno obdelano steklo) in novoodkritih kristalizacijskih mehanizmov za trajnostno proizvodnjo penjenega stekla.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Maček, Marjeta, Daneu, Nina, Čontala, Alja, Santra, Saswati, Mohaideen, Kamal Khaja, Likozar, Blaž, Spreitzer, Matjaž,  $SrTiO_3/Bi_4Ti_3O_{12}$  nanoheterostructural platelets synthesized by topotactic epitaxy as effective noble-metal-free photocatalysts for pH-neutral hydrogen evolution, *ACS applied materials & interfaces*, 2021, 13, 1, 370-381
2. Hribar, Uroš, Spreitzer, Matjaž, Koenig, Jakob, Applicability of water glass for the transfer of the glass-foaming process from controlled to air atmosphere, *Journal of cleaner production*, 2021, 282, 125428-1-125428-12
3. Golobič, Amalija, Meden, Anton, Spreitzer, Matjaž, Škapin, Srečo, D., Phase equilibria and microwave dielectric properties in the ternary  $La_2O_3-TiO_2-Nb_2O_5$  system, *Journal of the European ceramic society*, 2021, 41, 14, 7035-7043
4. Smiljanić, Sonja V., Hribar, Uroš, Spreitzer, Matjaž, Koenig, Jakob, Influence of additives on the crystallization and thermal conductivity of container glass cullet for foamed glass preparation, *Ceramics international*, 2021, 47, 23, 32867-32873
5. Vukomanović, Marija, Mar Cendra, Maria Del, Baelo, Aida, Torrents, Eduard, Nano-engineering stable contact-based antimicrobials : chemistry at the interface between nano-gold and bacteria, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2021, 208, 112083-1-112083-11

### Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Letni sestanek partnerjev mednarodnega projekta M.ERA-NET SunToChem: Načrtovanje perovskitnih fotokatalizatorjev za nastanek  $H_2$  s cepitvijo  $H_2O$  pod vplivom sončne svetlobe, 15. 6. 2021 in 3. 12. 2021 (virtualno)
2. Soorganizacija simpozija: Napredek v dielektričnih materialih in elektronskih napravah, MS & T21 – Znanost o materialih in tehnologije, Columbus, Ohio, ZDA, 17.-20. 10. 2021 (virtualno)
3. Uvodni sestanek partnerjev projekta H2020 INNOSUP-01-2020: Advanced Materials & manufacturing technologies United for LightwEight – AMULET, 6. 9. 2021 (virtualno)



Slika 7: Ekspanzija vzorcev (sprememba preseka v %) v odvisnosti od temperature

4. Soorganizaija simpozija S5: Pojavi mezo-velikostnega reda v feroičnih nanostrukturah: od vzorcev do funkcionalnosti, EMA 2021 – Srečanje o elektronskih materialih in aplikacijah, 19.-21. 1. 2021 (virtualno)
5. Uvodni sestanek partnerjev mednarodnega projekta ERAMIN2 ANTISOLVO: Pridobivanje koristnih elementov iz odsluženih Nd-Fe-B magnetov z obarjanjem z uporabo antitopila, 14. 1. 2021 (virtualno)

## Nagrade in priznanja

1. Alja Čontala, 13. MPŠ študentska konferenca in Dan mladih raziskovalcev KMBO, Greenest Research Award
2. Matjaž Spreitzer, Srečo Škapin: Srebrno priznanje GZS za inovacijo Zelena energija iz odpadnega aluminija, Maribor, GZS

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. Raziskovanje spojin NdDyCoCuFe na osnovi redkih zemelj  
Urban Mining Company  
prof. dr. Matjaž Spreitzer
2. KET4CLEAN-INNOWEAR-TEX; Stroški storitve K9 na primeru KET4CLEAN PRODUCTION-INNOWEAR-TEX  
INNOWEAR-TEX Kft.  
prof. dr. Matjaž Spreitzer
3. COST CA 17140; Nanozdravila proti raku - od laboratorijskih raziskav do klinične uporabe (NANO2CL)  
COST Association AISBL  
doc. ddr. Marija Vukomanović
4. Študijski obisk Nine Kuzmič v Oulu na Finskem - Nizkotemperaturno zgoščevanje keramike na osnovi stroncij titanata, od maja do junija 2020  
JECS Trust  
Nina Kuzmič, mag. inž. kem. inž.
5. COST CA20116; OPERA - Evropska mreža za inovativno in napredno epitaksijo  
COST Association AISBL  
prof. dr. Matjaž Spreitzer
6. H2020 - AMULET; Napredni materiali in proizvodnja za LightwEight  
European Commission  
dr. Jakob König
7. Načrtovanje stehiometrije epitaksialnih tankih plasti PMN-PT  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Matjaž Spreitzer
6. Načrtovanje oksidov na siliciju za elektroniko prihodnosti  
prof. dr. Matjaž Spreitzer
7. Vključki v granatih od makroskopskega do atomarnega nivoja: Odpiranje petrogenetskega arhiva  
doc. dr. Nina Daneu
8. Načrtovanje napetosti in domenskih struktur v epitaksialnih tankih plasteh relaksorskih feroelektrikov  
prof. dr. Matjaž Spreitzer
9. Elektrostimulatorji z vizualno detekcijo mehanske deformacije in napetosti: inovativni piezoelektrični biomateriali za elektro-stimulirano celično rast  
doc. ddr. Marija Vukomanović
10. Načrtovanje tankih plasti relaksorskih feroelektrikov za piezoelektrične aplikacije in shranjevanje energije  
prof. dr. Matjaž Spreitzer
11. Fotoelektrokemijski razvoj vodika iz epitaksialnih heterostruktur silicij-oksidi  
prof. dr. Matjaž Spreitzer
12. Polprevodniško-dielektrične heterostrukture za foto-elektro-kemijski razvoj vodika  
prof. dr. Matjaž Spreitzer
13. Ploskovne napake v naravnih in sintetiziranih perovskitnih oksidih: nanogeokemijski indikatorji in funkcionalne medpovršine  
doc. dr. Nina Daneu
14. Sintranje glinenih materialov s stiskanjem pri hidrotermalnih pogojih  
prof. dr. Srečo Davor Škapin
15. Večnivojsko modeliranje fotokatalitske CO2 redukcije z računalniško intenzivnimi simulacijami (multiPHOCOS)  
dr. Marjeta Maček Kržmanc
16. Inovativni postopki obdelave površin za napredne lastnosti medicinskega jekla  
doc. ddr. Marija Vukomanović
17. Kompozitna izolacija na osnovi mineralne volne z izboljšanimi izolacijskimi lastnostmi  
dr. Jakob König
18. PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)  
doc. ddr. Marija Vukomanović
19. Kontrola kristalizacije v steklastih materialih za toplotno izolacijo  
dr. Sonja Smiljanić
20. ANTISOLVO - Pridobivanje koristnih elementov iz odsluženih Nd-Fe-B magnetov z obarjanjem z uporabo antitopila\*  
prof. dr. Srečo Davor Škapin
21. XRD analize  
prof. dr. Matjaž Spreitzer

## PROGRAMA

1. Sodobni magnetni in večnamenski materiali  
prof. dr. Mihael Drofenik
2. Sodobni anorganski materiali in nanotehnologije  
prof. dr. Matjaž Spreitzer

## PROJEKTI

1. Netradicionalni izotopi kot identifikatorji avtogenih karbonatov  
prof. dr. Srečo Davor Škapin
2. Sinteza in karakterizacija alkalijsko aktiviranih pen na osnovi odpadnih materialov  
prof. dr. Srečo Davor Škapin
3. Modelni sistemi medfaznih površin za izboljšanje elektrokemijskih lastnosti z nikljem bogatih NMC spojin v litij ionskih akumulatorjih  
prof. dr. Matjaž Spreitzer
4. Podledeniški karbonatni sedimenti - nov vir za preučevanje obstoja ledenikov v glaciokraškem okolju  
prof. dr. Srečo Davor Škapin
5. Nanostrukturne raziskave difuzijsko kontroliranih procesov med topotaksialnimi faznimi transformacijami v mineralih tipa rutil-korund  
doc. dr. Nina Daneu

## VEČJI NOVI POGODBENI DELI

1. L2-9221 Sofinanciranje projekta: Kompozitna izolacija na osnovi mineralne volne  
Knauf Insulation, d. o. o., Škofja Loka  
dr. Jakob König
2. Strukturne karakterizacije proteinov v trdnih farmacevtskih oblikah  
Lek, d. d.  
prof. dr. Matjaž Spreitzer

## OBISKI

1. dr. Taisia Alifirova, Department of Lithospheric Research, University of Vienna, Dunaj, Avstrija, 30. 8.–5. 9. 2021
2. dr. Arjen Steiner, Schaumglas Global Consulting GmbH (SGGC), Gelsenkirchen, Nemčija, 30. 9. 2021
3. dr. Sonja Jovanović, dr. Zoran Jovanović, Institut za jedrske znanosti Vinča, Beograd, Srbija, 12.–18. 5. 2021
4. dr. Federico Baiutti, Catalonia Institute for Energy Research, Barcelona, Španija, 27.–30. 9. 2021
5. prof. dr. Gertjan Koster, University of Twente, Enschede, Nizozemska, 14.–20. 11. 2021
6. dr. Manal Benyoussef, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (LPMC), Amiens, Francija, 19. 12. 2021–21. 1. 2022
7. dr. Jamal Belhadi, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (LPMC), Amiens, Francija, 19. 12. 2021–21. 1. 2022

## Gostujoči raziskovalci

1. dr. Mihaela Apetrei, Department of Chemistry, Akdeniz University, Antalya, Turčija, 4. 1. 2021–3. 1. 2022
2. dr. Suraj Gupta, School of Engineering, University of Liverpool, Velika Britanija, 21. 6. 2021–20. 6. 2023
3. dr. Hsin-Chia Ho, National Taiwan University, Taipei City, Tajvan, 7. 6. 2021–6. 6. 2023
4. dr. Sonja Smiljanić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, Srbija, 1. 6. 2019–31. 3. 2022

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. doc. ddr. Marija Vukomanović: Piezostimulation using Poly-L-Lactide Films: Adherent and Non-Adherent Cells, 4. 1. 2021
2. Tina Radošević, mag. inž. geol.: Oxidation of natural ilmenite powder for preparation of functional ceramics, 11. 1. 2021
3. Vesna Butinar, mag. posl. ved.: Design Guidelines for Data Presentation, 18. 1. 2021
4. dr. Jamal Belhadi: Tailoring the domain structures and ferroelectric properties of the relaxor ferroelectric PMN-PT thin films for energy storage applications, 8. 3. 2021
5. dr. Jakob König: Thermal insulation for buildings, 22. 3. 2021
6. dr. Urška Trstenjak: Structure-property relationships of PMN-PT thin films around the MPB, 12. 4. 2021
7. Lea Gazvoda, mag. inž. kem. inž.: Piezoelectricity as antibacterial agent, 3. 5. 2021
8. Petruša Borštnar, mag. inž. geol.: Lattice mismatch compensation in thin film based perovskite oxides, 7. 5. 2021
9. dr. Sonja Smiljanić: Inhibition of crystallization in foaming of waste bottle glass, 17. 5. 2021
10. doc. dr. Matjaž Spreitzer: Signatures of strain-enhanced out-of-plane ferroelectricity in BaTiO<sub>3</sub> superlattices integrated on silicon, 31. 5. 2021

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. doc. dr. Nina Daneu
2. Suraj Gupta, PhD., Indija
3. Heli Maarit Jantunen, PhD., Finska, znanstveni svetnik
4. dr. Jakob König
5. dr. Gertjan Koster, znanstveni svetnik
6. dr. Špela Kunej
7. dr. Marjeta Maček Kržmanc
8. **prof. dr. Matjaž Spreitzer, vodja odseka**
9. prof. dr. Srečo Davor Škapin, znanstveni svetnik
10. dr. Marija Vukomanović

### Podoktorski sodelavci

11. Roxana-Mihaela Apetrei, PhD.
12. Jamal Belhadi, PhD., Francija, odšel 1. 6. 2021
13. Hsin-Chia Ho, PhD. Kitajska
14. dr. Mario Kurtjak
15. dr. Tjaša Parkelj Potočnik
16. Sonja Smiljanić, PhD., Srbija
17. dr. Urška Trstenjak

### Mlajši raziskovalci

18. Petruša Borštnar, mag. inž. geol.
19. Alja Čontala, mag. kem.
20. Lea Gazvoda, mag. inž. kem. inž.
21. Uroš Hribar, mag. inž. kem. inž.
22. Blaž Jaklič, mag. inž. kem. inž.
23. Nina Kuzmić, mag. inž. kem. inž.
24. Jan Žuntar, mag. inž. kem. inž.

11. David Fabijan, dipl. inž. fiz.: Free and open source software in science, 7. 6. 2021
12. Alja Čontala, mag. kem.: Control of reaction mechanism and morphology evolution of topochemically converted SrTiO<sub>3</sub> platelets from Bi<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub> template, 13. 9. 2021
13. Nina Kuzmić, mag. inž. kem.: Low-temperature upside-down ceramic composites, 20. 9. 2021
14. dr. Špela Kunej: TiO<sub>2</sub> & ZnO hollow structures: Synthesis and Photocatalytic activity, 11. 10. 2021
15. dr. Marjeta M. Kržmanc: From understanding of crystal and epitaxial growth to defined shape (nano)structures with tunable functional characteristics, 4. 10. 2021
16. Lea Gazvoda, mag. inž. kem. inž.: Evaluation of piezoelectric properties of PLLA films and its effect on skin cells, 8. 11. 2021
17. Uroš Hribar, mag. inž. kem. inž.: Searching for relations between open porosity, pore structure and thermal conductivity of foamed glass, 22. 11. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Jamal Belhadi, Matjaž Spreitzer, Urška Trstenjak: Electronic Materials and Applications 2021 (EMA 2021), 19.–21. 1. 2021 (3) (virtualno)
2. Nina Daneu: Conference on Frontiers of Aberration Corrected Electron Microscopy (PICO 2021), 2.–6. 5. 2021 (1) (virtualno)
3. Lea Gazvoda, Marija Vukomanović: 31<sup>st</sup> Annual Conference of the European Society for Biomaterials (ESB 2021), 5.–9. 9. 2021 (2) (virtualno)
4. Uroš Hribar, Sonja Smiljanić: Vitrogeowastes – vitrification and geopolymerization of wastes for immobilization or recycling, 23.–26. 5. 2021 (2) (virtualno)
5. Nina Kuzmić: Winter Workshop 2021 of the American Ceramic Society (ACerS), 28.–29. 1. 2021 (1) (virtualno)
6. Nina Kuzmić: Cutting Edge 2021 Conference, 16. 9. 2021 (1) (virtualno)
7. Nina Kuzmić: 14<sup>th</sup> ECerS Conference for Young Scientists in Ceramics (CYSC 2021), Novi Sad, Srbija, 20.–23. 10. 2021
8. Matjaž Spreitzer: 27<sup>th</sup> Annual Meeting of the Slovenian Chemical Society, 22.–24. 9. 2021 (1) (virtualno)
9. Matjaž Spreitzer: Materials Science & Technology 2021 (MS&T21), 17.–20. 10. 2021 (1) (virtualno)
10. Matjaž Spreitzer: Slovenski kemijski dnevi 2021 (SKD 2021), Portorož, 22.–24. 9. 2021
11. Marija Vukomanović: International Conference on Polymer Science & Composite Materials, 14.–16. 4. 2021 (1) (virtualno)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Nina Kuzmić: Microelectronics Research Unit, Faculty of Information Technology and Electrical Engineering, University of Oulu, Finska, 4. 8.–1. 10. 2021

### Strokovni sodelavci

25. Vesna Butinar, mag. posl. ved
26. David Fabijan, dipl. inž. fiz.
27. Tina Radošević, dipl. inž. geol. (UN)
28. Damjan Vengust, mag. nan.

### Tehniški in administrativni sodelavci

29. Silvo Zupancič

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Association for the Development of Industrial Aerodynamics, Coimbra, Portugalska
2. Boise State University, Boise, ZDA
3. CellMat Technologies S.L., Valladolid, Španija
4. Centro de Investigaciones en Sólidos, Buenos Aires, Brazilija
5. Chalmers University of Technology, Gothenburg, Švedska
6. COSYLAB, Laboratorij za kontrolne sisteme, d. d., Ljubljana
7. EPCOS TDK OHG, Deutschlandsberg, Avstrija
8. ENEL, Ingegneria e Ricerca, Rim, Italija
9. Gamma Meccanica, Bibiano, Italija
10. Gorenje, d. d., Velenje
11. Heraklith, Ferndorf, Avstrija
12. Intelectro Iasi S.R.L., Iasi, Romunija
13. Institut Rudjer Bošković, Zagreb, Hrvaška
14. Institute of Technical Sciences of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Beograd, Srbija
15. Institute of Solid State Physics, University of Latvia, Riga, Latvija
16. Kemijski inštitut, Ljubljana
17. Knauf Insulation, d. o. o., Industrija termičnih izolacij, Škofja Loka
18. Korea Institute of Science and Technology-KIST, Seul, Koreja

19. Korea Institute of Materials Science, KIMS, Changwong, Koreja
20. National Institute of Standards and Technology – NIST, Ceramics Division, Gaithersburg, Maryland, ZDA
21. National Taiwan University, Taipei City, Tajvan
22. National Institute of Materials Physics, Bucharest, Romunija
23. Paroc, Pargas, Finska
24. Rudarsko – Geološko – Naftni fakultet, Zagreb, Hrvaška
25. Sao Paulo State University, Araraquara, Brazilija
26. South China University of Technology, Kitajska
27. Stanford University, Palo Alto, ZDA
28. Steklarna Rogaška, d. d., Rogaška Slatina
29. Stiftelsen SINTEF, Trondheim, Norveška
30. TAB Tovarna akumulatorskih baterij, d. d., Mežica
31. Technical University lasi, lasi, Romunija
32. Tokyo Institute of Science, Tokio, Japonska
33. Trimco, d. d., Trebnje
34. University of Twente, Enschede, Nizozemska
35. Université de Liège, Liège, Belgija
36. Université de Limoges, Limoges, Francija
37. University of Manchester, Institute of Science and Technology-UMIST, Manchester, Velika Britanija
38. Materials Science Centre, Manchester, Velika Britanija
39. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana
40. Urban Mining Company, Wilmington, ZDA
41. V. I. Vernadskii Institute of General and Inorganic Chemistry NAS of Ukraine, Kijev, Ukrajina
42. Zhejiang University, Hangzhou, Kitajska

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Marjeta Maček Kržmanc, Nina Daneu, Alja Čontala, Saswati Santra, Kamal Khaja Mohaideen, Blaž Likozar, Matjaž Spreitzer, "SrTiO<sub>3</sub>/Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> nanoheterostructural platelets synthesized by topotactic epitaxy as effective noble-metal-free photocatalysts for pH-neutral hydrogen evolution", *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 1, 370-381. [COBISS.SI-ID 45083139]
2. Martina Kocijan *et al.* (11 avtorjev), "Graphene-based TiO<sub>2</sub> nanocomposite for photocatalytic degradation of dyes in aqueous solution under solar-like radiation", *Applied sciences*, 2021, **11**, 9, 3966. [COBISS.SI-ID 61512195]
3. Roxana-Mihaela Apetrei, Pinar Camurlu, "Facile copper-based nanofibrous matrix for glucose sensing: Enzymatic vs. non-enzymatic", *Bioelectrochemistry*, 2021, **140**, 107751. [COBISS.SI-ID 72257027]
4. Martina Kocijan, Lidija Čurković, Tina Radošević, Matejka Podlogar, "Enhanced photocatalytic activity of hybrid rGO@TiO<sub>2</sub>/CN nanocomposite for organic pollutant degradation under solar light irradiation", *Catalysts*, 2021, **11**, 9, 1023. [COBISS.SI-ID 74160387]
5. Hitoshi Ohsato, Jobin Varghese, Akinori Kan, Jeong Seog Kim, Isao Kagomiya, Hirotsuka Ogawa, Mailadil T. Sebastian, Heli Jantunen, "Volume crystallization and microwave dielectric properties of indialite/cordierite glass by TiO<sub>2</sub> addition", *Ceramics international*, 2021, **47**, 2, 2735-2742. [COBISS.SI-ID 57617411]
6. Rasmus R. Petersen, Jakob Koenig, Niels Iversen, Martin B. Østergaard, Yuanzheng Yue, "The foaming mechanism of glass foams prepared from the mixture of Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, carbon and CRT panel glass", *Ceramics international*, 2021, **47**, 2, 2839-2847. [COBISS.SI-ID 54674435]
7. Damjan Vengust, Boštjan Jančar, Tilen Sever, Andreja Šestan, Vid Bobnar, Zdravko Kutnjak, Nina Daneu, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Improved environmental stability of thermoelectric ceramics based on intergrowths of Ca<sub>2</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9</sub> – Na<sub>0.75</sub>Co<sub>2</sub>O<sub>7</sub>", *Ceramics international*, 2021, **47**, 8, 11687-11693. [COBISS.SI-ID 47814403]
8. Katja Traven, Mark Češnovar, Srečo D. Škapin, Vilma Ducman, "High temperature resistant fly-ash and metakaolin-based alkali-activated foams", *Ceramics international*, 2021, **47**, 17, 25105-25120. [COBISS.SI-ID 66311683]
9. Manal Benyoussef, Moneim Zannen, Jamal Belhadi, Bouchaib Manoun, Zdravko Kutnjak, Damjan Vengust, Matjaž Spreitzer, Mimoun El Marssi, Abdelilah Lahmar, "Structural, dielectric, and ferroelectric properties of Na<sub>0.5</sub>(Bi<sub>1-x</sub>Nd<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub> ceramics for energy storage and electrocaloric application", *Ceramics international*, 2021, **47**, 18, 26539-26551. [COBISS.SI-ID 67928579]
10. Mohamed A. Aissa, Moneim Zannen, Manal Benyoussef, Jamal Belhadi, Matjaž Spreitzer, Zdravko Kutnjak, Mimoun El Marssi, Abdelilah Lahmar, "Large direct and inverse electrocaloric effects in lead-free Dy doped 0.975KNN-0.025NBT ceramics", *Ceramics international*, 2021, **47**, 22, 31286-31293. [COBISS.SI-ID 72210179]
11. Sonja V. Smiljanić, Uroš Hribar, Matjaž Spreitzer, Jakob Koenig, "Influence of additives on the crystallization and thermal conductivity of container glass cullet for foamed glass preparation", *Ceramics international*, 2021, **47**, 23, 32867-32873. [COBISS.SI-ID 79486723]
12. Laura Moya-Andérico, Marija Vukomanović, Maria del Mar Cendra, Miriam Segura-Feliu, Vanessa Gil, José A. del Rio, Eduard Torrents, "Utility of *Galleria mellonella* larvae for evaluating nanoparticle toxicology", *Chemosphere*, 2021, **266**, 129235. [COBISS.SI-ID 42425347]
13. Marija Vukomanović, Maria del Mar Cendra, Aida Baelo, Eduard Torrents, "Nano-engineering stable contact-based antimicrobials: chemistry at the interface between nano-gold and bacteria", *Colloids and surfaces. B, Biointerfaces*, 2021, **208**, 112083. [COBISS.SI-ID 75597571]
14. Paula Cimavilla-Roman, Juan Villafañe-Calvo, Alberto Lopez-Gil, Jakob Koenig, Miguel A. Rodriguez-Perez, "Modelling of the mechanisms of heat transfer in recycled glass foams", *Construction & building materials*, 2021, **274**, 122000. [COBISS.SI-ID 46752003]
15. Zouhair Hanani *et al.* (14 avtorjev), "Morphogenesis mechanisms in the hydrothermal growth of lead-free BCZT nanostructured multipods", *CrystEngComm*, 2021, **23**, 30, 5249-5256. [COBISS.SI-ID 71371267]
16. Nina Kuzmić, Srečo D. Škapin, Mikko Nelo, Heli Jantunen, Matjaž Spreitzer, "Dielectric properties of upside-down SrTiO<sub>3</sub>/Li<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> composites fabricated at room temperature", *Frontiers in materials*, 2021, **8**, 669421. [COBISS.SI-ID 67912963]
17. Nejc Rozman, Peter Nadrah, Renaud Cornut, Bruno Jousset, Marjan Bele, Goran Dražič, Miran Gaberšček, Špela Kunej, Andrijana Sever Škapin, "TiO<sub>2</sub> photocatalyst with single and dual noble metal co-catalysts for efficient water splitting and organic compound removal", *International Journal of Hydrogen Energy*, 2021, **46**, 65, 32871-32881. [COBISS.SI-ID 73787139]
18. Uroš Hribar, Matjaž Spreitzer, Jakob Koenig, "Applicability of water glass for the transfer of the glass-foaming process from controlled to air atmosphere", *Journal of cleaner production*, 2021, **282**, 125428. [COBISS.SI-ID 45373443]
19. Christoph Baeumer, Allen Yu-Lun Liang, Urška Trstenjak, Qiyang Lu, Rainer Waser, J. Tyler Mefford, Felix Gunkel, Slavomir Nemšák, William C. Chueh, "Carbonate formation lowers the electrocatalytic activity of perovskite oxides for water electrolysis", *Journal of materials chemistry. A, Materials for energy and sustainability*, 2021, **9**, 35, 19940-19948. [COBISS.SI-ID 95938819]
20. Jakob Koenig, Rasmus R. Petersen, Niels Iversen, Yuanzheng Yue, "Application of foaming agent-oxidizing agent couples to foamed-glass formation", *Journal of non-crystalline solids*, 2021, **553**, 120469. [COBISS.SI-ID 46747651]
21. Nirmala Thorat, Sujata Borade, Ranjana Varma, Asha Yadav, Suraj Gupta, Rohan Fernandes, Pradip Sarawade, B. M. Bhanage, Nainesh Patel, "High surface area Nanoflakes of P – gC<sub>3</sub>N<sub>4</sub> photocatalyst loaded with Ag nanoparticle with intraplanar and interplanar charge separation for environmental remediation", *Journal of photochemistry and photobiology. A, Chemistry*, 2021, **408**, 113098. [COBISS.SI-ID 72713731]
22. Ayhan Altun, Roxana-Mihaela Apetrei, Pinar Camurlu, "Reagentless amperometric glucose biosensors: ferrocene-tethering and copolymerization", *Journal of the Electrochemical Society*, 2021, **167**, 10, 107507. [COBISS.SI-ID 72046339]
23. Amalija Golobčič, Anton Meden, Matjaž Spreitzer, Srečo D. Škapin, "Phase equilibria and microwave dielectric properties in the ternary La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – TiO<sub>2</sub> – Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> system", *Journal of the European ceramic society*, 2021, **41**, 14, 7035-7043. [COBISS.SI-ID 79493379]
24. Miha Škarabot, Marjeta Maček Kržmanc, Lina Rupnik, Gojmir Lahajnar, Danilo Suvorov, Igor Mušević, "Electric-field-induced reorientation of

- ferroelectric micro- and nano-platelets in the nematic liquid crystal", *Liquid crystals*, 2021, **48**, 3, 385-394. [COBISS.SI-ID 46413059]
25. Nese Guven, Roxana-Mihaela Apetrei, Pinar Camurlu, "Next step in 2nd generation glucose biosensors: Ferrocene-loaded electrospun nanofibers", *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*, 2021, **128**, 112270. [COBISS.SI-ID 72255747]
  26. Jussi Putaala, Sami Myllymäki, Mikko Kokkonen, Heli Jantunen, "Resonator-enhanced radiating cable for UHF RFID readers", *Microwave and optical technology letters*, 2021, **63**, 7, 1842-1847. [COBISS.SI-ID 57615875]
  27. Binbin Chen *et al.* (12 avtorjev), "Spatially controlled octahedral rotations and metal-insulator transitions in nickelate superlattices", *Nano letters*, 2021, **21**, 3, 1295-1302. [COBISS.SI-ID 57619459]
  28. Petra S. Pálvölgyi *et al.* (12 avtorjev), "Lightweight porous silica foams with extreme-low dielectric permittivity and loss for future 6G wireless communication technologies", *Nano research*, 2021, **14**, 1450-1456. [COBISS.SI-ID 57616899]
  29. Erika Dutková *et al.* (12 avtorjev), "SDS-stabilized CuInSe<sub>2</sub>/ZnS multianocomposites prepared by mechanochemical synthesis for advanced biomedical application", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 1, 69. [COBISS.SI-ID 45087747]
  30. Aneta Salayová, Zdenka Bedlovičová, Nina Daneu, Matej Baláž, Zdenka Lukáčová Bujňáková, L'udmila Balážová, L'udmila Tkáčiková, "Green synthesis of silver nanoparticles with antibacterial activity using various medicinal plant extracts: morphology and antibacterial efficacy", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 4, 1005. [COBISS.SI-ID 60138755]
  31. Matej Baláž *et al.* (11 avtorjev), "Mechanochemistry as an alternative method of green synthesis of silver nanoparticles with antibacterial activity", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 5, 1139. [COBISS.SI-ID 61292291]
  32. Peter Baláž, Emmanuel Guilmeau, Marcela Achimovičová, Matej Baláž, Nina Daneu, Oleksandr Dobrozhan, Mária Kaňuchova, "Bismuth doping in nanostructured tetrahedrite: scalable synthesis and thermoelectric performance", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 6, 1386. [COBISS.SI-ID 64483843]
  33. Matjaž Kristl, Sašo Gyergyek, Srečo D. Škapin, Janja Kristl, "Solvent-free mechanochemical synthesis and characterization of nickel tellurides with various stoichiometries: NiTe, NiTe<sub>2</sub> and Ni<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 8, 1959. [COBISS.SI-ID 72057603]
  34. Luka Pirker, Bojana Višič, Janez Kovač, Srečo D. Škapin, Maja Remškar, "Synthesis and characterization of tungsten suboxide W<sub>n</sub>O<sub>3n-1</sub> nanotiles", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 8, 1985. [COBISS.SI-ID 72209411]
  35. Mimoza Naseska, Petra Šutar, Yevhenii Vaskivskiy, Igor Vaskivskiy, Damjan Vengust, Damjan Svetin, Viktor V. Kabanov, Dragan Mihailović, Tomaž Mertelj, "First-order kinetics bottleneck during photoinduced ultrafast insulator-metal transition in 3D orbitally-driven Peierls insulator CuIr<sub>2</sub>S<sub>4</sub>", *New journal of physics*, 2021, **23**, 053023. [COBISS.SI-ID 77920003]
  36. Lea Gazvoda, Bojana Višič, Matjaž Spreitzer, Marija Vukomanović, "Hydrophilicity affecting the enzyme-driven degradation of piezoelectric poly-L-lactic films", *Polymers*, 2021, **13**, 11, 1719. [COBISS.SI-ID 64428035]
  37. Nemanja Aničić, Mario Kurtjak, Samo Jevecica, Danilo Suvorov, Marija Vukomanović, "Antimicrobial polymeric composites with embedded nanotextured magnesium oxide", *Polymers*, 2021, **13**, 13, 2183. [COBISS.SI-ID 69957891]
  38. Anna Motorzhina *et al.* (13 avtorjev), "Innovative gold/cobalt ferrite nanocomposite: physicochemical and cytotoxicity properties", *Processes*, 2021, **9**, 12, 2264. [COBISS.SI-ID 92158723]
  39. Venkata D. B. C. Dasireddy, Damjan Vengust, Blaž Likozar, Janez Kovač, Aleš Mrzel, "Production of syngas by CO<sub>2</sub> reduction through Reverse Water-Gas Shift (RWGS) over catalytically-active molybdenum-based carbide, nitride and composite nanowire", *Renewable energy*, 2021, **176**, 251-261. [COBISS.SI-ID 70734595]
  40. Jamal Belhadi, Urška Trstenjak, Hana Uršič, Nina Daneu, Jieun Kim, Zishen Tian, Gertjan Koster, Lane W. Martin, Matjaž Spreitzer, "Growth mode and strain effect on relaxor ferroelectric domains in epitaxial 0.67Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub> - 0.33PbTiO<sub>3</sub>/SrRuO<sub>3</sub> heterostructures", *RSC advances*, 2021, **11**, 3, 1222-1232. [COBISS.SI-ID 49711107]
  41. Zorka Vasiljević, Milena P. Dojčinović, Jelena D. Vujančević, Matjaž Spreitzer, Janez Kovač, Dragana Bartolić, Smilja Marković, Ivona Janković - Častvan, Nenad B. Tadić, Maria Vesna Nikolić, "Exploring the impact of calcination parameters on the crystal structure, morphology, and optical properties of electrospun Fe<sub>2</sub>TiO<sub>5</sub> nanofibers", *RSC advances*, 2021, **11**, 51, 32358-32368. [COBISS.SI-ID 79501571]
  42. Petr Yudin, Konstantin Shapovalov, Tomas Sluka, Jani Peräntie, Heli Jantunen, Alexandr Dejneka, Marina Tyunina, "Mobile and immobile boundaries in ferroelectric films", *Scientific reports*, 2021, **11**, 1899. [COBISS.SI-ID 57615107]
  43. Chao-Ting Chen, Lin Shun-Chiu, Urška Trstenjak, Matjaž Spreitzer, Wen Jong Wu, "Comparison of metal-based PZT and PMN-PT energy harvesters fabricated by aerosol deposition method", *Sensors*, 2021, **21**, 14, 4747. [COBISS.SI-ID 70735107]
  44. Aleš Omerzu, Robert Peter, Daria Jardas, Iztok Turel, Krešimir Salamon, Matejka Podlogar, Damjan Vengust, Ivana Jelovica Badovinac, Ivna Kavre, Mladen Petravić, "Large enhancement of photocatalytic activity in ZnO thin films grown by plasma-enhanced atomic layer deposition", *Surfaces and interfaces*, 2021, **23**, 100984. [COBISS.SI-ID 50244099]
  45. Kristina Radinović, Jadranka Milikić, Una Stamenović, Vesna V. Vodnik, Mojca Otoničar, Srečo D. Škapin, Biljana Šljukić Paunković, "Tailoring gold-conducting polymer nanocomposites for sensors applications: proof of concept for As(III) sensing in aqueous media", *Synthetic metals*, 2021, **278**, 116834. [COBISS.SI-ID 76448771]
  46. Damir Dominko *et al.* (11 avtorjev), "Single crystal-like thin films of blue bronze", *Thin solid films*, 2021, **731**, 138745. [COBISS.SI-ID 64086531]
  47. Tjaša Parkelj Potočnik, Erik Zupanič, Janez Kovač, Matjaž Spreitzer, "Prenos vzorcev v ultravisokem vakuumu s pomočjo vakuumskega kovčka", *Vakuumist*, 2021, **41**, 1/2, 14-18. [COBISS.SI-ID 97033219]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Matjaž Spreitzer *et al.* (17 avtorjev), "Epitaxial ferroelectric oxides on silicon with perspectives for future device applications", *APL materials*, 2021, **9**, 4, 040701. [COBISS.SI-ID 58105091]
2. Mladenika Malenica *et al.* (17 avtorjev), "Perspectives of microscopy methods for morphology characterisation of extracellular vesicles from human biofluids", *Biomedicines*, 2021, **9**, 6, 603. [COBISS.SI-ID 64802819]
3. Jiandong Liu *et al.* (51 avtorjev), "2021 Roadmap: electrocatalysts for green catalytic processes", *JPhys materials*, 2021, **4**, 2, 022004. [COBISS.SI-ID 72756227]

## OBJAVLJENA ZNANSTVENA PRISPEVKA NA KONFERENCI

1. Tomaž Lutman, Marija Vukomanović, "Towards the market: novel antimicrobial material", V: *IS 2021, 14. mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 7. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2021, 57-61. [COBISS.SI-ID 86976259]
2. Patrick Seleš, Žiga Lipovšek, Martina Kocijan, Tina Radošević, Damjan Vengust, Matejka Podlogar, "Synthesis of ZnO powders with different morphologies for photocatalytic degradation", V: *56th International Conference on Microelectronics, Devices and Materials & the Workshop on Personal Sensors for Remote Health Care Monitoring, 22-24 September 2021, Ljubljana, Slovenia*, Proceedings, MIDEM, 2021, 35-42. [COBISS.SI-ID 86186243]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Matjaž Spreitzer, *Študijski program "Nanoznanosti in nanotehnologije": raziskovalno področje "Nanomateriali in nanokemlja": predmet: Kemija*, Mednarodna Podiplomska šola Jožefa Stefana, 2021. [COBISS.SI-ID 61615619]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Tjaša Parkelj Potočnik, *Surfaces and interfaces in the growth of SrTiO<sub>3</sub> on Si by pulsed laser deposition*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Matjaž Spreitzer). [COBISS.SI-ID 67989507]
2. Sara Tominc, *Mehanizmi kompenzacije naboja in dvojčenje v dopirani keramiki na osnovi SnO<sub>2</sub>*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Aleksander Rečnik; somentor Nina Daneu). [COBISS.SI-ID 84774403]





# ODSEK ZA BIOKEMIJO, MOLEKULARNO IN STRUKTURNO BIOLOGIJO

## B-1

**Raziskovalne aktivnosti sodelavcev odseka B1 se v glavnem osredotočajo na študije fiziološke vloge proteaz in njihovih endogenih inhibitorjev v normalnih in patoloških stanjih. Študije obsegajo mehanizme delovanja in regulacije ter druge lastnosti in strukturo proteaz in njihovih inhibitorjev. Mehanizmi delovanja proteaz na molekularni ravni so samo delno razumljeni, zato ostaja še veliko dela, zlasti pri iskanju več fizioloških substratov proteaz.**

Obseg raziskav proteaz se je v prejšnjem desetletju močno povečal, največ zaradi hitrega razvoja novih tehnologij, kot so kvantitativna proteomika in *in vivo* slikanje ter povečana uporaba *in vivo* modelov. To je vodilo do identifikacije fizioloških substratov, poleg tega se je zgodil premik paradigme iz koncepta, da so proteaze pomembne le za degradacijo proteinov, do koncepta, da so proteaze ključne molekule za signalizacijo. Njihova katalitska aktivnost je natančno regulirana prek pomembne poti aktivacije zimogenov in z endogenimi proteinskimi inhibitorji. Kakršnokoli neravnovesje v regulaciji proteaz lahko pripelje do patoloških stanj, kot so avtoimune bolezni, srčno-žilne, nevrološke in nevrodegenerativne bolezni ter rakasta obolenja. Tako lahko rečemo, da so proteaze zelo pomembne tarče za terapevtske intervencije.

V okviru raziskav določevanja funkcionalne vloge proteaz smo raziskovali vlogo proteaze HtrA (angl. high temperature requirement A), ki se izloča iz bakterije *Helicobacter pylori*. Glede na to, da je epitelij želodčnih celic glavna tarča pri okužbi z bakterijo *H. pylori*, je bil naš glavni cilj identifikacija substratov HtrA na površini želodčnih celic. V objavljeni raziskavi smo človeške epitelijske celice želodca izpostavili delovanju rekombinante HtrA in z uporabo masne spektrometrije identificirali membranske proteine, ki jih proteaza odcepi s celične membrane. Identificirali smo več zunajceličnih membranskih proteinov, vključno z dezmozgleinom-2 (Dsg2). Ker je Dsg2 pomembna komponenta dezmosomalnih stikov med epiteljskimi celicami, predvidevamo, da cepitev Dsg2 dodatno prispeva k rahljanju stikov med epiteljskimi celicami med okužbo z bakterijo *H. pylori* (Bernegger *et al.*, 2021).

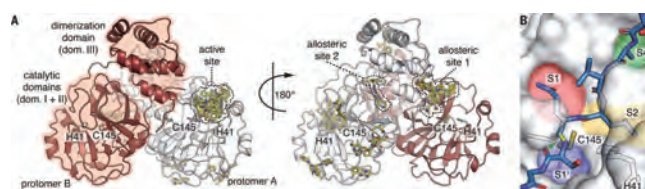
Raziskovali smo tudi molekularne spremembe v celicah pri uporabi metode mEHT (angl. Modulated hyperthermia) na modelu trojno negativnega tipa raka dojke. Pri mEHT z uporabo elektromagnetnega polja, usmerjenega v tumor, sprožimo celično smrt zaradi termičnih in netermičnih učinkov. Z uporabo tehnologije sekvenciranja naslednje generacije (angl. NGS), tehnologije nanostring in masne spektrometrije smo ugotovili, da mEHT povzroči povišanje s stresom povezanih proteinov, kot sta Hsp70 in kaspaza-3, in tako učinkovito zmanjša rast tumorja. Dodatno je prišlo do povišanega izražanja proteinov, povezanih z akutnim stresom, kot so inhibitorji proteaz, koagulacijskih faktorjev in proteinov iz družine komplementa. Potrdili smo tudi, da inhibitor toplotnega šoka KRIBB11 zmanjša indukcijo faktorja komplementa 4 in pri tem pokazali, da inhibicija stresnega odziva poveča učinkovitost mEHT (Schvarcz *et al.*, 2021).

Poleg cisteinskih katepsinov naša skupina študira tudi različne aspekte njihovih endogenih inhibitorjev, stefinov in cistatinov. Proučevali smo vlogo pogloblitnega zunajceličnega inhibitorja katepsinov cistatina C pri vnetju in sepsi (Biasizzo *et al.*, Kopitar Jerala, 2021, *Cells*). Pokazali smo, da so bile miši z izbitim genom za cistatin C (CstC KO) bistveno bolj občutljive na z LPS inducirano sepso. Nadalje smo pokazali povečano izražanje gena za kaspazo-11 ter boljše procesiranje provnetnih citokinov IL-1 $\beta$  in IL-18 v makrofagih, pridobljenih iz kostnega mozga (BMDM) miši z izbitim genom za cistatin C ob stimulaciji z LPS in ATP. Predhodno tretiranje BMDM z inhibitorjem cisteinskih katepsinov E-64d ni spremenilo učinka pomanjkanja CstC na procesiranje in izločanje IL-1 $\beta$ , kar kaže, da povečana aktivnost cisteinskih katepsinov v CstC KO BMDM ni bistvena za aktivacijo NLRP3 inflamazoma. Pomanjkanje CstC ni vplivalo na nastanek (mitohondrijskih) reaktivnih kisikovih spojin (ROS), signalno pot MAPK ali izločanje protivnetnega citokina IL-10. Vendar pa smo v BMDM, pripravljenih iz miši z izbitim genom za cistatin C, dokazali slabši potek avtofagije, saj je bila indukcija avtofagije prek signalnih poti mTOR in AMPK zavrtja, kopičenje SQSTM1/p62 pa kaže na manjši fluks avtofagije. Naša študija je pokazala, da je pretiran vnetni odziv na LPS inducirano sepso pri miših z izbitim genom za cistatin C odvisen od večjega izražanja kaspaze-11 in manjše avtofagije.

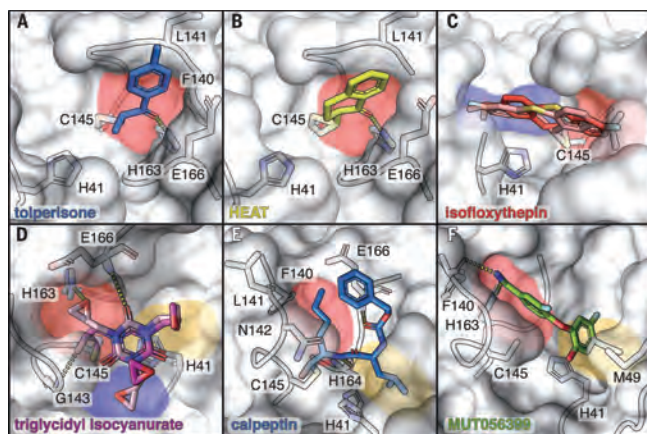


Vodja:

**prof. ddr. Boris Turk**



**Slika 1: Presejalni test knjižnic za ponovno uporabo zdravil, opravljen z rentgensko difrakcijo, razkrija vezavna mesta po celotni površini M<sup>pro</sup>. (A) Shematski prikaz strukture dimera M<sup>pro</sup>. Protomer A je obarvan belo, protomer B rdeče. Zaradi boljše preglednosti so vezane spojine (29), označene rumeno, prikazane le na enem protomeru. Poudarjeni so katalitična preostanka H41 in Cys145, aktivno mesto in dve alosterični vezavni mesti. (B) Pogled aktivnega mesta od blizu z vezanim peptidnim substratom (označene modro), modeliran s pomočjo strukture M<sup>pro</sup> iz SARS-CoV (PDB 2Q6G). Cepitveno mesto je poudarjeno z rumeno in označeno z zeleno puščico. Različne barve ponazarjajo različna vezavna mesta za substrat (S1', S1, S2 in S4).**



**Slika 2:** Kovalentno in nekovalentno vezane spojine v aktivnem mestu  $M^{pro}$ . Vezane spojine so prikazane z različnimi barvami, površina  $M^{pro}$  je obarvana sivo, prikazani so tudi preostanki, ki so udeleženi v vezavo. Barve, ki označujejo vezavna mesta za substrat, so enake kot na sliki 1. Vodikove vezi so prikazane s črtkano črto. (A) tolperison, (B) HEAT, (C) isofloksitēpin, (D) triglicidil isocianurat, (E) kalpeptin, (F) MUT056399.

Stefin B (cistatin B) pa je poglavitni znotrajcelični inhibitor endolizosomalnih cisteinskih katepsinov. Bolniki z Unverricht-Lundborgovo boleznijo, obliko progresivne mioklonalne epilepsije (EPM1), imajo mutacije v genu za stefin B. Miši z izbitim genom za stefin B so živalski model bolezni ter kažejo ključne značilnosti EPM1. Čeprav osnovni mehanizem še ni do konca pojasnjen, so poročali, da zmanjšana redoks homeostaza in vnetje v možganih prispevata k napredovanju bolezni. V nedavni študiji (Trstenjak Prebanda *et al.*, 2021, *Antioxidants*) smo raziskali, ali je vnetje v možganih, ki ga sproži lipopolisaharid (LPS), vplivalo na ravni izražanja redoks občutljivih proteinov: tioredoksin-1 (Trx1), tioredoksin reduktaza (TrxR), peroksiredoksini (Prxs) v možganih in malih možganih miši. Ugotovili smo, da stimulacija z LPS povzroči izrazito zvišanje Trx1 in TrxR v možganih in malih možganih miši z izbitim genom za stefin B, medtem ko je bil Prx1 povečan le v malih možganih miši z izbitim genom za stefin B, ob stimulaciji z LPS. Mitohondrijski peroksiredoksin 3 (Prx3) je bil povečan tudi v lizatih možganskega tkiva miši s pomanjkanjem stefina B, medtem ko je bil po stimulaciji z LPS Prx3 povečan v možganih in v malih možganih miši z izbitim genom za stefin B. Naši rezultati kažejo na pomembno vlogo oksidativnega stresa pri napredovanju te bolezni.

Poleg tega nam stefin B že lep čas služi kot modelni protein za študije zvižanja in agregacije proteinov. Lani smo nadaljevali študijo vloge polifenolnih antioksidantov na proteinsko agregacijo in smo opazili sinergistični učinek nekaterih polifenolov, kot sta kurkumin in kvercetin, ter vitamina C (vitC) na inhibicijo rasti fibril (Jahič Mujić *et al.*, 2021, *Antioxidants*). E. Žerovnik je napisala krajši pregledni članek (Žerovnik, E., 2021, *Front. Chem.*), kjer primerja podobnosti med proteini, ki tvorijo amiloide, in tistimi, ki tvorijo pore, vključno z viroporini. Nadalje so s tem v zvezi skupaj s sodelavci s Kemijskega inštituta (skupina prof. Novič) iskali metode strojnega učenja, da bi napovedali transmembranske regije in vezavna mesta za ganglioze in amiloidogenih proteinih (6) (Venko *et al.*, 2021, *Front. Mol. Neurosci*). Kot bazo podatkov smo izbrali 30 proteinov, ki so amiloidogeni. Zatem smo uporabili celo vrsto programov, da bi napovedali AP domene in tako postavili okvir za bodoče eksperimente, ki so nujni, če hočemo razumeti toksičnost amiloidov.

Najpomembnejše delo celotnega odseka v preteklem letu je bila skupna študija s sodelavci iz Nemčije, usmerjena v razumevanja molekularnih lastnosti poglavitne proteaze virusa SARS-CoV-2 main protease, ki je ključna tarča virusa za razvoj zdravil in ena od dveh esencialnih proteaz virusa za nastanek funkcionalnih virusnih proteinov, objavljena v reviji *Science* (Günther *et al.*, Turk D., 2021). Presejanje več kot 5000 spojin, ki so bodisi odobrena zdravila bodisi zdravila v kliničnih študijah, je privedlo do kristalnih struktur inhibitorjev, ki se vežejo bodisi v aktivno mesto bodisi v alosterična mesta glavne proteaze (Mpro) SARS-CoV-2. Najmočnejši inhibitor, kalpeptin, se veže kovalentno v aktivno mesto, medtem ko se drugi najmočnejši, pelitinib, veže v alosterično mesto. Dvojno delovanje kalpeptina na katepsine in Mpro je zdaj del raziskav pomembnih poti za terapevtsko inhibicijo SARS-CoV-2. Obenem je bila to tudi prva objava iz Slovenije na področju virusa SARS-CoV-2.

V preglednem članku Tušar in sod. (2021, *Int J Mol Sci*) pa smo analizirali mehanizme inhibicije cisteinskih proteaz na osnovi strukturnih informacij in zbranih kinetičnih podatkov. Članek razkriva, da zvitje proteinov ni velika ovira za razvoj inhibitorjev proteaze in da se zdi, da ni splošnega pravila, ki bi določalo mehanizem inhibicije. Kljub temu pa analiza kaže, da oblika reže z aktivnim mestom nalaga nekatere omejitve, ki temeljijo predvsem na obliki vezavnega mesta S1 in njegovi izpostavljenosti topilu. Medtem ko vezavno mesto S1 v obliki žepa, zakopano v strukturi proteaze, omogoča substratu podoben mehanizem vezave inhibitorjev, topilo delno izpostavljeno vezavno mesto S1 takega mehanizma ne omogoča. Z izjemo papainu podobnih proteaz se zdi, da vse proteaze pripadajo prvi skupini proteaz.

Strukturne študije katepsina X (Dolenc *et al.*, 2021, *BBA Proteins Proteom*) so pokazale, da je človeški katepsin X biološko aktivni homodimer z molekularno maso ~53 kDa. Ugotovitev, da je katepsin X dimer, odpira nova obzorja v razumevanju njegove funkcije in osnovnih patofizioloških mehanizmov različnih bolezni, vključno z nevrodegenerativnimi motnjami pri ljudeh. Človeški katepsin X je eksopeptidaza in spada v družino katepsinov 11 lizosomalnih cisteinskih proteaz. Rekombinantni prokatepsin X smo izrazili v *Pichia pastoris* in ga *in vitro* z aspartatno proteinazo katepsin E procesirali v aktivno zrelo obliko. Za določitev strukture dimera smo uporabili gelsko kromatografijo, rentgensko kristalografijo in sipanje X-žarkov pod majhnim kotom (small-angle X-ray scattering).

Sodelovali smo tudi z drugimi raziskovalnimi skupinami, tako iz Slovenije kot iz tujine (Nemčija, Madžarska, Hrvaška, Poljska, Združeno kraljestvo, Nizozemska, Japonska in ZDA).

## Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Biasizzo M, Trstenjak-Prebanda M, Dolinar K, Pirkmajer S, Završnik J, Turk B, Kopitar-Jerala N, Cystatin C Deficiency Increases LPS-Induced Sepsis and NLRP3 Inflammasome Activation in Mice, *Cells*, 2021, 10, 8, 2071
2. Jahić Mujkić A, Tušek Žnidarič M, Berbić S, Žerovnik E, Synergy of the Inhibitory Action of Polyphenols Plus Vitamin C on Amyloid Fibril Formation: Case Study of Human Stefin B, *Antioxidants*, 2021, 10, 9, 1471
3. Bernegger S, Vidmar R, Fonovic M, Posselt G, Turk B, Wessler S, Identification of Desmoglein-2 as a novel target of *Helicobacter pylori* HtrA in epithelial cells, *Cell Commun Signal*, 2021, 19, 1, 108
4. Günther *et al.*, X-ray screening identifies active site and allosteric inhibitors of SARS-CoV-2 main protease, *Science*, 2021, 372, 6542, 642-646
5. Dolenc I, Štefe I, Turk D, Taler-Verčič A, Turk B, Turk V, Stoka V, Human cathepsin X/Z is a biologically active homodimer, *Biochim Biophys Acta Proteins Proteom*, 2021, 1869, 2, 140567

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. 38<sup>th</sup> Winter School on proteinases and their inhibitors, ASBMB virtual conference, 24.-26. 2. 2021 (virtualno), soorganizatorji

## Patent

1. Stephen James Moore, Margaret Thy Luu Hyugen, Daniel Robert Hostetter, Olga Vasiljeva, Jason Gary Sagert, Jonathan Alexander Terrett, James William West, Matrix metalloprotease-cleavable and serine protease-cleavable substrates and methods of use thereof, US11046759 (B2), US Patent Office, 29. 6. 2021

## Nagrade in priznanja

1. Monika Biasizzo: Young Investigator Award Nomination: Best Speaker at 38<sup>th</sup> Winter School on proteinases and their inhibitors, ASBMB virtual conference, Impaired autophagy and increased susceptibility to LPS-induced sepsis in cystatin C-deficient mice.
2. Eva Vidak: Young Investigator Award Nomination Best Speaker at 38<sup>th</sup> Winter School on proteinases and their inhibitors, ASBMB virtual conference, Identification of extracellular substrates of caspases 3, 7, and 1.

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. EFSA - EU-FORA; Matriks živil kot parameter ocenjevanja tveganj kemičnih prehranskih onesnaževal; European Food Safety Authority - EFSA doc. dr. Livija Tušar
2. Vloga cistatinov pri nevroinflamaciji Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS prof. dr. Nataša Kopitar - Jerala

## PROGRAMA

1. Strukturna biologija prof. dr. Dušan Turk
2. Proteoliza in njena regulacija prof. ddr. Boris Turk

## PROJEKTI

1. Molekularno genetski bioznačevalci in mehanizmi neodzivnosti na biološko zdravljenje zanti-TNF bolnikov s kroničnimi imunskimi boleznimi prof. ddr. Boris Turk (vodja projekta na IJS)
2. Strukturni vpogled v mehanizem tvorbe površine bakterije *Clostridium difficile* prof. dr. Dušan Turk
3. Katepsina B in X v tumorskih matičnih celicah raka dojke - molekulske tarče in pomen za protitumorno terapijo prof. dr. Marko Fonović (vodja projekta na B1)

4. Aptamere in hidrodinamska kavitacija, dostopno orodje za analizo organskih ostankov v arheološki keramiki prof. dr. Marko Fonović (vodja projekta na IJS)
5. Vloga legumaina pri infekciji in vnetju prof. dr. Marko Fonović
6. Vloga cisteinskih katepsinov pri aktivaciji komplementa pri raku prof. ddr. Boris Turk
7. Kako Gram-pozitivni patogeni preprečijo delovanje E-kadherina prof. ddr. Boris Turk
8. Neinvazivna diagnostika pri raku na osnovi katepsinov prof. ddr. Boris Turk
9. Človeški katepsin F: nenavadna cisteinska proteaza udeležena v nevrodegeneraciji prof. dr. Veronika Stoka
10. Identifikacija aktivoma raka za razvoj nove generacije konjugatov protiteles z zdravlili prof. ddr. Boris Turk
11. Sistemska določitev fizioloških vlog legumaina prof. dr. Marko Fonović
12. PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali) prof. ddr. Boris Turk

## VEČJI NOVI POGODBENI DELI

1. Določitev koncentracije proteinov po Bredfordu Lek, d. d. prof. dr. Marko Fonović
2. Proteomske analize prof. dr. Marko Fonović

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

Na odseku imamo redne tedenske seminarje, na katerih raziskovalci poročajo o svojem delu.

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Monika Biasizzo, Marija Grozdanič, Iztok Dolenc, Urban Javoršek, Katarina Karničar, Nežka Kavčič, Nataša Kopitar-Jerala, Andreja Kozak, Nataša Lindič, Jure Loboda, Tilen Sever, Livija Tušar, Boris Turk, Dušan Turk, Aleksandra Usenik, Eva Vidak, Robert Vidmar, Miki Zarič, 45<sup>th</sup> FEBS Congress 2020, 3.-8. 7. 2021 (16) (virtualno)
2. Marija Grozdanič, The 6<sup>th</sup> Annual Festival of Genomics and Biodata, 26.-29. 1. 2021 (virtualno)

3. Nataša Kopitar Jerala, EMBO Workshop: The inflammasomes: The next frontier, 21.-24. 9. 2021 (1) (virtualno)
4. Monika Biasizzo, Eva Vidak, Miki Zarič, 38<sup>th</sup> Winter School on proteinases and their inhibitors, ASBMB virtual conference, 24.-26. 2. 2021 (3) (virtualno)
5. Eva Žerovnik, EMBO | EMBL Symposium: Seeing is Believing – Imaging the Molecular Processes of Life, 5.-8. 10. 2021

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Nežka Kavčič: International Centre for Generic Engineering and Biotechnology (ICGEB), Trst, Italija, od 1. 1.-31. 12. 2021 (podoktorsko izpopolnjevanje)
2. Jure Loboda: Elettra-Synchrotron Light Laboratory, Trst, Italija, 2. 7. 2021 (meritve)
3. Jure Loboda: Elettra-Synchrotron Light Laboratory, Trst, Italija, 8. 7. 2021 (meritve)
4. Dušan Turk: Research Centre of the Helmholtz Association, Hamburg, Nemčija, 13. 9.-4. 10. 2021 (meritve)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. dr. Iztok Dolenc
2. prof. dr. Marko Fonovič
3. prof. dr. Nataša Kopitar - Jerala
4. prof. dr. Brigita Lenarčič\*, znanstveni svetnik
5. prof. dr. Veronika Stoka
6. dr. Andrej Šali, znanstveni svetnik
7. **prof. ddr. Boris Turk, znanstveni svetnik - vodja odseka**
8. prof. dr. Dušan Turk, znanstveni svetnik - vodja centra
9. doc. dr. Livija Tušar
10. prof. dr. Olga Vasiljeva
11. prof. dr. Eva Žerovnik, znanstveni svetnik

### Podoktorski sodelavci

12. *dr. Janja Božič, odšla 1. 9. 2021*
13. dr. Katarina Karničar
14. dr. Nežka Kavčič
15. dr. Andreja Kozak
16. dr. Nataša Lindič
17. dr. Georgy Mikhaylov
18. dr. Jure Pražnikar\*
19. dr. Aleksandra Usenik
20. dr. Robert Vidmar

### Mlajši raziskovalci

21. Monika Biasizzo, mag. biokem.
22. Ana Ercegovič Rot, mag. lab. biomed.
23. Marija Grozdanič, master fizik. kemije, R Srbija
24. Urban Javoršek, mag. biokem.
25. Matej Kolarič, mag. biokem.
26. Jure Loboda, mag. farm.
27. Petra Matjan Štefin, dr. vet. med.
28. Matej Novak, mag. farm.
29. Tilen Sever, mag. mol. funkc. biol.
30. Tea Sinožič, Msc., Hrvaška
31. Mojca Trstenjak Prebenda, univ. dipl. kem.
32. Eva Vidak, mag. biokem.
33. Miki Zarič, mag. mol. funkc. biol.
34. Viktor Zupančič, mag. mikrobiol.

### Strokovni sodelavci

35. Marinka Horvat, univ. dipl. bioteh.
36. Maja Orehek, univ. dipl. etn. in antr. kult.
37. Tjaša Peternel, mag. biotehnol.
38. Andreja Sekirnik, univ. dipl. kem.
39. Ivica Štefe, univ. dipl. kem.

### Tehniški in administrativni sodelavci

40. Dejan Pelko
41. Polonca Pirš

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Albert-Ludwigs-Universität, Institut für Molekulare Medizin und Zellforschung, Freiburg, Nemčija
2. Sanford Burnham Prebys Medical Discovery Institute, La Jolla, Kalifornija, ZDA
3. Centro de Investigación Principe Felipe, Valencia, Španija
4. Commissariat à l'Énergie Atomique, Gif Yvette, Francija
5. Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg, Nemčija
6. European Molecular Biology Laboratory (EMBL), Heidelberg, Nemčija
7. Freie Universität Berlin, Nemčija
8. Ghent University, Department for Molecular Biomedical Research, Gent, Belgija
9. Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Nacional de General San Martín, Argentina
10. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
11. International University of Bremen, Bremen, Nemčija
12. Karl-Franzens Universität, Gradec, Avstrija
13. Keio University, Tokio, Japonska
14. King's College, London, Velika Britanija
15. Kyushu University, Graduate School of Dental Science, Fukuoka, Japonska
16. Lek farmacevtska družba, d. d., Ljubljana, Slovenija
17. Liaoning Cancer Hospital & Institute, Kitajska
18. University of Zurich, Zürich, Švica
19. Universitat Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Valles, Španija
20. University of Lund, Lund, Švedska

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Mojca Trstenjak-Prebanda, Petra Matjan-Štefin, Boris Turk, Nataša Kopitar-Jerala, "Altered expression of peroxiredoxins in mouse model of progressive myoclonus epilepsy upon LPS-induced neuroinflammation", *Antioxidants*, 2021, **10**, 3, 357. [COBISS.SI-ID 53380099]
2. Alma Jahić Mujkić, Magda Tušek-Žnidarič, Selma Berbić, Eva Žerovnik, "Synergy of the inhibitory action of polyphenols plus vitamin C on amyloid fibril formation: case study of human stefin B", *Antioxidants*, 2021, **10**, 9, 1471. [COBISS.SI-ID 77284355]
3. Iztok Dolenc, Ivica Klemenčič, Dušan Turk, Ajda Taler-Verčič, Boris Turk, Vito Turk, Veronika Stoka, "Human cathepsin X/Z is a biologically active homodimer", *Biochimica et biophysica acta. Proteins and proteomics*, 2021, **1869**, 2, 140567. [COBISS.SI-ID 42300419]
4. Hikmat H. Assi *et al.* (27 avtorjev), "Conditional PD-1/PD-L1 probody therapeutics induce comparable antitumor immunity but reduced systemic toxicity compared with traditional anti-PD-1/PD-L1 agents", *Cancer immunology research*, 2021, **9**, 12, 1451-1464. [COBISS.SI-ID 92402435]
5. Csaba András Schvarcz *et al.* (14 avtorjev), "Modulated electrohyperthermia induces a prominent local stress response and growth inhibition in mouse breast cancer isografts", *Cancers*, 2021, **13**, 7, 1744. [COBISS.SI-ID 99633667]
6. Sabine Bernegger, Robert Vidmar, Marko Fonović, Gernot Posselt, Boris Turk, Silja Wessler, "Identification of Desmoglein-2 as a novel target of *Helicobacter pylori* HtrA in epithelial cells", *Cell communication and signaling*, 2021, **19**, 1, 108. [COBISS.SI-ID 99636227]
7. Monika Biasizzo, Mojca Trstenjak-Prebanda, Klemen Dolinar, Sergej Pirkmajer, Janja Zavrnšek, Boris Turk, Nataša Kopitar-Jerala, "Cystatin C deficiency increases LPS-induced sepsis and NLRP3 inflammasome activation in mice", *Cells*, 2021, **10**, 8, 2071. [COBISS.SI-ID 72910851]
8. Laura Kist de Ruijter *et al.* (14 avtorjev), "First-in-human study of the biodistribution and pharmacokinetics of <sup>89</sup>Zr – CX – 072, a novel immunopet tracer based on an anti-PD-L1 probody", *Clinical cancer research*, 2021, **27**, 19, 5325-5333. [COBISS.SI-ID 82089219]
9. Katja Venko, Marjana Novič, Veronika Stoka, Eva Žerovnik, "Prediction of transmembrane regions, cholesterol and ganglioside binding sites in amyloid-forming proteins indicate potential for amyloid pore formation", *Frontiers in molecular neuroscience*, 2021, **14**, 619496. [COBISS.SI-ID 47303939]
10. Jure Pražnikar, "Scaling laws of graphs of 3D protein structures", *Journal of bioinformatics and computational biology*, 2021, **19**, 1, 2050050. [COBISS.SI-ID 48011267]
11. Bruce Howng, Michael B. Winter, Côme Lepage, Irina Popova, Michael Krimm, Olga Vasiljeva, "Novel ex vivo zymography approach for assessment of protease activity in tissues with activatable antibodies", *Pharmaceutics*, 2021, **13**, 9, 1390. [COBISS.SI-ID 92403971]
12. Julius Kostan *et al.* (17 avtorjev), "Molecular basis of F-actin regulation and sarcomere assembly via myotilin", *PLoS biology*, 2021, **19**, 4, e3001148. [COBISS.SI-ID 59809283]
13. Iñaki Etxeberria *et al.* (24 avtorjev), "Antitumor efficacy and reduced toxicity using an anti-CD137 Proboddy therapeutic", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2021, **118**, 26, e2025930118. [COBISS.SI-ID 82089731]
14. Marko Fonović, Tamara Leskovar, Iztok Štamfelj, "Določitev spola na podlagi spolno dimorfnih amelogeninskih peptidov v človeški zobni sklenini", *Revija za kriminalistiko in kriminologijo*, 2021, **72**, 2, 117-128. [COBISS.SI-ID 69964035]
15. Sebastian Günther *et al.* (102 avtorja), "X-ray screening identifies active site and allosteric inhibitors of SARS-CoV-2 main protease", *Science*, 2021, **372**, 6542, 642-646. [COBISS.SI-ID 61796355]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Daniel J. Klionsky *et al.* (2299 avtorjev), "Guidelines for the use and interpretation of assays for monitoring autophagy (4th edition)", *Autophagy*, 2021, **17**, 1, 1-382. [COBISS.SI-ID 58013955]

2. Bernarda Majc, Metka Novak, Nataša Kopitar-Jerala, Anahid Jewett, Barbara Breznik, "Immunotherapy of glioblastoma: current strategies and challenges in tumor model development", *Cells*, 2021, **10**, 2, 265. [COBISS.SI-ID 50244611]
3. Eva Žerovnik, "Viroporins vs. other pore-forming proteins: what lessons can we take", *Frontiers in chemistry*, 2021, **9**, 626059. [COBISS.SI-ID 46016515]
4. Livija Tušar, Aleksandra Usenik, Boris Turk, Dušan Turk, "Mechanisms applied by protein inhibitors to inhibit cysteine proteases", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 3, 997. [COBISS.SI-ID 48573955]
5. Eva Žerovnik, "On similarities and differences of HIV and SARS Cov-2: open questions relevant for COVID-19 diseases", *Journal biotechnology and biomedicine*, 2021, **4**, 4, 147-158. [COBISS.SI-ID 84316675]

## KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

1. Dušan Turk, Gregor Gunčar, "Thyroxine hormones visualized by the cryo-EM structure of bovine thyroglobulin", *Acta crystallographica. Section D, Structural biology*, 2021, **77**, 1346-1347. [COBISS.SI-ID 84706819]

## SAMOSTOJNA ZNANSTVENA SESTAVKA ALI POGLAVJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Olga Vasiljeva, Lisa Sevenich, Thomas Reinheckel, "Analyzing the role of proteases in breast cancer progression and metastasis using primary cells from transgenic oncomice", V: *Metastasis: methods and protocols*, (Methods in molecular biology **2294**), Humana Press, 2021, 275-293. [COBISS.SI-ID 82088963]
2. Alexey A. Tsukanov, Olga Vasiljeva, "Nanomaterials interaction with cell membranes: computer simulation studies", V: *Multiscale biomechanics and tribology of inorganic and organic systems*, (Springer tracts in mechanical engineering), Springer, 2021, 189-210. [COBISS.SI-ID 82092291]

## PATENTNI PRIJAVI

1. Olga Vasiljeva, Emma Geertruida Elisabeth De Vries, Marjolijn N. Lub-de Hooge, Annelies Jorritsma-Smit, Martin Pool, Danique Giesen, Iris Kok, Linda N. Broer, Mark Stroh, *Positron emission tomography imaging of activatable binding polypeptides and related compositions thereof*, US2020405890 (A1), US Patent Office, 31. 12. 2020. [COBISS.SI-ID 92417027]
2. Olga Vasiljeva, Stephen James Moore, Bruce Howng, Susan K. Lyman, Luc Roland Desnoyers, *Methods of qualitatively and/or quantitatively analyzing properties of activatable antibodies and uses thereof*, US2021025877 (A1), US Patent Office, 28. 01. 2021. [COBISS.SI-ID 92409091]

## PATENT

1. Stephen James Moore, Margaret Thy Luu Hyugen, Daniel Robert Hostetter, Olga Vasiljeva, Jason Gary Sagert, Jonathan Alexander Terrett, James William West, *Matrix metalloprotease-cleavable and serine protease-cleavable substrates and methods of use thereof*, US11046759 (B2), US Patent Office, 29. 06. 2021. [COBISS.SI-ID 31659559]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Samra Hasanbašić, *Istraživanje intrinzičnih i ekstrinzičnih utjecaja na amiloidnu fibrilacijo: studija na modelu stefina B*: doktorska disertacija, Tuzla, 2021 (mentor Eva Žerovnik). [COBISS.SI-ID 69850627]
2. Alma Mujkić, *Uticaj antioksidanasa na amiloidnu fibrilacijo; in vitro studije na modelu čovječijeg stefina B i cistatina C*: doktorska disertacija, Tuzla, 2021 (mentor Eva Žerovnik). [COBISS.SI-ID 91052803]



**Raziskovalni program Odseka za molekularne in biomedicinske znanosti je usmerjen predvsem v temeljne raziskave na področju proteinske biokemije, molekularne in celične biologije ter genetike. Osnovni namen naših raziskav je pridobivanje novih spoznanj na področju človeške in živalske patofiziologije v korist izboljšanja zdravja ljudi in živali.**

## Toksinologija

Ena od naših tradicionalnih raziskovalnih tem na področju toksinologije je proučevanje molekulskih mehanizmov toksičnega delovanja sekretornih fosfolipaz  $A_2$  (sPLA<sub>2</sub>), ki so v živalskih strupih. Še posebej smo osredotočeni na tiste, ki so presinaptično nevrotoksične ( $\beta$ -nevrotoksini). Znanje, ki ga pridobimo s proučevanjem toksičnih sPLA<sub>2</sub>, nam pomaga bolje razumeti patofiziološko vlogo ortolognih sesalskih sPLA<sub>2</sub>, na primer prispevek slednjih pri razvoju nevrodegenerativnih bolezni, kot je Alzheimerjeva (AD).

V tem letu smo nadaljevali s karakterizacijo interakcije amoditoksina (Atx), nevrotoksične sPLA<sub>2</sub> kačjega strupa, z njenim mitohondrijskim receptorjem, citokrom c-oksidadzo (CCOX), da bi poglobili razumevanje zastrupitve motoričnega nevrona z Atx in osvetlili patofiziološko vlogo sesalske sPLA<sub>2</sub> skupine IIA (GIIA), ortologa Atx, v tem celičnem organelu. Zasedovali smo razmeščanje derivatov rekombinantnega Atx, podganje GIIA in njenih encimsko neaktivnih oblik (D49S) v celicah PC12 s pomočjo transmissijske elektronske in fluorescenčne konfokalne mikroskopije. Na podlagi zbranih rezultatov smo zaključili, da molekule sPLA<sub>2</sub> za vstopanje v celico in razmeščanje v njej, vključno z vstopanjem v mitohondrij, ne potrebujejo encimske aktivnosti. Pripravili smo osnutek članka, v katerem poročamo o tem. Nadaljevali smo tudi raziskavo vpliva obeh sPLA<sub>2</sub>, Atx in podganje GIIA, na mitohondrije v celicah PC12. S pretočno citometrijo smo ugotovili, da je GIIA(D49S) mitohondrijski potencial nekoliko znižala, GIIA pa nanj ni imela signifikantnega učinka. Z uporabo <sup>125</sup>I-GIIA smo določil afiniteto vezave GIIA na mitohondrijski protein z navidezno molekulsko maso 20 kDa (R20). Glede na to, da GIIA, tako kot Atx, inhibira aktivnost CCOX, predvidevamo, da je R20 podenota IV CCOX (CCOX-IV). Tega nam s pomočjo anti-CCOX-IV protiteles ni uspelo potrditi, zato smo se za identifikacijo R20 lotili njegove izolacije iz prašičjih mitohondrijev. Sintetizirali smo GIIA-afinitetni gel, pogojev za reverzibilno vezavo receptorja nanj pa nam še ni uspelo najti. Natančen opis delovanja GIIA na CCOX je ključnega pomena za uporabo naših izsledkov v medicini, in sicer za zgodnjo diagnostiko Alzheimerjeve bolezni (AD) pa tudi poznejše zdravljenje te hude nevrodegenerativne bolezni. Dokazano je namreč bilo, da se pri AD GIIA povišano izraža in postane toksična za mitohondrije, podobno kot Atx v zastrupljenih živčnih končičih.

Pokazali so, da se nekatere sPLA<sub>2</sub> specifično vežejo tudi na nikotinske acetilholinske receptorje (nAChR). S tem v mislih smo se vključili v raziskave oblike pljučnega raka, pri katerem rakaste celice prekomerno izražajo  $\alpha 7$  nAChR in kjer se intenzivno iščejo naravni selektivni antagonisti  $\alpha 7$  nAChR za razvoj novih tarčnih zdravil. S tehniko rekombinantne DNA smo pripravili niz sPLA<sub>2</sub>: človeški GV in GX, Atx in podganjo GIIA, ter encimsko neaktivne oblike teh molekul, GV(H48Q), GX(H48Q), Atx(D49S) in GIIA(D49S). V sodelovanju s farmakologi z Univerze v Leuvnu v Belgiji smo določali vpliv pripravljenih proteinov na  $\alpha 7$ - in mišični tip nAChR. Meritve še potekajo, najbolj zanimiv pa je bil rezultat, da se GV(H48Q) selektivno veže le na  $\alpha 7$ -obliko nAChR, na mišično obliko pa ne. Vzoredno smo razvijali tudi raziskovalni model pljučnega raka, celično linijo pljučnega adenokarcinoma A549 s prekomerno izraženim  $\alpha 7$  nAChR, za testiranje učinkov GV(H48Q) in drugih antagonistov  $\alpha 7$  nAChR na viabilnost, citotoksičnost, proliferacijo in apoptozo celic.

Pripravili smo dva pregledna članka na temo sPLA<sub>2</sub>. Prvi, ki govori o protivirusnem delovanju tako endogenih sesalskih kot eksogenih sPLA<sub>2</sub>, tj. tistih, ki so v živalskih strupih, je bil že objavljen (J. Pungerčar *et al.*, *Biochimie*, 189 (2021), 40–50), drugi, o aktivnosti sPLA<sub>2</sub> kot posledici vezave na proteinske receptorje, pa je bil sprejet v tisk (A. Ivanušec *et al.*, *Int. J. Biol. Sci.*, v tisku). Pri ugledni založbi CRC Press je izšla tudi monografija, v kateri je I. Križaj na povabilo sodeloval pri pripravi poglavja o sPLA<sub>2</sub>-toksinih iz kačjih strupov (B. Lomonte in I. Križaj, 2021).

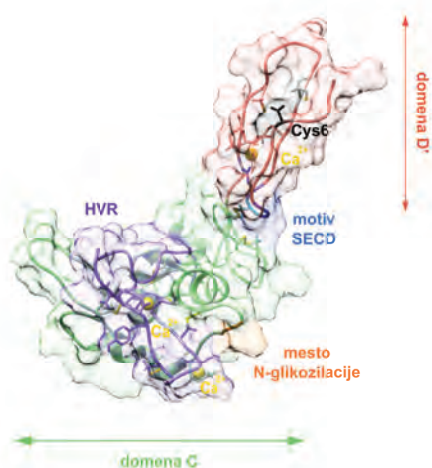
V letu 2021 smo nadaljevali obsežno študijo proteinov kačjih strupov, ki vplivajo na proces koagulacije krvi – hemostazo. V okviru raziskovalnega projekta J1-2475 raziskujemo edinstven antikoagulantni homolog serinske proteaze iz modrasovega strupa, VaaSPH-1, v smeri priprave popolnoma novih in varnih zdravil z antikoagulantnim delovanjem. Iskali smo čim boljše pogoje za izražanje VaaSPH-1 v suspenzijskih celicah HEK293. Vzoredno smo s sodelovanjem z ameriškim partnerjem z Univerze v Severni Karolini (NCATSU) optimizirali tridimenzionalni model kompleksa med aktiviranim faktorjem strjevanja krvi VIII (FVIIIa) in VaaSPH-1 *in silico* ter na tej osnovi načrtovali nizkomolekulske antagoniste FIXa za testiranje *in vitro*. Pripravili smo tudi vabljeni pregledni članek na temo serinskih psevdoproteaz, ki je v tisku (N. Zupanič *et al.*, *FEBSJ.*, v tisku).



Vodja:

**prof. dr. Igor Križaj**





Slika 1: Tridimenzionalni homologi model proteina VaaMPIII-3. Strukturni model proteina VaaMPIII-3 smo pripravili s pomočjo homolognega modeliranja, po kristalni strukturi najbolj podobnega proteina AaHIV, iz strupa krotalidne kače *Agkistrodon acutus* (PDB koda: 3HDB). Skrajšani dizintegrinu-podobni del molekule (D') je temno oranžen, s Cys-bogati del (C) pa zelen. Cys6, integrin-vezavni motiv (SECD), N-glikozilacijsko mesto in hipervaribilna regija (HVR) so prikazani v črni, modri, oranžni in vijoličasti barvi. Ca<sup>2+</sup> ione ponazarjajo rumene kroglice, disulfidne vezi pa rumene paličice.

Po objavi podrobnega opisa serinske proteaze VaaSP-VX, ki pospešuje strjevanje krvi tako, da aktivira FV in FX, smo se lotili izolacije in karakterizacije njej zelo podobne molekule v strupu modrasa, VaaSP-6. Za razliko od VaaSP-VX poznamo celotno cDNA-zaporedje VaaSP-6, kar pomeni, da lahko protein pridobimo v rekombinantni obliki. Če bo molekula izražala prav takšno edinstveno prokoagulantno aktivnost kot VaaSP-VX, bi lahko z njo nadomestili razredčen strup Russellovega gada (dRVV), ki se trenutno uporablja za klinično določanje lupusnih antikoagulantov (LA test), a je precej nezanesljiv.

Zaključili smo z obsežno gensko, biokemijsko in fiziološko karakterizacijo proteina VaaMPIII-3 iz modrasovega strupa (slika 1). Z analizo njegovega gena smo nedvoumno dokazali, da protein spada v poseben podrazred metaloproteinaz iz kačjih strupov, podrazred P-IIIe, katerega uvedbo smo predlagali. Članek smo napisali in je pripravljen za pošiljanje v objavo (K. Požek *et al.*, v pripravi).

S kolegi s Centra za klinično toksikologijo in farmakologijo Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana (UKCL) smo v okviru raziskovalnega projekta J3-2534 raziskovali zanimiv klinični učinek pri bolnikih po zastrupitvi z modrasovim strupom, in sicer globoko, prehodno in reverzibilno trombocitopenijo funkcionalnih trombocitov. Pri trombemboličnih boleznih, kot sta miokardni infarkt in ishemična možganska kap, imajo trombociti osrednjo vlogo. Obstojča protitrombocitna zdravila imajo en skupni stranski učinek – zmanjšano število trombocitov, katerih delovanje je zavrto. Takšno stanje je veliko tveganje za smrtno nevarno krvavitev (hemoragijo), zlasti pri interventni kardiologiji in angiologiji, ki uporabljata antitrombotični pristop. Naše ugotovitve lahko odprejo pot razvoju nove skupine protitrombocitnih učinkovin, ki bi zmanjšale tveganje za nevarne krvavitve pri takšnem pristopu v interventni kardiologiji in angiologiji ter povečale učinkovitost vazodilatacije in odstranitve strdka. Kot smo pokazali, lahko reverzibilno trombocitopenijo pri bolnikih, zastrupljenih z modrasovim strupom, povzročajo kačji proteini, podobni lektinom tipa C (PLTC, imenovani tudi snaclec-i). Iz modrasovega strupa smo izolirali nekaj PLTC, v homogeni obliki in zadostni količini za podrobno karakterizacijo pa dva, PLTC3/2 in PLTC1/7. Tema dvema smo med drugim izmerili vpliv na strjevanje krvi

in karakterizirali njuno vezavo na trombocitne receptorje. Ugotovili smo, da se PLTC3/2 z visoko afiniteto veže na receptor GPIb (CD42b). Bolje označeni PLTC3/2 je pripravljen za *in vivo* študijo na miškah, ki jo bomo izvedli v sodelovanju s partnerji z Veterinarske fakultete Univerze v Ljubljani (VF/UL).

V okviru raziskovalne mreže, in sicer s strokovnjaki z UKCL, Univerzitetne bolnišnice in Univerze v Splitu, Univerze v Zagrebu (UZ) in iz naše skupine, smo analizirali vzorce bolnikov, ki so bili zastrupljeni z modrasovim strupom in so jih zdravili z različnimi protistrupi. V objavi predlagamo nove usmeritve za učinkovito imunoterapijo zastrupitve z modrasovim strupom (T. Kurtović *et al.*, *Toxins*, 13 (2021), 279).

### Lipidni metabolizem in signalizacija

Pri delu na področju lipidnega metabolizma in signalizacije se osredotočamo na vlogo lipidnih kapljic pri celičnem stresu. Ti organeli so nujni za shrambo maščob in proizvodnjo energije v različnih tkivih, novejšje študije pa kažejo tudi na njihov pomen pri celičnem odgovoru na neravnovesja v energetskem in oksidoredukcijskem stanju. Še posebej nas zanimajo povezave med shrambo maščob, vnetnim signaliziranjem, avtofagijo in ferroptozo. Naše delo je aktualno na področju celične in molekularne biologije v splošnem, še posebej pa je povezano s patofiziologijo številnih modernih bolezni, povezanih z okvarami v presnovi lipidov, kot so rak, presnovne bolezni in nevrodegeneracija.

V letu 2021 smo se pri eksperimentalnem delu v okviru podoktorskega raziskovalnega projekta Z3-2650 osredotočali na proučevanje vloge lipidnih kapljic pri proizvodnji vnetnih lipidnih mediatorjev (E. Jarc Jovičič *et al.*, *bioRxiv*, doi.org/10.1101/2021.11.25.470010). Ugotovili smo, da lipidne kapljice začasno hranijo in uravnavajo dostavo večkrat nenasičenih maščobnih kislin (PUFA) v biosintetske poti lipidnih mediatorjev. Ti rezultati povezujejo lipidne kapljice z vnetjem, imunskim odzivom in tumorogenezo. Pokazali smo, da encim adipozna triglicerid-lipaza (ATGL) omogoča sproščanje PUFA iz lipidnih kapljic in njihovo vgradnjo v membranske fosfolipide, ki pa so nato tarča delovanja citosolne PLA<sub>2</sub>. To delo je pomembno predvsem zato, ker razkriva, da imajo maščobe aktivno vlogo pri kontroli substratov za sintezo vnetnih mediatorjev. Uravnavanje dostopnosti PUFA za biosintezo vnetnih mediatorjev namreč pripisujemo predvsem delovanju PLA<sub>2</sub> na membranske fosfolipide. Naša raziskava tako kaže, da lahko ciljanje presnove lipidnih kapljic – namesto encimov PLA<sub>2</sub>, kar se je že izkazalo za neuspešno pri številnih kliničnih študijah – pomeni novo strategijo za zmanjšanje vnetja in tumorogeneze, ki je povezana z vnetjem.

**Živalski strupi so bogat vir novih učinkovin in molekularnih orodij za izboljšanje zdravja ljudi in živali.**

Nadaljevali smo delo na raziskovalnem projektu J7-1818, ki je posvečen tarčnemu ciljanju metabolizma lipidnih kapljic za učinkovito zmanjševanje odpornosti rakavih celic na stres. Raziskovali smo povezave med avtofagijo in lipidnimi kapljicami. Obitavni preliminarni rezultati na področju ferroptoze (slika 2) so nam omogočili pridobitev še enega podoktorskega projekta, Z3-3211, pri katerem nas zanima medsebojni vpliv lipolize in lipofagije pri regulaciji ferroptoze pri raku.

Prispevali smo k raziskavi akumulacije lipidnih kapljic v astrocitih pod stresnimi pogoji, ki so jo vodili kolegi z Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani (MF/UL). Opisali smo dinamiko lipidnih kapljic v astrocitih, izpostavljenih presnovnemu in oksidativnemu stresu, pa tudi stresnemu hormonu noradrenalinu. Rezultati kažejo, da se pri omenjenih pogojih kopičijo lipidne kapljice, ki ščitijo celice glie pred stresom (T. Smolič *et al.*, *Glia*, 69 (2021), 1540–1562).

Znanstvena skupnost je zelo dobro sprejela naše prispevke s področja lipidnih kapljic, kar je razvidno iz hitrega naraščanja števila citatov in vabil za predavanja, med njimi za nastop na skupni delavnici nemškega raziskovalnega sveta (prioritetni program za ferroptozo) in omrežja COST EpiLipidNet. Za naša dela smo bili tudi nagradjeni. Najbolj odmevno nagrado, glavno nagrado *FEBS Letters* za najboljši poster, je na 45. kongresu FEBS prejela naša doktorska študentka Špela Koren.

### Visokozmogljivostna genetika in funkcijska genomika pri običajni kvasovki *Saccharomyces cerevisiae*

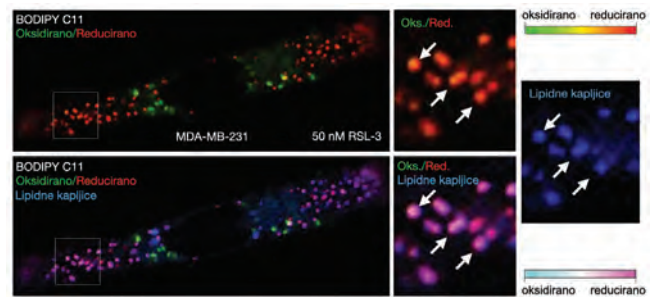
Večina vseh lastnosti, vključno z biotehnoško pomembnimi lastnostmi mikroorganizmov, je poligenjskih. Zato naše raziskave že več let osredotočamo na poligenjske lastnosti običajne kvasovke *S. cerevisiae*, kjer proučujemo temeljne vidike genetike, pomembne tudi z biomedicinskega stališča, ter razvijamo nove, biotehnoško zanimive seve kvasovk.

Na področju biotehnoške uporabe kvasovk smo zaključili ter objavili raziskavo, v kateri smo našli in opisali tri nove vzročne gene za vsebnost založnih lipidov pri običajni kvasovki (K. Pačnik *et al.*, *BMC Genomics*, 22 (2021), 110). To lastnost kvasovke kot biotehnoško uveljavljenega organizma, ki bo v prihodnosti lahko v veliki meri nadomestila izrabo drugih virov lipidov oziroma njim podobnih molekul (npr. nafte za energetske potrebe oziroma palmovo olje za potrebe prehranske industrije), smo spremenili tudi v letos objavljeni študiji (S. Arhar *et al.*, *Microb. Cell Fact.*, 20 (2021), 147), kjer smo za potrebe metabolnega inženiringa naredili šest sprememb genoma običajne kvasovke. Pokazali smo, da lahko samo s pomočjo takšne relativno majhne spremembe pridobimo sev, ki je sposoben kopičiti do 65 % suhe teže lipidov (slika 3).

Nadaljevali smo z raziskavami molekularne osnove patogenosti virusa SARS-CoV-2 oziroma bolezni covid-19. V sodelovanju s kolegi z Inštituta za mikrobiologijo in imunologijo (IMI) Medicinske fakultete v Ljubljani smo sledili pojavljanju različic virusa oziroma specifični različici proteina ORF8, ki ga kodirajo virusni genomi, v Sloveniji. Z metodo dvohibridnega sistema kvasovke smo analizirali binarne proteinske interakcije med različicami virusnega proteina ORF8 in humanimi proteini. Pokazali smo, da ORF8 specifično interagira z zunajceličnimi domenami treh proteinov, pomembnih za imunski odziv pri človeku: TGFBI, ITGB1 in ADAM9. Ugotovili smo, da skrajšana različica proteina, ki jo kodirajo genomi seva virusa, ki je bil v sredini leta 2021 prevladujoč tako v Sloveniji kot v svetu (tj. različice  $\alpha$ ), izgubi možnost tvorbe teh interakcij. V sodelovanju s kolegi z IMI ter z Infekcijske klinike UKCL smo dokazali, da ta sprememba ne vodi v izgubo patogenosti virusa. S tem smo pod vprašaj postavili objavljene hipoteze, da mutacije v genu za protein ORF8 vodijo v atenuacijo SARS-CoV-2 in nekaterih drugih  $\beta$ -koronavirsov.

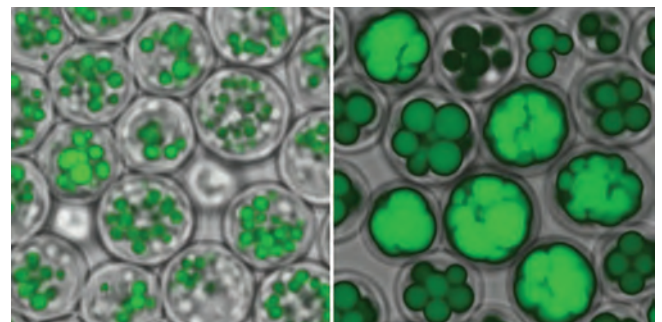
### Evolucijska genomika

Človeška ribica (*Proteus anguinus*) je primer vrste z izjemnimi morfološkimi in fiziološkimi prilagoditvami na podzemno okolje, z regenerativnimi sposobnostmi, z odpornostjo na dolgotrajno stradanje in življenjsko dobo, ki



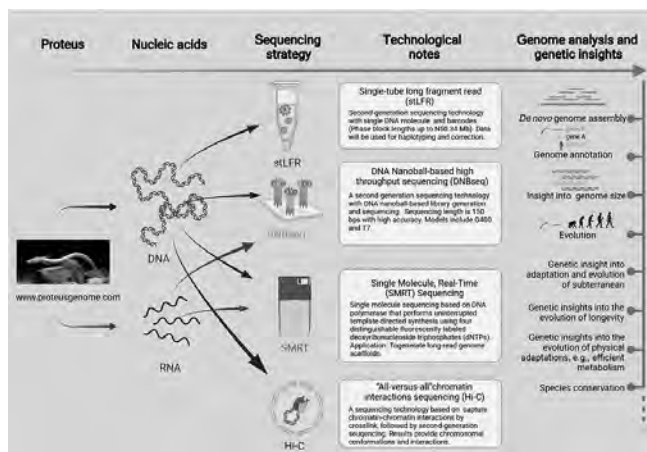
Slika 2: Lipidne kapljice so antioksidativni organeli, ki ščitijo lipide pred oksidacijo. V celicah raka dojke MDA-MB-231, ki smo jim okvarili redoks zaščito (prek inhibicije encima glutation peroksidaze 4 z RSL-3), smo lipidne kapljice obarvali z barvilom LipiBlue (modro) (Dojindo Molecular Technologies) in jih vizualizirali s konfokalno mikroskopijo v živih celicah. Raven lipidne peroksidacije smo ocenili z barvanjem z lipofilnim barvilom BODIPY C11 581/591 (Thermo Fischer Scientific). Lipidne kapljice so po večini vsebovale reducirano obliko barvila (rdeče oz. skrlatno), kar kaže na njihovo antioksidativno delovanje, ki ščiti barvilo pred oksidacijo (Kump *et al.*, v pripravi).

### Ciljanje metabolizma lipidnih kapljic je obetavna strategija za zaviranje raka.



Slika 3: Mikroskopija kvasovk v pogojih kopičenja založnih lipidov. Levo: sev divjega tipa; desno: genetsko spremenjeni sev. Založni lipidi v lipidnih kapljicah so obarvani z barvilom BODIPY 493/503.

### Genetika in genomika kvasovk za razvoj biotehnologije in za biomedicinske raziskave. Integrativna genomika za razumevanje patogeneze covid-19.



Slika 4: Shematski prikaz načrta sekvenciranja genoma proteusa. Genomska DNA in RNA smo izolirali iz tkiv človeške ribice (*Proteus anguinus*) ter določili nukleotidno zaporedje. Analiza genoma proteusa bo omogočila razumevanje evolucije tega organizma in njegovih prilagoditev na podzemno okolje, dolgoživost, presnovo in regeneracijo ter bo pomagala pri ohranjanju te izjemne živali. Slika je povzeta iz članka R. Kostanjšek *et al.* (*Ann. NY Acad. Sci.*, (2021), v tisku).

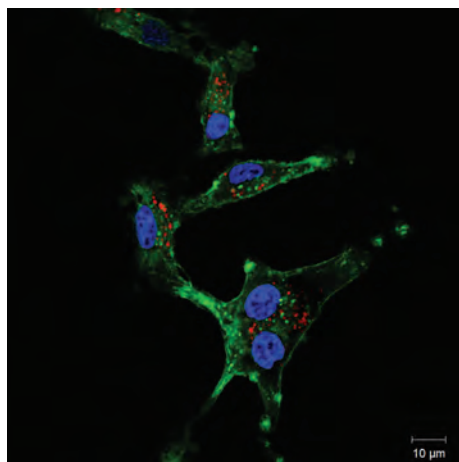
### Evolucijska, genomska in strukturno-funkcionalna analiza virusov, receptorjev in satelitske DNK.

tvorijo poro v membrani, in domeno, s katero se vežejo na receptorje (RBD). Za razliko od prve, ki je dobro ohranjena, je druga zelo variabilna, strukturne razlike pa vodijo v različno prepoznavanje bioloških tarč in s tem načina delovanja. V številnih genomih in transkriptomih najstarejših skupin živali smo našli nepričakovano veliko raznolikost in številne nove domenske arhitekture aerolizinske naddružine proteinov (D. Kordiš, članek v pripravi).

#### Druga področja

V letu 2021 smo sodelovali tudi pri različnih raziskovalnih projektih zunaj tematskega okvira našega odseka.

Smo partnerji na več ARRS-ovih raziskovalnih projektih. Pri projektu J1-2482 (vodilna ustanova je BF/UL) smo z masno spektroskopijo določali vpliv okoljsko relevantne nano- in mikroplastike na kopenske vretenčarje in začeli pripravljati članek na podlagi pridobljenih rezultatov. V okviru aplikativnega projekta L4-1839 (vodilna ustanova je BF/UL) smo razvijali postopek za izolacijo in identifikacijo antimikrobnih defenzinov v kostanjevem medu za medicinsko uporabo.



Slika 5: Konfokalna mikroskopija glioblastomskih celic. Nanotele NB3F18 (rdeče) prepozna tarčni antigen na glioblastomskih celicah U87MG. Membrane so obarvane zeleno (BioTracker Green), jedra pa modro (DAPI).

Neformalno smo sodelovali s številnimi skupinami doma in na tujem. Kolegom z Inštituta Ruder Bošković in z UZ smo pomagali pri raziskavi mehanizma tvorbe in morfogeneze biomineralnih nanostruktur lupine školjke Noetove barčice (*Arca noae*). Izvedli smo strukturno identifikacijo proteinskih komponent lupine, ki so potencialno vključene v proces biomineralizacije. Publikacija je v postopku recenzije v reviji *Colloid Surf. A: Physicochem. Eng. Asp.* (I. Sondi *et al.*, poslano v objavo). V študiji, ki jo vodijo kolegi s Fakultete za elektrotehniko UL (FE/UL), smo v proteomskem pristopu analizirali sestavo proteinske korone nanodelcev, da bi pojasnili njihov vpliv na imunski sistem pri človeku. Rezultate smo opisali v članku, ki je v postopku recenzije v reviji *Int. J. Biol. Sci.* (K. Strojjan *et al.*, poslano v objavo), še en članek pa je v pripravi. S kolegi z iste fakultete smo na povabilo pripravili in objavili tudi pregledni članek o elektroporaciji celičnih membran (K. Balantič *et al.*, *Acta Chim. Slov.*, 68 (2021), 753–764). Sodelovali smo pri študiji kolegov z VF/UL, ki jih je zanimala uporabnost insektnih proteinov v prehranske namene. S pomočjo masne spektroskopije smo v proteinskih pripravkih iskali potencialne človeške alergene. Analizo nam je že uspelo objaviti (B. Premrov Bajuk *et al.*, *Animals*, 11 (2021), 1942). Kolegom z MF/UL smo priskočili na pomoč tudi pri raziskavi multiformnega glioblastoma (GBM), najpogostejše in smrtonosne oblike možganskega tumorja. Sodelovali smo s konfokalno-mikroskopsko analizo nanotelesa NB3F18 kot kandidata za selektivno tarčenje glioblastomskih celic (slika 5). Publikacija na to temo je v zaključni fazi

preseže tudi 100 let. Za razlago izjemno zanimivih lastnosti tega organizma smo se lotili analize njegovega genoma. Ta zaradi svoje izjemne velikosti, ocenjene na skoraj 50 Gb, še vedno ni znan. Ustanovljen je bil mednarodni konzorcij za raziskave genoma človeške ribice (<http://proteusgenome.com>) in pridobljena sredstva za začetek dela. Pri projektu J1-2469, ki ga vodijo na Biotehniški fakulteti UL (BF/UL), sodelujemo z analizo genomskih in transkriptomskih podatkov. Do zdaj smo pridobili pilotne genomske podatke in predhodne transkriptomske podatke iz več tkiv. Določanje nukleotidnega zaporedja (sekvenciranje) DNA vstopa v naslednjo fazo, fazo sekvenciranja ene molekule v realnem času (SMRT), pa tudi sekvenciranja kratkih zaporedij transkriptomov (slika 4). Genomi močeradov so izjemno veliki (več kot 15-krat večji od človeškega) in vsebujejo veliko ponavljajočih se DNA-zaporedij. Repetitivna DNA, ki jo sestavljajo večinoma različni transpozicijski elementi (TE), naj bi tako predstavljala do 90 % celotnega genoma proteusa (~ 40,5 Gb). Sestavljanje genomskega zaporedja je zato zelo zahtevna naloga. V preteklem letu smo analizirali TE v transkriptomu proteusa in sestavili obsežno zbirko, vrstno-specifično repetitivno knjižnico. Končni cilj projekta proteus je, da z uvidom v genom človeške ribice pospešimo medicinski napredek na področjih staranja, regeneracije tkiv in zdravljenja presnovnih motenj. Prvi članek s to tematiko je bil sprejet v objavo (R. Kostanjšek *et al.*, *Ann. NY Acad. Sci.*, v tisku).

Nadalje smo analizirali tudi izvor, raznolikost in domensko arhitekturo aerolizinske naddružine proteinskih toksinov pri najstarejših skupinah živali (spužvah, rebračah in ožigalkarjih). Toksini, ki tvorijo pore v celičnih membranah, spadajo med najbolj osnovne obrambne sisteme organizmov.

Proteini aerolizinske naddružine vsebujejo aerolizinsko domeno, s katero

priprave. Sodelovali smo tudi pri pripravi dveh publikacij s področja analize transmaščobnih kislin v prehrani (N. Zupanič *et al.*, *Nutrients*, 13 (2021), 207 in A. Kušar *et al.*, *Public Health Nutr.*, 24 (2021), 12–21).

Po izbruhu pandemije covid-19 smo v letu 2020 začeli z dvoletno razširjeno programsko aktivnostjo, namenjeno raziskavam različnih aspektov delovanja in evolucije SARS-CoV-2. Načrtovane raziskave končujemo in pripravljamo publikacije.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Lomonte, B. and Križaj, I., Snake venom phospholipase A<sub>2</sub> toxins, *Handbook of Venoms and Toxins of Reptiles*, 2<sup>nd</sup> Edn, 2021, 385–407
2. Kurtović, T., Karabuva, S., Grenc, D., Dobaja Borak, M., Križaj, I., Lukšič, B., Halassy, B. and Brvar, M., Intravenous Vipera berus Fab fragments and intramuscular Vipera ammodytes F(ab')<sub>2</sub> fragments in Vipera ammodytes envenomed patients, *Toxins*, 2021, 13, 4, 279
3. Pungerčar, J., Bihl, F., Lambeau, G. and Križaj, I., What do secreted phospholipases A<sub>2</sub> have to offer in combat against different viruses up to SARS-CoV-2?, *Biochimie*, 2021, 189, 40–50
4. Pačnik, K., Ogrizović, O., Diepold, M., Eisenberg, T., Žganjar, M., Žun, G., Kužnik, K., Gostinčar, C., Curk, T., Petrovič, U. and Natter, K., Identification of novel genes involved in neutral lipid storage by quantitative trait loci analysis of *Saccharomyces cerevisiae*, *BMC Genomics*, 2021, 22, 110
5. Arhar, S., Gogg-Fassolter, G., Ogrizović, M., Pačnik, K., Schwaiger, K., Žganjar, M., Petrovič, U. and Natter, K., Engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for the accumulation of high amounts of triacylglycerol, *Microb. Cell Fact.*, 2021, 20, 1, 147

### Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Igor Križaj, član mednarodnega znanstvenega odbora, 45<sup>th</sup> FEBS Congress (virtualno), 3.–8. 7. 2021, Ljubljana

### Nagrade in priznanja

1. Sabina Drogenik: Krkino priznanje 2021, Novo mesto, Krka, tovarna zdravil, d. d. Raziskovalna naloga: Opredelitev mehanizma in soodvisnosti delovanja dveh beljakovin iz modrasovega strupa, sekretorne fosfolipaze A<sub>2</sub> iz zaviralca kimotripsina (somentor: prof. dr. Igor Križaj).
2. Adrijan Ivanušec, Jernej Šribar, Peter Veranič, Maja Zorovič, Marko Živin in Igor Križaj: nagrada za najboljši poster: 8<sup>th</sup> Oxford Venoms and Toxins Meeting (virtualno), naslov dela: Sesalska sekretorna fosfolipaza A<sub>2</sub> iz skupine IIA se veže na isti mitohondrijski receptor kot njen β-nevrotoksični ortolog iz kačjega strupa.
3. Kity Požek, Adrijana Leonardi, Milan Kojić in Igor Križaj: nagrada za najboljši poster: 8<sup>th</sup> Oxford Venoms and Toxins Meeting (virtualno), naslov dela: Priprava in karakterizacija rekombinantnega VaaMPIII-3, dizintegrinu podobnega proteina, bogatega s cisteini iz strupa *Vipera a. ammodytes*.
4. Kity Požek: nagrada za najboljši esej: Fundacija Hamish Ogston Foundation competition, London, Velika Britanija, naslov eseja: Vpliv pandemije covid-19 na raziskave in terapijo zastrupitev s kačjimi strupi.

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. COST CA19144 - EUVEN; Evropska mreža za raziskavo strupov  
COST Association AISBL  
prof. dr. Igor Križaj
2. COST CA19105 - LipidNET - Panevropska mreža za lipidomiko in epilipidomiko  
COST Association AISBL  
prof. dr. Toni Petan
3. Ali endogene sekretorne fosfolipaze A<sub>2</sub> vplivajo na delovanje nikotinskih acetilholinskih receptorjev?  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Igor Križaj

## PROGRAM

1. Toksini in biomembrane  
prof. dr. Igor Križaj

## PROJEKTI

1. Nevrotoksičnost ali neuroprotektivnost nanomaterialov: vpliv biokorone  
prof. dr. Igor Križaj
2. Proteinski kompleksi iz gljivnega rodu *Pleurotus* kot novi biopesticidi za zatiranje koloradskega in koruznega hrošča  
prof. dr. Igor Križaj
3. Uporaba malega proteina bakteriofaga v boju proti razvoju odpornosti proti antibiotikom pri bakteriji *Staphylococcus aureus*  
prof. dr. Igor Križaj
4. Genomski in transkriptomski vpogled v edinstveno biologijo človeške ribice (*Proteus anguinus*)  
prof. dr. Dušan Kordiš
5. Vpliv okoljsko relevantne nano- in mikro-plastike na kopenske nevretenčarje  
prof. dr. Igor Križaj
6. Vnetni proces pri intersticijskem cistitisu in ovrednotenje delovanja agonistov kanabinoidnih receptorjev sečnega mehurja – od celic do pacienta  
prof. dr. Igor Križaj
7. Reverzibilnost prehodne trombocitopenije, izzvane s komponento kačjega strupa, ponuja varno antitrombotično preventivo v interventni angiologiji in kardiologiji  
prof. dr. Igor Križaj

- Nevropsihološke disfunkcije, ki jih povzroča nizka stopnja izpostavljenosti izbranim onesnaževalom iz okolja pri občutljivi populaciji – NEURODYS  
prof. dr. Igor Križaj
- Tarčno ciljanje metabolizma lipidnih kapljic za učinkovito zmanjševanje odpornosti rakavih celic na stres  
prof. dr. Toni Petan
- Razvoj inovativnega zdravila za venso tromboembolijo na osnovi unikatnega antikoagulantna iz kačjega strupa  
prof. dr. Igor Križaj
- S posnemanjem endogenih lipidnih delcev do magnetno-odzivnih nanostruktur za izboljšano dostavo zdravil in nanodelcev  
prof. dr. Igor Križaj
- Razvoj kontrole kvalitete in tehnologije za medicinski stroševanje med  
prof. dr. Igor Križaj
- Hierarhično sestavljanje DNA za napredno uporabo v proizvodnji biofarmaceutikov in celični terapiji  
prof. dr. Uroš Petrovič
- OLEOFERM - Trajnostna proizvodnja oleokemikalij z oljno fermentacijo karboksilatov  
prof. dr. Uroš Petrovič

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- Špela Koren, Autophagy is involved in lipid droplet breakdown in serum-starved breast cancer cells, 21. 1. 2021
- Maida Jusovič, Autophagy drives lipid droplet formation in severely starved cancer cells, 21. 1. 2021
- Andreja Habič, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani, A novel method for discovery of DNA-protein interaction partners, 18. 2. 2021
- Neža Repar, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, (Exogenous) oleic acid suppresses superparamagnetic iron oxide nanoparticle-induced ferroptosis (in human umbilical vein endothelial cells), 18. 3. 2021
- Anja Pavlin, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Small proteins modulating the LexA-like regulators of the bacterial SOS response, 18. 3. 2021
- Veno Kononenko, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Nanodelivery systems of nAChR antagonists for the development of a novel lung cancer treatment strategy, 22. 4. 2021
- Tadeja Bele, Effects of selected  $\alpha 7$ -nicotinic acetylcholine receptor antagonists on adenocarcinoma cancer cells, 22. 4. 2021
- Ana Kump, Lipid droplets – antioxidant organelles that protect cancer cells from ferroptosis, 20. 5. 2021
- Adrijan Ivanušec, Interaction between secreted phospholipases A<sub>2</sub> and mitochondria, 20. 5. 2021
- Gašper Žun, Finding sources and their inheritance of salt tolerance as a polygenic trait, 20. 5. 2021
- Mojca Dobaja Borak, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Isolation and characterization of proteins from *Vipera ammodytes ammodytes* (Vaa) venom that induce transient and reversible thrombocytopenia of functional platelets, 17. 6. 2021
- Aljoša Marinko, Recombinant protein expression of VaaCRISP-1, a cysteine-rich secretory protein isoform from the venom of nose-horned viper, 23. 9. 2021
- Kity Požek, Advancement on VaaMPIII-3, a disintegrin-like/cysteine-rich protein from the venom of *Vipera a. ammodytes*, 23. 9. 2021
- Anže Lovše, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Small bacteriophage protein acts as a master regulator of expression in *Bacillus thuringiensis* serovar *israelensis*, 21. 10. 2021

- Nina Zupanič, Advancements on the study of VaaSPH-1 towards development of the first intrinsic tenase inhibitor-based drug for treatment of venous thrombosis, 21. 10. 2021
- Neža Repar, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, The protective role of oleic acid is not related to its incorporation into lipid droplets in HUVEC cells treated with superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs), 18. 11. 2021
- Anastasija Panevska, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, The story of osteorelysin A6 and what is next, 18. 11. 2021
- Maida Jusovič, Autophagy-driven lipid droplet formation protects cancer cells from nutrient stress, 16. 12. 2021
- Muro Danielli, Interplay between autophagy and lipolysis in cancer cells during nutrient stress, 16. 12. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Tadeja Bele, Adrijan Ivanušec, Igor Križaj, Kity Požek, Dejan Slokar, 45<sup>th</sup> FEBS Congress, Ljubljana (virtualno), 3.–8. 7. 2021 (5)
- Eva Jakljevič, Tina Zavodnik, European Human Genetics Conference Virtual Conference, Dunaj, Avstrija (virtualno), 28.–31. 8. 2021 (2)
- Adrijan Ivanušec, Igor Križaj, Kity Požek, 8<sup>th</sup> Oxford Venoms and Toxins Meeting, Oxford, Velika Britanija, (virtualno), 25.–27. 8. 2021 (3)
- Adrijan Ivanušec, Igor Križaj, Kity Požek, Jernej Šribar, 1<sup>st</sup> International Congress European Venom Network (virtualno), 14.–16. 9. 2021 (4)
- Adrijana Leonardi, The First International Congress of the COST Action European Venom Network (EUVEN 2021) (virtualno), 14.–16. 9. 2021 (1)
- Uroš Petrovič, ICY15 – International Congress on Yeasts *meets* 30 ICYGM – International Conference on Yeast Genetics and Molecular Biology, Dunaj, Avstrija (virtualno), 23.–27. 8. 2021 (1)
- Veronika Plut, Cutting Edge 2021: Scientific conference for young researchers – Independent in science, Ljubljana, Slovenija (virtualno), 16. 9. 2021 (1)
- Jernej Šribar, Dan fiziologije 2021, Ljubljana (virtualno), 10. 12. 2021 (1)
- Jernej Šribar, Designing functional biomolecular assemblies: Beyond biology (virtualno), 28. 9.–1. 10. 2021 (1)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

- prof. dr. Dušan Kordiš
- prof. dr. Igor Križaj, znanstveni svetnik vodja odseka**
- doc. dr. Adrijana Leonardi
- prof. dr. Toni Petan
- prof. dr. Uroš Petrovič\*
- prof. dr. Jože Pungerčar
- dr. Jernej Šribar

### Podoktorski sodelavci

- Mauro Danielli, PhD
- dr. Eva Jarc Jovičič
- dr. Mojca Ogrizovič, odšla 1. 12. 2021*
- dr. Nina Zupanič

### Mlajši raziskovalci

- Tadeja Bele, MSc, R. Avstrija
- Adrijan Ivanušec, mag. mol. funkc. biol.
- Špela Koren, mag. biokem.
- Ana Kump, dipl. farmacevt, R. Makedonija
- Mia Žganjar, mag. biokem.
- Gašper Žun, mag. biokem.

### Strokovni sodelavci

- Kity Požek, mag. biokem.

### Tehniški in administrativni sodelavci

- Igor Koprivec
- mag. Maja Šimaga

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

- Banat University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Temisvar, Romunija
- Biomedicine Institute of Valencia, Valencia, Španija
- Commisariat a l'Energie Atomique-Saclay, Saclay, Francija
- The Centre National de la Recherche Scientifique, Gif-sur-Yvette, Gif s/Yvette, Francija
- Federation of European Biochemical Societies (FEBS)
- Institute für Molekulare Biowissenschaften, Karl-Franzens-Universität, Gradec, Avstrija
- Institute for Wine Biotechnology Faculty of AgriSciences, Stellenbosch University, Južna Afrika
- Institut Pasteur, Pariz, Francija
- Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
- Kemijski inštitut, Ljubljana
- Klinička bolnica Split, Hrvaška
- Lek, d. d., Ljubljana
- National University of Singapore, Singapur
- Sofia University St. Kliment Ohridski, Sofija, Bolgarija
- University of California, San Francisco, Združene države Amerike
- University of Frankfurt, Frankfurt, Nemčija
- University of Leuven, Leuven, Belgija
- University of Milan, Institute of Endocrinology, Milano, Italija
- University of Strathclyde, Glasgow, Škotska, Velika Britanija
- University of Toronto, Terrence Donnelly Centre for Cellular and Biomolecular Research, Toronto, Kanada
- University of Utrecht, Utrecht, Nizozemska
- University of Virginia School of Medicine, Charlottesville, Virginija, Združene države Amerike

23. Univerza v Beogradu, Institut za molekularnu genetiku i genetičko inženjerstvo, Srbija  
 24. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta  
 25. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo  
 26. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo  
 27. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko  
 28. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta  
 29. Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta  
 30. Univerza v Mostaru, Medicinska fakulteta, Mostar, Bosna in Hercegovina  
 31. Univerza v Zagrebu, Centar za istraživanje i prijenos znanja u biotehnologiji, Zagreb, Hrvaška  
 32. Univerza v Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, Hrvaška  
 33. Univerzitetni klinični center, Pediatrična klinika, Ljubljana

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Katja Balantič, Damijan Miklavčič, Igor Križaj, Peter Kramar, "The good and the bad of cell membrane electroporation", *Acta chimica slovenica*, 2021, **68**, 4, 753-764. [COBISS.SI-ID 89840899]
2. Blanka Premrov Bajuk, Petra Zrimšek, Tina Kotnik, Adrijana Leonardi, Igor Križaj, Breda Jakovac-Strajn, "Insect protein-based diet as potential risk of allergy in dogs", *Animals*, 2021, **11**, 7, 1942. [COBISS.SI-ID 68769795]
3. Julieta Marrone, Mauro Danielli, César I. Gaspari, Alejo M. Capigliani, Raúl Marinelli, "Aquaporin gene transfer for hepatocellular cholestasis", *Biochimie*, 2021, **188**, 12-15. [COBISS.SI-ID 81460739]
4. Mauro Danielli, Alejo M. Capigliani, Julieta Marrone, Raúl Marinelli, "Further evidence for the involvement of mitochondrial aquaporin-8 in hepatocyte lipid synthesis", *Biochimie*, 2021, **188**, 16-19. [COBISS.SI-ID 49636355]
5. Klavdija Pačnik *et al.* (11 avtorjev), "Identification of novel genes involved in neutral lipid storage by quantitative trait loci analysis of *Saccharomyces cerevisiae*", *BMC genomics*, 2021, **22**, 110. [COBISS.SI-ID 50785539]
6. Tina Smolič *et al.* (12 avtorjev), "Astrocytes in stress accumulate lipid droplets", *Glia*, 2021, **69**, 6, 1540-1562. [COBISS.SI-ID 52537347]
7. Simon Arhar, Gabriela Gogg-Fassolter, Mojca Brložnik, Klavdija Pačnik, Katharina Schwaiger, Mia Žganjar, Uroš Petrovič, Klaus Natter, "Engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for the accumulation of high amounts of triacylglycerol", *Microbial cell factories*, 2021, **20**, 1, 147. [COBISS.SI-ID 71619331]
8. Nina Zupanič *et al.* (12 avtorjev), "Dietary intake of trans fatty acids in the Slovenian population", *Nutrients*, 2021, **13**, 1, 207. [COBISS.SI-ID 49421571]
9. Anita Kušar *et al.* (16 avtorjev), "Assessment of trans-fatty acid content in a sample of foods from the Slovenian food supply using a sales-weighting approach", *Public health nutrition*, 2021, **24**, 1, 12-21. [COBISS.SI-ID 24537859]
10. Tihana Kurtović, Svjetlana Karabuva, Damjan Grenc, Mojca Dobaja, Igor Križaj, Boris Lukšič, Beata Halassy, Miran Brvar, "Intravenous Vipera berus Venom-specific Fab fragments and intramuscular Vipera ammodytes venom-specific F(ab')<sub>2</sub> fragments in Vipera ammodytes-Envenomed patients", *Toxins*, 2021, **13**, 4, 279. [COBISS.SI-ID 60217859]

## PREGLEDNA ZNANSTVENA ČLANKA

1. Jože Pungercar, Franck Bihl, Gérard Lambeau, Igor Križaj, "What do secreted phospholipases A<sub>2</sub> have to offer in combat against different viruses up to SARS-CoV-2?", *Biochimie*, 2021, **189**, 40-50. [COBISS.SI-ID 67342851]
2. Anita Kušar, Katja Žmitek, Liisa Lähteenmäki, Monique Raats, Igor Pravst, "Comparison of requirements for using health claims on foods in the European Union, the USA, Canada, and Australia/New Zealand", *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2021, **20**, 2, 1307-1332. [COBISS.SI-ID 51072259]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Tadej Markuš, Mladen Soldat, Gregor Kosec, Uroš Petrovič, Martin Kavšček, "Razvoj platformne tehnologije za biotehnoško proizvodnjo karotenoidov", V: *Mikrobiološke ideje na prepihu*, zbornik prispevkov, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2021, 101-112. [COBISS.SI-ID 60823043]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGLAVJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Bruno Lomonte, Igor Križaj, "Snake venom phospholipase A<sub>2</sub> toxins", V: *Handbook of venoms and toxins of reptiles*, 2nd ed., CRC Press, 2021, 385-407. [COBISS.SI-ID 63006467]

## ENCIKLOPEDIJA, SLOVAR, LEKSIKON, PRIROČNIK, ATLAS, ZEMLJEVID

1. Jernej Šribar, Jerica Sabotič, *Navodilo za delo z ultracentrifugo Beckman Coulter Optima XPN-90: poslovna tajnost*, Institut Jožef Stefan, 2021. [COBISS.SI-ID 88466947]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Sabina Ott Rutar, *Filogenomska analiza RNA virusov pri nevretenčarjih*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Dušan Kordiš). [COBISS.SI-ID 72165635]



*Na Odseku za biotehnologijo z uporabo modernih biotehnoloških metod proučujemo molekule živalskega, rastlinskega, glivnega in mikrobiološkega izvora. Želimo jih uporabiti v diagnostične in terapevtske namene v humani in veterinarski medicini, za zaščito rastlin, pripravo kakovostne in varne hrane ter za varovanje okolja in prispevati k izboljšanju zdravja ljudi in okolja, v katerem živimo. Naše raziskovalno delo je še posebej usmerjeno v proučevanje procesov pri napredovanju raka in imunskem odzivu, neurodegenerativnih procesih, mehanizmih delovanja gliv ter iskanju novih biotehnoloških pristopov in produktov.*



Vodja:  
**prof. dr. Boris Rogelj**

## Regulacija protitumorskega imunskega sistema

Na področju vloge peptidaz in njihovih inhibitorjev pri regulaciji protitumorskega imunskega sistema smo se osredotočili na delovanje inhibitorja cistatina F. Ta je pomemben modulator celične citotoksičnosti naravnih celic ubijalk citotoksičnih limfocitov T. Njegovo vlogo smo proučili pri glioblastomu. Ugotovili smo, da v tumorskem mikrookolju različne celice izražajo in izločajo neaktiven dimerni cistatin F, ki se nato lahko prevzame v citotoksične celice, se v njih aktivira in zmanjša citotoksično delovanje. Posledično imajo pacienti s povišanimi vrednostmi cistatina F slabši izid bolezni. Poleg naravnih celic ubijalk in citotoksičnih limfocitov T smo regulatorno vlogo cistatina F določili tudi v posameznih subpopulacijah T celic pomagavk (CD4+), kjer smo ugotovili povezavo med njegovim izražanjem in klonsko ekspanzijo. Cistatin F je pomemben mediator, ki ga koristijo tumorske celice za zmanjšanje imunskega odgovora. Hkrati pa je lahko pomembna tarča za izboljšanje imunoterapije raka. V ta namen smo proučevali delovanje inhibitorjev peptidaze, ki aktivira cistatin F, in regulatorje glikozilacije, ki lahko preprečijo transport cistatina F do svojih tarč v endolizosomski poti.

**Cistatin F v tumorskem mikrookolju zavira citotoksično delovanje limfocitov T in naravnih celic ubijalk.**

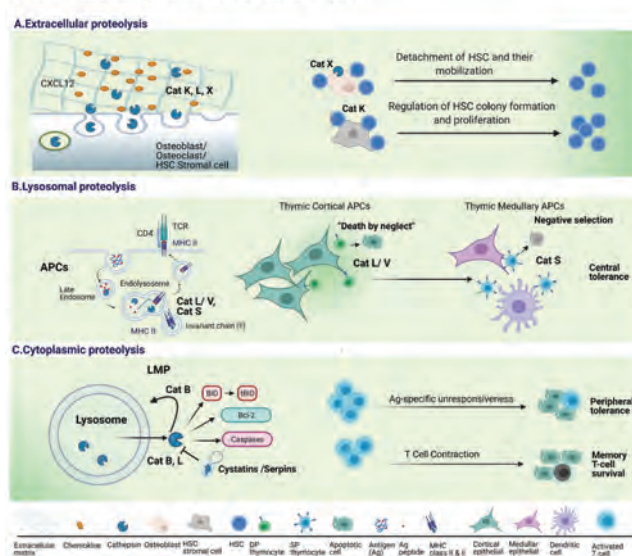
## Molekularne osnove neurodegeneracije

S staranjem prebivalstva in pomanjkanjem učinkovite terapije postajajo neurodegenerativne bolezni eden od vodilnih vzrokov smrti po vsem svetu. Na tem področju je naš glavni poudarek na izbranih genih in proteinih (TDP-43, FUS, C9orf72, SFPQ, MATR3 ...), povezanih z amiotrofično lateralno sklerozo (ALS), frontotemporalno demenco (FTD) in Alzheimerjevo boleznijo (AD). Večina teh genov je na nek način povezana z biogenezo, predelavo, transportom in razgradnjo RNA. Proučujemo jedrni transport, odziv celice na stres in makromolekularne interakcije, ki vodijo do napačne lokalizacije in agregacije teh proteinov.

Ker ključni proteinski interaktorji FUS-a, ki povzročajo njegovo citoplazemsko toksičnost, niso znani, smo uporabili metodo označevanja bližnjih proteinov – BioID2 za identifikacijo interaktoma FUS in FUSdNLS (brez NLS) v celicah HEK293T. Z bioinformatičnimi analizami smo razkrili interaktorje, ki sodelujejo v signalnih poteh procesiranja in razgradnje RNA, prevajanja beljakovin in preživetju (FGF) ali zaviranju rasti (TGF). In vitro analize so pokazale, da FUS interagira z NUDT21 (Nudix hidrolaza 21, podenota faktorja cepitve) in zmanjša njegovo jedrno izražanje, medtem ko interakcija z NUDT21 ni mogoča s FUSdNLS, kar najverjetneje vpliva na 3' RNA cepitev in poliadenilacijo ter vodi do toksične motnje homeostaze v nevronih.

Za določitev sprememb v interaktomu proteina TDP-43 med tvorbo in razpadom stresnih granul smo pripravili štiri celične linije Flp-In HEK293, ki imajo v genom vključen zapis za fuzijski protein APEX-myc-wtTDP-43, APEX-myc-dNLS-TDP-43, APEX-myc-CT-TDP-43 oziroma APEX-myc. Določili smo tudi časovni potek razpada stresnih granul. Pripravili smo celične linije Flp-In HEK293 in Flp-In SH-SY5Y, ki imajo v svoj genom vključen zapis za KO2-wtTDP-43-HA, KO2-dNLS-TDP-43-HA oziroma KO2-only. Pridobili smo tudi vzorce možganov mišk s patologijo TDP-43 ALS, ki jih bomo uporabili za zaznavanje interaktorjev, določenih v poskusih z BioID-TDP43.

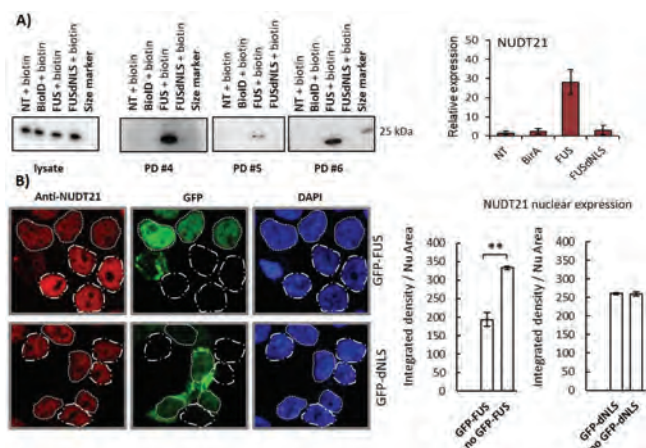
Figure 1. Regulation of T lymphocyte survival by cysteine cathepsins



Slika 1: Vloga cisteinskih katepsinov pri preživetju limfocitov T



V naši študiji, objavljeni v reviji *Brain*, smo se osredotočili na polipeptide, ki nastajajo pri prevajanju mutiranega števila G4C2 ponovitev v genu C9orf72 in se kopičijo v celicah kot agregati, za katere je znano, da vodijo v odmiranje celic pri nevrodegenerativnih obolenjih. Za identifikacijo interaktomov vseh petih polipeptidnih proteinov (polyGA, polyGR, polyPR, polyPA in polyGP), sestavljenih iz 125 dipeptidnih enot, smo tudi uporabili metodo BioID2 označevanja bližnjih proteinov. S tem nam je uspelo identificirati njihove proteinske interakcije in te interakcije potrditi v biopsijah možganskega tkiva bolnikov z ekspanzijo gena C9orf72, v analizah celičnih kultur, kjer smo tudi ovrednotili interakcije med poliGA in proteinom valosin (VCP). Funkcionalna analiza te interakcije, prva te vrste, je pokazala sekvenciacijo VCP-ja z agregati polyGA, spreminjanje ravni topnega proteina VCP v celici in zaviranje avtofagije. Ugotovili smo tudi vpliv ponovitev C4G2 na delovanje fenilalanin-tRNA sintetaze (FARS). Pokazali smo, da pride do zmanjšanja ravni, napolnjene tRNA<sup>phe</sup> v prisotnosti ponovitev in da ponovitve C4G2 inhibirajo delovanje FARS proteina v in vitro poskusih. Dodatno smo pokazali, da interakcija med C4G2 in FARS zmanjša raven izražanja fenilalanin bogatih proteinov v limfoblastih z mutacijo C9orf72 v primerjavi s kontrolami. Razvili smo tudi protokol za click-kemijo s pomočjo mutiranega proteina FARSa, ki omogoča inkorporacijo azido-fenilalanina v proteine, za opazovanje vpliva ponovitev C4G2 na globalno sintezo proteinov.



Slika 2: Identifikacija NUDT21 kot interaktorja proteina FUS. A) Imunoblotti izolatov interaktorjev, označenih z BioID2, ki prikazujejo interakcijo NUDT21 s FUS, kar potrjuje pas NUDT21 25 kDa (levo) in kvantificiran signal (desno). B) Celice, transficirane z GFP-FUS in GFP-FUSdNLS, kažejo zmanjšanje jedrske ekspresije NUDT21 v primerjavi z netransficiranimi celicami (levo) in kvantificiranim signalom (desno).

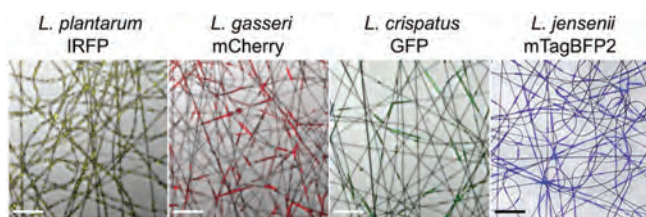
### Sindrom Prader Willi in biologija RNA

V letu 2021 smo dodatno optimizirali protokol za COMRADES, ki ga uporabljamo za pridobivanje podatkov o interaktorjih SNORD116. Pridobili smo knjižnici COMRADES in PARIS za celično linijo SHSY5Y, ki nista podala pričakovanih rezultatov med validacijo knjižnice. Zato smo se osredotočili na dodatno optimizacijo protokola COMRADES, iz katerega bomo pridobili boljše knjižnice, ki jih bomo uporabili za sekvenciranje.

### Probiotiki

Nadaljevali smo delo na področju ciljanja celic raka debelega črevesja z rekombinantno bakterijo *Lactococcus lactis*, ki je varna, se uporablja v prehrani in prihaja iz skupine mlečnokislinskih bakterij. Vezava gensko spremenjenih bakterij na rakave celice bi omogočila selektivno dostavo biofarmaceutikov s strani bakterij in preprečila stranske učinke. Ciljanje smo dosegli z bakterijskim površinskim prikazom dveh majhnih vezavnih proteinov, specifičnih za tumorska antigena EpCAM in HER2, ki sta na rakavih celicah. Funkcionalnost bakterij smo dodatno povečali s sočasnim izražanjem infrardečega fluorescenčnega proteina, ki je omogočil slikanje bakterij. Z uporabo pretočne citometrije in prenosa po westernu smo potrdili vezavo spremenjenih bakterij *L. lactis* na topne oblike označevalcev EpCAM in HER2 in dokazali princip ciljanja na človeških celičnih linijah HEK293, HT-29 in Caco-2. Spremenjene bakterije *L. lactis* so bile selektivne in njihove vezave na celice HEK293 brez tumorskih označevalcev ni bilo mogoče zaznati. Poleg ciljanja celic v statičnih pogojih smo dokazali tudi sposobnost spremenjenih bakterij *L. lactis* za ciljanje v pogojih stalnega pretoka bakterijske suspenzije prek celic HEK293 v naprednem fluidnem sistemu, s čimer smo posnemali razmere v prebavilih.

**Pripravili smo bakterije *Lactococcus lactis*, ki na površini predstavljajo vezalce tumorskih antigenov in se selektivno pritrdijo na rakave celice.**



Slika 3: Reprezentativne mikroskopske slike nanovlaknen z vključenimi različnimi vrstami laktobacilov (*Lactobacillus crispatus* ATCC 33820, *Lactobacillus gasseri* ATCC 33323 in *Lactobacillus jensenii* ATCC 25258), ki izražajo fluorescentne proteine IRFP, mCherry, GFP in mTagBFP2 z različnimi spektralnimi lastnostmi. Oznaka: 20 µm.

Zgornje raziskave so razkrile potrebo po preprosti in modularni pripravi multigenjskih plazmidov ter nadzorovanem hkratnem izražanju več proteinov v bakteriji *L. lactis*. V ta namen smo za bakterijo *L. lactis* pripravili modificiran sistem BglBrick, prvotno razvit za bakterijo *Escherichia coli*, ki omogoča preprosto sestavljanje več genskih kaset. Šest različnih ekspresijskih kaset, ki kodirajo modelne proteine, smo sestavili v različnem vrstnem redu kot dele modificiranega sistema BglBrick v novem plazmidu pNBBX. Modelne proteine smo izrazili samostojno ali sočasno in pokazali prvo nadzorovano izražanje treh modelnih proteinov v bakteriji *L. lactis*, s precejšnjim biotehnoološkim potencialom v sintezni biologiji mlečnokislinskih bakterij.

Mlečnokislinske bakterije, zlasti laktobacili, so del zdrave vaginalne mikrobiote in se lahko uporabljajo za uravnavanje vaginalne disbioze. V nanovlakna iz poli(etilen oksida) smo vključili modelne vaginalne laktobacile *Lactobacillus crispatus* ATCC 33820, *Lactobacillus gasseri* ATCC 33323 in *Lactobacillus jensenii* ATCC 25258, kar potencialno

predstavlja nov sistem za dostavo probiotikov. Da bi olajšali raziskave njihove porazdelitve in mehanizma delovanja, smo v njih izrazili gene za fluorescenčne proteine z različnimi spektralnimi lastnostmi. To je omogočilo kvantifikacijo in razlikovanje med celicami laktobacilov v nanovlaknih s fluorescenčno mikroskopijo, pa tudi v suspenziji po raztapljanju nanovlaken z merjenjem fluorescence. Pristop bo olajšal sledenje probiotikom v prihodnjih raziskavah njihove dostave.

### Glikobiologija

Na področju glikobiologije smo nadaljevali z raziskavami, usmerjenimi v molekularne mehanizme razvoja bakterijskih biofilmov, in sicer na modelu patogenih bakterij *Listeria*. Na osnovi analize rezultatov študij naključne mutagenoze celotnih genomov in pregleda literature smo pripravili pregledni članek o dosedanjih dognanjih o vlogi posameznih struktur, ki sestavljajo celično površino, na razvoj biofilmov listerij na abiotskih površinah. Poznavanje povezav med površinskimi strukturami, ki so vpletene v proces tvorbe biofilmov, in virulenčnimi faktorji je zelo pomembno, saj biofilmi omogočajo bakterijam dolgoročno preživetje v raznovrstnih okoljih. Razumevanje vloge teh struktur pa bo prispevalo k razvoju novih strategij za nadzor mikroorganizmov, ki najbolj ogrožajo zdravje ljudi in živali. Nadalje smo v sodelovanju s prof. Paolo Cescutti z Univerze v Trstu in drugimi sodelavci določili strukturo tejhojske kisline iz celične stene bakterij *Listeria innocua* ŽM39. Izkazalo se je, da gre za nov tip strukture tejhojske kisline pri listerijah, ki pa je podobna tistim, značilnim za serovar 6a. Določitev zaporedja in anotacija genoma tega seva pa sta omogočila tudi identifikacijo predvidenih genov za biosintezo tejhojske kisline.

Na področju bioaktivnih proteinov iz gliv smo v letu 2021 nadaljevali z raziskavami, usmerjenimi v iskanje protimikrobnih aktivnosti. Pomembno je razlikovati med protimikrobnimi (vplivajo na rast) in protibiofilmskimi (vplivajo na biofilm) aktivnostmi, saj protimikrobna zdravila, ki vplivajo na rast bakterij, povzročajo selekcijski pritisk, kar vodi k hitremu razvoju protimikrobne odpornosti. Zato je nadaljnji razvoj alternativ antibiotikom med drugim usmerjen v učinkovine, ki ne vplivajo na rast bakterij in vplivajo na biofilm, tako da onemogočajo vztrajanje okužbe v določenem okolju. V sodelovanju z Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani smo razvili novo metodo za razlikovanje med protimikrobno in protibiofilmsko aktivnostjo na modelu patogene bakterije *Salmonella*. Pristop uporabe rastne krivulje za sočasno analizo promikrobnega in protibiofilmskega delovanja predstavlja metodološko novost, zato smo zanj vložili patentno prijavo. Ta preprost pristop smo imenovali Simba in je bil nagrajen s 3. mestom rektorjeve nagrade Univerze v Ljubljani za najboljšo inovacijo 2021. Pristop Simba smo tudi preizkusili pri pregledu izvlečkov iz 38 divjih in 4 vrst gojenih gob ter ugotovili, da ima navadna ledenka (*Pseudohydnum gelatinosum*) protimikrobno, bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) protibiofilmsko in pozna livka (*Infundibulicybe geotropa*) obe aktivnosti.

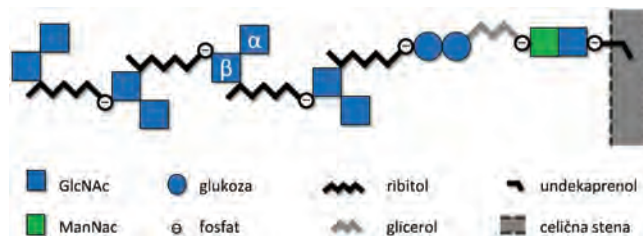
### Raziskave, povezane s covidom-19

Nadaljevali smo z raziskavami vloge cisteinskih peptidaz pri replikaciji virusa SARS-CoV-2. Pri tem smo ugotovili, da so iz našega nabora inhibitorjev učinkoviti predvsem specifični inhibitorji katepsina B, med drugim antibiotik nitroksolin. Vnos virusa v gostiteljske celice poteka po dveh glavnih mehanizmih, to je z membranskim zlitjem in z endocitozo. Mehanizma se razlikujeta glede načina cepitve S proteina, pri endocitozni poti sta pri tem udeležena predvsem katepsina B in L. Različne variante SARS-CoV-2 se razlikujejo glede mehanizma vnosa, omikron na primer uporablja endocitozno pot vnosa. V tem primeru so prav inhibitorji katepsinov B in L primerni za protivirusno terapijo. Ob prehodu pandemije covid-19 v endemično fazo bodo poleg cepiv tudi protivirusna zdravila ključno vlogo pri obvladovanju bolezni. Za uporabo inhibitorjev cisteinskih peptidaz kot protivirusnih učinkovin smo vložili tudi mednarodno patentno prijavo PCT.

Raziskovalni rezultati članov Odseka za biotehnologijo so bili v letu 2021 objavljeni v 20 člankih v revijah z dejavnikom vpliva. Objavili smo tudi osem preglednih člankov. Pridobili smo dva nova ARRS-projekta. Urša Čerček je dobila Prešernovo in Krkino nagrado. Člani odseka so bili zelo aktivni tudi na pedagoškem področju, saj so sodelovali kot predavatelji ali mentorji diplomantom, magistrantom in doktorantom na univerzah v Sloveniji in tujini. Dr. Jerica Sabotič in dr. Ana Mitrovič sta bili mentorici pri dveh Krkinih nagradah. Na Odseku sta bili v letu 2020 zaključeni dve doktorski deli.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Rheenen, Wouter van, Van Der Spek, Rick A. A., Bakker, Mark K., Van Vugt, Joke J. F. A., Hop, Paul J., ..., Rogelj, Boris, Koritnik, Blaž, Zidar, Janez, Ravnik-Glavač, Metka, Glavač, Damjan, *et al.*, Common and rare variant association analyses in amyotrophic lateral sclerosis identify 15 risk loci with distinct genetic architectures and neuron-specific biology, *Nature genetics*, 2021, 53, 12, 1636-1648



Slika 4: Tejhojska kislina celične stene pri bakteriji *Listeria innocua* ŽM39.

### V gobah so snovi, ki zavirajo tvorbo bakterijskih biofilmov.

2. Pasha, Terouz, Zatorska, Anna, Sharipov, Daulet, Rogelj, Boris, Hortobagyi, Tibor, Hirth, Frank, Karyopherin abnormalities in neurodegenerative proteinopathies, *Brain : journal of neurology*, 2021, 144, 10, 2915-2932
3. Perišič, Milica, Pečar Fonovič, Urša, Jakoš, Tanja, Kos, Janko, The role of cysteine peptidases in hematopoietic stem cell differentiation and modulation of immune system function, *Frontiers in immunology*, 2021, 12, 680279-1-680279-19
4. Senjor, Emanuela, Perišič, Milica, Breznik, Barbara, Mitrovič, Ana, Mlakar, Jernej, Rotter, Ana, Porčnik, Andrej, Lah Turnšek, Tamara, Kos, Janko, Cystatin F acts as a mediator of immune suppression in glioblastoma, *Cellular oncology*, 2021, 44, 5, 1051-1063
5. Stojanov, Spase, Plavec, Tina Vida, Kristl, Julijana, Zupančič, Špela, Berlec, Aleš, Engineering of vaginal lactobacilli to express fluorescent proteins enables the analysis of their mixture in nanofibers, *International journal of molecular sciences*, 2021, 22, 24, 13631-1-13631-18
6. Plavec, Tina Vida, Mitrovič, Ana, Perišič, Milica, Štrukelj, Borut, Kos, Janko, Berlec, Aleš, Targeting of fluorescent Lactococcus lactis to colorectal cancer cells through surface display of tumour-antigen binding proteins, *Microbial biotechnology*, 2021, 14, 5, 2227-2240
7. Janež, Nikolaja, Škrli, Blaž, Sterniša, Meta, Klančnik, Anja, Sabotič, Jerica, The role of the Listeria monocytogenes surfactome in biofilm formation, *Microbial biotechnology*, 2021, 14, 4, 1269-1281

## Organizacija in soorganizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Aleš Berlec: 45<sup>th</sup> FEBS Congress, Ljubljana (virtualno), 3. 7.-8. 7. 2021
2. Ana Mitrovič: Minisymposium Data from the field on biomolecular interactions (virtualno), 25. 11. 2021
3. Jerica Sabotič: 20<sup>th</sup> FEBS Young Scientist's Forum, Lovran, Lovran, Hrvaška (virtualno) 15. 6.-18. 6. 2021

## Nagrade in priznanja

1. Jerica Sabotič: 3. mesto rektorjeve nagrade Univerze v Ljubljani za najboljšo inovacijo 2021, Ljubljana, rektor Univerze v Ljubljani prof. dr. Gregor Majdič, SIMBA – Sočasna detekcija protimikrobnega in protibiofilmskega delovanja.
2. Emanuela Senjor: dekanova nagrada, Ljubljana, Slovenija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, za članek Cystatin F acts as a mediator of immune suppression in glioblastoma, objavljen v Cellular oncology.
3. Abida Zahirovič: Krkina posebna pohvala za raziskovalno nalogo, Novo mesto, Krka. Naslov dela: Identifikacija in ovrednotenje mimotopov glavnega alergena čebeljega strupa Api m 1 za razvoj specifične imunoterapije.

---

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. COST CA18238; Ocean4Biotech - Evropska transdisciplinarna mreža za morskot biotehnologijo  
COST Association AISBL; dr. Jerica Sabotič
2. COST CA19123 - PHOENIX; Varovanje, stabilnost, rehabilitacija degradiranih okolij  
COST Association AISBL; prof. dr. Aleš Berlec
3. Nevropatološka ocena in vivo interaktivnosti TDP-43, FUS in MATR3 pri ALS in FTD  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; prof. dr. Boris Rogelj
4. Navzkrižna uravnavna proteinopatije in vnetja pri amiotični lateralni sklerozi  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; prof. dr. Boris Rogelj

## PROGRAM

1. Farmacevtska biotehnologija: znanost za zdravje  
prof. dr. Janko Kos

## PROJEKTI

1. Vloga paraspeklov podobnih jedrnih teles pri patogenezi neurodegenerativnih boleznih ALS in FTD  
prof. dr. Boris Rogelj
2. Zaviranje aktivnosti katepsina X kot nov pristop za zdravljenje Parkinsonove bolezni  
prof. dr. Janko Kos
3. Mehanizmi adhezije bakterij Campylobacter kot tarča za zmanjšanje antibiotične odpornosti  
dr. Jerica Sabotič
4. Bakterična nanorezila: preizkus bimodalnega mehanokemijskega odstranjevanja trdovratnih biofilmov  
dr. Jerica Sabotič

5. Katepsina B in X v tumorskih matičnih celicah raka dojke - molekulske tarče in pomen za protitumorno terapijo  
dr. Ana Mitrovič
6. Med-bakterijska dinamika biofilma: vpliv na tvorbo in strukturo biofilma bakterij Campylobacter z namenom razvoja novih inovativnih strategij nadzora  
dr. Jerica Sabotič
7. Rekombinantni probiotiki kot bio-alternativni protimikrobni pristop proti bakteriji Clostridioides difficile  
prof. dr. Aleš Berlec
8. Molekularni mehanizmi specifičnosti pri uravnavanju izločanja in delovanja citokinov mišičnega izvora  
prof. dr. Boris Rogelj
9. Ciljanje, slikanje in zdravljenje kolorektalnega raka z varnimi teranostičnimi bakterijami  
prof. dr. Aleš Berlec
10. Fazni prehodi v sistemih periodičnih nukleotidnih ekspanzij povezanih z neurodegenerativnimi boleznimi  
prof. dr. Boris Rogelj
11. Nove protimikrobne strategije preprečevanja tvorbe biofilma z uporabo lektinov, ki inhibirajo bakterijsko adhezijo  
dr. Jerica Sabotič
12. Izboljšanje imunoterapevtske vrednosti NK celic z modulacijo cistatina F  
prof. dr. Janko Kos
13. Napake v jedrnem transportu pri frontotemporalni demenci  
prof. dr. Boris Rogelj
14. Cistatin F kot mediator imunske supresije v mikrookolju glioblastoma  
dr. Milica Perišič Nanut
15. Novi proteini gliv kot biopesticidi za zatiranje invazivnih tujerodnih kmetijskih škodljivcev  
dr. Jerica Sabotič
16. Majhni proteinski blokatorji osi IL-23/IL-17 izločeni iz probiotičnih bakterij kot zaviralci vnetja prebavil  
prof. dr. Aleš Berlec

17. Ciljanje faznega ločevanja in agregacije proteinov v neurodegenerativnih proteinopatijah TDP-43  
prof. dr. Boris Rogelj
18. PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)  
prof. dr. Boris Rogelj

19. Cell4Chem: Inženirstvo mikrobnih skupnosti za pretvorbo lignoceluloze v srednje-verižne karboksilate  
prof. dr. Aleš Berlec

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Aleš Berlec, Tina Vida Plavec, World Microbe Forum (virtualno), 20. 6.–24. 6. 2021 (1)
2. Aleš Berlec, Urša Čerček, Ana Mitrovič, Tina Vida Plavec, Jerica Sabotič, Emanuela Senjor, Abida Zahirovič 45<sup>th</sup> FEBS Congress, Ljubljana (virtualno), 3. 7.–8. 7. 2021 (13)
3. Aleš Berlec, Tina Vida Plavec, Abida Zahirovič, 13<sup>th</sup> Symposium on Lactic Acid Bacteria, Bergen, Nizozemska (virtualno), 23. 8.–25. 8. 2021 (4)
4. Urša Čerček, ENCALS 2021 (virtualno), 12. 5.–14. 5. 2021
5. Urša Čerček, RNA Society Conference 2021 (virtualno), 25. 5.–4. 6. 2021
6. Urša Čerček, EMBO practical course on biomolecular interactions 2021 (virtualno), 25. 10.–29. 10. 2021
7. Urša Čerček, International symposium on ALS/MND 2021 (virtualno), 7. 12. 2021
8. Ana Mitrovič, EACR Conference on Goodbye Flat Biology: Next Generation Cancer Models (virtualno), 5. 10.–6. 10. 2021

9. Ana Mitrovič, Minisymposium, Data from the field on biomolecular interactions (virtualno), 25. 11. 2021
10. Ana Mitrovič, EACR-AstraZeneca Virtual Conference Drug Tolerant Persister Cells, 7. 12.–8. 12. 2021
11. Ana Mitrovič, 2<sup>nd</sup> International Conference Cancer Metastasis (virtualno), 13. 12.–17. 12. 2021
12. Jerica Sabotič, Emanuela Senjor, 20<sup>th</sup> FEBS Young Scientist's Forum, Lovran, Hrvaška (virtualno), 15. 6.–18. 6. 2021 (2)
13. Jerica Sabotič, 6<sup>th</sup> Latin American Glycobiology Congress, Mexico City, Mehika (virtualno), 5. 10.–8. 10. 2021 (1)
14. Jerica Sabotič, 15<sup>th</sup> International Symposium on Biocatalysis and Biotransformations, Gradec, Avstrija (virtualno), 19. 7.–22. 7. 2021 (1)
15. Emanuela Senjor, Joint Warren and Beilstein Symposium on Glycosciences (virtualno), 23. 6.–25. 6. 2021
16. Emanuela Senjor, Leipzig Immune Oncology Conference 2021 (virtualno), 9. 11.–10. 11. 2021
17. Emanuela Senjor, Raziskovalni dan Fakultete za farmacijo, Ljubljana, 1. 12. 2021

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. prof. dr. Aleš Berlec
2. prof. dr. Janko Kos\*, znanstveni svetnik
3. doc. dr. Helena Motaln
4. dr. Milica Perišič Nanut
5. **prof. dr. Boris Rogelj, vodja odseka**
6. dr. Jerica Sabotič
7. prof. dr. Borut Štrukelj\*, znanstveni svetnik

### Podoktorski sodelavci

8. dr. Nikolaj Janež
9. *dr. Mirjana Malnar, odšla 1. 9. 2021*
10. dr. Ana Mitrovič
11. *dr. Eva Ogorevc, odšla 1. 5. 2021*
12. dr. Tina Vida Plavec
13. *dr. Mateja Prunk, odšla 1. 7. 2021*
14. dr. Abida Zahirovič

### Mlajši raziskovalci

15. Urša Čerček, mag. ind. farm.
16. Emanuela Senjor, mag. farm.
17. Petra Štravs, mag. biotehnol.

### Strokovni sodelavci

18. Tadeja Tumpelj, mag. biotehnol.
19. Tanja Zupan, mag. biokem.

### Tehniški in administrativni sodelavci

20. mag. Maja Šimaga

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Centre de Recherches sur les Macromolécules Végétales – CERMAV, Grenoble, Francija
2. Centro para la Calidad de los Alimentos (INIA), Soria, Španija

3. Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich, Švica
4. Inha University, Južna Koreja
5. International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology – ICGEB, Trst, Italija
6. Institute of Biotechnology of the Czech Academy of Science, BIOCEV Research Center, Vestec, Republika Češka
7. King's College London, Institute of Psychiatry, Velika Britanija
8. Kmetijski inštitut, Ljubljana
9. Leiden University Medical Center, Center for Proteomics and Metabolomics, Leiden, Nizozemska
10. Lek, d. l., Ljubljana
11. Ludwig Maximilian University, München, Nemčija
12. Medical School Duluth, Department of Physiology and Pharmacology, Duluth, Združene države Amerike
13. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana
14. Szent Istvan University, Institute for Plant Protection, Godollo, Madžarska
15. Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Švica
16. Université de Lorraine, INRA, Francija
17. Univerza v Beogradu, Fakulteta za biologijo, Beograd, Srbija
18. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
19. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo
20. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
21. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Maribor
22. Univerzitet u Tuzli, Farmaceutski fakultet, Tuzla, Bosna in Hercegovina
23. Univerzitet u Tuzli, Medicinski fakultet, Tuzla, Bosna in Hercegovina
24. University of Bristol, School of Biological Sciences, Bristol, Velika Britanija
25. University of California, Los Angeles, Združene države Amerike
26. University of California, Ludwig Cancer Research, San Diego, Združene države Amerike
27. University of Kyev-Mohyla Academy, Kijev, Ukrajina
28. University of London, Velika Britanija
29. University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU) Dunaj, Avstrija
30. University of Padova, Padova, Italija
31. University of Pittsburg, Združene države Amerike
32. University of Trieste, Department of Life Sciences, Italija
33. University of Salzburg, Department of Molecular Biology, Avstrija
34. University of Zurich, Institute of Plant Biology, Zollikon, Švica
35. Zavod Biomedicinska razvojno inovativna skupina, Ljubljana

## BIBLIOGRAFIJA

### IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Tomaž Marš *et al.* (11 avtorjev), "Innervation and electrical pulse stimulation - in vitro effects on human skeletal muscle cells", *Applied physiology, nutrition and metabolism*, 2021, **46**, 4, 299-308. [COBISS.SI-ID 24641539]

2. Terouz Pasha, Anna Zatorska, Daulet Sharipov, Boris Rogelj, Tibor Hortoba'gyi, Frank Hirth, "Karyopherin abnormalities in neurodegenerative proteinopathies", *Brain: journal of neurology*, 2021, **144**, 10, 2915–2932. [COBISS.SI-ID 87473667]
3. Anja Pišlar, Janko Kos, "γ-enolase enhances Trk endosomal trafficking and promotes neurite outgrowth in differentiated SH-SY5Y cells", *Cell communication and signaling*, 2021, **18**, 118. [COBISS.SI-ID 95372803]

4. Emanuela Senior, Milica Perišić, Barbara Breznik, Ana Mitrović, Jernej Mlakar, Ana Rotter, Andrej Porčnik, Tamara Lah Turnšek, Janko Kos, "Cystatin F acts as a mediator of immune suppression in glioblastoma", *Cellular oncology*, 2021, **44**, 5, 1051-1063. [COBISS.SI-ID 69253379]
5. Badr Jismy, Abdelkarim El Qami, Anja Pišlar, Rok Frlan, Janko Kos, Stanislav Gobec, Damijan Knez, Mohamed Abarbri, "Pyrimido[1,2-b]indazole derivatives: selective inhibitors of human monoamine oxidase B with neuroprotective activity", *European journal of medicinal chemistry*, 2021, **209**, 112911. [COBISS.SI-ID 31851523]
6. Tina Vida Plavec, Tim Ključevšek, Aleš Berlec, "Introduction of modified bglbrick system in *Lactococcus lactis* for straightforward assembly of multiple gene cassettes", *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 2021, **9**, 797521. [COBISS.SI-ID 88996867]
7. Aleš Berlec, Nikolaja Janež, Meta Sterniša, Anja Klančnik, Jerica Sabotič, "Expression of NanoLuc luciferase in *Listeria innocua* for development of biofilm assay", *Frontiers in microbiology*, 2021, **12**, 636421. [COBISS.SI-ID 49628675]
8. Milica Perišić, Graham Pawelec, Janko Kos, "Human CD4+ T-cell clone expansion leads to the expression of the cysteine peptidase inhibitor cystatin F", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 16, 8408. [COBISS.SI-ID 72774659]
9. Tanja Jakoš, Mateja Prunk, Anja Pišlar, Janko Kos, "Cathepsin X activity does not affect NK-target cell synapse but is rather distributed to cytotoxic granules", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 24, 13495. [COBISS.SI-ID 89846019]
10. Spase Stojanov, Tina Vida Plavec, Julijana Kristl, Špela Zupančič, Aleš Berlec, "Engineering of vaginal lactobacilli to express fluorescent proteins enables the analysis of their mixture in nanofibers", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 24, 13631. [COBISS.SI-ID 90159363]
11. Mirjana Malnar, Boris Rogelj, "SFPQ regulates the accumulation of RNA foci and dipeptide repeat proteins from the expanded repeat mutation in C9orf72", *Journal of cell science*, 2021, **134**, 4, jcs256602. [COBISS.SI-ID 50363907]
12. Janko Ignjatovic, Nevena Đajić, Jovana Krmar, Ana Protić, Borut Štrukelj, Biljana Otašević, "Molecular docking study on biomolecules isolated from endophytic fungi", *Journal of the Serbian Chemical Society*, 2021, **86**, 2, 125-137. [COBISS.SI-ID 87738371]
13. Tina Vida Plavec, Ana Mitrović, Milica Perišić, Borut Štrukelj, Janko Kos, Aleš Berlec, "Targeting of fluorescent *Lactococcus lactis* to colorectal cancer cells through surface display of tumour-antigen binding proteins", *Microbial biotechnology*, 2021, **14**, 5, 2227-2240. [COBISS.SI-ID 73046275]
14. Tina Vida Plavec, Abida Zahirović, Petra Zadravec, Jerica Sabotič, Aleš Berlec, "Lectin-mediated binding of engineered *Lactococcus lactis* to cancer cells", *Microorganisms*, 2021, **9**, 2, 223. [COBISS.SI-ID 48389123]
15. Wouter van Rheenen *et al.* (247 avtorjev), "Common and rare variant association analyses in amyotrophic lateral sclerosis identify 15 risk loci with distinct genetic architectures and neuron-specific biology", *Nature genetics*, 2021, **53**, 12, 1636-1648. [COBISS.SI-ID 88131075]
16. Ana Dolšak, Tomaž Bratkovič, Larisa Mlinarič, Eva Ogorevc, Urban Švajger, Stanislav Gobec, Matej Sova, "Novel selective IDO1 inhibitors with isoxazolo[5,4-d]pyrimidin-4(5H)-one scaffold", *Pharmaceuticals*, 2021, **14**, 3, 265. [COBISS.SI-ID 57316099]
17. Ilona Berezki *et al.* (21 avtorjev), "Natural apocarotenoids and their synthetic glycopeptide conjugates inhibit SARS-CoV-2 replication", *Pharmaceuticals*, 2021, **14**, 11, 1111. [COBISS.SI-ID 83004931]
18. Spase Stojanov, Matjaž Ravnikar, Aleš Berlec, Samo Kreft, "Interaction between silver fir (*Abies alba*) wood water extract and lactobacilli", *Pharmazie*, 2021, **76**, 12, 614-617. [COBISS.SI-ID 99604227]
19. Samo Kreft, Borut Štrukelj, "Influence of magnesium sulphate on cholecystokinin, hunger, and obesity", *Progress in nutrition*, 2021, **23**, 3, 9081. [COBISS.SI-ID 80102659]
4. Tanja Jakoš, Anja Pišlar, Anahid Jewett, Janko Kos, "Myeloid-derived suppressor cells hamper natural killer cell activity in cancer: role of peptidases", *Critical reviews in immunology*, 2021, **41**, 2, 77-99. [COBISS.SI-ID 74957315]
5. Milica Perišić, Urša Pečar Fonovič, Tanja Jakoš, Janko Kos, "The role of cysteine peptidases in hematopoietic stem cell differentiation and modulation of immune system function", *Frontiers in immunology*, 2021, **12**, 680279. [COBISS.SI-ID 71732995]
6. Ana Rotter *et al.* (61 avtorjev), "The essentials of marine biotechnology", *Frontiers in marine science*, 2021, **8**, 629629. [COBISS.SI-ID 55345411]
7. Nikolaja Janež, Blaž Škrj, Meta Sterniša, Anja Klančnik, Jerica Sabotič, "The role of the *Listeria monocytogenes* surfactome in biofilm formation", *Microbial biotechnology*, 2021, **14**, 4, 1269-1281. [COBISS.SI-ID 67146499]
8. Helena Motaln, Nina Recek, Boris Rogelj, "Intracellular responses triggered by cold atmospheric plasma and plasma-activated media in cancer cells", *Molecules*, 2021, **26**, 5, 1336. [COBISS.SI-ID 53601283]

## STROKOVNI ČLANEK

1. Borut Štrukelj, "Biološka zdravila za zdravljenje kroničnih vnetnih bolezni", *Medicina danes*, 2021, pos. izd. jan., 4-7. [COBISS.SI-ID 47794435]

## OBJAVLJENI STROKOVNI PRISPEVEK NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. Borut Štrukelj, "Razvoj cepiv od začetkov do sodobnih tehnologija", V: *Viruse okužbe in cepljenje: strokovno izpopolnjevanje za magistre farmacije v letu 2021*, zbornik prispevkov, Lekarniška zbornica Slovenije, 2021, 25-30. [COBISS.SI-ID 73330435]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Borut Štrukelj, "From gene engineering to modern biologicals", V: *Course notes. 4. Drug design, advanced therapy medicinal products and microbiology*, Ljubljana Faculty of Pharmacy, 2021, 95-123. [COBISS.SI-ID 79595779]
2. Janko Kos, Anahid Jewett, Anja Pišlar, Tanja Jakoš, Emanuela Senior, Milica Perišić, "The role of peptidases and their endogenous inhibitors in the regulation of NK cell cytotoxicity", V: *Successes and challenges of NK Immunotherapy: breaking tolerance to cancer resistance*, Academic Press, 2021, 83-100. [COBISS.SI-ID 66193411]
3. Anahid Jewett, Janko Kos, Tamara Lah Turnšek, Po-Chun Chen, Barbara Breznik, Emanuela Senior, Nishant Chovatiya, Kawaljit Kaur, Meng-Wei Ko, "Novel strategies to expand supercharged NK cells with augmented capacity to withstand inactivation by tumors", V: *Successes and challenges of NK Immunotherapy: breaking tolerance to cancer resistance*, Academic Press, 2021, 101-119. [COBISS.SI-ID 66200579]

## ENCIKLOPEDIJA, SLOVAR, LEKSIKON, PRIROČNIK, ATLAS, ZEMljeVID

1. Jernej Šrivar, Jerica Sabotič, *Navodilo za delo z ultracentrifugo Beckman Coulter Optima XPN-90: poslovna tajnost*, Institut Jožef Stefan, 2021. [COBISS.SI-ID 88466947]

## PATENTNA PRIJAVA

1. Mojca Lunder, Borut Štrukelj, Peter Korošec, Ana Koren, *IgE epitope-like peptides and uses thereof*, US2021115097 (A1), US Patent Office, 22. 04. 2021. [COBISS.SI-ID 62826499]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Tina Vida Plavec, *Površinska predstavitev vezalcev tumorskih antigenov na bakterijah *Lactococcus lactis* NZ9000 in vrednotenje njihove vezave na izbrane človeške tumorske celične linije*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Aleš Berlec; somentor Borut Štrukelj). [COBISS.SI-ID 76278531]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Valentina Novak, Boris Rogelj, Vera Župunski, "Therapeutic potential of polyphenols in amyotrophic lateral sclerosis and frontotemporal dementia", *Antioxidants*, 2021, **10**, 8, 1328. [COBISS.SI-ID 75095555]
2. Anja Pišlar, Lara Bolčina, Janko Kos, "New insights into the role of cysteine cathepsins in neuroinflammation", *Biomolecules*, 2021, **11**, 12, 1796. [COBISS.SI-ID 87903491]
3. Kawaljit Kaur, Meng-Wei Ko, Anahid Jewett, Po-Chun Chen, Barbara Breznik, Emanuela Senior, Paul Wong, Yuhao Wang, Nishant Chovatiya, "Probiotics in health and disease: distinct roles of different strains in natural killer cell activation and regulation", *Critical reviews in immunology*, 2021, **41**, 2, 1-19. [COBISS.SI-ID 61314819]

**Odsek za znanosti o okolju raziskuje prepletanje fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov, ki oblikujejo naše okolje ter vpliv človeka in njegove dejavnosti na okolje. Naše raziskave so interdisciplinarne in multidisciplinarne in potekajo v več sklopih, kot so Analizna kemija okolja, Kroženje snovi in elementov v okolju, Mikrobna sistemska ekologija, Okolje, zdravje in hrana, Okoljske tehnologije, Ocena vplivov na okolje in ocena tveganja ter Nadzorne meritve v okolju. Sodelujemo tudi pri razvoju tehničnih rešitev za okoljske probleme in upravljanje okolja. V okviru odseka delujejo tudi ISO-FOOD – ERA katedra za kakovost, varnost in sledljivost živil z uporabo izotopskih tehnik, infrastrukturni Center za masno spektrometrijo in ELME – ekološki kemijski laboratorij z mobilno enoto.**



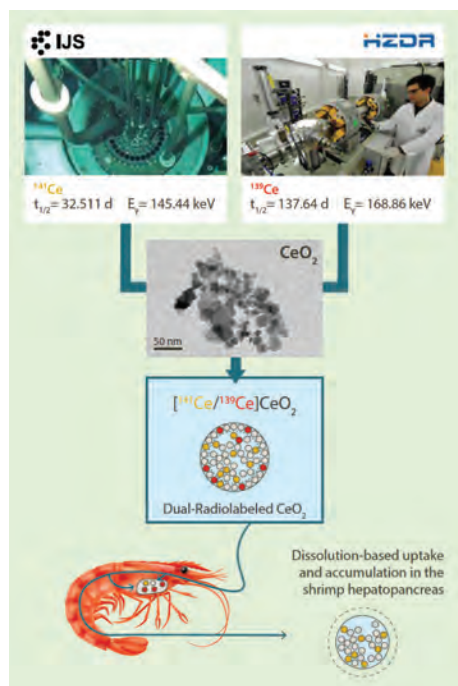
Vodja:  
**prof. dr. Milena Horvat**

## Analizna kemija okolja in bioloških sistemov

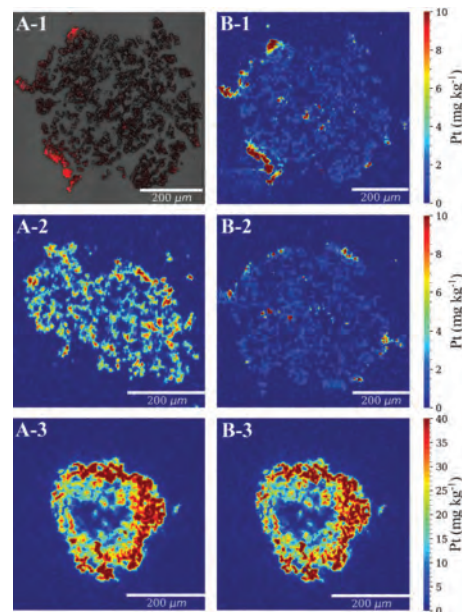
### Anorganska analiza

Vloga kemijskih elementov v sledovih in njihov vpliv na okolje in žive organizme nista odvisna le od njihove celotne koncentracije, temveč tudi od kemičnih oblik, v katerih so prisotni. Zato so naše raziskave usmerjene v razvoj novih analitskih postopkov za določanje elementov in njihovih kemijskih zvrsti (Al, Cr, Sn, As, Hg, Br, Pt, Ru, Ni, V, Zn) v okoljskih in bioloških vzorcih.

Na področju *speciacije elementov* v sledovih smo z združenjo monolitno kromatografijo v povezavi z masno spektrometrijo z induktivno sklopljeno plazmo (ICP-MS) razvili nov analitski postopek določitve Cu v človeškem serumu, vezan na ceruloplazmin (Cp) in albumin (HSA). Dva imunoafinitetna diska CIMac (anti-HSA) in en CIMac šibek anionsko izmenjalen dietilaminom (DEAE) disk smo vstavili v skupno ohišje in sestavili monolitno kolono CLC. Na anti-HSA disku se je zadržal HSA, kar je omogočilo nadaljnjo ločitev Cu, vezanega na ligande z nizko molekularno maso (LMM), od Cu, vezanega na Cp. Nazadnje smo iz kolone eluirali Cu, vezan na HSA. Ločene Cu zvrsti smo kvantificirali s pokolonsko ID-ICP-MS. Razvito metodo bomo uporabili pri analizi Cp v resničnih vzorcih humanega seruma.



Slika 2: Analiza kompleksnih okoljskih procesov z uporabo kompleksne medinstitutske infrastrukture



Slika 1: Slikanje visoke prostorske ločljivosti cisplatinu in Texas Red cisplatinu v tumorskih sferoidih z uporabo laserske ablacije z redčenjem izotopa z induktivno sklopljeno plazemsko masno spektrometrijo in konfokalno fluorescenčno mikroskopijo

Razvili smo novo analitsko metodo za speciacijo Cr-LMM kompleksov in Cr(VI) v rastlinah, pri čemer smo uporabili anionsko izmenjevalno HPLC v povezavi z ICP-MS. Ligande, na katere je bil vezan Cr, smo identificirali s HR-MS. Razvito metodo smo uporabili pri speciaciji Cr v regratu, ki je raste na tleh z visoko vsebnostjo Cr, ter pri proučevanju privzema in pretvorbe Cr zvrsti regratu, ki smo ga izpostavili Cr(VI) ali Cr-nitratu. Prostorsko porazdelitev Cr v regratovem listu smo proučevali z lasersko ablacijo (LA)-ICP-MS. Naše raziskave pomembno prispevajo k razumevanju procesov transporta, presnove in razstrupljanja Cr v rastlinah ter k znanju, ki ga je mogoče uporabiti pri načrtovanju učinkovitih strategij remediacij tal z uporabo rastlin.

Na področju biovizualizacije kovin smo nadaljevali optimizacijo parametrov za LA in kvantifikacijo ablranelega vzorca z ICP-MS v tumorskih sferoidih in rastlinskem tkivu, da bi dosegli visoko prostorsko ločljivost in nizke meje zaznave.

V okviru projekta CROSSING smo v sodelovanju s HZDR razvili inovativno strategijo dvojnega

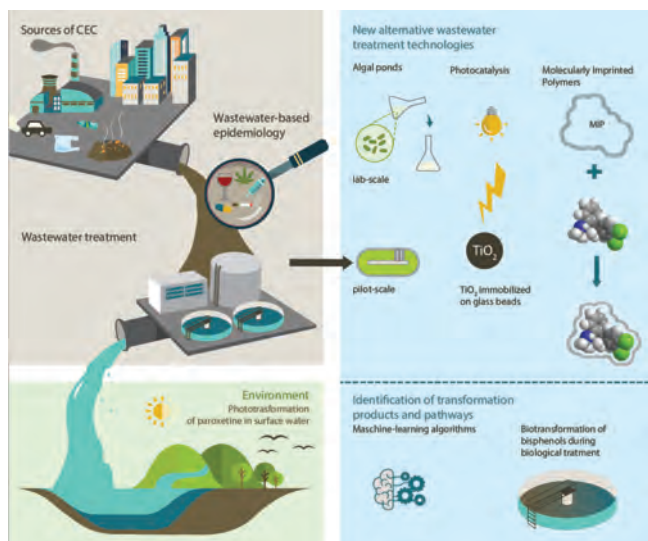
radioaktivnega označevanja nanodelcev  $\text{CeO}_2$  z uporabo nevtronske aktivacije ter indifuzijskega označevanja za radioaktivno označevanje nanodelcev  $\text{CeO}_2$  s  $\text{Ce-141}$  in  $\text{Ce-139}$ . Različna porazdelitev radiooznačevalcev v delcih ne omogoča le preprostega določanja odmerka v študijah privzema, temveč tudi sledenje privzemnih poti antropogenega cerija, kot je prikazano na primeru sladkovodnih kozic. Rezultati kažejo na raztapljanje, ki temelji na translokaciji cerija čez steno črevesja in posledično izpostavljenost notranjih organov rakov potencialno strupenim, raztopljenim vrstam cerija. To ima nadaljnje posledice za usodo antropogenega cerija v okolju in njegovo potencialno kopičenje v prehranjevalni verigi.

### Organska analiza

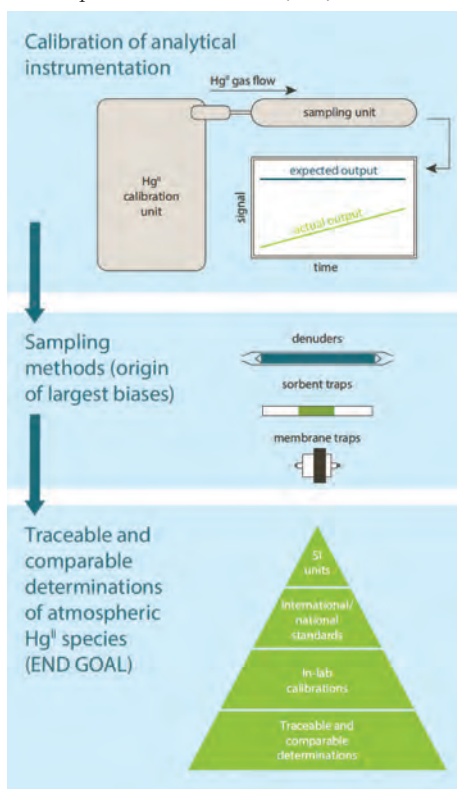
Sintetizirali smo molekularno vtisnjene polimere (MIP), ki so namenjeni ekstrakciji zdravilne učinkovine bupivakain iz vzorcev krvi. Medtem ko je pri višjih koncentracijah ta material pokazal obetavne rezultate, so se MIP za določanje nižjih koncentracij bupivakaina izkazali kot neprimerni, razlog za to je permanentno odpuščanje globoko vezanega bupivakaina v koncentracijah v sledovih. Ta problem smo rešili z modifikacijo sinteze MIP, in sicer smo zamenjali šablono bupivakain z analogoma, ki sta mu podobna po kemijski strukturi in vezavnih lastnostih.

Prav tako smo za lokalni anestetik bupivakain in sedativ deksametomidin razvili referenčno metodo za krvno plazmo, ki izkorišča nespecifične interakcije za adsorpcijo na trdni fazi. To metodo smo nato uporabili za farmakokinetične študije pri anesteziranih psih po enkratni intravenski ali perinevralni aplikaciji zdravil. Takšne študije so pomembne v kontekstu izboljšanja zdravljenja bolečine pri psih po ekstrakciji zoba.

Optimizirali in poenostavili ter ponovno validirali smo tudi analizo metodo za določanje bleomicina v vzorcih krvi in tumorjev. V tem okviru smo vključili napredne ekstrakcijske materiale in prenos na sistem za ekstrakcijo na mikrotitrskih 96-mestnih ploščah pri nadtlaku. V okviru revalidacije metode smo proučevali stabilnost analita v različnih matriksih in vzpostavili primerno kontrolo kakovosti metode. Metoda je bila v nadaljevanju prilagojena tudi za določanje bleomicina pri koncentracijah v sledovih in *in vitro* sistemih.



Slika 3: Pojav, obdelava, odstranjevanje in transformacije onesnaževal, ki so na prioritethih seznamih (CEC)



Slika 4: Izboljšanje meteorološko podprtih analiz za  $\text{Hg}^{\text{II}}$  v atmosferi

Za proučevanje odstranjevanja in biotransformacije bisfenolov BPF in BPS med biološkim čiščenjem odpadne vode z aktivnim blatom smo uporabili tarčni in netačni pristop. Rezultati so pokazali, da obe spojini sledita kinetiki razgradnje prvega reda. Z algoritmom strojnega učenja, ki je del netačne analize, pa smo identificirali štiri (en nov) BPF in enajst (deset novih) biotransformacijskih produktov BPS. Rezultati podpirajo potrditev novih poti biorazgradnje, in sicer sulfacijo, metilacijo, cepitev in spajanje manjših ostankov bisfenola.

### Izotopi in meroslovje

Meroslovje – znanost o merjenju je ključnega pomena za odsek, saj je večina raziskav povezanih z merjenjem oz. uporabo rezultatov meritev. Zlasti pomembna pa je vloga odseka v okviru imenovanja za nosilca nacionalnega etalona za določanje elementov v sledovih v organskih in anorganskih materialih.

Meroslovje v tradicionalni analizi stabilnih izotopov lahkih elementov zajema: (i) razvoj novih referenčnih materialov za študije okolja (toplogredni plini, kot sta  $\text{CO}_2$  in  $\text{CH}_4$ ) kot del projekta EMPIR STELLAR in (ii) sodelovanje pri medlaboratorijskih primerjavah na najvišji meroslovni ravni. V letu 2021 smo sodelovali pri ovrednotenju rezultatov v medlaboratorijski primerjalni shemi CCQM-167: Carbon Isotope Delta Measurements of Vanillin in pri izvedbi analiz v okviru CCQM-204: Pilot study on  $\text{CO}_2$ . Pripravili smo minimalne kriterije pri poročanju HCNOS izotopskih delta vrednosti kot rezultat virtualnega tehničnega sestanka, ki ga je organiziral IAEA z naslovom: Development of International Atomic Energy Agency Stable Isotope Reference Materials and Related Products.

Odsek je aktivno vključen v dve mreži, povezani z meroslovjem: ESFRI Infrastruktura za promocijo Meroslovja v živilstvu in prehrani (METROFOOD-RI), kjer IJS deluje kot koordinator slovenskega raziskovalnega vozlišča (Slovenian Joint Research Unit), in pri pripravi nove mreže v okviru programa EMPIR (Evropski meroslovni program za inovacije in raziskave) FoodMetNet, z začetkom junija 2020 kot podpora skupnim evropskim raziskavam na področju merjenj za varnost živil.

V okviru projektov MercOx, SI-Hg in GMOS-train smo se osredotočili na meroslovje atmosferskih vrst Hg. Ocenjena je bila obstoječa meroslovna infrastruktura za atmosfersko speciacijo Hg, poudarek je bil na najbolj problematičnih delih analiznega postopka: vzorčenje, metode predkoncentriranja in kalibracija. Vzorčenje/predkoncentriranje z uporabo adsorbentnih pasti/membran, raztopin za lovljenje Hg in t. i. denuderjev je bilo testirano in glede na validacijske poskuse je bilo ugotovljeno, ali so primerni ali neprimerni za atmosfersko speciacijo Hg. Podobni validacijski poskusi so bili izvedeni tudi za kalibracijske metode, kot so kalibracija po načelu evaporacije, kalibracija bell-jar in kalibracija na podlagi standardnih referenčnih materialov. Poleg dobro uveljavljenih analitskih postopkov za merjenje Hg (kot je atomska fluorescenca/absorpcija hlapov Hg – CV AFS/AAS) je bila validacija izvedena tudi z radioaktivnim sledilcem  $^{197}\text{Hg}$ , ki zaradi svoje specifičnosti in selektivnosti omogoča eksperimente s koncentracijami na ravni realnih vzorcev. Kot dodatek vrednotenju obstoječih metod kalibracije smo razvili lastno kalibracijo za vrste plinastega oksidiranelega živega srebra ( $\text{Hg}^{\text{II}}$ ). Novorazvita kalibracija je temeljila na oksidaciji elementarnega živega srebra ( $\text{Hg}^0$ ) s hladno plazmo v različne vrste  $\text{Hg}^{\text{II}}$  ( $\text{HgO}$ ,  $\text{HgCl}_2$  in  $\text{HgBr}_2$ ) v prisotnosti reakcijskega plina. Zaradi kvantitativne oksidacije in sledljive količine  $\text{Hg}^0$  smo generirali prve SI-sledljive količine vrst  $\text{Hg}^{\text{II}}$  pri koncentracijah, ki so tipične za okolje. Naše delo na področju meroslovja atmosferskih vrst Hg je veliko prispevalo k potencialnemu doseganju primerljivosti in bi lahko zagotovilo prepotrebno zaupanje v globalne meritvene podatke za atmosfersko Hg.

### Biogeokemija in podnebne spremembe

V okviru CRP-projekta Identifikacija virov Pb v Zgornji Mežiški dolini smo na podlagi izotopske sestave Pb določili njegove vire v okolju. Okoljski vzorci, kot so voda in sedimenti reke Meže in njenih pritokov ter večina vzorcev tal iz doline, imajo izotopsko sestavo Pb, ki se ujema s tisto iz lokalnih Pb rud (galenit in vulfenit). Drugače je s prašnimi ( $\text{PM}_{10}$ ) delci. Izotopska sestava Pb v njih se ujema s tisto, ki smo jo določili v bateriji, ki jo proizvajajo v tamkajšnji tovarni baterij.

Začeli smo z novim raziskovalnim področjem spremljanja pojavnosti in pretvorb majhne mikroplastike ter nanoplastike v naravnih sistemih. V ta namen razvijamo občutljive analizne metode za določanje koncentracije in velikosti majhne mikroplastike ter nanoplastike v okoljskih matricah in pri okoljsko relevantnih (nizkih) koncentracijah. S pomočjo metode na osnovi masne spektrometrije z induktivno sklopljeno plazmo v single particle načinu (SP-ICP-MS) določamo tudi vrsto in koncentracijo potencialno strupenih elementov, ki so v mikroplastiki prisotni v obliki aditivov ali v obliki onesnažil, adsorbiranih na površino mikroplastike.

V okviru projekta Danube Hazard m $^3$ c smo merili koncentracije izbranih elementov v vzorcih rečne vode, odpadnih voda in atmosferskih usedlin, zbranih na 20 vzorčnih mestih vzdolž porečja reke Donave. V vzorcih rečne vode smo tudi identificirali in določili koncentracijo ter velikostno porazdelitev različnih vrst anorganskih nanodelcev (nanodelci, ki vsebujejo Ti, Ce, Pb, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn itd.).

V sodelovanju s Premogovnikom Velenje, d. o. o., smo raziskovali mehanizme razplinjanja in izvor plina, ujetega v lignitnih plasteh na aktivnih odkopnih čelih v Velenjskem bazenu. Na osnovi izotopske sestave ogljika v  $\text{CO}_2$  in metana smo potrdili prevladujoč biogeni izvor obeh plinov, pri čemer pa so razmerja med biogenim in geogenim plinom odvisna od lokacije odkopnega čela.

V raziskavah kopenskega cikla  $\text{CO}_2$  smo s pomočjo izotopskih razmerij urana (razmerje aktivnosti  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ) in stroncija (vrednost  $\delta^{86}\text{Sr}$ ) raziskovali rečne karbonate (lehnjake) kot potencialne ponore  $\text{CO}_2$ . S pomočjo omenjenih izotopov nam je uspelo identificirati in določiti hitrost skladiščenja  $\text{CO}_2$ , za kar pa je potrebno detajlno poznavanje prostorske porazdelitve izotopske sestave urana in stroncija v lehnjaku in lokalnih virih karbonata (voda, tla, kamninska podlaga).

Primerjali smo občutljivost in nastanek evtrofikacije v zalivu Chesapeake (CB) in severnem Jadranskem morju (NAS). Študija obravnava tudi nedavne preobrate evtrofikacije (oligotrofikacije) in možnosti sprememb v prihodnosti. Razlike v času zadrževanja vode ( $\text{CB} > \text{NAS}$ ), prostornini glede na rečni transport vode, vsebnosti hranil ( $\text{CB} \ll \text{NAS}$ ), batimetrija, sezonska stratifikacija, ki je odvisna od rečnih dotokov in kroženja v estuariju, ki je odvisen od gostote, nakazujejo, da je CB bolj dovzeten za evtrofikacijo kot NAS. Nadalje raziskave nakazujejo, da je NAS dobro pufran sistem zaradi dotoka karbonata z rekami alpskega in kraškega izvora in s tem izpostavljen omejenemu kisanju. V prihodnosti napovedujemo še vedno uravnoteženost s povečanim raztapljanjem  $\text{CO}_2$  v plitvih evtrofnih obalnih vodah bo lahko povezan vpliv povečanja atmosferskega  $\text{CO}_2$ , naraščajoče temperature in rečnega vnosa antropogenega  $\text{CO}_2$  ter zmanjšane puferske kapacitete povečal kisanje morja in pomembno vplival na karbonatne organizme.

Proučevali smo tudi toksičnost BPA in BPF ter njihovih binarnih mešanic za evkariontsko zeleno algo *Pseudokirchneriella subcapitata*

---

**V okviru serije Comprehensive Analytical Chemistry, volumen 93, je Elsevier izdal knjigo *Analysis and Characterization of Metal-Based Nanomaterials*, ki so jo uredili Radmila Milačič, Janez Ščančar, Heidi Goenaga-Infante in Janja Vidmar.**

---

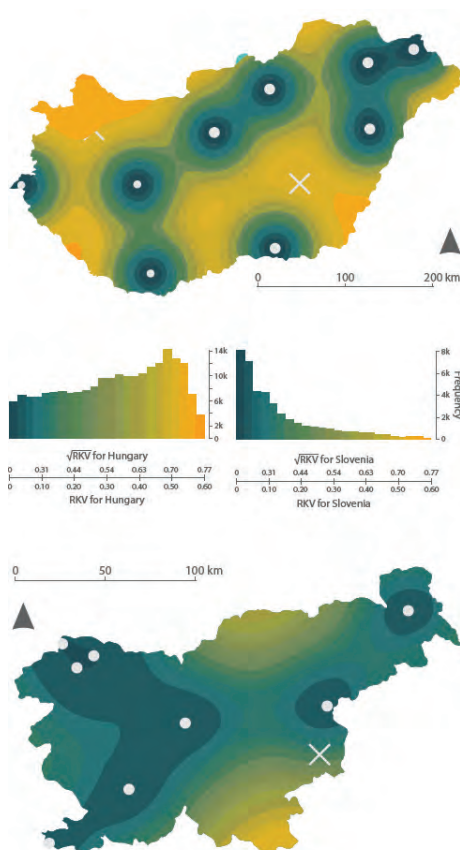


---

**Nagrada za enega od najbolj odličnih dosežkov Univerze v Ljubljani v letu 2021 *Sodobna organska onesnaževala – kako jih lahko obvladujemo z algami?* (D. Škufca in E. Heath)**

---





Slika 5: Optimizacija in mreža opazovalnih točk za O in H izotope v padavinah v Sloveniji

in prokariotsko cianobakterijo *Synechococcus leopoliensis*. Rezultati so pokazali, da je *S. leopoliensis* bolj občutljiva vrsta kot *P. subcapitata*, medtem ko je toksični potencial obeh bisfenolov primerljiv in predstavlja primerljivo nevarnost za fitoplankton. V primeru mešanic smo opazili aditivni učinek v primeru *P. subcapitata* v celotnem koncentracijskem območju, medtem ko za *S. leopoliensis* nismo opazili kombiniranega učinka. Študija zaključuje, da je potrebnih več podatkov o toksičnosti izbranih spojin za vodne organizme, vključno s kombiniranimi učinki teh spojin, in podatkov o njihovi pojavnosti v vodnem okolju za oceno tveganja, ki jih bisfenoli predstavljajo za okolje.

### Vodni krog

V okviru slovensko-madžarskega bilateralnega sodelovanja in dolgoročnega sodelovanja z IAEA smo s pomočjo geostatističnih metod analizirali obe nacionalni mreži merilnih postaj izotopske sestave padavin in določili območja, kjer je mreža pregosta oziroma kjer bi bile potrebne dodatne postaje. Pri tem smo izpostavili tudi nujnost sodelovanja in izmenjave podatkov s sosednjimi državami. Na področju urbane hidrologije smo v sodelovanju z javnim podjetjem VOKA SNAGA raziskali možnosti sledenja mešalnih razmerij vode iz različnih črpališč v vodovodnem sistemu na osnovi izotopske sestave kisika in vodika.

Nadaljevali smo z mesečnim monitoringom, vzorčenjem in meritvami Hg ter različnih vodnih parametrov v rekah Idrijca in Soča. Vzorčenje poteka na šestih lokacijah v rekah, narejeno pa je bilo tudi pilotno vzorčenje v Tržaškem zalivu, ki bo predmet nadaljnjih raziskav. Reka Soča namreč še vedno, več kot 25 let po zaprtju Idrijskega Hg rudnika, prinese v Tržaški zaliv znatne količine Hg, zvrst Hg pa je odvisna od lokacije, okoljskih pogojev in biogeokemijskih procesov, ki potekajo v rekah in v zalivu. Delo poteka v okviru projekta Inovativne izotopske tehnike za identifikacijo virov in biogeokemijskega kroženja živega srebra na kontaminiranih območjih – IsoCont.

### Raziskave zraka

Nadaljevali smo z raziskavami kakovosti zunanega zraka v Ljubljani, pri katerih s kontinuiranimi meritvami koncentracije radona določamo razrede stabilnosti ozračja in višino plasti mešanja ozračja. Pri tem sodelujemo s podjetjem Aerosol, d. o. o., v okviru projekta STRAP (Izvor, transport in ponor obstojnih zračnih onesnaževal v okolju Slovenije).

Pri raziskavah kakovosti notranjega zraka smo se osredotočili na učinkovitost prezračevanja in stavbah s povečano zrakotesnostjo po energetski prenovi, v katerih je velikokrat nezadostna izmenjava notranjega zraka z zunanjim. Učinkovitost prezračevanja smo preizkušali s simulacijo koncentracije radona v zraku učilnice v osnovni šoli, v kateri je po energetski prenovi izmerjena koncentracija radona od dva- do trikrat višja od mejne vrednosti  $300 \text{ Bq m}^{-3}$ . V simulaciji smo obravnavali 25 primerov prezračevanja (upoštevali smo 15 scenarijev s predpisanimi hitrostmi izmenjave zraka (design ventilation rate, DVR), ki jih vključujejo mednarodni in domači predpisi in priporočila) in ugotovili, da so DVR prenizke v 6 primerih (24 %) po EU in 14 primerih (56 %) po WHO smernicah. Skupaj s Fakulteto za strojništvo ter Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo smo naredili raziskovalno nalogo Strokovno mnenje o ustreznosti prezračevanja Pravne fakultete Univerze v Ljubljani z namenom preprečevanja širjenja koronavirusa (SARS-CoV-2).

V okviru infrastrukturnega projekta RI-SI-EPOS smo kupili več sodobnih instrumentov za merjenje koncentracije aktivnosti radona, torona in produktov v različnih medijih.

Nadaljevali smo raziskave živega srebra v zraku. Živo srebro v zunanjem zraku smo merili na različnih lokacijah po Sloveniji. V Desklah, ki so v vplivnem območju Cementarne Anhovo, smo izvajali celoletni monitoring za ARSO. Monitoring Hg v zraku za ARSO je prav tako potekal na meteorološki postaji Iskrba, ki jo prištevamo med neonesnažena okolja. Tam zbiramo tudi mesečne vzorce padavin za analize različnih zvrsti Hg, prisotnih v deževnici.

V sodelovanju z Aerosol, d. o. o., smo opravljali meritve v zraku, kjer merimo tri različne zvrsti Hg v zraku, plinasto elementarno Hg, plinasto oksidirano Hg in Hg, vezano na aerosole.

### Koloidna biologija

V letu 2021 so se glavne raziskovalne dejavnosti izvajale v okviru dveh evropskih raziskovalnih projektov: (1) projekta SURFBIO (Inovacijsko

**Evropske nagrade javnega sektorja: Nagrado EPSA podeljuje Evropski inštitut za javno upravo (EIPA), ki spodbuja prizadevanja organizacij za spodbujanje inovativnega, digitalnega in zelenega javnega sektorja. Evropski projekt APPLAUSE – preoblikovanje invazivnih tujerodnih rastlin v uporabnih izdelkih in vhodnih surovin za industrijo je osvojil 3. mesto v kategoriji Zeleno Javni sektor (A. Lapanje in T. Rijavec). Magistrsko delo Helene Plešnik z naslovom Določanje produktov razgradnje bakterijskega lignina s tekočinsko kromatografijo, spojeno z masno spektrometrijo, ki je bilo del projekta Aplavz, je bilo izbrano za podelitev Krkine nagrade za raziskovalno delo na 51. Razpisu Krkinih nagrad za najboljše raziskovalne projekte.**

središče za raziskave na površinah in v koloidni biologiji), ki ga financira Evropska komisija v okviru programa H2020; in (2) projekta GREENER (Integrirani sistemi za učinkovito sanacijo okolja), ki ga financira Evropska komisija v okviru programa H2020.

V okviru projekta SURFBIO (Shema Twinning v okviru programa H2020) smo zgradili konzorcij raziskovalnih partnerjev, od katerih IJS prenaša znanje za krepitev svojega strokovnega znanja na področju raziskav površin in koloidne biologije. Skupaj s partnerji smo v okviru projekta začeli graditi raziskovalno središče, ki bo obravnavalo temeljna znanstvena vprašanja in ponujalo rešitve za aplikativne probleme v različnih industrijskih panogah.

V okviru projekta GREENER smo implementirali metode združevanja celic v umetne večcelične strukture, tj. agregate in biofilme, tako da smo celice zalepili na površino delcev ali na večje površine različnih materialov. Zgrajene 2D- in 3D-strukture so bile različno strukturirane ter imele različne velikosti in debeline. Na podlagi teh metod smo lahko pokazali in vitro pomen bližine dveh bakterijskih celic za izmenjavo hranil med seboj. Patentna prijava tega inovativnega pristopa, vložena leta 2020, je bila odobrena leta 2021 in tehnologija je prejela bronasto medaljo ARCA 2021.

Z združevanjem različnih bakterij v umetne strukture je mogoče izvesti združevanje metabolnih poti za različne rešitve, uporabne v medicini in biotehnologiji, ter za bioremediacijo okolja. V okviru nacionalnega projekta ARRS N1-0100 BE MERMAiD – Metilacija biorazpoložljivega živega srebra v Jadranskem morju so nam številni poskusi z umetno pripravljenimi biofilmi na površinah pokazali obetavne rezultate, da se strupene kovine lahko reducirajo in oborijo iz onesnažene vode. Priprava umetnih struktur in njihove značilnosti so bile objavljene v reviji *Frontiers in Materials*.

V mednarodnem projektu CROSSING (kolaborativni raziskovalni projekt med IJS in Helmholtz-Zentrum Dresden-Rosendorf -HZDR, Nemčija; financiran s strani HZDR) smo nadaljevali analize interakcije med bakterijami in nanodelci ter bakterijami in kovinskimi površinami, ki so bile obdelane z različnimi fizikalnimi pristopi, nanotiskom in jedkanjem. Rezultat naših skupnih aktivnosti je tudi objava v reviji *Environmental Science: Nano*.

Skupaj s skupino za radiokemijo smo nadaljevali delo v okviru nacionalnega projekta Stroškovno učinkovita separacija tritija iz vode z biološkimi sistemi – BIOTRISEP. Izvedli smo preliminarne poskuse za ločevanje tritija z uporabo cianobakterij, da bi pokazali preliminarni dokaz koncepta biološkega pristopa. V dveh drugih nacionalnih projektih smo zbirali in karakterizirali bakterijske izolate iz ustne votline in površine kože dojenčkov ter začeli karakterizirati njihovo protimikrobno delovanje. Začeli smo tudi sekvencirati genome izbranih bakterijskih izolatov.

V sodelovanju s Kemijskim inštitutom smo pripravili sistem za čiščenje različnih organskih onesnaževal, ki se uporabljajo pri izdelavi papirja, ki je temeljil na sistemu za imobilizacijo bakterij, in demonstrirali t. i. proof-of-concept za tovrstni čistilni sistem. Delo je bilo objavljeno v *Frontiers in Microbiology*.

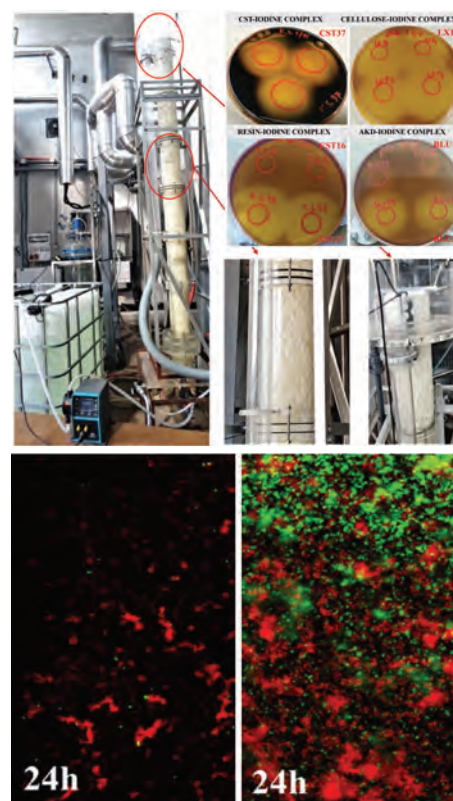
### Okolje in zdravje

V sodelovanju s Fakulteto za zdravstvene vede Univerze v Ljubljani smo raziskali povezanost med oksidativnim stresom in obrambnim odzivom celic kvasovk pri izpostavljenosti ortodontskim pripomočkom iz zlitin, sestavljenih iz kovinskih ionov. V sodelovanju s Fakulteto za elektrotehniko Univerze v Ljubljani smo raziskali sproščanje kovin iz elektrod, ki se uporabljajo pri elektroporaciji z nanosekundnimi impulzi in cisplatinom.

Nadaljevali smo speciacijo arzena v vzorcih humanega biomonitoringa in ugotovili, da vzorci urina otrok iz Zgornje Mežiške doline vsebujejo nekoliko več dimetilarzenove kisline, kot je to običajno za vzorce z drugih območij. Koncentracije celokupnega arzena so še vedno nižje od mejnih vrednosti (< 15 µg/L). Na projektu HBM4EU smo opravili oceno tveganja za anorganski arzen pri splošni evropski populaciji. Zaradi nizke koncentracije arzena v pitni vodi v večini Evrope je izpostavljenost nizka in ob upoštevanju najnovejših študij o mehanizmu delovanja anorganskega arzena pri nizkih koncentracijah je tveganje za splošno populacijo zelo majhno.

Razvili in validirali smo netarčni protokol za spremljanje biomarkerjev izpostavljenosti v humanem urinu. Protokol vključuje pripravo vzorcev, inštrumentalno analizo in obdelavo podatkov. Uporabili smo ga za analizo izpostavljenosti skupine slovenskih otrok, pri čemer smo identificirali 76 biomarkerjev izpostavljenosti v urinu populacije slovenskih otrok, starih od 6 do 9 let. Med biomarkerji izpostavljenosti smo določili številne, ki spadajo med sestavine zdravil in izdelkov za osebno nego, mehčalcev, pesticidov ipd. Rezultati te raziskave prinašajo dragocene podatke o hkratni izpostavljenosti slovenskih otrok številnim kemikalijam in odpirajo nova vprašanja o morebitnih škodljivih učinkih teh zmesi na ranljivo populacijo otrok.

V okviru nacionalnega HBM programa (HBM2018-23) smo nadaljevali vzorčenje otrok (6–9 let) in najstnikov (12–15 let) za oceno izpostavljenosti kemikalijam iz okolja. Način vzorčenja smo morali zaradi epidemioloških

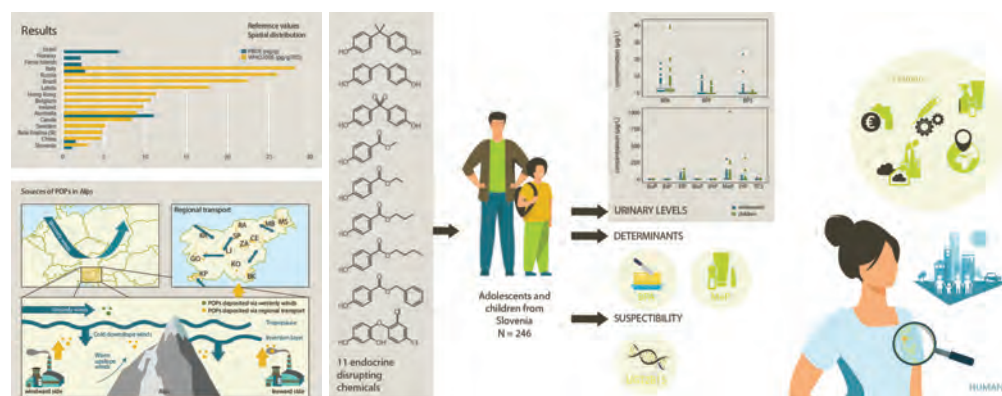


Slika 6: Remediacija odpadnih vod in umetni biofilmi na površinah materialov

omejitev spremeniti, in sicer smo ga izvajali na Rektorskem centru in ne na osnovnih šolah izbranih območij kot pred epidemijo covid. Zaradi spremenjenega načina vzorčenja je sodelovalo manj otrok in najstnikov, kot je bilo predvideno, kljub temu smo zbiranje humanih vzorcev in anketiranje staršev za območje Vrhnike uspešno zaključili. Vzorce, ki smo jih zbrali na drugih študijskih območjih v letu 2020, smo analizirali za bisfenole, parabene, triklozan, policiklične aromatske ogljikovodike (PAH) in fosforne zaviralce gorenja.

Prav tako smo nadaljevali izbor porodnic in zbiranje bioloških vzorcev med nosečnostjo, pri porodu in po porodu žensk ter njihovih novorojencev z območja Celja v sodelovanju s Splošno bolnišnico Celje. Do konca leta 2021 smo obravnavali 86 porodnic.

Iz podatkov prejšnjih študij, predvsem prvega nacionalnega HBM programa, smo pripravili tri objave na temo izpostavljenosti okoljskim fenolnim spojinam, ftalatom in DINCH pri moških in doječih ženskah (*Chemosphere*), nadaljnje ocene genske občutljivosti ftalatom in DINCH z analizo genskih polimorfizmov CYP in UGT genov (*Environment International*) ter na temo izpostavljenosti PAH pri moških in doječih ženskah v Sloveniji (*International Journal of Hygiene and Environmental Health*). Z naštetimi objavami smo identificirali pomembne vire izpostavljenosti navedenim kemikalijam (predmeti splošne rabe, okoljski viri), izpostavljenost, ki je odvisna od življenjskega sloga, geografsko variabilnost znotraj Slovenije ter genetske dejavnike, ki vplivajo na izpostavljenost in posledično na občutljivost kemikalijam prek njihove vloge v biotransformaciji le-teh v telesu.



Slika 7: Humani biomonitoring v kontekstu interakcij med okoljem in zdravjem

Na evropski ravni, v projektu HBM4EU, smo pripravili oceno zdravstvenega tveganja za izpostavljenost arzenu in deloma za izpostavljenost anorganskemu živemu srebru. Nadaljevali smo oceno geografske variabilnosti izpostavljenosti kadmiju v Evropi, pri čemer smo raziskali razloge za razlike v izpostavljenosti med državami oz. regijami, ki so povezani s prehranskim vnosom. V letu 2021 je projekt HBM4EU prek harmonizirane študije Aligend studies generiral nove podatke za izpostavljenost prioritentnim substancam. Del tega sklopa je tudi slovenska študija otrok in najstnikov v Prekmurju, ki smo jo izvedli kot pilotno študijo nacionalnega HBM-programa. S sofinanciranjem HBM4EU smo tako za slovensko populacijo dodatno določili še fosforne in brominirane zaviralce gojenja in perfluorirane ogljikovodike v zbranih vzorcih. Obdelava podatkov poteka tako na evropski kot na nacionalni ravni z namenom ocene izpostavljenosti, identifikacije virov izpostavljenosti ter geografske variabilnosti pri otrocih in najstnikih.

Epidemiologija, ki temelji na analizi odpadne vode (angl. Wastewater Based Epidemiology), zagotavlja objektivne in zanesljive podatke za spremljanje prostorsko-časovnih vzorcev uporabe dovoljenih in prepovedanih drog. Tako smo z analizo odpadne vode raziskovali razširjenost drog v slovenskih izobraževalnih zavodih glede na raven ponujene izobrazbe (osnovnošolsko, srednješolsko in visokošolsko izobraževanje), geografsko lego (primerjava med občinami) in stopnjo urbanizacije (urbana vs. neurbana območja). Rezultati so pokazali prisotnost ostankov drog v vseh vzorcih, najpogosteje pa so bili detektirani ostanki nikotina, alkohola in kanabisa. Študija je tudi potrdila, da so droge prisotne v življenju mladostnikov, kjer igra pomembno vlogo raven izobraževanja. Prav tako pa smo v okviru epidemiologije odpadnih vod sodelovali v okviru mednarodne raziskave glede identifikacije novih psihoaktivnih snovi v Evropi. Rezultati so potrdili, da je ta postopek pomemben za sledenje profilov uporabe novih psihoaktivnih snovi, ki se zelo hitro spreminjajo.

### Ljubiteljska znanost in drugi participativni pristopi pri spremljanju okoljskega zdravja

V okviru projekta EU Horizon 2020 CiteS-Health (citeshealth.eu), ki temelji na načelih ljubiteljske znanosti (Citizen Science) in soustvarjanja ter v ospredje raziskovanja postavlja zdravstvena vprašanja, ki pestijo večino splošne javnosti, je bila v Ljubljani izvedena pilotna študija. Prebivalci so bili vključeni v raziskovanje, kako kakovost bivalnega okolja (s poudarkom na hrupu) in življenjske navade vplivajo na (duševno) zdravje in počutje posameznikov. V

sodelovanju s šolami je bilo med drugim v aktivnosti projekta vključenih več kot 350 učencev (šolski naravoslovni in tehniški dnevi), izdelane pa so bile tudi štiri raziskovalne naloge.

Začeli smo s H2020 projektom URBANOME (urbanome.eu), ki se ukvarja s problematiko zdravja in kakovostjo bivanja v urbanih okoljih, in sicer s sistematičnim vključevanjem teh aspektov v urbane politike in dejavnosti občanov. V pilotni študiji v Ljubljani je v fazi načrtovanja intervencija, ki naslavlja izpostavljenost posameznikov urbanim stresorjem pri uporabi alternativnih kolesarskih poti.

### Nanomateriali in biosenzorji

V sodelovanju z Nacionalnim kemijskim inštitutom, Ljubljana, Slovenija in The Hebrew University of Jerusalem, Jeruzalem, Izrael poročamo o odlaganju, testiranju in antioksidacijskih lastnostih ultra tankih (1–3 nm) mono-, di- in triplasti hibridnih organsko-anorganskih poliedrskih oligomernih silseskvioksanov (POSS) na Inconelu 617. Predvidevamo, da bodo imeli takšni premazi pomemben potencial kot temeljni premaz za spektralno selektivne absorberske prevleke za tehnologijo hibridnih absorberjev koncentriranja sončne energije (CSP). Proizvodnja, sinteza, karakterizacija, povečevanje in lastnosti 2D-nanomaterialov so bili proučeni tudi v okviru različnih mednarodnih in nacionalnih projektov: MercOx (Meroslovje za oksidirano živo srebro; 16ENV01), financiran v okviru EMPIR (Evropski meroslovni program za inovacije in raziskave), H2020 ERA-NET Cofund, GA689443 ERA-PLANET/IGOSP, ARRS N1-0100, P1-0143 in J1-1716. Ugotovitve so bile objavljene v reviji *Nanoselect*. Sodelovali smo tudi z oddelkom za elektronsko keramiko (K5), da bi razvili tanke in debele filme nanomaterialov z uporabo metod sitotiskanja na dveh različnih substratih (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in LTCC) in jih uporabili kot biosenzorske platforme na osnovi pretvornikov za odkrivanje različnih ciljnih analitov. Pri delu na elektrokemijskih biosenzorjih za SARS-CoV-2 in raziskavah raka smo sodelovali z Nacionalnim inštitutom za živalsko biotehnologijo (NIAB). V okviru tega dela smo pripravili peptide in biokonjugate za ciljanje rakavih celic in razvili strategije za imobilizacijo biomolekul na nanomaterialih.

### Raziskave na področju hrane – ERA Chair ISO-FOOD

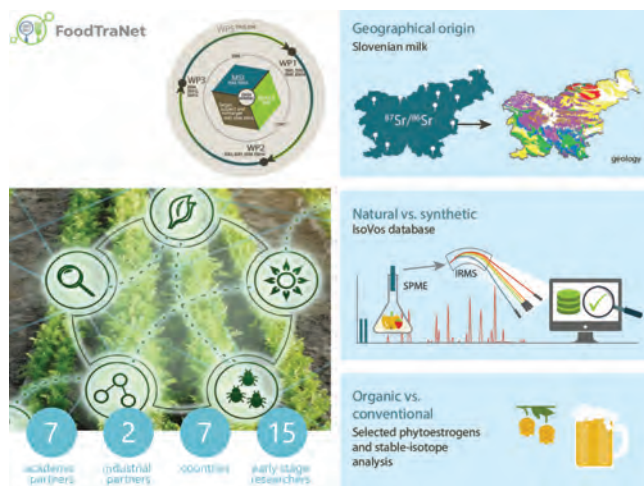
V vzorcih mleka, sirov, krme in vode iz Grčije smo določili multielementno sestavo in izotopsko razmerje <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr z namenom okarakterizirati lokalne izdelke z različnih območij Grčije. Prav tako smo določili, kateri parameter (mleko, voda ali krma) najbolj vpliva na izotopsko sestavo sira.

Za namen določitve geografskega porekla konoplje smo v vzorcih z različnih območij Italije določili izotopsko sestavo Sr v konopljinih vršičkih, koreninah in zemlji.

Stabilne izotope lahkih in težjih elementov smo uporabili pri naslednjih raziskavah:

- Pri določanju geografskega porekla slovenskega mleka: rezultati študije kažejo, da so razmerja <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr učinkovito orodje pri določanju geografskega porekla živil z območij, ki imajo homogeno geološko sestavo, medtem ko interpretacija rezultatov razmerja <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr v geološko heterogenih območjih, kot je Slovenija in večina držav EU, pomeni velik izziv in ima določene omejitve. Nasprotno pa lahko to razmerje pomeni učinkovito orodje, če raziskujemo širše območje, ki pa zahteva dobro poznavanje geologije in rabe tal. Veliko boljše ločitev glede na poreklo dosežemo, če se razmerja <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr uporabljajo v kombinaciji z razmerjem stabilnih izotopov lahkih elementov.
- Pri razlikovanju med naravnimi in sintetičnimi aromami: izdelali smo IsoVoc bazo podatkov za preverjanje pristnosti aromatskih spojin. Identificirali smo 25 aromatskih spojin, ki smo jih uporabili pri preverjanju prisotnosti 33 komercialnih izdelkov in s tem ocenili uporabnost baze za oceno pristnosti sadnih arom. Rezultati kažejo na možnost nepristnih vzorcev sadnih arom.
- Identifikacija načina pridelave (ekološko vs. konvencionalno): proučevali smo razlike v vsebnosti prenilflavonoidov v hmelju in pivu, pridelanih v ekoloških in konvencionalnih proizvodnih sistemih, ter jih združili z analizami razmerja stabilnih izotopov dušika (<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N) in ogljika (<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C). Rezultati niso pokazali statistično značilnih razlik v vsebnosti izbranih prenilflavonoidov med ekološko in konvencionalno pridelanim hmeljem in pivom. Od stabilnih izotopov lahkih elementov smo dobili statistično značilne razlike v δ<sup>15</sup>N vrednostih, ki so višje pri organsko pridelanih hmeljih in pivu. Vendar pa za razlikovanje med ekološko in konvencionalno pridelavo ne moremo uporabiti le δ<sup>15</sup>N vrednosti, temveč jih lahko uporabimo le kot dopolnilni parameter.

Karakterizacija novih alternativnih virov prehrane je potekala v algah in je zajemala naslednje študije: (i) identifikacijo tipov ekstremofilnih alg v zmerno toplih območjih Evrope, predvsem v Sloveniji, ter njihovo uporabo



Slika 8: Pridobitev MSCA ITN Foodtranet v povezavi z ERAChair IsoFood uspešno deluje na področju varne in zdrave hrane.

v biotehnologiji in bioremediacijskih aplikacijah; (ii) karakterizacijo prehranskih dopolnil iz alg, ki so dostopna na slovenskem tržišču, na osnovi antioksidativnega potenciala, elementne sestave in stabilne izotope lahkih elementov; (iii) raziskave antioksidativnega učinka fermentiranih in nefermentiranih izvlečkov spiruline na osnovi proteomike z uporabo kvasovk *Saccharomyces cerevisiae* kot modelnega organizma. Začeli smo izvajati projekt INPROFF: kakovost, varnost ter pristnost krme in živil na osnovi proteinov žuželk.

Dobljeni podatki izbranih živil so vključeni tudi v elektronsko komponento različnih evropskih projektov, kot sta METROFOOD-RI in FNS-Cloud. Leta 2021 sta bili za Upravo RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin

---

### Koordinacija novega projekta MSCA ITN FoodTraNet

---

izvedeni strokovni nalogi za preverjanje porekla jabolk in oljčnega olja ter vzpostavitev baze podatkov za med. Leta 2021 smo začeli izvajati tudi nov projekt MSCA ITN FoodTraNet: Advanced Research and Training Network in Food quality, safety and security, ki ga koordinira Nives Ogrinc. Glavni namen projekta je izobraževanje doktorskih študentov na področju razvoja metod za zagotavljanje kakovosti, pristnosti in sledljivosti živil ter razvijanje novih rešitev za proizvodnjo hrane in varno uporabo naprednih materialov in tehnologij. Dodatne informacije so na voljo na <https://www.foodtranet.org>.

### Okoljske tehnologije

V okviru delovnega paketa CORI evropskega skupnega programa za ravnanje z radioaktivnimi odpadki EURAD H2020 smo nadaljevali raziskave interakcij med cementom, organsko snovjo in radionuklidi za varno odlaganje nizko in srednje radioaktivnih odpadkov. Raziskali smo radiolitsko in hidrolitično razgradnjo komercialnega polikarboksilatnega superplastifikatorja, ki naj bi se uporabljal kot dodatek betonu za namene odlaganja radioaktivnih odpadkov. Rezultati kažejo, da se po dolgotrajnem obsevanju do 3,2 MGy in/ali hidrolizi vzorci razgradijo na polietilen glikol, ki se odcepi od hrbenice polimera.

Raziskan je bil vpliv umetnega prezračevanja na proces razgradnje blata v mezokozmosnem trstičju za obdelavo blata (STRB). Poleg tipične izvedbe STRB, kjer je prezračevanje v glavnem zagotovljeno z drenažno cevjo, sta bila uvedena pasivno prezračevanje prek dimnika in aktivno prezračevanje prek puhala. Rezultati kažejo na pospešen proces razgradnje blata tako v aktivnih kot v pasivnih ležiščih. Vendar je bil ta učinek odvisen od sezone in ga ni bilo mogoče dokazati z epizodnimi meritvami CO<sub>2</sub> fluksov. Izotopske analize so pokazale spremembe v dinamiki razgradnje blata, ki je bilo sezonsko pogojeno, ter razlike v prispevkih blata in CO<sub>2</sub> rastlinskega izvora k skupnim emisijam CO<sub>2</sub> iz različno prezračenih ležišč. Na splošno je pasivno prezračevanje enako učinkovito kot aktivno prezračevanje in bi ga zato lahko uporabili v celotnem sistemu.

### Upravljanje okolja, ocena vplivov na okolje in ocena tveganja

V letu 2021 smo nadaljevali delo na projektu TransCPEarlyWarning, katerega cilj je izboljšati raven usklajenosti obstoječega zgodnjega opozarjanja civilne zaščite, da se poveča zmožnost napovedovanja, opozarjanja in odzivanja na nevarnosti ter izboljšata izmenjava informacij in usklajevanje z mehanizmom EU na področju civilne zaščite in upravljanja tveganj. Specifično se to nanaša na povečevanje enotnosti, homogenosti prek integracije obstoječih pristopov zgodnjega opozarjanja in s tem izboljšanje izmenjave informacij v okviru evropskega mehanizma civilne zaščite. Delo je obsegalo modeliranje za primere poplav in gozdnih požarov, ki naj bi se uporabila pri razvoju skupne platforme za zgodnje opozarjanje za pomoč pri harmonizaciji in izboljšanju odkrivanja nevarnosti ter s tem povezane zaščite in reševanja. Opravljeni so bili zbiranje, urejanje in analiza podatkov z namenom ustvarjanja jasne slike o trenutnem stanju na področju civilne zaščite in sistemov zgodnjega opozarjanja med sodelujočimi državami.

Sodelovanje pri projektu HERA (Health and Environment Research Agenda, HERA Integrating Environment and Health Research: a Vision for the EU 2019–2022) – namen projekta HERA je določitev raziskovalnih prioritet na področju okolja, podnebja in zdravja v EU. Te raziskave naj bi usmerjale odločanje in pomagale pri doseganju končnih ciljev varovanja in izboljšanja kakovosti okolja in zdravja ljudi. Partnerji projekta in zainteresirani deležniki bodo s celostnim, sistemskim in vključujočim pristopom ugotovili možnosti za izboljšanje zdravja ter pokazali na pomembne okoljske probleme, ki bi nujno morali biti obravnavani in reševani. Ljudje so namreč vedno bolj zaskrbljeni zaradi poslabšanega stanja okolja in povezanih vplivov na zdravje. Zmanjševanje biotske raznovrstnosti, onesnaževanje okolja in izpostavljenost škodljivim snovem so lahko škodljivi za zdravje in zmanjšujejo kakovost življenja. Še posebej skrb vzbujajoč je vpliv na socialno ogrožene in ranljive.

Cilj projekta je identifikacija ključnih usmeritev za prihodnje raziskave, strategije ter orodja za spoprijemanje s problemi na področju okolja, podnebja in zdravja, ki bo upošteval ugotovljene družbene potrebe, cilje povezanih sektorskih politik in pomanjkanje znanja na zadevnem področju. To bo doseženo z vzpostavitvijo učinkovite komunikacije med deležniki na nacionalni in evropski ravni – tj. z vključevanjem zainteresiranih, oblikovanjem dodatnih smernic za oceno vpliva na zdravje in oceno zdravstvenega tveganja, povečanim medsebojnim usklajevanjem in bogatjenjem idej ter s prispevanjem k evropski politiki in praksi.

V okviru projekta NEUROSOME smo se osredotočili na obravnavo nejasne vloge ocen tveganja za zdravje (Health Risk Assessment – HRA) pri sprejemanju odločitev v zvezi z javnim zdravjem; raziskali smo razumevanje pristopa in rezultatov HRA v kontekstu odločanja. Med izbranimi deležniki smo izvedli anketo, katere rezultati kažejo nedoslednosti v razumevanju znotraj področja HRA, kar se v praksi odraža v zmanjšanju njene učinkovitosti in primarnega namena – tj. podajati podlage za odločitve na področju upravljanja javnega zdravja. Na podlagi rezultatov ankete je bil pripravljen predlog noveliranega metodološkega okvira HRA, ki temelji na bolj jasni opredelitvi namena izvajanja HRA, utrjevanju prakse HRA ter na izboljšanju njenega potenciala za pomoč pri odločanju.

V sodelovanju z Zavodom za gradbeništvo Slovenije (ZAG) smo raziskali vplive na okolje in mehanizme imobilizacije kadmija, svinca in cinka v geotehničnih kompozitih, pripravljenih iz kontaminirane zemlje in papirnega pepela.

### Nadzorne meritve v okolju

V sodelovanju z okoljsko agencijo Hrvaške vode smo nadaljevali meritve organokositrovih spojin v morskih in rečnih vodah.

V okviru čiščenja odpadnih vod smo proučevali dva alternativna postopka čiščenja odpadnih vod, to je čiščenje z algami in fotokatalitskimi postopki. V primeru čiščenja z algami, tj. alternativnim postopkom čiščenja odpadnih vod, ki s ponovno uporabo vode in biomase alg prispeva h krožnemu gospodarstvu, smo proučevali odstranitev izbranih prioritarnih organskih onesnažil (Contaminants of Emerging Concern, CEC) v bioreaktorjih (laboratorijski nivo) in v algnih bazenih (pilotni nivo). Rezultati teh raziskav so spodbudni glede odstranitve CEC, vendar potrebujejo nadaljnje raziskave glede tveganja in zahtev, ki jih predstavlja varna ponovna uporaba odpadne vode in biomase. Ravno tako so naše raziskave v ta namen razviti postopki za pritrjevanje fotokatalitskih materialov oz. kompozitov na inertne nosilce v fotokatalitskih reaktorjih pokazale uspešno odstranitev barvil ter bisfenolov iz vodnih vzorcev s kombinacijo adsorpcije in fotokatalize. Glede na to, da so postopki fotokatalitskega nanosa še v razvoju in da so reaktorji razviti za namen prenosov na pilotni/realni nivo, pričakujemo, da lahko odstotek odstranitve proučevanih onesnažil še izboljšamo.

Nadaljevali smo redne meritve izotopske sestave padavin v Sloveniji v okviru Slobenske mreže SLONIP (Slovenian Network of Isotopes in Precipitation) in dopolnili bazo podatkov z najnovejšimi vrednostmi (<https://slonip.ijs.si/>).

Opravljen je bilo spremljanje naravnih radionuklidov na vplivnem območju nekdanjega rudnika urana na Žirovskem vrhu. Sodelovali smo tudi pri zunanem nadzoru Nuklearne elektrarne Krško (NEK) z določanjem stroncija in tritija v vzorcih iz okolja ter tritija in  $^{14}\text{C}$  v odplakah iz NEK. Z analizami stroncija in tritija smo sodelovali tudi pri spremljanju radioaktivnosti v pitni vodi v Sloveniji, pa tudi pri spremljanju življenjskega okolja v Sloveniji. Metode za določanje stroncija, tritija in  $^{14}\text{C}$  za namene spremljanja so akreditirane s strani slovenskega akreditacijskega organa (SA LP-090).

### Izobraževanje

V okviru EU H2020 projekta A-CINCH in v sodelovanju s Centrom IJS za prenos znanja s področja informacijske tehnologije smo razvili nove izobraževalne videoposnetke za poučevanje osnov analitične radiokemije z analizo radionuklidov v ribah in vzorcih sedimentov. V letu 2021 je na odseku doktoriralo 5 doktorandov in 5 magistrskih študentov.

### Infrastrukturni Center za masno spektrometrijo (CMS)

Infrastrukturni Center za masno spektrometrijo je v okviru Odseka za znanosti o okolju vključen v raziskave, ki jih izvajamo z različnimi masnimi spektrometri. Obsegajo raziskave in analize postopke v okviru raziskovalnih programov in projektov s področja onesnažil v okolju, kontrole in avtentičnosti hrane, vplivov različnih snovi in kemikalij na zdravje ljudi ipd. Dejavnost CMS se izvaja na tematskih področjih analize kemije, biokemije, farmacevtske in sintezne kemije, zdravja, hrane in okolja, kemijske speciacije elementov, kvantitativne določitve velikostne porazdelitve nanodelcev, prostorske porazdelitve elementov v sledovih, določanja biološke dostopnosti esencialnih elementov, toksičnosti elementov v prehranskih izdelkih, proučevanja geokemijskih ciklov, identifikacije in določanja strukture bioloških molekul, zdravilnih učinkovin in kemoterapevtikov v različnih bioloških materialih, tudi v krvnem serumu, netarčnih nedefiniranih organskih spojin in metabolitov, kontrole kakovosti in izvora živil na podlagi izotopskih meritev ter spremljanja transporta in izvora onesnažil v vzorcih iz okolja in nadzornih meritvah, ki bodo prispevale k zaščiti zdravja ljudi in varovanju zraka. V centru za masno spektrometrijo smo povezani tudi z drugimi infrastrukturnimi spektroskopskimi centri pri določanju strukture,

---

**Johanna Robinson, mlada raziskovalka, je bila nagrajena za najboljšo predstavitev študije primera z naslovom *Ko tehnologija odpove: študija primera prezgodnjega orodja CS na Citizen Science with Application to Nuclear, Seismic and Air Quality Monitoring: APPLICATIONS in Air Quality Monitoring – spletna delavnica, ki jo je od 15. do 19. marca 2021 organiziral Mednarodni center za teoretično fiziko Abdus Salam (ICTP).***

---

sestave in lastnosti snovi ter materialov predvsem za kvalitativno in kvantitativno analizo makrokomponent in elementov, mikrokomponent elementov ali spojin v sledovih v kompleksno sestavljenih materialih in v raznovrstnih matrikah: pitni, površinski ali odpadni vodi, odpadkih, živilih, zdravilih, tkivih in bioloških tekočinah, v zraku, tleh, zemljinah, sedimentih ipd. V ta namen je za raziskave in analize v okviru CMS na voljo 12 različnih masnih spektrometrov, večinoma sklopljenih s kromatografskimi instrumenti.

Kljub omejenemu obsegu dela v lanskem letu zaradi koronavirusa je bilo razvitih več novih analitskih metod ter izvedenih veliko kakovostnih raziskav in aplikativno-razvojnih del v sodelovanju z industrijskimi in evropskimi partnerji. Rezultati teh meritev so predstavljeni v poročilih posameznih skupin Odseka za znanosti o okolju.

### Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME)

V okviru Odseka za znanosti o okolju deluje tudi *mobilni kemijski laboratorij* Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME), ki v sistemu Civilne zaščite in reševanja posreduje ob onesnaženjih okolja in ekoloških nesrečah z nevarnimi snovmi. Enota kemijskega mobilnega laboratorija ELME je v letu 2021 na terenu posredovala trinajstkrat



Slika 9: Mobilni kemijski laboratorij Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME) v sistemu Civilne zaščite in reševanja posreduje ob onesnaženjih okolja in ekoloških nesrečah z nevarnimi snovmi.

zaradi ogrožanja zdravja prebivalcev z nevarnimi snovmi, predvsem zaradi onesnaženja zraka ob požarih ali v delovnih in stanovanjskih prostorih, izlitja nevarnih snovi v vodotoke in posredno ogrožanja virov pitne vode ter posebej številčno zaradi odlaganja komunalnega blata v naravnem okolju. Poleg intervencij ob izrednih dogodkih člani enote mobilnega kemijskega laboratorija ELME preverjajo svojo usposobljenost na rednih vajah ELME, se dodatno izobražujejo za delovanje z novo opremo ter izpopolnjujejo znanja, postopke in analitske metode mobilnega ekološkega laboratorija. Lani smo dopolnili analitsko opremo mobilnega kemijskega laboratorija s prenosnim plinskim kromatografom X-pid 9500 ter merilnikom plinov in hlapnih kemikalij X-act 7000 za določanje nevarnih snovi v zraku.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Castiglioni, Sara Michela, Heath, Ester, *et al.*, New psychoactive substances in several European populations assessed by wastewater-based epidemiology, *Water research*, 2021, **195**, 116983, 1–9
2. Deev, D., Rybkin, Iaroslav, Rijavec, Tomaž, Lapanje, Aleš, When beneficial biofilms on materials is needed: electrostatic attachment of living bacterial cells induces biofilm formation, *Frontiers in materials*, 2021, **8**, 1-624631-14-624631
3. Dovjak M., Virant B., Krainer A., Šijanec Zavrl M., Vaupotič J., Determination of optimal ventilation rates in educational environment in terms of radon dosimetry, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2021, **234**, 113742
4. Hamzić Gregorčič, S., Ogrinc, N., Frew, R., Nečemer, M., Strojnik, L., Zuliani, T., The provenance of Slovenian milk using  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  isotope ratios, *Foods*, 2021, **10**, 8, 1729-1-1729-15
5. Kovačič, Ana, Gys, Celine, Gulin, Martin Rafael, Gornik, Tjaša, Kosjek, Tina, Heath, David John, Covaci, Adrian, Heath, Ester, Kinetics and biotransformation products of bisphenol F and S during aerobic degradation with activated sludge, *Journal of hazardous materials*, 2021, **404**, A, 124079-1-124079-10
6. Marković, Stefan, Uršič Valentinuzzi, Katja, Čemažar, Maja, Serša, Gregor, Starešinič, Barbara, Milačič, Radmila, Ščančar, Janez, High spatial resolution imaging of cisplatin and Texas Red cisplatin in tumour spheroids using laser ablation isotope dilution inductively coupled plasma mass spectrometry and confocal fluorescence microscopy, *Analytica chimica acta*, 2021, **1162**, 338424-1-338424-12
7. Masten, Jasmina, Cillero-Pastor, Berta, Mohren, Ronny, Poklar Ulrih, Nataša, Ogrinc, Nives, Jamnik, Polona, Insight into the antioxidant effect of fermented and non-fermented *Spirulina* water and ethanol extracts at the proteome level using a yeast cell model, *Antioxidants*, 2021, **10**, 9, 1366-1-1366-15
8. Roelinger, Alizee, Kocman, David, Robinson, Johanna A., *et al.*, Narrative review of citizen science in environmental epidemiology: setting the stage for co-created research projects in environmental epidemiology, *Environment international*, 2021, **152**, 106470-1-106470-13
9. Rován, Leja, Zuliani, Tea, Horvat, Barbara, Kanduč, Tjaša, Vreča, Polona, Jamil, Qasim, Čermelj, Branko, Bura-Nakić, Elvira, Cukrov, Neven, Štrok, Marko, Lojen, Sonja, Uranium isotopes as a possible tracer of terrestrial authigenic carbonate, *Science of the total environment*, 2021, **797**, 149103-1- 149103-12
10. Runkel, Agneta Annika, Mazej, Darja, Snoj Tratnik, Janja, Tkalec, Žiga, Kosjek, Tina, Horvat, Milena, Exposure of men and lactating women to environmental phenols, phthalates, and DINCH, *Chemosphere*, 2021, **286**, 3, 131858-1-131858-13

11. Schymura, Stefan, Drev, Sandra, Podlipec, Rok, Rijavec, Tomaž, Lapanje, Aleš, Štok, Marko, *et al.*, Dissolution-based uptake of CeO<sub>2</sub> nanoparticles by freshwater shrimp: a dual-radiolabelling study of the fate of anthropogenic cerium in water organisms, *Environmental Science: Nano*, 2021, 8, 7, 1934-1944
12. Strojnik, L., Hladnik, J., Cvelbar Weber, N., Koron, D., Stopar, M., Zlatič, E., Kokalj, D., Strojnik, M., Ogrinc, N., Construction of IsoVoc database for the authentication of natural flavours, *Foods*, 2021, 10, 7, 1550-1-1550-18
13. Tkalec, Žiga, Kosjek, Tina, Snoj Tratnik, Janja, Stajnko, Anja, Runkel, Agneta Annika, Sykiotou, Marianthi, Mazej, Darja, Horvat, Milena, Exposure of Slovenian children and adolescents to bisphenols, parabens and triclosan: urinary levels, exposure patterns, determinants of exposure and susceptibility, *Environment International*, 2021, 146, 106172-1-106172-11
14. Verdel, Nada, Rijavec, Tomaž, Rybkin, Iaroslav, Erzlin, Anja, Velišček, Žiga, Pintar, Albin, Lapanje, Aleš, Isolation, identification, and selection of bacteria with proof-of-concept for bioaugmentation of whitewater from wood-free paper mills, *Frontiers in microbiology*, 2021, 12, 758702, 1-15

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Projektni sestanek v okviru projekta GMOS Train, Rektorski center IJS, Ljubljana, 6.-10. 10. 2021
2. Organizacija študentske konference Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in 15. dan mladih raziskovalcev, 27.-28. 5. 2021 (virtualno)
3. Organizacija prvega hibridnega sestanka v okviru projekta COST Action *WATER isotopes in the critical zONE* (WATSON), Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, 28.-29. 9. 2021
4. Organizacija strokovnega srečanja Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko Raziskave s področja geodezije in geofizike - 2020, Ljubljana, 28. 1. 2021 (virtualno)

## Nagrade in priznanja

1. Ester Heath in David Škufca: Priznanje za najodličnejši raziskovalni dosežek Univerze v Ljubljani v letu 2021. Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija. Novodobna organska onesnažila - kako jih lahko obvladamo z algami?
2. Žiga Tkalec: Nagrada za najboljši poster na Konferenci MPŠ in KMBO, Ljubljana, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, naslov dela: Unexpected exposure of children : novel non-targeted screening workflow
3. Helena Plešnik: Krkino priznanje za magistrsko nalogo, Novo mesto, Krka, d. d., naslov dela: *Ugotavljanje produktov razgradnje lignina z izbranimi sevi bakterij s tekočinsko kromatografijo, sklopljeno z masno spektrometrijo = Determination of bacterial lignin degradation products by liquid chromatography coupled to mass spectrometry*
4. Tina Kosjek: Excellent Reviewer Award 2021 = Priznanje odličnemu recenzentu 2021, Journal of Hazardous Materials, Elsevier

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. Multielementna analiza vzorcev v mahu  
FUB AG - Forschungsstelle Fuer  
doc. dr. Marko Štok
2. EMPIR - EDC-WFD; Metrologija pri nadzornih meritvah hormonskih motilcev v okviru Vodne Direktive  
EURAMET e.V.  
prof. dr. Ester Heath
3. LIFE18 ENV/SI; LIFE HIDAQUA  
European Commission  
prof. dr. Radmila Milačič
4. EMPIR; STELLAR; Nadgradnja podnebnih ukrepov in regulative s pomočjo meritve stabilnih izotopov  
EURAMET e.V.  
prof. dr. Nives Ogrinc
5. EMPIR; Si-Hg; Meroslovje za sledjive protokole za koncentracije elementarnega in oksidirane živega srebra  
EURAMET e.V.  
prof. dr. Milena Horvat
6. EMPIR - Food-MetNet; Podpora Evropski meroslovni mreži za varnost hrane  
EURAMET e.V.  
prof. dr. Nives Ogrinc
7. EMPIR - MetroCycleEU; Meroslovje za recikiranje ključnih tehnoloških elementov v podporo agendi evropskega krožnega gospodarstva  
EURAMET e.V.  
prof. dr. Radojko Jačimović
8. Okrepitev jedrskih analitičnih metod za potrebe forenzike; Forenzika z jedrskimi metodami: Ponarejanje umetnostnih objektov in hrane, detekcija farmacevtikov v laseh  
IAEA - International Atomic Energy Agency  
prof. dr. Radojko Jačimović
9. EMPIR - MercOx; Metrologija oksidirane živega srebra  
EURAMET e.V.  
prof. dr. Milena Horvat
10. Uporaba izotopskih tehnik za ocenjevanje vodnih virov za oskrbo gospodinjstev v urbanih območjih; Karakterizacija vodnih virov za oskrbo gospodinjstev v Ljubljani s pomočjo multi-izotopskih tehnik  
IAEA - International Atomic Energy Agency  
dr. Polona Vreča
11. Preverjanje pristnosti visokokakovostnih slovenskih živilskih izdelkov z uporabo naprednih analitičnih tehnik  
IAEA - International Atomic Energy Agency  
prof. dr. Nives Ogrinc
12. Variabilnost izotopov dežja za oceno vpliva klimatskih sprememb; Trendi spreminjanja izotopske sestave padavin v Sloveniji med klimatskimi spremembami  
IAEA - International Atomic Energy Agency  
prof. dr. Sonja Lojen



13. Regionalni projekt TC RER/7/014: Posodabljanje elementov nadzora radioaktivnosti okolja in ocene vplivov v regiji  
IAEA - International Atomic Energy Agency  
doc. dr. Marko Štok
14. COST CA19120 - WATSON; Izotopi molekule vode v kritičnem območju: od napajanja podzemne vode do transpiracije rastlin  
COST Association AISBL  
dr. Polona Vreča
15. COST CA19123 - PHOENIX; Varovanje, stabilnost, rehabilitacija degradiranih okolij  
COST Association AISBL  
doc. dr. Aleš Lapanje
16. Meritve in poročanje o certificiranih referenčnih materialih BCR-462, BCR-646, ERM-CE477  
European Commission  
doc. dr. Tea Zuliani
17. Testiranje stabilnosti BCR-679, ERM-CD281 in ERM-CE278k  
European Commission  
doc. dr. Tea Zuliani
18. Strokovno izpopolnjevanje ge. Nurgul Nursapino, Kazahstan, 04.07.2021 - 30.09.2021, ICTP/IAEA STEP program  
ICTP - Centro Internazionale di Fisica Teorica  
doc. dr. Marko Štok
19. Strokovno izpopolnjevanje štipendista g. Kylychbeka Apieva, 30.08.2021 - 27.11.2021  
ICTP - Centro Internazionale di Fisica Teorica  
prof. dr. Ljudmila Benedik
20. H2020 - ERA-PLANET; Evropska mreža za opazovanje našega spreminjajočega planeta  
European Commission  
prof. dr. Milena Horvat
21. H2020 - HBM4EU; Evropska iniciativa humanega biomonitoringa  
European Commission  
prof. dr. Milena Horvat
22. H2020 - NEUROHOME; Raziskovanje neurorazvojnega ekspozoma  
European Commission  
prof. dr. Milena Horvat
23. H2020 - CiteS-Health; Državlanska znanost za urbano okolje in zdravje  
European Commission  
dr. David Kocman
24. H2020 - HERA; Raziskovalna agenda za okolje in zdravje  
European Commission  
prof. dr. Milena Horvat
25. H2020 - GREENER; Integrirani sistemi za učinkovito remediacijo okolja  
European Commission  
doc. dr. Aleš Lapanje
26. H2020 - EURAD; Evropski skupni program za obvladovanje radioaktivnih odpadkov  
European Commission  
prof. dr. Milena Horvat
27. H2020 - FNS-Cloud; Računalniški oblak in storitve za obdelavo podatkov iz področja ved o hrani, prehrani in varnosti  
European Commission  
prof. dr. Nives Ogrinc
28. H2020 - METROFOOD-PP; Projekt pripravljalne faze METROFOOD-RI  
European Commission  
prof. dr. Nives Ogrinc
29. H2020 - A-CINCH; Razširjeno sodelovanje pri izobraževanju in usposabljanju na področju jedrske in radiokemije  
European Commission  
doc. dr. Marko Štok
30. H2020 - TUNTWIN; Združenje za razvoj naprednih analitičnih strategij za krepitev zmogljivosti in inovacij za tunizijsko gospodarstvo: Aplikacija na tri ključne tunizijske industrijske sektorje  
European Commission  
prof. dr. Nives Ogrinc
31. H2020 - MERFISH; Proučevanje interakcij Hg in Se iz rib ter vpliva le-teh na zdravje človeka  
European Commission  
prof. dr. Milena Horvat
32. H2020 - URBANOME; Urbani observatorij za multiparticipativno izboljšanje zdravja in dobrega počutja  
European Commission  
prof. dr. Milena Horvat
33. H2020 - GMOS-Train; Globalni opazovalni sistem za živo srebro in interdisciplinarno usposabljanje v podporo konvenciji Minamata  
European Commission  
prof. dr. Milena Horvat
34. H2020 - SurfBio; Inovacijsko središče za površinske in koloidno biološke raziskave  
European Commission  
doc. dr. Aleš Lapanje
35. H2020 - FoodTraNet; Mreža za napredno raziskovanje in usposabljanje na področju kakovosti, varnosti in zashite hrane  
European Commission  
prof. dr. Nives Ogrinc
36. H2020 - STROMASS; Hitre metode za določanje Sr-90 z uporabo laserske ablacije ICPQQ-MS  
European Commission  
doc. dr. Marko Štok
37. Fotokemična usoda in odstranjevanje ostankov zdravil, ki onesnažujejo pitno vodo  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Tina Kosjek
38. Masna bilanca živega srebra v Sredozemskem morju  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Milena Horvat
39. Razvoj novih referenčnih materialov in tehnik za merjenje razmerij stabilnih izotopov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Nives Ogrinc
40. Prostorska porazdelitev d2H, d18O in 87Sr/86Sr v vodovodnih in podzemnih vodah Slovenije  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Tea Zuliani
41. Netradicionalni izotopi kot novo orodje za vrednotenje kontinentalnih ponorov CO2  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Sonja Lojen
42. OrgPlant - Nov pristop določanja pristnosti ekološko pridelanih rastlinskih proizvodov z uporabo stabilnih izotopov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Nives Ogrinc

## PROGRAMA

1. Modeliranje in ocene posegov v okolju in energetiki  
prof. dr. Borut Smodiš
2. Kroženje snovi v okolju, snovna bilanca in modeliranje okoljskih procesov ter ocena tveganja  
prof. dr. Milena Horvat

## PROJEKTI

1. Redefinicija in razširitev uporabe Sonogashirove reakcije pripajanja brez bakra  
prof. dr. Ester Heath
2. Netradicionalni izotopi kot identifikatorji avtogenih karbonatov  
prof. dr. Sonja Lojen
3. Nanozdravila z antibiotiki in probiotiki za lokalno zdravljenje parodontalne boleznii  
doc. dr. Aleš Lapanje
4. Klinično farmakološki pristop k optimizaciji terapevtske koncentracije bleomicina za zdravljenje z elektrokemoterapijo  
doc. dr. Tina Kosjek
5. Raziskave ionoma kulturnih rastlin za pridelavo varne in kakovostne hrane  
prof. dr. Nives Ogrinc
6. Zapis okoljskih sprememb in človekovega vpliva v holocenskih sedimentih Tržaškega zaliva  
prof. dr. Sonja Lojen
7. Nov inovativen pristop k zdravljenju pleničnega izpuščaja z uporabo plenic z vgrajenimi probiotičnimi bakterijami  
doc. dr. Aleš Lapanje
8. Metodološki pristopi k analizam genomske pestrosti in ekološke plastičnosti gomolk iz naravnih rastišč  
prof. dr. Nives Ogrinc
9. Mečnokislinska fermentacija kot način obogatitve mikroalgne biomase z novimi nutrienti  
prof. dr. Nives Ogrinc
10. Geobiokemijski cikel molibdena v kamninah in sedimentih  
prof. dr. Sonja Lojen
11. Vpliv endokrinih motilcev (bisfenolov, parabenov, triklosana) in potencialno toksičnih in esencialnih kemičnih elementov na porod, neplodnost in raka jajčnika v Sloveniji  
prof. dr. Milena Horvat
12. Spremljanje kliničnega in imunskega odgovora za izboljšanje zdravljenja spontanih perifernih tumorjev psos s kombinacijo elektrokemoterapije in genskega elektroprenosa IL-12  
doc. dr. Tina Kosjek
13. Identifikacija genskih determinant kemične toksičnosti zelene alge Chlamydomonas reinhardtii  
prof. dr. Milena Horvat
14. Kremacija ali inhumacija pri preteklih skupnostih? Multidisciplinarno vprašanje na evropski ravni  
dr. Doris Potočnik
15. Izcedne talne vode kot neizkoriščen vir informacij o biotski raznovrstnosti tal  
prof. dr. Nives Ogrinc
16. Podledeniški karbonatni sedimenti - nov vir za preučevanje obstoja ledenikov v glaciokraškem okolju  
prof. dr. Sonja Lojen

17. Nevropsihološke disfunkcije, ki jih povzročata nizka stopnja izpostavljenosti izbranim onesnaževalom iz okolja pri občutljivi populaciji – NEURODYS  
prof. dr. Milena Horvat
18. BE MERMAID - Metilacija biorazpoložljivega živega srebra v Jadranskem morju  
prof. dr. Milena Horvat
19. STRAP - Izvor, transport in ponor obstojnih zračnih onesneževal v okolju Slovenije  
prof. dr. Nives Ogrinc
20. Novi pristopi za oceno uporabe psihoaktivnih zdravilnih učinkovin in prepovedanih drog z analizo odpadnih vod  
prof. dr. Ester Heath
21. Novi indikatorji klimatskih sprememb v stalagmitih v Sloveniji  
prof. dr. Sonja Lojen
22. Stroškovno učinkovita separacija tritija iz vode z biološkimi sistemi – BIOTRISEP  
doc. dr. Marko Štok
23. Inovativne izotopske tehnike za identifikacijo virov in biogeokemijskega kroženja živega srebra na kontaminiranih območjih – IsoCont  
prof. dr. Milena Horvat
24. Kakovost, varnost in pristnost živil in krme na osnovi proteinov žuželk  
dr. David John Heath
25. Vpliv geotehničnih zasipov iz recikliranih materialov na podzemno vodo  
prof. dr. Radmila Milačič
26. EcoFAR: Varnost preskrbe s hrano in blažitev podnebni sprememb z razvojem ekološkega kmetijstva - ohranitvena obdelava tal, bioefektorji in trajnostno upravljanje s pleveli  
prof. dr. Nives Ogrinc
27. Fotokatalitsko čiščenje vode - razvoj pritrjenih katalizatorjev in kompaktnih reaktorskih sistemov  
prof. dr. Ester Heath
28. Prepovedane droge, alkohol in tobak: epidemiologija na osnovi odpadnih vod, uspešnost čiščenja in ranljivost vodnega sistema  
doc. dr. Tina Kosjek
29. Identifikacija virov Pb v zgornji Mežiški dolini na podlagi izotopske sestave Pb  
doc. dr. Tea Zuliani
30. PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)  
prof. dr. Nives Ogrinc
31. RI-SI EPOS: Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora-RI-SI  
prof. dr. Janja Vaupotič
32. Circular 4.0: Digitalne tehnologije, kot omogočitelj spodbujanja prehoda h krožnemu gospodarstvu s strani MSP na območju Alp  
doc. dr. Davor Kantić
33. Danube Hazard m3c: Odpravljanje onesnaževanja z nevarnimi snovmi v porečju Donave z merjenjem, upravljanjem na osnovi modeliranja in krepitevjo zmogljivosti  
prof. dr. Radmila Milačič
34. Sofinanciranje LIFE18 ENV/SI; LIFE HIDAQUA: Sonaravna uporaba vode v industrijskih panogah z veliko uporabo vode  
prof. dr. Radmila Milačič
35. ELME - Ekološki laboratorij z mobilno enoto  
dr. Dušan Žigon
36. Izvajanje analiz tributil in dibutilkositrovih spojin v vodi in bioti v letu 2020  
doc. dr. Tea Zuliani
37. Izvedba monitoring radioaktivnosti pitne vode za leti 2020 in 2021 (SKLOP 2)  
doc. dr. Marko Štok
38. Izvajanje analiz medu  
prof. dr. Nives Ogrinc
39. Identifikacija virov Pb v zgornji Mežiški dolini na podlagi izotopske sestave Pb  
doc. dr. Tea Zuliani
40. Identifikacija virov Pb v zgornji Mežiški dolini na podlagi izotopske sestave Pb  
doc. dr. Tea Zuliani
41. Servisne usluge; Določitev izotopske sestave ogljika v vzorcih sladkorja  
prof. dr. Nives Ogrinc
42. Razne analize  
prof. dr. Sonja Lojen
43. Manjše storitve  
dr. Tjaša Kanduč
44. Manjše usluge v letu 2021  
prof. dr. Milena Horvat
45. Analiza kovin TBT in DBT v sedimentih, školjkah in ribah  
prof. dr. Janez Ščančar
46. HGKYR - Meritve elementov v okoljskih in bioloških vzorcih iz Kirgizistana  
prof. dr. Milena Horvat
47. CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop  
doc. dr. Aleš Lapanje
48. Monitoring okoljskega odtisa v Graviera Naxou PDO produktu za certificiranje avtentičnosti in geografskega porekla - izotopi stroncija in stabilni izotopi H, O, C, N  
doc. dr. Tea Zuliani
49. Določanje porekla lesa s pomočjo dveh (kisik in stroncij) stabilnih izotopov  
doc. dr. Tea Zuliani
50. Kartiranje radona in ocena tveganja za radon v Gruziji  
prof. dr. Janja Vaupotič
51. Vpliv gnojenja z mineralnimi gnojili na nalaganje radionuklidov in težkih kovin v korenovkah in gomoljnicah  
doc. dr. Marko Štok
52. Razvoj modulov za usposabljanje in izobraževanje na področju humanega monitoringa  
prof. dr. Milena Horvat

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Meritve plinskih efluentov - Specifične analize H-3 in C-14 v letu 2021  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
doc. dr. Marko Štok
2. L1-9191 Sofinanciranje projekta: „Prepovedane droge, alkohol in tobak: epidemiologija na osnovi odpadnih vod, uspešnost čiščenja in ranljivost vodnega sistema“  
Mariborski vodovod, d. d.  
doc. dr. Tina Kosjek
3. L1-9191 Sofinanciranje projekta: „Prepovedane droge, alkohol in tobak: epidemiologija na osnovi odpadnih vod, uspešnost čiščenja in ranljivost vodnega sistema“  
JP CČN Domžale-Kamnik, d. o. o.  
doc. dr. Tina Kosjek
4. L1-9191 Sofinanciranje projekta: „Prepovedane droge, alkohol in tobak: epidemiologija na osnovi odpadnih vod, uspešnost čiščenja in ranljivost vodnega sistema“  
JP Vodovod Kanalizacija, d. o. o.  
doc. dr. Tina Kosjek
5. Obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) v Republiki Sloveniji za leti 2020 in 2021  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
doc. dr. Marko Štok
6. Obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK v povezavi s HE Brežice za leti 2020 in 2021  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
doc. dr. Marko Štok

## OBISKI

1. Klaudia Block-Laszewska, Univerza v Gdansk, Poljska, 10. 6.–31. 8. 2021
2. prof. dr. Alexander Osmolovskiy, Fakulteta za biologijo, Državna univerza Lomonosov, Moskva, 11.–13. 6. 2021
3. prof. dr. Alexander Gusev, Derzhavin Tambov State University, Tambov, Rusija, 30. 6.–7. 7. 2021
4. Nurgul Nursapina, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo Al-Farabi, Almaty, Kazahstan, 4. 7.–30. 9. 2021
5. dr. Elvira Bura Nakić, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška, 22. 8.–4. 9. 2021
6. dr. Tamara Marković, Hrvaški geološki zavod, Zagreb, Hrvaška, 1.–8. 9. 2021
7. Igor Karlović, Hrvaški geološki zavod, Zagreb, Hrvaška, 1.–8. 9. 2021
8. Kylychbek Apiev, Agency for Tailings Management, Ministry of Emergency Situations of the Kyrgyz Republic, Biškek, Kirgizija, 1. 9.–27. 11. 2021
9. dr. Daniele Penna, University of Florence, Firenze, Italija, 30. 9. 2021
10. dr. Ilja van Meerveld, University of Zürich, Švica, 30. 9. 2021
11. dr. Jana von Freyberg, École polytechnique fédérale de Lausanne, Švica, 30. 9. 2021
12. dr. Francesca Scandellari, U-Series srl, Bologna, Italija, 30. 9. 2021
13. Giulia Zuecco, University of Padova, Italija, 30. 9. 2021
14. dr. Petra Žvab Rožič, Univerza v Ljubljani, 30. 9. 2021
15. dr. Aurelien Dommergue, UGA, Grenoble, Francija, 6.–7. 10. 2021
16. dr. Lars Eric Heimbürger-Boavida, Mediterranean Institute of Oceanography, Marseille, Francija, 6.–10. 10. 2021
17. dr. David Amouroux, UPPA, Pau Cedex, Francija, 6.–10. 10. 2021
18. dr. Joel Knoery, Ifremer, Nantes, Francija, 6.–10. 10. 2021
19. dr. Sofi Jonsson, Stockholm University, Stockholm, Švedska, 6.–10. 10. 2021
20. dr. Ralph Ebinghaus, Helmholtz-Zentrum Hereon, Geesthacht, Nemčija, 6.–10. 10. 2021
21. dr. Ian Hedgecock, Institute of Atmospheric Pollution Research of the Italian National Research Council, Monterotondo, Italija, 6.–10. 10. 2021
22. dr. Jeoren Sonke, CNRS, Pariz, Francija, 6.–10. 10. 2021
23. dr. Volker Matthias, Helmholtz-Zentrum Hereon, Geesthacht, Nemčija, 6.–10. 10. 2021
24. dr. Johannes Bieser, Helmholtz-Zentrum Hereon, Geesthacht, Nemčija, 6.–10. 10. 2021
25. dr. Andreja Gutmaher, IOS, Maribor, 6.–10. 10. 2021
26. dr. Aljoša Košak, IOS, Maribor, 6.–10. 10. 2021
27. Alquin Maximillian Koenig, UGA, Grenoble, Francija, 6.–10. 10. 2021
28. Alina Kleindienst, UPPA, Pau, Francija, 6.–10. 10. 2021
29. Isabel Garcia Arévalo, Ifremer, Nantes, Francija, 6.–10. 10. 2021
30. Sonja Gindorf, Stockholm University, Stockholm, Švedska, 6.–10. 10. 2021
31. Charlotte Haugk, Stockholm University, Stockholm, Švedska, 6.–10. 10. 2021
32. Prasad Shelke, CNR-IA, Rim, Italija, 6.–10. 10. 2021
33. David Amptmeijer, Helmholtz-Zentrum Hereon, Geesthacht, Nemčija, 6.–10. 10. 2021

34. Kocketo Michelle Molepo, Helmholtz-Zentrum Hereon, Geesthacht, Nemčija, 6.-10. 10. 2021  
 35. Charikleia Gournia, CNR-IA, Rim, Italija, 6.-10. 10. 2021  
 36. Allwin Mabes Raj, IOS, Maribor, 6.-10. 10. 2021 in 5. 11.-31. 12. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Teodor-Daniel Andron, Katja Babič, Sabina Berisha, Dominik Božič, Ingrid Falnoga, Tjaša Goltnik, Mišel Gorenčič, Ester Heath, Milena Horvat, Marta Jagodic Hudobivnik, Tjaša Kanduč, David Kocman, Tina Kosjek, Jože Kotnik, Ana Kovačič, Lea Lamovšek, Sonja Lojen, Jasmina Masten, Darja Mazej, Klara Nagode, Rok Novak, Nives Ogrinc, Neža Palir, Helena Plešnik, Johanna A. Robinson, Leja Rován, Agneta Annika Runkel, Janja Snoj Tratnik, Anja Stajnik, Lidija Strojnik, David Škufca, Marko Štrok, Žiga Tkalec, Anja Vehar, Polona Vreča, Tea Zuliani, Igor Živkovič, udeležba na 13. Studentski konferenci Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in 15. Dnevh mladih raziskovalcev (Konferenca KMBO), Ljubljana, Slovenija, 27.-28. 5. 2021
2. Katja Babič, Jasmina Masten, Nives Ogrinc, Lidija Strojnik, udeležba na XXI EuroFoodChem, Lizbona, Portugalska, 22.-24. 11. 2021 (virtualno)
3. Matic Bergant, Janez Ščančar, udeležba na dogodku II. doktorski dan Bi(o)znanosti?, Ljubljana, Slovenija, 27. 5. 2021 (virtualno)
4. Dominik Božič, Tjaša Kanduč, Sonja Lojen, Leja Rován, Marko Štrok, Polona Vreča, Tea Zuliani, udeležba na EGU General Assembly 2021, 19.-30. 4. 2021 (virtualno)
5. Dominik Božič, udeležba na 28<sup>th</sup> International Karstological School Classical Karst, Postojna, Slovenija, 14.-18. 6. 2021 (virtualno)
6. Ingrid Falnoga, Milena Horvat, Marta Jagodic Hudobivnik, Darja Mazej, Janja Snoj Tratnik Anja Stajnik, udeležba na ISEE' 21, 33<sup>rd</sup> Annual Conference of the International Society for Environmental Epidemiology, New York, 23.-26. 8. 2021 (virtualno)
7. Jure Ftičar, Sonja Lojen, udeležba na znanstvenem srečanju Dolgoročne spremembe okolja 2021, Ljubljana, Slovenija, 13. 5. 2021
8. Jure Ftičar, David Kocman, Rok Novak, Miha Pratnaker, Johanna A. Robinson, Tina Vrabc, udeležba na 24. mednarodni multikonferenci Informacijska družba - IS 2021, Ljubljana, Slovenija, 6. 10. 2021 (virtualno)
9. Jure Ftičar, David Kocman, Miha Pratnaker, udeležba na 14. mednarodni konferenci o prenosu tehnologij, Ljubljana, Slovenija, 7. 10. 2021 (virtualno)
10. Jan Gačnik, Igor Živkovič, vzorčenje vode na Savi v Zagrebu v sklopu GMOS-Train projekta, Zagreb, Hrvaška, 9. 4. 2021
11. Jan Gačnik, udeležba na konferenci 20<sup>th</sup> International Metrology Congress, Lyon, Francija, 6.-10. 9. 2021
12. Tjaša Goltnik, Mišel Gorenčič, Milena Horvat, Tjaša Kanduč, David Kocman, Aleš Lapanje, Sonja Lojen, Leja Rován, Marko Štrok, Polona Vreča, Tea Zuliani, udeležba na Goldschmidt Virtual Conference 2021, 4.-9. 7. 2021 (virtualno)
13. Tjaša Goltnik, Mišel Gorenčič, Sonja Lojen, Katarina Markovič, Majda Nikezić, Janez Ščančar, Tea Zuliani, udeležba na Slovenskih kemijskih dnevih 27<sup>th</sup> Annual Meeting of the Slovenian Chemical Society, Portorož, Slovenija, 22.-24. 9. 2021
14. David Heath, Ester Heath, Ivona Krizman Matasić, Taja Verovšek, udeležba na Testing the Waters 5 Conference 2021, Brisbane, Avstralija, 28. 9.-1. 10. 2021 (virtualno)
15. David Heath, Milena Horvat, Nives Ogrinc, udeležba na dogodku TUNTWIN project, Stakeholders event, 15. 11. 2021 (virtualno)
16. Ester Heath, Ana Kovačič, David Škufca, Anja Vehar, udeležba na konferenci Cutting Edge 2021: Scientific conference for young researchers : Independent in science, Ljubljana, Slovenija, 16. 9. 2021 (virtualno)
17. Ester Heath, udeležba na 240<sup>th</sup> ECS digital Meeting, 10.-14. 10. 2021 (virtualno)
18. Ester Heath, Taja Verovšek, udeležba na konferenci EMEC21, Novi Sad, Srbija, 29. 11.-4. 12. 2021 (virtualno)
19. Milena Horvat, Tjaša Kanduč, David Kocman, Rok Novak, Johanna A. Robinson, udeležba na konferenci International Conference on Advanced Functional Materials and Devices (AFMD-2021), New Delhi, Indija, 3.-5. 3. 2021 (virtualno)
20. Milena Horvat, udeležba na TF HTAP Workshop on Hg Trends and Source Attribution, 13. 4. 2021 (virtualno)
21. Milena Horvat, Tina Kosjek, Žiga Tkalec, udeležba na 17<sup>th</sup> Annual Conference of the Metabolomics 2021, 22.-24. 6. 2021 (virtualno)
22. Milena Horvat, udeležba na 3<sup>rd</sup> HERA webinars, 30. 6. 2021 (virtualno)
23. Milena Horvat, udeležba na konferenci Goldschmidt Virtual Conference 2021, 4.-9. 7. 2021 (virtualno)
24. Milena Horvat, Tjaša Kanduč, David Kocman, Tina Kosjek, Darja Mazej, Rok Novak, Janja Snoj Tratnik, Anja Stajnik, Johanna A. Robinson, Agneta Annika Runkel, Žiga Tkalec, udeležba na ISES 2021 virtual experience, 30. 8.-2. 9. 2021 (virtualno)
25. Milena Horvat, udeležba na 32<sup>nd</sup> European Union Contest for Young Scientists (EUCYS) 2021, Salamanca, Španija, 16.-20. 9. 2021
26. Milena Horvat, udeležba na Minamata online webinarju, 19. 10. 2021 (virtualno)
27. Milena Horvat, Darja Mazej, Janja Snoj Tratnik, udeležba na MIPRO 2021: 44<sup>th</sup> International Convention, Opatija, Hrvaška, 27. 9.-1. 10. 2021 (virtualno)
28. Radojko Jačimovič, udeležba na EURAMET TC-MC meeting, 2.-3. 2. 2021 (virtualno)
29. Radojko Jačimovič, udeležba na CCQM IAWG Spring Web Meeting, Inorganic Analysis Working Group VTC, 4.-6. 5. 2021 (virtualno)
30. Radojko Jačimovič, udeležba na Reactor Webinar Series 3, Quezon City, Filipini, 11. 6. 2021 (virtualno)
31. Radojko Jačimovič, udeležba na 20IND01 MetroCycleEU Project Kick-Off Meeting Web Meeting, 21.-22. 6. 2021 (virtualno)
32. Radojko Jačimovič, udeležba na Erasmus+, Mobility Agreement, Staff Mobility for Teaching, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazahstan, 19.-26. 7. 2021 (virtualno)
33. Radojko Jačimovič, Borut Smodiš, Ljudmila Benedik, udeležba na konferenci NENE 2021: 30<sup>th</sup> International Conference Nuclear Energy for New Europe, Bled, Slovenija, 6.-9. 9. 2021
34. Radojko Jačimovič, udeležba na delovnem sestanku Consultancy Meeting on the Intercomparison Exercise of NAA k0 Software, Dunaj, Avstrija, 10.-13. 10. 2021
35. Radojko Jačimovič, udeležba na CCQM Inorganic Analysis Working Group VTC, Fall 2021 Web Meeting, 8.-11. 11. 2021 (virtualno)
36. Radojko Jačimovič, udeležba na seminarju za študente Univerze v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Ljubljana, 8. 12. 2021
37. Tjaša Kanduč, David Kocman, Rok Novak, Johanna A. Robinson, udeležba na ECSA Working group on Environment, Inclusiveness and Equity on-line zoom Conference, 22. 6. 2021 (virtualno)
38. Tjaša Kanduč, Kaja Sušmelj, Polona Vreča, Tea Zuliani, udeležba na Inspiring groundwater: 48<sup>th</sup> IAH congress, Bruselj, Belgija, 6.-10. 9. 2021 (virtualno)
39. Tjaša Kanduč, Klara Nagode, Kaja Sušmelj, Polona Vreča, Tea Zuliani, udeležba na 25. posvetovanju slovenskih geologov, Ljubljana, Slovenija, 8. 10. 2021
40. Tjaša Kanduč, David Kocman, Johanna A. Robinson, udeležba na WeBIOPATR 2021, The Eight International WeBIOPATR Workshop & Conference, Beograd, Srbija, 29. 11.-1. 12. 2021 (virtualno)
41. Tjaša Kanduč, udeležba na The 15<sup>th</sup> International Symposium on Radiation Physics (ISR-15), Kuala Lumpur, Malezija, 6.-10. 12. 2021 (virtualno)
42. Norbert Kavasi, Marko Štrok, udeležba na konferenci IX. International Conference Semipalatinsk Test Site: Legacy and Prospects for Scientific-Technical Potential Development, Kurchatov, Kazahstan, 7.-9. 9. 2021 (virtualno)
43. Norbert Kavasi, udeležba na madžarski radiokemični konferenci (Autumn Radiochemistry Days 2021), Balatonszárszó, Madžarska, 15.-20. 10. 2021
44. Tina Kosjek, Žiga Tkalec, udeležba na ICNTS 21, International Conference on Non-target Screening, 4.-7. 10. 2021 (virtualno)
45. Bor Krajnc, Nives Ogrinc, udeležba na znanstvenem srečanju Gozd in les 2021: Podnebne spremembe, Ljubljana, Slovenija, 25. 5. 2021 (virtualno)
46. Aleš Lapanje, Tomaž Rijavec, udeležba na 12<sup>th</sup> World Meeting on Pharmaceuticals, Biopharmaceutics and Pharmaceutical Technology, 11.-14. 5. 2021 (virtualno)
47. Aleš Lapanje, Tomaž Rijavec, udeležba na 13<sup>th</sup> International Conference and Workshop on Biological Barriers, Saarbrücken, Nemčija, 7.-8. 9. 2021 (virtualno)
48. Sonja Lojen, Leja Rován, Tea Zuliani, delo na bilateralnem SLO-HR projektu in ARRS projektu J1-9179, Martinska, Hrvaška, 6.-10. 9. 2021
49. Radmila Milačič, udeležba na 2<sup>nd</sup> International Symposium on Water, Ecology and Environment (ISWEE 2021), Peking, Kitajska, 15.-18. 10. 2021 (virtualno)
50. Radmila Milačič, Janez Ščančar, udeležba na EIT Urban Mobility Winter School, Challenges of the future mobility, Ljubljana, Slovenija, 30. 11. 2021 (virtualno)
51. Klara Nagode, Polona Vreča, udeležba na strokovnem srečanju Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko Raziskave s področja geodezije in geofizike - 2020, 28. 1. 2021, Ljubljana (virtualno)
52. Klara Nagode, Polona Vreča, drugi sestanek v okviru IAEA CRP projekta F33024: Use of isotope techniques for the evaluation of water sources for domestic supply in urban areas, Dunaj, Avstrija, 7.-11. 6. 2021 (virtualno)
53. Klara Nagode, Polona Vreča, drugi sestanek v okviru IAEA CRP projekta F31006 Isotope Variability of Rain for Assessing Climate Change Impacts, Dunaj, Avstrija, 14.-18. 6. 2021 (virtualno)
54. Klara Nagode, Polona Vreča, prvi sestanek v okviru projekta COST Action WATER isotopeS in the critical zO<sub>2</sub>Ne (WATSON), Ljubljana, 28.-29. 9. 2021
55. Klara Nagode, udeležba na delavnici Training Course on Advances in Data Processing and Interpretation Applied to Isotope Hydrology Studies (IAEA), Dunaj, Avstrija, 27. 9.-3. 11. 2021 (virtualno)
56. Rok Novak, udeležba na konferenci WeBIOPATR, Beograd, Srbija, 27. 11.-4. 12. 2021
57. Nives Ogrinc, udeležba na Konferenci pametna mesta 2021, 16. 9. 2021 (virtualno)
58. Nives Ogrinc, Doris Potočnik, udeležba na 23<sup>rd</sup> IMEKO Conference, Yokohama, Japonska, 30. 8.-3. 9. 2021 (virtualno)
59. Nives Ogrinc, udeležba na delavnici Technical Meeting on the Development of IAEA Stable Isotope Reference Materials and Related Products, Dunaj, Avstrija, 30. 8.-3. 9. 2021 (virtualno)
60. Nives Ogrinc, Doris Potočnik, Lidija Strojnik, Katja Babič, udeležba na delavnici METROFOOD-RI: Traceability and Comparability of Results in Food Measurements, Parma, Italija, 20.-23. 9. 2021 (virtualno)
61. Nives Ogrinc, udeležba na 13<sup>th</sup> International Conference Processes in Isotopes and Molecules, Cluj-Napoca, Romunija, 22.-24. 9. 2021 (virtualno)
62. Nives Ogrinc, udeležba na konferenci 14<sup>th</sup> International Technology Transfer Conference, 7. 10. 2021
63. Nives Ogrinc, sestanek na Univerzi v Lillu, Univerzi v Bruslju in udeležba na METROFOOD-PP sestanku, Lille, Francija in Bruselj, Belgija, 15.-26. 11. 2021
64. Lidija Strojnik, udeležba na konferenci Recent Advances in Food Analysis (RAFA 2021), Praga, Češka, 3.-4. 11. 2021 (virtualno)
65. Janja Vaupotič, udeležba na 39<sup>th</sup> American Association for Aerosol Research Annual Conference, 18.-22. 10. 2021 (virtualno)
66. Janja Vaupotič, udeležba na 10. mednarodni konferenci Akademija strojništva 2021, Ljubljana, Slovenija, 28. 10. 2021 (virtualno)

67. Janja Vaupotič, udeležba na International Scientific Conference Natural Disasters in the 21<sup>st</sup> Century: monitoring, prevention, mitigation, Tbilisi, Gruzija, 20.–22. 12. 2021 (virtualno)
68. Polona Vreča, udeležba na zaključni delavnici projekta TRNITAL, Zagreb, Hrvaška, 17. 2. 2021 (virtualno)
69. Polona Vreča, udeležba na 2021 World Water Day IAEA Webinar, Atoms4Life: Nuclear techniques for effective water management, 22. 3. 2021 (virtualno)
70. Polona Vreča, udeležba na delovnem sestanku Management Committee meeting of COST Action WATSON, 20. 5. 2021 (virtualno)
71. Polona Vreča, udeležba na Technical Meeting on Artificial Intelligence for Nuclear Technology and Applications, Dunaj, Avstrija, 25.–29. 10. 2021 (virtualno)
72. Polona Vreča, udeležba na webinarju Atoms4Climate: Nuclear Science in Climate Studies: Fingerprinting Precipitation Origins Using Isotope Tracers, Dunaj, Avstrija, 9. 11. 2021 (virtualno)
73. Polona Vreča, udeležba na delavnici Water Cycle and Water Isotopes, Bergen, Norveška, 15.–17. 11. 2021 (virtualno)
74. Tea Zuliani, gostovanje na Institute for Biological Research Siniša Stanković v sklopu Erasmus+ (teaching) izmenjave, Beograd, Srbija, 10.–16. 5. 2021
75. Dušan Žigon, udeležba na 3<sup>rd</sup> International Workshop on Plasma Agriculture, Greifswald, Nemčija, 1.–3. 3. 2021 (virtualno)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Maria Laimou Geraniou, izpopolnjevanje v analizah psihoaktivnih snovi v odpadnih vodah in deloma na visokoločljivostnem masnem spektrometru, Antwerpen, Belgija, 19. 9.–21. 11. 2021
2. Katarina Marković, izpopolnjevanje s področja ravnanja z vodami in določanja organskih onesnažil z LC-MS, Dunaj, Avstrija, 11. 9.–15. 11. 2021
3. Taja Verovšek, delo na visokoločljivostnem masnem spektrometru Orbitrap, Castellon, Španija, 27. 6.–31. 7. 2021

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. prof. dr. Ljudmila Benedik
2. Raghuraj Singh Chouhan, Doctor of Biotechnology, University of Mysore
3. doc. dr. Ingrid Falnoga
4. dr. David John Heath
5. prof. dr. Ester Heath, znanstveni svetnik
6. **prof. dr. Milena Horvat, znanstveni svetnik - vodja odseka**
7. prof. dr. Radojko Jačimović
8. dr. Tjaša Kanduč
9. Norbert Kavasi, PhD. Madžarska
10. dr. David Kocman
11. doc. dr. Davor Kontić
12. doc. dr. Tina Kosjek
13. doc. dr. Jože Kotnik
14. doc. dr. Aleš Lapanje
15. prof. dr. Sonja Lojen, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
16. dr. Darja Mazej
17. prof. dr. Radmila Milačič, znanstveni svetnik - pomočnik vodje odseka
18. prof. dr. Nives Ogrinc, znanstveni svetnik - pomočnik vodje odseka
19. doc. dr. Tomaz Rijavec
20. prof. dr. Borut Smodiš, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
21. prof. dr. Janez Ščancar, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
22. doc. dr. Zdenka Šlejkovec
23. doc. dr. Marko Štok
24. prof. dr. Janja Vaupotič, znanstveni svetnik - vodja centra
25. dr. Janja Vidmar
26. dr. Polona Vreča
27. doc. dr. Tea Zuliani
28. dr. Dušan Žigon

### Podoktorski sodelavci

29. Ermira Begu, PhD.
30. dr. Marta Jagodič Hudobivnik
31. dr. Ana Kovačič
32. dr. Bor Krajnc
33. dr. Doris Potočnik
34. dr. Leja Rovani
35. Janja Snoj Tratnik, univ. dipl. biol.
36. dr. Anja Stajniko
37. dr. Igor Živković

### Mlajši raziskovalci

38. Saeed Waqar Ali, MSc., Pakistan
39. Eirini Andreasidou, Msc., Grčija
40. Teodor-Daniel Andron, Msc., Romunija
41. Tine Bizjak, MSc., Finska
42. Dominik Božič, mag. ekotehnol.
43. Jan Gačnik, mag. kem.
44. Tjaša Goltnik, mag. kem.
45. Pia Leban, mag. san. inž.
46. Katarina Marković, mag. ekotehnol.
47. Jasmina Masten Rutar, mag. inž. živ.
48. Klara Nagode, mag. inž. geol.
49. Rok Novak, mag. inž. teh. var. okolja
50. Neža Palir, mag. lab. biomed.
51. Johanna Amalia Robinson, mag. ekotehnol.
52. Agneta Annika Runkel, Mater of Science, Nemčija
53. Lidija Strojnik, mag. inž. preh.
54. Žiga Tkalec, mag. kem.
55. Anja Vehar, mag. inž. kem. inž.
56. Sreekanth Vijayakumaran Nair, Msc., Indija
57. Maja Zupan, mag. mikrobiol.

### Strokovni sodelavci

58. Karolina Trentelj, dipl. ekon. (VS)
59. Vanja Usenik, Bolonjski študij II. stopnje
60. Tina Vrabec, dipl. trž. kom. (UN)

### Tehniški in administrativni sodelavci

61. Barbara Svetek, inž. kem. tehnol.
62. *Zdenka Trkov, inž. kem. tehnol., upokožitev 26. 5. 2021*
63. Stojan Žigon

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Academia Sinica, Peking, Kitajska
2. Aerosol, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
3. AFNOR, Association Française de Normalisation, La Plaine Saint-Denis Cedex
4. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), Ministrstvo za okolje in kmetijstvo
5. Agencija za radioaktivne odpadke (ARAO), Ljubljana
6. Agricultural Cooperatives Union of Naxos S.A., Grčija
7. Algen, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
8. Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakistan
9. Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Grčija
10. Atomic Energy Commission of Syria, Damascus, Sirija
11. Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO), Environmental Research, Kirrawee DC, NSW, Avstralija
12. BAM, Federal Institute for Material Research and Testing, Berlin, Nemčija
13. Butan Plin, d. d., Ljubljana, Slovenija
14. CDTN/CNEN (Nuclear Technology Development Centre/Brazilian Commission for Nuclear Energy), Belo Horizonte, Brazilija
15. Centralna čistilna naprava Domžale Kamnik
16. Centre national de l'énergie, des sciences et des techniques nucléaires (CNESTEN), Rabat, Morocco
17. Centro Atómico Bariloche, Argentina
18. Chalmers University, Gothenburg, Švedska
19. ChemCom, d. o. o., Trbovlje, Slovenija
20. CINKARNA, Metalurško-kemična industrija Celje, d. d., Celje, Slovenija
21. CNR Institute for Biomedical Technology, University of Padova, Italija
22. CSIC, Barcelona, Španija
23. DANA, d. o. o., Mirna, Slovenija
24. Delft University of Technology, Interfaculty Reactor Institute (IRI), Laboratory for Radiochemistry, Nizozemska
25. Department of Cell Biology and Neuroscience, Istituto Superiore di Sanità, Rim, Italija
26. Department of Chemistry, University of Zürich, Zürich, Švica
27. Department of Hydrology and water Resources, University of Arizona, Tucson, Arizona
28. Droga Kolinska, d. d., PE Rogaški vrelci, Rogaška Slatina
29. EAWAG, Dubendorf, Švica
30. ERICO Velenje Inštitut za ekološke raziskave, Velenje
31. ESOTECH, d. d., Velenje
32. European Atomic Energy Community (EURATOM)
33. European Association of National Metrology Institutes (EURAMET)
34. Faculty of Geography, M.V. Lomonosov Moscow State University, Ruska federacija
35. Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Bratislava, Slovaška
36. Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige, Italija
37. Food and Environmental Research Agency, York, Velika Britanija
38. Free University of Amsterdam, Amsterdam, Nizozemska
39. Fruitarom ETOL, Celje
40. GEN energija, d. o. o., Krško
41. Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana
42. Geografski inštitut Antona Melika
43. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana
44. German Federal Institute for Risk Assessment, Berlin, Nemčija
45. Ghent University, Ghent, Belgija
46. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana
47. GR Investicije, d. o. o., Ljubljana

48. Guizhou Science Academy, Guiyang, LR Kitajska
49. Hahn-Meitner Institut, Berlin, Nemčija
50. Hasselt University, Hasselt, Belgija
51. Helmholtz Zentrum Dresden Rossendorf, Dresden, Nemčija
52. HGEM, d. o. o., Zaloška 143, Ljubljana, Slovenija
53. Hiroshima University, Hirošima, Japonska
54. Hrvaški geološki zavod, Zagreb, Hrvaška
55. International Atomic Energy Agency (IAEA), Dunaj, Avstrija
56. ICP, d. o. o., Institut za celulozo in papir, Ljubljana
57. IMBIH – Institute of Metrology of Bosnia and Herzegovina
58. IMMT, Institut za metagenomiko in mikrobnih tehnologij, Ljubljana
59. INIA, Madrid, Španija
60. Indiana University, Indiana, ZDA
61. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
62. Institut za javno zdravje Črne gore, Podgorica, Črna gora
63. Institute for Geological and Geochemical Research (IGGR), Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary
64. Institute of Chemistry, Faculty of Science, SS. Cyril and Methodius University, Skopje, Makedonija
65. Institute of Marine Research, Bergen, Norveška
66. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS, Trst, Italija
67. Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Španija
68. Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Varšava, Poljska
69. Institute of Physics, Beograd, Srbija
70. Institute of Agriculture and Tourism, Poreč, Hrvaška
71. International Atomic Energy Agency (IAEA), Dunaj, Avstrija
72. IAEA Environmental Laboratories, Monako
73. IOS – Institut za okoljevarstvo in senzorje, Maribor
74. IPEN-CNEN/SP (Nuclear and Energy Research Institute – Brazilian Commission for Nuclear Energy, Sao Paulo), Sao Paulo, Brazilija
75. IRGO Consulting, d. o. o., Ljubljana
76. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Rim, Italija
77. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Sezione di Palermo, Italija
78. Ivane Javakhišvili Tbilisi State University, M. Nodia Institute of Geophysics, Tbilisi, Gruzija
79. Javne službe Ptuj, d. o. o.
80. Javno podjetje vodovod kanalizacija Snaga, d. o. o. (JP VOKA SNAGA, d. o. o.), Ljubljana
81. Jata Emona, d. o. o., Ljubljana
82. Joint Research Centre, Geel (JRC-Geel), Belgija
83. Joint Research Centre, Ispra, Italija
84. k<sub>0</sub>-ware, Heerlen, Nizozemska
85. Karl Franzens Universität Graz, Avstrija
86. Kemijski inštitut, Ljubljana
87. Kmetijski inštitut Slovenije
88. Komunala Novo mesto
89. Komunala Velenje
90. Krka, d. d., Novo mesto
91. KTH Royal Institute of Technology, Land & Water Resources Engineering
92. Laboratorio de Radioisotopos Eduardo Penna Franca, Instituto de Biofisica Carlos Chagas Filho, Centro de Ciencias da Saude, UFRJ, Rio de Janeiro, Brazilija
93. Lek farmacevtska družba, d. d., Ljubljana
94. LGC, Teddington, Združeno kraljestvo
95. Ljubljanske mlekarne, d. o. o., Ljubljana
96. Maastricht University, Maastricht, Nizozemska
97. Madžarska akademija znanosti, Institut za geologijo in geokemijo, Budimpešta, Madžarska
98. Malmö University, Malmö, Švedska
99. Masaryk University, Brno, Češka
100. Mendel University in Brno, Department of Agricultural, Food and Environmental Engineering, Češka
101. MEIS, d. o. o., Grosuplje, Slovenija
102. Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije
103. Mlekarna Celeia, d. o. o., Celje
104. Mlekarna Planika, d. o. o., Kobarid
105. Mestna občina Ljubljana, Ljubljana
106. N. P. Ogarev's Mordovian State University, Rusija
107. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, Piran
108. Nacionalni inštitut za javno zdravje, Ljubljana, Slovenija
109. Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Maribor, Slovenija
110. National Institute for Minamata Disease, Kogoshima, Japonska
111. National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, Nizozemska
112. National Institute of Environmental Studies, Tsukuba, Japonska
113. National Institute of Radiological Sciences, Inage, Chiba, Japonska
114. National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, ZDA
115. Nmi Van Swinden Laboratorium B.V., Delft, Nizozemska
116. NPL Management Limited, Združeno kraljestvo
117. Nuklearna elektrarna Krško (NEK)
118. Odessa National Polytechnic University, Department of Theoretical and Experimental Nuclear Physics, Odessa, Ukrajina
119. Onkološki inštitut Ljubljana
120. Premogovnik Velenje, d. d., Velenje
121. QuantiSci Ltd., Henley on Thames, Združeno kraljestvo
122. Queen Mary University of London, London, Združeno kraljestvo
123. RECETOX Research Centre for Toxic Compounds in the Environment, Brno, Češka
124. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Trst, Italija
125. Rudnik Mežica, d. o. o., Mežica
126. Rudnik Žirovski vrh
127. Saratovski gosudarstveni universitet imeni N.G. Černiševskega, SGU, Rusija
128. Sava Turizem, d. d., Ljubljana
129. Seconda Università degli Studi di Napoli, Napoli, Italija
130. Skoltech – Skolkovo Institute of Science and Technology, Moskva, Rusija
131. Slovenska akreditacija, Ljubljana
132. Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST), Ljubljana
133. Steklarna Hrastnik, d. o. o., Hrastnik
134. Termoelektrarna Šostanj (TEŠ)
135. Termoelektrarna Toplarna Ljubljana
136. Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Danska
137. The South African Nuclear Energy Corporation (NESCA) Research & Development, Južna Afrika
138. The University of Texas, El Paso, ZDA
139. Tomsk Polytechnic University, Rusija
140. Trent University, Peterborough, Kanada
141. TÜBİTAK UME, Gebze-Kocaeli, Turčija
142. UMIST Manchester, Združeno kraljestvo
143. United Nations Environment Programme (UNEP), Ženeva, Švica
144. Università degli Studi di Udine, Dipartimento di Patologia e Medicina Sperimentale e Clinica, Udine, Italija
145. Université catholique de Louvain, Groupe de Recherche en Physiologie végétale (GRPV), Louvain-la-Neuve, Belgija
146. Université Pierre et Marie Curie, Pariz, Francija
147. University of Antwerp, Antwerp, Belgija
148. University of Balearic Islands, Palma de Mallorca, Španija
149. University of the Basque Country (UPV/EHU), Victoria Gasteiz, Španija
150. University of Burgos, Burgos, Španija
151. University of Ghana, Accra, Gana
152. University of Lausanne, Institute of Mineralogy and Petrography, Lozana, Švica
153. University of Leoben, Leoben, Avstrija
154. University of Lisbon, Lizbona, Portugalska
155. University of Mining and Metallurgy, Krakow, Poljska
156. University of Munich, Department of Geography, München, Nemčija
157. University of Padova, Padova, Italija
158. University of Pannonia, Veszprém, Madžarska
159. University of Parma, Parma, Italija
160. University of Pau, Pau, Francija
161. University of Turin, Torino, Italija
162. University of Udine, Unit of Hygiene and Epidemiology, School of Medicine, Italija
163. University of Utah, Salt Lake City, ZDA
164. University of Wroclaw, Poljska
165. University of Zaragoza, Zaragoza, Španija
166. University of Montenegro, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Podgorica, Črna gora
166. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
167. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
168. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo
169. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
170. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
171. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
172. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za zdravstvene vede
173. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta
174. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo
175. Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta
176. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, Fakulteta za strojništvo
177. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
178. Univerza v Novem Sadu, Novi Sad, Srbija
179. Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju
180. Univerza v Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftna fakulteta in Fakulteta za agronomijo, Zagreb, Hrvaška (University of Zagreb, Faculty of mining, geology and petroleum Engineering and Faculty of Agriculture)
181. Univerzitetni klinični center Ljubljana, (UKCL), Slovenija
182. Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSJV), Ministrstvo za okolje in prostor
183. Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji (URSVS), Ministrstvo za zdravje
184. Urad Republike Slovenije za meroslovje (MIRS), Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo
185. Ural Scientific Research Institute for Metrology (UNIIM), Ekaterinburg, Rusija
186. Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, Nizozemska
187. Vinča Institute of Nuclear Sciences, Beograd, Srbija
188. Vodovod Kanalizacija LCC, Podgorica, Črna gora
189. Wageningen University, Wageningen, Nizozemska
190. Zavod Republike Slovenije za varstvo pri delu (ZVD), Ljubljana
191. Zdravstveni inšpektorat Republike Slovenije
192. ZRC SAZU, Institut za raziskovanje Krasa, Postojna in Geografski inštitut Antona Melika, Ljubljana
193. Zito, d. o. o., Ljubljana

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Stefan Markovič, Katja Uršič Valentinuzzi, Maja Čemažar, Gregor Serša, Barbara Starešinič, Radmila Milačič, Janez Ščančar, "High spatial resolution imaging of cisplatin and Texas Red cisplatin in tumour spheroids using laser ablation isotope dilution inductively coupled plasma mass spectrometry and confocal fluorescence microscopy", *Analytica chimica acta*, 2021, **1162**, 338424. [COBISS.SI-ID 56535555]
2. Jasmina Masten, Berta Cillero-Pastor, Ronny Mohren, Nataša Poklar Ulrih, Nives Ogrinc, Polona Jamnik, "Insight into the antioxidant effect of fermented and non-fermented *Spirulina* water and ethanol extracts at the proteome level using a yeast cell model", *Antioxidants*, 2021, **10**, 9, 1366. [COBISS.SI-ID 74719747]
3. Ljudmila Benedik, Anja Marija Pilar, Helena Prosen, Radojko Jačimović, P. Pavel Povinec, "Determination of ultra-trace levels of uranium and thorium in electrolytic copper using radiochemical neutron activation analysis", *Applied Radiation and Isotopes*, 2021, **175**, 109801. [COBISS.SI-ID 66887427]
4. Marija Đurić, Primož Oprčkal, Vesna Zalar Serjun, Alenka Mauko Pranjic, Janez Ščančar, Radmila Milačič, Ana Mladenović, "Environmental impacts and immobilization mechanisms of cadmium, lead and zinc in geotechnical composites made from contaminated soil and paper-ash", *Applied sciences*, 2021, **11**, 24, 11822. [COBISS.SI-ID 89409283]
5. Jan Gačnik, Igor Živković, Sergio Ribeiro Guevara, Radojko Jačimović, Jože Kotnik, Gianmarco De Feo, Matthew A. Dexter, Waren T. Corns, Milena Horvat, "Behavior of KCl sorbent traps and KCl trapping solutions used for atmospheric mercury speciation: stability and specificity", *Atmospheric measurement techniques*, 2021, **14**, 6619-6631. [COBISS.SI-ID 80415235]
6. Angelika Vižintin, Stefan Markovič, Janez Ščančar, Damijan Miklavčič, "Electroporation with nanosecond pulses and bleomycin or cisplatin results in efficient cell kill and low metal release from electrodes", *Bioelectrochemistry*, 2021, **140**, 107798. [COBISS.SI-ID 57144835]
7. Agneta Annika Runkel, Darja Mazej, Janja Snoj Tratnik, Žiga Tkalec, Tina Kosjek, Milena Horvat, "Exposure of men and lactating women to environmental phenols, phthalates, and DINCH", *Chemosphere*, 2021, **286**, 3, 131858. [COBISS.SI-ID 73036035]
8. David Škufca, Ana Kovačič, Tjaša Griessler Bulc, Ester Heath, "Determination of 18 bisphenols in aqueous and biomass phase of high rate algal ponds: development, validation and application", *Chemosphere*, 2021, **271**, 129786. [COBISS.SI-ID 48987395]
9. Taja Verovšek, Ivona Krizman Matasić, David John Heath, Ester Heath, "Data in brief: drug use data for Slovenian educational institutions using wastewater analysis", *Data in brief*, **39**, 2021, 107614. [COBISS.SI-ID 86403331]
10. Žiga Tkalec, Tina Kosjek, Janja Snoj Tratnik, Anja Stajanko, Agneta Annika Runkel, Marianthi Sykiotou, Darja Mazej, Milena Horvat, "Exposure of Slovenian children and adolescents to bisphenols, parabens and triclosan: urinary levels, exposure patterns, determinants of exposure and susceptibility", *Environment international*, 2021, **146**, 106172. [COBISS.SI-ID 34056707]
11. István Gábor Hatvani, Gábor Szatmári, Zoltán Kern, Dániel Erdélyi, Polona Vreča, Tjaša Kanduč, György Czuppon, Sonja Lojen, Balázs Kohán, "Geostatistical evaluation of the design of the precipitation stable isotope monitoring network for Slovenia and Hungary", *Environment international*, 2021, **146**, 106263. [COBISS.SI-ID 40205571]
12. Delali Tulasi, Vesna Fajon, Jože Kotnik, Yaroslav Shlyapnikov, Dennis Adotey, Yaw Serfor-Armah, Milena Horvat, "Mercury methylation in cyanide influenced river sediments: a comparative study in Southwestern Ghana", *Environmental monitoring and assessment*, 2021, **193**, 4, 180. [COBISS.SI-ID 58190083]
13. Nafsika Papaioannou *et al.* (14 avtorjev), "Multi-omics analysis reveals that co-exposure to phthalates and metals disturbs urea cycle and choline metabolism", *Environmental research*, 2021, **192**, 110041. [COBISS.SI-ID 31434755]
14. Agneta Annika Runkel *et al.* (11 avtorjev), "Organohalogen: a persisting burden in Slovenia?", *Environmental research*, 2021, **198**, 111224. [COBISS.SI-ID 62497283]
15. Tina Eleršek, Tilen Notersberg, Ana Kovačič, Ester Heath, Metka Filipič, "The effects of bisphenol A, F and their mixture on algal and cyanobacterial growth: from additivity to antagonism", *Environmental science and pollution research international*, 2021, **28**, 3445-3454. [COBISS.SI-ID 29983235]
16. Stefan Schymura *et al.* (11 avtorjev), "Dissolution-based uptake of CeO<sub>2</sub> nanoparticles by freshwater shrimp: a dual-radiolabelling study of the fate of anthropogenic cerium in water organisms", *Environmental science: Nano*, 2021, **8**, 7, 1934-1944. [COBISS.SI-ID 68083203]
17. Zdenka Šlejkovec, Leon Gorše, Ana Grobler, Marta Jagodic Hudobivnik, Ingrid Falnoga, "Arsenic speciation and elemental composition of rice samples from the Slovenian market", *Food chemistry*, 2021, **342**, 128348. [COBISS.SI-ID 33875971]
18. Otmar Geiss *et al.* (21 avtorjev), "Particle size analysis of pristine food-grade titanium dioxide and E 171 in confectionery products: interlaboratory testing of a single-particle inductively coupled plasma mass spectrometry screening method and confirmation with transmission electron microscopy", *Food control*, 2021, **120**, 107550. [COBISS.SI-ID 38115331]
19. Nina Šiškovič, Lidija Strojnik, Tine Grebenc, Rajko Vidrih, Nives Ogrinc, "Differentiation between species and regional origin of fresh and freeze-dried truffles according to their volatile profiles", *Food control*, 2021, **123**, 107698. [COBISS.SI-ID 35713027]
20. Lidija Strojnik, Jože Hladnik, Nika Cvelbar Weber, Darinka Koron, Matej Stopar, Emil Zlatič, Doris Kokalj, Martin Strojnik, Nives Ogrinc, "Construction of IsoVoc database for the authentication of natural flavours", *Foods*, 2021, **10**, 7, 1550. [COBISS.SI-ID 71209475]
21. Staša Hamzić Gregorčič, Nives Ogrinc, Russell Frew, Marijan Nečemer, Lidija Strojnik, Tea Zuliani, "The provenance of Slovenian milk using <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr isotope ratios", *Foods*, 2021, **10**, 8, 1729. [COBISS.SI-ID 72029699]
22. Jelena Golubovič, Ester Heath, Iztok Jože Košir, Nives Ogrinc, Doris Potočnik, Lidija Strojnik, David John Heath, "Differences in the levels of the selected phytoestrogens and stable isotopes in organic vs. conventional hops and beer", *Foods*, 2021, **10**, 8, 1839. [COBISS.SI-ID 72599555]
23. Dmitrii Deev, Iaroslav Rybkin, Tomaž Rijavec, Aleš Lapanje, "When beneficial biofilms on materials is needed: electrostatic attachment of living bacterial cells induces biofilm formation", *Frontiers in materials*, 2021, **8**, 624631. [COBISS.SI-ID 61416963]
24. Nada Verdel, Tomaž Rijavec, Iaroslav Rybkin, Anja Erzlin, Žiga Velišček, Albin Pintar, Aleš Lapanje, "Isolation, identification, and selection of bacteria with proof-of-concept for bioaugmentation of whitewater from wood-free paper mills", *Frontiers in microbiology*, 2021, **12**, 758702. [COBISS.SI-ID 80125955]
25. Jan Kejžar, Marta Jagodic Hudobivnik, Marijan Nečemer, Nives Ogrinc, Jasmina Masten, Nataša Poklar Ulrih, "Characterization of algae dietary supplements using antioxidative potential, elemental composition and stable isotopes approach", *Frontiers in nutrition*, 2021, **7**, 618503. [COBISS.SI-ID 49471491]
26. Micha Horacek *et al.* (11 avtorjev), "Isotope analysis (<sup>13</sup>C, <sup>18</sup>O) of wine from Central and Eastern Europe and Argentina, 2008 and 2009 vintages: differentiation of origin, environmental indications and variations within countries", *Frontiers in sustainable food systems*, 2021, **5**, 638941. [COBISS.SI-ID 64570883]
27. Luka Serianz, Sonja Cerar, Polona Vreča, "Uporaba stabilnih izotopov in glavnih ionov za oceno napajalnih značilnosti alpskega rečnega toka Triglavске Bistrice pod vplivom podzemne vode", *Geologija*, 2021, **64**, 2, 205-220. [COBISS.SI-ID 92521731]
28. Rok Novak *et al.* (21 avtorjev), "Harmonization and visualization of data from a transnational multi-sensor personal exposure campaign", *International journal of environmental research and public health*, 2021, **18**, 21, 11614. [COBISS.SI-ID 83869699]
29. Johanna A. Robinson *et al.* (21 avtorjev), "User-centred design of a final results report for participants in multi-sensor personal air pollution exposure monitoring campaigns", *International journal of environmental research and public health*, 2021, **18**, 23, 12544. [COBISS.SI-ID 86899459]
30. Mateja Dovjak, Barbara Virant, Aleš Krainer, Marjana Šijanec-ZavrI, Janja Vaupotič, "Determination of optimal ventilation rates in educational environment in terms of radon dosimetry", *International*

- journal of hygiene and environmental health*, 2021, **234**, 113742. [COBISS.SI-ID 59477251]
31. Tjaša Kanduč, Jerneja Sedlar, Rok Novak, Ivo Zadnik, Sergej Jamnikar, Timotej Verbovšek, Fausto Grassa, Janez Rošar, "Exploring the 2013-2018 degassing mechanism from the Pesje and Preloge excavation fields in the Velenje Coal basin, Slovenia: insights from molecular composition and stable isotopes", *Isotopes in environmental and health studies*, 2021, **57**, 6, 585-609. [COBISS.SI-ID 79892995]
  32. Antonella Ficorilli *et al.* (13 avtorjev), "Investigating the process of ethical approval in citizen science research: the case of Public Health", *JCOM, journal of science communication*, 2021, **20**, 6, A04. [COBISS.SI-ID 80406275]
  33. Janja Vidmar, Luisa Hässmann, Katrin Loeschner, "Single-particle ICP-MS as a screening technique for the presence of potential inorganic nanoparticles in food", *Journal of agricultural and food chemistry*, 2021, **69**, 34, 9979-9990. [COBISS.SI-ID 74168579]
  34. Bruno Cordeiro Silva, Luiz Cury, Alexandre Leal, Maria-Angela Menezes, Serhii Nagorny, Stefano Nisi, Mitiko Saiki, Radojko Jačimović, Klaus Krambrock, "Neutron-induced point defects and luminescence properties of enriched Zn<sup>82</sup>Se crystals", *Journal of applied physics*, 2021, **130**, 5, 054502. [COBISS.SI-ID 72392451]
  35. Guanglong Ma *et al.* (20 avtorjev), "PD1 blockade potentiates the therapeutic efficacy of photothermally-activated and MRI-guided low temperature-sensitive magnetoliposomes", *Journal of controlled release*, 2021, **332**, 419-433. [COBISS.SI-ID 54376707]
  36. Boštjan Žener, Lev Matoh, Peter Rodič, David Škufca, Ester Heath, Urška Lavrenčič Štangar, "Removal of 18 bisphenols co-present in aqueous media by effectively immobilized titania photocatalyst", *Journal of environmental chemical engineering*, 2021, **9**, 6, 106814. [COBISS.SI-ID 87911683]
  37. Gregor Plestenjak, Klemen Eler, Rok Mihelič, Mitja Ferlan, Nives Ogrinc, Bor Krajnc, Dominik Vodnik, "Can additional air supply enhance decomposition processes in sludge treatment reed beds?", *Journal of environmental management*, 2021, **277**, 111511. [COBISS.SI-ID 34133763]
  38. Marko Černe *et al.* (13 avtorjev), "Effect of sewage sludge derived compost or biochar amendment on the phytoaccumulation of potentially toxic elements and radionuclides by Chinese cabbage", *Journal of environmental management*, 2021, **293**, 112955. [COBISS.SI-ID 66036995]
  39. Nataša Hojnik, Martina Modic, James L. Walsh, Dušan Žigon, Uroš Javornik, Janez Plavec, Bojana Žegura, Metka Filipič, Uroš Cvelbar, "Unravelling the pathways of air plasma induced aflatoxin B<sub>1</sub> degradation and detoxification", *Journal of hazardous materials*, 2021, **403**, 123593. [COBISS.SI-ID 24736259]
  40. Franja Prosenec, Justyna Piechocka, David Škufca, Ester Heath, Tjaša Griessler Bulc, Darja Istenič, Gianluigi Buttiglieri, "Microalgae-based removal of contaminants of emerging concern: mechanisms in *Chlorella vulgaris* and mixed algal-bacterial cultures", *Journal of hazardous materials*, 2021, **418**, 126284. [COBISS.SI-ID 66314499]
  41. Ana Kovačič, Celine Gys, Martin Rafael Gulin, Tjaša Gornik, Tina Kosjek, David John Heath, Adrian Covaci, Ester Heath, "Kinetics and biotransformation products of bisphenol F and S during aerobic degradation with activated sludge", *Journal of hazardous materials*, 2021, **404**, A, 124079. [COBISS.SI-ID 29781507]
  42. Johanna Noireaux, Sara Lopéz-Sanz, Janja Vidmar, Manuel Correia, Laurent Devoille, Paola Fiscaro, Katrin Loeschner, "Titanium dioxide nanoparticles in food: comparison of detection by triple-quadrupole and high-resolution ICP-MS in single-particle mode", *Journal of nanoparticle research*, 2021, **23**, 4, 102. [COBISS.SI-ID 66137347]
  43. Gregor Muri, Milena Horvat, Jože Kotnik, Boštjan Muri, Polona Vreča, Radojko Jačimović, "Recent changes in major and trace elements in sediments from a remote mountain lake (6th Triglav Lake) in the Julian Alps, NW Slovenia", *Journal of paleolimnology*, 2021, **65**, 1, 69-83. [COBISS.SI-ID 26636803]
  44. Martina Orlando-Bonaca, Valentina Pitacco, Oliver Bajt, Ingrid Falnoga, Marta Jagodic Hudobivnik, Darja Mazej, Zdenka Šlejkovec, Giuseppe Bonanno, "Spatial and temporal distribution of trace elements in *Padina pavonica* from the northern Adriatic Sea", *Marine pollution bulletin*, 2021, **172**, 112874. [COBISS.SI-ID 74288643]
  45. Nives Ogrinc *et al.* (15 avtorjev), "Support for a European metrology network on food safety food-MetNet", *Measurement. Sensors.*, 2021, **18**, 100285. [COBISS.SI-ID 79869187]
  46. Doris Potočnik, Marta Jagodic Hudobivnik, Darja Mazej, Nives Ogrinc, "Optimization of the sample preparation method for determination of multi-element composition in fruit samples by ICP-MS analysis", *Measurement. Sensors.*, 2021, **18**, 100292. [COBISS.SI-ID 77669379]
  47. Michelle M. G. Chartrand *et al.* (22 avtorjev), "Final report on CCQM-K167: carbon isotope delta measurements of vanillin", *Metrologia*, 2021, **59**, 1A, 08004. [COBISS.SI-ID 100679171]
  48. Patricia Grinberg *et al.* (32 avtorjev), "SIM-QM-S10: supplementary comparison for trace elements in skim milk powder", *Metrologia*, 2021, **58**, 1A, 08008. [COBISS.SI-ID 52749315]
  49. Federica Concina *et al.* (19 avtorjev), "Nutrient intake during pregnancy and adherence to dietary recommendations: the Mediterranean PHIME cohort", *Nutrients*, 2021, **13**, 5, 1434. [COBISS.SI-ID 61156099]
  50. Aleš Grošel, Maša Bošnjak, Mojca Kržan, Tina Kosjek, Krisztina Bottyán, Helena Plešnik, Črt Jamšek, Maja Čemažar, Erika Kis, Gregor Serša, "Bleomycin concentration in patients' plasma and tumors after electrochemotherapy: a study from InspECT Group", *Pharmaceutics*, 2021, **13**, 9, 1324. [COBISS.SI-ID 74740739]
  51. Tjaša Gornik, Sudhirkumar Shinde, Lea Lamovšek, Maja Koblar, Ester Heath, Börje Sällergren, Tina Kosjek, "Molecularly imprinted polymers for the removal of antidepressants from contaminated wastewater", *Polymers*, 2021, **13**, 1, 120. [COBISS.SI-ID 44987651]
  52. Marko Štrok, Barbara Svetek, "Optimization and validation of a procedure for the determination of tritium in gaseous effluents from nuclear power plants", *Radiochimica Acta*, 2021, **109**, 7, 551-557. [COBISS.SI-ID 64606467]
  53. Marta Boito, Paola Iacumin, Mattia Rossi, Nives Ogrinc, Giampiero Venturelli, "Isotope partitioning between cow milk and farm water: a tool for verification of milk provenance", *Rapid communications in mass spectrometry*, 2021, **35**, 22, e9160. [COBISS.SI-ID 72403715]
  54. D. Saraga *et al.* (17 avtorjev), "Multi-city comparative PM<sub>2.5</sub> source apportionment for fifteen sites in Europe: the ICARUS project", *Science of the total environment*, 2021, **751**, 141855. [COBISS.SI-ID 26857219]
  55. Marianne Köck Schulmeyer *et al.* (24 avtorjev), "Priority and emerging organic microcontaminants in three Mediterranean river basins: Occurrence, spatial distribution, and identification of river basin specific pollutants", *Science of the total environment*, 2021, **754**, 142344. [COBISS.SI-ID 29991683]
  56. Tjaša Gornik, Luca Carena, Tina Kosjek, Davide Vione, "Phototransformation study of the antidepressant paroxetine in surface waters", *Science of the total environment*, 2021, **774**, 145380. [COBISS.SI-ID 50137603]
  57. David Škufca, Ana Kovačič, Franja Prosenec, Tjaša Griessler Bulc, David John Heath, Ester Heath, "Phycoremediation of municipal wastewater: removal of nutrients and contaminants of emerging concern", *Science of the total environment*, 2021, **782**, 146949. [COBISS.SI-ID 58688003]
  58. Dimitrija Savič Zdravković, Djurađ Milošević, Jelena Conić, Katarina Marković, Janez Ščančar, Marko Miliša, Boris Jovanović, "Revealing the effects of cerium dioxide nanoparticles through the analysis of morphological changes in *Chironomus riparius*", *Science of the total environment*, 2021, **786**, 147439. [COBISS.SI-ID 64844803]
  59. Céline Degrendele *et al.* (17 avtorjev), "NPAHs and OPAHs in the atmosphere of two central European cities: seasonality, urban-to-background gradients, cancer risks and gas-to-particle partitioning", *Science of the total environment*, 2021, **793**, 148528-1-14852812. [COBISS.SI-ID 68778499]
  60. Žiga Tkalec, Noelia Negreira, Miren Lopez de Alda, Damià Barceló, Tina Kosjek, "A novel workflow utilizing open-source software tools in the environmental fate studies: the example of imatinib biotransformation", *Science of the total environment*, 2021, **797**, 149063. [COBISS.SI-ID 71420675]
  61. Leja Rovani *et al.* (11 avtorjev), "Uranium isotopes as a possible tracer of terrestrial authigenic carbonate", *Science of the total environment*, 2021, **797**, 149103. [COBISS.SI-ID 71217923]
  62. Taja Verovšek, Ivona Krizman Matasić, David John Heath, Ester Heath, "Investigation of drugs abuse in educational institutions using wastewater analysis", *Science of the total environment*, 2021, **799**, 150013. [COBISS.SI-ID 78501891]
  63. Jan Gačnik, Igor Živković, Sergio Ribeiro Guevara, Radojko Jačimović, Jože Kotnik, Milena Horvat, "Validating an evaporative calibrator for gaseous oxidized mercury", *Sensors*, 2021, **21**, 7, 2501. [COBISS.SI-ID 58275587]
  64. Luka Noč, Matjaž Ličen, Irena Drevenšek-Olenik, Raghuraj S. Chouhan, Janez Kovač, Daniel Mandler, Ivan Jerman, "Polyhedral oligomeric silsesquioxanes as protective monolayer coatings against the high-temperature corrosion of concentrating solar power absorber surfaces", *Solar energy materials and solar cells*, 2021, **223**, 110984. [COBISS.SI-ID 48793091]
  65. Monika Ogrizek, Radojko Jačimović, Martin Šala, Ana Kroflič, "No more waste at the elemental analysis of airborne particulate matter on quartz fibre filters", *Talanta*, 2021, **226**, 122110. [COBISS.SI-ID 47692547]

66. Sara Michela Castiglioni *et al.* (18 avtorjev), "New psychoactive substances in several European populations assessed by wastewater-based epidemiology", *Water research*, 2021, **195**, 116983. [COBISS.SI-ID 53944835]
67. Tjaša Matjašič, Tatjana Simčič, Tjaša Kanduč, Zoran Samardžija, Nataša Mori, "Presence of polyethylene terephthalate (PET) fibers in hyporheic zone alters colonization patterns and seasonal dynamics of biofilm metabolic functioning", *Water Research*, 2021, **203**, 117455. [COBISS.SI-ID 72585475]
68. Klara Nagode, Tjaša Kanduč, Tea Zuliani, Branka Bračič-Železnik, Brigita Jamnik, Polona Vreča, "Daily fluctuations in the isotope and elemental composition of tap water in Ljubljana, Slovenia", *Water*, 2021, **13**, 11, 1451. [COBISS.SI-ID 64317187]
69. Elke Bozau, Georg Bauer, Tobias Licha, Sonja Lojen, "Hydrochemical response of spring and mine waters in the Upper Harz Mountains (Germany) after dry periods and heavy rain events", *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 2021, **172**, 1, 73-82. [COBISS.SI-ID 72059395]
2. David Kocman, Miha Pratneker, Jure Ftičar, Tina Vrabec, Johanna A. Robinson, Rok Novak, "Involvement of citizens in environmental epidemiology studies = "Rewild Slovenia"- new concept of conservationism", V: *IS 2021, Ljudje in okolje*, 6. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek F, Institut "Jožef Stefan", 2021, 40-44. [COBISS.SI-ID 87012355]
3. Urška Mlakar, Matjaž Prek, Eva Zavrl, Tomaž Verbajš, Janja Vaupotič, Mateja Dovjak, Uroš Stritih, "Uporaba smernic za prezračevanje stavb v času koronavirusa", V: *Akademija strojništva 2021: inženirstvo - s povezovanjem do trajnostnih rešitev*, 28. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija, (Svet strojništva **10** 3/6), 2021, 56-57. [COBISS.SI-ID 83885571]
4. Vito Kovač, Borut Poljšak, Matic Bergant, Janez Ščančar, Jasmina Primožič, Polona Jamnik, "Koncentracije sproščenih kovinskih ionov nesnemnih ortodontskih aparatov ne povzročajo oksidativnega stresa v normalnih fizioloških pogojih", V: *Drugi doktorski dan Bi(o)znanosti*, 27. maj 2021, zbornik prispevkov, Biotehniška fakulteta, 2021, 134-142. [COBISS.SI-ID 65343491]
5. Polona Hafner, Martina Lavrič, Mitja Ferlan, Nives Ogrinc, Bor Krajnc, Klemen Eler, Dominik Vodnik, Jožica Gričar, "Vpliv požara na razvoj listov in sekundarnih prevodnih tkiv pri puhatem hrastu", V: *Gozd in les 2021: Podnebne spremembe*, 25. maj 2021, Ljubljana, Slovenija, (Studia Forestalia Slovenica **180**), Silva Slovenica, Gozdarski inštitut Slovenije, 2021, 33-36. [COBISS.SI-ID 65140483]
6. George Melikadze, Janja Vaupotič, Nino Kapanadze, A. Tchankvetadze, L. Chelidze, Mariam Todadze, Sh. Gogichaishvili, T. Jimsheladze, "Radon concentration in water on the several regions of Georgia", V: *Natural Disasters in the 21st Century: monitoring, prevention, mitigation*, 20-22 December 2021, Tbilisi, Georgia, Ivane Javakishvili Tbilisi state University, 2021, 127-129. [COBISS.SI-ID 92041475]
7. Stefan Popov, Martin Breskvar, Janja Snoj Tratnik, Darja Mazej, Milena Horvat, Sašo Džeroski, "Relating prenatal Hg exposure and neurological development in children with machine learning", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 418-423. [COBISS.SI-ID 83002371]
8. Anže Jazbec, Vladimir Radulović, Sebastijan Rupnik, Borut Smodiš, Luka Snoj, "Jožef Stefan Institute TRIGA research reactor activities in the period from September 2020 - August 2021", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 314. [COBISS.SI-ID 91270403]
9. Lojze Gačnik, Radojko Jačimović, "Monte Carlo simulation of  $k_0$  instrumental neutron activation analysis", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 320. [COBISS.SI-ID 91269635]
10. Gašper Žerovnik, Vladimir Radulović, Ljudmila Benedik, Bor Kos, Tjaž Gantar, Gilles Noguere, "Method for analysis of neutron activation measurements of Am-241 with uncertainty propagation", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 1006. [COBISS.SI-ID 94460931]
11. P. M. B. Salles, H. S. Oliveira, Maria-Angela Menezes, Radojko Jačimović, "Brown, crystal, refined and organic sugar samples from several countries: evaluation of chemical impurities", V: *INAC 2021, Nuclear technology: reducing our carbon footprint and increasing quality of life*, 10th International Nuclear Atlantic Conference, 29 November-2 December 2021, Brazil, ABEN, 2021, 89-1. [COBISS.SI-ID 96143107]
12. Rok Tomšič, David John Heath, Ester Heath, Jernej Markelj, Helena Prosen, "Development of an analytical method to determine contamination of propolis with neonicotinoid pesticides", V: *Sokratska predavanja: 4. mednarodni minisimpozij*, Ljubljana, 11.-12. december 2020, zbornik recenziranih prispevkov, Zdravstvena fakulteta Ljubljana, 2021, 108-112. [COBISS.SI-ID 52980995]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Raghuraj S. Chouhan, Milena Horvat, Ahmed Jahangeer, Norah Alhokbany, Saad M. Alshehri, Sonu Gandhi, "Magnetic nanoparticles: a multifunctional potential agent for diagnosis and therapy", *Cancers*, 2021, **13**, 9, 2213. [COBISS.SI-ID 61959683]
2. Alizee Froelinger *et al.* (14 avtorjev), "Narrative review of citizen science in environmental epidemiology: setting the stage for co-created research projects in environmental epidemiology", *Environment international*, 2021, **152**, 106470. [COBISS.SI-ID 54380035]
3. Bor Krajnc *et al.* (17 avtorjev), "Selective methods to investigate authenticity and geographical origin of mediterranean food products", *Food reviews international*, 2021, **37**, 6, 656-682. [COBISS.SI-ID 33078567]
4. Akanksha Roberts, Raghuraj S. Chouhan, Deepshikha Shahdeo, Narlawar Sagar Shrikrishna, Veerban Kesarwani, Milena Horvat, Sonu Gandhi, "A recent update on advanced molecular diagnostic techniques for COVID-19 pandemic: an overview", *Frontiers in immunology*, 2021, **12**, 732756. [COBISS.SI-ID 96627459]
5. Johanna A. Robinson, David Kocman, Orestis Speyer, Evangelos Gerasopoulos, "Meeting volunteer expectations: a review of volunteer motivations in citizen science and best practices for their retention through implementation of functional features in CS tools", *Journal of environmental planning and management*, 2021, **64**, 12, 2089-2113. [COBISS.SI-ID 50062595]
6. Vera Zgonik, Janez Mulec, Tina Eleršek, Nives Ogrinc, Polona Jamnik, Nataša Poklar Ulrih, "Extremophilic microorganisms in Central Europe", *Microorganisms*, 2021, **9**, 11, 2326. [COBISS.SI-ID 84497923]

## KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

1. Jadran Faganeli, Nives Ogrinc, Samo Tamše, Bor Kranjc, Valentina Turk, Alenka Malej, Nives Kovač, "Kisanje" severnega Jadrana", *Acta chimica slovenica*, 2021, **68**, 3, 587-593. [COBISS.SI-ID 78316035]

## STROKOVNI ČLANKI

1. Taja Verovšek, Ester Heath, "Results of the wastewater analysis from Slovenian education institutions", *Report on the drug situation ... of the Republic of Slovenia*, 2021, 57-58. [COBISS.SI-ID 96458755]
2. Taja Verovšek, Urška Blaznik, Ada Hočevar-Grom, David John Heath, Maria Laimou-Geraniou, Ester Heath, "Wastewater-based assessment of drug use in Slovenia", *Report on the drug situation ... of the Republic of Slovenia*, 2021, 65-71. [COBISS.SI-ID 96458499]
3. Ester Heath, Polona Strnad, "Razširjenost dovoljenih in prepovedanih drog: rezultati analize odpadnih vod slovenskih izobraževalnih institucij", *Ventil*, 2021, **27**, 6, 375-376. [COBISS.SI-ID 92435971]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Jure Ftičar, Miha Pratneker, David Kocman, "Knowledge generation in citizen science project using on-line tools", V: *IS 2021, 14. mednarodna konferenca o prenosu tehnologij*, 7. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2021, 45-48. [COBISS.SI-ID 86974211]

## OBJAVLJENI STROKOVNI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Kaja Šušmelj, Timotej Verbovšek, Tjaša Kanduč, Polona Vreča, Tea Zuliani, Klara Nagode, Branko Čermelj, Petra Žvab Rožič, "Hidrogeokemične in izotopske karakteristike žvepljenih izvirov pri Izoli", V: *25. posvetovanje slovenskih geologov, oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Razprave, poročila, (Geološki zbornik **26**), 2021, 133-136. [COBISS.SI-ID 81945347]



## SAMOSTOJNA ZNANSTVENA SESTAVKA ALI POGLAVJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Janja Vidmar, "Detection and characterization of metal-based nanoparticles in environmental, biological and food samples by single particle inductively coupled plasma mass spectrometry", V: *Analysis and characterisation of metal-based nanomaterials*, (Comprehensive analytical chemistry **93**), Elsevier, 2021, 345-380. [COBISS.SI-ID 65844227]
2. Mark J. Brush, Michele Giani, Cecilia Totti, Jeremy M. Testa, Jadran Faganeli, Nives Ogrinc, W. Michael Kemp, Serena Fonda Umani, "Eutrophication, harmful algae, oxygen depletion, and acidification", V: *Coastal ecosystems in transition: a comparative analysis of the northern Adriatic and Chesapeake Bay*, (Geophysical monograph series), Wiley, 2021, 75-104. [COBISS.SI-ID 48713731]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Milena Horvat, *Chemistry of environmental systems*, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2021. [COBISS.SI-ID 62516483]
2. Milena Horvat, *Metrology in Chemistry*, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2021. [COBISS.SI-ID 62524931]
3. Milena Horvat, *Tools for environmental quality control; introduction to measurement science*, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2021. [COBISS.SI-ID 62515971]
4. Tomaž Rijavec, *Človek in okolje: izbrane tematike za študijsko leto 2020/2021*, Študentska univerza za tretje življenjsko obdobje, 2021. [COBISS.SI-ID 79134723]
5. Milena Horvat, *Fizikalni procesi v tleh*, Strojna fakulteta v Mariboru, 2021. [COBISS.SI-ID 62530307]
6. Milena Horvat, *Kemijski procesi v tleh*, Strojna fakulteta v Mariboru, 2021. [COBISS.SI-ID 62531587]
7. Milena Horvat, *Onesnažila v tleh*, Strojna fakulteta v Mariboru, 2021. [COBISS.SI-ID 62536707]

8. Milena Horvat, *Sestava in pomen tal*, Strojna fakulteta v Mariboru, 2021. [COBISS.SI-ID 62527747]
9. Milena Horvat, *Zakonodaja na področju varstva tal*, Strojna fakulteta v Mariboru, 2021. [COBISS.SI-ID 62537987]

## PATENTNI PRIJAVI

1. Aleš Lapanje, Tomaž Rijavec, *A method for making spatially defined aggregates by precisely positioning cells based on electrostatic interaction*, EP3845633 (A1), European Patent Office, 07. 07. 2021. [COBISS.SI-ID 47974403]
2. Aleš Lapanje, Tomaž Rijavec, *Controlled aggregation of cells*, US2021198622 (A1), US Patent Office, 01. 07. 2021. [COBISS.SI-ID 13157123]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Ana Kovačič, *Ostanki bisfenolov v vodnem okolju*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Ester Heath; somentor Tina Kosjek). [COBISS.SI-ID 62900739]
2. Leja Rován, *Metoda za določanje uranovih izotopskih razmerij in njena uporaba kot novo geokemijsko sledilo*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Marko Štok). [COBISS.SI-ID 83849219]
3. Iaroslav Rybkin, *Razvoj metod za elektrostatsko imobilizacijo in povezovanje različnih mikrobnih celic*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Aleš Lapanje; somentor Tomaž Rijavec). [COBISS.SI-ID 91722755]
4. David Škufca, *Odstranjevanje prioritarnih organskih onesnažil v algnih fotobioreaktorjih*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Ester Heath). [COBISS.SI-ID 91997699]
5. Delali Tulasi, *Specijacija živega srebra v okoljskih vzorcih z območij pridobivanja zlata na jugozahodu Gane*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Milena Horvat). [COBISS.SI-ID 91645187]

# ODSEK ZA AVTOMATIKO, BIOKIBERNETIKO IN ROBOTIKO E-1

*Raziskovalna strategija Odseka za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko (<http://abr.ijs.si/>) se odlikuje po tem, da poleg raziskav na specialnih področjih vsebuje tudi več multi- in interdisciplinarnih projektov. Naše raziskave združujejo področja robotike (vključujoč inteligentno vodenje, humanoidno in kognitivno robotiko, robotsko učenje in robotski vid), industrijske robotike in avtomatike, tovarn prihodnosti, biokibernetike, kineziologije, ergonomije in okoljske medicine. Skupni imenovalec naših raziskovalnih prizadevanj je optimizacija delovanja človeka in stroja, pri čemer vedno upoštevamo vpliv okolja. Dodatna stična točka je sodelovanje človeka in robota. Rezultati povezovanja tehnoloških in kliničnih raziskav so uspehi na različnih področjih, kot so npr. učenje robotskih veččin s posnemanjem in globokimi nevronskimi mrežami, simulacija planetarnega habitata, rekonfigurabilne robotske celice za industrijska okolja, humanoidni robotski sistemi, eksoskeleti, manikini za vrednotenje industrijskih, vojaških in rekreacijskih oblačilnih sistemov, metode za fizično sodelovanje med človekom in robotom ter metoda za zdravljenje zmrzlin.*

*V okviru odseka deluje programska skupina Avtomatika, robotika, biokibernetika (vodja: prof. dr. Igor Mekjavič), ki spada na področje proizvodnih tehnologij. Naši raziskovalci sodelujejo v številnih evropskih projektih s področja robotike, kognitivnih sistemov, tovarn prihodnosti, zdravja in vesoljske tehnologije. V letu 2020 smo koordinirali projekt ReconCycle iz Obzorja 2020. Aktivni smo tudi pri prenosu rezultatov naših raziskav v industrijske aplikacije, kar izvajamo v sodelovanju z industrijskimi partnerji. Rezultat vzdrževanja kritične mase raziskovalcev na več znanstvenih področjih v sklopu odseka so številni interdisciplinarni projekti na raznovrstnih znanstvenih področjih.*

*Raziskave na področju humanoidne in kognitivne robotike ter robotskega učenja se izvajajo predvsem v Laboratoriju za humanoidno in kognitivno robotiko, ki deluje v okviru našega odseka (vodja: doc. dr. Bojan Nemeč). Cilj laboratorija je razvoj robotov, ki znajo samostojno pridobivati nova znanja in sodelovati z ljudmi v naravnih okoljih. Ustanovili smo tudi Laboratorij za nevromehaniko in biorobotiko, ki ga vodi prof. dr. Jan Babič. Poslanstvo laboratorija je v uporabi integralnega pristopa biomehanike, nevrofiziologije in robotike za raziskave človekove motorične kontrole ter v razvoju robotskih naprav, ki pomagajo človeku.*

Glavni poudarek naših raziskav v preteklem letu je bil na razvoju rekonfigurabilnih robotskih celic za tovarne prihodnosti, problematiki avtomatizacije industrijskih proizvodnih sistemov, novih strategij robotskega učenja, kjer se opiramo predvsem na kinestetično vodenje in globoke nevronske mreže, robotskih pomagal, kot so na primer eksoskeleti, novih metod za sodelovanje človeka z robotom, razvoju modelov človeškega gibanja ter na študiju fizioloških značilnosti človeka v različnih ekstremnih okoljih, ovrednotenju zaščitne opreme in razvoju novih biomedicinskih metod.

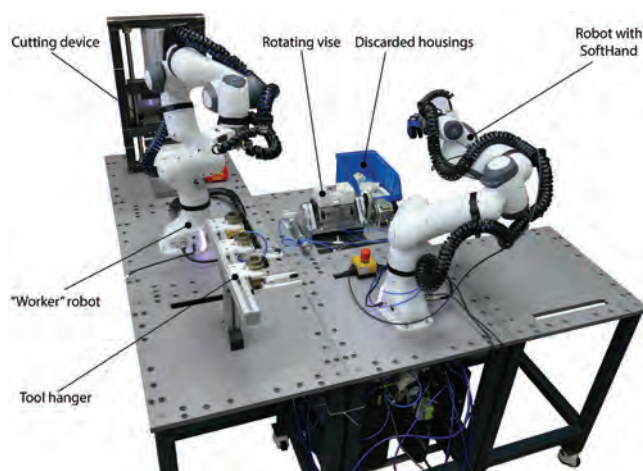
## Robotika

V letu 2021 smo nadaljevali naše delo v evropskem projektu iz Obzorja 2020 ReconCycle (Samodejna rekonfiguracija robotske celice za reciklažo elektronskih izdelkov, <http://www.reconcycle.eu>), ki ga naša skupina tudi koordinira. Glavni cilj projekta je uvedba rekonfigurabilne strojne in programske opreme v postopek reciklaže elektronskih izdelkov. Pri tem se opiramo na rezultate projekta ReconCell (<http://www.reconcell.eu/>), ki smo ga prav tako koordinirali na našem odseku. Glavni izziv projekta je razvoj metodologij za samodejno rekonfiguracijo robotskih celic, vključno z določanjem optimalne lege robotov in drugih komponent celice, ter izbira primernih orodij in senzorjev. V projektu obravnavamo še razvoj novih metod za hitro (re)programiranje in adaptacijo



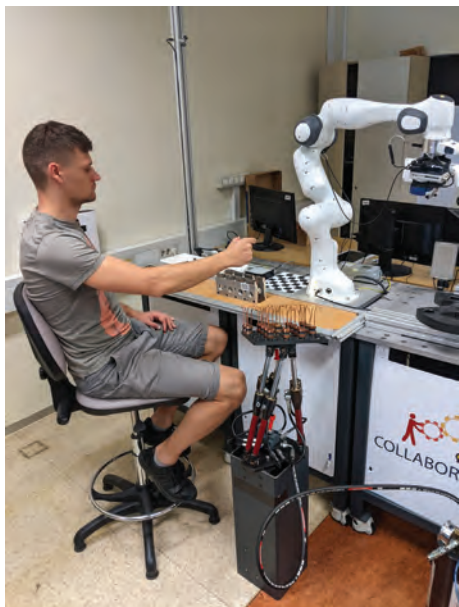
Vodja:  
prof. dr. Aleš Ude

**Rezultat vzdrževanja kritične mase raziskovalcev na različnih znanstvenih področjih v sklopu odseka so številni interdisciplinarni projekti na različnih znanstvenih področjih.**



Slika 1: Rekonfigurabilna celica za recikliranje elektronskih izdelkov

**V projektu iz Obzorja 2020 ReconCycle, ki ga koordiniramo, nameravamo bistveno povečati avtomatizacijo reciklaže elektronskih izdelkov z uvedbo novih tehnologij robotskega učenja.**



Slika 2: Optimalna postavitev kolaborativne celice

robotskih operacij za mehke robote in razvoj mehkih prijemalk, ki so primerne za recikliranje elektronskih izdelkov. Z mehкими komponentami poenostavimo prijetanje in podajno vodenje robotov, vendar pa je njihova uporaba lahko problematična pri nalogah, ki zahtevajo natančno vodenje, na primer naloge sestavljanja. Ker pa visoka natančnost ni odločilnega pomena pri nalogah razstavljanja, pri čemer lahko fizične omejitve vodijo

podajno robotsko gibanje v pravo smer, so mehke komponente kljub temu koristne pri reciklaži elektronskih izdelkov in prispevajo k uspešni izvedbi razstavljanja elektronskih izdelkov.

Prispevali smo tudi k izvedbi projekta CoLLaboratE (Sodelovanje med človekom in robotom za izvajanje nalog sestavljanja v kolaborativnih robotskih celicah, <https://collaborate-project.eu>) iz Obzorja 2020. Namen projekta je doseči preboj pri uporabi kolaborativnih robotov v proizvodnih procesih. V letu 2021 smo razvili novo metodologijo za učinkovito izvedbo robotskih nalog v sodelovanju s človekom na podlagi vizualnih informacij, ki jih obdelamo z rekurenčnimi nevronskimi mrežami. Pokazali smo tudi, kako lahko uporabimo multimodalne informacije (digitalne slike ter 6-D sile in navore) za kolaborativno učenje robotskih nalog. Nadaljnji pomembni dosežek v preteklem letu je bila implementacija nove optimizacijske metode za računanje postavitve delovnih prostorov, pri katerem upoštevamo sposobnosti človeških in robotskih delavcev.

Na področju humanoidne robotike smo izvedli več študij, v katerih smo obravnavali učenje senzomotoričnih veščin na humanoidnih robotih, pri čemer izkoristimo mobilnost humanoidnih robotov in upoštevamo njihovo stabilnost. Pokazali smo, da lahko mobilne senzomotorične veščine, ki jih humanoidni roboti pridobijo z učenjem s posnemanjem (to je zaradi njihove podobnosti ljudem še posebej primerno za humanoidne robote), bistveno izboljšamo s spodbujevalnim učenjem. Glavna prednost predlaganega pristopa je, da ga lahko uporabimo tudi, kadar natančni dinamični modeli robotov in robotskih nalog niso na voljo.

V letu 2021 smo končali analize poskusov paraboličnih letov, kjer smo raziskali možnosti uporabe eksoskeletnih naprav za pomoč astronautom pri vesoljskih misijah. Dokazali smo, da uporaba eksoskeleta za kompenzacijo sprememb gravitacije na človeški roki blaži učinke spremenjene gravitacije na motorično kontrolo. V seriji treh publikacij smo pokazali, da je robotski eksoskelet pomembno vplival na trajanje gibanja, na natančnost seganja in mišično aktivnost. Poleg tega smo vzpostavili metodologijo, ki se lahko uporablja za usposabljanje astronautov pred njihovimi vesoljskimi misijami. Natančneje, pokazali smo, da zgolj namišljenih motoričnih ukazov ni mogoče uporabiti za prilagajanje novemu gravitacijskemu okolju. Po drugi strani pa lahko robotski eksoskelet, ki posnema gravitacijske učinke mikrogravitacije in hipergravitacije, učinkovito prispeva k pravočasnim motoričnim prilagoditvam.

Proučevali smo tudi uporabo nosljivih tehnologij pri preprečevanju akutnih in kroničnih poškodb športnikov zaradi asimetrije gibanja. Razvili smo prenosni merilni sistem, ki meri gibanje športnikovega telesa med športnimi aktivnostmi, analizira gibanje v realnem času in daje športniku povratno informacijo, kako spremeniti gibanje, da se izogne stresu in morebitnim poškodbam. Merilni sistem je bil zaščiten s slovensko patentno prijavo. Na področju eksoskeletov smo v letu

2021 uspešno zaključili projekt AnDy (<https://andy-project.eu>) iz Obzorja 2020, v katerem smo obravnavali uporabo eksoskeletov v industrijskih okoljih.

Nadaljevali smo tudi dolgoletno serijo raziskav na področju sodelovanja robotov in ljudi, kjer smo razvili inovativen pristop vodenja, ki uporablja verjetnostne primitive gibanja v kombinaciji s krmilniki pretoka za ustvarjanje napovedi premikov ljudi v realnem času. Našo metodo smo uporabili v treh scenarijih: pri seganju s pomočjo eksoskeleta, pri človekovem sodelovanju z robotsko roko in pri napovedovanju lokacije stopala med hojo.

V okviru projekta direktorjevega sklada Cobotat skupine (Laboratorij za kolaborativno robotiko s poudarkom na fizični interakciji med človekom in robotom, <http://cobotat.ijs.si/>), ki ga vodi dr. Tadej Petrič, smo v letu 2021 uspešno



Slika 3: Kvazipasiven kolenski obtelesni robot

**V projektu AnDy iz Obzorja 2020, ki smo ga uspešno končali v letu 2021, smo obravnavali nadzor fizičnega sodelovanja robota s človekom ob upoštevanju namena skupne naloge.**

zaključili projekt PhRoCiety (Metode vodenja za varno fizično interakcijo med človekom in robotom, <http://cobotat.ijs.si/projects/phrociety-2/>), katerega cilj je bil izboljšati **kognitivno razumevanje in sisteme vodenja za kooperativno fizično interakcijo** med več agenti, kjer so agenti ljudje ali roboti. V sodelovanju z Idiapom smo nadaljevali izvajanje projekta SWITCH (Učenje z menjavo vlog pri fizičnem sodelovanju med človekom in robotom, <https://switch-project.github.io/>), ki ga v Švici sofinancira SNSF. Glavni prispevek projekta SWITCH v letu 2021 je bil zbrati več naborov podatkov o silah in gibanju pri različnih načinih nalog. Izvedli smo več laboratorijskih študij z namenom proučevanja fizične interakcije med dvema človekoma pri nalogi vstajanja. Na podlagi pridobljenih podatkov smo razvili modele, s katerimi se bomo lahko verjetnostno naučili vedenja obeh agentov (asistenta in tistega, ki mu asistent pomaga). Te modele smo nato uporabili za razvoj sistemov vodenja humanoidnih robotov s predikativnim obnašanjem. Pridobljene podatke smo uporabili tudi za razvoj novega kvazi-pasivnega mehanizma za obtelesne robote. Razviti mehanizem je v postopku patentiranja.

Glavni cilj projekta TRINITY (<https://trinityrobotics.eu/>), ki je še en projekt iz Obzora 2020 na našem odseku, je razvoj multidisciplinarne in sinergistične mreže regionalnih digitalnih inovacijskih stičišč, ki jih sestavljajo raziskovalni centri, podjetja in univerze ter pokrivajo širok nabor znanj, s katerimi lahko prispevajo k razvoju agilnih proizvodnih procesov. Pri tem je gonilna sila napredna robotika, ki ji pomagajo digitalna orodja in sistemi za zagotavljanje kibernetske varnosti. V letu 2021 smo se osredotočili na praktično evalvacijo implementiranih demonstratorjev, katerih namen je pokazati **industrijsko relevantnost našega dela na področju programiranja s posnemanjem** za specifikacijo robotskih operacij v stiku z okolico in na področju **pasivnih rekonfigurabilnih vpenjal**, zgrajenih iz več Stewartovih platform. V prihodnosti bomo komponente naših demonstratorjev ponudili v uporabo in nadaljnji razvoj proizvodnim podjetjem.

### **Avtomatizacija in industrijska robotika**

Namen projekta QU4LITY (<https://qu4lity-project.eu>) je preizkusiti – v realnih okoljih in na merljiv ter ponovljiv način – odprte, standardizirane in transformativne modele ter servise za proizvodnjo brez napak, ki so prijazni do malih in srednjih podjetij. Demonstracija proizvodnih procesov brez napak bo potekala v 14 pilotnih eksperimentih. V sodelovanju s slovenskim podjetjem Kolektor smo razvili prototipno celico za vizualni nadzor kakovosti pri brizganju plastike v proizvodnih procesih. Ta celica omogoča robotsko podprt nadzor kakovosti na podlagi metod globokega učenja in avtomatizirane rekonfiguracije. V letu 2021 smo se osredotočili na eksperimentalno evalvacijo razvitih tehnologij.

V okviru **Strateškega raziskovalno-inovacijskega partnerstva Tovarne prihodnosti (SRIP ToP)** predsedujemo Upravnemu odboru SRIP ToP in koordiniramo SRIP ToP Horizontalno mrežo (omogočitveno tehnologijo) Robotika, s čimer podpiramo **uvajanje naprednih robotskih tehnologij v pametne tovarne**. V letu 2021 smo začeli izvajati nov program, katerega namen je spodbujati sodelovanje proizvodnih podjetij z raziskovalnimi organizacijami ter prenos znanj in novih robotskih tehnologij v industrijsko prakso.

V okviru programa slovenske strategije pametne specializacije smo sodelovali v projektu ROBKNCEL, katerega glavni cilj je bil razviti **celovit sistem za ugotavljanje kakovosti v proizvodnih procesih** in kontrole kakovosti končnih izdelkov. V okviru projekta smo razvili dve demonstracijski robotski celici za končno kontrolo pečic v Gorenju in za kontrolo odkovkov v podjetju Unior. Celica za testiranje pečic v Gorenju je opremljena s kolaborativnim robotom Franka Emika Panda, v celici za kontrolo odkovkov za Unior pa smo uporabili robota Universal robots UR10. Razvili smo ustrezno programsko okolje za programiranje kolaborativnih robotov, ki omogoča realizacijo sodobnih konceptov učenja robotskih gibanj. Predlagali smo nove pristope, ki omogočajo boljšo prilagodljivost spremembam izdelkov in postopkom kontrole. Izvedli smo validacijo predlaganih postopkov na več izdelkih in ovrednotili funkcionalnosti, ki jih mora zagotavljati končna celica, predvsem s stališča produktivnosti.

### **V letu 2021 smo dokončali nov Laboratorij za kolaborativno robotiko – Cobotat, s poudarkom na fizični interakciji med človekom in robotom**



*Slika 4: Eksperimentalno okolje za študij učinkov lokalne kompenzacije gravitacije na motorično vodenje*



*Slika 5: Celica za testiranje pečic*

### **V sodelovanju z dvema vodilnima slovenskima proizvodnima podjetjema Gorenje in Unior smo razvili celovit sistem za ugotavljanje kakovosti v proizvodnih procesih.**

## Okoljska fiziologija in ergonomija

Na tem področju se osredotočamo na raziskovanje fiziologije in patofiziologije ekstremnih okolij. Pri tem sodelujemo pri razvoju strategij in opreme za preprečevanje negativnih učinkov različnih okoljskih dejavnikov na zdravje ter delazmožnost delavcev in vojakov.

### 1. oktobra 2021 smo v sodelovanju z Evropsko vesoljsko agencijo v Planici odprli nov laboratorij za gravitacijsko fiziologijo.



Slika 6: Odprtje Laboratorija za gravitacijsko fiziologijo v Planici. Od leve proti desni: Josef Aschbacher (direktor, ESA), Boštjan Zalar (direktor, IJS), Simona Kustec (ministrica za izobraževanje, znanost in šport), Igor Mekjavič in Adam McDonnell



Slika 7: Manikini za vrednotenje toplotne izolacije in evaporativnih zmogljivostih oblačilnih sistemov

2020, v katerem smo ovrednotili učinke poletnih vročinskih valov na produktivnost delavcev v petih ključnih evropskih industrijskih panogah (proizvodnja, gradbeništvo, logistika/transport, turizem in kmetijstvo), ki skupaj predstavljajo 40 % evropskega BDP-ja in zaposlujejo približno 50 % evropske populacije. Glavni cilj projekta je bil razvoj novih strategij za zmanjševanje vročinske obremenitve delavcev v teh industrijah. Uspešna preprečitev negativnih učinkov na delavce v teh panogah pomeni tudi zaščito evropske ekonomije pred negativnimi posledicami klimatskih sprememb.

### V letu 2021 smo uspešno zaključili projekt HEAT-SHIELD iz Obzorja 2020. Namen projekta je bil izboljšati odpornost evropskih delavcev v kontekstu globalnega segrevanja.

novih strategij za preprečevanje vročinskega stresa v delovnih okoljih, kar je izboljšalo počutje in delazmožnost delavcev.

*Individualna variabilnost:* med bivanjem v vesolju astronauti izgubljajo mišično in kostno maso, poslabša pa se tudi delovanje srčno-žilnega sistema. Razsežnost tovrstnih sprememb, ki so posledica breztežnosti, se med astronauti razlikuje. Individualno variabilnost odzivov na razbremenitev spodnjih okončin opažamo tudi pri zemeljskih simulacijah učinka breztežnosti, s tako imenovanim bedrest eksperimentalnim protokolom. Naš odsek je leta 2001 ustanovil raziskovalni program, katerega cilj je bil proučevanje adaptacije fizioloških sistemov na neaktivnost/ razbremenitev spodnjih okončin v normoksičnih in hipoksičnih pogojih. Na pobudo Evropske vesoljske agencije proučujemo podatke iz vseh dosedanjih poskusov, z namenom ovrednotenja individualnih odzivov na neaktivnost.

*Gravitacijska fiziologija:* ekipa odseka E1 vodi v Nordijskem centru Planica raziskave simuliranja planetarnih habitato. Laboratorij je bil leta 2020 akreditiran s strani Evropske vesoljske agencije ESA kot laboratorij za izvajanje simulacij normobaričnih hipoksičnih okolij. Naša vloga se nanaša na raziskovalni program, ki ga koordinira ESA-in oddelek Human-Robot Exploration. Cilj ESA-inega štiriletnega raziskovalnega programa je ovrednotenje nove strategije za preprečevanje adaptacije fizioloških sistemov na breztežnost. Naša ekipa bo v Planici proučevala vibracijsko vadbo v kombinaciji z umetno težnostjo. Glede na to, da bodo bodoči vesoljski habitati hipoksični, bomo v Planici izvajali poskuse, katerih cilj je ovrednotiti učinkovitost omenjene vibracijske vadbe in umetne težnosti pri preprečevanju izgube mišične in kostne mase ter vpliv na spremembe srčno-žilnega sistema. V ta namen je ESA v novonastalem Laboratoriju za gravitacijsko fiziologijo vgradila človeško centrifugo s kratko ročico.

*Zaščitna oblačila:* v okviru projekta ReMOS (Regulacija mikrookolja oblačilnih sistemov), ki ga izvajamo v sodelovanju z Ministrstvom za obrambo Republike Slovenije, smo ustanovili konzorcij podjetij, katerega cilj je razvoj pametnih oblačilnih sistemov za slovensko vojsko. Kot koordinator vodimo delo industrijskih partnerjev v konzorciju. Partnerji pokrivajo celoten proces razvoja pametnih oblačil, od izdelave do tekstila in končnih produktov, ki vključujejo senzorje in krmilnike za regulacijo mikrookolja v jopičih ter čevlje, ki opozarjajo na nevarnost poškodb prstov zaradi mraza.

Naš prispevek v ReMOS-u je razvoj programske opreme, ki bo svetovala pri določanju optimalnega oblačilnega sistema za misije, ki potekajo v ekstremnih okoljih. V ta namen smo ovrednotili toplotno izolacijo in evaporativno upornost različnih oblačilnih sistemov, ki so v uporabi v slovenski vojski. Na podlagi podatkov o fizikalnih lastnostih uporabnika, predvideni aktivnosti in okoljskih razmerah aplikacija določi optimalni oblačilni sistem.

*Globalno segrevanje:* posledica globalnega segrevanja so pogostejši poletni vročinski valovi, ki so vse daljši in v času trajanja ustvarjajo čedalje višje temperature. Sodelovali smo pri projektu HEAT-SHIELD iz Obzorja

2020, v katerem smo ovrednotili učinke poletnih vročinskih valov na produktivnost delavcev v petih ključnih evropskih industrijskih panogah (proizvodnja, gradbeništvo, logistika/transport, turizem in kmetijstvo), ki skupaj predstavljajo 40 % evropskega BDP-ja in zaposlujejo približno 50 % evropske populacije. Glavni cilj projekta je bil razvoj novih strategij za zmanjševanje vročinske obremenitve delavcev v teh industrijah. Uspešna preprečitev negativnih učinkov na delavce v teh panogah pomeni tudi zaščito evropske ekonomije pred negativnimi posledicami klimatskih sprememb.

V okviru projekta HEAT-SHIELD smo sodelovali z industrijskim partnerjem Odelo, ki proizvaja avtomobilске luči. Podjetje obratuje v treh izmenah, vse dni v tednu. Vročino, ki jo ustvarja proizvodni proces, je iz proizvodnih hal mogoče odstraniti le delno. Terenske raziskave, opravljene v podjetju, so pokazale, da v tovrstnih razmerah produktivnost delavcev znatno upade. Na podlagi rezultatov projekta je podjetje uspešno vpeljalo

*Temperatura telesnega jedra:* covid-19 in poletni vročinski valovi so sprožili razvoj novih metod za hitro in natančno merjenje temperature telesnega jedra. Za merjenje temperature telesnega jedra se trenutno množično uporablja indirektna metoda, ki na podlagi kožne temperature, izmerjene z infrardečo termografijo, določi temperaturo jedra. Med 3-dnevno simulacijo poletnega vročinskega vala smo redno merili temperaturo kože in telesnega jedra preiskovancev ter dokazali, da metoda ni primerna za določanje temperature telesnega jedra.

*Masa hemoglobina pri plavalcih:* cilj projekta je določiti nasičenost krvi s kisikom med izvajanjem treninga plavanja in v primeru izrazitejšega hipoksičnega stimulusa preveriti, ali se pri plavalcih izraža proces adaptacije na hipoksijo, kot je to razvidno pri alpinistih. Projekt je usmerjen predvsem na proučevanje **hematoloških sprememb in respiratornega odziva na hipoksijo in hiperkapnijo**. Preverjali smo primernost novega pripomočka za merjenje nasičenosti krvi s kisikom, temperaturo bobniča in srčnega utripa. Tovrsten pripomoček bi bil primeren tudi za spletni nadzor bolnikov s covidom-19 v domačem okolju med karanteno.

## Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. T. Gašpar, I. Kovač, and A. Ude, Optimal layout and reconfiguration of a fixturing system constructed from passive Stewart platforms, *Journal of Manufacturing Systems*, 2021, 60, 226-238
2. M. Jamšek, T. Kunavar, U. Bobek, E. Rueckert, and J. Babič, Predictive exoskeleton control for arm-motion augmentation based on probabilistic movement primitives combined with a flow controller, *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2021, 6, 3, 4417-4424
3. J. T. Royal, O. Eiken, M. E. Keramidis, A. McDonnell, and I. B. Mekjavič, Heterogeneity of hematological response to hypoxia and short-term or medium-term bed rest, *Frontiers in Physiology*, 2021, 12, 777611, 1-14
4. B. Nemeč, K. Yasuda, and A. Ude, A virtual mechanism approach for exploiting functional redundancy in finishing operations, *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2021, 18, 4, 2048-2060
5. Z. Lončarevič, A. Gams, S. Reberšek, B. Nemeč, J. Škrabar, J. Skvarč, and A. Ude, Specifying and optimizing robotic motion for visual quality inspection, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2021, 72, 102200, 1-14
6. U. Ciuha, A. Sotiridis, T. Mlinar, J. T. Royal, O. Eiken, I. B. Mekjavič, Heat acclimation enhances the cold-induced vasodilation response, *European Journal of Applied Physiology*, 2021, 121, 11, 3005-3015

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Sestanek projekta H2020 ReconCycle, 26. 5. 2021 (virtualno)
2. Konferenca ICAR 2021, Ljubljana, 7.-10. 12. 2021 (hibridno)

## Patenti

1. Igor Kovač, Cardan joint, EP3615823 (B1), European Patent Office, 2. 6. 2021
2. Anton Umek, Boris Jerman, Mitja Gliha, Anton Kos, Iztok Špan, Link member for connection of a gripping assembly to a hydraulic crane arm with integrated dynamic weighing assembly, EP3649071 (B1), European Patent Office, 24. 2. 2021
3. Nejc Šarabon, Monika Pavlovič, Andrej Trošt, Jan Babič, Več-pospeškometriški sistem in metoda za vrednotenje mehanskega stresa med hojo in tekom, SI25959 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 30. 7. 2021

## Nagrade in priznanja

1. Tilen Breclj and Tadej Petrič: Best Research Paper Award, Futuroscope-Poitiers, Francija, RAAD 2021, Angular Dependency of the Zero Moment Point
2. Timotej Gašpar: Vodovnikova nagrada za doktorsko delo, Ljubljana, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Tehnologije za hitro rekonfiguracijo prilagodljivih robotskih celic

## MEDNARODNI PROJEKTI

- Izdelava prsta in dveh rok manikina, ter merilne in programske opreme National Instruments  
W. L. Gore & Associates GmbH  
prof. dr. Igor Mekjavić
- ALTO: Testiranje operacijskih mask  
Kimberly-Clark  
prof. dr. Igor Mekjavić
- COST CA16116 - 20786; Obtelesni roboti za izboljšanje, pomoč ali nadomestitev človekovih motoričnih funkcij  
COST Office  
prof. dr. Jan Babič
- ESA - Vesoljska medicina v Sloveniji  
ESA/ESTEC  
prof. dr. Igor Mekjavić
- COST CA16116 poletna šola 2021  
COST Association AISBL  
prof. dr. Jan Babič
- H2020 - HEAT-SHIELD; TOPLOTNI ŠČIT; Vpliv vročinskih valov na delavce v industriji  
European Commission  
prof. dr. Igor Mekjavić
- H2020 - An.Dy; Napredovanje predvidljivega sodelovanja med človekom in robotom  
European Commission  
prof. dr. Jan Babič
- H2020 - CoLLaboratE: Celica za kolaborativno izvajanje nalog sestavljanja  
European Commission  
prof. dr. Bojan Nemeč
- H2020 - TRINITY; Digitalne tehnologije, adaptivna robotika in intuitivni vmesniki za napredne proizvodne procese  
European Commission  
prof. dr. Aleš Ude
- H2020 - QU4LITY; Digitalna resničnost v proizvodnji brez napak  
European Commission  
prof. dr. Aleš Ude
- H2020 - COVR: EXOSAFE; Mehatrični model noge za merjenje interakcije med človekom in eksoskeletom  
European Commission  
prof. dr. Jan Babič
- H2020 - ReconCycle; Samodejna rekonfiguracija robotske celice za predelavo elektronskih odpadkov  
European Commission  
prof. dr. Aleš Ude
- Učenje posploševanja med nalogami pri prediktivnem vodenju na osnovi modela: dinamično obnašanje humanoidnih robotov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Andrej Gams
- Interakcija regionalne toplotne in barorefleksne regulacije perifernega ožilja  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Igor Mekjavić

- Generacija in učenje cikličnih robotskih gibanj pri fizični interakciji med robotom in človekom  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Tadej Petrič
- OE - EUROfusion; WP17: RM\_OE-FU  
European Commission  
prof. dr. Aleš Ude

## PROGRAM

- Avtomatika, robotika in biokibernatika  
prof. dr. Igor Mekjavić

## PROJEKTI

- Mehanizmi hipoksične (in)tolerance pri predčasno rojenih posameznikih  
prof. dr. Tadej Debevec
- X-ADAPT: Križna-adaptacija med vročino in hipoksijo - nova strategija izboljševanja športne in delovne sposobnosti v različnih okoljih  
prof. dr. Tadej Debevec
- Vpliv hiperkapnične vadbe na intrakranialni tlak in oko  
prof. dr. Igor Mekjavić
- Metode vodenja za varno fizično interakcijo med človekom in robotom  
doc. dr. Tadej Petrič
- Učenje z menjavo vlog pri fizičnem sodelovanju med človekom in robotom (SWITCH)  
doc. dr. Tadej Petrič
- Uporaba vadbe z uporovnimi vibracijami (RVE) za ublažitev degeneracije hrustanca, povzročene s hipoksično neaktivnostjo: posledice za bolnike s Covid-19  
dr. Adam Mc Donnell
- Telesne asimetrije kot dejavniki tveganja za nastanek mišično-skeletnih poškodb: proučevanje mehanizmov nastanka in razvoj korektivnih ukrepov za njihovo odpravljanje s ciljem primarne in terciarne preventivne  
prof. dr. Jan Babič
- ELME - Ekološki laboratorij z mobilno enoto  
dr. Tilen Brečelj
- Regulacija mikroklima v oblačilnih sistemih - ReMOS  
prof. dr. Igor Mekjavić
- Stimulatorji tuji trg  
prof. dr. Aleš Ude
- Testiranje rokavic  
prof. dr. Igor Mekjavić

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

- Razvoj rekonfigurabilne robotske celice za končno kontrolo izdelka  
Gorenje gospodinjinski aparati, d. d.  
doc. dr. Leon Zlajpah
- LAMA: Razvoj koncepta novega stroja  
Lama Avtomatizacija, d. o. o.  
doc. dr. Igor Kovač

## OBISKI

- Gregoire Millet, Univerza v Lozani, Švica, 3. 5.-30. 6. 2021
- Giorgio Manfredelli, Univerza v Lozani, Švica, 3. 5.-30. 6. 2021
- Justin Lawley, Univerza v Innsbrucku, Avstrija, 12.-16. 5. 2021
- Sebastian Ruiz, Univerza v Goetingenu, Nemčija, 21. 6.-9. 7. 2021
- Nikola Knežević, Univerza v Beogradu, Srbija, 10.-25. 7. 2021
- Branko Lukić, Univerza v Beogradu, Srbija, 10.-25. 7. 2021
- Kubra Karacan, Tehniška univerza v Münchnu, 29. 11.-3. 12. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- doc. dr. Andrej Gams: Evropski projekt QU4LITY ter vloga in prispevki IJS, 8. 1. 2021
- Joshua Royal: Heterogenost v hematoloških odzivih na hipoksijo in neaktivnost, 22. 1. 2021
- Marko Jamšek: Eksperimenti v mikro- in hipergravitaciji na paraboličnih letih - Bordo 2019, 22. 1. 2021
- dr. Anton Ružič: Robotizirana avtomatizacija pakiranja krhkih izdelkov variabilnih oblik, 29. 1. 2021
- prof. dr. Aleš Ude: Dinamični generatorji gibov in sorodne reprezentacije za motorično učenje, 5. 2. 2021
- Mihael Simonič: Določitev konteksta napak pri nalogi vstavljanja iz multimodalnih podatkov, 12. 2. 2021

- dr. Urša Ciuha: Hladilna učinkovitost jopičev različnih hladilnih konceptov, 19. 2. 2021
- prof. dr. Jan Babič: Izzivi in rešitve za širšo uporabo nosljivih robotov, 5. 3. 2021
- Tinkara Mlinar: Odzivi v očesnem pritisku pri mlajših in starejših moških in ženskah, 12. 3. 2021
- Matija Mavsar: Predikcija gibanja robota in človeka z uporabo rekurenčnih nevronske mreže, 12. 3. 2021
- dr. Miha Deniša: Medicinska robotika: Naproti avtonomiji v robotski kirurgiji, 19. 3. 2021
- prof. dr. Igor Mekjavić: Vesoljska fiziologija, 26. 3. 2021
- Tjaša Kunavar: Napovedna napaka nagrade omogoča hitre motorične prilagoditve preko eksplicitnega učenja, 2. 4. 2021
- Jason Fisher: Regionalne variacije v prekrvavljenosti kože med simuliranim tridnevnim vročinskim valom, 2. 4. 2021
- dr. Adam McDonnell: Mišično-skeletni sistem: kaj je in kako nam koristi, 9. 4. 2021
- doc. dr. Tadej Debevec: Je uporaba socialnih medijev za znanstvenike smiselna?, 16. 4. 2021
- Benjamin Narang: Metabolizem ogljikovih hidratov in energetsko ravnovesje med športno vadbo, 16. 4. 2021
- Rok Pahič: Učenje dinamičnih generatorjev gibov z globokimi nevronskimi mrežami, 23. 4. 2021
- dr. Leon Zlajpah: RobotBlockSet za Matlab (RBS) - Pregled in uporaba v robotski celici za nadzor kakovosti, 7. 5. 2021
- Jaka Jereb: Multiagentni pristop za samoučečega digitalnega dvojčka poslovnih procesov, 14. 5. 2021
- Luka Miškovič: Modularni kvazi pasivni mehanizem: razvoj visoko zmogljivega eksoskeleta gležnja, 14. 5. 2021

22. prof. dr. Bojan Nemeč: Učenje robotskih nalog v stiku z okoljem, 21. 5. 2021
23. Primož Radanovič: Standardizirana rekonfigurabilna robotska platforma, 21. 5. 2021
24. dr. Tilen Brečelj: Od jedrske fizike k robotiki, 11. 6. 2021
25. Matej Štefanič: Testna aplikacija in uporabnost pri senzornih tehnologijah, 2. 7. 2021
26. Tjaša Kunavar: Učinki lokalne kompenzacije gravitacije na motorično kontrolo med spremenjeno okoljsko gravitacijo, 24. 9. 2021
27. Zvezdan Lončarevič: Prenosno učenje v robotiki, 24. 9. 2021
28. Mitja Gliha: Uporaba digitalnih senzorjev pri novi generaciji manikina in pri pametnih oblačilnih sistemih, 15. 10. 2021
29. Rebeka Kropivšek Leskovar: Določanje vlog vodje in sledilca med skupinskim izogibanjem ovir, 15. 10. 2021
30. Boris Kuster: Zaznavanje bazena taline pri obločnem navarjanju z žico, 22. 10. 2021
31. Peter Nimac: Zasnova in izdelava radarja za pametni prometni semafor, 22. 10. 2021
32. Benjamin Fele: Samodejno generiranje učnih načrtov za učenje robotskega krmiljenja, 5. 11. 2021
33. dr. Edwin Avila Mireles: Pedagoški pristop k procesu robotskega učenja in poučevanja, 19. 11. 2021
34. Andrej Trošt: TRUExo: Analiza mehanskih lastnosti hrbeničnih modulov, 19. 11. 2021
35. doc. dr. Tadej Petrič: Napredek na področju sistemov stanj, 26. 11. 2021
36. doc. dr. Igor Kovač: December – mesec Industrije 4.0 in Robotike, 3. 12. 2021
37. dr. Miha Deniša: Izboljšanje ergonomije delovne celice z uporabo pasivnih prilagodljivih vpenjal, 17. 12. 2021
2. Tilen Brečelj, Zvezdan Lončarevič, Mihael Simonič, Tadej Petrič, Leon Žlajpah, 30<sup>th</sup> International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, Futuroscope-Poitiers, Francija, 21.–23. 6. 2021 (4)
3. Tilen Brečelj, Tadej Petrič, IČETAN – 8<sup>th</sup> International conference on Electrical, Electronic and computing engineering ET(R)AN, Stanišiči, Srbija, 8.–10. 9. 2021 (1)
4. Andrej Gams, Igor Kovač, Bojan Nemeč, Tadej Petrič, Aleš Ude, Leon Žlajpah, Robotika in Industrija 4.0, Digitalno središče, BTC, Ljubljana, 14. 12. 2021
5. Andrej Gams, Rebeka Kropivšek Leskovar, Zvezdan Lončarevič, Matija Mavsar, Luka Miškovič, Tadej Petrič, Eletrotehniška in računalniška konferenca 2021 ERK, Portorož, 20.–21. 9. 2021 (2)
6. Miha Deniša, Miha Dežman, Andrej Gams, Timotej Gašpar, Jaka Jereb, Igor Kovač, Rebeka Kropivšek Leskovar, Zvezdan Lončarevič, Matija Mavsar, Luka Miškovič, Bojan Nemeč, Rok Pahič, Primož Radanovič, Mihael Simonič, Tadej Petrič, Aleš Ude, Leon Žlajpah, ICAR 2021 – International Conference on Advanced Robotics, Ljubljana, 7.–10. 12. 2021 (10)
7. Zvezdan Lončarevič, 13. Študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana, Ljubljana, 27.–28. 5. 2021 (1)
8. Tadej Petrič, Humanoids 2020: 2020 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, München, Nemčija, 19.–21. 6. 2021
9. Aleš Ude, European Robotics Forum (ERF), virtualno, 13.–15. 4. 2021
10. Leon Žlajpah, U14ToP – Umetna inteligenca pri optimizaciji proizvodnih procesov v tovarnah prihodnosti, Digitalno središče, BTC, Ljubljana, 20. 10. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJJIH

1. Jan Babič, Marko Jamšek, Tjaša Kunavar, Luka Miškovič, Summer school Wearable Robots, Caceres, Španija, 6.–10. 9. 2021

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Jernej Čamernik: Univerza v Ulmu, Nemčija, 1. 2.–31. 12. 2021 (postdoktorsko usposabljanje)
2. Miha Dežman: Tehnološki inštitut Karlsruhe, Nemčija, 1. 5.–31. 12. 2021 (postdoktorsko usposabljanje)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. prof. dr. Jan Babič, vodja laboratorija
2. prof. dr. Tadej Debevec\*
3. prof. dr. Andrej Gams
4. prof. dr. Polonca Jaki Mekjavič\*, znanstveni svetnik
5. doc. dr. Igor Kovač
6. prof. dr. Jadran Lenarčič, znanstveni svetnik
7. dr. Adam Mc Donnell
8. prof. dr. Igor Mekjavič, znanstveni svetnik
9. prof. dr. Bojan Nemeč, znanstveni svetnik - vodja laboratorija
10. doc. dr. Tadej Petrič
11. dr. Anton Ružič
12. prof. dr. Blaž Stres\*, znanstveni svetnik, odšel 1. 7. 2021
13. prof. dr. Aleš Ude, znanstveni svetnik - vodja odseka
14. doc. dr. Leon Žlajpah, znanstveni svetnik

### Podoktorski sodelavci

15. Edwin Johnatan Avila Mireles, PhD.
16. dr. Tilen Brečelj
17. dr. Urša Ciuha
18. dr. Jernej Čamernik, začasna prekinitev 1. 2. 2021
19. dr. Miha Deniša
20. dr. Miha Dežman, začasna prekinitev 1. 5. 2021
21. dr. Timotej Gašpar\*, odšel 1. 4. 2021
22. dr. Rok Pahič\*
23. dr. Tim Podlogar, odšel 1. 7. 2021
24. Desy Salvadego, PhD., Italija

### Mlajši raziskovalci

25. Benjamin Fele, mag. kog. zn.
26. Jason Thomas Fisher, MSc., Anglija
27. Marko Jamšek, mag. inž. str.
28. Jaka Jereb, mag. inž. str.
29. Tjaša Kunavar, M. Sc.
30. Boris Kuster, mag. inž. str.
31. Zvezdan Lončarevič, mag. inf. kom. tehnol.
32. Matija Mavsar, mag. inž. el.
33. Luka Miškovič, MSc
34. Tinkara Mlinar, MSc Human and Applied Physiology, VB
35. Benjamin Jonathan Narang, MSc., Anglija
36. Peter Nimac, mag. inž. el.
37. Joshua Toby Royal, MSc., Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske
38. Mihael Simonič, MSc
39. Riccardo Sorrentino, MSc., Italija

### Strokovni sodelavci

40. Mitja Gliha, univ. dipl. inž. el.
41. Rebeka Kropivšek Leskovar, dipl. inž. str. (VS)

42. Matevž Majcen Hrovat, mag. fiz.
  43. Primož Radanovič, dipl. inž. str. (UN)
  44. Simon Reberšek, univ. dipl. inž. el.
  45. Matej Štefanič, univ. dipl. inž. el., odšel 1. 11. 2021
  46. Andrej Trošt, dipl. inž. el. (VS)
  47. Bogomir Vrhovec, univ. dipl. inž. rač. in inf.
- Tehniški in administrativni sodelavci**
48. Tanja Dragojevič, dipl. soc. del.
  49. Petra Movh, univ. dipl. org.

### Opomba

- \* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. AnyBody Technology A/S (SME), Danska
2. Aristotle University of Thessaloniki, Automation and Robotics Lab, Grčija
3. Atos Research and Innovation, Bilbao, Španija
4. ATR Computational Neuroscience Laboratories, Kyoto, Japonska
5. Bernstein Center for Computational Neuroscience, Göttingen, Nemčija
6. Blue Ocean Robotics, Odense, Danska
7. Centria University of Applied Sciences, Kokkola, Finska
8. Charité – Universitätsmedizin Berlin, Nemčija
9. Cosmed, Rome, Italija
10. CSIC, Institut de Robòtica i Informàtica Industrial, Barcelona, Španija
11. DAWESOFT, d. o. o., Trbovlje
12. Deutsches Zentrum Für Luft- und Raumfahrt, Köln, Nemčija
13. ElectroCycling GmbH, Goslar, Nemčija
14. ELVEZ, Višnja Gora
15. EPFL, Biorobotics Laboratory, Lausanne, Švica
16. European Space Agency (ESA), Noordwijk, Nizozemska
17. Fraunhofer IGD, Darmstadt, Nemčija
18. GEOX s.p.A., Trbiž, Italija
19. Gorenje gospodinjinski aparati, d. o. o., Velenje
20. Heidelberg University, Nemčija
21. Heliomare, Nizozemska
22. Hellenic Military University, Faculty of Physical and Cultural Education. Human Performance – Rehabilitation Laboratory, Atene, Grčija
23. Idiap Research Institute, Martigny, Švica
24. IMK automotive GmbH (SME)
25. Innovalia Association, Bilbao, Španija
26. Institut National de Recherche en informatique et en automatique, Francija
27. Institute of Naval medicine, Ministry of Defence, Alverstoke, Velika Britanija
28. Istituto Nazionale Tumori, Centro di Riferimento Oncologico, Aviano, Italija
29. Inštitut za rehabilitacijo RS, Ljubljana
30. Intersocks, d. o. o., Kočevje
31. Iskratel, d. o. o., Kranj



32. Italian Institute of Technology, Genova, Italija
33. Johannes Kepler University Linz, Avstrija
34. Karlsruhe Institute of Technology, Institute for Anthropomatics, Nemčija
35. Kimberly-Clark, Atlanta, Georgia, ZDA
36. Kolektor Group, d. o. o., Idrija
37. Laboratory for Manufacturing Systems & Automation (LMS), Patras, Grčija
38. Leibniz Universität Hannover, Nemčija
39. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana
40. National and Kapodistrian University of Athens, Faculty of physical education and sport science, Department of sport medicine and biology of exercise, Atene, Grčija
41. NELA razvojni center, d. o. o., Železniki
42. Nordijski center Planica, Planica
43. Odelo, d. o. o., Prebold
44. OttoBock Healthcare GmbH, Nemčija
45. Podkrižnik, d. o. o., Nazarje
46. Politecnico di Milano, Italija
47. Predilnica Litija, d. o. o., Litija
48. Prevent-Delozza, d. o. o., Celje
49. qbrobotics, Pisa, Italija
50. Republika Slovenija, Ministrstvo za obrambo, Ljubljana
51. Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Švedska
52. RWTH Aachen, Institute of Man-Machine Interaction, Nemčija
53. S2P, znanost v prakso, Ljubljana
54. Slovenski etnografski muzej, Ljubljana
55. SMM proizvodni sistemi, d. o. o., Maribor
56. Steklarna Hrastnik, d. d., Hrastnik
57. Tampere University of Technology, Institute of Production Engineering, Finska
58. Technische Universität Darmstadt, Nemčija
59. Technische Universität München, Nemčija
60. Tekstina, d. o. o., Ajdovščina
61. The Arctic University of Norway (UiT), Tromsø, Norveška
62. UCS, d. o. o., Vrhnika
63. UNIOR Kovaška industrija, d. d., Zreče
64. Università degli studi di Bologna, Italija
65. Università degli studi di Trieste, Italija
66. Università degli studi di Udine, Italija
67. Université Louis Pasteur, Laboratoire d'Imagerie et de Neurosciences Cognitives, Strasbourg, Francija
68. University of Birmingham, Birmingham, Velika Britanija
69. University of Bremen, Institute of Artificial Intelligence, Nemčija
70. University of Innsbruck, Avstrija
71. University of Nottingham, Velika Britanija
72. University of Portsmouth, The Human and Applied Physiology Laboratory, Anglija
73. University of Southern Denmark, Maersk McKinney Moller Institute, Odense, Danska
74. University of Texas at Austin, ZDA
75. University Pierre and Marie Curie, Pariz, Francija
76. Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju, Izola
77. Univerza v Beogradu, Elektrotehniška fakulteta, Beograd, Srbija
78. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
79. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana
80. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana
81. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana
82. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Ljubljana
83. Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Odsek za fizioterapijo
84. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor
85. Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor
86. Univerza v Trstu, Medicinska fakulteta, Italija
87. Univerza v Zagrebu, Hrvaška
88. Univerzitetni klinični center Ljubljana, Klinični inštitut za klinično nefrofiziologijo
89. Univerzitetni klinični center Ljubljana, Očesna klinika
90. Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ortopedska klinika
91. Versarum, d. o. o., Trebnje
92. Vrije Universiteit Brussel, Belgija
93. VU University Amsterdam, Nizozemska
94. W. L. Gore & Associates, München, Nemčija
95. Xsens Technologies, Nizozemska
96. Yaskawa Slovenija, d. o. o., Ribnica
97. Zavod Biomedicinska razvojna inovacijska skupina, Ljubljana
98. University of Lausanne, Lausanne, Švica
99. University Savoie Mont Blanc, Chambéry, Francija
100. KU Leuven, Leuven, Belgija
101. Domel, d. o. o., Železniki, Slovenija

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Mikael Grönkvist, Igor B. Mekjavič, Urša Ciuha, Ola Eiken, "Heat strain with two different ventilation vests during a simulated 3-hour helicopter desert mission", *Aerospace medicine and human performance*, 2021, **92**, 4, 248-256. [COBISS.SI-ID 56740611]
2. Desy Salvadego, Bruno Grassi, Michail E. Keramidas, Ola Eiken, Adam McDonnell, Igor B. Mekjavič, "Heterogeneity of human adaptations to bed rest and hypoxia: a retrospective analysis within the skeletal muscle oxidative function", *American journal of physiology. regulatory, integrative and comparative physiology*, 2021, **321**, 6, r813-r822. [COBISS.SI-ID 79086083]
3. Chiel Poffe, Ruben Robberechts, Tim Podlogar, Martijn Kusters, Tadej Debevec, Peter Hespel, "Exogenous ketosis increases blood and muscle oxygenation but not performance during exercise in hypoxia", *American journal of physiology. regulatory, integrative and comparative physiology*, 2021, **321**, 6, r844-r857. [COBISS.SI-ID 82118147]
4. Žiga Kozinc, Jan Babič, Nejc Šarabon, "Human pressure tolerance and effects of different padding materials with implications for development of exoskeletons and similar devices", *Applied Ergonomics*, 2021, **93**, 103379. [COBISS.SI-ID 50553859]
5. Borut Fonda, Jan Babič, Nejc Šarabon, "The Medial-Lateral Pedal Force Component Correlates with Q-Angle During Steady-State Cycling at Different Workloads and cadences", *Applied sciences*, 2021, **11**, 3, 1004. [COBISS.SI-ID 48397315]
6. Zvezdan Lončarevič, Rok Pahič, Aleš Ude, Andrej Gams, "Generalization-based acquisition of training data for motor primitive learning by neural networks", *Applied sciences*, 2021, **11**, 3, 1013. [COBISS.SI-ID 48465667]
7. Rebeka Kropivšek Leskovar, Jernej Čamernik, Tadej Petrič, "Leader-follower role allocation for physical collaboration in human dyads", *Applied sciences*, 2021, **11**, 19, 8928. [COBISS.SI-ID 78027267]
8. Andrej Trošt, Marko Jamšek, Nejc Šarabon, Jan Babič, "Razvoj sistema za merjenje telesnih asimetrij s pospeškometri", *Elektrotehniški vestnik*, 2021, **88**, 5, 267-272. [COBISS.SI-ID 87917059]
9. Urša Ciuha, Alexandros Sotiridis, Tinkara Mlinar, Joshua T. Royal, Ola Eiken, Igor B. Mekjavič, "Heat acclimation enhances the cold-induced vasodilation response", *European journal of applied physiology*, 2021, **121**, 11, 3005-3015. [COBISS.SI-ID 73823235]
10. Stylianos N. Kounalakis, Michail E. Keramidas, Ola Eiken, Igor B. Mekjavič, "Exercise temperature regulation following a 35-day horizontal bedrest", *Experimental physiology*, 2021, **106**, 7, 1498-1507. [COBISS.SI-ID 65784579]
11. Marko Jamšek, Tjaša Kunavar, Gunnar Blohm, Daichi Nozaki, Charalambos Papaxanthis, Olivier White, Jan Babič, "Effects of simulated microgravity and hypergravity conditions on arm movements in normogravity", *Frontiers in neural circuits*, **15**, 750176. [COBISS.SI-ID 89400835]
12. Tjaša Kunavar, Marko Jamšek, Marie Barbiero, Gunnar Blohm, Daichi Nozaki, Charalambos Papaxanthis, Olivier White, Jan Babič, "Effects of local gravity compensation on motor control during altered environmental gravity", *Frontiers in neural circuits*, 2021, **15**, 750267. [COBISS.SI-ID 82245891]
13. Rodrigo Fernandez Gonzalo, Adam McDonnell, Elizabeth J. Simpson, Ian McDonald, Eric Rullman, Igor B. Mekjavič, "Substantial and reproducible individual variability in skeletal muscle outcomes in the cross-over designed Planica bed rest program", *Frontiers in physiology*, 2021, **12**, 676501. [COBISS.SI-ID 69797379]
14. Joshua T. Royal, Ola Eiken, Michail E. Keramidas, Adam McDonnell, Igor B. Mekjavič, "Heterogeneity of hematological response to hypoxia and short-term or medium-term bed rest", *Frontiers in physiology*, **12**, 777611. [COBISS.SI-ID 89217795]
15. Giorgio Manfredelli, Benjamin J. Narang, Mathias Poussel, Damjan Osredkar, Grégoire P. Millet, Tadej Debevec, "Long-term effects of prematurity on resting ventilatory response to hypercapnia", *High altitude medicine & biology*, 2021, **22**, 4, 420-425. [COBISS.SI-ID 89447427]
16. Lu Zhenli, Ma Zhipeng, Marko Penčič, Maja Čavič, Branislav Borovac, Roumiana Ilieva, Bojan Nemeč, Marjan Mernik, "Study on spiral winding

- swimming motion control of a slender legless creature model", *High Technology Letters*, 2021, **27**, 4, 415-421. [COBISS.SI-ID 90279683]
17. Rok Pahič, Andrej Gams, Aleš Ude, "Reconstructing spatial aspects of motion by image-to-path deep neural networks", *IEEE Robotics and automation letters*, 2021, **6**, 1, 255-262. [COBISS.SI-ID 39210755]
  18. Marko Jamšek, Tjaša Kunavar, Urban Bobek, Elmar Rueckert, Jan Babič, "Predictive exoskeleton control for arm-motion augmentation based on probabilistic movement primitives combined with a flow controller", *IEEE Robotics and automation letters*, 2021, **6**, 3, 4417-4424. [COBISS.SI-ID 59059459]
  19. Bojan Nemeč, Kenichi Yasuda, Aleš Ude, "A virtual mechanism approach for exploiting functional redundancy in finishing operations", *IEEE transactions on automation science and engineering*, 2021, **18**, 4, 2048-2060. [COBISS.SI-ID 35355651]
  20. Žiga Kozinc, Jan Babič, Nejc Šarabon, "Comparison of subjective responses of low back pain patients and asymptomatic controls to use of spinal exoskeleton during simple load lifting tasks: a pilot study", *International journal of environmental research and public health*, 2021, **18**, 1, 161. [COBISS.SI-ID 44574467]
  21. Jernej Sever, Jan Babič, Žiga Kozinc, Nejc Šarabon, "Postural responses to sudden horizontal perturbations in Tai Chi practitioners", *International journal of environmental research and public health*, 2021, **18**, 5, 2692. [COBISS.SI-ID 54315011]
  22. Leonidas G. Ioannou, Konstantinos Mantzios, Lydia Tsoutsoubi, Zoe Panagiotaki, Areti K. Kapnia, Urša Ciuha, Lars Nybo, Andreas D. Fluorin, Igor B. Mekjavič, "Effect of a simulated heat wave on physiological strain and labour productivity", *International journal of environmental research and public health*, 2021, **18**, 6, 3011. [COBISS.SI-ID 55285251]
  23. Daša Gorjan, Angélica Bellicha, Jernej Čamernik, Wael Bachta, Jan Babič, "Induced stabilization of center of mass decreases variability of center of pressure regardless of visual or tactile information", *Journal of biomechanics*, 2021, **117**, 110199. [COBISS.SI-ID 49428483]
  24. Mihael Simonič, Tadej Petrič, Aleš Ude, Bojan Nemeč, "Analysis of methods for incremental policy refinement by kinesthetic guidance", *Journal of intelligent & robotic systems*, 2021, **102**, 1, 5. [COBISS.SI-ID 59968259]
  25. Timotej Gašpar, Igor Kovač, Aleš Ude, "Optimal layout and reconfiguration of a fixturing system constructed from passive Stewart platforms", *Journal of manufacturing systems*, 2021, **60**, 226-238. [COBISS.SI-ID 67334915]
  26. Luka Pirker *et al.* (11 avtorjev), "Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation", *Journal of membrane science*, 2021, **619**, 118756. [COBISS.SI-ID 32105219]
  27. Nathan B. Morris *et al.* (18 avtorjev), "The HEAT-SHIELD project - Perspectives from an inter-sectoral approach to occupational heat stress", *Journal of science and medicine in sport*, 2021, **24**, 8, 747-755. [COBISS.SI-ID 55121155]
  28. Igor B. Mekjavič, Daniel Yogev, Urša Ciuha, "Perception of thermal comfort during skin cooling and heating", *Life*, 2021, **11**, 7, 681. [COBISS.SI-ID 71205123]
  29. Boštjan Murovec, Leon Deutsch, Blaž Stres, "General Unified Microbiome Profiling Pipeline (GUMPP) for large scale, streamlined and reproducible analysis of bacterial 16S rRNA data to predicted microbial metagenomes, enzymatic reactions and metabolic pathways", *Metabolites*, 2021, **11**, 6, 336. [COBISS.SI-ID 64527363]
  30. Tinkara Mlinar, Polona Jaki Mekjavič, Joshua T. Royal, Tamara Valenčič, Igor B. Mekjavič, "Intraocular pressure during handgrip exercise: the effect of posture and hypercapnia in young males", *Physiological reports*, 2021, **9**, 20, e15035. [COBISS.SI-ID 81668611]
  31. Tadej Debevec, Mathias Pousset, Damjan Osredkar, Sarah Willis, Claudio Sartori, Grégoire P. Millet, "Post-exercise accumulation of interstitial lung water is greater in hypobaric than normobaric hypoxia in adults born prematurely", *Respiratory physiology & neurobiology*, 2021, **297**, 103828. [COBISS.SI-ID 88311555]
  32. Rok Pahič, Zvezdan Lončarevič, Andrej Gams, Aleš Ude, "Robot skill learning in latent space of a deep autoencoder neural network", *Robotics and autonomous systems*, 2021, **135**, 103690. [COBISS.SI-ID 37054467]
  33. Wansoo Kim, Luka Peternel, Marta Lorenzini, Jan Babič, Arash Ajoudani, "A human-robot collaboration framework for improving ergonomics during dexterous operation of power tools", *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 2021, **68**, 102084. [COBISS.SI-ID 36051203]
  34. Zvezdan Lončarevič, Andrej Gams, Simon Reberšek, Bojan Nemeč, Jure Škrabar, Jure Skvarč, Aleš Ude, "Specifying and optimizing robotic motion for visual quality inspection", *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 2021, **72**, 102200. [COBISS.SI-ID 67134979]
  35. Claudia Strewé *et al.* (14 avtorjev), "PlanHab study: consequences of combined normobaric hypoxia and bed rest on adenosine kinetics", *Scientific reports*, 2021, **8**, 1762. [COBISS.SI-ID 56734211]
  36. Anja Pogačnik Krajnc, Luka Pirker, Urška Gradišar Centa, Anton Gradišek, Igor B. Mekjavič, Matej Godnič, Metod Čebašek, Tina Bregant, Maja Remškar, "Size- and time-dependent particle removal efficiency of face masks and improvised respiratory protection equipment used during the COVID-19 pandemic", *Sensors*, 2021, **21**, 5, 1567. [COBISS.SI-ID 52915715]
  37. Nina Verdel, Tim Podlogar, Urša Ciuha, Hans-Christer Holmberg, Tadej Debevec, Matej Supej, "Reliability and validity of the core sensor to assess CORE body temperature during cycling exercise", *Sensors*, 2021, **21**, 17, 5932. [COBISS.SI-ID 75500803]
  38. Nikola Knežević, Branko Lukić, Kosta Jovanović, Leon Žlajpah, Tadej Petrič, "End-effector Cartesian stiffness shaping - sequential least squares programming approach", *Serbian journal of electrical engineering*, 2021, **18**, 1, 1-14. [COBISS.SI-ID 60709635]
  39. Lars Fritzsche *et al.* (12 avtorjev), "Assessing the efficiency of exoskeletons in physical strain reduction by biomechanical simulation with AnyBody Modeling System", *Wearable technologies*, 2021, **2**, e6. [COBISS.SI-ID 66171395]

## PREGLEDNA ZNANSTVENA ČLANKA

1. Michael J. Tipton, Jo Corbett, Clare Eglin, Igor B. Mekjavič, H. Montgomery, "In pursuit of the unicorn", *Experimental physiology*, 2021, **106**, 2, 385-388. [COBISS.SI-ID 39683843]
2. Jan Babič, Matteo Laffranchi, Federico Tessari, Tom Verstraten, Domen Novak, Nejc Šarabon, Barkan Ugurlu, Luka Peternel, Diego Torricelli, Jan F. Veneman, "Challenges and solutions for application and wider adoption of wearable robots", *Wearable technologies*, 2021, **2**, e14. [COBISS.SI-ID 84536835]

## KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

1. Franck Brocherie, Tadej Debevec, Grégoire P. Millet, "Comparing hypoxic and heat stressors: more challenging than it seems", *Exercise and sport sciences reviews*, 2021, **49**, 3, 223-224. [COBISS.SI-ID 66828035]

## STROKOVNA ČLANKA

1. Aleš Ude, "Catching up with ReconCell: Major progress in bringing cuttingedge next-gen (and SME-friendly!) robotic solutions to the market", *Research eu*, 2021, **98**, 33. [COBISS.SI-ID 60893955]
2. Nina Verdel, Tim Podlogar, Urša Ciuha, Hans-Christer Holmberg, Tadej Debevec, Matej Supej, "Pomen veljavnosti senzorjev v praksi: primer neinvazivnega senzorja za merjenje temperature telesnega jedra", *Šport: revija za teoretična in praktična vprašanja športa*, 2021, **69**, 3/4, 212-215. [COBISS.SI-ID 91085315]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Mihael Simonič, Rok Pahič, Timotej Gašpar, Saeed Abdolshah, Sami Haddadin, Manuel Catalano, Florentin Wörgötter, Aleš Ude, "Modular ROS-based software architecture for reconfigurable, Industry 4.0 compatible robotic workcells", *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 44-51. [COBISS.SI-ID 88861699]
2. Miha Deniša, Kim Lindberg Schwaner, Iñigo Iturrate, Thusius Rajeeth Savarimuthu, "Semi-autonomous cooperative tasks in a multi-arm robotic surgical domain", V: *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 134-141. [COBISS.SI-ID 93026051]
3. Matija Mavsar, Miha Deniša, Bojan Nemeč, Aleš Ude, "Intention recognition with recurrent neural networks for dynamic human-robot collaboration", V: *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 208-215. [COBISS.SI-ID 88932611]
4. Zvezdan Lončarevič, Aleš Ude, Andrej Gams, "Accelerated robot skill acquisition by reinforcement learning-aided sim-to-real domain adaptation", V: *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 269-274. [COBISS.SI-ID 88814851]

5. Primož Radanovič, Jaka Jereb, Igor Kovač, Aleš Ude, "Design of a modular robotic workcell platform enabled by plug & produce connectors", V: *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 304-309. [COBISS.SI-ID 88932099]
  6. Asad Tirmizi *et al.* (12 avtorjev), "Technical maturity for industrial deployment of robot demonstrators", V: *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 310-317. [COBISS.SI-ID 88933635]
  7. Mihael Simonič, Miha Deniša, Aleš Ude, Bojan Nemeč, "A new phase determination algorithm for iterative learning of human-robot collaboration", *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 480-485. [COBISS.SI-ID 88862467]
  8. Luka Miškovič, Miha Dežman, Tadej Petrič, "Modular quasi-passive mechanism for energy storage applications: towards lightweight high-performance exoskeleton", *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 588-593. [COBISS.SI-ID 88800259]
  9. Rebeka Kropivšek Leskovar, Tadej Petrič, "Humans prefer collaborating with a robot who leads in a physical human-robot collaboration scenario", V: *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 935-941. [COBISS.SI-ID 89540355]
  10. Leon Žlajpah, Andreas Müller, "Task space decomposition algorithm for the inverse kinematics of functionally redundant manipulators", V: *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 1048-1053. [COBISS.SI-ID 92247299]
  11. Minna Lanz, Jan Reimann, Aleš Ude, Niki Kousi, Roel Pieters, Morteza Dianatfar, Sotiris Makris, "Digital innovation hubs for robotics: TRINITY approach for distributing knowledge via modular use case demonstrations", V: *8th CIRP Conference of Assembly Technology and Systems, 29 September - 1 October 2020, Athens, Greece*, Proceedings, (Procedia CIRP **97**), Elsevier, 2021, 45-50. [COBISS.SI-ID 51776515]
  12. Leon Žlajpah, Samo Gazvoda, "Quality inspection of household machines using collaborative robot", V: *RAAD 2021, Advances in Service and Industrial Robotics, 21-23 June 2021, Poitiers, France*, Proceedings, (Mechanisms and machine science **102**), Springer, 2021, 104-115. [COBISS.SI-ID 98692099]
  13. Zvezdan Lončarevič, Andrej Gams, "Accelerating robot reinforcement learning with accumulation of knowledge", V: *RAAD 2021, Advances in Service and Industrial Robotics, 21-23 June 2021, Poitiers, France*, Proceedings, (Mechanisms and machine science **102**), Springer, 2021, 119-126. [COBISS.SI-ID 63381763]
  14. Tilen Brečelj, Tadej Petrič, "Angular dependency of the zero moment point", V: *RAAD 2021, Advances in Service and Industrial Robotics, 21-23 June 2021, Poitiers, France*, Proceedings, (Mechanisms and machine science **102**), Springer, 2021, 135-144. [COBISS.SI-ID 65594115]
  15. Kristina Savevska, Mihael Simonič, Aleš Ude, "Modular real-time system for upper-body motion imitation on humanoid robot talos", V: *RAAD 2021, Advances in Service and Industrial Robotics, 21-23 June 2021, Poitiers, France*, Proceedings, (Mechanisms and machine science **102**), Springer, 2021, 229-239. [COBISS.SI-ID 67278595]
  16. Emir Arditi, Tjaša Kunavar, Emre Ugur, Jan Babič, Erhan Oztop, "Inferring cost functions using reward parameter search and policy gradient reinforcement learning", V: *IECON 2021, 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 13-16 October 2021, Toronto, Canada*, Proceedings, IEEE, 2021. [COBISS.SI-ID 89542659]
  17. Lars Fritzsche, Christian Gartner, Michael Spitzhahn, Pavel E. Galibarov, Michael Damsgaard, Pauline Maurice, Jan Babič, "Assessing the efficiency of industrial exoskeletons with biomechanical modelling: comparison of experimental and simulation Results", V: *IEA 2021, 21st Congress of the International Ergonomics Association*, Proceedings, Volume V, Methods & approaches, (Lecture notes in networks and systems **223**), Springer, 2021, 353-357. [COBISS.SI-ID 67140355]
  18. Tilen Brečelj, Tadej Petrič, "Application of the angular dependency of the zero moment point", V: *ETRAN 2021, 65. godišnja konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku i IcETRAN 2021, 8. Internacionalna konferencija za elektrotehniku i računarstvo, 8-10 septembra 2021. godine, Etno selo Stanešići, Republika Srpska, 8-10 September, 2021*, Zbornik radova, 591-596. [COBISS.SI-ID 88753411]
  19. Peter Nimac, Peter Miklavčič, Boštjan Batagelj, "Samogradnja radarskega trirobnika s kvadratno stranico in meritev njegove odmevne površine", V: *ERK 2021, 30. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20-21 september 2021*, Zbornik, (Zbornik Elektrotehniške in računalniške konference **30**), Slovenska sekcija IEEE, Fakulteta za elektrotehniko, 2021, 48-51. [COBISS.SI-ID 88205827]
  20. Matija Mavsar, "Klasifikacija trajektorije roke z meritvami pozicije za podporo sodelovanju robota s človekom", V: *ERK 2021, 30. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20-21 september 2021*, Zbornik, (Zbornik Elektrotehniške in računalniške konference **30**), Slovenska sekcija IEEE, Fakulteta za elektrotehniko, 2021, 171-174. [COBISS.SI-ID 83048963]
  21. Luka Miškovič, Rebeka Kropivšek Leskovar, Andrej Gams, Tadej Petrič, "Optimizing end-effector force during the sit-stand task on the Talos humanoid bipedal robot", V: *ERK 2021, 30. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20-21 september 2021*, Zbornik, (Zbornik Elektrotehniške in računalniške konference **30**), Slovenska sekcija IEEE, Fakulteta za elektrotehniko, 2021, 175-178. [COBISS.SI-ID 77248259]
  22. Zvezdan Lončarevič, Andrej Gams, "Using neural networks for synthesizing importance sampler database in reinforcement learning", V: *ERK 2021, 30. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20-21 september 2021*, Zbornik, (Zbornik Elektrotehniške in računalniške konference **30**), Slovenska sekcija IEEE, Fakulteta za elektrotehniko, 2021, 179-182. [COBISS.SI-ID 77462275]
- ## SAMOSTOJNI STROKOVNI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI
1. Polona Jaki Mekjavič, "Mrežnica", V: *Očesna klinika UKC Ljubljana: 130 let*, Očesna klinika, Univerzitetni klinični center, 2021, 28-29. [COBISS.SI-ID 99699203]
  2. Polona Jaki Mekjavič, "Ščitnična orbitopatija", V: *Očesna klinika UKC Ljubljana: 130 let*, Očesna klinika, Univerzitetni klinični center, 2021, 46-47. [COBISS.SI-ID 99705091]
  3. Polona Jaki Mekjavič, "Pedagoška dejavnost", V: *Očesna klinika UKC Ljubljana: 130 let*, Očesna klinika, Univerzitetni klinični center, 2021, 86-88. [COBISS.SI-ID 99707907]
- ## DRUGO UČNO GRADIVO
1. Jan Babič, *Actuation and sensing for wearable robots: study material for sensors in robotics and biocybernetics classes*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2021. [COBISS.SI-ID 78374915]
  2. Jan Babič, *Development of humanoid robots with human-like control: study material for humanoid and service robotics*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2021. [COBISS.SI-ID 78371075]
  3. Jan Babič, *Introduction to biorobotics: study material for biorobotics classes*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2021. [COBISS.SI-ID 78368771]
  4. Tjaša Kunavar, Marko Jamšek, Jan Babič, *Vodenje humanoidnega robota Nao*, Institut Jožef Stefan, 2021. [COBISS.SI-ID 86112515]
  5. Shaunda A. Morrison, "An introduction to chronobiology and sleep physiology", V: *Chronobiology, Jet Lag, and Travel Fatigue: Virtual Environmental Ergonomics symposium: webinar, 4. 2. 2021*, Tadej Debevec, Toronto: ICEE, 2021. [COBISS.SI-ID 52853507]
- ## PATENTI
1. Igor Kovač, *Cardan joint*, EP3615823 (B1), European Patent Office, 02. 06. 2021.
  2. Anton Umek, Boris Jerman, Mitja Gliha, Anton Kos, Iztok Špan, *Link member for connection of a gripping assembly to a hydraulic crane arm with integrated dynamic weighing assembly*, EP3649071 (B1), European Patent Office, 24. 02. 2021. [COBISS.SI-ID 16146459]
  3. Nejc Šarabon, Monika Pavlovič, Andrej Trošt, Jan Babič, *Večpospeškometrski sistem in metoda za vrednotenje mehanskega stresa med hojo in tekom*, SI25959 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 30. 07. 2021. [COBISS.SI-ID 78502915]
- ## DOKTORATI IN MENTORSTVO
1. Rok Pahič, *Učenje dinamičnih generatorjev gibov z globokimi nevronskimi mrežami: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Aleš Ude). [COBISS.SI-ID 77185027]

**Dejavnost Odseka za sisteme in vodenje obsega analizo, vodenje in optimizacijo različnih sistemov in procesov. V tem okviru raziskujemo in preizkušamo nove metode za avtomatsko vodenje, razvijamo postopke in programska orodja za podporo načrtovanju in gradnji sistemov za vodenje, načrtujemo in izdelujemo namenske elektronske sklope ter gradimo zahtevne sisteme za vodenje in nadzor strojev, naprav oziroma industrijskih in drugih procesov.**

## Temeljne in uporabne raziskave

V letu 2021 so raziskave potekale na treh širših področjih: metodologije za analizo in načrtovanje sistemov vodenja; gradniki, orodja in znanja za implementacijo ter uporaba na ciljnih prioritarnih problemskih področjih.

V okviru podpodročja *metodologije za analizo in načrtovanje sistemov vodenja* se je del aktivnosti nanašal na problematiko modeliranja (kompleksnih) dinamičnih sistemov. V tem kontekstu so raziskave potekale na področju raziskovanja metode simulacije aproksimiranih avtoregresijskih modelov, uporabi grafičnih kartic za pospeševanja simulacije teh modelov in modeliranja hibridnih modelov med teoretičnimi modeli in modeli na podlagi Gaussovih procesov. Metode so bile uporabljene za modeliranje med seboj odvisnih vremenskih spremenljivk in za modeliranje komunalnih čistilnih naprav.

Za projekt Raziskovalne agencije Republike Slovenije – ARRS *Izvor; transport in ponor obstojnih zračnih onesnaževal v okolju Slovenije* je večina aktivnosti potekala na področju priprave podatkov in raziskav metod modeliranja z metodami računske inteligence za identifikacijo nadomestnih modelov, uporabnih za modeliranje razširjanja onesnaževala v zraku, konkretno za žveplov dioksid. Ovrednotili smo različne potencialne identifikacijske metode, ki bi jih lahko uporabili za razvoj nadomestnih modelov. Pri izbiri smo dali poseben poudarek računski zahtevnosti metod modeliranja.

Na področju pametnih tovarn so potekale aktivnosti za razvoj sistema za neinvazivni monitoring in diagnostiko repetitivnih proizvodnih procesov. Delo se je osredotočalo na razvoj metod za segmentacijo in klasifikacijo posameznih operacij proizvodnih procesov (slika 1). Metode so bile preizkušene na podatkih testnega industrijskega procesa in javno dostopnih podatkovnih setih za klasifikacijo časovnih vrst.

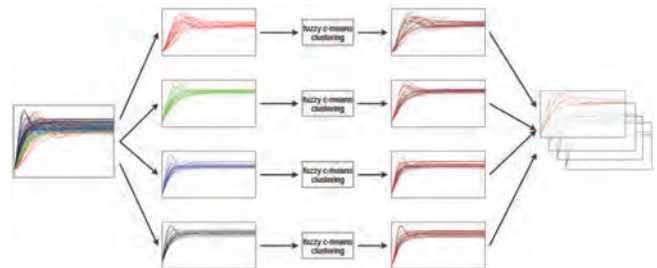
Zgodnje odkrivanje in izolacija napak (FDI) sta ključni koraki za zmanjšanje tveganja poškodb med delovanjem trdno oksidnega elektrolizera (SOEC), zato smo razvili orodje FDI na osnovi residualov modela SOEC. Zaradi pogostosti napak v sistemu SOEC (F1 – napaka temperaturnega senzorja, F2 – puščanje goriva/vodne pare, F3 – puščanje zraka) in skladu SOEC (F4 – povečanje serijske upornosti) smo uporabili t. i. transferable belief model (TBM) za oceno verjetnosti (P) omenjenih napak, kot je razvidno na sliki 2, z upoštevanjem Kruskal-Wallisove p-vrednosti posamične napake, pri čemer so te izračunane iz časovnih porazdelitev residualov v stanju brez napake (FF) in z napako (F1–4).

*Uporabne raziskave na prioritarnih problemskih področjih* so predstavljale drugo področje naše dejavnosti v preteklem letu. Za projekt Raziskovalne agencije Republike Slovenije *Izvor; transport in ponor obstojnih zračnih onesnaževal v okolju Slovenije* je večina aktivnosti potekala na področju priprave podatkov in raziskav metod modeliranja na podlagi Gaussovih procesov za identifikacijo nadomestnih modelov uporabnih za napovedovanje kratkoročne izpostavljenosti radiološkemu sevanju. Ovrednotili smo različne potencialne identifikacijske metode, ki bi jih lahko uporabili za razvoj nadomestnih modelov. Pri izbiri smo dali poseben poudarek računski zahtevnosti metod modeliranja.

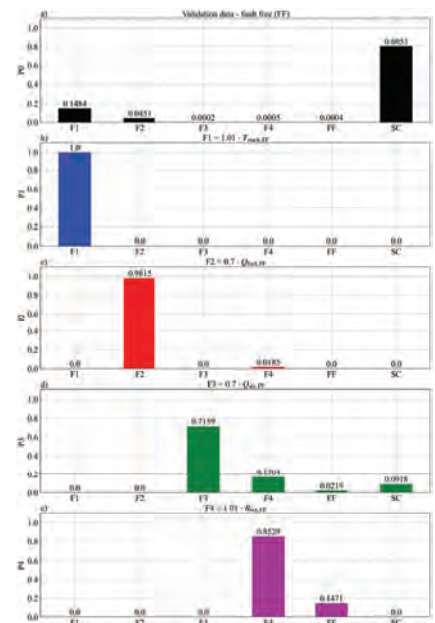
V letu 2021 smo nadaljevali izvajanje ARRS aplikativnega projekta *Optimizacijsko vodenje pretvornika energije v vodik v povezavi s hidroelektrarno*. Projekt obravnava potencial proizvodnje zelenega vodika in pretočni hidroelektrarno. Razvili smo Simulink model hidroelektrarne, katerega ključna gradnika sta fizikalni in ekonomski model hidroelektrarne. Z uporabo realnih podatkov za vozni red hidroelektrarne in dotok vode smo ocenili dejanski presežek vodne energije, ki se lahko uporabi za soproizvodnjo vodika. Prikazali smo možnost soproizvodnje zelenega vodika iz viškov



Vodja:  
**doc. dr. Gregor Dolanc**



Slika 1: Klasifikacija segmentov proizvodnih operacij



Slika 2: Verjetnosti (P) napak (F), če upoštevamo, da je: a) stanje brez napake (validacijski podatki), b) napaka temperaturnega senzorja, c) puščanje goriva/vodne pare, d) puščanje zraka in e) povečanje serijske upornosti.

**Sodelavec našega odseka Martin Brešar je od Fakultete za matematiko in fiziko v Ljubljani prejel Prešernovo nagrado 2021 za magistrsko nalogo z naslovom Smer sklopitve v nelinearnih sistemih.**

vodne energije, ki nastanejo pri rednem obratovanju hidroelektrarne ob dejanskih dotokih vode. S simulacijami smo pokazali, da lahko hidroelektrarna proizvede do 5.000 kg vodika iz presežka vodne energije na mesec.

Z Odsekom za reaktorsko fiziko na Institutu "Jožef Stefan" sodelujemo pri projektu *Stabilnost jedrskih reaktorjev pri obratovanju v načinu sledenja bremenu*. V okolju Matlab-Simulink smo izvedli in grobo uglasili dvotočkovni nelinearni model tlačnovodnega jedrskega reaktorja, primeren za raziskave vodenja za način sledenja bremenu. V tem načinu lahko v reaktorju prihaja do neželenih dinamičnih pojavov, predvsem zaradi dinamike izotopa ksenona, ki z absorpcijo nevtronov zavira jedrsko reakcijo, zaradi konstrukcije reaktorja pa pri tem lahko pride do asimetričnosti vertikalne porazdelitve in oscilacij. Izvedli smo proporcionalno-integrirni regulacijski shemi, ki moč reaktorja in njen osni izmik regulirata bodisi prek koncentracije borove kisline in glavnih krmilnih palic bodisi prek glavnih in pomožnih krmilnih palic s polovičnim polnjenjem. Ovrednotili smo tudi možnost uporabe krmilnih palic z manjšo absorptivnostjo.

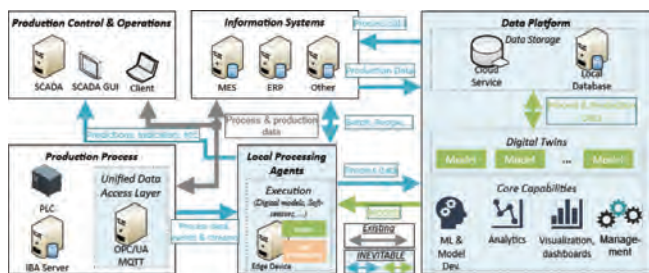
Začeli smo izvajati novo pridobljen aplikativni raziskovalni projekt *Nadzorni sistem vodenja za celostno optimizacijo delovanja čistilnih naprav za čiščenje odpadnih voda*. Cilj projekta je razviti postopek za brezmodelno optimizacijo, ki bo optimiziral kazalnike obratovanja čistilne naprave na najvišji ravni, tj. kakovost izтока, porabo in proizvodnjo energije, obratovalne stroške, izpuste toplogrednih plinov itd. Dosedanje aktivnosti so bile usmerjene v pripravo študijskega modela čistilne naprave za izvedbo raziskav in analizo zahtev uporabnikov.

V okviru pobude RS Slovenije za vzpostavitev in delovanje strateško inovativnih partnerstev v okviru Slovenske strategije pametne specializacije S4 deluje tudi *Strateško inovativno partnerstvo Tovarne prihodnosti – SRIP ToP*. Naš odsek ima v SRIP ToP zelo aktivno vlogo pri vodenju področja *Tehnologije vodenja* in pri izvajanju večletnega akcijskega načrta tega področja. V letu 2021 smo realizirali predvideni načrt za tretjo fazo akcijskega načrta. Eden od pomembnih rezultatov je bila organizacija celodnevne hibridne konference z naslovom *Control technologies – technologies that make things work*. Ta dogodek je bil vsebinsko umeščen v serijo dogodkov *Robotika in Industrija 4.0*, ki so bili ob slovenskem predsedovanju Svetu Evrope izvedeni v *Digitalnem središču*.

**Mednarodni razvojno-raziskovalni projekti**

Cilj Horizon 2020 projekta *RUBY – Robust and reliable general management tool for performance and dUraBility improvement of fuel cell stationarY units* je razviti, integrirati, načrtati in preizkusiti celovito in splošno orodje za spremljanje, diagnostiko, napovedovanje in nadzor (MDPC), ki lahko izboljša učinkovitost, zanesljivost in trajnost sistemov trdnooksidnih gorivnih celic (SOFC) in polimernih elektrolitskih gorivnih celic (PEMFC) za stacionarno uporabo. Orodje temelji na naprednih tehnikah in namenski strojni opremiter bo vgrajeno v sisteme gorivnih celic (FCS) za sprotno preverjanje v ustreznem operativnem okolju. Zato bo razvito orodje ob koncu projekta RUBY doseglo sedmo stopnjo tehnološke pripravljenosti (TRL). Predvideno je, da bo orodje pripravljeno za inženiring, končno certificiranje in proizvodnjo v velikem obsegu za vgradnjo v komercialne FCS. Naša ekipa je v letu 2021 prispevala k zasnovi spletnih diagnostičnih in prognostičnih algoritmov ter zasnovi nadzornega kontrolnega sistema. Ti bodo povečali življenjsko dobo sistema, vzdržljivost sklada, razpoložljivost, zanesljivost in splošno zmogljivost z izboljšano učinkovitostjo.

Drugi projekt Horizon 2020, ki ga koordinira naš odsek, je *REACTT – Reliable Advanced Diagnostics and Control Tools for increased lifetime of solid oxide cell Technology*. REACTT je namenjen razvoju platforme za optimalni nadzor, spremljanje stanja in ocenjevanje preostale življenjske dobe sistemov na osnovi trdnooksidnih elektroliznih celic (SOEC) in reverzibilnih trdnooksidnih celic (rSOC). Ti sistemi bodo imeli verjetno pomembno vlogo pri proizvodnji vodika po nizkih stroških in skladiščenju obnovljivih virov energije. Naša ekipa oblikuje elektronski modul za konceptualno nov način vzbujanja sklada, diagnostične in prognostične algoritme ter nadzorni modul za vodenje.



Slika 3: INEVITABLE arhitektura za digitalizacijo

V letu 2021 smo nadaljevali aktivnosti na projektu H2020 *INEVITABLE* (slika 3). V okviru projekta je pomemben del aktivnosti vključeval koordinacijo projekta, organizacijo komunikacijskih dejavnosti in diseminacijo vmesnih rezultatov. Projekt smo zaradi zastojev, ki jih je povzročila kriza zaradi covid, podaljšali za pol leta in v ta namen posodobili izvedbeni načrt. V letu 2021 pa smo tudi uspešno zaključili prvo poročevalsko obdobje. Raziskovalno delo smo nadaljevali v okviru razvoja podpornih orodij za optimizacijo procesa hladnega valjanja pločevine v podjetju SIJ Acroni. S sodelujočimi partnerji smo poskrbeli za ustrezno infrastrukturo za zajem vseh potrebnih podatkov, te pa smo pozneje

analizirali in jih uporabili za razvoj različnih napovednih modelov za namene optimizacije receptov valjanja in nadzora nad opremo. Poleg tega smo aktivno sodelovali pri pripravi priporočil za vzpostavitev digitalne arhitekture, prek katere bomo razvite tehnologije spravili v produkcijsko okolje.

Poudarek projekta HECAT – *Disruptive Technologies Supporting Labour Market Decision Making* je razvoj inovativnih orodij za karakterizacijo trga dela. Trenutno smo na polovici projekta. Dosedanji rezultati vključujejo sistem za podporo pri odločanju za odkrivanje optimalne karierni poti, verjetnostni model strojnega učenja za ocenjevanje verjetnosti izstopa (čas do zaposlitve) in različne statistične značilke, ki opisujejo splošne lastnosti trga dela, kot sta volatilitnost in likvidnost. Naslednji korak je pilotna faza oz. integracija algoritmov v procesno infrastrukturo Zavoda RS za zaposlovanje.

V tekočem ADRIION Interreg projektu *TRANSCPEARLYWARNING – Vzpostavitev transnacionalnega sistema civilne zaščite za zgodnje opozarjanje*, katerega cilj je izboljšati odpornost jadransko-jonskih ozemelj proti naravnim tveganjem in tistim zaradi človeškega vpliva, nadaljujemo aktivnosti. Glavni rezultati projekta so model zgodnjega opozarjanja civilne zaščite, platforma za zgodnje opozarjanje civilne zaščite in strateški načrt sistema zgodnjega opozarjanja civilne zaščite. Aktivno smo sodelovali pri realizaciji prvih dveh od treh zgoraj omenjenih rezultatov.

### Aplikativni projekti

Za našega dolgoletnega industrijskega partnerja *Domel, d. o. o.*, smo v letu 2021 dokončali razvoj in izvedbo novega diagnostičnega sistema za avtomatsko končno kontrolo elektromotorjev na do zdaj najkompleksnejši proizvodni liniji. Na tej liniji izdelujejo tri popolnoma različne tipe motorjev, vsakega v številnih podrazličicah. Glede na trenutno proizvajani tip motorja diagnostični sistem nastavi zahtevane obratovalne parametre in preveri performanse končnega izdelka na osnovi meritev električnih veličin, vibracij, hrupa, tlaka in posebnih meritev elektronskih komponent. Zaradi zahtev po doseganju zelo kratkega testnega cikla je sistem razdeljen v tri zaporedne testne celice (slika 4). Sistem lahko dnevno pretestira okoli 7.000 različnih tipov elektromotorjev, do danes pa je bilo na njem testiranih že več kot pol milijona motorjev.

V okviru sodelovanja s podjetjem *Danfoss Trata, d. o. o.*, razvijamo regulator pretoka, kjer smo do konca druge faze večfaznega projekta v letu 2021 razvili vse potrebne algoritme regulacije pretoka, ki delujejo tudi v primeru zakasnenih meritev s strani procesa. Simulacijske študije kažejo, da nam je s pomočjo predikcije merilnega signala uspelo odpraviti prevzpone reguliranega pretoka, s pomočjo dodatnega senzorja tlaka pa tudi oceniti zamašenost prenosnika toplote.

V letu 2021 smo prejeli naročilo podjetja *Domel* za razvoj novega diagnostičnega sistema za končno kontrolo produktov. Gre za polavtomatski diagnostični sistem za novo proizvodno linijo brezkrtačnih elektromotorjev za sesalne enote. Sistem je nov izziv v smislu digitalizacije, prenosa podatkov in spremljanja delovanja, saj bo vgrajen v tovarni na Kitajskem. Funkcija sistema je z meritvami električnih in mehanskih (tlak, hrup, vibracije) parametrov zagotavljati 100-% kakovost proizvedenih kosov in spremljati nihanja v proizvodnih parametrih z namenom njihovega izničenja.

### Izobraževanje strokovnjakov in študentov na področju tehnologije vodenja

Sodelavci odseka redno sodelujemo pri izpeljavi predavanj in vaj ter izvedbi diplomskih, magistrskih in doktorskih del v okviru študija na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Fakulteti za logistiko Univerze v Mariboru, Fakulteti za industrijski inženiring Novo mesto, Univerzi v Novi Gorici in na Mednarodni podiplomski šoli "Jozefa Stefana" v Ljubljani.



Slika 4: Novi diagnostični sistem za avtomatsko končno kontrolo elektromotorjev v Domelu

**V letu 2021 smo prejeli naročilo podjetja Domel za razvoj novega diagnostičnega sistema za končno kontrolo elektromotorjev, ki bo instaliran v njihovi tovarni na Kitajskem.**



Slika 5: Prejemniki priznanja TARAS 2021 za najuspešnejše sodelovanje gospodarstva in raziskovalno-razvojnega okolja na področju inoviranja, razvoja in tehnologij (fotografija: IRT Forum)

**Naš odsek in podjetje Danfoss Trata, d. o. o., sta dobila priznanje TARAS za najuspešnejše sodelovanje gospodarstva in raziskovalno-razvojnega okolja na področju inoviranja, razvoja in tehnologij v letu 2021, in sicer za razvoj inteligentnih motornih pogonov, ki omogočajo optimizacijo celotnih omrežij daljinskega ogrevanja in hlajenja.**

## Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Žnidarič, Luka, Nusev, Gjorgji, Morel, Bertrand, Mougin, Julie, Juričič, Đani, Boškosi, Pavle, Evaluating uncertainties in electrochemical impedance spectra of solid oxide fuel cells, *Applied energy*, 2021, 298, 117101-1-117101-14
2. Nusev, Gjorgji, Morel, Bertrand, Mougin, Julie, Juričič, Đani, Boškosi, Pavle, Condition monitoring of solid oxide fuel cells by fast electrochemical impedance spectroscopy : a case example of detecting deficiencies in fuel supply, *Journal of power sources*, 2021, 489, 229491-1-229491-10
3. Boškosi, Pavle, Perne, Matija, Rameša, Martina, Mileva Boshkoska, Biljana, Variational Bayes survival analysis for unemployment modelling, *Knowledge-based systems*, 2021, 229, 107335, 1-11
4. Krivec, Tadej, Papa, Gregor, Kocijan, Juš, Simulation of variational Gaussian process NARX models with GPGPU, *ISA transactions*, 2021, 109, 141-151
5. Krivec, Tadej, Kocijan, Juš, Perne, Matija, Grašič, Boštjan, Božnar, Marija, Mlakar, Primož, Data-driven method for the improving forecasts of local weather dynamics, *Engineering applications of artificial intelligence*, 2021, 105, 104423-1-104423-14

## Nagrade in priznanja

1. Podjetje Danfoss Trata in Odsek za sisteme in vodenje na Institutu "Jožef Stefan" sta prejemnika priznanja TARAS za leto 2021 za razvoj inteligentnih motornih pogonov, s katerim Industrijski forum IRT, organizator osrednjega strokovnega dogodka slovenske industrije, nagraduje najuspešnejše sodelovanje gospodarstva in raziskovalno-razvojnega okolja na področju inoviranja, razvoja in tehnologij, Portorož, Slovenija

---

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. H2020 - RUBY; Robustno in zanesljivo splošno namensko orodje za vodenje gorivnih celic v stacionarnih aplikacijah z namenom izboljšanja učinkovitosti in trajnosti  
European Commission  
prof. dr. Đani Juričič
2. H2020 - HECAT; Uporaba prebojnih tehnologij za podporo pri upravljanju s trgom dela  
European Commission  
doc. dr. Pavle Boškosi
3. H2020 - INEVITABLE; Optimizacija in izboljšanje procesov v jeklarski industriji z uporabo digitalnih tehnologij  
European Commission  
dr. Dejan Gradišar
4. H2020 - REACTT; Napredna orodja za diagnostiko in vodenje sistemov trdo oksidnih celic z namenom podaljšanja življenjske dobe  
European Commission  
prof. dr. Đani Juričič
5. TRACE - Filogenetska rekonstrukcija z uporabo Gaussovih procesov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Juš Kocijan

## PROGRAM

1. Sistemi in vodenje  
prof. dr. Đani Juričič

## PROJEKTI

1. Spremljanje degradacije in optimizacija delovanja trdo-oksidnih elektrolizerjev  
prof. dr. Đani Juričič

2. STRAP - Izvor, transport in ponor obstojnih zračnih onesneževal v okolju Slovenije  
prof. dr. Juš Kocijan
3. Optimizacijsko vodenje pretvornika energije v vodik v povezavi s hidro elektrarno  
doc. dr. Gregor Dolanc
4. Stabilnost jedrskih reaktorjev pri obratovanju v načinu sledenja bremenu  
dr. Boštjan Pregelj
5. Modeliranje dinamike kratkoročne izpostavljenosti radiološkemu sevanju  
prof. dr. Juš Kocijan
6. Nadzorni sistem vodenja za celostno optimizacijo delovanja čistilnih naprav za čiščenje odpadnih voda  
dr. Darko Vrečko
7. Circular 4.0: Digitalne tehnologije, kot omogočitelj spodbujanja prehoda h krožnemu gospodarstvu s strani MSP na območju Alp  
dr. Miha Glavan

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Izdelava naprave za končno kontrolo brez-krtčnih motorjev tipov 712, 720 in 759 za linijo ML15  
Domel, d. o. o.  
doc. dr. Gregor Dolanc
2. L2-1832 Sofinanciranje L-projekta: Optimizacijsko vodenje pretvornika energije v vodik v povezavi s hidroelektrarno  
Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d. o. o.  
doc. dr. Gregor Dolanc
3. L2-2615 Sofinanciranje L-projekta: Modeliranje dinamike kratkoročne izpostavljenosti radiološkemu sevanju  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
prof. dr. Juš Kocijan

---

## OBISKI

1. izr. prof. dr. Ivana Palunko, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, Hrvaška, 14. 12. 2021–17. 12. 2021
2. dr. Domagoj Tolić, Rochester Institute of Technology Croatia, Dubrovnik, Hrvaška, 14. 12. 2021–17. 12. 2021
3. dr. Rade Garić, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, Hrvaška, 14. 12. 2021–17. 12. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Gregor Dolanc, doc. dr.: IAPUNIT - vir električne energije na osnovi gorivnih celic za vojaške aplikacije, 9. 3. 2021
2. Boštjan Pregelj, dr.: Modeliranje in analiza vključitve P2G-sistema v sklop HE Brežice, 15. 3. 2021
3. Tomaž Kos, mag. inž. el.: Custom measurement system for impedance characterization of piezoelectrics, 29. 3. 2021

4. Damir Vrančič, doc. dr.: Regulatorji višjega reda na osnovi metode aplitudnega optimuma, 3. 5. 2021
5. Pavle Boškoski, doc. dr.: HECAT – Supporting unemployed. A variational Bayes survival analysis approach, 10. 5. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Gregor Dolanc, Đani Juričič, ERK 2021, Trideseta mednarodna elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20.–21. 9. 2021 (2)

2. Dejan Gradišar, David Jure Jovan, 12. konferenca Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu, 8. 4. 2021, Maribor, Slovenija (2) (virtualno)
3. Tadej Krivec, The 19<sup>th</sup> IFAC Symposium on System Identification – SYSID21, 13.–16. 7. 2021, Padova, Italija (1) (virtualno)
4. Matija Perne, 4<sup>th</sup> IFAC Conference on Embedded Systems, Computational Intelligence and Telematics in Control CESCIT 2021, 5.–7. 7. 2021, Valenciennes, Francija (1) (virtualno)
5. Žiga Stržinar, Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society: NAFIPS 2021, Purdue University, ZDA, 7.–9. 6. 2021 (1) (virtualno)
6. Damir Vrančič, Razvoj industrijskega inženiringa: priložnosti, potenciali, izzivi, 6. mednarodna konferenca, Otočec pri Novem mestu, 21.–22. 4. 2021 (1)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. doc. dr. Pavle Boškoski
2. **doc. dr. Gregor Dolanc**
3. dr. Samo Gerkišič
4. dr. Miha Glavan
5. dr. Giovanni Godena
6. dr. Dejan Gradišar
7. dr. Nadja Hvala
8. dr. Vladimir Jovan
9. prof. dr. Đani Juričič, znanstveni svetnik
10. prof. dr. Juš Kocijan, znanstveni svetnik
11. dr. Marko Nerat
12. doc. dr. Matija Perne
13. dr. Janko Petrovčič
14. dr. Boštjan Pregelj
15. doc. dr. Damir Vrančič
16. dr. Darko Vrečko

### Mlajši raziskovalci

17. Martin Brešar, mag. fiz.
18. Žiga Gradišar, mag. fiz.
19. *dr. Tomaž Kos, odšel 1. 6. 2021*
20. Tadej Krivec, mag. inž. el.
21. Jernej Mlinarič, mag. inž. meh.
22. Gjorgji Nusev, univ. dipl. inž. el.
23. Žiga Stržinar, mag. inž. el.
24. Luka Žnidarič, mag. mat.

### Strokovni sodelavci

25. Stanislav Černe, dipl. inž. el.
26. Primož Fajdiga, dipl. inž. el.

27. David Jure Jovan, mag. inf. in kom. tehnol.

### Tehniški in administrativni sodelavci

28. Maja Janežič, univ. dipl. kom.
29. Miroslav Štrubelj

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Centralna čistilna naprava Domžale – Kamnik
2. Danfoss Trata, Ljubljana
3. Domel, Železniki
4. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Švica
5. Forschungszentrum Jülich, Nemčija
6. HESS, Brežice
7. INEA Ljubljana
8. Institut für Mikrotechnik GmbH, Mainz, Nemčija
9. Kolektor Group, Idrija
10. Kolektor Sistem, Ljubljana Črnuče
11. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana
12. Podkrižnik, Ljubno ob Savinji
13. SIJ Acroni, Jesenice
14. University of Salerno, Fisciano (SA), Italija
15. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
16. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
17. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
18. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
19. Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko
20. Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za aplikativno naravoslovje
21. Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju
22. Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta
23. Zavod Center ARI, Ljubljana
24. Zavod KC STV, Ljubljana

## BIBLIOGRAFIJA

### IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Matija Perne, "Orodja za umerjanje distox in potreba po preverjanju umeritve", *Acta carsologica*, 2021, **50**, 1, 184–194. [COBISS.SI-ID 65627907]
2. Benjamin Königshofer, Pavle Boškoski, Gjorgji Nusev, Markus Koroschetz, Martin Hochfellner, Marcel Schwaiger, Đani Juričič, Christoph Hochenauer, Vanja Subotič, "Performance assessment and evaluation of SOC stacks designed for application in a reversible operated 150 kW rSOC power plant", *Applied energy*, 2021, **283**, 116372. [COBISS.SI-ID 45078019]
3. Luka Žnidarič, Gjorgji Nusev, Bertrand Morel, Julie Mougín, Đani Juričič, Pavle Boškoski, "Evaluating uncertainties in electrochemical impedance spectra of solid oxide fuel cells", *Applied energy*, 2021, **298**, 117101. [COBISS.SI-ID 65853187]
4. Mikuláš Huba, Paulo Moura Oliveira, Pavol Bisták, Damir Vrančič, Katarina Žáková, "A set of active disturbance rejection controllers based on integrator plus dead-time models", *Applied Sciences*, 2021, **11**, 4, 1671. [COBISS.SI-ID 51526403]
5. Matija Perne, Primož Mlakar, Boštjan Grašič, Marija Božnar, Juš Kocijan, "Fast numerical wind turbine candidate site evaluation", *Applied sciences*, 2021, **11**, 7, 2953. [COBISS.SI-ID 57290499]
6. Matija Perne, Marija Božnar, Boštjan Grašič, Primož Mlakar, Juš Kocijan, "Improving wind vector predictions for modelling of atmospheric dispersion during Seveso-type accidents", *Atmospheric pollution research journal*, 2021, **12**, 2, 76–83. [COBISS.SI-ID 35712515]
7. Martin Brešar, Pavle Boškoski, Martin Horvat, "Detection of coupling in duffing oscillator systems", *Chaos*, 2021, **31**, 063130. [COBISS.SI-ID 67678723]
8. Nadja Hvala, Juš Kocijan, "Input variable selection using machine learning and global sensitivity methods for the control of sludge bulking in a wastewater treatment plant", *Computers & chemical engineering*, 2021, **154**, 107493. [COBISS.SI-ID 74445571]
9. Benjamin Königshofer, Michael Höber, Pavle Boškoski, Gjorgji Nusev, Đani Juričič, Christoph Hochenauer, Vanja Subotič, "Performance investigation and optimization of an SOEC stack operated under industrially relevant conditions", *ECS transactions*, 2021, **103**, 1, 519–528. [COBISS.SI-ID 84695811]
10. Michael Höber, Benjamin Königshofer, G. Pongratz, Pavle Boškoski, Gjorgji Nusev, Christoph Hochenauer, Vanja Subotič, "Experimental investigation of electro-chemical reactions along SOFCs for internal and external reformed methane", *ECS transactions*, 2021, **103**, 1, 2017–2031. [COBISS.SI-ID 84700419]



11. David Jure Jovan, Gregor Dolanc, Boštjan Pregelj, "Cogeneration of green hydrogen in a cascade hydropower plan", *Energy conversion and management*, 2021, **10**, 100081. [COBISS.SI-ID 60142851]
12. Tadej Krivec, Juš Kocijan, Matija Perne, Boštjan Grašič, Marija Božnar, Primož Mlakar, "Data-driven method for the improving forecasts of local weather dynamics", *Engineering applications of artificial intelligence*, 2021, **105**, 104423. [COBISS.SI-ID 74917635]
13. Samo Gerškšič, Boštjan Pregelj, "Finite-word-length FPGA implementation of model predictive control for ITER resistive wall mode control", *Fusion engineering and design*, 2021, **169**, 112480. [COBISS.SI-ID 55752963]
14. Gjorgji Nusev, Đani Juričić, Miran Gaberšček, Jože Moškon, Pavle Boškoski, "Fast impedance measurement of Li-ion battery using discrete random binary excitation and wavelet transform", *IEEE access*, 2021, **9**, 46152-46165. [COBISS.SI-ID 51367427]
15. Wilmer Ariza Ramirez, Juš Kocijan, Zhi Quan Leong, Hung Duc Nguyen, Shantha Gamini Jayasinghe, "Dynamic system identification of underwater vehicles using multi-output Gaussian processes", *International journal of automation and computing*, 2021, **18**, 5, 681-693. [COBISS.SI-ID 71032579]
16. Tadej Krivec, Gregor Papa, Juš Kocijan, "Simulation of variational Gaussian process NARX models with GPGPU", *ISA transactions*, 2021, **109**, 141-151. [COBISS.SI-ID 38326019]
17. Gjorgji Nusev, Bertrand Morel, Julie Mougin, Đani Juričić, Pavle Boškoski, "Condition monitoring of solid oxide fuel cells by fast electrochemical impedance spectroscopy: a case example of detecting deficiencies in fuel supply", *Journal of power sources*, 2021, **489**, 229491. [COBISS.SI-ID 48196099]
18. Benjamin Königshofer *et al.* (11 avtorjev), "Development of test protocols for solid oxide electrolysis cells operated under accelerated degradation conditions", *Journal of power sources*, 2021, **497**, 229875. [COBISS.SI-ID 59093507]
19. Pavle Boškoski, Matija Perne, Martina Rameša, Biljana Mileva Boshkoska, "Variational Bayes survival analysis for unemployment modelling", *Knowledge-based systems*, 2021, **229**, 107335. [COBISS.SI-ID 71383555]
20. Mikuláš Huba, Damir Vrančič, "Delay equivalences in tuning PID control for the double integrator plus dead-time", *Mathematics*, 2021, **9**, 4, 328. [COBISS.SI-ID 50518019]
21. Mikuláš Huba, Pavol Bisták, Damir Vrančič, "2DOF IMC and Smith-predictor-based control for stabilised unstable first order time delayed plants", *Mathematics*, 2021, **9**, 9, 1064. [COBISS.SI-ID 62700035]
22. Damir Vrančič, Mikuláš Huba, "High-order filtered PID controller tuning based on magnitude optimum", *Mathematics*, 2021, **9**, 12, 1340. [COBISS.SI-ID 66473219]
23. Tomaž Kos, Damir Vrančič, "A simple analytical method for estimation of the five-parameter model", *Mathematics*, 2021, **9**, 14, 1707. [COBISS.SI-ID 71040259]
24. Igor Béla, Mikuláš Huba, Damir Vrančič, "Comparing traditional and constrained disturbance-observer based positional control", *Measurement and control*, 2021, **54**, 34, 170-178. [COBISS.SI-ID 54541315]
25. Michael Höber, Benjamin Königshofer, Philipp Wachter, Gjorgji Nusev, Pavle Boškoski, Christoph Hochenauer, Vanja Subotič, "Holistic approach to design, test, and optimize stand-alone SOFC-reformer systems", *Processes*, 2021, **9**, 2, 348. [COBISS.SI-ID 51727363]
26. Mikuláš Huba, Stefan Chamraz, Pavol Bisták, Damir Vrančič, "Making the PI and PID controller tuning inspired by Ziegler and Nichols precise and reliable", *Sensors*, 2021, **21**, 18, 6157. [COBISS.SI-ID 76404483]
27. Mikuláš Huba, Damir Vrančič, "Extending the model-based controller design to higher-order plant models and measurement noise", *Symmetry*, 2021, **13**, 5, 798. [COBISS.SI-ID 61746179]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Mikuláš Huba, Pavol Bisták, Damir Vrančič, Katarina Žáková, "Dead-time compensation for the first-order dead-time processes: towards a broader overview", *Mathematics*, 2021, **9**, 13, 1519. [COBISS.SI-ID 69641987]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Matija Perne, Martin Stepančič, Juš Kocijan, "Gaussian process modelling of the F-16 ground vibration test benchmark: data selection case study", V: *CESCIT 2021, 4th IFAC Conference on Embedded Systems*,

- Computational Intelligence and Telematics in Control, Valenciennes, France, 5-7 July, 2021*, Proceedings, (IFAC papersOnline **54** 4), IFAC, 2021, 56-61. [COBISS.SI-ID 83153667]
2. Tadej Krivec, Nadja Hvala, Juš Kocijan, "Integrated theoretical and data-driven Gaussian process NARX model for the simulation of effluent concentrations in wastewater treatment plant", V: *SYSID 2021, 19th IFAC Symposium on System Identification, Padova, Italy, 13-16 July 2021*, Proceedings, (IFAC papersOnline **54** 7), IFAC, 2021, 714-719. [COBISS.SI-ID 76709891]
3. David Jure Jovan, Gregor Dolanc, Boštjan Pregelj, "Kogeneracija zelenega vodika v pretočni hidroelektrarni", V: *AI.G.si 21, dvanajsta konferenca Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu, 8. april 2021*, zbornik, (Zborniki prispevkov konference AIG), Društvo avtomatikov Slovenije, 2021. [COBISS.SI-ID 60141059]
4. Dejan Gradišar, Miha Glavan, Gregor Dolanc, Mojca Lončnar, "Nadzor senzorske opreme stroja za hladno valjanje s spremljanjem masnega pretoka", V: *AI.G.si 21, dvanajsta konferenca Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu, 8. april 2021*, zbornik, (Zborniki prispevkov konference AIG), Društvo avtomatikov Slovenije, 2021. [COBISS.SI-ID 58882307]
5. Damir Vrančič, Marko Nerat, "Metoda hitre estimacije rotacijske hitrosti na osnovi ponavljajočih se vzorcev", V: *RII6, Razvoj industrijskega inženiringa: priložnosti, potenciali, izzivi, Novo mesto, april 2021*, zbornik recenziranih prispevkov, Fakulteta za industrijski inženiring, 2021, 23-31. [COBISS.SI-ID 80166147]
6. Viktor Andonovic, Pavle Boškoski, Biljana Mileva Boshkoska, "Estimating client's job-search process duration", V: *IS 2021, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2021, 7-10. [COBISS.SI-ID 86239235]
7. Gregor Dolanc, Boštjan Pregelj, Janko Petrovčič, "Avtomatska končna kontrola elektromotorjev", V: *ERK 2021, 30. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20-21 september 2021*, Zbornik, (Zbornik Elektrotehniške in računalniške konference **30**), Slovenska sekcija IEEE, Fakulteta za elektrotehniko, 2021, 259-262. [COBISS.SI-ID 98498051]

## OBJAVLJENI STROKOVNI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Damir Vrančič, "Regulacija položaja DC-motorja s pomočjo metode momentov", V: *RII6, Razvoj industrijskega inženiringa: priložnosti, potenciali, izzivi, Novo mesto, april 2021*, zbornik recenziranih prispevkov, Fakulteta za industrijski inženiring, 2021, 107-116. [COBISS.SI-ID 81105155]

## SAMOSTOJNA ZNANSTVENA SESTAVKA ALI POGLAVJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Tjaša Redek, Pavle Boškoski, Marko Pahor, Polona Domadenik Muren, "Job quality and labour market mobility in Slovenia", V: *Achieving growth that matters: a new economic paradigm*, Časnik Finance, 2021, 343-356. [COBISS.SI-ID 81851395]
2. Damir Vrančič, Mikuláš Huba, "Improving disturbance-rejection by using disturbance estimator", V: *Control based on PID framework: the mutual promotion of control and identification for complex systems*, IntechOpen, 2021, 43-66. [COBISS.SI-ID 68763395]

## UNIVERZITETNI, VISOKOŠOLSKI ALI VIŠJEŠOLSKI UČBENIK Z RECENZIJO

1. Juš Kocijan, Stanko Strmčnik, *Osnove avtomatskega vodenja*, 1. ponatis, Založba Univerze Nova Gorica, 2021. [COBISS.SI-ID 50588163]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Juš Kocijan, *Zbirka nalog iz osnov avtomatskega vodenja*, 2021. [COBISS.SI-ID 75089155]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Tomaž Kos, *Parametrična in neparametrična metoda za nastavljanje parametrov PI/PID regulatorjev za integrirne procese na podlagi amplitudnega optimuma*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Damir Vrančič). [COBISS.SI-ID 69809667]

*Področje dela Laboratorija za umetno inteligenco (<http://ailab.ijs.si/>) so informacijske tehnologije, ki temeljijo na metodah in tehnologijah umetne inteligence. Najpomembnejša področja raziskav in razvoja so: analiza podatkov s poudarkom na tekstovnih, spletnih, večpredstavnih in dinamičnih podatkih, tehnike za analizo velikih količin podatkov v realnem času, strojno učenje, analize in modeliranje velikih omrežij, vizualizacija kompleksnih podatkov, semantične tehnologije, jezikovne tehnologije, metode sklepanja ter širše področje raziskav upravljanja z znanjem. Laboratorij za umetno inteligenco združuje sodelavce z znanji in izkušnjami z različnih področij umetne inteligence. Poleg objav raziskovalnih rezultatov so sodelavci razvili vrsto metod in orodij za čezmodalno analizo podatkov. Najpomembnejša so: Text-Garden, knjižnica za analizo besedil; OntoGen (<http://ontogen.ijs.si/>), orodje za gradnjo ontologij iz večpredstavnih podatkov; Document-Atlas (<http://docatlas.ijs.si/>), orodje za vizualizacijo kompleksnih podatkov; Atlas of Slovenian Science (<http://scienceatlas.ijs.si/>), portal za analizo aktivnosti raziskovalcev; Enrycher (<http://enrycher.ijs.si/>), sistem za semantično anotacijo besedil; SearchPoint (<http://searchpoint.ijs.si/>), portal za vizualno in kontekstno spletno iskanje; OntoPlus, metodologija za polavtomatsko razširitev ontologij, Contextify (<http://contextify.net/>), orodje za kontekstno upravljanje z e-pošto in osebnim imenikom; Qminer (<http://qminer.ijs.si/>), platforma za analizo in procesiranje strukturiranih in nestrukturiranih podatkovnih tokov na velikih skalah v realnem času; NewsFeed (<http://newsfeed.ijs.si/>), prečiščen, neprekinjen, agregiran tok trenutnih semantično obogatenih novic iz RSS usposobljenih internetnih strani z vsega sveta; EventRegistry (<http://eventregistry.org/>), sistem za identifikacijo dogodkov v svetovnih medijih, ki vključuje tudi komponento za DarkNET; Wikifier (<http://wikifier.org/>), sistem za anotacijo dokumentov, ki vsebujejo povezave na internetne strani Wikipedije; StreamStory (<http://streamstory.ijs.si/>), orodje za analizo podatkovnih tokov, ki omogoča alternativno vizualizacijo s pomočjo multivariantnih podatkovnih tokov z uporabo modela Markova; Videolectures Explorer (<http://explore.videolectures.net/>), orodje, ki omogoča uporabnikom brskanje podatkovne baze predavanj ter iskanje njihovih medsebojnih skupnih lastnosti, EDSA dashboard (<http://jobs.videolectures.net/>), orodje za agregiranje podatkov o povpraševanju (po prostih delovnih mestih) in ponudbi (izobraževalnega materiala) na področju znanosti o podatkih znotraj Evrope; nextPin, orodje za analizo časovnih sprememb lokacijskih podatkov; infominer, sistem za polavtomatsko analizo dokumentov (<http://traffic.ijs.si/NextPin/>); Connection tool (<http://connection.ijs.si/>), orodje, ki z analizo podatkov sistema EventRegistry omogoča uporabniku sledenje poslovnih in zasebnih imen v odvisnosti od časa, določitev splošnih relacij med njimi in spremljanje sprememb teh relacij (temelji na konceptih znotraj Wikipedije); Graph Based Analytics (<http://gba.ijs.si/>), storitev za identifikacijo poslovnih relacij na podlagi tekstovnih podatkov; streamfusion, univerzalni sistem za predprocesiranje heterogenih tokovnih podatkov, ELEXIS ER (<http://er.elex.is/>), dodatek za sistem Event Registry, prilagojen leksikografskim vsebinam, platforma, ki omogoča zaznavanje in vizualizacijo anomalij v javnih naročilih in finančnih transakcijah (<http://tbfy.ijs.si/>), eLENS Miner Sistema, ki omogoča iskanje relevantnih zakonov glede na različna uporabniška povpraševanja (<http://envirolens.ijs.si/>), AIObservatory (<https://infominer.ijs.si/>), WaterObservatory (<http://naiades.ijs.si/>), sistem za avtomatsko generiranje splošnih opisov MultiCOMET (<https://multicomet.ijs.si/>), SmellTracker (<https://odeuropa.ijs.si/>), sledenje uporabe UI v proizvodni industriji EUJapan Observatory (<https://eujapan.ijs.si/>) in orodje za pretvorbo časovnih vrst v sistemska stanja (<http://atena.ijs.si:8080/>). Strategija laboratorija je poleg znanstvene odličnosti predvsem vzdrževati tesno sodelovanje z industrijo in prenašati rezultate v poslovna okolja.*



Vodja:

**prof. dr. Dunja Mladenec**

Od 29. do 30. marca 2021 je imel Mednarodni raziskovalni center za umetno inteligenco pod okriljem UNESCO-IRCAI uradno svoj otvoritveni dogodek s 1083 prijavljenimi udeleženci iz 123 držav. Center je organiziral in soorganiziral 38 dogodkov, dosegel 110 podjetij in sodeloval pri 35 različnih domačih in mednarodnih projektih.

**29. marca 2021 smo uspešno odprli Mednarodni raziskovalni center za umetno inteligenco – IRCAI. Virtualna konferenca je potekala 29. in 30. marca 2021.**

Leta 2021 je IRCAI ustvaril mrežo za krepitev raziskovalnih centrov odličnosti umetne inteligence po vsem svetu in želi olajšati njihovo sodelovanje in mreženje za povečanje raziskovalnih zmogljivosti na področju UI in trajnostnega razvoja. Namen te pobude je tudi prispevati k razvoju etične in zaupanja vredne umetne inteligence, kot je opisano v Unescovem priporočilu, h kateremu so prispevali tudi strokovnjaki, člani mreže IRCAI. Leta 2021 je IRCAI opravil obsežne razprave z že 40 ključnimi partnerji.

Ministrstvo za zunanje zadeve Republike Slovenije, slovensko predsedovanje svetu EU in IRCAI so združili moči za organizacijo 10 dogodkov v tesnem sodelovanju s slovenskimi veleposlaništvami in drugimi stalnimi predstavništvi v 9 državah po svetu. V preteklem letu je bila prvič podeljena mednarodna nagrada IRCAI, ki označuje dragoceno delo posameznih raziskovalcev, razvijalcev ali izobraževalcev, ki so pokazali izjemne rezultate in vpliv uporabe umetne inteligence za doseganje enega od sedemnajstih ciljev trajnostnega razvoja ZN.

Leta 2021 je IRCAI objavil tudi razpis z naslovom Top 100 za zbiranje rešitev s področja UI z globalnim pomenom in vplivom na trajnostni razvoj. Sodelujoči prijavitelji pa prihajajo iz vseh petih geografskih regij: Afrike, Evrope in Amerike, Azije in Pacifika ter Bližnjega vzhoda.

Prek slovenske vlade je Generalni direktorat Evropske komisije za izobraževanje in razvoj skupaj z IRCAI gostil osrednji dogodek Hackathona za digitalno izobraževanje (DigiEduHack), ki je pritegnil 2058 udeležencev iz 71 držav po vsem svetu, dogodek pa je uspešno promoviral povezavo med trajnostnim razvojem in digitalnim izobraževanjem. DigiEduHackers, stari od 5 do več kot 60 let, so ustvarili 51 rešitev in jih naložili na digieduhack.com za ocenjevanje. Trije zmagovalci globalne nagrade DigiEduHack 2021 bodo razglašeni leta 2022. Med udeleženci je bil tudi slovenski hackathon, ki sta ga vzporedno organizirala IRCAI in konzorcij hackathona Green Hack. V zadnjih 18 letih smo sodelavci Odseka za umetno inteligenco uspešno sodelovali pri 77 evropskih projektov. V letu 2020 smo uspešno zaključili šest evropskih projektov in nadaljevali delo na 15 tekočih projektih. Hkrati smo sodelovali tudi v devetih nacionalnih projektih.

Na področju statističnega modeliranja podatkov in strojnega učenja smo v letu 2021 nadaljevali delo na projektih: CogLo, Naiades in FACTLOG. Evropski projekt Obzorja 2020 Cog-Lo (*Cognitive Logistics*) se je začel junija 2018. Cilj projekta je zasnovati in razviti platformo za kognitivno upravljanje z logistično infrastrukturo. Projekt obravnava logistično infrastrukturo kot objekt v času, prek katerega se dinamično pretakajo objekti prenosa (paketi). V sklopu projekta je bila razvita analitična infrastruktura za obravnavo dogodkov v realnem času. Vzpostavljena je metodologija za izgradnjo digitalne reprezentacije fizične infrastrukture, metoda za optimizacijo virov na grafih ter metodologija/procedura grupiranja objektov za obravnavo/optimizacijo velikih grafov. Algoritmi za obravnavo dogodkov poštne infrastrukture v realnem času ovrednotijo optimalne intervencije za izmenjavo/dostavo paketov. Analitični del je bil integriran in testiran v demo rešitvi. Celovita rešitev je bila predhodno predstavljena in implementirana na realni infrastrukturi v pilotnem testiranju na treh glavnih lokacijah: SLO-Hrvaška (obmejna regija Brežice–Zagreb), Grčija (Atene) in Logistična veriga EKOL s povezavo Italija–vzhodna EU (Poljska). V projektu je bil razvit Kognitivni asistent za logistiko, ki kot glavni agent spremlja dogodke v realnem času in kreira nove predloge za optimizacijo procesov. Projekt je bil novembra 2021 uspešno zaključen, potrdila pa ga je Evropska komisija. Tehnologije in rešitve so bile implementirane in preizkušene v realnem industrijskem okolju, del komponent pa je bil tudi nadalje implementiran kot pilotna komercialna rešitev na Infrastrukturi Pošte Slovenije – sistem za hitro dostavo v Ljubljani, upravljanje dogodkov logistike v realnem času.

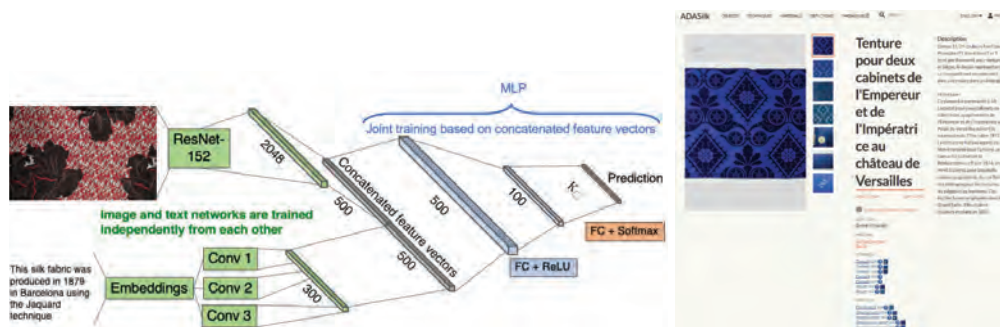
Znotraj projekta H2020 Naiades (*A holistic water ecosystem for digitisation of urban water sector*) smo se zavezali izpeljati štiri jedrne naloge: (1) izdelava sistema za pretvorbo časovnih vrst v sistem stanj, (2) izdelava detektorja anomalij, ki teče v realnem času, (3) izdelava sistema za napovedi, ki teče v realnem času, in (4) izdelava vodnega observatorija. V letu 2021 smo ponovno zgradili sistem za pretvorbo časovnih vrst v sistem stanj, ki je v svoji jedrni obliki že obstajal pod imenom StreamStory. Razlogov za tako odločitev je bilo več: (i) stari sistem je bil spisan z uporabo nevzdrževanih kod, kar bi s časom postajal vse večji problem, ter (ii) arhitektura novega sistema je upoštevala vse pretekle izkušnje in bila zastavljena na način, ki omogoča povsem nove funkcije in posodobitve. Izdelan je bil celoten sistem za detekcijo anomalij, in sicer (i) detekcijo anomalij v časovnih vrstah, (ii) detekcijo anomalij s pomočjo sistema pretvorbe časovnih vrst v stanja, (iii) detekcijo približnega mesta puščanja v vodovodnem omrežju ter (iv) detekcijo natančnega mesta puščanja v vodovodnem omrežju. Izdelan je bil tudi celoten sistem za izvajanje predikcij, ki je trenutno uporabljen v sklopu porabe vode v Alicanteju (Španija), Braili (Romunija) in Carougu (Švica), ter vodni observatorij (<http://naiades.ijs.si/>). Cilj projekta FACTLOG (*Energy-aware Factory Analytics for Process Industries*) je podpora procesne industrije skozi razvoj digitalnih dvojčkov. Digitalni dvojčki kot digitalna preslikava tovarne, podprta z analitskimi sistemi, omogoča funkcije, kot so: povzdigovanje alarmov ob anomalijah, načrtovanje optimalnega vrstnega reda proizvodnje in nastavljanje ustreznih parametrov proizvodnih strojev. S partnerji smo oblikovali ogrodje, v katerem modeli strojnega učenja delujejo skupaj z modeli domenskih strokovnjakov in algoritmi za optimizacijo ter rešujejo naloge industrije. Naša glavna prispevka sta programski knjižnici za napovedovanje prihodnjih stanj industrijskih sistemov iz tokovnih podatkov in za detekcijo anomalij v tokovnih podatkih. Metode se testirajo v industrijskih pilotih, od katerih sta glavna: slovensko podjetje za predelavo odpadkov v gorivo, JEMS,

in turška naftna rafinerija, Tüpraş. Projekt H2020 STAR (*Safe and Trusted Human Centric Artificial Intelligence in Future Manufacturing Lines*) je namenjen uvajanju naprednih tehnologij umetne inteligence (UI) v dinamično in nepredvidljivo okolje v proizvodnji. Sistemi UI se že uporabljajo za izboljšanje avtomatizacije proizvodnje, projekt STAR pa je predvsem namenjen izboljšanju zaupanja, kadar sistemi nadomeščajo človeka pri dinamičnih opravilih. Cilji projekta so raziskave in integracije tehnologij, kot so aktivno učenje, simulirana realnost, interpretacija UI modelov, digitalni dvojčki, usmerjeni v človeka, napredno spodbujevalno učenje in mehanizmi kibernetične zaščite.

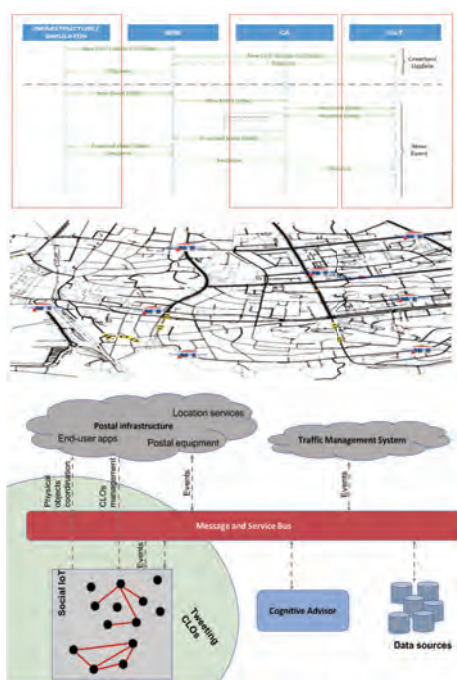
Na področju **analiz podatkovnih tokov** smo nadaljevali delo na projektu INFINITECH (*Tailored IoT & BigData Sandboxes and Testbeds for Smart, Autonomous and Personalized Services in the European Finance and Insurance Services Ecosystem*), kjer je vključenih 15 različnih pilotov iz Fintech domene, eden izmed njih je razvoj analitične platforme za Anti Money Laundering in Counter Financing of Terrorism (PAMLS) za potrebe nadzora finančnih institucij, kjer je naš partner Banka Slovenije. Na razvoju pilota sta vključena zgolj dva partnerja – Banka Slovenije kot vsebinski partner in končni uporabnik ter IJS kot edini tehnološki partner. Razvite PAMLS-metode smo verificirali na dejanskih zgodovinskih podatkih, ki so bili predhodno psevdoanonimizirani. Kot tehnološki partner smo prispevali Pseudo-anonimizer – servis za psevdoanonimizacijo podatkov in dve PAMLS-orodji: drugo verzijo Risk Assessment Tool in 1. verzijo Screening orodja, ki je na validacijskem testu pokazalo izjemno dobre rezultate. Projekt CyberSANE (*Cyber Security Incident Handling, Warning and Response System for the European Critical Infrastructures*) se je začel leta 2019, namen projekta pa je povečanje varnosti in odpornosti kritične evropske informacijske infrastrukture (CII). V okviru projekta razvijamo platformo CyberSANE, ki bo strokovnjakom v organizacijah pomagala pri obravnavi kibernetičnih incidentov. Platforma je sestavljena iz več komponent, IJS pa je bil v letu 2021 odgovoren za razvoj komponente DarkNET, ki omogoča zajem in analizo strukturiranih in nestrukturiranih podatkov iz t. i. temnega spleta (angl. dark web) in iz medijskih zapisov. V letu 2021 je bil razvoj komponente končan, komponenta pa je trenutno v postopku implementacije v platformo CyberSANE. Omogoča pripravo poročil in opozoril o zaznanih kibernetičnih grožnjah na temnem spletu in med novicami.

Na področju **analize besedil in omrežij ter jezikovnih tehnologij** smo uspešno zaključili delo na evropskem projektu Obzorja 2020 SILKNOW (*Silk heritage in the Knowledge Society: from punched cards to big data, deep learning and visual / tangible simulations*). Da bi omogočili semantičen vpogled v besedila, ki opisujejo kulturno dediščino, smo razvili metode za prekojezično označevanje besedil na osnovi konceptov Wikipedije in z izrazi iz slovarja SILKNOW (<http://wikifier.org/silknow.html>). Podatke, vezane na kulturno dediščino, smo obogatili z razvojem metode za ekstrakcijo potrebnih vrednosti iz besedila, na primer število odstavkov, ki opisujejo svilo in metode za napovedovanje, katera semantična področja bodo manjkajoče opisana, kot na primer lokacija izdelave zgodovinskega izdelka. Pravilno delovanje metod smo uspešno potrdili v sklopu angleških, francoskih in španskih besedil. V zaključni fazi projekta smo uspešno razvili različne pristope za večmodalno napovedovanje manjkajočih lastnosti z integracijo analize besedila in slik. Projekt Obzorja 2020 ODEUROPA (*Negotiating Olfactory and Sensory Experiences in Cultural Heritage Practice and Research*) namerava uporabiti najsodobnejše metode umetne inteligence za analizo podatkovnih baz besedil in slik na področju kulturne dediščine za štiri stoletja evropske zgodovine. Namen analize je identificirati, kako se je izražal vonj v različnih jezikih, s katerimi prostori se je povezovalo različne vonjave, kako so vonjave karakterizirale različne dogodke in navade ter kako so bile vonjave povezane z različnimi čustvi. V letu 2021 smo skupaj z drugimi partnerji projekta ODEUROPA začeli graditi potrebne infrastrukture, z organizacijo in sodelovanjem pri različnih dogodkih, vezanih na vonjave, ter odkrivanjem virov, ki vsebujejo besedilo ali slike, povezane z vonjavami. Odsek za umetno inteligenco je prispeval predvsem pri ekstrakciji in anotaciji slovenskih zgodovinskih dokumentov, ki vsebujejo anotacijsko shemo za vonjave, ter z razvojem ontologije vonjav. Razvili smo orodje *Smell Tracker*, ki

**Uspešno smo zaključili dva evropska projekta Obzorja 2020: Silkknow (*Silk heritage in the Knowledge Society: from punched cards to big data, deep learning and visual / tangible simulations*) in Fintech (*A FINancial supervision and TECHnology compliance training programme*)**



Slika 1: Semantični iskalnik SILKNOW na področju zgodovine svile, ki temelji na metodah globokega učenja.



Slika 2: Zgoraj: CogLo arhitektura – Cognitive Adviser z integracijo sistema SIoT, spodaj: testiranje CogLo analitskega modela znotraj simuliranega okolja.

omogoča proučevanje semantično anotiranih besedil z vidika vonjav, različne vizualizacije ter statistično obdelavo podatkov, vezanih na medjezične in večjezične dokumente. Razvili smo tudi smernice za anotacijo čustev, ki se nanašajo na vsebino, povezano z vonjavami, ter razvili prve modele za odkrivanje čustev, vezanih na vonjave. Nadaljujemo s koordinacijo evropskega projekta Obzorja 2020 ELEXIS (*European Lexicographic Infrastructure*), ki se je začel februarja 2018. Cilj projekta je integrirati, razširiti in uskladiti nacionalne in regionalne aktivnosti na področju leksikografije z namenom oblikovanja trajnostne infrastrukture, ki bo (1) omogočila učinkovit dostop do visokokakovostnih leksikalnih podatkov v digitalni dobi in (2) zapolnila vrzel med naprednejšimi in slabše opremljenimi znanstvenimi skupnostmi na področju izdelovanja leksikografskih virov. V letu 2021 smo poleg aktivnosti, vezanih na vodenje projekta, še naprej vzdrževali spletno stran projekta in nadgradili orodje Elexifinder. Nadaljevali smo z izboljšavami in testiranjem orodja Elexifier: z njim smo pretvorili več kot 200 slovarjev, ki smo jih vključili v podatkovno bazo. Vzpostavili smo prvo verzijo servisa za povezovanje semantičnih podatkov v slovarjih in začeli delo na Dictionary Matrix. Prav tako smo dodatno razvijali sistem Lexonomy, ki ga uporabljamo za pripravo slovarjev. Razvijali smo predvsem gradnike za boljšo vizualizacijo slovarjev. V okviru evropskega projekta Obzorja 2020 Marie Skłodowska-Curie ITN CLEOPATRA (*Cross-lingual Event-centric Open Analytics Research Academy*) sta oba doktorska študenta ESR-11 in ESR-12 objavila šest znanstvenih člankov, zaključila prvo usposabljanje v tujini in sodelovala pri vseh dogodkih projekta CLEOPATRA. Usposabljanji v tujini sta bili izvedeni na Univerzi v Londonu in na Univerzi v Amsterdamu. V sklopu Cleopatra Hackathonov sta prispevala k razvoju OEKG (Open-Event Knowledge Graph) in CKPP (CLEOPATRA Knowledge Processing Pipeline). Njunjo delo v sklopu dogodkov R&D je bilo osredotočeno na skupno delo pri raziskovanju, medtem ko je bil čas v sklopu Learning Week namenjen pridobivanju poglobljenega znanja na področju programiranja, interdisciplinarnih tematik in njuni profesionalni rasti. Sodelovala sta tudi pri Innovation Week in Career Fair, kjer so bile glavne teme podjetništvo in ustanovitev start-up podjetja.

Na področju **analize besedil in omrežij ter jezikovnih tehnologij** smo sodelovali tudi pri nacionalnih in regijskih projektih. V letu 2021 smo nadaljevali delo na projektu **Razvoj slovenščine v digitalnem okolju (RSDO)**. Operacijo Razvoj slovenščine v digitalnem okolju sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020. Med rezultati so novi jezikovni viri, orodja za procesiranje slovenščine in aplikacije (nadgradnja besedilnih korpusov, prepoznavna govora, semantične tehnologije, strojno prevajanje, terminološki portal, vzdrževanje jezikovnotehnološkega centra – CLARIN.SI). V drugem letu projekta smo zaključili intenzivno študentsko delo na označevanju leksikona Sloleks in korpusa ssj500k, prav tako smo nadaljevali razvoj orodja MultiCOMET. To je model, ki generira kontekstualne trditve glede ne stavke, ki ga vnesemo. To vključuje pogoje in posledice vnesenega. Iz tega generira grafični prikaz trditve. Globoka nevronska mreža razčleni vnos in naredi sklep na podlagi okoliščin in vplivov. Za to orodje je bila prevedena baza ATOMIC. V letu 2021 se je zaključil projekt **MARCELL**, katerega glavni cilj je bil priskrbeti primerljive segmente (near-translations) v državnih pravnih besedilih (zakonov, uredb, predpisov) v sedmih državah: na Hrvaškem, Madžarskem, Poljskem, Slovaškem, v Bolgariji, Romuniji in Sloveniji. Državna pravna besedila niso bila avtomatsko na voljo na CEFAT, strojni prevajalniki pa se lahko izboljšajo, če imajo dostop do pravnih besedil, obogatenih z metapodatki (lematizacija, jezikoslovno označevanje, označevanje s termini IATE in deskriptorji EUROVOC). V letu 2021 so zaključne aktivnosti IJS obsegale semantično mikroporavnavo ter izboljšavo korpusnih oznak in algoritmov za klasifikacijo dokumentov. Glavni cilj projekta **CurliCat (Curated Multilingual Language Resources for CEF AT Action)** je zbrati kurirane baze podatkov za sedem konzorcijskih jezikov (bolgarščina, hrvaščina, madžarščina, poljščina, romunščina, slovaščina, slovenščina) za namen izboljšanja strojnega prevajalnika Evropske komisije. V letu 2021 smo začeli razvijati sistem za anonimizacijo besedil za vseh 7 jezikov.

Namen projekta **Federated eTranslation TermBank Network (FedTerm)** je razviti združene terminološke zbirke (vozlišča), kjer lahko uporabniki upravljajo in delijo svojo terminologijo z drugimi uporabniki ter iščejo termine v zasebnih in javno dostopnih terminoloških zbirkah. Projekt razvija omrežje, ki bo organizacijam in institucijam v EU omogočilo lokalno namestitev posameznih federacijskih vozlišč eTranslation TermBank, ki bodo povezana z osrednjim federacijskim vozliščem (eTranslation TermBank) in bodo redno sinhronizirala terminološke spremembe. Projekt zajema vse uradne jezike EU ter norveščino in islandščino, pri čemer se osredotoča na partnerske jezike (latvijščino, danščino, islandščino, estonsščino, litovščino, slovenščino, nemščino in švedščino). Sodelujemo tudi pri projektih v okviru **ELRC (European Language Resource Coordination)**. ELRC je namenjen upravljanju, vzdrževanju in usklajevanju ustreznih jezikovnih virov v vseh uradnih jezikih EU in pridruženih državah CEF (Connecting Europe Facility). Te dejavnosti bodo pripomogle k izboljšanju kakovosti, pokritosti in učinkovitosti

rešitev za avtomatizirano prevajanje v okviru sedanjih in prihodnjih digitalnih storitev programa CEF. V letu 2021 smo sodelovali tudi v iniciativah ELG (**European Language Grid**) in ELE (**European Language Equality**). ELG bo z zmogljivimi večjezičnimi, medjezičnimi in enojezičnimi tehnologijami prispeval k oblikovanju resnično povezanega večjezičnega enotnega digitalnega trga, ki bo pokrival več jezikov. V okviru ELE se razvija strateški raziskovalni, inovacijski in izvedbeni program ter načrt za doseganje popolne digitalne jezikovne enakosti v Evropi do leta 2030. V okviru ELG smo zbrali obstoječe jezikovne vire in orodja za slovenščino ter jih vključili v repozitorij projekta. V okviru ELE smo izdelali prvo verzijo poročila o stanju jezikovnih tehnologij za slovenščino. V letu 2021 je IJS podpisal sporazum o sodelovanju z jezikovnotehnoškimi podjetjem Tilde, Laboratorijem za jezikovne tehnologije na Fakulteti za računalništvo Univerze v Latviji ter Centrom za jezikovne vire in tehnologije Univerze v Ljubljani. Te institucije s podpisom prepoznajo pomembnost spodbujanja razvoja latvijskega in slovenskega jezika na področju digitalnih tehnologij ter mednarodnega sodelovanja, izmenjave kompetenc, znanja in podatkov na tem področju. Skupaj z odsekom za tehnologije znanja (E8) smo v letu 2021 še naprej vodili slovensko raziskovalno infrastrukturo CLARIN.SI, ki omogoča enostavno objavo in trajnosten dostop do digitalnih jezikovnih podatkov za raziskovalce v humanistiki in družbenih vedah. Poleg tega, da smo ponudili podporo za repozitorij CLARIN.SI, smo nanj naložili številne podatke (leksikalne vire, korpuse, sezname) in tehnologije za procesiranje slovenskega jezika.

Na področju **semantičnih tehnologij** Odsek za umetno inteligenco vodi ARRS projekt **Causalify**. V sklopu projekta smo razvili teoretski okvir za modeliranje dinamičnega grafa medsebojno povezanih dogodkov kot hierarhičnega večnivojskega kompleksnega sistema. Razvili smo metode za napovedovanje razvoja raziskav, ki temelji na objavljenih znanstvenih člankih v zadnjih dvesto letih. Na področju analize besedil smo razvili pristop za razumevanje besedil, ki temelji na modelih agent-based. Pristop smo preverili na kratkih zgodbah. Za analizo vzroka in vpliva osebnih aktivnosti smo razvili sistem za avtomatsko pridobivanje vsakodnevnih opisov sveta – MultiCOMET. Na področju financ smo razvili pristop za karakterizacijo finančnih trgov iz vidika vpliva dogodkov, objavljenih v medijih.

Pod raziskave na področju **upravljanja znanja** štejemo razvoj novih poslovnih in organizacijskih modelov in storitev s poudarkom na uvajanju in prilagajanju tehnologij širšega področja umetne inteligence v realna uporabniška okolja. V septembru 2021 smo v sodelovanju s Centrom za prenos znanja na področju IT (CT3) zaključili projekt **Water4Cities** (*Integrated surface and groundwater management for sustainable urban development*), ki je potekal v okviru evropskega RISE projekta Obzorja 2020 Marie Skłodowska Curie. V letu 2021 smo s pomočjo orodij za analizo podatkov analizirali pretok podtalnice, rek in meteornih vod na območju Ljubljane ter porabo in kakovost vode na primeru grškega otoka Skiathos. Razvili smo model, ki bo omogočal spremljanje optimalnega upravljanja z vodo v realnem času. Udeležili smo se konference Eighth International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2021) in SECOTOX Conference 2021, ki je potekala med 20. in 24. julijem 2021 v Thessalonikiju v Grčiji. V okviru konference je konzorcij Water4Cities organiziral sejo, kjer so bili predstavljeni zaključki projekta. Na portalu Videlectures.NET smo objavili tudi vse redne webinarje. Vse vsebine, povezane s projektom, so objavljene v posebni podmapi na Videlectures.NET portalu – <http://videlectures.net/water4cities>. Evropski projekt **HumanE-AI-Net** (*Making artificial intelligence human-centric*) je nadaljevanje projekta **HumaneAI** (*Toward AI Systems That Augment and Empower Humans by Understanding Us, our Society and the World Around Us*) in združuje vodilna evropska raziskovalna središča, univerze in industrijska podjetja v mrežo centrov odličnosti. Projekt je na polovici svojega trajanja. V preteklem letu smo na Odseku za umetno inteligenco raziskovali na področju transparentnosti rezultatov različnih AI modelov. Najprej smo raziskovali, kako izdelati priporočilni sistem za generiranje transparentnih predlogov izobraževalnih vsebin, kjer smo uporabili Wikipedija mrežo konceptov za generiranje predstavitev vsebin in teorijo optimalnega transporta za merjenje njunih podobnosti. V ločeni raziskavi smo razvili model za brskanje medjezičnih dokumentov, kjer za vsak dokument identificiramo, katere besede najbolj prispevajo k njeni relevanci. Tu smo uporabili medjezične jezikovne modele za generiranje predstavitev dokumentov in teorijo optimalnega transporta za identificiranje besed, relevantnih za dano povpraševanje. V letu 2021 smo uspešno zaključili projekt **FIN-TECH** (*A FINancial supervision and TEChnology compliance training programme*). Cilj projekta FIN-TECH je bil definiranje postopkov za enotni management tveganj znotraj okolja, ki ga oblikujejo veliki podatki in najsodobnejša tehnologija. Projekt vključuje 24 partnerjev, ki zastopajo vseh 28 evropskih držav in Švico. Odsek za umetno inteligenco je v sklopu projekta tesno sodeloval z Banko Slovenije. V letu 2021 smo za Banko Slovenije izvedli 1 izobraževalno spletno delavnico na tematiko Blockchains. Projekt Za kakovost slovenskih učbenikov (**KaUč**) se posveča pregledu in raziskavam rabe učbenikov v Sloveniji. Na podlagi ugotovljenega stanja je kot osrednji cilj projekta izpostavljen razvoj kazalnikov kakovosti učbenikov za praktično uporabnost v procesu potrjevanja učbenikov in njihove evalvacije. Poleg tega bo razvit prototip avtomatskega orodja, ki bo učbenike ocenjeval na podlagi besedilnih in slikovnih lastnosti. Orodje bo služilo kot podpora pri izbiri ustreznega učbenika. V letu 2021 smo v okviru projekta KaUč nadaljevali razvoj orodja za oceno berljivosti besedil.

Odsek za umetno inteligenco posveča posebno pozornost **promociji znanosti**. Sodelavci odseka so bili leta 2021 zelo aktivni pri promociji svojega raziskovalnega področja, in sicer:

- Marko Grobelnik je imel več kot 5 intervjujev v javnih medijih, kjer je govoril o aktualnih temah, kot so npr. IRCAI Center, UI in etika, ter o različnih evropskih projektih, ki jih izvaja odsek;
- Dunja Mladenec je bila moderatorica na Bled Strategic Forum Panel on Digital Europe;
- Marko Grobelnik je imel vabljeni govor na Digital Twin technology may save lives and solve the biggest challenges facing humanity; Marko Grobelnik je bil vabljen na Open Knowledge Day;
- Alenka Guček je imela intervju v Delu z naslovom Od celične biologije do vizualizacije podatkov.

V sodelovanju z odsekom CT3 smo tudi v letu 2020 prek portala Videlectures.net pomembno prispevali k promociji umetne inteligence, promociji Instituta in splošni promociji slovenske znanosti. Laboratorij je tudi soorganizator in eden od glavnih pobudnikov vsakoletnega srednješolskega tekmovanja iz znanja računalništva ACM, v letu 2021 se ga je udeležilo 176 tekmovalcev iz 27 šol. Aktivni smo bili tudi na področju promocije žensk v znanosti, kjer smo gostili virtualno razstavo o doktoricah znanosti na področju računalništva in informatike ter elektroinženirstva v Sloveniji. Redno posodabljammo javno dostopne vire o ženskah v znanosti (<http://ScienceWithArt.ijs.si/>).

Tema evropskega projekta Obzorja 2020 **Athena** je **enakovrednost spolov** za krepitev raziskovalnih potencialov, odstranjevanje ovir pri zaposlovanju ter ohranitev in napredovanje raziskovalk. Hkrati je cilj projekta zmanjševanje neuravnoteženosti med spoli pri procesih, vezanih na sprejemanje vodstvenih odločitev ter začetek kulturne spremembe, potrebne za izogibanje predsodkov in diskriminacij skozi pripravo in izvedbo Načrtov o enakovrednosti (ang. Gender Equality Plans (GEPs)). Da bi zagotovili spremembe na inštitutski ravni, ima projekt namen izvesti analizo trenutnih navad in procedur, zakonodaj in političnih okvirov. Projekt bo hkrati izvajal postopke, kjer bo vključena interesna skupina, da bo po eni strani izrazila svoje potrebe in želje, po drugi strani pa se ustrezno usposobila na izbranih področjih. Vsak projektni partner bo tudi napisal in izvajal svoj GEP.

V letu 2021 smo bili zelo aktivni in uspešni pri prijavi novih projektov, predvsem v okviru Obzorja 2020. Začeli smo delati na treh novih projektih: **STAR**, **EUJapanAI** in **ODEUROPA** ter pridobili financiranje za Eurostat projekt in projekt v okviru slovenskega Ciljnega raziskovalnega programa. Nadaljujemo prakso uspešnega vključevanja slovenske industrije v evropski raziskovalni prostor, do zdaj smo tako vključili številna posamična partnerska podjetja.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Torkar, Miha, Mladenec, Dunja, Characterizing financial markets from the event driven perspective, *Applied network science*, 2021, 6, 74-1-74-37
2. Rožanec, Jože M., Kažič, Blaž, Škrjanc, Maja, Fortuna, Blaž, Mladenec, Dunja, Automotive OEM demand forecasting : a comparative study of forecasting algorithms and strategies, *Applied sciences*, 2021, 11, 15, 6787-1-6787-19
3. Rožanec, Jože M., Trajkova, Elena, Kenda, Klemen, Fortuna, Blaž, Mladenec, Dunja, Explaining bad forecasts in global time series models, *Applied sciences*, 2021, 11, 19, 9243-1-9243-23
4. Pita Costa, João, Stopar, Luka, Grobelnik, Marko, Mladenec, Dunja, Novalija, Inna, *et al.*, NewsMeSH : a new classifier designed to annotate health news with MeSH headings, *Artificial intelligence in medicine*, 2021, 114, 102053-1-102053-11
5. Matošević, Goran, Dobša, Jasminka, Mladenec, Dunja, Using machine learning for web page classification in search engine optimization, *Future internet*, 2021, 13, 1, 9-1-9-20
6. Swati, J., Mladenec, Dunja, Erjavec, Tomaž, EveOut : an event-centric news dataset to analyze an outlet's event selection patterns, *Informatica : an international journal of computing and informatics*, 2021, 45, 7, 25-30
7. Zajec, Patrik, Rožanec, Jože M., Trajkova, Elena, Novalija, Inna, Kenda, Klemen, Fortuna, Blaž, Mladenec, Dunja, Help me learn! Architecture and strategies to combine recommendations and active learning in manufacturing, *Information*, 2021, 12, 11, 473-1-473-27
8. Sittar, Abdul, Mladenec, Dunja, Grobelnik, Marko, Analysis of information cascading and propagation barriers across distinctive news events, *Journal of intelligent information systems*, 2021, 58, 119-152
9. Kosem, Iztok, Bálint Čeh, Júlia, Ponikvar, Primož, Zaranšek, Petra, Kamenšek, Urška, Koša, Peter, Gróf, Annamária, Böröcz, Nándor, Harmat Császár, Jolanda, Szijártó, Imre, Šantak, Borut, Gantar, Polona, Krek, Simon, Roblek, Rebeka, Zgaga, Karolina, Logar, Urban, Pori, Eva, Arhar Holdt, Špela, Gorjanc, Vojko, Comprehensive Slovenian-Hungarian Dictionary 1.0. Ljubljana: Centre for Language Resources and Technologies, University of Ljubljana, 2021, CLARIN.SI data & tools
10. Čibej, Jaka, Arhar Holdt, Špela, Dobrovoljc, Kaja, Krek, Simon, Frequency lists of character-level n-grams from the GOS 1.0 corpus 1.1. Ljubljana: Institut Jožef Stefan, 2021, CLARIN.SI data & tools

11. Krek, Simon, Gantar, Polona, Kosem, Iztok, Dobrovoljc, Kaja, Arhar Holdt, Špela, Čibej, Jaka, Laskowski, Cyprian Adam, Klemenc, Bojan, Krsnik, Luka, Frequency lists of collocations from the Gigafida 2.1 corpus. Ljubljana: Center za jezikovne vire in tehnologije, Univerza v Ljubljani, 2021
12. Čibej, Jaka, Arhar Holdt, Špela, Dobrovoljc, Kaja, Krek, Simon, Frequency lists of word-level n-grams from the GOS 1.0 corpus 1.1. Ljubljana: Institut Jožef Stefan, 2021, CLARIN.SI data & tools
13. Taherizadeh, Salman, Apostolou, Dimitris, Verginadis, Yiannis, Grobelnik, Marko, Mentzas, Gregoris, A semantic model for interchangeable microservices in cloud continuum computing, *Information*, 2021, 12, 1, 40-1-40-22

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Launch event of IRCAl, 29.-30. 3. 2021 (spletno),
2. SiKDD, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča, Ljubljana, 4. 10. 2021
3. Serija dogodkov (panelov/okroglih miz) na različne teme v povezavi z umetno inteligenco v sodelovanju z MZZ in slovenskimi veleposlaništvimi v tujini (Kanada, VB, Nemčija, ZAE, Izrael, Švica, Romunija, Japonska, Francija) (spletno)
4. Digitalni hekaton, Cankarjev dom, Ljubljana, 9.-11. 11. 2021

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. Evropska jezikovna mreža (GA 825627)  
DFKI GmbH - Deutsches Forschungszentrum fuer Kuenstliche Intelligenz GmbH  
doc. dr. Simon Krek
2. INEA/CEF - MARCELL, Večjezični viri za CET.AT na področju prava  
Innovation and Networks Executive Agency (INEA)  
doc. dr. Simon Krek
3. INEA/CEF: CURLICAT; Izbrani večjezični jezikovni viri za CEF AT  
Innovation and Networks Executive Agency (INEA)  
doc. dr. Simon Krek
4. INEA/CEF: FedTerm; Povezana mreža terminoloških bank za strojno prevajanje  
Innovation and Networks Executive Agency (INEA)  
doc. dr. Simon Krek
5. PPPA - ELE; Evropska jezikovna enakost  
European Commission  
doc. dr. Simon Krek
6. ERASMUS+: BRIDGES - Premostitev izrednih razmer v izobraževanju z digitalno pedagogiko  
Agenzia nazionale Erasmus+ INDIRE  
Kim Sevshek, dipl. org. (UN)
7. COST CA18209; Evropska mreža za spletno usmerjeno znanost o jezikovnih podatkih  
COST Association AISBL  
doc. dr. Simon Krek
8. COST CA18231; Multi3Generation: Večopravilna, večjezična in večmodalna tvorba besedil  
COST Association AISBL  
Marko Grobelnik
9. H2020 - Water4Cities; Celostno upravljanje površinskih in podzemnih voda za trajnostni razvoj mest  
European Commission  
Marko Grobelnik
10. H2020 - SILKNOW; Svilen dediščina v družbi znanja: od luknjastih kartic do velikih podatkov  
European Commission  
prof. dr. Dunja Mladenec
11. H2020 - COG-LO; Kognitivne logistične operacije preko varnih, dinamičnih in ad-hoc sodelovalnih omrežij  
European Commission  
Marko Grobelnik
12. H2020 - EnviroLENS; Copernicus kot podpora uveljavljanju okoljske zakonodaje  
European Commission  
Marko Grobelnik
13. H2020 - Cleopatra; Akademija za večjezično, na dogodke osredotočeno odprto analitično raziskovanje  
European Commission  
Marko Grobelnik
14. H2020 - FIN-TECH; Program usposabljanja za finančni nadzor in tehnološko skladnost  
European Commission  
Marko Grobelnik
15. H2020 - NAIADDES; Celovit vodni ekosistem za digitalizacijo urbanega vodnega sektorja  
European Commission  
Marko Grobelnik
16. H2020 - CyberSANE; Sistem za zaščito, opozarjanje in odzivanje na področju kibernetске varnosti za evropske ključne infrastrukture  
European Commission, the Directorate-General  
Marko Grobelnik
17. H2020 - INFINITECH; Prirojena testna okolja in peskovniki interneta stvari in masovnih podatkov za pametne, avtonomne in prilagojene storitve v evropskem ekosistemu finančnih in zavarovalniških storitev  
European Commission  
Marko Grobelnik
18. H2020 - FACTLOG; Energetsko ozaveščena tovarniška analitika za procesno industrijo  
European Commission  
prof. dr. Dunja Mladenec
19. H2020 - HumanE-AI-Net; Mreža Humane AI  
European Commission  
Marko Grobelnik
20. H2020 - STAR; Varna zaupanja vredna in na človeka osredotočena umetna inteligenca v proizvodnih linijah prihodnost  
European Commission  
Marko Grobelnik
21. H2020 - ODEUROPA; Uveljavitev olfaktornih in senzoričnih izkušenj v raziskavah kulturne dediščine  
European Commission  
prof. dr. Dunja Mladenec
22. H2020 - EU-Japan.AI; Spodbujanje sodelovanja in izmenjave znanja med EU in Japonsko za inoivacije v proizvodnji, ki jih vodi umetna inteligenca  
European Commission  
Marko Grobelnik
23. H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi  
European Commission  
prof. dr. Dunja Mladenec
24. H2020 - ELEXIS; Evropska likesikografska infrastruktura  
European Commission  
doc. dr. Simon Krek

## PROGRAM

1. Tehnologije znanja  
prof. dr. Dunja Mladenec

## PROJEKTI

1. Novi načini in globalni vzorci (re)produkcije spletnih novic  
prof. dr. Dunja Mladenec



2. Povezovanje zelenih fenotipskih lastnosti na podlagi meritev obnašanja in anatomskih ter fizioloških lastnosti z genetskimi markerji pri lipicancih  
dr. Aljaž Košmerlj
3. Causality - Vzročnost v dinamiki svetovnih dogodkov  
prof. dr. Dunja Mladenec
4. Observatorij slovenske umetne inteligence  
prof. dr. Dunja Mladenec
5. KAUC: Za Kakovost slovenskih Učbenikov  
doc. dr. Simon Krek
6. RSDO: Razvoj slovensčine v digitalnem okolju  
dr. Aljaž Košmerlj
7. IRCAL - Mednarodni raziskovalni center za umetno inteligenco  
Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport  
mag. Mitja Jermol
8. SLED - Spremljevalni korpus in spremljajoči podatkovni viri, JR-infrastruktura-SJ-2021-2022  
Ministrstvo za kulturo  
dr. Iztok Kosem
9. Financiranje projektnih gostovanj na slovenskih visokošolskih zavodih  
Javni študentski, razvojni, invalidski in preživninski sklad RS  
dr. Alenka Guček
10. Observatorij slovenske umetne inteligence  
Ministrstvo za javno upravo  
prof. dr. Dunja Mladenec
11. Observatorij slovenske umetne inteligence  
Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo  
prof. dr. Dunja Mladenec
12. Observatorij slovenske umetne inteligence  
Ministrstvo za zunanje zadeve  
prof. dr. Dunja Mladenec
13. Observatorij slovenske umetne inteligence  
Urad Vlade Republike Slovenije za varovanje tajnih podatkov  
prof. dr. Dunja Mladenec
14. Priprava in analiza podatkov za delavnice  
Universidade de Coimbra  
dr. Iztok Kosem
15. Organizacija niza dogodkov s slovenskimi ambasadami  
Mihajela Črnko
16. Organizacija tekmovanja za Evropsko statistične nagrade za spletno inteligenco - LOT 1  
European Commission  
Marko Grobelnik
17. Upravljanje evropskih statističnih nagrad za napovedovanje trenutkov - LOT 2  
European Commission  
Marko Grobelnik

## OBISKI

1. Ueli Maurer, zvezni minister za finance, Švica, 28. 5. 2021
2. Dirk Lindemann, direktor Zveznega urada za informacijsko tehnologijo, sisteme in telekomunikacije, Švica, 28. 5. 2021
3. Nj. eksc. veleposlanik Denis Knobel, Veleposlaništvo Švice v Sloveniji, Švica, 28. 5. 2021
4. Alexandra Baumann, diplomatska svetovalka zveznega ministra za finance, Švica, 28. 5. 2021
5. Marjana Tišler, Veleposlaništvo Švice v Sloveniji, Švica, 28. 5. 2021
6. Manja J. Č. Vesel, protokol slovenskega ministrstva za finance, Švica, 28. 5. 2021
7. Veronika Novak, asistentka švicarskega veleposlanika, Švica, 28. 5. 2021
8. Jabralah Alsolami Mohammed, delegacija Savdske Arabije, Savdska Arabija, 2. 9. 2021
9. Amal Badr Haraka, delegacija Savdske Arabije, Savdska Arabija, 2. 9. 2021
10. Peter Hanke, dunajski mestni minister za finance, gospodarstvo, delo, mednarodne zadeve in mestna podjetja, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
11. Philipp Kamper, referent, pisarna mestnega ministra, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
12. Martin Ritzmaier, referent, pisarna mestnega ministra, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
13. Oliver-John Perry, tiskovni predstavnik, pisarna mestnega ministra, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
14. Markus Pöllhuber, direktor WH Digital GmbH (Eurocomm-PR), Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
15. Sanja Dražič, prokuristka WH Digital GmbH (Eurocomm-PR), Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
16. Daniela Bichiou, vodenje projektov predsedovanja EU (Eurocomm-PR), Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
17. Saša Ljubec, vodja predstavništva mesta Dunaj v Ljubljani (Eurocomm-PR), Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
18. Jana Veber, tolmačka za nemški jezik, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
19. Žiga Intihar, fotograf, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
20. Florian Sekira, novinar, avstrijska državna televizija ORF, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
21. Stefanie Rachbauer, novinarka, dnevnik Kurier, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
22. Gerald Mackinger, novinar, avstrijska tiskovna agencija APA, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
23. Christian Nusser, novinar, brezplačen dnevnik Heute, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
24. Thomas Cervenka, voznik mestnega ministra, Dunaj, Avstrija, 6. 9. 2021
25. Kilian Gross, Evropska komisija, Bruselj, Belgija, 15. 9. 2021
26. Dejan Dvoršek, Evropska komisija, Bruselj, Belgija, 15. 9. 2021
27. Mark Boris Andrijanič, Služba Vlade Republike Slovenije za digitalno preobrazbo, Ljubljana, Slovenija, 15. 9. 2021
28. Samo Zorc, Ministrstvo za javno upravo, Ljubljana, Slovenija, 15. 9. 2021
29. Polonca Blaznik, Ministrstvo za javno upravo, Ljubljana, Slovenija, 15. 9. 2021
30. Igor Zorko, GZS Združenje za informatiko (ZIT), Ljubljana, Slovenija, 15. 9. 2021
31. Ken Kitatani, direktor, I-CEED, 20. 9.–21. 9. 2021
32. Kazunao Sato, executive director, I-CEED, 20. 9.–21. 9. 2021
33. Georges Rebelo Chikoti, generalni sekretar OACPS, Bruselj, Belgija, 28. 9. 2021
34. John F. Kakule, sekretariat OACPS, Bruselj, Belgija, 28. 9. 2021
35. Akim Kukaj, direktor oddelka IKT, Ministrstvo za ekonomijo, Priština, Kosovo, 28. 9. 2021
36. Sara Ibrahim, Ministrstvo za ekonomijo, Priština, Kosovo, 28. 9. 2021
37. Adnan Ahmeti, Oddelek strateškega planiranja, kabinet predsednika vlade Kosovo, Priština, Kosovo, 28. 9. 2021
38. Venhar Nushi, Oddelek strateškega planiranja, kabinet predsednika vlade Kosovo, Priština, Kosovo, 28. 9. 2021
39. Vesna Prodnik, organizatorica srečanja in CEO, Vafer, d. o. o., Priština, Kosovo, 28. 9. 2021
40. Colette Mélot, francoska senatorka, Francija, 29. 9. 2021
41. Nicole Duranton, francoska senatorka, Francija, 29. 9. 2021
42. Jean Bonhomme, francoski senator, Francija, 29. 9. 2021
43. Elena Richard, politična kanclerka, francoska ambasada, Francija, 29. 9. 2021
44. Valentine Morel, ataše za znanstveno sodelovanje, Francija, 29. 9. 2021
45. Akim Kukaj, direktor oddelka IKT, Ministrstvo za ekonomijo, Priština, Kosovo, 6. 10. 2021
46. Sara Ibrahim, Ministrstvo za ekonomijo, Priština, Kosovo, 6. 10. 2021
47. Adnan Ahmeti, Oddelek strateškega planiranja, kabinet predsednika vlade Kosovo, Priština, Kosovo, 6. 10. 2021
48. Venhar Nushi, Oddelek strateškega planiranja, kabinet predsednika vlade Kosovo, Priština, Kosovo, 6. 10. 2021
49. Vesna Prodnik, organizatorica srečanja in CEO, Vafer, d. o. o., Priština, Kosovo, 6. 10. 2021
50. Akmal Burkhanov, direktor protikorupcijske agencije v Uzbekistanu, Uzbekistan, 15. 10. 2021
51. Sukhrob Alimukhamedov, predstavnik administracije predsednika Uzbekistana, Uzbekistan, 15. 10. 2021
52. Abror Yadgarov, glavni inšpektor, sektor za notranjo varnost, Uzbekistan, 15. 10. 2021
53. Akbar Ergashev, vodja za odnose z javnostmi v centru za razvojno strategijo Uzbekistan Tink Tank, Uzbekistan, 15. 10. 2021
54. Kobil Khidirov, novinar, Uzbekistan, 15. 10. 2021
55. Ulugbek Daulanov, namestnik vodje oddelka za spremljanje in analizo protikorupcijskega sistema, Uzbekistan, 15. 10. 2021
56. Nodirbek Ashurov, glavni inšpektor, sektor za prijavo premoženja in dohodkov državnih uradnikov, Uzbekistan, 15. 10. 2021
57. Darya Zemeseva, Regional Dialogue Branch Office in Uzbekistan (interpreter), Uzbekistan, 15. 10. 2021
58. Nodirjon Juraev, predstavnik podružnice regionalnega dialoga v Uzbekistanu, Uzbekistan, 15. 10. 2021
59. Jack Roger Anderson, predstavnik ambasade ZDA v Tashkentu, Uzbekistan, in asistent programa INL v Uzbekistanu, Uzbekistan, 15. 10. 2021
60. Azizbek Yusupov, predstavnik ambasade ZDA v Tashkentu, Uzbekistan, in asistent programa INL v Uzbekistanu, Uzbekistan, 15. 10. 2021
61. Furkat Kayumkhodjayev, predstavnik ambasade ZDA v Tashkentu, Uzbekistan, in asistent programa INL v Uzbekistanu, Uzbekistan, 15. 10. 2021
62. Petra Gorjup, vodja izpostave Regionalnega dialoga, Logatec, Slovenija, 15. 10. 2021
63. Mjuša Sever, vodja Regionalnega dialoga, Logatec, Slovenija, 15. 10. 2021
64. Dobran Božič, namestnik predstojnika vladnega urada za varovanje tajnih podatkov, Ljubljana, Slovenija, 15. 10. 2021
65. Katja Geršak, direktorica CEP, Ljubljana, Slovenija, 15. 10. 2021
66. Signe Riemer-Sorensen, Sintef, Trondheim, Norveška, 7. 11.–10. 11. 2021
67. Till Christopher Lech, Sintef, Trondheim, Norveška, 7. 11.–10. 11. 2021
68. Lene Lad Johansen, Sintef, Trondheim, Norveška, 7. 11.–10. 11. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Joao Pita Costa: NAIADES Water Observatory, 6. 1. 2021
2. Erik Novak, mag. prof. mat.: H2020 x5gon project, 13. 1. 2021
3. Matic Erznovnik, dr. Blaž Fortuna, Klemen Kenda, univ. dipl. fiz., dr. Aljaž Košmerlj, Gal Petkovšek: H2020 STAR, FactLog, AquaSPICE and NAIDES, 20. 1. 2021
4. Swati, Abdul Sittar: CLEOPATRA Learning Week, 27. 1. 2021
5. dr. Blaž Fortuna, Qlector: H2020 projects in QLECTOR, 3. 2. 2021
6. dr. Inna Novalija: H2020 project ODEUROPA, 10. 2. 2021
7. dr. Ayse Sunar: ERASMUS+ project BRIDGES: Bridging Educational Emergency to Digital Pedagogies, 17. 2. 2021
8. dr. Aljaž Košmerlj, Jože Rožanec: J2020 FACTLOG project progress, 24. 2. 2021
9. dr. Dunja Mladenec: H2020 project SILKNOW, 3. 3. 2021
10. Martin Božič: Vejice 1.0 – The use of the BERT model in positioning commas in Slovenian texts, 10. 3. 2021

11. M. Beshar Massri, Jakob Jelenčič, dipl. fin. mat.: OECD ongoing work, 17. 3. 2021
12. Matej Posinkovič, univ. dipl. inž. fiz., dr. Matej Kovačič: H2020 project: TheyBuyForYou, 24. 3. 2021
13. dr. Aljaž Košmerlj: The Web Conference 2021, 31. 3. 2021
14. dr. Andrej Bauer: How do proof assistants?, 7. 4. 2021
15. Jože Rožanec: Explainable AI for decision-making, 14. 4. 2021
16. Abdul Sittar: The 3<sup>rd</sup> Learning Week within the CLEOPATRA project, 28. 4. 2021
17. dr. Miha Cimperman: H2020 CogLo, 12. 5. 2021
18. Patrik Zajec: Question Generation, 19. 5. 2021
19. Maja Škrjanc, univ. dipl. inž. rač. in inf., Filip Koprivec and Gregor Kržmanc: H2020 Infinites project, 2. 6. 2021
20. Luis Rei: H2020 project SILKNOW, 9. 6. 2021
21. Gal Petkovšek: Optimization of global production scheduling with deep reinforcement learning, 16. 6. 2021
22. Gullal S. Cheema, TIB: Multimodal claim detection on Social Media, 23. 6. 2021
23. Filip Koprivec, Gregor Kržmanc: H2020 INFINITECH, 7. 7. 2021
24. Elena Trajkova: Monitoring stress with a wrist device using context, 21. 7. 2021
25. Abdul Sittar: Spatio-temporal analysis (Covid Crisis), 28. 7. 2021
26. Swati: Case study for understanding Fairness Causality through Bayesian Networks, 18. 8. 2021
27. dr. Polona Škraba Stanič: Horizon Europe WP 2021\_2022, 25. 8. 2021
28. Gullal S. Cheema, TIB: Does my multimodal model learn cross-modal interactions It's harder to tell than you might think!, 1. 9. 2021
29. Marko Grobelnik, Klemen Kenda, univ. dipl. fiz., dr. Dunja Mladenič, Matej Posinkovič, univ. dipl. inž. fiz.: NAIADES project A holistic water ecosystem for digitisation of urban water sector, 8. 9. 2021
30. dr. Matej Kovačič: EU-Japan.AI Advancing Collaboration and Exchange of Knowledge Between the EU and Japan for AI-Driven Innovation in Manufacturing, 15. 9. 2021
31. Matej Posinkovič, univ. dipl. inž. fiz.: H2020 project NAIADES A holistic water ecosystem for digitisation of urban water sector, 22. 9. 2021
32. Elena Trajkova: Active Learning for Automated Visual Inspection of Manufactured Products, 29. 9. 2021
33. Patrik Zajec: Overview of Disentanglement Learning on Images, 5. 10. 2021
34. dr. Kaja Dobrovoljc: Dependency parsing of speech transcripts Current state and challenges for Slovenian, 20. 10. 2021
35. dr. Aljaž Košmerlj: H2020 Factlog project status, 27. 10. 2021
36. dr. Inna Novalija: H2020 OdEuropa project, 9. 11. 2021
37. Patrik Zajec, Jože Rožanec: H2020 Star, 17. 11. 2021
38. dr. Joao Pita Costa: H2020 Naiades Observatory in the context of climate change, 24. 11. 2021
39. M. Beshar Massri: OECD observatory as well as the observatories framework, 1. 12. 2021
40. dr. Iztok Kosem: project SLED, 8. 12. 2021
41. Swati, Abdul Sittar: Cleopatra hackaton, 15. 12. 2021
42. dr. Luka Bradeško: Sovesall, 22. 12. 2021
5. Marko Grobelnik, Okrogla miza – ZIT-ov šmorn – poslovni zajtrk, Ljubljana, Slovenija, 17. 6. 2021, objavljeno predavanje
6. Marko Grobelnik, pogovor s civilno družbo v okviru Konference o prihodnosti Evrope; tiskovna konferenca SSD, Ljubljana, Slovenija, 22. 6. 2021, objavljeno predavanje
7. Marko Grobelnik, intervju Studio ob 17h – snemanje, Ljubljana, Slovenija, 2. 7. 2021, intervju
8. Marko Grobelnik, AI panel v BTC v okviru predsedovanja EU, sestanek z Neno Dokuzov, Ljubljana, Slovenija, 6. 7. 2021, objavljeno predavanje
9. Klemen Kenda, udeležba na konferenci CEMEP 2021, Thessaloniki, Grčija, 19.-25. 7. 2021
10. Luka Bradeško, Secondment Water4cities, Atene, Grčija, 19. 7.-10. 9. 2021
11. Iztok Kosem, Udeležba na ocenjevalnem obisku v vlogi predsednika ocenjevalne komisije inštituta, Leiden, Nizozemska, 22.-26. 8. 2021
12. Marko Grobelnik, obisk savdske delegacije in udeležba na Bled Strategic Forum, Bled, Slovenija, 31. 8.-5. 9. 2021, objavljeno predavanje
13. Dunja Mladenič, sodelovanje na Blejskem strateškem forumu 2021, Bled, Slovenija, 1.-2. 9. 2021, objavljeno predavanje
14. Marko Grobelnik, Presentation for EU ambassadors, Brdo pri Kranju, Slovenija, 13. 9. 2021, objavljeno predavanje
15. Marko Grobelnik, udeležba na High level conference on AI, Brdo pri Kranju, Slovenija, 14.-15. 9. 2021, objavljeno predavanje
16. Marko Grobelnik, Keynote govor na ERCW 2021 – EU Blockchain Summit: Blockchain & AI for European Green Deal, Ljubljana, Slovenija, 23. 9. 2021, objavljeno predavanje
17. Marko Grobelnik, Snemanje oddaje KODA, Ljubljana, Slovenija, 28. 9. 2021, intervju
18. Aljaž Košmerlj, projektni sestanek FACTLOG, Chania, Kreta, Grčija, 4.-7. 10. 2021
19. Marko Grobelnik, projektni sestanek FACTLOG, predavanje na EC na temo Strategic foresight, Chania, Kreta, Bruselj, Grčija, Belgija, 4.-9. 10. 2021, objavljeno predavanje
20. Marko Grobelnik, projektni sestanek HumaneAI Net, Berlin, Nemčija, 13.-16. 10. 2021
21. Marko Grobelnik, udeležba na The Future of Living, BOZAR, Bruselj, Belgija, 19.-20. 10. 2021, objavljeno predavanje
22. Mihajela Črnko, organizacija in izvedba dogodka DigiEduHack, Ljubljana, Slovenija, 8.-10. 11. 2021
23. Alenka Guček, udeležba na konferenci S-H-O-W, Utrecht, Nizozemska, 9.-14. 11. 2021
24. Marko Grobelnik, udeležba na GPAI 2021 Summit, Cannes, Francija, 9.-15. 11. 2021, objavljeno predavanje
25. Blaž Fortuna, udeležba na okrogli mizi What are the necessary conditions for building an ecosystem for nurturing AI?, Tel Aviv, Izrael, 23.-26. 11. 2021, objavljeno predavanje
26. Marko Grobelnik, udeležba na okrogli mizi What are the necessary conditions for building an ecosystem for nurturing AI?, obiski na Bar-Ilan University ter Sodelovanje na AI delavnici v Bruslju, Tel Aviv, Bruselj, Izrael, Belgija, 23. 11.-1. 12. 2021, 2 javljeni predavanji
27. Abdul Sittar, R&D Heckatlon za projekt Cleopatra, Zagreb, Hrvaška, 5.-11. 12. 2021
28. Marko Grobelnik, Kim Sevšek, predstavitev delovanja Centra IRCAI na Expo Dubai, Dubai, Združeni arabski emirati, 12.-19. 12. 2021, objavljeno predavanje
29. Marko Grobelnik, predavanje: Promocija UI med mladimi – medeni zajtrk (malica) v Celovcu, Celovec, Avstrija, 21. 12. 2021, objavljeno predavanje
30. Kim Sevšek, predstavitev delovanja Centra IRCAI na Expo Dubai, Dubai, Združeni arabski emirati, 12.-19. 12. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Marko Grobelnik, intervju na RTV Slovenija, Ljubljana, Slovenija, 20. 4. 2021, intervju
2. Marko Grobelnik, 1. seja Strateškega sveta za digitalizacijo, Brdo pri Kranju, Slovenija, 23. 4. 2021
3. Miha Cimperman, Secondment Water4cities, Atene, Grčija, 7. 6.-10. 9. 2021
4. Marko Grobelnik, objavljeno predavanje na MORS na temo umetne inteligence, Kočevska Reka, Slovenija, 8. 6. 2021, objavljeno predavanje

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Luka Bradeško: Singular Logic – Information Systems & Applications SA, Atene, Grčija, 19. 7.-10. 9. 2021 (secondment)
2. Miha Cimperman: Singular Logic – Information Systems & Applications SA, Atene, Grčija, 7. 6.-10. 9. 2021 (secondment)
3. Swati: University of Amsterdam, Amsterdam, Nizozemska, 1. 11.-31. 12. 2021 (secondment)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. doc. dr. Branko Kavšek\*
2. dr. Iztok Kosem
3. doc. dr. Simon Krek
4. dr. Jurij Leskovec
5. **prof. dr. Dunja Mladenič, znanstveni svetnik - vodja odseka**
6. prof. dr. John Stewart Shawe-Taylor, znanstveni svetnik
7. doc. dr. Primož Škraba

### Podoktorski sodelavci

8. dr. Luka Bradeško
9. dr. Kaja Dobrovoljc
10. dr. Blaž Fortuna\*
11. dr. Alenka Guček
12. dr. Aljaž Košmerlj
13. David Lindemann, PhD., Španija
14. *dr. Joao Paulo Pita Da Costa\*, odšel 1. 6. 2021*
15. Adam Rambousek, PhD., Republika Češka
16. dr. Jan Rupnik\*
17. *Ayşe Saliha Sumar, BSc in Mathematics, Turčija, odšla 1. 6. 2021*

### Mlajši raziskovalci

18. Swati, MSc., Indija
19. Jaka Čibej, mag. prev.
20. mag. Rayid Ghani
21. James Alexander Hodson, Bachelor of Science, ZDA
22. Jakob Jelenčič, mag. fin. mat.
23. mag. Mitja Jermol
24. Klemen Kenda, univ. dipl. fiz.
25. Mark D Minevich, MSc., ZDA
26. Erik Novak, mag. prof. mat.
27. *Eva Pori, univ. dipl. fil. in slov., odšla 1. 4. 2021*
28. Jose Martin Rožanec, Msc
29. Abdul Sittar, MSc., Pakistan

### Strokovni sodelavci

30. dr. Janez Brank
31. dr. Miha Cimperman
32. Teja Goli, mag. prev.
33. dr. Matej Kovačič
34. dr. Gregor Leban\*
35. Jose Luis Machado Rei, Msc., Portugalska
36. dr. Inna Novalija
37. dr. Ervin Pfeifer\*

38. Primož Ponikvar, univ. dipl. fil. in franc.
39. Matej Posinkovič, univ. dipl. fiz.
40. dr. Polona Škraba Stanič
41. Maja Škrjanc, univ. dipl. inž. rač. in inf.

**Tehniški in administrativni sodelavci**

42. Aleš Buh
43. Mihajela Črnko
44. Jasna Franko, dipl. trž. kom. (VS)
45. Marko Grobelnik
46. *Blaž Kažič, univ. dipl. inž. el., odšel 1. 9. 2021*
47. Mojca Kregar, dipl. ekon.
48. Monika Kropej, univ. dipl. kult.
49. *Tina Munda, dipl. jez. posred. (UN), odšla 1. 10. 2021*
50. Blaž Novak, univ. dipl. inž. rač. in inf.
51. *Davor Orlić, univ. dipl. prev., odšel 1. 12. 2021*
52. Kim Sešek, dipl. org. (UN)
53. Špela Sitar, univ. dipl. inž. živ. tehnol.
54. Mateja Škraba, dipl. posl. inf. (VS)

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Aalborg University, Aalborg, Danska
2. AdriaMobil, Novo mesto, Slovenija
3. Agricultural Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenija
4. Aikwit, d. o. o.
5. Allan Turing Institute, London, Velika Britanija
6. Alpineon razvoj in raziskave, d. o. o.
7. Amebis, d. o. o.
8. Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Grčija
9. Athens university of economics and business - research center, Atene, Grčija
10. Atos Spain Sa Madrid, Španija
11. AUEB, Atene, Grčija
12. Austrian Institute of Technology GmbH, Dunaj, Avstrija
13. Banka Slovenije, Ljubljana, Slovenija
14. Banking & payments federation Ireland company limited by guarantee, Dublin, Irska
15. Big bang, trgovina in storitve, d. o. o., Ljubljana
16. Bloomberg, New York, ZDA
17. Brc limited, Velika Britanija
18. Cartif Technology Center, Valladolid, Španija
19. Ceneje, družba za trgovino in poslovno svetovanje, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
20. Cerved Group Spa, Milano, Italija
21. Continental automotive romania srl, Romunija
22. Control 2k limited, Bridgend, Velika Britanija
23. Copenhagen fintech, Kopenhagen, Danska
24. CVS mobile, informacijske rešitve, d. d., Ljubljana
25. Deutsche welle, Bonn, Nemčija
26. DFKI, German Research Center for Artificial Intelligence, Kaiserslautern, Nemčija
27. Domel, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
28. Domina srl, Modena, Italija
29. Ecole polytechnique federale de Lausanne, Lausanne, Švica
30. Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Stuttgart, Nemčija
31. ETH Zürich, Švica
32. Eurecom, Biot, Francija
33. Eurostat, Luxembourg, Luxembourg
34. Faculdade De Ciências Sociais E Humanas Da Universidade Nova De Lisboa, Lisboa, Portugalska
35. Fondazione Bruno Kessler, Trento, Italija
36. Forschungsinstitut fuer Rationalisierung - FIR, Aachen, Nemčija
37. Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Nemčija
38. Forschungszentrum Informatik, Karlsruhe, Nemčija
39. Fortiss GmbH, Nemčija
40. Forum Virium, Helsinki, Finska
41. Foundation for Research and Technology-Hellas, Heraklion, Grčija
42. Fraunhofer Gesellschaft Zur Foerderung der Angewandten Forschung E.V., DE
43. Fraunhofer-Institut - Intelligent Analysis and Information Systems, Sankt Augustin, Nemčija
44. Fundacio Eurecat, Barcelona, Španija
45. Fundacion de la comunidad valenciana para la investigacion, promocion y estudios comerciales de valenciaport, Valencia, Španija
46. Geoville Informationsysteme und Datenverarbeitung GmbH, Innsbruck, Avstrija
47. Gft Italia S.r.l., Milano, Italija
48. Google, Mountain View, ZDA
49. Google, Zürich, Švica
50. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover - L3S Research Center, Hannover, Nemčija
51. Graz University of Technology, Institute for Theoretical Computer Science (IGI), Gradec, Avstrija

52. Hanse Aerospace Wirtschaftsdienst GmbH, Hamburg, Nemčija
53. Hella Saturnus, Ljubljana, Slovenija
54. Hrvatska Pošta, Zagreb, Hrvaška
55. ideXlab, Pariz, Francija
56. Innov-acts limited, Nikozija, Ciper
57. Innovation sprint, Bruselj, Belgija
58. Inria Lille - Nord Europe, Lille, Francija
59. Inria, Pariz, Francija
60. Institut National De Recherche En Informatique Et Automatique, Francija
61. Inštitut za novejšo zgodovino
62. Institute for Bulgarian Language Prof Lyubomir Andreychin, Sofija, Bolgarija
63. Institute for Language and Folklore, Stockholm, Švedska
64. Institute for Language and Speech Processing, R. C. Athena, Atene, Grčija
65. Institute for Lithuanian Language, Vilnius, Litva
66. Institute of communication and computer systems, Atene, Grčija
67. Institute of Science and Technology - IST, Klosterneuburg, Avstrija
68. Institute of the Estonian Language, Talin, Estonija
69. Institution Information Technologies Institute (CERTH - ITI), Thessaloniki, Grčija
70. Instituto Cervantes, Madrid, Španija
71. Instituut Voor Nederlandse Lexicologie, Lieden, Nizozemska
72. International Network for Terminology, Dunaj, Avstrija
73. Intrasoft International SA, Bruselj, Belgija
74. Iren Rinnovabili srl, Iren, Italija
75. Iskratel, d. o. o., Kranj
76. Jems, energetska družba, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
77. Joanneum research Forschungsgesellschaft mbh, Gradec, Avstrija
78. Johann Wolfgang Goethe Universitaet Frankfurt Am Main Frankfurt, Nemčija
79. Jot internet media España SL, Madrid, Španija
80. Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Nemčija
81. Katholieke Universiteit Leuven, Lueven, Belgija
82. King's College, London, Velika Britanija
83. Klinikum Nurnberg, Nuremberg, Nemčija
84. Knowledge for All Foundation - K4A, London, Velika Britanija
85. Kobenhavns Universitet, Danska
86. Konnekt able technologies limited, Waterford, Irska
87. Közép-Európai Egyetem (CEU), Madžarska
88. KTH Stockholm, Stockholm, Švedska
89. La Sorbonne UPMC, Pariz, Francija
90. Landbrug & Fodevarer F.M.B.A., Kopenhagen, Danska
91. Language Technology Centre Ltd., Surrey, Velika Britanija
92. Leanxcale SL, Madrid, Španija
93. Leeds University, Leeds, Velika Britanija
94. Leibniz Universität Hannover, Hannover, Nemčija
95. Leiden University, Leiden, Nizozemska
96. LPP, Ljubljana, Slovenija
97. Magellium sas, Ramonville St Agne Cedex, Francija
98. Maggioli spa, Santarcangelo Di Romagna, Italija
99. Max Planck Institut für Biologische Kybernetik, Tübingen, Nemčija
100. Microsoft Research Ltd., Cambridge, Velika Britanija
101. Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Ljubljana, Slovenija
102. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Ljubljana, Slovenija
103. Ministrstvo za javno upravo, Ljubljana, Slovenija
104. Ministrstvo za kulturo, Ljubljana, Slovenija
105. Ministrstvo za zunanje zadeve, Ljubljana, Slovenija
106. Nantes Universite, Nantes, France
107. Nanyang technological university, Singapur, Singapur
108. National & Kapodistrian University of Athens, Atene, Grčija
109. National Bank of Greece S.A., Palamas, Grčija
110. New York Times, New York, ZDA
111. Nissatech Innovation Centre, Niš, Srbija
112. Norwegian Mapping Agency, Honefoss, Norveška
113. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norveška
114. NTUA - National Technical University of Athens, Atene, Grčija
115. NUI Galway, Galway, Irska
116. Olsen Ltd AG, Zürich, Švica
117. Ontotext AD, Sofija, Bolgarija
118. Open Data Institute (ODI), London, Velika Britanija
119. Oxford University, Oxford, Velika Britanija
120. Philips Electronics Nederland B.V., NL
121. Pinterest, San Francisco, ZDA
122. PlayGen Ltd, London, Velika Britanija
123. Politechnika Warszawska, Varšava, Poljska
124. Politecnico Di Milano, Milano, Italija
125. Polytechnic Kritis, Chania, Grčija
126. Pošta Slovenije, Ljubljana, Slovenija
127. Poste Italiane - societa per azioni, Rim, Italija
128. PostEurop, Bruselj, Belgija
129. Privé Services Europe GmbH, Dunaj, Avstrija
130. Qlector, razvoj celovitih rešitev za pametne tovarne, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
131. Queen Mary University of London, London, Velika Britanija
132. Radboud University of Nijmegen, Nijmegen, Nizozemska

133. Real Academia Espanola, Madrid, Španija  
 134. Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe (REC), Szentendre, Madžarska  
 135. Registerenheten i Bronnoysund, Bronnoysund, Norveška  
 136. Rensselaer polytechnic institute, Troy, ZDA  
 137. Reportbrain limited, London, Velika Britanija  
 138. Research Institute for Linguistics of the Hungarian Academy of Sciences, Budimpešta, Madžarska  
 139. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, Nemčija  
 140. Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule Aachen – RWTH, Aachen, Nemčija  
 141. Roessingh research and development bv, Enschede, Nizozemska  
 142. Royal Holloway, University of London, London, Velika Britanija  
 143. Rutgers University, New Jersey, ZDA  
 144. S2 grupo de innovacion en procesos organizativos sl, Valencia, Španija  
 145. Saarland University, Saarbrücken, Nemčija  
 146. Santander uk plc, London, Velika Britanija  
 147. SAP AG, Walldorf, Nemčija  
 148. SCI – University of Utah, Salt Lake City, ZDA  
 149. Semantic Technology Institute International, Dunaj, Avstrija  
 150. Semantic Technology Institute, University of Innsbruck, Innsbruck, Avstrija  
 151. SIA SPA, Milano, Italija  
 152. Siemens, Munich, Nemčija  
 153. Sinergise, Laboratory for geographical information systems, Ltd., Ljubljana, Slovenija  
 154. Singular Logic – Information Systems & Applications SA, Atene, Grčija  
 155. Sissa Medialab, Trst, Italija  
 156. Siveco Romania SA, Bukarešta, Romunija  
 157. Slovenska tiskovna agencija, Ljubljana, Slovenija  
 158. Software ag, Darmstadt, Nemčija  
 159. Software imagination & vision srl, Bukarešta, Romunija  
 160. Sorbonne Universite, Francija  
 161. Spaziodati srl, Trento, Italija  
 162. Špica International, d. o. o., Ljubljana, Ljubljana  
 163. St Louis University, Saint Louis, ZDA  
 164. Stanford University, Palo Alto, ZDA  
 165. Steinbeis Innovation gGmbH, Stuttgart, Nemčija  
 166. Stichting Centrum Voor Wiskunde En Informatica, Amsterdam, Nizozemska  
 167. Stichting ihe Delft institute for water education, Delft, Nizozemska  
 168. Stiftelsen Sintef, Trondheim, Norveška  
 169. Stockholm University, Stockholm, Švedska  
 170. Studio Moderna, d. o. o., Zagorje ob Savi, Ljubljana  
 171. Sveuciliste u Rijeci ekonomski fakultet, Reka, Hrvaska  
 172. Sveuciliste u Zagrebu Filozofski Fakultet – University of Zagreb, Zagreb, Hrvaska  
 173. Swedish Centre for Terminology, Stockholm, Švedska  
 174. T U Berlin, Berlin, Nemčija  
 175. Tampereen Korkeakoulusaatio sr, Tampere, Finska  
 176. Tampereen Yliopisto, Tampere, Finska  
 177. Techila Technologies Ltd, Tampere, Finska  
 178. Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Kopenhagen, Danska  
 179. Technical University of Kosice, Košice, Slovaška  
 180. Technicolor, Pariz, Francija  
 181. Technion-Israel Institute of Technology, Haifa, Izrael  
 182. Technische universitaet Dresden, Dresden, Nemčija  
 183. Technische Universitaet Kaiserslautern, Nemčija  
 184. Technische Universitaet Wien, Dunaj, Avstrija  
 185. Technische Universitat Berlin, Nemčija  
 186. Technische Universität München, München, Nemčija  
 187. Technische Universiteit Delft, Nizozemska  
 188. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, Nizozemska  
 189. Teknoloji arastirma gelistirme endustriyel urunler bilisim teknolojileri sanayi ve ticaret anonim ticaret, Istanbul, Turčija  
 190. Tel Aviv University, Tel Aviv, Izrael  
 191. Telefonica Investigacion Y Desarrollo Sa, Madrid, Španija  
 192. Telekom Slovenije, Ljubljana, Slovenija  
 193. Telenor asa, Fornebu, Norveška  
 194. Thales alenia space, Cannes, Francija  
 195. Thales Research & Technology, Palaiseau, Francija  
 196. Thales Six Gts France SAS, Francija  
 197. The European Students' Union, Bruselj, Belgija  
 198. The Open University, Milton Keynes, Velika Britanija  
 199. The University of Limerick, Localisation Research Centre, Limerick, Irska  
 200. The university of manchester, Manchester, Velika Britanija  
 201. The University of Sussex, Velika Britanija  
 202. TIB Hannover – The German National Library of Science and Technology, Hannover, Nemčija  
 203. Ticon Uk Limited, London, Velika Britanija  
 204. Tilde, Riga, Latvija  
 205. TIS Transport, Innovation and Systems Consultancy, Lizbona, Portugalska  
 206. TNO, Delft, Nizozemska  
 207. Toshiba, Cambridge, Velika Britanija  
 208. TU Berlin/DAI-Lab, Berlin, Nemčija  
 209. TU Wien, Dunaj, Avstrija  
 210. TurboInštitut, d. d., Ljubljana, Slovenija  
 211. Turkiye Petrol Rafinerileri Anonim Sirketi, Körfez, Turčija  
 212. Ubitech limited, Limassol, Ciper  
 213. Ukobenhavns Universitet, Kopenhagen, Danska  
 214. Umeå University, Umeå, Švedska  
 215. Unilever, London, Velika Britanija  
 216. Uninova-instituto de desenvolvimento de novas tecnologias-associacao, Portugalska  
 217. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, Španija  
 218. Universidad complutense de Madrid, Madrid, Španija  
 219. Universidad Politécnic de Madrid, Madrid, Španija  
 220. Universidad Pompeu Fabra, Španija  
 221. Università Ca' Foscari di Venezia, Benetke, Italija  
 222. Università degli studi di Genova, Genova, Italija  
 223. Università degli Studi di Milano, Milano, Italija  
 224. Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italija  
 225. Università degli studi di Pavia, Pavia, Italija  
 226. Università Degli Studi Di Roma La Sapienza, Rim, Italija  
 227. Università dell'Insubria, Varese, Italija  
 228. Università di Pisa, Italija  
 229. Università politecnica delle marche, Ancona, Italy  
 230. Universitaet Osnabrueck, Nemčija  
 231. Universitat d'Alicante, Alicante, Španija  
 232. Universitat de les Illes Balears, Palma, Španija  
 233. Universitat de Lleida, Lleida, Španija  
 234. Universitat de Valencia, Valencia, Španija  
 235. Universitat jaume i de castellon, Castellon de la Plana, Španija  
 236. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Španija  
 237. Universitat Politècnica de Valencia – UPV, Valencia, Španija  
 238. Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Španija  
 239. Universität Stuttgart, Stuttgart, Nemčija  
 240. Universität Trier, Trier, Nemčija  
 241. Université de Geneve, Ženeva, Švica  
 242. Université du Luxembourg, Luxembourg, Luxembourg  
 243. Université Grenoble Alpes, Francija  
 244. Université Paris i Pantheon – Sorbonne, Pariz, Francija  
 245. Université Pierre et Marie Curie, Pariz, Francija  
 246. Universiteit Leiden, Nizozemska  
 247. Universiteit Utrecht, Utrecht, Nizozemska  
 248. Universiteit van Amsterdam, Amsterdam, Nizozemska  
 249. University College Cork – National University of Ireland, Cork, Irska  
 250. University College Dublin, Dublin, Irska  
 251. University College London, London, Velika Britanija  
 252. University of Aalto, Helsinki, Finska  
 253. University of Aegean, Mytilini, Grčija  
 254. University of Amsterdam, Amsterdam, Nizozemska  
 255. University of Antwerp, Antwerp, Belgija  
 256. University of Barcelona, Spain  
 257. University of Brighton, Brighton, Velika Britanija  
 258. University of Bristol, Bristol, Velika Britanija  
 259. University of British Columbia, Vancouver, Kanada  
 260. University of Cambridge, Cambridge, Velika Britanija  
 261. University of Coimbra, Coimbra, Portugalska  
 262. University of Copenhagen, Kopenhagen, Danska  
 263. University of Economics, Prague, Praga, Češka  
 264. University of Edinburgh, Edinburgh, Velika Britanija  
 265. University of Fribourg, Fribourg, Švica  
 266. University of Glasgow, Glasgow, Velika Britanija  
 267. University of Heidelberg, Heidelberg, Nemčija  
 268. University of Helsinki, Helsinki, Finska  
 269. University of Innsbruck, Innsbruck, Avstrija  
 270. University of Karlsruhe, Institute AIFB, Nemčija  
 271. University of Leoben, Leoben, Avstrija  
 272. University of Liege, Liege, Belgija  
 273. University of Lisbon Algebra Center, Lizbona, Portugalska  
 274. University of Liverpool, Liverpool, Velika Britanija  
 275. University of London, London, Velika Britanija  
 276. University of Manchester, Manchester, Velika Britanija  
 277. University of Oviedo (ILTO), Asturija, Španija  
 278. University of Oxford, Oxford, Velika Britanija  
 279. University of Pennsylvania, Pennsylvania, ZDA  
 280. University of Piraeus research center, Piraeus, Grčija  
 281. University of Sheffield, Sheffield, Velika Britanija  
 282. University of Siena, Siena, Italija  
 283. University Of Southampton, Southampton, Velika Britanija  
 284. University of St. Andrews, St. Andrews, Velika Britanija  
 285. University of Surrey, Guildford, Velika Britanija  
 286. University of Szeged, Juhasz Gyula, Teachers Training Faculty, Szeged, Madžarska  
 287. University of Tartu, Tartu, Estonija  
 288. University of the Aegean (UoA), Mytilini, Grčija  
 289. University of Venice/ECLT, Benetke, Italija  
 290. University of Wolverhampton (UoW), Wolverhampton, Velika Britanija

291. University of York, York, Velika Britanija  
 292. University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics, Varaždin, Hrvaška  
 293. University Paris 1 Panthéon – Sorbonne, Pariz, Francija  
 294. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Ljubljana, Slovenija  
 295. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija  
 296. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, Slovenija  
 297. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, Slovenija  
 298. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, Slovenija  
 299. UP IAM – University of Primorska, Andrej Marušič Institute, Koper, Slovenija  
 300. UPC Barcelona/Universidad de Cantabria, Barcelona, Španija  
 301. Urad Republike Slovenije za varovanje tajnih podatkov, Ljubljana, Slovenija  
 302. US Military Academy, West Point, New York, ZDA  
 303. Ville de carouge, Ženeva, Švica  
 304. Vistatec Ltd, Dublin, Irsko  
 305. Vitasis, d. o. o.  
 306. Volkswagen AG, Nemčija  
 307. Warsaw university of technology, Varšava, Poljska  
 308. Wikimedia, Berlin, Nemčija  
 309. Wrocław university of science and technology, Wrocław, Poljska  
 310. Xlab, Teslova 30, Ljubljana, Slovenija  
 311. Yahoo! Research, New York, ZDA  
 312. Zürcher hochschule für angewandte wissenschaften, Winterthur, Švica

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Miha Torkar, Dunja Mladenič, "Characterizing financial markets from the event driven perspective", *Applied network science*, 2021, **6**, 74. [COBISS.SI-ID 85486339]
- Kostas Kalaboukas, Jože M. Rožanec, Aljaž Košmerlj, Dimitris Kiritsis, George Arampatzis, "Implementation of cognitive digital twins in connected and agile supply networks: an operational model", *Applied sciences*, 2021, **11**, 9, 4103. [COBISS.SI-ID 85593347]
- Jože M. Rožanec, Blaž Kažič, Maja Škrjanc, Blaž Fortuna, Dunja Mladenič, "Automotive OEM demand forecasting: a comparative study of forecasting algorithms and strategies", *Applied sciences*, 2021, **11**, 15, 6787. [COBISS.SI-ID 85590019]
- Jože M. Rožanec, Elena Trajkova, Klemen Kenda, Blaž Fortuna, Dunja Mladenič, "Explaining bad forecasts in global time series models", *Applied sciences*, 2021, **11**, 19, 9243. [COBISS.SI-ID 85587971]
- João Pita Costa *et al.* (15 avtorjev), "NewsMeSH: a new classifier designed to annotate health news with MeSH headings", *Artificial intelligence in medicine*, 2021, **114**, 102053. [COBISS.SI-ID 55329539]
- Mattiev Jamolbek Maqsudovich, Branko Kavšek, "Distance based clustering of class association rules to build a compact, accurate and descriptive classifier", *Computer science and information systems*, 2021, **18**, 3, 791-811. [COBISS.SI-ID 94345987]
- Qijing Xie *et al.* (19 avtorjev), "Temporal evolution of single-cell transcriptomes of *Drosophila* olfactory projection neurons", *eLife*, 2021, **10**, e63450. [COBISS.SI-ID 64719875]
- Colleen N. McLaughlin *et al.* (15 avtorjev), "Single-cell transcriptomes of developing and adult olfactory receptor neurons in *Drosophila*", *eLife*, 2021, **10**, e63856. [COBISS.SI-ID 64710915]
- Robert Palovics, Primož Dolenc, Jurij Leskovec, "Companies under stress: the impact of shocks on the production network", *EPJ data science*, 2021, **10**, 57. [COBISS.SI-ID 89914115]
- Goran Matošević, Jasminka Dobša, Dunja Mladenič, "Using machine learning for web page classification in search engine optimization", *Future internet*, 2021, **13**, 1, 9. [COBISS.SI-ID 46930691]
- Swati Swati, Dunja Mladenič, Tomaž Erjavec, "EveOut: an event-centric news dataset to analyze an outlet's event selection patterns", *Informatica*, 2021, **45**, 7, 25-30. [COBISS.SI-ID 95368963]
- Salman Taherizadeh, Dimitris Apostolou, Yiannis Verginadis, Marko Grobelnik, Gregoris Mentzas, "A semantic model for interchangeable microservices in cloud continuum computing", *Information*, 2021, **12**, 1, 40. [COBISS.SI-ID 47750147]
- Patrik Zajec, Jože M. Rožanec, Elena Trajkova, Inna Novalija, Klemen Kenda, Blaž Fortuna, Dunja Mladenič, "Help me learn! Architecture and strategies to combine recommendations and active learning in manufacturing", *Information*, 2021, **12**, 11, 473. [COBISS.SI-ID 87582723]
- Abdul Sittar, Dunja Mladenič, Marko Grobelnik, "Analysis of information cascading and propagation barriers across distinctive news events", *Journal of intelligent information systems*, 2021, **58**, 119-152. [COBISS.SI-ID 87232003]
- Camilo Ruiz, Marinka Žitnik, Jurij Leskovec, "Identification of disease treatment mechanisms through the multiscale interactome", *Nature communications*, 2021, **12**, 1796. [COBISS.SI-ID 62106115]
- Emma Pierson, Tim Althoff, Daniel Thomas, Paula Hillard, Jurij Leskovec, "Daily, weekly, seasonal and menstrual cycles in women's mood, behaviour and vital signs", *Nature human behaviour*, 2021, **5**, 716-725. [COBISS.SI-ID 56846851]
- Emma Pierson *et al.* (53 avtorjev), "An algorithmic approach to reducing unexplained pain disparities in underserved populations", *Nature medicine*, 2021, **27**, 136-140. [COBISS.SI-ID 52312323]
- Serina Chang, Emma Pierson, Pang Wei Koh, Jaline Gerardin, Beth Redbird, David B. Grusky, Jurij Leskovec, "Mobility network models of COVID-19 explain inequities and inform reopening", *Nature*, 2021, **589**, 82-87. [COBISS.SI-ID 40463107]
- Darinka Verdonik, Simona Majhenič, Špela Antloga, Sandi Majniner, Marko Ferme, Kaja Dobrovoljc, Simona Pulko, Mira Krajnc Ivič, Natalija Ulčnik, "E-learning environment "Slovenščina na dlani": challenges and solutions", *Slovenščina 2.0: empirične, aplikativne in interdisciplinarne raziskave*, 2021, **9**, 1, 181-215. [COBISS.SI-ID 69069315]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

- Jože M. Rožanec, Patrik Zajec, Klemen Kenda, Inna Novalija, Blaž Fortuna, Dunja Mladenič, "XAI-KG: knowledge graph to support xai and decision-making in manufacturing", V: *CAiSE 2021, International Conference on Advanced Information Systems Engineering, Melbourne, Australia, June 28-July 2, 2021*, Advanced Information Systems Engineering Workshops Proceedings, (Lecture notes in business information processing **423**), Springer, 2021, 167-172. [COBISS.SI-ID 87606019]
- Jože M. Rožanec *et al.* (17 avtorjev), "STARdom: An architecture for trusted and secure human-centered manufacturing systems", V: *APMS 2021, IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems, Nantes, France, 5-9 September 2021*, Proceedings, Part IV, Artificial Intelligence for Sustainable and Resilient Production Systems, (IFIP Advances in Information and Communication Technology **633**), Springer, 2021, 199-207. [COBISS.SI-ID 87617283]
- Carole Tiberius, Simon Krek, Katrien Depuydt, Polona Gantar, Jelena Kallas, Iztok Kosem, Michael Rundell, "Towards the ELEXIS data mode: defining a common vocabulary for lexicographic resources", V: *eLex 2021, 7th biennial conference on electronic lexicography, 5-7 July 2021*, Proceedings, Electronic lexicography in the 21st century, Lexical Computing CZ, 2021, 56-77. [COBISS.SI-ID 77831171]
- Adam Rambousek, Miloš Jakubiček, Iztok Kosem, "New developments in Lexonomy", V: *eLex 2021, 7th biennial conference on electronic lexicography, 5-7 July 2021*, Proceedings, Electronic lexicography in the 21st century, Lexical Computing CZ, 2021, 455-462. [COBISS.SI-ID 77832195]
- Iztok Kosem, Simon Krek, Polona Gantar, Špela Arhar Holdt, Jaka Čibej, "Language monitor: tracking the use of words in contemporary Slovene", V: *eLex 2021, 7th biennial conference on electronic lexicography, 5-7 July 2021*, Proceedings, Electronic lexicography in the 21st century, Lexical Computing CZ, 2021, 514-527. [COBISS.SI-ID 77832451]
- Sead Hrustanović, Branko Kavšek, Marko Tkalcíč, "Recognition of eudaemonic and hedonic qualities from song lyrics", V: *HCI-SI 2021, 6th Human-Computer Interaction Slovenia Conference, Koper, Slovenia, November 8 2021*, Proceedings, (CEUR Workshop Proceedings **3054**), CEUR-WS, 2021, 45-53. [COBISS.SI-ID 94322179]
- Mattiev Jamolbek Maqsudovich, Branko Kavšek, "ACHC: Associative classifier based on hierarchical clustering", V: *IDEAL 2021, 22nd*

- International Conference on Intelligent data engineering and automated learning, Manchester, UK, November 25-27, 2021*, Proceedings, (Lecture Notes in Computer Science **13113**), Springer, 2021, 560-571. [COBISS.SI-ID 94352131]
8. Kaidi Cao, Maria Brbic, Jurij Leskovec, "Concept learners for few-shot learning", V: *ICLR 2021, International Conference on Learning Representations, Vienna, Austria, May 4 2021*, Proceedings, ICLR, 2021. [COBISS.SI-ID 64699907]
  9. Špela Arhar Holdt, Nataša Logar, Eva Pori, Iztok Kosem, "Game of words: play the game, clean the database", V: *EURALEX XIX, Lexicography for inclusion, 7-9 September 2021*, Proceedings, 2, Democritus University of Thrace, 2021, 41-49. [COBISS.SI-ID 96149507]
  10. Iztok Kosem, Sanni Nimb, Carole Tiberius, Bob Boelhouwer, Simon Krek, "License to use: ELEXIS survey on licensing lexicographic data and software", V: *EURALEX XIX, Lexicography for inclusion, 7-9 September 2021*, Proceedings, 2, Democritus University of Thrace, 2021, 705-711. [COBISS.SI-ID 77750275]
  11. Iztok Kosem, David Lindemann, "New developments in Elexifinder: a discovery portal for lexicographic literature", V: *EURALEX XIX, Lexicography for inclusion, 7-9 September 2021*, Proceedings, 2, Democritus University of Thrace, 2021, 759-766. [COBISS.SI-ID 77747459]
  12. Tanara Zingano Kuhn, Branislava Šandrih Todorović, Špela Arhar Holdt, Rina Zvieli-Girshin, Kristina Koppel, Ana R. Luís, Iztok Kosem, "Crowdsourcing pedagogical corpora for lexicographical purposes", V: *EURALEX XIX, Lexicography for inclusion, 7-9 September 2021*, Proceedings, 2, Democritus University of Thrace, 2021, 771-779. [COBISS.SI-ID 75661827]
  13. Inna Novaliya, Massri M. Beshar, Dunja Mladenec, Marko Grobelnik, Daniel Schwabe, Janez Brank, "Observing odor-related information in academic domain", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 5-8. [COBISS.SI-ID 86359555]
  14. Adrian Mladenec Grobelnik, Marko Grobelnik, Dunja Mladenec, "Understanding text using agent based models", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 9-12. [COBISS.SI-ID 86360067]
  15. Erik Novak, "News stream clustering using multilingual language models", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 13-16. [COBISS.SI-ID 86360579]
  16. Swati, Dunja Mladenec, "Understanding the impact of geographical bias on news sentiment: a case study on London and Rio olympics", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 21-24. [COBISS.SI-ID 86362371]
  17. Abdul Sittar, Dunja Mladenec, "Classification of cross-cultural news events", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 29-32. [COBISS.SI-ID 86363907]
  18. David Lindemann, "Zotero to elixifinder: collection, curation, and migration of bibliographical data", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 33-36. [COBISS.SI-ID 86364163]
  19. Jože M. Rožanec, Tim Poštuvan, Blaž Fortuna, Dunja Mladenec, "Tackling class imbalance in radiomics: the COVID-19 Use case", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 44-48. [COBISS.SI-ID 86369539]
  20. João Pita Costa *et al.* (11 avtorjev), "Observing water-related events for evidence-based decision-making", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 49-52. [COBISS.SI-ID 86370051]
  21. Gal Petkovšek, Matic Erznožnik, Klemen Kenda, "Anomaly detection on live water pressure data stream", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 53-56. [COBISS.SI-ID 86370307]
  22. João Costa, António Costa, Klemen Kenda, João Pita Costa, "Entropy for time series forecasting", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 57-60. [COBISS.SI-ID 86371075]
  23. Jakob Jelenčič, Dunja Mladenec, "Modeling stochastic processes by simultaneous optimization of latent representation and target variable", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 61-64. [COBISS.SI-ID 86371331]
  24. Matej Neumann, Marko Grobelnik, "Causal relationships among global indicators", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 65-68. [COBISS.SI-ID 86371587]
  25. Elena Trajkova, Jože M. Rožanec, Paulien Dam, Blaž Fortuna, Dunja Mladenec, "Active learning for automated visual inspection of manufactured products", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 69-72. [COBISS.SI-ID 86372099]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Polona Gantar, Simon Krek, Iztok Kosem, "Opredelitev kolokacij v digitalnih slovarskih virih za slovenščino", V: *Kolokacije v slovenščini*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 15-41. [COBISS.SI-ID 80305667]
2. Eva Pori, Iztok Kosem, "Evalvacija avtomatskega luščenja kolokacijskih podatkov iz besednih skic in orodju Sketch Engine", V: *Kolokacije v slovenščini*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 43-77. [COBISS.SI-ID 80316419]
3. Iztok Kosem, Nataša Logar, Kaja Dobrovoljc, Nikola Ljubešič, "Razvrščanje in relevantnost kolokatorjev v slovenščini: novi pristopi", V: *Kolokacije v slovenščini*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 79-124. [COBISS.SI-ID 80423939]
4. Iztok Kosem, Eva Pori, "Slovenske ontologije semantičnih tipov: samostalniki", V: *Kolokacije v slovenščini*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 159-202. [COBISS.SI-ID 80431619]
5. Iztok Kosem, Jaka Čibej, "Kolokacije in časovni trendi", V: *Kolokacije v slovenščini*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 203-234. [COBISS.SI-ID 80436739]
6. Eva Pori, Iztok Kosem, Jaka Čibej, Špela Arhar Holdt, "Evalvacija uporabniškega vmesnika Kolokacijskega slovarja sodobne slovenščine", V: *Kolokacije v slovenščini*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 235-268. [COBISS.SI-ID 80446211]
7. Špela Arhar Holdt, Jaka Čibej, "Analize za nadgradnjo učnega korpusa ssj500k", V: *Nova slovnica sodobne standardne slovenščine: viri in metode*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 15-53. [COBISS.SI-ID 89080323]
8. Jaka Čibej, Špela Arhar Holdt, Marko Robnik Šikonja, "Zasnova in uporaba korpusnega luščilnika LIST", V: *Nova slovnica sodobne standardne slovenščine: viri in metode*, Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 54-86. [COBISS.SI-ID 89084675]
9. Jaka Čibej, "Strojno luščenje medbesednih povezav v oblikoslovnem leksikonu Sloleks 2.0", V: *Nova slovnica sodobne standardne slovenščine: viri in metode*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 125-159. [COBISS.SI-ID 89457155]
10. Simon Krek, Polona Gantar, Iztok Kosem, Kaja Dobrovoljc, "Opis modela za pridobivanje in strukturiranje kolokacijskih podatkov iz korpusa", V: *Nova slovnica sodobne standardne slovenščine: viri in metode*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 160-194. [COBISS.SI-ID 89482243]
11. Kaja Dobrovoljc, "Leksikon formulaičnih besednih nizov in pisni in govornjeni slovenščini", V: *Nova slovnica sodobne standardne slovenščine: viri in metode*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 298-324. [COBISS.SI-ID 89527043]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Jaka Čibej, *Korpusna analiza in prepoznavanje regionalnih jezikovnih različic v spletni slovenščini*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Darja Fišer; somentor Vojko Gorjanc). [COBISS.SI-ID 83761667]



# LABORATORIJ ZA ODPRTE SISTEME IN MREŽE

## E-5

**Aktivnosti Laboratorija za odprte sisteme in mreže so usmerjene v raziskave in razvoj omrežij naslednje generacije, internetnih tehnologij, komponent in integriranih sistemov ter storitev in aplikacij informacijske družbe, predvsem tistih, ki zagotavljajo varnost in zasebnost.**

Člani laboratorija so v letu 2021 opravljali raziskovalno, razvojno in pedagoško delo. Raziskave in razvojne aktivnosti so potekale v okviru raziskovalnega programa Tehnologije interneta prihodnosti: koncepti, arhitekture, storitve in družbenoekonomski vidiki ter pri več domačih in mednarodnih projektih.

Na področje varnih sodobnih omrežij, internetnih tehnologij in informacijskih sistemov spadajo projekti CONCORDIA, DE4A, BD4OPEM in iFlex iz programa Obzorje 2020, projekt SI-PASS 2.0 iz programa Instrument za povezovanje Evrope, ciljni raziskovalni projekt Umetna inteligenca za kibernetno varnost in industrijski projekt Uporablaj pametno za Elektro Celje. Raziskave mehanizmov boja proti kibernetnemu kriminalu so potekale pri projektu EIO-LAPD iz programa EU DG Justice, raziskave o vrednotenju intelektualne lastnine v raziskovalnih in razvojnih projektih pa pri ciljnem raziskovalnem projektu Vrednotenje IL kot podlaga za predlog dolgoročno vzdržnega modela državnih pomoči za spodbujanje sodelovanja znanosti in gospodarstva.

Rezultati raziskav so bili vključeni v pedagoške aktivnosti članov laboratorija, ki sodelujejo kot visokošolski učitelji na dodiplomskem in podiplomskem študiju na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana, Fakulteti DOBA ter Fakulteti za komercialne in poslovne vede. Laboratorij je član Evropske organizacije za kibernetno varnost (ECISO).

### Koncepti in arhitektura varnih internetnih omrežij, internetnih tehnologij in informacijskih sistemov

Raziskave na prvem področju so bile povezane z varnostno infrastrukturo in zaupanja vrednimi storitvami ter internetnimi tehnologijami na področju energetike.

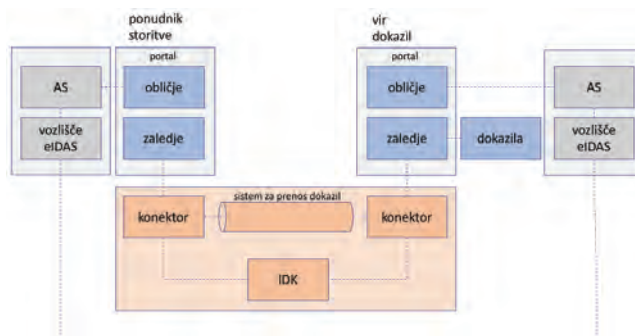
Glavni cilj projekta SI-PASS 2.0 (Integracija slovenskih e-storitev z nacionalnim vozliščem eIDAS) iz programa CEF (Instrument za povezovanje Evrope – Connecting Europe Facility) je bil vzpostaviti infrastrukturo za varne čezmejne storitve v različnih sektorjih. Laboratorij za odprte sisteme in mreže je bil koordinator tega projekta, ki je z osrednjim slovenskim vozliščem eIDAS povezal pet javnih in eno zasebno e-storitev na področjih e-uprave (eUprava in JEP), e-šolstva (eVŠ), zdravstvenega zavarovanja (ZZZS), občin (eObčina) in finančnih storitev (Ilirika Online). Vozlišče eIDAS je v skladu z uredbo eIDAS (Uredba EU o elektronski identifikaciji in storitvah zaupanja za elektronske transakcije na notranjem trgu) osrednja točka zaupanja v državi. Na eni strani povezuje nacionalno infrastrukturo s tujimi ponudniki storitev, na drugi pa nacionalne ponudnike identitet in storitev z infrastrukturami drugih držav EU. Rezultati projekta omogočajo tujcem dostop do slovenskih e-storitev s sredstvi iz priglašanih tujih nacionalnih shem za elektronsko identifikacijo.

Podoben cilj ima projekt DE4A (Digital Europe for all), ki bo državam članicam EU olajšal prehod na varne evropske čezmejne digitalne javne storitve, okreplil zaupanje v javne ustanove ter povečal njihovo učinkovitost in zmanjšal administrativna bremena in stroške. Projekt poenostavlja čezmejno uporabo izbranih postopkov, sistemov in platform ter v praksi kaže koristi pri čezmejnem uresničevanju načel *samo enkrat* in *najprej digitalno*. Pri projektu, ki bo zagotovil tudi skladnost e-storitev z najnovejšimi direktivami in uredbami EU (npr. eIDAS, SDG), vodimo pilot o varnih čezmejnih e-storitvah na področju izobraževanja, in sicer prijave za sprejem v visokošolske zavode, vloge za štipendije in priznavanje diplom, ter delovni sklop za analizo stanja na področju čezmejnih e-storitev v EU. V letu 2021 smo razvili in vzpostavili varno čezmejno storitev za oddajo vlog za štipendije, ki študentom iz Portugalske in Španije omogoča, da za dostop do storitve uporabijo svojo nacionalno e-identiteto, potrebna dokazila, na primer potrdilo o diplomi, pa se samodejno prenesejo iz avtentičnega vira v njihovi državi. Drugi slovenski partnerji pri projektu, ki se je začel leta 2020, so Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Ministrstvo za javno upravo in Univerza v Mariboru.



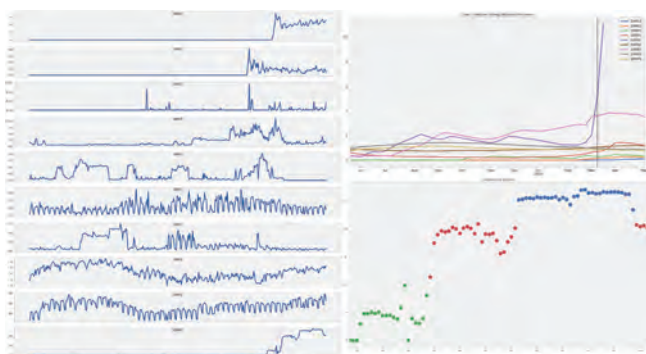
Vodja:  
**doc. dr. Tomaž Klobučar**

**Izdelali smo gradnike za varnostno infrastrukturo in zaupanja vredne storitve.**



Slika 1: Infrastruktura za identifikacijo uporabnikov in čezmejni prenos dokazil





Slika 2: Odkrivanje netehničnih izgub

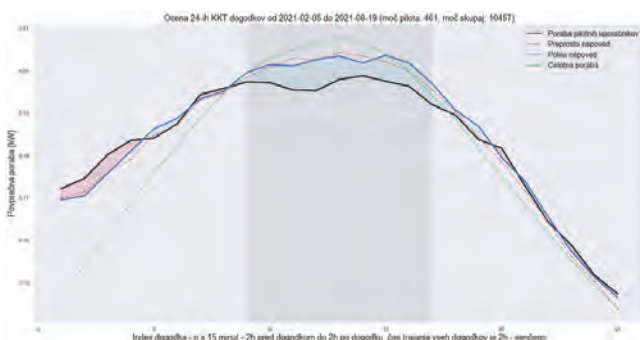
učinkovito sodelovanje končnega uporabnika pri raznovrstnih storitvah prihodnjega pametnega energetskega omrežja ter za lažje doseganje trajnostnih ciljev uporabnikov in njihovih stavb. V njem sodeluje več slovenskih organizacij: Elektro Celje, Elektro Celje Energija, Smart Com, Zveza potrošnikov Slovenije ter Laboratorij za odprte sisteme in mreže. Naloge laboratorija so usmerjene v zagotovitev varnosti in zaščite podatkov, podatkovno analitiko, izvedbo digitalnega dvojčka pametnega doma oziroma večstanovanjske stavbe ter optimalno, večkriterijsko krmiljenje porabe.

Projekt **Uporabljalj pametno** je obravnaval pilotno izvajanje storitev prožnosti v distribucijskem omrežju. V letu 2021 smo z več kot 800 uporabniki preverjali učinkovitost pozitivne in negativne kritično konične tarife oziroma

vzpodbude za zmanjšanje porabe v času konic v omrežju ter povečanje porabe v času večje proizvodnje električne energije v fotovoltaičnih elektrarnah. Naše delo je obsegalo podatkovno analitiko, napovedovanje konic in prožnosti, ocenjevanje odziva uporabnikov ter podporo pri izvedbi zalednih informacijskih sistemov. Za Elektro Celje smo v letu 2021 napovedali 41 dogodkov prožnosti in analizirali njihovo učinkovitost. Pri projektu sodelujejo Elektro Celje, Smart Com, Comsensus ter Laboratorij za odprte sisteme in mreže. Projekt financira Agencija za energijo, ki je tudi izdala dovoljenje za izvedbene spodbude.

V okviru infrastrukturnega programa v raziskovalnih organizacijah so sodelavci laboratorija še naprej ponudili podporo informacijskim in komunikacijskim storitvam, ki omogočajo boljšo komunikacijo tako med člani različnih raziskovalnih programov kot tudi študenti in njihovimi mentorji iz geografsko porazdeljenih institucij. V letu 2021 smo zaradi epidemije covid-19 naše delovanje še nadalje usmerjali v podporo dela instituta na daljavo. Odsekom in drugim oddelkom instituta smo zagotovili 20 licenc videokonferenčnega sistema GotoMeeting ter 100 licenc sistema Zoom in storitev Webinarja za več udeležencev v sodelovanju s Centrom za mrežno infrastrukturo. S pomočjo storitev raziskovalne infrastrukture so na IJS v letu 2021 opravili več kot 6.085 sestankov z 48.500 udeleženci v skupnem trajanju 46.000 ur (1.916 dni), podprli pa smo 31 odsekov, laboratorijev, centrov in drugih organizacijskih enot instituta. Omogočili smo tudi izvedbo Slovenskega in Evropskega festivala znanosti 2021.

### Internetne tehnologije omogočajo lažje vključevanje končnih uporabnikov v procese trga električne energije, distribucijskim operaterjem pa pomagajo pri upravljanju.



Slika 3: Ocenjevanje prožnosti končnih odjemalcev v pametnih omrežjih

### Storitve infrastrukturnega programa so pomembno prispevale k nemotenemu delovanju inštituta v času pandemije covid-19.

#### Mehanizmi za zagotovitev varnosti in zasebnosti v informacijskih sistemih

Zagotovljena varnost in zasebnost sta ključni za delovanje moderne informacijske družbe in razvoj učinkovitega digitalnega trga. Velik izziv v raziskavah za zagotovitev omrežne varnosti je tudi preprečevanje kibernetске kriminalitete. V letu 2021 so sodelavci Laboratorija intenzivno delali na razvoju rešitev in sistemov za zagotavljanje varnostnih mehanizmov. Posodobili smo našo metodo in programsko orodje Vulnet za prepoznavanje ranljivih internetnih sistemov in predlagali potrebne ukrepe za odpravo ranljivosti. Ključna značilnost metode in orodja je zmožnost avtomatiziranega, hitrega in dinamičnega prepoznavanja ranljivih spletnih strežnikov v velikem obsegu, pri tem pa so upoštevani tudi etični vidiki preiskovanja strežnikov. Rezultati so bili nagrajeni s priznanjem *najboljši prispevek* na konferenci INTERNET 2021. Storitve je na voljo domačim in tujim uporabnikom za preverjanje ranljivosti njihovih spletnih strežnikov.

Predmet raziskav so bili tudi matematični modeli za konstrukcijo pomembnih Boolovih funkcij, ki se uporabljajo v simetričnih kriptografskih algoritmi. Raziskovali smo razred parnih funkcij

$f_{\lambda,u,v}(x) = Tr_1^k(\lambda x^{p^{k+1}}) + Tr_1^n(ux)Tr_1^n(vx)$  za katero koli liho praštevilo  $p$ . S Fourierjevimi transformacijami nam je uspelo razdeliti razred vseh  $f_{\lambda,u,v}$  na podrazrede zlomljenih, skoraj zlomljenih in 2-nivojskih funkcij. Ta razvrstitev je zelo pomembna, ker imajo dobljene funkcije različne zaželene kriptografske značilnosti (lahko jih uravnotežimo tako za liho kot za sodo število spremenljivk in nimajo neničelnih linearnih struktur) in zavzamejo pomembno vlogo v nekaterih kriptografskih gradnikih. Rezultati so bili objavljeni v znanstveni reviji *ATMS Mathematics*. Drug pomemben rezultat je povezan z raziskavami odprtega problema EA-enakovrednosti med določenimi razredi zlomljenih funkcij. Uporabili smo odvode drugega reda kot invariante, da vsaj delno ugotovimo EA-enakovrednost zlomljenih funkcij z enako algebraino stopnjo. S pomočjo te metode nam je uspelo izpeljati potrebne in zadostne pogoje za vzpostavitev EA-enakovrednosti med nekaterimi kubičnimi zlomljenimi funkcijami razreda Mairona-McFarland. Rezultati so bili objavljeni v znanstveni reviji *Applicable algebra in engineering, communication and computing*.

Leta 2021 so bili objavljeni tudi rezultati naših raziskav o grožnjah zasebnosti in protiukrepih v spletnih socialnih omrežjih. Solovejevo taksonomijo o kršitvah zasebnosti smo razširili s sodobnimi izzivi varovanja zasebnosti, ki jih prinaša razvoj socialnih omrežij, in pripravili klasifikacijo zaščitnih ukrepov. Poleg tega smo identificirali ključna raziskovalna vprašanja za usmerjanje raziskav na področju ohranjanja zasebnosti.

Med novejšo tehnologije, ki obetajo učinkovitejšo zagotavljanje kibernetike varnosti, prištevamo umetno inteligenco (UI), uporabno zlasti pri analizi in obdelavi velikega števila varnostno relevantnih dogodkov ter odkrivanju še neznanih groženj in oblik kibernetičnih napadov in odzivanju nanje. Za učinkovitejšo raziskavo ter razvoj in preboj slovenskih ponudnikov varnostnih rešitev na evropski in svetovni trg so poleg ustreznih kompetenc in medsebojnega sodelovanja pomembne tudi informacije o raziskovalnih vrzelih na tem področju ter raziskovalno-razvojnih zmogljivostih in primerjalnih prednostih Slovenije. Pri ciljnem raziskovalnem projektu **Umetna inteligenca za kibernetično varnost** raziskujemo metode UI za zagotovitev varnosti, analiziramo stanje na tem področju v Sloveniji, EU in drugod po svetu, identificiramo morebitna področja, kjer ima Slovenija primerjalne prednosti oziroma razvojni potencial, ter pripravljamo predloge za usmeritev za razvoj. V letu 2021 smo pripravili taksonomijo metod UI za kibernetično varnost in sistematični pregled uporabe teh metod za zagotovitev varnosti.

Raziskovanje pridobivanja čezmejnih digitalnih dokazov in analizo Direktive 2014/41/EU nadaljujemo pri projektu iz programa EU DG Justice EIO-LAPD (Evropski preiskovalni nalog – pravna analiza in praktične dileme mednarodnega sodelovanja), kjer sodelujemo s šestimi drugimi ustanovami iz Avstrije, Hrvaške, Italije, Nemčije, Slovenije in Portugalske. V letu 2021 smo obravnavali izzive zagotavljanja čezmejnih digitalnih dokazov v kazenskih preiskavah ter predlagali ustrezne tehnološke in pravne rešitve za odstranjevanje obstoječih ovir v evropskem pravosodju.

Laboratorij za odprte sisteme in mreže je član projekta **CONCORDIA**, enega od štirih evropskih centrov odličnosti kibernetike varnosti iz programa Obzorje 2020. Center ponuja raziskovalne in razvojne rešitve za varen, odporen in zaupanja vreden evropski ekosistem. Znotraj projekta **CONCORDIA** laboratorij sodeluje z raziskavami o uporabniško usmerjeni varnosti, predvsem prek modelov za boj proti dezinformacijam, upravljanja zaupanja v spletu in zagotavljanja elektronske identitete. Poleg tega je laboratorij aktivno vključen v izobraževalne aktivnosti na področju kibernetike varnosti in v pilotni program e-zdravje ter prispeva podatke in modele za razvoj modelov celostne obravnave groženj. V letu 2021 smo sodelovali pri izvedbi obsežne raziskave med učitelji, dijaki srednjih šol in starši iz članic EU, katere cilj je bil določiti potrebne vsebine in pedagoške metode za izvajanje trajnostnega izobraževanja na področju kibernetike varnosti. Pri tem smo pripravili tudi pregled uporabnosti izobraževalnih iger pri poučevanju računalniške varnosti. Rezultati raziskav so bili objavljeni v dveh revijah z velikim vplivom.

### **Storitve, aplikacije in družbenoekonomski vidiki informacijske družbe**

Razvoj digitalnega trga je pogojen z razvojem ustreznih storitev, kot je tehnološko podprto izobraževanje, in dvigom ravni digitalnih veščin prebivalcev Evrope. Naše raziskave na tem področju so bile usmerjene v pomoč starejšim, ki imajo malo ali nič predhodnih izkušenj z uporabo tehnologije in pri pridobivanju digitalnih veščin. Da bi jim olajšali učenje, smo uvedli igralno okolje in medsebojno interakcijo ob pomoči digitalnega mentorja. Določili smo verbalne in neverbalne komunikacijske vzorce, ki podpirajo učenje in sodelovanje med udeleženci, ter raziskali učinkovitost minimalističnega pristopa k mentorstvu. Raziskave med starejšimi smo razširili na oceno različnih pristopov pri uporabi senzorjev pametnih telefonov za zajem prostorskih in časovnih spremenljivk pri testiranju mobilnosti.

Leta 2021 smo začeli z raziskavami uporabe slik, narejenih z mobilnimi telefoni, za sledenje in ocenjevanje resnosti telesnih ran. Najprej smo na podlagi obstoječe literature določili prevladujoči barvni model (HSV) pri ocenjevanju ran in raven zanesljivosti mobilnih tehnologij. Nato smo pripravili metodo za uporabo obdelave slik pri merjenju rane in jo implementirali z okvirjem OpenCV. Naš pristop temelji na večstopenjskem postopku, sestavljenem iz zajema slike, pretvorbe v odenke sive, zameglitvijo, uporabe praga s segmentacijo, identifikacije rane, prilagajanja

---

### **Rezultati naših raziskav in razvoja prispevajo k varnejši informacijski družbi.**

---

velikosti zaznanega območja rane, identifikacije natančnih podatkov, povezanih s sliko, in merjenja območja rane. Pristop ponuja potencialno rešitev za lažje preiskovanje in obravnavo ljudi s kožnimi boleznimi.

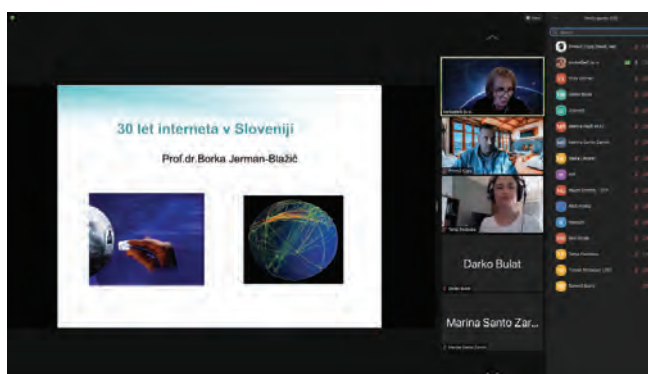
Pri projektu *Athena* sodelujemo z več drugimi odseki in direktorjevo pisarno. Cilj projekta je odstranjevanje ovir za zaposlovanje in karierno napredovanje raziskovalk, zmanjšanje neravnovesja med spoloma v procesih odločanja ter ustvarjanje kulturne spremembe, ki je potrebna, da bi se izognili spolni pristranskosti in diskriminatornim praksam. V ta namen bomo pripravili načrt za enakost spolov (NES) in spremljali njegovo izvajanje. Za zagotovitev sistemskih institucionalnih sprememb pri projektu načrtujemo izvedbo ocene že obstoječih postopkov in praks v partnerskih organizacijah ter analizo nacionalnih zakonodaj in političnih okvirov. Vzpostavljen vključujoč postopek sodelovanja, katerega cilj je po eni strani razumeti potrebe in želje zaposlenih na inštitutu, po drugi strani pa slednje izobraziti o izbranih temah, povezanih z enakovrednim obravnavanjem spolov. Kot končni rezultat bo vsaka partnerska organizacija pripravila in izvajala svoj specifični NES. V letu 2021 je Laboratorij za odprte sisteme in mreže za dokument *Izvajanje načrtov za enakost spolov in sprostitve raziskovalnega potenciala v raziskovalnih in akademskih ustanovah v Evropi* prispeval analizo in ovrednotenje raziskave med zaposlenimi na IJS o njihovih stališčih do enakosti spolov v matični organizaciji.

V letu 2021 smo v sodelovanju s Centrom za prenos tehnologij in inovacij na Institutu "Jožef Stefan" začeli delati pri projektu *Vrednotenje IL kot podlaga za predlog dolgoročno vzdržnega modela državnih pomoči za spodbujanje sodelovanja znanosti in gospodarstva*. Pri projektu, ki ga financirata Ministrstvo za znanost, šolstvo in šport ter ARRS, bodo kvantitativno in kvalitativno analizirane kritične točke prenosa pravic intelektualne lastnine (IL) ter pripravljene smernice za upravljanje s pravicami IL v okviru sodelovalnih RR projektov. Pripravljeni bodo tudi mednarodni primerjalni pregledi urejanja sistema državnih pomoči ter na podlagi omenjenega pregleda predlog celostnega sistema državnih pomoči z vidika projektov, financiranih s strani skladov evropske kohezijske politike, ter predlogi sprememb državnih pomoči na mednarodni ravni, ki bi jih bilo treba implementirati za doseg bolj učinkovitega sodelovanja med deležniki v heliksu znanja.

Laboratorij za odprte sisteme in mreže je aktiven član delovne skupine IEEE P2933 za standardizacijo interneta stvari na področju zdravstva. Člani laboratorija predsedujejo podskupini Trust and Identity (T&I SG) in sodelujejo pri delu podskupin za umetno inteligenco in strojno učenje ter načrtovanje inteligentnih sistemov. Pri pripravi standarda laboratorij vodi opredelitev metodologije razvoja, taksonomijo zasnove sistema in usklajevanje integracije rezultatov različnih podskupin. Hkrati povezujemo poglede EU in ZDA (tehnološki in regulativni) na zaupanje in identiteto v e-zdravju, pri tem pa v standard uvajamo izkušnje iz priprave arhitektur za pilote e-zdravja iz projektov e-SENS in CONCORDIA. V letu 2021 smo pripravili prispevke za naslednje dele standarda, ki obravnavajo zaupanje in identiteto: računalniški model zaupanja za klinično arhitekturo interneta stvari, medsebojna odvisnost med zaupanjem in identiteto ter integracija zaupanja in identitete v referenčno klinično arhitekturo interneta stvari.

Novembra smo na Institutu "Jožef Stefan" praznovali 30-letnico prve internetne povezave v Sloveniji, ki je bila vzpostavljena leta 1991 v Laboratoriju za odprte sisteme in mreže. Linija je bila pridobljena v sklopu projekta EUREKA-8/COSINE (Cooperation of Open Systems Interconnections), v katerem je takrat sodeloval Laboratorij. V programu obeležitve obletnice je prisotne najprej nagovoril Nick Hyrka iz mednarodne organizacije Internet Society (ISOC), svoje predstavitev pa so prispevali tudi člani laboratorija. Prof. dr. Borka Jerman Blažič je predstavila začetke uvajanja interneta v Sloveniji, dr. Primož Cigoj orodje za učinkovitejše odkrivanje ranljivih spletnih mest, Tanja Pavleska pa kibernetško varnost in dezinformacije v Evropi in Sloveniji. Obletnico je s sprejemom obeležil tudi predsednik Republike Slovenije Borut Pahor.

Med prejetimi nagradami v letu 2021 posebej izpostavljamo Puhovo nagrado za življenjsko delo, ki jo je za svoje dosežke na področju informacijskih in komunikacijskih tehnologij prejela prof. dr. Borka Jerman Blažič.



Slika 4: 30-letnica prve internetne povezave v Sloveniji

**Prof. dr. Borka Jerman Blažič je za svoje dosežke na področju informacijskih in komunikacijskih tehnologij prejela Puhovo nagrado za življenjsko delo.**



Slika 5: Puhovo nagrado za življenjsko delo je prejela prof. dr. Jerman Blažič.

## Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Jerman Blažič, B., The cybersecurity labour shortage in Europe: moving to a new concept for education and training, *Technology in society*, 2021, 67, 101769-1-101769-13
2. Luís Marques, D., Pereira Neiva, H., Miguel Pires, I., Zdravovski, E., Mihajlov, M., Garcia, N. M., Ruiz-Cárdenas, J. D., Almeida Marinho, D., Cardoso Marques, M. An experimental study on the validity and reliability of a smartphone application to acquire temporal variables during the single sit-to-stand test with older adults, *Sensors*, 2021, 21, 6, 2050-1-2050-15

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. 27. Slovenski festival znanosti z mednarodno udeležbo, 28.–30. 9. 2021, virtualno
2. Evropski festival znanosti, 9.–11. 11. 2021, virtualno
3. 30 let interneta: obeležitev prve internetne povezave na IJS, 24. 11. 2021, virtualno

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. EIO-LAPD-JUST-AG-2018/JUST-JCOO-AG-2018; Evropski preiskovalni nalog - pravna analiza in dileme prakse v mednarodnem sodelovanju  
European Commission, Directorate General Justice  
prof. dr. Borka Džonova Jerman Blažič
2. ERASMUS+; DigiBlend - Izboljšanje digitalne pismenosti odraslih z inovativnim kombiniranim učenjem s pomočjo iger  
European Commission  
dr. Martin Mihajlov
3. INEA/CEF - SI-PASS 2.0.; Integracija slovenskih e-storitev z nacionalnim vozliščem eIDAS  
European Commission  
doc. dr. Tomaž Klobučar
4. H2020 - CONCORDIA; Kompetence na področju kibernetke varnosti za raziskave in inovacije  
European Commission  
dr. Tanja Pavleska
5. H2020 - DE4A; Digitalna Evropa za vse  
European Commission  
doc. dr. Tomaž Klobučar
6. H2020 - BD4OPEM; Masovni podatki za tržnico energetskih aplikacij na podlagi odprtih inovacij  
European Commission  
dr. Dušan Gabrijelčič
7. H2020 - iFLEX; Pametni pomočniki za upravljanje prožnosti  
European Commission  
dr. Dušan Gabrijelčič
8. H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi  
European Commission  
prof. dr. Borka Džonova Jerman Blažič

## PROGRAM

1. Tehnologije interneta prihodnosti: koncepti, arhitekture, storitve in družbeno-ekonomski vidiki  
prof. dr. Borka Džonova Jerman Blažič

## PROJEKTI

1. Umetna inteligenca za kibernetko varnost  
doc. dr. Tomaž Klobučar
2. Vrednotenje IL kot podlaga za predlog dolgoročno vzdržnega obrazca državnih pomoči za spodbujanje sodelovanja znanosti in gospodarstva  
prof. dr. Borka Džonova Jerman Blažič
3. Umetna inteligenca za kibernetko varnost  
Urad Vlade Republike Slovenije za informacijsko varnost  
doc. dr. Tomaž Klobučar

## VEČJE NOVO POGODBENO DELO

1. Izvajanje podpore v projektu uporabljaj pametno  
Elektro Celje, d. d.  
dr. Dušan Gabrijelčič

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Živa Stepančič: Modeliranje potenciala prožnosti v pametnih omrežjih in statistična podpora v projektih, 7. 10. 2021, virtualno
2. Borka Jerman Blažič, Primož Cigoj, Tanja Ažderska: 30 let interneta: obeležitev prve internetne povezave na IJS, 24. 11. 2021, virtualno

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Andrej Jerman Blažič, INTED 2021, 15<sup>th</sup> International Technology, Education and Development Conference, 8.–9. 3. 2021, virtualno (1)
2. Tanja Pavleska, ITASEC21, 7.–9. 4. 2021, virtualno (1)
3. Tanja Pavleska, konferenca IEEE MetroInd 2021, 7.–9. 6. 2021, virtualno (1)
4. Andrej Jerman Blažič, IATED, 13<sup>th</sup> International Conference on Education and New Learning Technologies, 5.–6. 7. 2021, virtualno (1)

5. Borka Jerman Blažič, Internet 2021: The Thirteenth International Conference on Evolving Internet, 18.–22. 7. 2021, virtualno (1)
6. Tanja Pavleska, EDCC 2021 (European Dependable Computing Conference), 13.–16. 9. 2021, virtualno (1)
7. Martin Mihajlov, COST Action: CA16207 – European Network for Problematic Usage of the Internet, Lizbona, Portugalska, 4.–8. 10. 2021 (1)
8. Tomaž Klobučar, Dnevi slovenske informatike 2021, Portorož, 19. 10. 2021 (1)
9. Živa Stepančič, 14. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 7. 10. 2021, virtualno (1)
10. Živa Stepančič, 15. konferenca slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Laško, 20. 10. 2021 (1)
11. Tanja Pavleska, panel EUREL eMeetup, 26. 10. 2021, virtualno (1)
12. Borka Jerman Blažič, NATO Workshop on critical infrastructure security, 28. 10. 2021, virtualno (1)
13. Tanja Pavleska, konferenca ISOC Community week, 16.–18. 2021, virtualno
14. Dušan Gabrijelčič, Živa Stepančič, sestanek in generalna skupščina projekta BD4OPEM, Barcelona, Španija, 21.–25. 11. 2021
15. Tanja Pavleska, konferenca POEM, 26. 11. 2021, virtualno (1)
16. Tanja Pavleska, Izvršilni odbor Elektrotehniške zveze Slovenije, 7. 12. 2021, virtualno (1)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. doc. dr. Rok Bojanc\*
2. prof. dr. Borka Džonova Jerman Blažič, znanstveni svetnik
3. dr. Dušan Gabrijelčič
4. **doc. dr. Tomaž Klobučar, vodja laboratorija**
5. dr. Martin Mihajlov

### Podoktorski sodelavci

6. Ramanpreet Kaur, PhD., Indija
7. dr. Samed Bajrić
8. dr. Andrej Jerman Blažič
9. dr. Tanja Pavleska
10. dr. Živa Stepančič

### Mlajši raziskovalci

11. dr. Primož Cigoj

### Strokovni sodelavci

12. Klemen Stanič, dipl. inž. rač. in inf. (VS)

### Tehniški in administrativni sodelavci

13. Tatjana Martun, dipl. ekon.

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. ATOS, Španija
2. BOSA, Belgija
3. Elektro Celje, Slovenija
4. ELES, Slovenija
5. Elektro Celje Energija, Slovenija
6. ENGIE Ineo, Francija
7. Engineering, Italija
8. Fraunhofer FIT, Nemčija
9. Hellenic Foundation for European and Foreign Policy, ELIEEP/ELIAMEP, Grčija
10. Inštitut za korporativne varnostne študije, Slovenija
11. ICTU, Nizozemska
12. INESC-ID, Portugalska
13. INTRACOM SA, Grčija
14. IT-Forum, Danska
15. MARAND Inženiring, d. o. o., Slovenija
16. Masarykova univerza, Brno, Češka republika
17. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Slovenija
18. Ministrstvo za javno upravo RS
19. Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport RS
20. Nuuve APS, Danska
21. ODT-e, Francija
22. Raziskovalni inštitut CODE, Nemčija
23. Rhenisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Nemčija
24. Siemens SRL, Romunija
25. Smart Com, Slovenija
26. Thales, Francija
27. Universidade Catolica Portuguesa, Portugalska
28. Univerzitat Jaume I, Španija
29. Univerzitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, Španija
30. University of Latvia, Latvija
31. Univerza Middlesex, London, Velika Britanija
32. Univerza sv. Cirila in Metoda, Skopje, Severna Makedonija
33. Univerza v Gradcu, Avstrija
34. Univerza v Ljubljani
35. Univerza v Mariboru
36. Univerza v Stockholmu, Švedska
37. VTT, Finska

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Samed Bajrić, "EA-inequivalence of bent functions", *Applicable algebra in engineering, communication and computing*, 2021, **32**, 6, 651-663. [COBISS.SI-ID 33184039]
2. Praveen Kumar, Lev Matoh, Ramanpreet Kaur, Urška Lavrenčič Štangar, "Synergic effect of manganese oxide on ceria based catalyst for direct conversion of CO<sub>2</sub> to green fuel additive: catalyst activity and thermodynamics study", *Fuel*, 2021, **285**, 119083. [COBISS.SI-ID 27656451]
3. Diogo Luís Marques, Henrique Pereira Neiva, Ivan Miguel Pires, Eftim Zdravevski, Martin Mihajlov, Nuno M. Garcia, Juan Diego Ruiz-Cárdenas, Daniel Almeida Marinho, Mário Cardoso Marques, "An experimental study on the validity and reliability of a smartphone application to acquire temporal variables during the single sit-to-stand test with older adults", *Sensors*, 2021, **21**, 6, 2050. [COBISS.SI-ID 55147523]
4. Filipe Ferreira *et al.* (11 avtorjev), "Experimental study on wound area measurement with mobile devices", *Sensors*, 2021, **21**, 17, 5762. [COBISS.SI-ID 75723011]
5. Borka Jerman-Blažič, "The cybersecurity labour shortage in Europe: moving to a new concept for education and training", *Technology in society*, 2021, **67**, 101769. [COBISS.SI-ID 78985731]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Filipe Ferreira da Salva, Ivan Miguel Pires, Monica Jones Costa, Vasco Ponciano, Nuno M. Garcia, Eftim Zdravevski, Ivan Chorbev, Martin Mihajlov, "A systematic investigation of models for color image processing in wound size estimation", *Computers*, 2021, **10**, 4, 43. [COBISS.SI-ID 59316995]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. Borka Jerman-Blažič, Primož Cigoj, "Web vulnerability in 2021: large scale inspection, findings, analysis and remedies", V: *Internet 2021, The Thirteenth International Conference on Evolving Internet, July 18-22 2021, Nice, France*, Proceedings, IARIA, 2021, 24-30. [COBISS.SI-ID 72109059]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Helder Aranha, Massimiliano Masi, Tanja Pavleska, Giovanni Paolo Sellitto, "Securing the metrological chain in IoT environments: an architectural framework", V: *2021 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, Rome, Italy, June 7-9, 2021*, Proceedings, IEEE, 2021, 704-709. [COBISS.SI-ID 66124035]
2. Giovanni Paolo Sellitto, Helder Aranha, Massimiliano Masi, Tanja Pavleska, "Enabling a zero trust architecture in smart grids through a digital twin", V: *EDCC 2021 Workshops, DREAMS, DSOGR, SERENE 2021, Munich, Germany, September 13, 2021*, Dependable computing, (Communications in computer and information science **1462**), Springer, 2021, 73-81. [COBISS.SI-ID 89507587]
3. Tomaž Klobučar, "Varne čezmejne e-storitve in načelo "samo enkrat", V: *28. Dnevi slovenske informatike, Portorož, 19-20 oktober 2021*, Digitalizacija: uspešneje, hitreje, ceneje, Slovensko društvo Informatika, 2021, 16-22. [COBISS.SI-ID 82036995]
4. Rok Bojanc, "Analysis of research on e-invoicing in Slovenia", V: *EECME 2021, Eastern European Conference of Management and Economics, Slovenia, Ljubljana, May 28, 2021*, Sustainable development in modern knowledge society, Ljubljana School of Business, 2021, 79-87. [COBISS.SI-ID 67427587]
5. Andrej Jerman Blažič, "Cyber security and serious games in the educational process: an exploratory study of the learning and technical parameters", V: *INTED 2021, 15th International Technology, Education*

- and Development Conference, 8-9 March, 2021, Proceedings, IATED Academy, 2021, 3976-3982. [COBISS.SI-ID 59996163]
6. Giovanni Paolo Sellitto, Massimiliano Masi, Tanja Pavleska, Helder Aranha, "A cyber security digital twin for critical infrastructure protection: the intelligent transport system use case", V: *PoEM 2021, 14th IFIP WG 8.1 Working Conference on the practice of enterprise modeling, Riga, Latvia, November 24-26, 2021*, Proceedings, (Lecture notes in business information processing **432**), Springer, 2021, 230-244. [COBISS.SI-ID 86865667]
7. Massimiliano Masi, Tanja Pavleska, Simone Pezzoli, "A systematic approach for the definition of countermeasures in industrial IoT: an automotive case", V: *ITASEC 2021, Italian Conference on Cybersecurity 2021*, Proceedings, (CEUR workshop proceedings **2940**), CEUR-WS, 2021, 319-330. [COBISS.SI-ID 75241731]
8. Izudin Softić, Samed Bajrić, Nedžimija Demirović, Emina Hrvič, Amila Brčaninović, "An impact of spinning reserve on the number of solutions in the unit commitment problem", V: *ERK 2021, 30. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20-21 september 2021*, Zbornik, (Zbornik Elektrotehniške in računalniške konference **30**), Slovenska sekcija IEEE, Fakulteta za elektrotehniko, 2021, 234-237. [COBISS.SI-ID 78391043]

## OBJAVLJENA STROKOVNA PRISPEVKA NA KONFERENCI

1. Andrej Jerman Blažič, "New approach in cybersecurity education: introducing new practices and innovations", V: *13th International Conference on Education and New Learning Technologies, 5th-6th July, 2021*, Proceedings, (EDULEARN proceedings), IATED, 2021, 6619-6626. [COBISS.SI-ID 72231939]
2. Rok Bojanc, "Kaj predlog novega zakona o izmenjavi e-računov predstavlja za podjetja", V: *23. kongres izvajalcev računovodskih storitev, 7-8 oktober 2021, Kongresni center Thermana Laško*, zbornik prispevkov, Gospodarska zbornica Slovenije - Zbornica računovodskih servisov, 2021, 47-58. [COBISS.SI-ID 81580291]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGLAVJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Borka Jerman-Blažič, "Cybersecurity skills in EU", V: *Cybersecurity threats with new perspectives*, IntechOpen, 2021, 190-212. [COBISS.SI-ID 94727939]
2. Ramanpreet Kaur, Tomaž Klobučar, Dušan Gabrijelčič, "Privacy in online social networks: threat analysis and countermeasures", V: *Handbook of research on cyber crime and information privacy*, IGI Global, 2021, 567-598. [COBISS.SI-ID 29350147]
3. Rok Bojanc, "Analysis of e-invoicing as a driver for digital transformation", V: *Sustainable development in a modern knowledge society*, Ljubljana School of Business, 2021, 65-76. [COBISS.SI-ID 70041603]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Rok Bojanc, *E-hramba dokumentov*, Mednarodni center za prenos znanja, 2021. [COBISS.SI-ID 51506179]
2. Rok Bojanc, *Kako razviti pregleden in učinkovit klasični načrt za hranjenje poslovne dokumentacije?*, 2021. [COBISS.SI-ID 64546051]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Primož Cigoj, *Avtomatsko zaznavanje ranljivosti za varnost spletnih strani: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Borka Jerman Blažič). [COBISS.SI-ID 97754115]



**Osnovne dejavnosti Odseka za komunikacijske sisteme obsegajo raziskovanje, načrtovanje in razvoj heterogenih komunikacijskih, računalniških in senzorskih omrežij, brezžičnih tehnologij in komunikacijskih storitev naslednje generacije; zasnovano novih postopkov za vzporedno in porazdeljeno reševanje računsko intenzivnih problemov na raznolikih visokozmogljivih računalniških arhitekturah in časovno občutljivih problemih v robnih napravah; ter integracijo senzorskih, komunikacijskih, računskih in podatkovnih tehnologij v podporo digitalizaciji in pametnim infrastrukturam. V okviru teh dejavnosti razvijamo in proučujemo nove metode in arhitekture, programska orodja in knjižnice, pilotske postavitve in eksperimentalna okolja.**

Raziskovalno in razvojno delo na odseku poteka v okviru *Laboratorija za komunikacijske tehnologije (LKT)*, *Laboratorija za vzporedne in porazdeljene sisteme (LVPS)* ter *Laboratorija za omrežene vgrajene sisteme (LOVS)*. Raziskovalno delo laboratorijev se vsebinsko dopolnjuje, kar se izraža predvsem pri izvajanju aplikativnih projektov.

V *Laboratoriju za komunikacijske tehnologije* smo se v letu 2021 osredotočili predvsem na raziskave, povezane z dostopnim segmentom radijskih omrežij. Proučevali smo radijski prenos v prizemnih in satelitskih komunikacijah ter upravljanje radijskih in omrežnih virov. Raziskave so del raziskovalnega programa *Komunikacijska omrežja in storitve (P2-0016)* in raziskovalnih projektov *J2-2507 Z upoštevanjem informacij o okolju proti inteligentnim brezžičnim komunikacijam* in *J2-3048 Napredno modeliranje radijskih kanalov z žarkovno-optičnimi in numeričnimi brez mrežnimi metodami*. Poleg tega smo nadaljevali raziskave na področju električnih omrežij, ki smo jih začeli v preteklih letih, in nadgradili testno okolje LOG-a-TEC z novimi funkcionalnostmi.

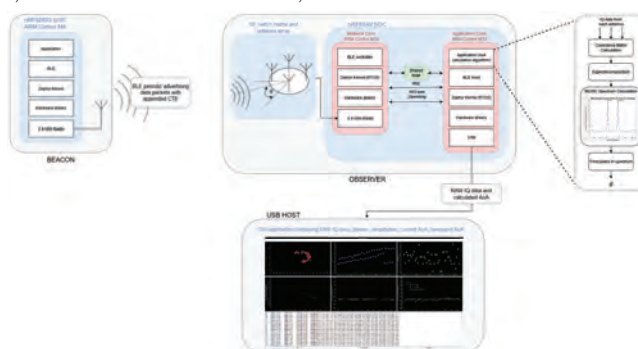
Pomemben del dejavnosti *Laboratorija za komunikacijsko tehnologijo* so bile raziskave na področju modeliranja in simulacije radijskih kanalov. Nadaljevali smo s proučevanjem determinističnega modeliranja kanalov, zlasti algoritmov za sledenje žarkov, v geometrijsko nepravilnih okoljih. Raziskovali smo nove pristope ter algoritme in načine poenostavitve okolja za časovno učinkovitejšo in natančnejšo napovedovanje širjenja radijskih valov. Poudarek je bil na raziskovanju učinkovitosti tehnik sledenja žarkov v geometrijsko zelo nepravilnih okoljih, sestavljenih iz številnih majhnih trikotnih površin, običajno pridobljenih z laserskim skeniranjem. Proučili smo geometrijske poenostavitve opisov okolij za namene modeliranja kanalov in pokazali, da izbira algoritma za poenostavitve vpliva na stopnjo poenostavitve, ki je še sprejemljiva. Pristope smo preizkusili na 3D-modelih naravnih jam, kjer smo razširjanje radijskih signalov modelirali s tehniko sledenja žarkov. V večjih jamah, ki so podobne predorom, so vidne minimalne spremembe natančnosti vse do točke, ko jama postane neprehodna, medtem ko je v ožjih in manj enotnih jamah opaziti nekoliko izboljšano natančnost modeliranja širjenja signala. Glavna prednost predlaganega pristopa je zmanjšanje časa modeliranja, ki se glede na razpoložljivo ločljivost skeniranja približno prepolovi. Glede na rezultate je pristop poenostavitve odstranjevanja robov pokazal najboljše rezultate.

Deterministične tehnike sledenja radijskim žarkom pokrijejo le del mehanizmov širjenja radijskega valovanja in v svoji sedanjih obliki ne zagotavljajo ustreznega modeliranja kanalov za komunikacijska omrežja naslednjih generacij. Masivni večantenski sistemi, porazdeljene antene, vedno večja gostota dostopnih točk in manjša velikost brezžičnih celic v kombinaciji s povečano močjo procesiranja sodobnih računalnikov odpirajo nove raziskovalne smeri. Med njimi je tudi uporaba numeričnih metod za reševanje temeljnih Maxwellovih enačb elektrike in magnetizma, ki postajajo vse bolj sprejemljive tudi za obravnavo elektromagnetno večjih problemov. Omenjene metode raziskujemo v okviru projekta *J2-3048 Napredno modeliranje radijskih kanalov z žarkovno-optičnimi in numeričnimi brez mrežnimi metodami*. Prilagoditev osnovnih numeričnih metod za omilitev velike računske zahtevnosti ob še sprejemljivi natančnosti je alternativa metodi sledenja radijskim žarkom, ki trenutno uspešno izpodriva starejše izkustvene modele širjenja radijskega valovanja. Ukvarjamo se s celovito oceno teh dveh konkurenčnih pristopov modeliranja telekomunikacijskih kanalov. Cilj raziskav je tudi premostitev pogosto nesprejemljivih časov procesiranja za pričakovano natančnost modeliranja. Primarni poudarek je na razgibanih okoljih brez preprostega geometrijskega opisa, kot so majhne radijske celice z veliko podrobnostmi.



Vodja:

**prof. dr. Mihael Mohorčič**



Slika 1: Sistem za merjenje in prikaz kota prihoda signala, ki ga oddaja naprava BLE.



V okviru raziskovalnih dejavnosti na področju optimizacije in upravljanja brezžičnih omrežij smo raziskali novo metodo, ki omogoča napovedovanje lastnosti radijskih kanalov iz informacij o okolju, merjenih delnih informacij o stanju radijskih kanalov (CSI) in informacij o radijskih vozliščih, ki se bo uporabljala v bodočih inteligentnih radijskih omrežjih. Raziskave so del projekta J2-2507 *Z upoštevanjem informacij o okolju proti inteligentnim brezžičnim komunikacijam*. Inteligenca prihodnjih brezžičnih komunikacijskih sistemov temelji na zavedanju radijskega okolja, ki se lahko oceni iz lastnosti sprejetega radijskega signala ter trenutne in pretekle izkoriščenosti omrežnih virov. V letu 2021 smo analizirali obstoječe brezžične komunikacijske sisteme in njihovo sposobnost ocenjevanja okolja ter predlagali arhitekturo sistema za predlagano metodologijo. Poleg tega smo nadalje razvijali idejo o možnosti ocene 3D-geometrije okolja in električnih lastnosti gradnikov okolja z izkoriščanjem informacij o stanju radijskega kanala pri predpostavki, da ima telekomunikacijski sistem neskončno pasovno širino. Ideja temelji na predpostavki, da je sprejeti radijski signal popačen zaradi interakcije z okoliškimi predmeti in tako vključuje podpis radijskega okolja. Predlagali smo novo metodologijo, kako uporabiti podpise radijskega okolja za karakterizacijo geometrije in materialov v zaprtih prostorih z uporabo orodij strojnega učenja, simulacij sledenja radijskim žarkom in ultra širokopasovne komunikacijske (UWB) tehnologije. Računalniške simulacije so pokazale, da lahko materiale sten, ki imajo različne elektromagnetne lastnosti, razvrstimo v reprezentativne skupine, če opazujemo posamezno povezavo oddajnik-sprejemnik v znani geometriji okolja. Kadar geometrija okolja ni znana, mora biti v postopek učenja in preizkušanja vključena več kot ena radijska povezava. Izdelali smo tudi ročno merilno orodje, ki temelji na UWB-tehnologiji za oceno informacij o stanju kanala, ker želimo teorijo preizkusiti tudi v praksi.

Ob izbruhu epidemije covid-19 smo se aktivno vključili v raziskave na področju IKT, ki bi lahko pripomogle k modeliranju intenzivnosti medsebojnih stikov. Pridobili smo dodatna sredstva za program P2-0016. V razširitvi programa se posvečamo uporabniško usmerjenemu pristopu izkoriščanja značilnosti brezžičnih omrežij z glavnim ciljem, da ocenimo intenzivnost stika uporabnika z drugimi uporabniki (ali okuženimi osebami). Z uporabo razvite mobilne aplikacije in pripadajoče podatkovne platforme za spremljanje radijskega okolja smo se ukvarjali z opredelitvijo intenzivnosti stika med osebami/napravami in raziskovali inovativne metode za oceno intenzivnosti stika na podlagi odtisa radijskega okolja, ki jo je posnela uporabnikova naprava. Osredotočali smo se na tehnologije,

ki jih je možno spremljati z mobilnim telefonom, predvsem WiFi in BLE. Preliminarni rezultati, ki ovrednotijo učinkovitost predlaganega pristopa, so bili predstavljeni na konferencah.

### Z uporabo odtisa radijskega okolja mobilnega telefona smo ocenili intenzivnost stika med ljudmi.

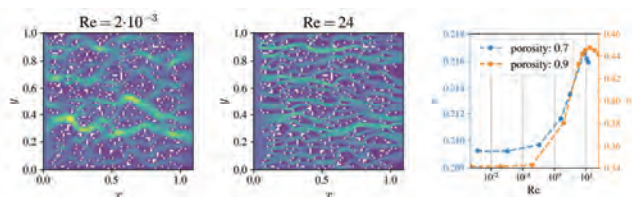
Člani laboratorija sodelujemo tudi pri projektu COST CA 2021 INTERACT Radijske komunikacije, ki omogočajo inteligentne nezaznavne vključujoče interakcije. Projekt se je začel leta 2021. Njegov cilj je doseči znanstvene preboje z uvajanjem novih metod načrtovanja in analize radijskih omrežij z namenom ustvariti nova inteligentna radijska komunikacijska omrežja. To pomeni, da so omrežja ozaveščena, prilagodljiva in varčna ter da bodo prispevala k ustvarjanju inteligentnih okolij. Sodelujemo v vseh treh delovnih skupinah, in sicer *Radijski kanali*, *Obdelava in lokalizacija signalov* ter *Omrežne arhitekture in protokoli*, dveh horizontalnih aktivnostih, in sicer *Nabori podatkov* in *Razširjanje znanja in usposabljanje* ter v vertikalni skupini *Pametne zgradbe in mesta*.

Nadaljevali smo z raziskavami na področju interneta stvari (IoT). Eksperimentalno brezžično omrežje LOG-a-TEC smo nadgradili za podporo eksperimentom s tehnologijo BLE. Glavni raziskovalni poudarek je bil na rešitvah za ugotavljanje bližine naprav (uporabnikov) v zunanjih okoljih, ki temeljijo na parametru RSSI, kar je zelo zahtevna naloga in ključnega pomena v primeru velikih epidemij, ter na izogibanju motnjam v brezžični tehnologiji 6TiSCH (IPv6 prek TSCCH IEEE 802.15.4e) za industrijski internet stvari (IIoT).

Na področju obdelave signalov smo nadaljevali obsežne statistične analize meritev signala, ki smo jih pridobili v treh letih meritev signala s satelita Alphasat. V reviji najvišjega ranga smo objavili komplementarne kumulativne funkcije porazdelitve (CCDF) slabljenja zaradi dežja, in sicer za vsako leto posebej ter za vsa tri leta skupaj. Strokovno znanje s področja obdelave signalov smo uporabili tudi pri reševanju problema identifikacije neznane topologije omrežja v nizkonapetostnih sistemih za distribucijo električne energije. Analizirali smo pomanjkljivosti obstoječih

metod in predstavili nekaj izvirnih rešitev. Predlagali smo pristop za identifikacijo topologije omrežja, ki se izogne predpostavki linearnega pretoka moči in s tem zmanjša občutljivost postopka rekonstrukcije na merilne napake. Uspešno smo rekonstruirali topologijo eksperimentalnega nizkonapetostnega omrežja le na podlagi meritev pametnih števec.

V Laboratoriju za vzporedno in porazdeljeno računanje smo nadaljevali razvoj lokalnih brez mrežnih metod za numerično reševanje sistemov parcialnih diferencialnih enačb (PDE). V letu 2021 smo implementirali prototipni postopek  $p$ -adaptivnega reševanja. Na podlagi obetavnih rezultatov smo raziskave, s končnim ciljem samodejnega  $p$ -adaptivnega postopka reševanja, nadaljevali. Razvili smo izvirni algoritem



Slika 2: Primerjava različnih režimov toka skozi porozen kanal s poroznostjo 0.9, ki prikazuje razlike, ki se pojavijo zaradi vpliva vztrajnosti pri višjih Reynoldsovih številih na levih slikah, in odvisnost participacijskega števila  $\alpha$  od Reynoldsovega števila za dva naključno generirana kanala z različnima stopnjama poroznosti na desni.

za vzporedno diskretizacijo parametričnih površin – pomemben korak k sklopitvi analize z brez mrežnimi metodami in računalniško podprtega načrtovanja (CAD). Razvili smo tudi dimenzijsko neodvisno izboljšano brez mrežno rešitev za problem newtonske naravne konvekcije, kjer smo pokazali občutno povečanje računske učinkovitosti novega pristopa. V sodelovanju z Univerzo v Vroclavu smo začeli raziskovati vpliv vztrajnosti na tok tekočine skozi kompleksne porozne medije, kjer smo odgovorni za načrtovanje in izvedbo sistematične numerične študije toka skozi porozne medije, s katero bi radi boljše razumeli in upoštevali vpliv zavrtosti tokovne poti. Razvite pristope numeričnega reševanja smo uporabili tudi pri aplikativnem raziskovalnem projektu (omenjenega v nadaljevanju), ki se ukvarja s plastično deformacijo telesa.

Nadaljevali smo sodelovanje z Geološkim zavodom Slovenije in Oddelkom za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani pri projektu ARRS J1-2479 – *Pretekle podnebne spremembe in poledenitev na stiku Alp in Dinaridov*, ki prepoznava indikatorje preteklih poledenitev za proučevanje kvartarnih podnebnih sprememb. Leta 2021 smo pripravili simulacijsko okolje Parallel Ice Sheet Model (PISM) in vhodne podatke zanj, kot so digitalni višinski zemljevidi in podnebni dejavniki. Razvili smo tudi nov model podnebnih dejavnikov.

Nadaljevali smo raziskave v sklopu ARRS projekta J7-2599 – *Vpliv razpada masovne populacije invazivne rebračice na mikrobno združbo obalnega morja – od molekul do ekosistema – celosten interdisciplinarni pristop*, kjer naš laboratorij sodeluje z numeričnim in oceanografskim modeliranjem. V letu 2021 smo predstavili nov populacijski model za spremljanje rasti mikroorganizmov, ki temelji na modelih Monoda ter Luedekinga in Pireta. S tem modelom smo opisali rezultate eksperimentov naših projektnih partnerjev. Rezultate smo objavili na konferenci Mipro 2021 v članku z naslovom *A model for jellyfish detritus decay through microbial processing*, ki je prejel nagrado za najboljši prispevek na omenjeni konferenci.

Leta 2021 smo začeli sodelovati na štirih temeljnih raziskovalnih projektih. Projekt N2-0171 – *Teorija grafov in kombinatorično znanstveno računalništvo* poteka v sodelovanju s Fakulteto za računalništvo in informatiko (FRI), InnoRenew (SI) in Inštitutom za matematiko Alfréd Rényi (HU) ter bo opredelil probleme kombinatoričnega znanstvenega računalništva v povezavi s teorijo grafov. Naša vloga obsega zasnovano in implementacijo močno vzporednih optimizacijskih algoritmov na grafih za reševanje teh problemov na vzporednih računalniških okoljih.

V sodelovanju s Fakulteto za elektrotehniko (FE) in Laboratorijem za komunikacijske tehnologije smo začeli izvajati projekt J2-3048 – *Napredno modeliranje radijskih kanalov z žarkovno-optičnimi in numeričnimi brez mrežnimi metodami*. Cilj projekta je prilagoditev in razvoj numeričnega brez mrežnega modela za problem širjenja elektromagnetnega valovanja, ki ga je mogoče uporabiti za manjše radijske celice, na katere bistveno vplivata geometrija in materiali okolja.

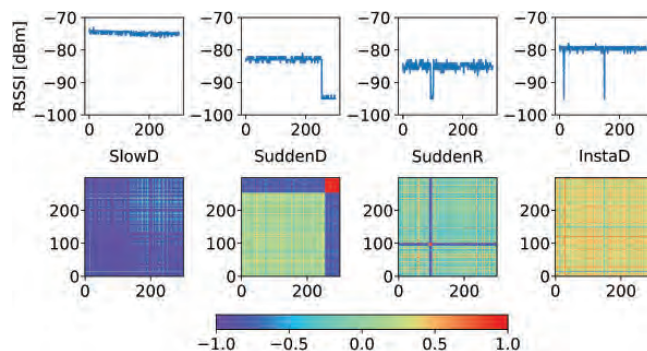
V sodelovanju s Fakulteto za šport in Laboratorijem za strojno inteligenco na Fakulteti za elektrotehniko smo začeli projekt J3-3115 *AiCoachU – Vadba z umetno inteligenco*, katerega cilj je uspešno prepoznavanje začetka fizične utrujenosti ter pretiranega mehanskega gibanja medenice in zadnjega dela stopala pri različnih hitrostih teka in različnih naklonih tekaške površine z uporabo namenske senzorske platforme in globokega učenja.

V sodelovanju z oddelkom F1 in Laboratorijem za komunikacijske tehnologije smo začeli projekt N2-0171 – *Kriptografsko varno generacijo naključnih števil*, v sklopu katerega nameravamo razviti kriptografsko varno generacijo psevdonaključnih števil. Za namen generiranja naključnih števil bo modul omogočal zajemanje entropije iz virov, ki jih ponuja operacijski sistem, nameščen na mobilni napravi, in iz uporabnikovih dejanj.

Leta 2021 je ARRS v okviru projekta promocije znanosti – Odličnost v znanosti za leto 2021 prepoznala znanstveni dosežek z naslovom *Personalised Real-Time Control of Hidden Temperature Variables in Therapeutic Knee Cooling*.

Na področju aplikativnih raziskav smo nadaljevali razvoj DiTeR – modularne programske opreme za dinamično ocenjevanje toplotnega stanja (DTR), namenjene napovedi toplotnega stanja električnih daljnovidov, ki se operativno uporabljajo v družbi ELES, d. o. o., po vsem svetu pa jo trži podjetje Operato. V okviru pogodbe o vzdrževanju in dodatne pogodbe o svetovanju smo izboljšali modul negotovosti za DTR in izvedli analize modeliranja vremena na mikroskopski razsežnosti, ki je ključnega pomena za natančno napovedovanje DTR.

Leta 2021 smo svoje sodelovanje na področju elektroenergetskih sistemov dodatno razširili z začetkom dveh aplikativnih raziskovalnih projektov. Projekt *TrafoFlex: napredni koncept učinkovite uporabe transformatorjev z uporabo tehnologije DTR* se ukvarja z razvojem in testiranjem konceptov napredne uporabe transformatorjev v smislu delovanja, fleksibilnosti in upravljanja s sredstvi. Naša vloga pri projektu je razvoj fizikalnega modela DTR za energetske transformatorje za podjetje Operato.



Slika 3: Predstavitev anomalij na brezžičnih povezavah v obliki Gramovih kotnih seštevajlnih polj

---

**ARRS je v okviru projekta promocije znanosti – Odličnost v znanosti za leto 2021 prepoznala znanstveni dosežek z naslovom Personalised Real-Time Control of Hidden Temperature Variables in Therapeutic Knee Cooling.**

---

---

**Za prispevek na mednarodni konferenci IEEE WiMob z naslovom A deep learning model for anomalous wireless link detection je prvi avtor Blaž Bertalanič prejel nagrado za najboljši študentski prispevek.**

---

Za Center za diagnostiko in analitiko (DAC) pri družbi ELES, d. o. o., smo začeli izvajati projekt *Napovedovanje vzdrževalnih posegov regulacijskega stikala z napredno analitiko*, kjer naša naloga obsega razvoj napovednega modela števila preklonov na podlagi domenskega znanja, statistične obravnave in strojnega učenja ter implementacijo modela v operativno uporabo za DAC.

V letu 2021 smo zaključili tudi dva manjša aplikativna projekta za Nacionalni inštitut za biologijo (NIB) in avstrijsko podjetje SinusPRO. Za NIB smo opravili vključitev knjižnice za modeliranje biogeokemijskih pojavov – BFM v knjižnico za modeliranje oceanografskih pojavov – CROCO. Za podjetje SinusPro GmbH smo proučili brez mrežno simulacijo plastične deformacije kontinuuma, ki nastane med postopkom 3D-tiskanja. Plastično deformacijo smo modelirali z von Misesovim modelom plastičnosti z nelinearnim izotropnim utrjevanjem.

V **Laboratoriju za omrežene vgrajene sisteme** je poudarek raziskav na integraciji senzorskih, komunikacijskih, računskih in podatkovnih tehnologij v podporo digitalizaciji posameznih vertikalnih področij in delovanju pametnih infrastruktur z namenom izboljšanja njihove dostopnosti, uporabnosti in učinkovitosti rabe virov. Pri tem uporabljamo sodobne koncepte, kot so storitveno orientirana arhitektura, dinamično sestavljanje storitev, kognitivne komunikacije, internet stvari ter metode strojnega in globokega učenja.

V okviru raziskovalnega programa *Komunikacijska omrežja in storitve* (P2-0016) smo nadaljevali s proučevanjem in prilagajanjem metod strojnega in globokega učenja za napredno upravljanje radijskih virov na podlagi podatkovnega pristopa s poudarkom na prenesenem učenju, samonadzorovanem učenju in na alternativnih tehnikah reprezentacije podatkov v časovnih vrstah. Poleg običajnega zmanjševanja dimenzionalnosti podatkov v vrstah na najpomembnejše značilnosti za prepoznavanje in klasifikacijo vzorcev smo začeli tudi proučevati metode za razširjanje dimenzionalnosti, predvsem z namenom izboljšanja prepoznavanja anomalij in motivov v podatkovnih časovnih vrstah. Nadaljevali smo tudi z razvojem in proučevanjem postopkov avtomatizacije življenjskega cikla pametne infrastrukture s pomočjo umetne inteligence, predvsem v fazi začetne postavitve in v fazi delovanja infrastrukture, s poudarkom na postopkih za začetno namestitve in konfiguracijo ter naknadno posodabljanje storitev z uporabo brezstične in glasovno podprte metode.

V letu 2021 smo poleg dela na raziskovalnem programu nadaljevali raziskovalno delo na projektih H2020 SAAM, Fed4FIRE+, RESILOC in BD4OPEM ter na temeljnem raziskovalnem projektu ARRS J2-9232 LoLaG.

Uspešno smo zaključili izvajanje projekta SAAM (Supporting Active Ageing Through Multimodal Coaching), pri čemer smo nadgradili algoritme in pilotne funkcionalnosti za multimodalno zaznavanje aktivnosti in konteksta v bivalnem okolju prek spremljanja potrošnje energije električnih porabnikov in motenj v ultraširokopasovnem radijskem kanalu, ter sodelovali pri novih pilotnih postavitvah sistema za nevsiljivo zaznavanje, spremljanje in prepoznavanje aktivnosti ostarelih v domačem okolju.

V okviru projekta Fed4FIRE+ (Federation for FIRE plus) smo eksperimentalno brezžično omrežje LOG-a-TEC nadgradili s širokopasovno tehnologijo UWB IEEE 802.15.4, ki ima kratek doseg in nizko porabo ter omogoča merjenje impulznega odziva kanala (CIR) in merjenje razdalje, za podporo eksperimentom za natančnejšo lokalizacijo in sledenje v notranjih in zunanjih okoljih, zaznavanje predmetov in gibanja, analize motenj itd. Z uvedbo koncepta neprekinjenega razvijanja (CD) eksperimentov, ki podpira hkratno izvajanje vzporednih eksperimentov in njihovo popolnoma avtomatizirano izvedbo, smo tudi poenostavili interakcijo uporabnika s testnim omrežjem.

V projektu RESILOC (Resilient Europe and Societies by Innovating Local Communities) smo nadaljevali z razvojem rešitev, ki temeljijo na IoT in brezžičnih tehnologijah, za izboljšanje indikatorjev odpornosti lokalnih skupnosti na različne nesreče in nepredvidene dogodke. Zaključili smo zasnovo in izvedbo (i) cenovno ugodne elektronske značke z uporabo Bluetooth svetilniškega signala za identifikacijo ljudi in osnovnih sredstev; (ii) mobilne aplikacije za anonimizirano zaznavanje gibanja množic in izvajanje kratkih ciljnih raziskav mnenja pred uvedbo novih ukrepov za povečanje odpornosti in po njej; (iii) omrežnega prehoda za zaznavanje bližnjih radijskih signalov Bluetooth in WiFi za posredno spremljanje vedenja in gibanja ljudi; in (iv) zaledni sistem s podatkovno bazo, vmesniki API in podporo različnim komunikacijskim protokolom za učinkovito integracijo razvitih rešitev v oblačno platformo RESILOC. Sodelovali smo tudi pri definiciji primerov uporabe navedenih rešitev v okviru načrtovanih preizkusnih testiranj v lokalnih skupnostih.

Raziskovalno delo pri projektu BD4OPEM (Big Data for OPen innovation Energy Marketplace) smo nadaljevali s sodelovanjem pri zasnovi in implementaciji arhitekture odprte podatkovne tržnice ter metodologije zajemanja in obravnave velepodatkov iz različnih virov. Osrednjo pozornost smo namenili razvoju storitev za fleksibilno združevanje povpraševanja in odziva ter vpogled in upravljanje z distribuirano generacijo in porabo energije v pametnih stavbah in industrijskih obratih. Namen teh podatkovno podprtih storitev je učinkovito in avtomatsko upravljanje s porazdeljenimi obnovljivimi viri in bremenami za zmanjšanje vršnih vrednosti in nihanja pri prenosu in distribuciji ter optimizaciji stroškov pri porabi energije.

V letu 2021 smo uspešno zaključili tudi temeljni ARRS projekt J2-9232 – LoLaG *Upravljanje z viri za zanesljive komunikacije z nizkimi zakasnitvami v pametnih omrežjih*, v katerem smo na primeru naprave za merjenje fazorjev (angl. phasor measurement unit, PMU) v energetskega distribucijskega omrežju pokazali ustreznost razvitega porazdeljenega okvirja za usklajevanje računanja med robnimi napravami in oblačnimi zmogljivostmi za avtomatizirano odkrivanje in lokalizacijo napak v realnem času brez dodatnih zakasnitev ali izgube podatkov pri prenosu.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. G. Morano, A. Hrovat, M. Vučnik, J. Puhan, G. Gardašević, D. Vasiljevič, T. Javornik, Experiment control and monitoring system for LOG-a-TEC testbed, *Sensors*, 2021, 21, 19, 6422-1-6422-16
2. R. Novak, Three-point synchrophasor estimator with better off-nominal frequency leakage reduction, *IEEE access*, 2021, 9, 50126-50137
3. T. Kocevská, T. Javornik, A. Švigelj, A. Hrovat, Framework for the machine learning based wireless sensing of the electromagnetic properties of indoor materials, *Electronics*, 2021, 10, 22, 2843-1-2843-24
4. A. Kelmendi, A. Hrovat, M. Mohorčič, A. Švigelj, Alphasat propagation measurements at Ka- and Q- bands in Ljubljana: three years statistical analysis, *IEEE antennas and wireless propagation letters*, 2021, 20, 2, 174-178
5. M. Jančič, J. Slak, G. Kosec, Monomial augmentation guidelines for RBF-FD from accuracy versus computational time perspective, *Journal of scientific computing*, 2021, 87, 9
6. J. Slak, G. Kosec, Medusa: A C++ library for solving PDEs using strong form 1 mesh-free methods, *ACM transactions on mathematical software*, 2021, 47, 3, 28
7. A. Rashkovska, R. Trobec, Framework for personalized real-time control of hidden temperature variables in therapeutic knee cooling, *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 2021, 25, 4, 947-958
8. Cerar, Gregor, Yetgin, Halil, Mohorčič, Mihael, Fortuna, Carolina, Machine learning for wireless link quality estimation: a survey, *IEEE Communications surveys and tutorials*, 2021, 23, 2, 696-728
9. Bregar, Klemen, Hrovat, Andrej, Mohorčič, Mihael, UWB radio-based motion detection system for assisted living, *Sensors*, 2021, 21, 11, 3631-1-3631-22
10. Sodin, Denis, Rudež, Urban, Mihelin, Marko, Smolnikar, Miha, Čampa, Andrej, Advanced edge-cloud computing framework for automated PMU-based fault localization in distribution networks, *Applied sciences*, 2021, 11, 7, 3100-1-3100-17

**V najvišje rangirani reviji na področju telekomunikacij s faktorjem vpliva nad 25 smo objavili prispevek o uporabi strojnega učenja za ocenjevanje kakovosti brezžičnih povezav.**

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. Implementacija modela plastičnosti v FreeFEM++  
SinusPro GmbH; dr. Gregor Kosec
2. COST CA18203; ODIN - Optimizacija načrtovanja za preverjanje  
COST Association AISBL; dr. Gregor Kosec
3. COST CA20120 - INTERACT; Omogočanje inteligentnih radijskih komunikacij za vseobsežne interakcije brez zaznavanja prekinitev  
COST Association AISBL; prof. dr. Tomaž Javornik
4. H2020 - Fed4FIREplus; Federacija za FIRE plus - Federacija za raziskovanje in eksperimentiranje v internetu plus  
European Commission; prof. dr. Mihael Mohorčič
5. H2020 - SAAM; Podpora aktivnemu staranju z večstransko pomočjo  
European Commission; prof. dr. Mihael Mohorčič
6. H2020 - RESILO; Odporna evropska družba z inovativnimi lokalnimi skupnostmi  
European Commission; prof. dr. Mihael Mohorčič
7. H2020 - BD4OPEM; Masovni podatki za tržnico energetskega aplikacij na podlagi odprtih inovacij  
European Commission; prof. dr. Mihael Mohorčič
8. Povezan algoritem razvrščanja in usmerjanja za industrijske aplikacije v brezžičnih omrežjih  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; doc. dr. Andrej Hrovat
9. Lokalizacija v zaprtih prostorih podprta s strojnimi učenjem  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS; dr. Klemen Bregar

## PROGRAMA

1. Komunikacijska omrežja in storitve  
prof. dr. Mihael Mohorčič
2. Vzporedni in porazdeljeni sistemi  
dr. Gregor Kosec

## PROJEKTI

1. Pretekle podnebne spremembe in poledenitev na stičišču Alp in Dinaridov  
dr. Gregor Kosec
2. Vpliv razpada masovne populacije invazivne rebrače na mikrobnou združbo obalnega morja - od molekul do ekosistema - celosten interdisciplinarni pristop  
dr. Gregor Kosec
3. Teorija grafov in kombinatorično znanstveno računalništvo  
dr. Matjaž Depolli
4. AiCoachU - Vadba z umetno inteligenco  
dr. Gregor Kosec
5. Upravljanje z viri za zanesljive komunikacije z nizkimi zakasnitvami v pametnih omrežjih - LoLaG  
prof. dr. Mihael Mohorčič
6. Z upoštevanjem informacij o okolju proti inteligentnim brezžičnim komunikacijam  
prof. dr. Aleš Švigelj
7. Napredno modeliranje radijskih kanalov z žarkovno-optičnimi in numeričnimi brez mrežnimi metodami  
prof. dr. Tomaž Javornik
8. Kriptografsko varen generator naključnih števil  
dr. Matjaž Depolli
9. Kriptografsko varen generator naključnih števil  
Urad vlade RS za varovanje tajnih podatkov  
dr. Matjaž Depolli
10. CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop  
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.  
dr. Matjaž Depolli

## VEČJI NOVI POGODBENI DELI

1. Programska oprema za DTR  
ELES, d. o. o.; dr. Gregor Kosec
2. Napovedovanje vzdrževalnih posegov regulacijskega stikala z naprednoanalitiko  
ELES, d. o. o.; dr. Gregor Kosec

## OBISKI

1. Ljupcho Milosheski, Prilep, Makedonija, 19. 4.-17. 7. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Gregor Cerar: Klasifikacija brezžičnih povezav s pomočjo strojnega učenja, 9. 6. 2021
2. dr. Andrej Čampa: Data analytics in smart grids, 21. 4. 2021
3. prof. dr. Mihael Mohorčič: Evolution of Machine Type Communications in Mobile Networks, habilitacijsko predavanje, 17. 11. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Blaž Bertalančič, WiMob 2021 – The 17<sup>th</sup> International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (virtualno), 11.-13. 10. 2021 (1)

2. Gregor Cerar 16<sup>th</sup> Wireless On-demand Network systems and Services Conference – WONS 2021 (virtualno), 9.-11. 3. 2021 (1)
3. Gregor Cerar, SoftCOM 2021 Conference (virtualno), 23.-25. 9. 2021 (1)
4. Gregor Cerar, Carolina Fortuna, Arsim Kelmendi Joint EuCNC & 6G Summit (virtualno), 8.-11. 6. 2021 (3)
5. Andrej Čampa, Marko Hudomalj, udeležba na plenarnem sestanku BD4OPEM, ETSEIB-UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA, Barcelona, Španija, 21.-24. 11. 2021
6. Matjaž Depolli, GECCO 2021 @ Lille, The Genetic and Evolutionary Computation Conference (virtualno), 10.-14. 7. 2021 (1)
7. Matjaž Depolli, 16<sup>th</sup> International Conference on Software Technologies ICSOFT 2021 (virtualno), 6.-8. 7. 2021 (1)
8. Matjaž Depolli, Gregor Kosec, Mitja Jančič, Miha Mohorčič, Miha Rot, Aleksandra Rashkovska Koceva, Filip Strniša, 28. 9.-1. 10. 2021, Konferenca Mipro 21 (8)
9. Arsim Kelmendi, 15<sup>th</sup> European Conference on Antennas and Propagations (virtualno), 22.-26. 3. 2021, Düsseldorf, Nemčija (1)
10. Gregor Kosec, Mitja Jančič, konferenca SpliTech 21 in sestanki s skupino FESB, Opatija, Hrvaška, 7.-9. 12. 2021 (1)
11. Gregor Kosec, SIAM Conference on Geometric and Physical Modeling GD/SPM21 (virtualno), 27.-29. 9. 2021 (1)
12. Aleksandra Rashkovska Koceva, 43<sup>rd</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (virtualno), 1.-5. 11. 2021, Mehika (1)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. dr. Viktor Avbelj, upokojitev 1. 8. 2021
2. dr. Andrej Čampa\*
3. dr. Matjaž Depolli
4. dr. Carolina Fortuna
5. Ke Guan, PhD. Kitajska, znanstveni svetnik
6. doc. dr. Andrej Hrovat
7. prof. dr. Tomaž Javornik, znanstveni svetnik
8. prof. dr. Monika Kapus Kolar; upokojitev 2. 11. 2021
9. dr. Gregor Kosec
10. prof. dr. Andrej Lipelj\*
11. prof. dr. Mihael Mohorčič, znanstveni svetnik - vodja odseka
12. doc. dr. Roman Novak
13. dr. Igor Ozimek, upokojitev 2. 8. 2021
14. dr. Aleksandra Rashkovska Koceva
15. prof. dr. Aleš Švigelj, strokovni sekretar odseka
16. Halil Yetgin, Doctor of Philosophy in Electrical and Electronic Engineering, UK, odšel 22. 3. 2021

### Podoktorski sodelavci

17. dr. Klemen Bregar
18. dr. Gregor Cerar
19. dr. Arsim Kelmendi\*
20. dr. Sebastijan Mrak
21. dr. Jure Slak, odšel 7. 6. 2021
22. dr. Matevž Vučnik, odšel 1. 11. 2021

### Mlajši raziskovalci

23. Blaž Bertalančič, mag. inž. el.
24. Marko Hudomalj, mag. inž. el.
25. Mitja Jančič, mag. inž. str.
26. Grega Morano, mag. inž. el.
27. Miha Rot, mag. fiz.
28. Denis Sodin, mag. inž. el.
29. Filip Strniša, mag. inž. kem. inž.

### Strokovni sodelavci

30. Viktor Cvrtila, mag. mat.
31. Miha Mohorčič, dipl. inž. rač. in inf.
32. Din Mušič, dipl. inž. rač. in inf. (UN)
33. Miha Smolnikar, univ. dipl. inž. el.

### Tehniški in administrativni sodelavci

34. Polona Anžur, dipl. ekon.
35. Tomaž Krištofelc
36. Tamara Matevc, univ. dipl. lit. komp. in fil.
37. Marko Mihelin\*, univ. dipl. inž. el.

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Alfréd Rényi Inštitut za matematiko, Budimpešta, Madžarska
2. ATOS, Madrid, Španija
3. Balkan Institute of Labor and Social Policy, Sofija, Bolgarija
4. Beijing Jiaotong University, Peking, Kitajska

5. ComSensus, d. o. o., Dob, Slovenija
6. Czech Technical University Prague, Praga, Češka
7. Elektro Celje, Celje, Slovenija
8. Elektro Gorenjska, Kranj, Slovenija
9. Elektroinštitut Milan Vidmar (EIMV), Ljubljana, Slovenija
10. ELES, d. d., Ljubljana, Slovenija
11. Engineering Ingegneria Informatica S.p.a., Rim, Italija
12. Estabanell y pahisa energia SA, Granollers, Španija
13. Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics, Frankfurt, Nemčija
14. Fundacion Tecnalia Research & Innovation, Derio Bizkaia, Španija
15. Grid Instruments, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
16. IES Solutions, Tremestieri Etneo, Italija
17. iMe Cor, d. o. o., Sežana, Slovenija
18. Imec, Eindhoven, Nizozemska
19. INOV, Lizbona, Portugalska
20. Istituto di sociologia internazionale di Gorizia ISIG, Gorica, Italija
21. Interactive Wear AG, Starnberg, Nemčija
22. INTRACOM, Peania, Grčija
23. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana, Slovenija
24. NETIS, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
25. NIL, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
26. Nuvve Denmark, Kopenhagen, Danska
27. Operato, d. o. o., Maribor, Slovenija
28. Politehniška univerza Barcelona, Barcelona, Španija
29. Resilience Advisors LTD, Worcester, Velika Britanija
30. Ruder Bošković Institute, Zagreb, Hrvaška
31. SFERA IT STORITVE, d. o. o., Maribor, Slovenija
32. SinusPro GmbH, Gradec, Avstrija
33. Sustainable Innovation I Sverige, Stockholm, Švedska
34. Tavistock Institute of Human Relations (TIHR) London, Velika Britanija
35. Technical University of Graz, Gradec, Avstrija
36. Telekom Slovenije, d. d., Ljubljana, Slovenija
37. Trinity College Dublin, Dublin, Irska
38. Univerza Črne gore, Fakulteta za elektrotehniko, Podgorica, Črna gora
39. Univerza Mälardalen, Västerås, Švedska
40. Univerza RWTH Aachen, Aachen, Nemčija
41. Univerza Salzburg, Salzburg, Avstrija
42. Univerza Sorbona, Pariz, Francija
43. Univerza v Antwerpnu, Antwerpen, Belgija
44. Univerza v Atenah NKUA, Atene, Grčija
45. Univerza v Banja Luki, Fakulteta za elektrotehniko, Bosna in Hercegovina
46. Univerza v Bologni, Bologna, Italija
47. Univerza v Firencah, Firenze, Italija
48. Univerza v Gentu, Gent, Belgija
49. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
50. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, Slovenija
51. Univerza v Luxembourg, Luxembourg, Luksemburg
52. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija
53. Univerza v Vroclavu, Vroclav, Poljska
54. Univerzitetna klinika za pljučne bolezni in alergijo Golnik, Golnik, Slovenija
55. Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
56. Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije Soča, Ljubljana, Slovenija
57. Uprava RS za zaščito in reševanje, Ljubljana, Slovenija
58. Vrije Universiteit Brussel, Bruselj, Belgija
59. We Plus, Torino, Italija
60. Odit-e, Meylan, Francija

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Jure Slak, Gregor Kosec, "Medusa: A C++ library for solving PDEs using strong form 1 mesh-free methods", *ACM transactions on mathematical software*, 2021, **47**, 3, 28. [COBISS.SI-ID 69777155]
- Denis Sodin, Urban Rudež, Marko Mihelin, Miha Smolnikar, Andrej Čampa, "Advanced edge-cloud computing framework for automated PMU-based fault localization in distribution networks", *Applied sciences*, 2021, **11**, 7, 3100. [COBISS.SI-ID 57896195]
- Filip Strniša, T. Vikram Sagar, Petar Djinović, Albin Pintar, Igor Plazl, "Ni-containing CeO<sub>2</sub> rods for dry reforming of methane: activity tests and a multiscale lattice Boltzmann model analysis in two model geometries", *Chemical engineering journal*, 2021, **413**, 127498. [COBISS.SI-ID 34724867]
- Ke Guan, Haofan Yi, Danping He, Bo Ai, Zhangdui Zhong, "Towards 6G: paradigm of realistic terahertz channel modeling", *China Communications*, 2021, **18**, 5, 1-18. [COBISS.SI-ID 76549123]
- Jure Močnik Berljavac, Pankaj K. Mishra, Jure Slak, Gregor Kosec, "RBF-FD analysis of 2D time-domain acoustic wave propagation in heterogeneous media", *Computers & Geosciences*, 2021, **153**, 104796. [COBISS.SI-ID 62417923]
- Lina Wu, Danping He, Bo Ai, Jian Wang, Ke Guan, Zhangdui Zhong, "Path loss prediction based on multi-layer perceptron artificial neural network", *Dianbo kexue xuebao*, 2021, **36**, 3, 396-404. [COBISS.SI-ID 76390403]
- Urban Rudež, Denis Sodin, Rafael Mihalič, "Estimating frequency stability margin for flexible under-frequency relay operation", *Electric power systems research*, 2021, **194**, 107116. [COBISS.SI-ID 53245955]
- Teodora Kocevskaja, Tomaž Javornik, Andrej Švigelj, Andrej Hrovat, "Framework for the machine learning based wireless sensing of the electromagnetic properties of indoor materials", *Electronics*, 2021, **10**, 22, 2843. [COBISS.SI-ID 85641475]
- Roman Novak, Andrej Hrovat, Michael D. Bedford, Tomaž Javornik, "Geometric simplifications of natural caves in ray-tracing-based propagation modelling", *Electronics*, 2021, **10**, 23, 2914. [COBISS.SI-ID 87183363]
- Monika Kapus-Kolar, "Realizable choreographies for systems of components communicating via rendezvous, mailboxes and letter queues", *Elektrotehniški vestnik*, 2021, **88**, 4, 190-196. [COBISS.SI-ID 81182723]
- Hao Qiu, Juan Moreno García-Loygorri, Ke Guan, Danping He, Ziheng Xu, Bo Ai, Marion Berbineau, "Emulation of radio technologies for railways: a tapped-delay-line channel model for tunnels", *IEEE access*, 2021, **9**, 1512-1523. [COBISS.SI-ID 76578051]
- Roman Novak, "Three-point synchrophasor estimator with better off-nominal frequency leakage reduction", *IEEE access*, 2021, **9**, 50126-50137. [COBISS.SI-ID 58588675]
- Arsim Kelmendi, Andrej Hrovat, Mihael Mohorčič, Aleš Švigelj, "Alphasat propagation measurements at Ka- and Q- bands in Ljubljana: three years statistical analysis", *IEEE antennas and wireless propagation letters*, 2021, **20**, 2, 174-178. [COBISS.SI-ID 41917443]
- Gregor Cerar, Halil Yetgin, Mihael Mohorčič, Carolina Fortuna, "Machine learning for wireless link quality estimation: a survey", *IEEE Communications surveys and tutorials*, 2021, **23**, 2, 696-728. [COBISS.SI-ID 48389891]
- Ke Guan, Juan Moreno, Bo Ai, Cesar Briso-Rodriguez, Bile Peng, Danping He, Andrej Hrovat, Zhangdui Zhong, Thomas Kürner, "5G channel models for railway use cases at mmWave band and the path towards terahertz", *IEEE intelligent transportation systems magazine*, 2021, **13**, 3, 146-155. [COBISS.SI-ID 76548099]
- Aleksandra Rashkovska, Roman Trobec, "Framework for personalized real-time control of hidden temperature variables in therapeutic knee cooling", *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 2021, **25**, 4, 947-958. [COBISS.SI-ID 24209667]
- Jingjing Cui, Dong Liu, Jiankang Zhang, Halil Yetgin, Soon Xin Ng, Robert G. Maunder, Lajos Hanzo, "Minimum-delay routing for integrated aeronautical ad hoc networks relying on real flight data in the North-Atlantic region", *IEEE open journal of vehicular technology*, 2021, **2**, 310-320. [COBISS.SI-ID 71381251]
- Jingjing Cui, Halil Yetgin, Dong Liu, Jiankang Zhang, Soon Xin Ng, Lajos Hanzo, "Twin-component near-pareto routing optimization for AANETs in the North-Atlantic region relying on real flight statistics", *IEEE open journal of vehicular technology*, 2021, **2**, 346-364. [COBISS.SI-ID 71382531]
- Ke Guan, Bile Peng, Danping He, Johannes M. Eckhardt, Haofan Yi, Sebastian Rey, Bo Ai, Zhangdui Zhong, Thomas Kürner, "Channel sounding and ray tracing for IntraWagon Scenario at mmWave and sub-mmWave bands", *IEEE transactions on antennas and propagation*, 2021, **69**, 2, 1007-1019. [COBISS.SI-ID 76571907]
- Ke Guan, Danping He, Bo Ai, Yi Chen, Han Chong, Bile Peng, Zhangdui Zhong, Thomas Kürner, "Channel characterization and capacity analysis for THz communication enabled smart rail mobility", *IEEE transactions on vehicular technology*, 2021, **70**, 5, 4065-4080. [COBISS.SI-ID 76550147]
- Zhuangzhuang Cui, Ke Guan, Jiayi Zhang, Zhangdui Zhong, "SNR coverage probability analysis of RIS-aided communication systems", *IEEE transactions on vehicular technology*, 2021, **70**, 4, 3914-3919. [COBISS.SI-ID 76550915]
- Andrej Lipej, "Flow conditions influence on the instability of a pump characteristic", *Journal of applied fluid mechanics*, 2021, **14**, 4, 1249-1255. [COBISS.SI-ID 73539587]
- Yukitoshi Nishimura, Sebastijan Mrak, Joshua Semeter, Anthea J. Coster, P. T. Jayachandran, Keith M. Groves, David J. Knudsen, Nozomu Nishitani, John Michael Ruohoniemi, "Evolution of mid-latitude density irregularities and scintillation in North America during the 7-8 September 2017 storm", *Journal of geophysical research. Space physics*, 2021, **126**, 6, e2021ja029192. [COBISS.SI-ID 83168259]
- Boro P. Popovski, Andrej Lipej, "Numerical aided design of Pelton nozzle jet deflector", *Journal of Mechanical and Energy Engineering*, 2021, **5**, 2, 149-156. [COBISS.SI-ID 90595331]
- Mitja Jančič, Jure Slak, Gregor Kosec, "Monomial augmentation guidelines for RBF-FD from accuracy versus computational time perspective", *Journal of scientific computing*, 2021, **87**, 9. [COBISS.SI-ID 52715011]
- Andrej Lipej, "Analysis of free surface flow in Pelton turbine using Lattice Boltzmann Method", *Mechanical Engineering Scientific Journal*, 2021, **39**, 1/2, 25-32. [COBISS.SI-ID 95859971]
- Klemen Bregar, Andrej Hrovat, Mihael Mohorčič, "UWB radio-based motion detection system for assisted living", *Sensors*, 2021, **21**, 11, 3631. [COBISS.SI-ID 64595715]
- Grega Morano, Andrej Hrovat, Matevž Vučnik, Janez Puhon, Gordana Gardašević, Dragan Vasiljević, Tomaž Javornik, "Experiment control and monitoring system for LOG-a-TEC testbed", *Sensors*, 2021, **21**, 19, 6422. [COBISS.SI-ID 78253059]
- Urban Duh, Gregor Kosec, Jure Slak, "Fast variable density node generation on parametric surfaces with application to mesh-free methods", *SIAM journal on scientific computing*, 2021, **43**, 2, a980-a1000. [COBISS.SI-ID 56730115]
- Sebastijan Mrak, Joshua Semeter, Yukitoshi Nishimura, Anthea J. Coster, "Extreme low-latitude total electron content enhancement and global positioning system scintillation at dawn", *Space weather*, 2021, **19**, 9, e2021SW002740. [COBISS.SI-ID 83158531]

## STROKOVNI ČLANEK

- Jure Slak, "O predstavitvi podatkov v računalniku: decimalna števila", *Presek*, 2020/2021, **48**, 4, 23-27. [COBISS.SI-ID 62391811]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

- Liu Yuan, Jianqiang Li, Ke Guan, Minglin Yang, Zhengrong Lai, "Radio propagation models for TDOA localization performance evaluation exploiting ray tracer", V: *ICCSN 2021, 13th International Conference on Communication Software and Networks, June 4-7, 2021, Chongqing, China*, Proceedings, 2021, 39-33. [COBISS.SI-ID 76385539]
- Gregor Cerar, Aleš Švigelj, Mihael Mohorčič, Carolina Fortuna, Tomaž Javornik, "Improving CSI-based Massive MIMO indoor positioning using convolutional neural network", V: *2021 Joint European Conference on Networks and Communications (EuCNC) and 6G Summit (EuCNC/6G Summit), 8-11 June, 2021, Porto, Portugal*, Proceedings, 2021, 276-281. [COBISS.SI-ID 72025091]
- Ivan Boškov, Halil Yetgin, Carolina Fortuna, Mihael Mohorčič, "Performance evaluation of COINS framework for wireless network automation", V: *2021 Joint European Conference on Networks and Communications (EuCNC) and 6G Summit (EuCNC/6G Summit), 8-11 June, 2021, Porto, Portugal*, Proceedings, 2021, 466-471. [COBISS.SI-ID 72796163]

4. Sebastijan Mrak, Joshua Semeter, Toshi Nishimura, Anthea J. Coster, Keith Groves, "Space weather at mid-latitudes: leveraging geodetic GPS receivers for ionospheric scintillation science", V: *34th International Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS+2021, September 20-24, 2021, St. Louis, Missouri, USA*, Proceedings, 2021, 3910-3919. [COBISS.SI-ID 83213315]
5. Urban Kuhar, Jurij Jurše, Roman Novak, "Identification of low-voltage distribution networks - algorithm and practical considerations", V: *41st CIGRE Symposium Ljubljana, 21-24 November 2021*, Reshaping the electric power system infrastructure, CIGRE, 2021, 1131. [COBISS.SI-ID 86472195]
6. Elena Merdjanovska, Aleksandra Rashkovska, "Patient-specific heartbeat classification in single-lead ECG using convolutional neural network", V: *43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 1-5 Nov 2021, Mexico*, Proceedings, IEEE, 2021, 932-936. [COBISS.SI-ID 95289859]
7. Mitja Jančič, Jure Slak, Gregor Kosec, "p-refined RBF-FD solution of a Poisson problem", V: *6th Hybrid International Conference on Smart and Sustainable Technologies, September 8-11, 2021, Split and Bol, Croatia*, Proceedings, IEEE Communications Society, 2021. [COBISS.SI-ID 76379395]
8. Andrej Lipej, Duško Mitruševski, Simon Muhič, "Vpliv hrapavosti na karakteristike črpalke", V: *9. Mednarodna konferenca strojnih inženirjev Slovenije, Ljubljana, 15. december 2020*, Inženirstvo - svet novih priložnosti, Zveza strojnih inženirjev Slovenije, 2021, 54-55. [COBISS.SI-ID 50322947]
9. Arsim Kelmendi, Andrej Hrovat, Aleš Švigelj, Mihael Mohorčič, "Fade slope analysis of alphasat satellite measurements at Ka and Q bands", V: *EuCAP 2021, 15th European Conference on Antennas and Propagation, 22-26 March 2021, Dusseldorf, Germany*, IEEE, 2021, 871. [COBISS.SI-ID 57313283]
10. Yang Zhao, Danping He, Ke Guan, Bo Ai, Zhangdui Zhong, "The equivalence and realization of neural network and finite differences time domain", V: *EuCAP 2021, 15th European Conference on Antennas and Propagation, 22-26 March 2021, Dusseldorf, Germany*, IEEE, 2021, 9411021. [COBISS.SI-ID 76569091]
11. Janez Radešček, Matjaž Depolli, "Exact and approximate USCP with branch and bound", V: *GECCO '21, Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 10 - 14, 2021, Lille, France*, Proceedings, ACM, 2021, 5-6. [COBISS.SI-ID 70736899]
12. Danping He, Bo Ai, Xiongwen Zhao, Ke Guan, Zhangdui Zhong, "Principal multipath component analysis for outdoor microcell scenario at 39 GHz", V: *URSI GASS 2021, XXXIVth General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science, August 28th-September 4th, Rome, Italy*, Proceedings, IEEE, 2021. [COBISS.SI-ID 100886019]
13. Miha Rot, Gregor Kosec, "Natural convection of non-newtonian fluids in a differentially heated closed cavity", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 285-290. [COBISS.SI-ID 85507587]
14. Mitja Jančič, Viktor Cvrtila, Gregor Kosec, "Discretized boundary surface reconstruction", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 304-309. [COBISS.SI-ID 85509635]
15. Roman Trobec, Matjaž Depolli, "A k-d tree based partitioning of computational domains for efficient parallel computing", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 310-316. [COBISS.SI-ID 85512451]
16. Janez Radešček, Matjaž Depolli, "Developer-centric design of branch and bound algorithm", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 324-331. [COBISS.SI-ID 81884675]
17. Filip Strniša, Gregor Kosec, "A model for jellyfish detritus decay through microbial processing", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 335-339. [COBISS.SI-ID 85504771]
18. Elena Merdjanovska, Aleksandra Rashkovska, "Cross-database generalization of deep learning models for arrhythmia classification", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 375-380. [COBISS.SI-ID 85505795]
19. Maja Brložnik, Vesna Kadunc Kos, Petra Kramarič, Aleksandra Domanjko-Petrič, Viktor Avbelj, "Electromechanical events in exercise-induced remodeling of the equine heart", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 381-385. [COBISS.SI-ID 81645315]
20. Dan Lorbec Ivančič, Blaž Bertalanič, Gregor Cerar, Carolina Fortuna, "Learning to automatically identify home appliances", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 73-76. [COBISS.SI-ID 86372355]
21. Ke Guan, Bo Ai, Danping He, Fusheng Zhu, Haofan Yi, Jianwu Dou, Zhangdui Zhong, "Channel sounding and ray tracing for THz channel characterization", V: *UCMMT 2020, 13th UK-Europe-China Workshop on Millimetre-Waves and Terahertz Technologies; August 29th-September 1st, 2020, Tianjin, China*, Proceedings, IEEE, 2021. [COBISS.SI-ID 76771587]
22. Blaž Rojc, Matjaž Depolli, "A resizable C++ container using virtual memory", V: *ICSOFT 2021, 16th International Conference on Software Technologies, July 6-8, 2021*, Proceedings, Science and Technology Publications, 2021, 481-488. [COBISS.SI-ID 71754243]
23. Denis Sodin, Rajne Ilievska, Andrej Čampa, Miha Smolnikar, Urban Rudež, "Koncept adaptivnega podfrekvenčnega razbremenjevanja v realnem elektroenergetskem sistemu", V: *15. konferenca slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Thermans Laško, 19.10.-21.10.2021*, Referati in predstavitve, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED, 2021. [COBISS.SI-ID 83540739]
24. Urban Rudež, Rajne Ilievska, Denis Sodin, Rafael Mihalič, "Boosting the performance of under-frequency load shedding by assessing the frequency-stability margin", V: *Relejnaja zaščita i avtomatika energosistem 2021, 29. septembra - 1. oktobra 2021, Moskva*, Sbornik dokladov, Tom 3, VDNH, 2021, 169-183. [COBISS.SI-ID 82832643]
25. Gregor Cerar, Halil Yetgin, Carolina Fortuna, "Machine learning-based model selection for anomalous wireless link detection", V: *SoftCOM 2021, 29th International Conference on Software, Telecommunications & Computer Networks, 23-25 September, 2021, Hvar, Croatia*, Proceedings, FESB, 2021. [COBISS.SI-ID 80436227]
26. Blaž Bertalanič, Halil Yetgin, Gregor Cerar, Carolina Fortuna, "A deep learning model for anomalous wireless link detection", V: *17th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking And Communications, (WiMob), 11-13 October, 2021, Bologna, Italy*, Proceedings, IEEE, 2021, 265-270. [COBISS.SI-ID 86140419]
27. Gregor Cerar, Halil Yetgin, Mihael Mohorčič, Carolina Fortuna, "Learning to fairly classify the quality of wireless links", V: *WONS 2021, 16th Wireless On-demand Network systems and Services Conference, 9-11 March 2021*, Proceedings, IEEE, 2021, 79-86. [COBISS.SI-ID 62062851]
28. Aleš Simončič, Tomaž Javornik, Klemen Bregar, Andrej Hrovat, "Merilni sistem za merjenje impulznega odziva radijskega kanala s tehnologijo UWB", V: *ERK 2021, 30. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20-21 september 2021*, Zbornik, Zbornik, (Zbornik Elektrotehniške in računalniške konference 30), Slovenska sekcija IEEE, Fakulteta za elektrotehniko, 2021, 43-47. [COBISS.SI-ID 78976771]
29. Marko Hudomalj, "Power cable wave propagation velocity estimation based on travelling-waves", V: *ERK 2021, 30. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20-21 september 2021*, Zbornik, (Zbornik Elektrotehniške in računalniške konference 30), Slovenska sekcija IEEE, Fakulteta za elektrotehniko, 2021, 238-241. [COBISS.SI-ID 84143107]
30. Leo Ogrizek, Blaž Bertalanič, Gregor Cerar, Marko Meža, Carolina Fortuna, "Designing a machine learning based non-intrusive load monitoring classifier", V: *ERK 2021, 30. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 20-21 september 2021*, Zbornik, (Zbornik Elektrotehniške in računalniške konference 30), Slovenska sekcija IEEE, Fakulteta za elektrotehniko, 2021, 386-389. [COBISS.SI-ID 77055491]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Andrej Lipej, *Mehanika 2: kinematika in dinamika: študijsko gradivo 2021/2022*, Univerza v Novem mestu, Fakulteta za strojništvo, 2021. [COBISS.SI-ID 78916611]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Gregor Cerar, *Klasifikacija brezžičnih povezav s pomočjo strojnega učenja: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2021 (mentor Mihael Mohorčič; somentor Carolina Fortuna). [COBISS.SI-ID 84723203]

# ODSEK ZA RAČUNALNIŠKE SISTEME

## E-7

**Osnovne raziskave Odseka za računalniške sisteme obsegajo razvoj zmogljivih optimizacijskih algoritmov, inteligentne obdelave velikih količin podatkov, učinkovitega upravljanja in vizualizacije podatkov ter prilagodljivih računalniških struktur za hitrejša in zanesljivejša izvajanja algoritmov. Pozornost namenjamo samonastavljivim sistemom, modeliranju in optimiranju kompleksnih, dinamičnih in nedeterminističnih sistemov. V okviru navedenih raziskav razvijamo aplikacije na področjih proizvodnje, transporta, bioinformatike, prehrane, zdravja in medicine. Odsek vzdržuje visoko raven aktualnega znanja z raziskovalnih področij ter ima vzpostavljene povezave in sodelovanja z drugimi akademskimi institucijami in industrijo.**

V letu 2021 smo nadaljevali delo na raziskovalnem programu (Računalniške strukture in sistemi – P2-0098) v okviru ARRS. Osredotočamo se na področja raziskav, ki so tesno povezana z rekonfigurabilnimi sistemi, in sicer zanesljivost, arhitekture podatkovno intenzivnih sistemov, sočasno načrtovanje strojne in programske opreme, načrtovanje in razvrščanje gradnikov za doseg večje energijske učinkovitosti, prilagodljive in učeče metode nadzora, dinamična prilagoditev spremenljivim kontekstom, odločitve v nezanesljivih in spremenljivih okoljih. Pri raziskavah se srečujemo z naprednimi, interdisciplinarnimi raziskovalni izzivi, ki združujejo področja računalništva, inženirstva in matematike. Sodelavci odseka smo v letu 2021 raziskovalno delo nadgradili z zasnovo in razvojem rešitev v okviru 12 evropskih projektov v programih *Obzorje 2020*, *ECSEL JU*, *EFSA* in *Interreg* ter 4 domačih projektov. Naše delo je bilo povezano tudi z aktivnostmi *Strateško razvojno inovacijskih partnerstev* (SRIP) na področjih *Pametnih mest in skupnosti* (PMiS) ter *Tovarni prihodnosti* (ToP).



Vodja:  
**prof. dr. Gregor Papa**

### Optimizacijski algoritmi

Na številnih aplikativnih področjih se srečujemo z optimizacijo večjega števila pogosto zamudnih in nasprotujočih si ciljev. Pri tem lahko za povečanje kakovosti ob sočasnem zmanjšanju stroškov uporabimo na primer pristope računske inteligence, ki temeljijo na zahtevnih numeričnih simulacijah.

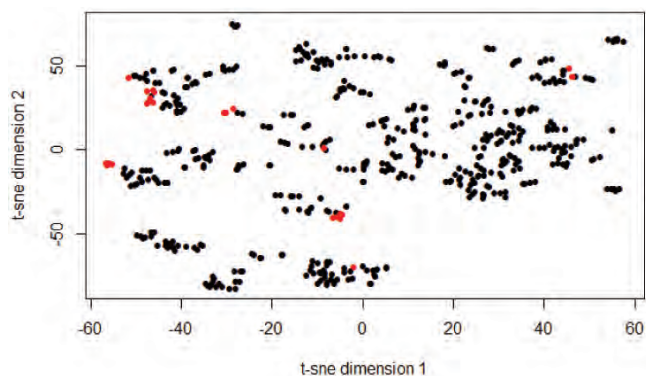
Optimizacija za najslabše scenarije se ukvarja z minimizacijo največjega učinka v vseh scenarijih in je običajno formulirana kot problem minimaks. Uporaba ugnedzenih evolucijskih algoritmov za rešitev problema zahteva številne ocene funkcij. Predlagali smo uporabo diferencialne evolucije z oceno distribucijskega algoritma. Za zmanjšanje obsega računanja ocenimo porazdelitev najboljše najslabše rešitve za najboljše do zdaj najdene rešitve. Verjetnostni model se uporablja za vzorčenje dela začetne populacije diferencialne evolucije prostora scenarijev z uporabo a priori znanja prejšnjih generacij. Delo je bilo objavljeno v reviji *Mathematics*. Večpopulacijski pesimistični dvonivojski optimizacijski pristop je bil predstavljen na mednarodni konferenci *International Conference on Evolutionary and Deterministic Methods for Design, Optimization and Control – EUROGEN 2021*.

Del raziskav je bil osredotočen na uporabo **gradientnih metod** v strojnem učenju in visokodimenzionalni optimizaciji. Raziskovanje učinkovitosti gradientnih metod je bilo izvedeno v različnih vejah strojnega učenja: nadzorovanem, nenadzorovanem in vzpodbujevalnem učenju. V okviru tega dela je na poletni šoli *Summer School on Data Science – SSDS 2021* potekalo predavanje o globokem učenju s Kerasom. Ker pa ima problem nenegativne matrične trifaktorizacije poseben pomen v podatkovni znanosti, saj služi kot matematični model za fuzijo različnih virov podatkov pri podatkovnem gručenju, razvijamo različne metode, eno tudi na podlagi metode ocenjevanja prilagodljivega momenta Adam. Empirični rezultati kažejo, da ob zadostnem času računanja metoda deluje zadovoljivo. Delo je bilo objavljeno v *Journal of Global Optimization*.

ARRS-projekt mladega raziskovalca se je osredotočil na algoritme, primerjavo uspešnosti merilnih problemov, **raziskovalno analizo pokrajina**, vizualizacijo podatkov in strojno učenje. Rezultati s področja upravljanja podatkov in vizualizacije so bili predstavljeni na konferencah *IEEE Congress of Evolutionary Computation – CEC 2021 ter Genetics and Evolutionary Computation Conference – GECCO 2021*, članek na temo procesiranja podatkov in strojnega učenja pa je bil objavljen v reviji *Mathematics*.

Predlagali smo nov pristop za analizo pokrajina podatkovnih zbirk **časovnih vrst za strojno učenje**, ki nam omogoča boljše razumevanje pokrajine problemov primerjalne analize, izbiro raznolikih portfolijev naborov podatkov in z uporabo metode ponovnega vzorčenja zmanjša pristranskost pri oceni uspešnosti. S kombinacijo velikega večdomenskega korpusa reprezentacij značilk specifičnih časovnih vrst in rezultatov obsežne študije primerjalne analize problemov klasifikacije časovnih vrst (KČV) smo pokazali zmogljivosti pristopa ter izpostavili





Slika 1: Primeri primerjalne analize (rdeča) pokrivajo le zelo majhen prostor v primerjavi z umetno ustvarjenimi problemi (črna).

težave neredundantnosti in reprezentativnosti izbrane primerjalne analize. Z zaznavanjem razlik med empiričnimi rezultati evalvacije metode ponovnega vzorčenja in nedavno sprejetimi praksami v KČV-literaturi ob predlaganju novih metod smo opozorili na potencialno škodljive učinke uglaševanja metod na določene dele pokrajine (razen ko je to ekspliciten in zaželen cilj študije). Za konec smo predlagali nabor zbirk podatkov, ki so enakomerno razporejene po prostoru pokrajine in naj bi jih upoštevali pri primerjavi analizi novih KČV-metod. Ta raziskava je bila objavljena v reviji *Expert Systems with Application*.

V okviru ARRS podoktorskega projekta *Mr-BEC - Sodobni pristopi za primerjalno analizo v evolucijskem računanju* (<http://cs.ijs.si/project/mrbec>) smo sledili ideji **robustnih statističnih metod** za enokriterijsko optimizacijo in razvili večkriterijski pristop globoke statistične primerjave (DSC). Predlagali smo novo rangirno shemo, ki zmanjšuje pristranskost preferenc uporabnika pri izbiri indikatorja kakovosti s primerjavo

visokodimenzionalnih podatkov aproksimacijskih množic in tako zagotavlja bolj robustne statistične rezultate. Večkriterijski pristop je bil predstavljen na konferenci *GECCO 2021*. Pristopi DSC so bili v sodelovanju z Univerzo Leiden na Nizozemskem uporabljeni za razvoj novega ansambla za primerjavo večkriterijskih optimizacijskih algoritmov z uporabo več mer uspešnosti, ki je bila predstavljena na *International Conference Series on Evolutionary Multi-Criterion Optimization - EMO 2021*. Da bi pokazali prenosljivost pristopa na druga raziskovalna področja, smo prenesli uporabo pristopov DSC v primerjalno analizo za priporočilne sisteme, objavljene v reviji *Big Data Research*, in v scenarije obdelave naravnega jezika z namenom zagotovitve splošnih priporočil arhitektur globokega učenja, ki so primerne za nov scenarij uporabe, objavljen v reviji *IEEE Access*.

Raziskavo robustnosti značilk, ki jih je mogoče uporabiti za opis enokriterijskih optimizacijskih problemov, glede na transformacije problemov (npr. premik, skaliranje) smo predstavili na *CEC 2021*. Za iskanje relacij med značilnostmi problema in uspešnostjo algoritmov smo razvili več pristopov strojnega učenja, ki jih je mogoče uporabiti za avtomatizirano izbiro algoritmov in napovedovanje njihove uspešnosti. Pristopi so bili predstavljeni na *GECCO 2021*, *IEEE Series Symposium on Computational Intelligence - SSCI 2021* in *Applications of Evolutionary Computation - EvoApplications 2021*. Prispevek je na zadnji konferenci prejel nagrado za najboljši članek.

Za podporo ponovljivosti rezultatov študij in enostavne izmenjave podatkov, vključenih v eksperimente ML, smo razvili *OPTTON*, ki je ontologija primerjalne analize optimizacijskega algoritma. Ontologija ponuja besedišče, potrebno za semantično anotacijo osrednjih entitet, ki so vključene pri procesu primerjalne analize, kot so algoritmi, problemi in mere ocenjevanja. Ontologija je bila predstavljena na *GECCU 2021*.

V sodelovanju z Odsekom za inteligentne sisteme na IJS ter s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru smo že osemnajsto leto zapored pripravili več rednih skupnih delavnic *Algoritmi po vzorih iz narave* (AVN), katerih osrednja tema so različne tehnike stohastične optimizacije.

Organizirali smo delavnice in posebne sekcije o primerjalni analizi na konferencah *GECCO 2021* in *CEC 2021* ter o predstavitvenem učenju na konferenci *CEC 2021*. Vabljeni predavanja o avtomatiziranem napovedovanju delovanja algoritma je bilo podano na *ETAI 2021*. Na *GECCU 2021* in *CEC 2021* smo pripravili tutorial o statističnih analizah enokriterijskih optimizacijskih algoritmov. Sistematična uporaba **dinamičnega nastavljanja krmilnih parametrov** za evolucijske izračune je bila predstavljena v obliki tutoriala na konferenci *GECCO 2021*. Predstavili smo obstoječe tehnike samodejnega sprotne nastavljanja vrednosti krmilnih parametrov ter razpravljali o teoretičnih in eksperimentalnih rezultatih, ki dokazujejo neizkoriščen potencial uporabe dinamičnih parametrov.

Smo uredniki in gostujoči uredniki pri rednih in posebnih številkah različnih revij, kot so *Natural Computing*, *Sensors*, *Automatika*.

### Obdelava podatkov

Elektronske komponente in sistemi (EKS) so bistvenega pomena za gospodarstvo in državljanje EU, saj podpirajo področja od transporta in mobilnosti do medicine in energetike. Eno od ključnih področij, ki jih je treba obravnavati, je **izboljšanje zanesljivosti** vedno bolj zapletenih čipov in sistemov, ki so zasnovani za obdelavo ogromnih količin podatkov, hkrati pa zagotavljajo večjo hitrost in natančnost obdelave ter zmanjšujejo porabo energije. Zanesljivost bo vse bolj pomembna v dobi Industrije 4.0 in interneta stvari z obdelavo podatkov v realnem času, povezanih z oblakom, ki je podlaga za kritične aplikacije, kot so samovozeči avtomobili. Leta 2020 smo začeli projekt ECSEL JU/Horizon 2020 *iRel40 - Intelligent Reliability 4.0* (<https://www.irel40.eu>) v sodelovanju s 75 partnerji iz 13 držav, da bi zmanjšali pogostost odpovedi EKS v celotni vrednostni verigi. Naš odsek prispeva k razvoju pametnega sistema za spremljanje stanja v kolo vgrajenih elektromotorjev, ki so jih razvili v slovenskem avtomobilskem podjetju Elaphe. Podjetje premika meje z razvojem kompaktnih elektromotorjev z visokim navorom, ki so vgrajeni v kolo in

lahko delujejo v najtežjih razmerah. Raziskave v iRel40 bodo omogočile napovedovanje življenjske dobe motorja s tehnologijo pametnega zaznavanja in spletnega spremljanja podatkov ter odkrivanje morebitne degradacije kritičnih komponent. Da bi to dosegli, uporabljamo najodobnejše metode umetne inteligence, zlasti z uporabo globokih nevronske mreže za identifikacijo kritičnih parametrov, ki imajo največji vpliv na zdravje motorja, in za odkrivanje možne okvare motorja, preden se to zgodi. Naš poudarek je na napovedovanju upora v izolaciji navitja motorja, ki se je izkazal za najbolj kritičen indikator okvare izmed standardnih sprotnih meritev na motorju, ki jih je mogoče izvesti tudi med delovanjem motorja. Zanesljivost je še posebej pomembna pri tovrstnih inovativnih aplikacijah, saj v literaturi še vedno manjka temeljno razumevanje fizike odpovedi, zlasti kadar je sistem v izjemnih okoljih, kot so ekstremne temperature. S tem namenom uporabljamo metode strojnega učenja za modeliranje obnašanja motorja glede na okoljske parametre, pa tudi električne, da povečamo splošne ravni kakovosti in zlasti zanesljivosti. Najnaprednejše tehnike umetne inteligence za prepoznavo fizikalnih lastnosti motorjev uporabljamo tudi v razmerah, ki so daleč od idealnih, kot so velik merilni hrup, sprememba učnega koncepta zaradi pospešenega staranja, neznan način okvare, časovna korelacija in drugi.

V t. i. natančni (angl. precise) medicini ima prehrana pomembno vlogo, ne glede na to, da je lahko živilo strup ali zdravilo za določene nenalezljive kronične bolezni, ki se lahko pojavijo kot posledica nezdravega življenjskega sloga. Spremljanje vnosa določenih skupin hranil je za nekatere bolnike ključnega pomena in pojavlja se potreba po razvoju naprednih metod za njihov izračun. Naš predlagani cevovod strojnega učenja omogoča **napovedovanje hranilnih vrednosti na osnovi naučenih vektorskih predstavitev krajših besedil**, tj. receptov. Raziskovali smo, kako se spremenijo rezultati napovedi, če namesto uporabe vektorske predstavitve celotnega opisa recepta uporabimo t. i. vdela (angl. embeddings) posameznih sestavin recepta. Ker je hranilna vrednost živila odvisna od sestavin, pomeni, da njihov opis zajema pomembne informacije. Opredelili smo domensko specifično hevrstiko za združevanje vdela sestavin, ki upošteva količine sestavin, kar uporabimo kot značilke modela strojnega učenja za napovedovanje hranilnih vrednosti. Rezultati eksperimentov kažejo, da se napoved izboljša z uporabo domensko specifične hevrstike. Model napovedi za napovedovanje vrednosti beljakovin je bil zelo učinkovit, z natančnostjo do 97,98 %. Izvajanje domensko specifične hevrstike za združevanje večbesednih vdela daje boljše rezultate kot uporaba običajne hevrstike združevanja, z do 60 % večjo natančnostjo v nekaterih primerih. Delo je bilo objavljeno v reviji *Mathematics*.

Uvedli smo novo hevrstiko semantične podobnosti (angl. similarity), ki temelji na **vektorskih vdela stavkov**. Pristop smo validirali tako, da smo izbrali primere iz resničnega sveta in vključili domenskega strokovnjaka, ki je ocenil ustreznost treh najboljših ujemanj za vsak primer. Izkazalo se je, da uporaba semantične podobnosti z metodo vdela stavkov daje najboljše rezultate, saj doseže 88-odstotno natančnost za osnovni nabor resničnih podatkov in 91-odstotno natančnost strokovne ocene, medtem ko hevrstika leksikalne podobnosti omogoča primerjavo rezultatov s 75- in 85-odstotno natančnostjo. Delo je bilo predstavljeno na mednarodni konferenci *International Joint Conference - BIOSTEC 2021*.

Nadaljevali smo aktivnosti v okviru projekta ECSEL JU / Obzorje 2020 *InSecTT - Intelligent Secure Trustable Things* (<https://www.insect.eu/>) z 52 vključenimi partnerji, ki sodelujejo na področju združevanja tehnik umetne inteligence (AI) in interneta stvari (IoT). Namenjen je spodbujanju sodelovanja med velikimi industrijskimi akterji z različnih področij, številnimi zelo inovativnimi evropskimi MSP ter vrhunskimi raziskovalnimi organizacijami in univerzami. Naš odsek sodeluje v dveh primerih uporabe. Prvi primer uporabe je povezan s pametnimi in prilagodljivimi povezanimi rešitvami v zdravstvenem kontinuumu v okviru pametne bolnišnice, kjer se ukvarjamo z razvojem metod za odkrivanje anomalij v biomedicinskih signalih pacientov z uporabo globokih nevronske mreže (DNN). Za učenje in testiranje več modelov DNN za odkrivanje anomalij smo uporabili veliko anonimizirano javno bazo podatkov, ki vsebuje več kot 40.000 označenih EKG-signalov. Osredotočili smo se na metode nadzorovanega učenja in na nenadzorovane metode, kot so generativna nasprotna mreža (GAN). Zanesljivo odkrivanje anomalij nam bo pomagalo oceniti profil tveganja pacienta, ki je potreben za dodelitev bolnišničnih kapacitet posameznemu bolniku. Vgrajen bo v arhitekturo primerov uporabe skupaj z rešitvami drugih partnerjev. Drugi primer uporabe je povezan z urgentnimi logističnimi storitvami v zdravstvu, kjer razvijamo rešitev za lokalizacijo v zaprtih prostorih s pametnim telefonom brez omrežja in satelitske navigacije. Razvili smo aplikacijo za Android za podporo reševalnim ekipam v izrednih razmerah, kot so incidenti z množičnimi žrtvami. Samo z uporabo vnaprej nameščenih kod QR lahko aplikacija določi lokacijo uporabnika v zaprtih prostorih in nato te podatke skupaj z odločitvijo o triazi, ki jo sprejmejo prvi posredovalci, pošlje v oblak, kjer ostane na voljo drugim članom reševalne ekipe in tako olajša pobiranje žrtev. Aplikacija je sposobna tudi osnovne notranje navigacije na ravni nadstropja, kjer pridobi vse potrebne informacije, kot so tloris, možni cilji in navigacijski grafi, iz QR-kode, nameščene na vhodu v nadstropje.



Slika 2: Diagram poteka pristopa za napovedovanje hranilnih vrednosti.

---

**Razvijamo rešitev za lokalizacijo v zaprtih prostorih s pametnim telefonom brez uporabe omrežja in satelitske navigacije.**

---

V obeh primerih uporabe se osredotočamo na razvoj in uporabo razločljivih in zaupanja vrednih metod umetne inteligence, ki uporabnikom pomagajo razumeti razloge za rezultate določenih postopkov.

Več kot 30 milijard IoT-naprav, opremljenih s senzorji, zagotavlja množico multimodalnih podatkov. Skupaj z napredno obdelavo, ki temelji na strojnem učenju, lahko ti podatki razkrijejo različne vidike človeškega vedenja. Razumevanje kognitivne obremenitve uporabnika je na primer ključnega pomena za izboljšano interakcijo med človekom in računalnikom (HCI), vendar je sklepanje o kognitivni obremenitvi iz oportunistično zaznanih podatkov še vedno izziv, saj je razvitih le peščica eksperimentalnih pristopov in nobeden ni bil neodvisno ovrednoten. Naše delo o utrjevanju področja sklepanja o kognitivni obremenitvi prek mobilnega zaznavanja je bilo objavljeno v reviji *IEEE Access*. Zbrali smo bogat nabor multimodalnih podatkov, pridobljenih z nosljivimi napravami, ko so uporabniki reševali naloge različnih težavnosti. Nabor podatkov smo označili z uporabnikovim (subjektivnim in objektivnim) kognitivnim naporom. Nato smo organizirali mednarodni izziv strojnega učenja, kjer se je 13 prijaviteljev pomerilo v sklepanju kognitivne obremenitve na zadržanem delu našega nabora podatkov. Naša prizadevanja niso združila le vrhunskih raziskovalcev na področju HCI, ML in povsodnega računalništva, ampak tudi privedla do uporabnih smernic za prihodnje sisteme določanja kognitivne obremenitve. Vzporedno smo se lotili tudi problema brezžičnega zaznavanja in razvili programsko definirani radijski sistem za določanje kognitivne obremenitve, kot je bil opisan v reviji *International journal of human-computer interaction*. Delo kaže, da lahko brezžično sklepanje o kognitivni obremenitvi zagotovi zmogljivost, ki je enaka tisti, ki jo zagotavljajo bolj vsiljive nosilne naprave.

### Upravljanje in vizualizacija podatkov

S pomočjo sistema za upravljanje baze podatkov in znanja smo nadaljevali nadgradnjo **nacionalne baze podatkov o sestavi živil**, imenovane *Odprta platforma za klinično prehrano* – OPKP (<http://www.opkp.si/>). Naš cilj je prehranskim strokovnjakom in dietetikom omogočiti preprosto iskanje, vzdrževanje, povezovanje in dodajanje podatkov o živilih. V ta namen smo razvili uporabniški vmesnik, ki uporabnikom omogoča povezovanje hranilnih vrednosti z drugimi podatki o živilih, skupinah živil in oznakah, izposojenih iz tujih podatkovnih baz o živilih (ZDA, IT, NL itd.). Razviti sistem za upravljanje baze podatkov in baze znanja je orodje, ki je preprosto za uporabo in omogoča strokovnjakom preprosto pregledovanje različnih podatkovnih baz živil, njihovo urejanje in povezovanje podatkov o živilih in hranilih v t. i. verigo podatkov. Orodje omogoča tudi hitro in intuitivno pregledovanje in urejanje podatkov o hranilni vrednosti, kar je ključnega pomena pri pregledovanju velikih količin podatkov. S takšnim pristopom prehranskim strokovnjakom omogočamo, da čim hitreje najdejo vse potrebne podatke, pa tudi, da bodo vsi naknadno vneseni podatki (vizualno) poenoteni.

---

### Mobilna aplikacija Eatvisor omogoča vpogled v hranilne vrednosti živil.

---

Podatki, pridobljeni iz OPKP, bodo med drugim uporabljeni tudi v mobilni aplikaciji *Eatvisor*, ki jo trenutno razvijamo in bo na voljo tako iOS kot Android uporabnikom. Aplikacija uporabniku omogoča podroben vpogled v hranilno sestavo živil, skeniranje črtnih kod živilskih izdelkov, pisanje receptov, primerjavo živil, beleženje telesne dejavnosti in pisanje prehranskih dnevnikov (tudi z uporabo pristopov globokega učenja). Prva taka pa je aplikacija, uporabna tudi za prehranske strokovnjake in dietetike, saj jo lahko uporabijo za načrtovanje prehrane in obrokov za zdrave posameznike, športnike, diabetike in bolnike. Aplikacija *Eatvisor* je bila oblikovana v sodelovanju z ekipo prehranskih strokovnjakov, programerjev, grafičnih oblikovalcev in končnih uporabnikov.

Zaključili smo razvoj spletnega orodja *Šolski lonec* (<http://solskilonec.si>), ki ga trenutno testirajo na 20 različnih osnovnih šolah. Naš cilj je prehranskim strokovnjakom omogočiti preprosto načrtovanje uravnoteženih obrokov, ki so skladni z nacionalnimi prehranskimi smernicami in priporočili. V ta namen smo zasnovali interaktivne vizualne predstavitve, ki strokovnjakom pomagajo določiti ustrezne količine posameznih skupin živil in specifičnih hranil, kar lahko dosežemo z iskanjem in vnosom večjega nabora živil iz OPKP ali z ročnim vnosom zahtevanih podatkov iz živil, ki še niso vključena v bazo. Poleg tega orodje omogoča uporabnikom, da sestavljajo in urejajo lastne recepte ter na podlagi vnaprej vnesenih podatkov o končnih uporabnikih (npr. učencev, dijakov) izračunajo, koliko hrane in obrokov morajo pripraviti. Prehranski strokovnjaki lahko prav tako hitro in preprosto preverijo, ali so sestavljeni jedilniki v skladu z nacionalnimi prehranskimi smernicami.

Začeli smo izvajati projekt iz programa Obzorje 2020 *COMFOCUS – Community on Food Consumer Science* (<https://comfocus.eu>) z vizijo, da je odprta znanost osnova za znanost o potrošništvu hrane. Naša vloga pri projektu je podpreti domenske strokovnjake pri normalizaciji in **zlivanju heterogenih podatkov**, zbranih v različnih raziskavah, ki merijo in preizkušajo vedenje in preference potrošnikov. Za analizo zlitih podatkov bodo uporabljene analitične tehnike iz strojnega učenja (npr. ansambli metod, meta učenja, nadzorovano in nenadzorovano učenje), globokega učenja in statistike. V sodelovanju z domenskimi strokovnjaki smo opredelili ontologijo modeliranja konceptov in entitet, ki opredeljujejo vedenje in preference potrošnikov.

Nadaljevali smo aktivnosti pri projektu iz programa Obzorje 2020 *FNS-Cloud – Food Nutrition Security Cloud* (<http://www.fns-cloud.eu>), kjer smo konsolidirali obstoječe vire s področij živilstva, prehrane in varnosti (podatke,

---

## Razvili smo napredno metodologijo za delo s heterogenimi podatki o hrani, prehrani in zdravju.

---

znanje in orodja) za potrebe raziskav na področjih medicine in agroživilskih znanosti. Obstoječi viri so bili do zdaj razdrobljeni, bili so brez kritične mase, dostop do njih pa ni bil enakopraven. Razvili smo napredno metodologijo za delo s heterogenimi podatki o hrani, prehrani in zdravju. Naša raziskovalna skupina se je ukvarjala z razvojem in validacijo metodologij za **standardizacijo in interoperabilnost podatkov**, vključno s predobdelavo podatkov, z njihovim kuriranjem in beleženjem, ujemanjem in analizo.

Pri projektu *FNS-Cloud* in projektu *CAFETERIA – ExtraCting and Annotating Food NamEd EnTitiEs fRom Scientific Literature*, ki ga financira Evropska agencija za varnost hrane (EFSA) in se osredotoča na avtomatsko iskanje in označevanje entitet hrane v znanstveni literaturi, smo raziskali korpusne metode za prepoznavanje entitet hrane iz besedilnih podatkov (tj. receptov ali znanstvenih povzetkov). Prilagodili smo izbrane metode za obdelavo naravnega jezika (angl. NLP – Natural Language processing) in razvili metode NER za ekstrakcijo živilskih entitet (angl. NER – Named Entity Recognition), ki omogočajo tudi povezovanje označenih entitet s semantičnimi oznakami iz prehranskih ontologij in semantičnih virov. Rezultate dela smo objavili v reviji *Journal of Medical Internet Research*. Poleg tega smo razvili prvo metodo za identifikacijo relacij med prehranskimi in biomedicinskimi entitetami v besedilnih podatkih. Metoda temelji na t. i. prenosljivem (angl. transfer) učenju, kar smo predstavili na delavnici *Workshop on Biomedical Language Processing – NAACL 2021*. Uporabnost metode je bila prikazana na primeru iskanja relacij med hrano in boleznimi ter hrano in kemijskimi komponentami, kar smo predstavili na *SSCI 2021*.

V sodelovanju z Odsekom za tehnologije znanja smo pri projektu *FNS-Cloud* razvili cevovod za rudarjenje besedil (*DietHub*), s katerim lahko avtomatsko dodelimo sestavine recepta opisu, kar smo objavili v znanstveni reviji *Trends in Food Science & Technology*. Cevovod smo uporabili za avtomatsko analizo receptov, ki so jih ljudje uživali pred in med prvo izolacijo covid-19, kar nam je omogočilo prepoznati spremembe v vzorcih prehranjevanja (delo je agencija ARRS nagradila z nazivom *Odlični v znanosti za leto 2021*). Poleg tega smo se vključili v raziskavo, ki je raziskovala vpliv covid-19 na prehranjevalne navade v 16 evropskih državah. Rezultati raziskave so bili objavljeni v reviji *Food Quality and Preference*.

Organizirali smo dva večja dogodka, in sicer i) delavnico z naslovom Big Food and Nutrition Data Management and Analysis – BFNDA 2021 v okviru konference *IEEE BigData 2021* ter ii) delavnico AI & Food and Nutrition v okviru kongresa *Applied Machine Learning Days – AMLD 2021*. Na delavnici *IberHeLT 2021*, ki je potekala v okviru mednarodne konference *SEPLN2021*, smo izvedli vabljen predavanje o avtomatskem luščenju informacij o hrani in normalizaciji tovrstnih podatkov.

Sodelovali smo pri izvedbi aktivnosti pri projektu iz programa ESFRI z naslovom *MetroFood – Infrastructure for promoting Metrology in Food and Nutrition* (<https://www.metrofood.eu>). Skupaj z Odsekom za okoljske znanosti smo pomagali razviti platformo MetroFood in upravljati podatke. Začeli smo oblikovati slovensko nacionalno vozlišče MetroFood.

Na področju **učinkovitih sistemov za interakcijo** z računalniki smo se osredotočili na spletna orodja za prehrano in informatiko o hrani. Poglobljeno smo raziskali in oblikovali vizualne predstavitve za različne projekte, aplikacije in spletne strani. V sodelovanju s partnerji in končnimi uporabniki smo analizirali potrebe uporabnikov in opredelili ustrezne uporabniške izkušnje ter oblikovali ustrezne grafične vmesnike za več orodij, povezanih s prehrano.

Zaključili smo delo na dveh projektih Obzorja 2020 TRUE – *Transition paths to sustainable legume based systems in Europe* in *TomRes – A novel and integrated approach to increase multiple and combined stress tolerance in plants using tomato as a model*. Oba projekta sta s področja kmetijstva in naslavljata sistem za podporo odločanju. V sodelovanju z Odsekom za tehnologije znanja smo zasnovali in implementirali spletni sistem za podporo odločanju, ki omogoča, da več akterjev sodeluje pri istem problemu odločanja, da oceni trenutno stanje ter izvaja različne analize, kot je testiranje različnih scenarijev ali analiza od spodaj navzgor in iskanje poti do zelenega rezultata ali analiza od zgoraj navzdol. Rezultat raziskovalnega dela sta bili dve spletni aplikaciji: **Pathfinder** (<http://pathfinder.ijs.si/>), ki pomaga pri ocenjevanju in analizi vrednostnih verig stročnic (projekt True), in **Resource amplifier** (<http://resourceamplifier.ijs.si/>) za pridelavo paradižnika (projekt TomRes). Orodji sta bili zasnovani in implementirani za ponovno uporabo pri novih projektih, ki potrebujejo sisteme za podporo pri odločanju na podlagi kvalitativnih podatkov strokovnjakov (ne samo s področja kmetijstva). Generično orodje se imenuje DEXiWare, saj temelji na obstoječi metodologiji DEXi in omogoča njegovo spletno uporabo. Izdelana je pristajalna stran za namene promocije orodja: <http://dexiware.ijs.si/>

Nadaljevali smo razvoj aplikacije **VešKajJeš** in njene komplementarne aplikacije **VešKajPiješ**. Naš odsek je odgovoren za tehnične vidike razvoja mobilne aplikacije. Aplikacija omogoča uporabniku preprosto primerjavo živil prek sistema živilskega semaforja in je na voljo na napravah Android in iOS. Leta 2021 je imela aplikacija v Sloveniji okoli 30.000 aktivnih uporabnikov. Uporabniki so prispevali tudi več kot 10.000 živil v bazo pakiranih živil, prisotnih na slovenskem trgu, ki zdaj šteje 40.000 izdelkov in je na voljo za komercialno uporabo tretjim osebam. V dveh večjih posodobitvah leta 2021 je bila funkcionalnost aplikacije razširjena z informacijami o alkoholnih

pijačah in aditivih, kot so kofein in umetna sladila. Uporabniki so opis sistema za pridobivanje podatkov objavili v reviji *Frontiers in nutrition*. Posodobitev v zvezi z alkoholnimi pijačami je bila predstavljena na konferenci *EUSPR Conference and Members Meeting* in v reviji *European journal of public health*.

V okviru programa Interreg smo začeli projekt *SI4Care - Social Innovation for integrated health CARE of ageing population in ADRION Regions* (<https://si4care.adrioninterreg.eu>), katerega glavni cilj je prispevati k ustvarjanju transnacionalnega ekosistema za socialne inovacije v integriranih zdravstvenih storitvah za starajoče se prebivalstvo s pomočjo skupne mreže sodelovanja in edinstvene strategije, prevedene v regionalne in nacionalne akcijske načrte, ki se izvajajo in spremljajo v okviru pilotov. V sodelovanju z Odsekom za inteligentne sisteme ter SRIP Pametna mesta in skupnosti smo prispevali regionalni (Slovenija) in sektorski (raziskave, IKT) prispevek k izzivom, ki jih projekt obravnava. Svoje tehnično znanje smo dali na voljo projektnim partnerjem, ki bi želeli pilotirati naše rešitve v njihovem okolju in se začeli pripravljati na lastne pilotne projekte. Biomehanski pilot se je začel konec leta 2021 s prvo skupino šestih udeležencev. K projektu smo prispevali z opredelitvijo in zagonom biomehanskega pilota pri starejših (zdaj v teku) ter z informacijami o stanju in izzivih dolgotrajne oskrbe v Sloveniji, kar smo delno predstavili na konferenci *Alma mater* in na *Tetramax delavnici*.

Sklenili smo delo v okviru ARRS projekta *Toponomastična dediščina Primorske* v sodelovanju z raziskovalno skupino na Zgodovinskem inštitutu Milka Kosa (Raziskovalni center SAZU). Pri projektu smo ponudili računalniško strokovno znanje in podporo, ki je omogočila nadaljnjo izboljšavo toponomastične dediščine Kranjske in ustvarjanje toponomastične dediščine Primorske. Končni rezultat je zanesljiva **interaktivna** spletna verzija Slovenske zgodovinske topografije (<https://topografija.zrc-sazu.si/>), ki vključuje obe pokrajini.

V sodelovanju s Fakulteto za šport Univerze v Ljubljani smo razvili spletno aplikacijo za shranjevanje, **upravljanje in vizualizacijo znanstvene literature** in podatkov o raziskovalcih s področja namiznega tenisa. Naša naloga je bila izdelava in organiziranje relacijske baze podatkov ter razvoj uporabniškega vmesnika (UI). Vmesnik omogoča registracijo uporabnikov in ponuja različne poglede za uporabnike, urednike in skrbnike. Vsak podatkovni razred (revijalni prispevki, konferenčni prispevki, knjige, diplomske naloge itd.) ima svoj pogled, ki omogoča hitro iskanje in filtriranje podatkov. Uporabniški vmesnik ponuja več možnosti izvoza podatkov, vključno s citiranjem v formatu APA, in tako predstavlja uporabno orodje za raziskovalce, ki pripravljajo nove publikacije ali zbirajo informacije o svojih raziskovalnih temah.

### **Prilagodljive računalniške strukture**

Za učinkovito izvedbo naših algoritmov smo proučili več možnosti izvedbe v posebni strojni opremi, predvsem z uporabo programirljivih matrik logičnih vrat (angl. Field-Programmable Gate Array ali FPGA) ter prilagodljivih vgrajenih sistemov in senzorjev. Razvijamo infrastrukturo za pospeševanje algoritmov, ki temelji na **pospeševalnih karticah FPGA** ALVEO podjetja Xilinx. Na karticah FPGA smo implementirali umetne nevronske mreže. Pri tem smo namesto plavajoče vejice, ki je tipično uporabljena v umetnih nevronskih mrežah, uporabili fiksno vejico. Zapis z nepremično vejico je vodil do področja kvantiziranih nevronskih mrež, ki smo jih raziskovali tako z algoritmičnega kot tudi z vidika učinkovitih implementacij v strojni opremi. Kvantizirane nevronske mreže omogočajo prilagodljivost težavnosti računanja v zameno za točnost mreže – **približno računanje**. V okviru teh raziskav smo objavili članek na *IEEE World Forum on Internet of Things - WF-IoT 2021*. V članku smo opisali implementacijo binarizirane nevronske mreže kot kombinacijsko vezje na FPGA.

Velika računska zahtevnost globokih nevronskih mrež je postala velika prepreka k uveljavitvi inteligence na robu. Robne naprave so namreč pogosto zelo računsko in pomnilniško omejene, kar močno otežuje izvedbo globokih nevronskih mrež na robu. Najnovejše študije adaptivnih tehnik stiskanja globokih nevronskih mrež so nakazale, da bi z njihovo uporabo lahko tudi v realnih primerih uporabili zahtevne modele globokega učenja. Vendar pa njihova zmogljivost in primernost za uporabo pri procesiranju na robu oziroma pri vseprisotnem računanju še nista preverjeni. V naših raziskavah, objavljenih v reviji *Electronics*, z uporabo adaptivnega postopka, ki dinamično prilagaja stopnjo stiskanja nevronske mreže spreminjajočemu se kontekstu mobilnega računanja, poskušamo premostiti razliko med teoretičnim zmanjšanjem porabe virov, ki ga stiskanje ponuja, in dejanskimi zahtevami praktičnih mobilnih aplikacij. S poglobljeno analizo sledi programske kode smo potrdili uporabnost razvitega adaptivnega postopka, ki omogoča prilagodljivo iskanje kompromisa med prilagajanjem točnosti mreže in računsko zahtevnostjo. Ta pristop smo implementirali na dejanskih robnih napravah in z aplikacijo prepoznave človeške aktivnosti potrdili, da tudi v zelo dinamičnem okolju ponuja učinkovito stiskanje nevronske mreže. Rezultati preizkusa (poskusa/eksperimenta) z 21 sodelujočimi so pokazali, da v primerjavi s statičnim stiskanjem nevronskih mrež naš pristop uporablja 2,18-krat manj energije in v povprečju povzroči le 1,5-odstotni padec točnosti mreže.

V sodelovanju z *Indian Institute of Technology Indore* smo razvili učinkovito in večuporabno arhitekturo za implementacijo globokih nevronskih mrež v strojni opremi. V sklopu tega smo razvili strojno enoto za množenje in seštevanje (angl. Multiply and Accumulate ali MAC) števil s fiksno vejico poljubne širine ter večuporabno strojno enoto za računanje aktivacijskih funkcij, ki uporablja multipleksirane podatkovne poti. Predlagana rešitev ob

minimalni dodatni zakasnitvi zmanjšuje potrebno količino strojnih gradnikov in je primerna za IoT-naprave. Rešitev je bila preverjena z izvedbo na vezjih FPGA in tudi simulirana za ASIC implementacijo. Trenutno smo v procesu izdelave strojne enote za izračun Softmax funkcije, ki je pogosto uporabljena kot zadnji sloj v nevronske mrežah. Delo je bilo objavljeno v reviji *Neurocomputing*.

Leta 2021 smo skupaj s 47 partnerji iz 11 držav začeli izvajati ECSEL JU / Obzorje 2020 projekt DAIS – *Distributed Artificial Intelligent Systems* (<https://dais-project.eu/>). Skupni cilj projekta je razvoj porazdeljenih inteligentnih sistemov in implementacija obstoječih algoritmov na raznovrstnih robnih napravah. Skupaj s podjetjema Cosylab in TPV bomo razvijali semiavtonomni mobilni voziček (angl. Automated guided vehicle, AGV) za prevoz materiala in izdelkov med tovarno in skladiščem. Razvili smo programsko in strojno opremo, potrebno za začetek zbiranja podatkov, ki jo bomo uporabili za učenje umetnih nevronske mrež. Začeli smo tudi zbirati in označevati podatke. Umetna nevronska mreža bo uporabljena za zaznavo objektov in bo kvantizirana, kar bo olajšalo implementacijo na računsko manj zmogljivi robni napravi. Zaznava objektov nam bo pomagala pri razvoju semiavtonomnega mobilnega vozička.

V bilateralnem projektu *CROSSING – Crossing borders and scales: CFD and High-performance computing* (<https://www.hzdr.de/db/Cms?pOid=60402&pNid=0>) sodelujemo z inštitutom HZDR (Nemčija) na področju numeričnega simuliranja vodnega udara zaradi kondenzacije pare. Ta pojav je v praksi pogosto problematičen, saj lahko poškoduje določene dele industrijskih obratov. Glavni cilj projekta je pospeševanje simuliranja teh metod s pomočjo grafičnih procesnih enot ter njihova aproksimacija z uporabo algoritmov strojnega učenja. Problem vodnega udara je računsko zahteven, saj se hkrati simulirajo interakcije med večjim številom tekočin in delcev. V simulacijo lahko vključimo različne mehanizme, ki bolj ali manj natančno opišejo resnične probleme, vendar je vedno treba najti kompromis med hitrostjo simulacije in njeno natančnostjo. Mehanizem, ki je za naš primer najbolj pomemben, je modeliranje velikosti mehurčkov s pomočjo diskretizacij velikosti polmerov. Ta distribucija polmerov se skozi čas simulacije spreminja glede na mehanizme, ki so vključeni v simulacijo. Dva izmed pomembnejših mehanizmov sta nastajanje novih mehurčkov in njihovo združevanje ter njihov razpad na manjše mehurčke. Ti mehanizmi so računsko prej zahtevni, zato so bili deli teh izračunov preneseni na grafične procesne enote. Mehanizmi, podprti z grafičnimi procesnimi enotami, so se izkazali za precej uspešne, saj so izračuni nekajkrat hitrejši. Čas celotne simulacije se s tem zmanjša za nekaj ur, kar omogoča hitrejši razvoj novih modelov in večjo natančnost obstoječih simulacij. Razvit pristop za modeliranje obnašanja mehurčkov s pomočjo grafičnih procesnih enot je bil predstavljen na konferenci *International Conference Nuclear Energy for New Europe – NENE2021*.

V okviru Obzorje 2020 projekta *SAAM – Supporting Active Ageing through Multimodal coaching* (<http://bilsp.org/saam-active-ageing>) smo imeli več prispevkov. Prvi večji prispevek je bil razvoj **metodologije za ocenjevanje vnosa hrane in hranil** ostarelih oseb. Drugi večji prispevek pa je bil razvoj **ambientnega senzorja** z možnostjo sinteze zvoka. Metodologija za vnos hrane in hranil je osnovana na kratkih vprašalnikih glede vnosa hrane, ki so bili implementirani kot mobilna aplikacija za naprave Android. Razvila se je odprtokodna žepna kuhinjska tehtnica, ki se lahko prek Bluetootha poveže z mobilno aplikacijo. Tehtnica se uporablja za bolj točno ocenitev vnosa hrane in hranil. Mobilna aplikacija omogoča tudi slikanje in prepoznavanje hrane. Ambientni senzor je osnovan na podlagi cenenegega računalnika Raspberry PI, ki zbira podatke iz okolja, kot so temperatura, vlažnost, pritisk in pospešek senzorske plošče. Zbirajo pa se tudi podatki o gibanju prek nosljivih senzorjev, ki so s sistemom povezani prek Bluetooth povezave. Zbrani podatki so poslani v oblak z uporabo protokola MQTT. Razen zajema podatkov ambientni senzor omogoča tudi sintezo zvoka, sprejemanje zvočnih ukazov in zaznavo razpoloženja iz uporabnikovega glasu. Sinteza zvoka je sprožena na daljavo prek sistema za treniranje, uporablja protokol MQTT in predvaja vnaprej posneta sporočila. Razvita programska (in strojna) oprema je na voljo na portalu GitHub: <https://github.com/biasizzo/Saam-Rpi-Libra.Scale>.

Začeli smo prenavljati celostno podobo naše odprtokodne kuhinjske tehtnice Libra (<http://libra.ijs.si>). S preoblikovanjem vizualne podobe, povezovanjem z možnimi partnerji in zagotavljanjem spremljevalnega vizualnega materiala (kot so nalepke v grafični podobi podjetja, ki se prilegajo na tehtnico) smo kuhinjsko tehtnico začeli približevati novemu naboru bodočih uporabnikov. Z osredotočanjem na analizo uporabe tehtnice, raziskovanjem širšega področja in ob izdelavi novega ohišja oblikujemo spletno stran, ki nagovarja potencialne bodoče uporabnike in morebitne partnerje pri projektih. Pripravili smo tudi nov vizualni material v obliki fotografij, ikon in drugih delov, ki tvorijo nove identitete projekta. Odprtokodna rešitev tehtnice je bila predstavljena tudi v reviji *IEEE Access*.



Slika 3: Avtomatizirano vodeno vozilo (proizvajalec TPV) je bilo nadgrajeno z dodatno kamero, ki omogoča bolj inteligentno delovanje in izogibanje predmetom.

Začeli smo raziskovalno delo v okviru projekta ARRS CODA – *Context-aware on-device approximate computing* (<https://www.fri.uni-lj.si/en/projects/1719>) v sodelovanju s *Fakulteto za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani*. Predvideni primer uporabe je povezan z zmanjševanjem nevarnosti zaradi plazov. Začeli smo s specifikacijo uporabniških zahtev s potencialnimi deležniki, ki vključujejo turne smučarje (več kot 1000 odgovorov na spletno anketo), Planinsko zvezo Slovenije in Agencijo RS za okolje (individualni intervjuji).

V sklopu projekta Obzorja 2020 *TETRAMAX – Technology Transfer via Multinational Application Experiments* (<https://www.tetramax.eu>), ki podpira evropsko pobudo *Smart Anything Everywhere* na področju prilagojenega računanja z nizko porabo energije (CLEC) za kibernetsko-fizikalne sisteme in internet stvari v okviru pobude Smart Anything Everywhere, smo nadaljevali dejavnosti regionalnega kompetenčnega centra znotraj vseevropske mreže. V sodelovanju s SRIP-oma PMiS in SRIP ToP smo uspešno izvedli devet delavnic, namenjenih izobraževanju in izgradnji slovenskega ekosistema. Od teh je bilo sedem izobraževalnih tečajev na različnih tematikah s področij CLEC in dve predstavitveno-izobraževalni delavnici namenjenih širjenju in izgradnji lokalne mreže, na katerih smo predstavili globalne trende na področju e-zdravja ter naše trenutne aktivnosti in dosežke pri iskanju specifičnih rešitev za starejšo populacijo ter zanesljivo uporabo orodij UI v napovednem zdravstvenem varstvu.

IJS je partner v projektu Obzorja 2020 *Athena* (<https://www.athenaequality.eu/>), katerega cilj je odstranjevanje ovir za zaposlovanje in karierno napredovanje raziskovalk, zmanjšanje neravnovesja med spoloma v procesih odločanja ter ustvarjanje kulturne spremembe, ki je potrebna, da bi se izognili spolni pristranskosti in diskriminatornim praksam. V ta namen bomo pripravili načrt za enakost spolov (NES) in spremljali njegovo izvajanje. Za zagotovitev sistemskih institucionalnih sprememb v projektu načrtujemo izvedbo ocene že obstoječih postopkov in praks v partnerskih organizacijah ter analizo nacionalnih zakonodaj in političnih okvirov. Vzporedno bo vzpostavljen vključujoč postopek sodelovanja, katerega cilj je po eni strani razumeti potrebe in želje zaposlenih na inštitutu, po drugi strani pa jih izobraziti o izbranih temah, povezanih z enakovrednim obravnavanjem spolov. Kot končni rezultat bo vsaka partnerska organizacija pripravila in izvajala svoj specifični NES. Na IJS se aktivnosti v okviru projekta *Athena* izvajajo v devetih raziskovalnih oddelkih in v direktorjevi pisarni. Odsek za računalniške sisteme je sodeloval pri zbiranju podatkov o trenutnem stanju na IJS in pri izvedbi pogovornih intervjujev. Sodelovali smo tudi na področju promocije, v tej vlogi smo razpisali in promovirali javni natečaj za izbor logotipa *Athena* v slovenski regiji. Predstavnica odseka sodeluje v odboru *GEPT*, ki ima ključno vlogo pri pripravi in izvajanju NES. V tej vlogi je opravila del obveznega izobraževanja, ki ga je izvedel koordinator projekta.

## Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Tome Eftimov, Bibek Paudel, Gorjan Popovski, Dragi Kocev, A framework for evaluating personalized ranking systems by fusing different evaluation measures, *Big data research*, 2021, 25, 100211-1-100211-13
2. Veljko Pejović, Tilen Matkovič, Mojca Ciglarich, Wireless ranging for contactless cognitive load inference in ubiquitous computing, *International journal of human-computer interaction*, 2021, 37, 19, 1849-1873
3. Rok Hribar, Timotej Hrga, Gregor Papa, Gašper Petelin, Janez Povh, Nataša Pržulj, Vida Vukašinović, Four algorithms to solve symmetric multi-type non-negative matrix tri-factorization problem, *Journal of global optimization*, 2021, 82, 2, 283-312
4. Lada Timotijević, Tome Eftimov, Barbara Koroušič Seljak, *et al.*, Designing a research infrastructure (RI) on food behaviour and health: balancing user needs, business model, governance mechanisms and technology, *Trends in food science & technology*, 2021, 116, 405-414
5. Esther Molina-Montes, Barbara Koroušič Seljak, Robert Modic, Tome Eftimov, Irena Hren, Eva Valenčič, *et al.*, Impact of COVID-19 confinement on eating behaviours across 16 European countries: the COVIDiet cross-national study, *Food quality and preference*, 2021, 93, 104231-1-104231-13
6. Riste Stojanov, Gorjan Popovski, Gjorgjina Cenikj, Barbara Koroušič Seljak, Tome Eftimov, A fine-tuned bidirectional encoder representations from transformers model for food named-entity recognition: algorithm development and validation, *Journal of medical internet research*, 2021, 23, 8, e28229
7. Gordana Ispirova, Tome Eftimov, Barbara Koroušič Seljak, Domain heuristic fusion of multi-word embeddings for nutrient value prediction, *Mathematics*, 2021, 9, 16, 1941-1-1941-15
8. Margarita Antoniou, Gregor Papa, Differential evolution with estimation of distribution for worst-case scenario optimization, *Mathematics*, 2021, 9, 17, 2137-1-2137-22
9. Marko Pavlin, Franc Novak, Gregor Papa, Low power contactless bioimpedance sensor for monitoring breathing activity, *Sensors*, 2021, 21, 6, 2081-1-2081-14
10. Tome Eftimov, Peter Korošec, Deep statistical comparison for multi-objective stochastic optimization algorithm, *Swarm and evolutionary computation*, 2021, 61, 100837-1-100837-16

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Spletna delavnica TETRAMAX: Keras in globoko učenje skozi zglede, Ljubljana, 14. 1. 2021
2. Spletna delavnica TETRAMAX: Tensorflow: uporaba onkraj globokega učenja, Ljubljana, 27. 1. 2021
3. Delavnica AI & Food and Nutrition v okviru konference Applied Machine Learning Days 2021 (AMLD 2021), Ecublens, Švica, 26.–30. 3. 2021
4. Spletna delavnica TETRAMAX: Uvod v programiranje Androida s Kotlinom, Ljubljana 21. 4. 2021
5. Spletna delavnica TETRAMAX: Izdelava lokacijskih storitev v Androidu, Ljubljana 5. 5. 2021
6. Spletna delavnica TETRAMAX: Identifying quality improvements in industrial optimization, Ljubljana, 25. 5. 2021
7. 38. delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, Maribor (virtualno), 28. 5. 2021
8. Delavnica REPL4OPT: Representation Learning meets Meta-heuristic optimization v okviru konference IEEE CEC 2021, Krakov, Poljska, 28. 6.–1. 7. 2021
9. Delavnica Good Benchmarking Practices for Evolutionary Computation Benchmarking v okviru konference IEEE CEC-2021, Krakov, Poljska, 28. 6.–1. 7. 2021
10. Delavnica Good Benchmarking Practices for Evolutionary Computation Benchmarking v okviru konference GECCO-2021, Lille, Francija, 10.–14. 7. 2021
11. Performance Assessment of Swarm Intelligence Algorithms v okviru 2021 International Conference on Swarm Intelligence (ICSI 2021), Qingdao, Kitajska, 17.–21. 7. 2021
12. Spletna predstavitvena delavnica TETRAMAX: Rešitve IKT za zdravo in aktivno staranje, 28. 9. 2021
13. 39. delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, Ljubljana (virtualno), 1. 10. 2021
14. Spletna izobraževalna delavnica TETRAMAX: Načrtovanje strojne opreme in vgradnih sistemov z vezji FPGA, Ljubljana, 20. 10. 2021
15. Spletna izobraževalna delavnica TETRAMAX: Umetne nevrnske mreže v praksi, Ljubljana, 3. 11. 2021
16. Spletna izobraževalna delavnica: Linking Food, Nutrition and Biomedical Data for Trustworthy AI in Predictive Healthcare, Ljubljana, 17. 11. 2021

## Nagrade in priznanja

1. Carola Doerr, dr. Tome Eftimov in Anja Jankovič: Best Paper Award pri EvoApps 2021 v sklopu EvoStar: EvoApplications: Towards Feature-Based Performance Regression/Using Trajectory Data (<http://www.evostar.org/2021/awards/>)
2. dr. Tome Eftimov, dr. Drago Kocev, Gorjan Popovski, dr. Matej Petković in prof. dr. Barbara Koroušič Seljak: nagrada ARRS Odlični v znanosti 2021. Nagrado so prejeli v sekciji interdisciplinarne raziskave z naslovom: Vpliv pandemije COVID-19 na prehranjevalne navade.

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. EFSA - CAFETERIA; Podpora za avtomatizacijo določenih korakov postopka sistematičnega pregleda literature s pristopi umetne inteligence  
European Food Safety Authority – EFSA  
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
2. H2020 - TRUE; Poti prehoda v trajnostne sisteme stročnic v Evropi  
European Commission  
dr. Bojan Blažič
3. H2020 - TomRes; Nov celosten pristop k povečanju tolerance rastlin na posamične in kombinirane strese na primeru paradiznika  
European Commission  
dr. Bojan Blažič
4. H2020 - TETRAMAX; Prenos tehnologij prek večnacionalnih aplikacijskih eksperimentov  
European Commission  
dr. Marina Santo Zarnik
5. H2020 - SAAM; Podpora aktivnemu staranju z večstransko pomočjo  
European Commission  
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
6. H2020 - FNS-Cloud; Računalniški oblak in storitve za obdelavo podatkov iz področja ved o hrani, prehrani in varnosti  
European Commission  
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
7. H2020 - METROFOOD-PP; Projekt pripravljalne faze METROFOOD-RI  
European Commission  
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
8. H2020 - iRel40; Inteligentna zanesljivost 4.0  
European Commission  
prof. dr. Gregor Papa
9. H2020 - InSecTT; Inteligentne varne zanesljive stvari  
European Commission  
dr. Drago Torkar
10. H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi  
European Commission  
dr. Vida Vukašinović
11. H2020 - COMFOCUS; Skupnost raziskovalcev, ki delujejo na področju potrošniških raziskav o hrani  
European Commission  
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
12. H2020 - DAIS; Porazdeljeni sistemi umetne inteligence  
European Commission  
prof. dr. Gregor Papa

## PROGRAM

1. Računalniške strukture in sistemi  
prof. dr. Gregor Papa



## PROJEKTI

- Kontekstno-odvisno približno računanje na mobilnih napravah  
dr. Bojan Blažica
- Kakovost, varnost in pristnost živil in krme na osnovi proteinov žuželk  
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
- Toponomastična dediščina Primorske  
doc. dr. Jurij Šilc
- SI4CARE - Socialne inovacije za celostno zdravstveno oskrbo starajočega se prebivalstva v regijah ADRION-SI4CARE  
dr. Bojan Blažica
- SRIP PMiS: Pametna mesta in skupnosti Podpora strateškim razvojno inovacijskim partnerstvom (SRIP) na prioritetenih področjih pametne specializacije, SRIP Pametna mesta in skupnosti  
prof. dr. Gregor Papa
- SRIP-ToP: Strateška razvojna inovacijska partnerstva - Tovarne prihodnosti  
dr. Marina Santo Zarnik
- Šolski lonec: Kontinuirano posodabljanje spletnega portala Šolski lonec za podporo implementaciji nacionalnih prehranskih smernic v vzgojno-izobraževalnih zavodih in prenos veščin e-orodja za načrtovanje kakovostnih šolskih obrokov v prakso  
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
- Veš kaj ješ: Inovativne rešitve za informirane odločitve: zagotavljanje delovanja mobilne aplikacije VešKajJeš in nadgradnja z dodatnimi, za potrošnike koristnimi informacijami  
dr. Bojan Blažica
- Veš kaj piješ: Podpora prebivalcem za zmanjševanje tvegane rabe alkohola z mobilno aplikacijo  
dr. Bojan Blažica
- OPKP: Posodobitev Odrpne platforme za klinično prehrano (OPKP) v skladu z nacionalnimi prehranskimi smernicami in sodobno računalniško tehnologijo  
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
- CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop  
prof. dr. Gregor Papa
- Mr-BEC: Sodobni pristopi za primerjalno analizo v evolucijskem računanju (ARRS - postdoc projekt)  
dr. Tome Eftimov

## OBISKI

V letu 2021 na odseku E7 nismo imeli obiskov.

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- Robert Modic, Peter Novak, Matevž Ogrinc: Predstavitev odsečnih spletnih strani, 18. 1. 2021
- dr. Bojan Blažica: SI4Care, 25. 1. 2021
- dr. Veljko Pejović: Context-Adaptive Compressive Sensing for Resource-Efficient Mobile Computing, 1. 2. 2021
- dr. Vida Vukašinović: Athena project - E7 responsibilities and your possibilities for its participation, 15. 2. 2021
- Peter Novak: Smernice za predstavitev z uporabo projekcije, 22. 2. 2021
- Gašper Petelin: Reproducible data analysis with Snakemake, 8. 3. 2021
- prof. dr. Gregor Papa: Horizon Europe workprogrammes and project calls, 29. 3. 2021
- Branko Skočir, MPŠ: Multi-hop communication in Bluetooth 4.0 Ad-hoc network, 8. 4. 2021
- Gjorgjina Cenikj, MPŠ: Food-Disease Relation Extraction, 19. 4. 2021
- Marjeta Trobec: Podporne storitve CTT, 10. 5. 2021
- dr. Tome Eftimov: Reducing Bias in Multi-Objective Optimization Benchmarking, 24. 5. 2021
- Jure Vreča: Detecting Network Intrusion Using Binarized Neural Networks, 2. 6. 2021
- prof. dr. Peter Korošec: DSCTool, 7. 6. 2021
- Rok Hribar: Parameter control in gradient based optimization, 14. 6. 2021
- Jolanda Jakofčič: Practical financial implications for HE, 20. 9. 2021
- Gašper Petelin: GPU-based accelerated computation of coalescence and breakup frequencies in OpenFOAM, 4. 10. 2021
- Peter Novak: Spletna predstavitev raziskovalne rešitve - za pridobivanje novih sodelovanj in projektov (case study: DEXiWare), 11. 10. 2021
- Gašper Petelin: Introduction to Docker, 2. 11. 2021
- dr. Tome Eftimov in prof. dr. Peter Korošec, COSEAL workshop (virtualno), 17. 9. 2021 (2)
- dr. Tome Eftimov, vabljen predavanje na IberHelT 2021, delavnica v sklopu SEPLN2021 (virtualno), 21. 9. 2021
- dr. Tome Eftimov, ETAI 2021, vabljen predavanje (virtualno), 24. 9. 2021
- dr. Tome Eftimov, Gordana Ispirova, prof. dr. Peter Korošec in prof. dr. Barbara Koroušič Seljak, FNS-Cloud konzorzijski sestanek (virtualno), 21. 10. 2021
- dr. Tome Eftimov in prof. dr. Gregor Papa, EuroCC - AI Techniques: Advances, Analysis and Applications, Osijek, Hrvaška (virtualno), 11. 11. 2021 (2)
- dr. Tome Eftimov, IEEE Symposium Series on Computing Intelligence 2021, Orlando, Florida, ZDA (virtualno), 4.-7. 12. 2021 (2)
- Rok Hribar, Deep Learning with Keras (virtualno), 17.-18. 5. 2021 (1)
- Rok Hribar, First Austrian-Slovenian HPC Meeting (ASHPC21) (virtualno), 31. 5.-2. 6. 2021 (1)
- Rok Hribar, 6<sup>th</sup> Int'l Summer School on Data Science (SSDS 2021) (virtualno), 20.-24. 9. 2021 (2)
- Rok Hribar, Konferenca SOR 21 (virtualno), 23.-24. 9. 2021 (1)
- Rok Hribar, PRACE Autumn school 2021 (virtualno), 27.-30. 9. 2021 (2)
- Rok Hribar, The advanced course on AI on Human Centered AI (ACAI 2021), Berlin, Nemčija, 11.-14. 10. 2021 (1)
- Rok Hribar, prof. dr. Peter Korošec in prof. dr. Gregor Papa, iRel40 General Assembly (virtualno), 28. 10.- 5. 11. 2021
- Rok Hribar in dr. Drago Torkar, InSecIT consortium meeting, Madrid, Španija, 15.-18. 11. 2021
- dr. Barbara Koroušič Seljak, FNS-Cloud konzorzijski sestanek (virtualno), 19.-20. 10. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, ECS Brokerage 2021, Bruselj, Belgija (virtualno), 12.-13. 1. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, AI4SI, sestanek Programskega sveta (virtualno), 20. 1. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, esei General Assembly, Gradec, Avstrija (virtualno), 13. 4. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, iRel40 General Assembly (virtualno), 17.-21. 5. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, CROSSING mid-term evaluation meeting, (virtualno), 26. 5. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, ARTEMIS-IA General Assembly (virtualno), 11. 6. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, iRel40 review (virtualno), 16. 6. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, Konferenca Pametna mesta 2021: Aktivnosti evropskih mest za doseganje podnebne nevtalnosti (virtualno), 16. 9. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, CROSSING Advisory board meeting (virtualno), 17. 9. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, EIT Urban mobility, Ljubljana, 28. 10. 2021
- prof. dr. Gregor Papa in Jure Vreča, DAIS: Consortium meeting, Lizbona, Portugalska, 8.-12. 11. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, esei General Assembly (virtualno), 16. 11. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, Konferenca GoDigital 2021, Ljubljana, 18. 11. 2021
- prof. dr. Gregor Papa, INSIDE General Assembly (virtualno) 23. 11. 2021
- Gašper Petelin, International Conference Nuclear Energy for New Europe, NENE, Bled, 6.-9. 9. 2021 (1)
- Gašper Petelin, The advanced course on AI on Human Centered AI (on-line), Berlin, Nemčija, 11.-14. 10. 2021
- Gašper Petelin, 1<sup>st</sup> Virtual AutoML Fall School 2021 (virtualno), 8.-12. 11. 2021
- Jure Vreča, IEEE 7<sup>th</sup> World Forum on Internet of Things, New Orleans, Louisiana, ZDA (virtualno), 30. 6. 2021 (1)
- dr. Vida Vukašinović in dr. Marina Santo Zarnik, spletna delavnica: Načrt za enakost spolov na akademskih institucijah: zakaj in kako, 18. 2. 2021
- dr. Marina Santo Zarnik, Capacity building for GEPI Committees, Module 1 (virtualno), 19. 11. 2021
- dr. Marina Santo Zarnik, Capacity building for GEPI Committees, Module 2 (virtualno), 26. 11. 2021
- dr. Marina Santo Zarnik, 9. Mednarodna konferenca Alma Mater EUROPAEA - Almera, Digitalna transformacija v znanosti, izobraževanju in umetnosti (virtualno), 12.-13. 5. 2021
- dr. Marina Santo Zarnik, Proces podjetniškega odkrivanja 3. faza, Zdravje Medicina, Spletna delavnica v okviru prenove slovenske strategija pametne specializacije (virtualno), 6. 4. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

- Margarita Antoniou, IPSSC, 13. MPŠ študentska konferenca in Dan mladih raziskovalcev KMBO (virtualno), 28. 5. 2021
- Margarita Antoniou, 38. delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, Maribor (virtualno), 1. 10. 2021 (1)
- Margarita Antoniou, konferenca EUROGEN 2021, Atene, Grčija (virtualno), 28.-30. 6. 2021 (1)
- Margarita Antoniou, dr. Tome Eftimov, Gašper Petelin in Urban Škvorc, IEEE Congress on Evolutionary Computation, Krakow, Poljska (virtualno), 28. 6.-1. 7. 2021 (3)
- doc. dr. Anton Biasizzo, prof. dr. Gregor Papa, dr. Drago Torkar in Jure Vreča, DAIS Kick-off meeting, (virtualno) 10.-12. 5. 2021
- dr. Bojan Blažica, SI4CARE PP MEETING Live Learning Living LabSG meeting, Special hospital Merkur, Vrnjačka Banja, Srbija (virtualno), 21.-22. 10. 2021
- dr. Bojan Blažica, HCI-SI 2021, Univerza na Primorskem, Koper (virtualno), 8. 11. 2021
- dr. Tome Eftimov, Bioinformatics 2021, 12th International Conference of Bioinformatics Models, Methods and Algorithms, (virtualno), 11.-13. 2. 2021 (1)
- dr. Tome Eftimov, EMO 2021, 11<sup>th</sup> Edition of International Conference Series on Evolutionary Multi-Criterion Optimization (virtualno), 28.-30. 3. 2021 (1)
- dr. Tome Eftimov, 38. delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, Maribor (virtualno), 28. 5. 2021 (1)
- dr. Tome Eftimov, prof. dr. Gregor Papa in Urban Škvorc, GECCO 2021, Lille, Francija (virtualno), 10.-14. 7. 2021 (2)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Gašper Petelin: Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf, Dresden, Nemčija, 1. 8. 2020–30. 6. 2021 (strokovno izpopolnjevanje)
2. prof. dr. Gregor Papa: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informacijsko tehnologijo, Univerza v Osijeku, Osijek, Hrvaška (virtualno), 13. 5.–13. 8. 2021 (Erasmus+, raziskovalno sodelovanje)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. doc. dr. Anton Biasizzo
2. dr. Bojan Blažiča
3. dr. Tome Eftimov
4. prof. dr. Peter Korošec
5. prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
6. **prof. dr. Gregor Papa, vodja odseka**
7. doc. dr. Veljko Pejović\*
8. dr. Marina Santo Zarnik
9. *doc. dr. Jurij Silc, strokovni sekretar odseka, upokojitev 1. 8. 2021*
10. dr. Drago Torkar
11. dr. Vida Vukašinović

### Podoktorski sodelavci

12. dr. Marko Pavlin\*

### Mlajši raziskovalci

13. Margarita Antoniou, Msc. in Enviromental Protection and Sustainable Develop., Faculty of Eng., Hellenic Republic
14. Rok Hribar, univ. dipl. fiz.
15. Gordana Ispirova, Magistrica inf. in kom. tehnologij
16. Gašper Petelin, mag. inž. rač. in inf.
17. *Gorjan Popovski, Msc, odšel 20. 3. 2021*
18. Urban Škvorc, mag. inž. rač. in inf.
19. Eva Valenčič, mag. inž. preh.
20. Jure Vreča, mag. inž. el.

### Strokovni sodelavci

21. Robert Modic, dipl. inž. rač. in inf.
22. Peter Novak, mag. graf. inž.
23. Matevž Ogrinc, dipl. inž. rač. in inf. (UN)

### Tehniški in administrativni sodelavci

24. Jolanda Jakofčič
25. Andraž Simčič
26. Andreja Vlašič, dipl. ekon. (VS)

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Abinsula, Sassari, Italija
2. Cosylab, d. d., Ljubljana, Slovenija
3. Cologne University of Applied Sciences, Cologne, Nemčija
4. Elaphe LAB, Ljubljana, Slovenija
5. European Sustainable Energy Innovation Alliance, Gradec, Avstrija
6. Esteco SpA, Trst, Italija
7. EuroFIR AISBL, Bruselj, Belgija
8. GINF Systems Ltd., Veszprem, Madžarska
9. GoOpti, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
10. GS1 Slovenija, Ljubljana, Slovenija
11. Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden, Nemčija
12. Hyb, d. o. o., Šentjernej, Slovenija
13. Infineon Technologies AG, Regensburg, Nemčija
14. Inštitut za nutricionistiko, Ljubljana, Slovenija
15. LIT Transit, Trzin, Slovenija
16. NIJZ, Nacionalni inštitut za javno zdravje, Ljubljana, Slovenija
17. Nutritics, Dublin, Irska
18. Onkološki inštitut Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
19. Pacific Northwest National Laboratory, PNNL, ZDA
20. PBM3, profesionalne biomehanske meritve in merilniki, d. o. o., Ajdovščina, Slovenija
21. Pipistrel, d. o. o., Ajdovščina, Slovenija
22. PLAMTEX INT., d. o. o., Komenda, Slovenija
23. PROVENTUS, računalniške storitve, d. o. o., Šempeter pri Gorici, Slovenija
24. RISE Research Institutes of Sweden, Göteborg, Švedska
25. RWTH Aachen University, Aachen, Nemčija
26. Slovensko združenje za klinično prehrano, Ljubljana, Slovenija
27. Splošna bolnišnica Novo mesto, Slovenija
28. Stanford University, Stanford, ZDA
29. The Leiden University, Leiden, Nizozemska
30. The University of Newcastle, Newcastle, Avstralija
31. TPV Automative, d. o. o., Novo mesto, Slovenija
32. University of Buenos Aires, Faculty of engineering, Buenos Aires, Argentina
33. Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije Koper, Slovenija
34. Univerza na Primorskem, Fakulteta za zdravstvene vede, Izola, Slovenija
35. Univerza sv. Cirila in Metoda, Fakulteta za elektrotehniko in informacijske tehnologije, Skopje, Severna Makedonija
36. Univerza sv. Cirila in Metoda, Fakulteta za informacijske znanosti in računalništvo inženirstvo, Skopje, Severna Makedonija
37. Univerza sv. Cirila in Metoda, Fakulteta za računalništvo in inženiring, Skopje, Severna Makedonija
38. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija
39. Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
40. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Ljubljana, Slovenija
41. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
42. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija
43. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, Slovenija
44. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, Slovenija
45. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
46. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana, Slovenija
47. Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta v Ljubljani, Slovenija
48. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru, Slovenija
49. Univerza v Mariboru, Fakulteta za zdravstvene vede, Maribor, Slovenija
50. Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta, Nova Gorica, Slovenija
51. Univerza v Osijeku, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informacijsko tehnologijo, Osijek, Hrvaška
52. Univerzitetni klinični center, Pediatrična klinika, Ljubljana, Slovenija
53. University of Pannonia, Veszprem, Madžarska
54. University of Strathclyde, Glasgow, Škotska
55. URI Soča, Ljubljana, Slovenija
56. Virtual Vehicle Research GmbH, Gradec, Avstrija
57. Sorbonne Université and CNRS, Laboratoire d'Informatique de Paris 6, Pariz, Francija
58. Special hospital Merkur, Vrnjačka Banja, Srbija
59. XLAB, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
60. Zgodovinski inštitut Milka Kosa, ZRC SAZU, Ljubljana
61. Zveza potrošnikov Slovenije, Ljubljana, Slovenija

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Tome Eftimov, Bibek Paudel, Gorjan Popovski, Dragi Kocev, "A framework for evaluating personalized ranking systems by fusing different evaluation measures", *Big data research*, 2021, **25**, 100211. [COBISS.SI-ID 51341059]
2. Tamara Jakovljevič, Milica M. Jankovič, Andrej M. Savič, Ivan Soldatovič, Gordana Čolič, Tadeja Jere Jakulin, Gregor Papa, Vanja Kovič, "The relation between physiological parameters and colour modifications in text background and overlay during reading in children with and without dyslexia", *Brain sciences*, 2021, **11**, 5, 539. [COBISS.SI-ID 61565443]
3. Nathan Matusheski *et al.* (13 avtorjev), "Diets, nutrients, genes and the microbiome: Recent advances in personalised nutrition", *British journal of nutrition*, 2021, **126**, 10, 1489-1497. [COBISS.SI-ID 50134275]
4. Timotej Knez, Octavian-Mihai Machidon, Veljko Pejović, "Self-adaptive approximate mobile deep learning", *Electronics*, 2021, **10**, 23, 2958. [COBISS.SI-ID 89465859]
5. Esther Molina-Montes *et al.* (19 avtorjev), "Impact of COVID-19 confinement on eating behaviours across 16 European countries: the COVIDiet cross-national study", *Food quality and preference*, 2021, **93**, 104231. [COBISS.SI-ID 57092099]
6. Martin Gjoreski, Bhargavi Mahesh, Tine Kolenik, Jens Uwe-Gabras, Dominik Seuss, Hristijan Gjoreski, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, Veljko Pejović, "Cognitive load monitoring with wearables-lessons learned from a machine learning challenge", *IEEE access*, 2021, **9**, 103325-103336. [COBISS.SI-ID 71780867]
7. Gjorgji Noveski, Tome Eftimov, Kostadin Mishev, Monika Simjanoska, "Data-driven intelligence system for general recommendations of deep learning architectures", *IEEE access*, 2021, **9**, 148710-148720. [COBISS.SI-ID 83293699]
8. Anton Biasizzo, Barbara Koroušič-Seljak, Eva Valenčič, Marko Pavlin, Marina Santo-Zarnik, Bojan Blažica, Damian O'Kelly, Gregor Papa, "An open-source approach to solving the problem of accurate food-intake monitoring", *IEEE access*, 2021, **9**, 162835-162846. [COBISS.SI-ID 90095107]
9. Abhinav Mehrotra, Veljko Pejović, Mirco Musolesi, "FutureWare: designing a middleware for anticipatory mobile computing", *IEEE transactions on software engineering*, 2021, **47**, 10, 2107-2124. [COBISS.SI-ID 1538360515]
10. Veljko Pejović, Tilen Matkovič, Mojca Ciglarič, "Wireless ranging for contactless cognitive load inference in ubiquitous computing", *International journal of human-computer interaction*, 2021, **37**, 19, 1849-1873. [COBISS.SI-ID 62110979]
11. Tadej Krivec, Gregor Papa, Juš Kocijan, "Simulation of variational Gaussian process NARX models with GPGPU", *ISA transactions*, 2021, **109**, 141-151. [COBISS.SI-ID 38326019]
12. Rok Hribar, Timotej Hrga, Gregor Papa, Gašper Petelin, Janez Povh, Nataša Pržulj, Vida Vukašinović, "Four algorithms to solve symmetric multi-type non-negative matrix tri-factorization problem", *Journal of global optimization*, 2021, **82**, 2, 283-312. [COBISS.SI-ID 75116803]
13. Riste Stojanov, Gorjan Popovski, Gjorgjina Cenikj, Barbara Koroušič-Seljak, Tome Eftimov, "A fine-tuned bidirectional encoder representations from transformers model for food named-entity recognition: algorithm development and validation", *Journal of medical internet research*, 2021, **23**, 8, e28229. [COBISS.SI-ID 72619011]
14. Simon Mezgec, Barbara Koroušič-Seljak, "Deep neural networks for image-based dietary assessment", *Journal of visualized experiments*, 2021, **169**, e61906. [COBISS.SI-ID 60155139]
15. Gordana Ispirova, Tome Eftimov, Barbara Koroušič-Seljak, "Domain heuristic fusion of multi-word embeddings for nutrient value prediction", *Mathematics*, 2021, **9**, 16, 1941. [COBISS.SI-ID 73162499]
16. Margarita Antoniou, Gregor Papa, "Differential evolution with estimation of distribution for worst-case scenario optimization", *Mathematics*, 2021, **9**, 17, 2137. [COBISS.SI-ID 76408067]
17. Nina Zupanič *et al.* (12 avtorjev), "Dietary intake of trans fatty acids in the Slovenian population", *Nutrients*, 2021, **13**, 1, 207. [COBISS.SI-ID 49421571]
18. Maša Hribar, Hristo Hristov, Živa Lavriša, Barbara Koroušič-Seljak, Matej Gregorič, Urška Blaznik, Katja Žmitek, Igor Pravst, "Vitamin D

intake in slovenian adolescents, adults, and the elderly population", *Nutrients*, 2021, **13**, 10, 3528. [COBISS.SI-ID 81261827]

19. Barbara Koroušič-Seljak *et al.* (14 avtorjev), "Inadequate intake of dietary fibre in adolescents, adults, and elderlies: results of Slovenian representative Si.Menu study", *Nutrients*, 2021, **13**, 11, 3826. [COBISS.SI-ID 82720515]
20. Igor Pravst *et al.* (14 avtorjev), "Dietary intake of folate and assessment of the folate deficiency prevalence in Slovenia using serum biomarkers", *Nutrients*, 2021, **13**, 11, 3860. [COBISS.SI-ID 83233027]
21. Rok Poličnik, Katja Rostohar, Barbara Škrjanc, Barbara Koroušič-Seljak, Urška Blaznik, Jerneja Farkaš-Lainščak, "Energy and nutritional composition of school lunches in Slovenia: the results of a chemical analysis in the framework of the national school meals survey", *Nutrients*, 2021, **13**, 12, 4287. [COBISS.SI-ID 86823683]
22. Tamara Jakovljevič, Milica M. Jankovič, Andrej M. Savič, Ivan Soldatovič, Ivan Mačužič, Tadeja Jere Jakulin, Gregor Papa, Vanja Kovič, "The effect of colour on reading performance in children, measured by a sensor hub: From the perspective of gender", *PLoS one*, 2021, **16**, 6, e0252622. [COBISS.SI-ID 67149827]
23. Marko Pavlin, Franc Novak, Gregor Papa, "Low power contactless bioimpedance sensor for monitoring breathing activity", *Sensors*, 2021, **21**, 6, 2081. [COBISS.SI-ID 55470083]
24. Tamara Jakovljevič, Milica Jankovič, Andrej Savič, Ivan Soldatovič, Petar Todorovič, Tadeja Jere Jakulin, Gregor Papa, Vanja Kovič, "The sensor hub for detecting the developmental characteristics in reading in children on a white vs. colored background/colored overlays", *Sensors*, 2021, **21**, 2, 406. [COBISS.SI-ID 46405891]
25. Tome Eftimov, Peter Korošec, "Deep statistical comparison for multi-objective stochastic optimization algorithm", *Swarm and evolutionary computation*, 2021, **61**, 100837. [COBISS.SI-ID 45501187]
26. Matej Petkovič, Gorjan Popovski, Barbara Koroušič-Seljak, Dragi Kocev, Tome Eftimov, "DietHub: dietary habits analysis through understanding the content of recipes", *Trends in food science & technology*, 2021, **107**, 183-194. [COBISS.SI-ID 33098243]
27. Lada Timotijević *et al.* (27 avtorjev), "Designing a research infrastructure (RI) on food behaviour and health: balancing user needs, business model, governance mechanisms and technology", *Trends in food science & technology*, 2021, **116**, 405-414. [COBISS.SI-ID 71608579]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Gordana Ispirova, Tome Eftimov, Barbara Koroušič-Seljak, "Exploring knowledge domain bias on a prediction task for food and nutrition data", V: *2020 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, Atlanta, Georgia, USA, 10-13 December 2020, IEEE, 2021, 3563-3572. [COBISS.SI-ID 56626947]
2. Jure Vreča, Iva Ivanov, Gregor Papa, Anton Biasizzo, "Detecting network intrusion using binarized neural networks", V: *2021 IEEE 7th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 14 June-31 July 2021, New Orleans, LA, USA, IEEE, 2021, 622-627. [COBISS.SI-ID 84422915]
3. Urban Škvorc, Tome Eftimov, Peter Korošec, "The effect of sampling methods on the invariance to function transformations when using exploratory landscape analysis", V: *2021 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, June 28th-July 1st 2021, Kraków, Poland, IEEE, 2021, 1139-1146. [COBISS.SI-ID 72729859]
4. Margarita Antoniou, Gašper Petelin, Gregor Papa, "Preferred solutions of the ground station scheduling problem using NSGA-III weighted reference points selection", V: *2021 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, June 28th-July 1st 2021, Kraków, Poland, IEEE, 2021, 1840-1847. [COBISS.SI-ID 76587267]
5. Anja Jankovič, Tome Eftimov, Carola Doerr, "Towards feature-based performance regression using trajectory data", V: *24th International Conference EvoApplications 2021, April 7-9, 2021 Proceedings*, Applications of evolutionary computation. (Lecture notes in computer science **12694**), Springer, 2021, 601-617. [COBISS.SI-ID 58290179]
6. Andraž Krašovec, Gianmarco Baldini, Veljko Pejović, "Opposing data exploitation: behaviour biometrics for privacy-preserving authentication in IoT environments", V: *ARES 2021, 16th International*

- Conference on Availability, Reliability and Security, Vienna, Austria, August 17-20, 2021*, Proceedings, ACM, 2021. [COBISS.SI-ID 74484995]
7. Gjorgjina Cenikj, Tome Eftimov, Barbara Koroušič-Seljak, "SAFFRON: transfer learning for food-disease relation extraction", V: *Twentieth Workshop Biomedical Language Processing (BioNLP), June 11th 2021*, Proceedings, ACL Anthology, 2021, 30-40. [COBISS.SI-ID 65438211]
  8. Gordana Ispirova, Gorjan Popovski, Eva Valenčič, Nina Hadži-Kotarova, Tome Eftimov, Barbara Koroušič-Seljak, "Food data normalization using lexical and semantic similarities heuristics", V: *BIOSTEC 2020, 13th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, February 24-26 2020, Valletta, Malta*, revised selected papers, (Communications in Computer and Information Science **1400**), Springer, 2021, 468-485. [COBISS.SI-ID 58053891]
  9. Angela Kralevska, Marija Velichkovska, Viktor Cicimov, Tome Eftimov, Monika Simjanoska, "Finding potential inhibitors of COVID-19", V: *BIOSTEC 2021, 14th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, February 11-13*, Proceedings, volume 3 Bioinformatics, SciTePress, 2021, 110-117. [COBISS.SI-ID 52594947]
  10. Amadej Jankovič, Tine Kolenik, Veljko Pejovič, "Mobilna osebnostno-prilagojena aplikacija za spodbujanje pozitivne spremembe vedenja", V: *28. Dnevi slovenske informatike, Portorož, 19.-20. 10. 2021*, Digitalizacija: uspešneje, hitreje, ceneje, Slovensko društvo Informatika, 2021, 105-115. [COBISS.SI-ID 92470275]
  11. Octavian-Mihai Machidon, Davor Sluga, Veljko Pejovič, "Queen Jane approximately: enabling efficient neural network inference with context-adaptivity", V: *EuroMLSys 21, 1st Workshop on Machine Learning and Systems, April 2021*, Proceedings, ACM, 2021, 48-54. [COBISS.SI-ID 62136067]
  12. Hao Wang, Carlos Ignacio Hernández Castellanos, Tome Eftimov, "On statistical analysis of MOEAs with multiple performance indicators", V: *EMO 2021, 11th International Conference Evolutionary multi-criterion optimization, Shenzhen, China, March 28-31, 2021*, Proceedings, (Lecture notes in computer science **12654**), Springer, 2021, 26-37. [COBISS.SI-ID 57802243]
  13. Ana Kostovska, Diederick Vermetten, Carola Doerr, Sašo Džeroski, Panče Panov, Tome Eftimov, "OPTION: optimization algorithm benchmarking ontology", V: *GECCO '21, Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 10 -14, 2021, Lille, France*, Proceedings, ACM, 2021, 239-240. [COBISS.SI-ID 71045635]
  14. Tome Eftimov, Anja Jankovič, Gorjan Popovski, Carola Doerr, Peter Korošec, "Personalizing performance regression models to black-box optimization problems", V: *GECCO '21, Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 10 - 14, 2021, Lille, France*, Proceedings, ACM, 2021, 669-677. [COBISS.SI-ID 68599811]
  15. Anja Jankovič, Gorjan Popovski, Tome Eftimov, Carola Doerr, "The impact of hyper-parameter tuning for landscape-aware performance regression and algorithm selection", V: *GECCO '21, Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 10 - 14, 2021, Lille, France*, Proceedings, ACM, 2021, 687-696. [COBISS.SI-ID 68594435]
  16. Gregor Papa, "Applications of dynamic parameter control in evolutionary computation", V: *GECCO '21, Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 10 - 14, 2021, Lille, France*, Proceedings, ACM, 2021, 1064-1088. [COBISS.SI-ID 76409859]
  17. Amadej Jankovič, Tine Kolenik, Veljko Pejovič, "The role of personality-tailored notifications in mobile-based behavior change intervention", V: *HCI-SI 2021, 6th Human-Computer Interaction Slovenia Conference, Koper, Slovenia, November 8 2021*, Proceedings, (CEUR Workshop Proceedings **3054**), CEUR-WS, 2021, 18-22. [COBISS.SI-ID 92468227]
  18. Anže Kristan, Daniel Pellarini, Veljko Pejovič, "Not deep enough: autoencoders for automatic feature extraction in wireless cognitive load inference", V: *HCI-SI 2021, 6th Human-Computer Interaction Slovenia Conference, Koper, Slovenia, November 8 2021*, Proceedings, (CEUR Workshop Proceedings **3054**), CEUR-WS, 2021, 23-34. [COBISS.SI-ID 92799491]
  19. Andraž Krašovec, Veljko Pejovič, "Investigating sensor modality informativeness and stability for behavioural authentication", V: *HCI-SI 2021, 6th Human-Computer Interaction Slovenia Conference, Koper, Slovenia, November 8 2021*, Proceedings, (CEUR Workshop Proceedings **3054**), CEUR-WS, 2021, 62-73. [COBISS.SI-ID 92799747]
  20. Risto Trajanov, Stefan Dimeski, Martin Popovski, Peter Korošec, Tome Eftimov, "Explainable landscape-aware optimization performance prediction", V: *2021 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), 5-7 Dec. 2021*, Proceedings, IEEE, 2021. [COBISS.SI-ID 95314947]
  21. Gjorgjina Cenikj, Barbara Koroušič-Seljak, Tome Eftimov, "FoodChem: a food-chemical relation extraction model", V: *2021 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), 5-7 Dec. 2021*, Proceedings, IEEE, 2021. [COBISS.SI-ID 95311107]
  22. Eva Tuba, Peter Korošec, Tome Eftimov, "In-depth insights into swarm intelligence algorithms performance", V: *MDIS 2020, 7th International Conference Modelling and Development of Intelligent Systems, Sibiu, Romania, October 22-24, 2020*, revised selected papers, (Communications in computer and information science **1341**), Springer, 2021, 334-346. [COBISS.SI-ID 52604163]
  23. Gašper Petelin, Ronald Lehnigk, Jeffrey Kelling, Gregor Papa, Fabian Schlegel, "GPU-based accelerated computation of coalescence and breakup frequencies for polydisperse bubbly flows", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 602. [COBISS.SI-ID 95119619]
  24. Octavian-Mihai Machidon, Tine Fajfar, Veljko Pejovič, "Watching the watchers: resource-efficient mobile video decoding through context-aware resolution adaptation", V: *MobiQuitous 2020, 17th EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems, 7-9 December 2020, Darmstadt, Germany*, Proceedings, ACM, 2021, 168-176. [COBISS.SI-ID 74450435]
  25. Margarita Antoniou, Gregor Papa, "Solving pessimistic bilevel optimization problems with evolutionary algorithms", V: *EUROGEN 2021, 14th International Conference on Evolutionary and Deterministic Methods for Design, Optimization and Control, 28-30 June 2021, Athens, Greece*, Proceedings, Institute of Structural Analysis and Antiseismic Research School of Civil Engineering, National Technical University of Athens, 2021, 224-233. [COBISS.SI-ID 76431107]
  26. Andrej Kastrin, Rok Hribar, Gregor Papa, Janez Povh, "Bibliographic data clustering based on symmetric non-negative matrix tri-factorization", V: *SOR '21, 16th International Symposium on Operational Research in Slovenia, September 22-24, 2021*, Proceedings, Slovenian Society Informatika, Section for Operational Research, 2021, 194-199. [COBISS.SI-ID 83669763]
  27. Emir Hasanbegović, Veljko Pejovič, "Uncovering personal and context-dependent display preferences in mobile newsreader app", V: *UMAP '21, 29th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization, June 21-25 2020, Utrecht, Netherlands*, Proceedings, ACM, 2021, 5-13. [COBISS.SI-ID 68787203]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Rok Hribar, Gašper Petelin, Jurij Šilc, Gregor Papa, Vida Vukašinović, "Memetic algorithm and evolutionary operators for multi-objective matrix tri-factorization problem", V: *Heuristics for optimization and learning*, (Studies in computational intelligence **906**), Springer, 2021, 286-298. [COBISS.SI-ID 55493379]
2. Margarita Antoniou, Peter Korošec, "Multilevel Optimisation", V: *Optimization under uncertainty with applications to aerospace engineering*, Springer, 2021, 307-331. [COBISS.SI-ID 55311363]
3. Margarita Antoniou, Rok Hribar, Gregor Papa, "Parameter control in evolutionary optimisation", V: *Optimization under uncertainty with applications to aerospace engineering*, Springer, 2021, 357-385. [COBISS.SI-ID 55309571]

## ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Miha Kosi, Matjaž Bizjak, Miha Seručnik, Jurij Šilc, *Historična topografija Kranjske (do 1500)*, (Slovenska historična topografija **1**), 2. e-izdaja, Založba ZRC, 2021. [COBISS.SI-ID 50432003]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Tamara Jakovljevič, *Senzorsko vozlišče za zaznavanje razmerja med fiziološkimi parametri in barvnimi spremembami v ozadju besedila in barvnim prekrivanjem med branjem pri otrocih z disleksijo in brez nje*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Gregor Papa; somentor Tadeja Jere Jakulin). [COBISS.SI-ID 84675843]
2. Simon Mezgec, *Zaznavanje in razpoznavanje slik hrane in pijače z uporabo globokih konvolucijskih nevronskih mrež*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Barbara Koroušič Seljak). [COBISS.SI-ID 97810435]



**Področje dela Odseka za tehnologije znanja je razvoj metod umetne inteligence in drugih naprednih informacijskih tehnologij, ki podpirajo pridobivanje, upravljanje, modeliranje in uporabo znanja in podatkov ter tako omogočajo na znanju temelječo družbo. Naše raziskave pokrivajo številna področja umetne inteligence, kot sta strojno učenje in obdelava naravnega jezika, zajemajo pa tudi druga področja, kot je podpora odločanju. Obsegajo pet stebrov: strojno učenje, podpora odločanju in umetna inteligenca, umetna inteligenca in znanost, jezikovne tehnologije in digitalna humanistika ter tehnologije znanja za družbo. Razvite tehnologije znanja uporabljamo na različnih področjih, od trajnostnega kmetijstva do personalizirane medicine in zdravstva, prek medijev, izobraževanja in umetnosti ter različnih industrijskih sektorjev, kot so energija, promet in vesoljske raziskave.**



Vodja:

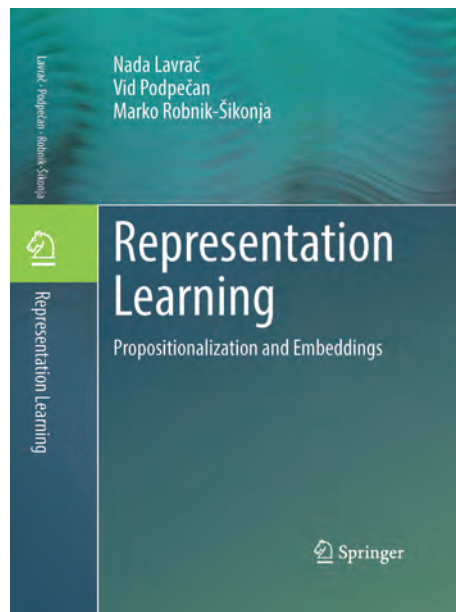
**prof. dr. Sašo Đeroski**

Leta 2021 smo bili vključeni v enainvajset domačih projektov, trinajst projektov v okviru Obzorja 2020, koordinirali pa smo dva evropska projekta, EMBEDDIA in IMSyPP. Vključeni smo bili tudi v dve COST-akciji, en CEF-projekt, dva infrastrukturna projekta in štiri tržne projekte. Na odseku smo imeli tudi pet projektov mladih raziskovalcev, v okviru katerih so ti izvajali svoje doktorske raziskave.

## Strojno učenje

Na tem področju smo se osredotočili na metode za napovedovanje več ciljnih spremenljivk. Razvili smo nove metode za učenje poševnih odločitvenih dreves, tako za preproste naloge nadzorovanega učenja, kot sta klasifikacija in regresija, kot tudi za bolj zapletene nadzorovane naloge napovedovanja strukturiranih izhodov, kot so večoznačna klasifikacija, hierarhična večoznačna klasifikacija in večciljna regresija. Poleg tega smo te metode razširili na delno nadzorovano učenje za enostavne in zapletene učne naloge (kot je napovedovanje strukturiranih izhodov). Razvili smo tudi metodologijo združevanja različnih meril vrednotenja v okviru priporočilnih sistemov. Na koncu smo izvedli študijo za analizo in razlago učinkovitosti metod za večoznačno klasifikacijo glede na lastnosti podatkov.

Na področju strojnega učenja smo se ukvarjali tudi z nalogo *učenja reprezentacij*, kjer smo razvili metode za rudarjenje podatkov za analizo heterogenih podatkov in jih uporabili v več aplikacijskih domenah. Vrhunski znanstveni dosežek je znanstvena monografija *Representation Learning: Propositionalization and Embeddings* avtorjev N. Lavrač, V. Podpečan in M. Robnik Šikonja. Monografija, ki ima 163 strani, je izšla pri založbi Springer, predstavi pa več izvirnih metod strojnega učenja za učenje reprezentacij podatkov in predznanja: metode propozicionalizacije relacijskih podatkov (RSD, Wordification, PropStar in PropDRM), metode transformacije semantično označenih podatkov (SDM-Aleph in NetSDM) ter metode transformacije heterogenih informacijskih omrežij (TEHmINE in HINMINE). Monografija poleg navedenih izvirnih algoritmov poda tudi celosten pregled raziskovalnega področja učenja reprezentacij, dosežen z vzpostavitvijo enotne terminologije in skupnega okvira, ki sta omogočila enovit opis tehnik učenja reprezentacij za potrebe klasičnega strojnega učenja in sodobnih globokih nevronskih mrež. Razvili smo nov pristop Deep Node Ranking (DNR) za nevro-simbolno učenje reprezentacij in klasifikacijo vozlišč v omrežjih, objavljenem v reviji *International Journal of Intelligent Systems*, ter primere uporabe pristopa DNR za učinkovito funkcijsko anotacijo neznanih proteinov in zaznavo t. i. botov v socialnih omrežjih. Razvili smo nov pristop za regresijsko analizo vozlišč, osnovan na transfernem pristopu učenja ter uporabljen za analizo razširjanja aktivacij, ki je bil objavljen v reviji *Complex Systems*.



Slika 1: Naslovnica znanstvene monografije *Representation Learning: Propositionalization and Embeddings* avtorjev N. Lavrač, V. Podpečan in M. Robnik Šikonja. Monografija, ki ima 163 strani, je izšla leta 2021 pri založbi Springer.

## Podpora pri odločanju in umetna inteligenca

Na področju *podpore pri odločanju* razvijamo metode in tehnike odločitvenega modeliranja ter podporna računalniška orodja. V letu 2021 smo razvijali novo generacijo programske opreme za gradnjo in uporabo odločitvenih modelov po metodi DEX. Poleg modernejše tehnološke zasnove in možnosti podpore v različnih okoljih (mrežno, java, .NET, R, Python) gre tudi za izvedbo razširjene metode DEX, ki smo jih predlagali in razvili v preteklih letih: integracija kvalitativnih in kvantitativnih elementov, relacijsko modeliranje, napredne analize alternativ. Mrežno različico programske opreme, Dex2Web, smo opisali v nagrjenem referatu. V Springerjevi knjigi

**Sašo Džeroski in Marko Debeljak sta imela vabljeno predavanje na 6. spletni konferenci o novih tehnologijah v kmetijstvu, ki je bila 9. decembra 2021, kjer sta predstavila možnosti in primere uporabe metod umetne inteligence v kmetijstvu.**

*EURO Working Group on DSS: A tour of the DSS developments over the last 30 years*, ki povzema zadnjih trideset let razvoja področja sistemov za podporo pri odločanju, smo prispevali poglavje o naših izkušnjah pri gradnji odločitvenih modelov v zahtevnih odločitvenih situacijah in njihovem kombiniranju z metodami strojnega učenja. V okviru razvoja sistemov za podporo pri odločanju v kmetijstvu smo razvili orodje DEXiWare, ki je namenjeno učinkovitemu povezovanju modulov, iz katerih so sestavljeni sistemi za podporo odločanja, ki temeljijo na večkriterijskih odločitvenih

modelih. Orodje je namenjeno raziskovalcem in razvijalcem DSS, njegov splošni opis pa je podan na spletni strani orodja DEXiWare (<http://dexiware.ijs.si/>).

Na področju *razložljive umetne inteligence* smo razvili in ovrednotili nove metode za rangiranje značilk pri klasifikaciji z več razredi in večoznačni klasifikaciji, ki temeljijo na metodah iz družine Relief ter vlogitvah vhodnega in izhodnega prostora v nizkorazsežne mnogoterosti. Podobno smo razvili metode za nenadzorovano rangiranje značilk, katerih ogrodje so naključni gozdovi in sorodni algoritmi ter družina metod Relief po eni strani ter omrežja povezav med atributi po drugi strani. Nadalje smo razvili in ovrednotili metodo za primerjavo urejenih seznamov (imenovano mehki Jaccardov indeks), ki se lahko uporablja v različnih kontekstih, vključno z rangiranjem značilk, iskanjem informacij in drugimi nalogami.

### Umetna inteligenca za znanost

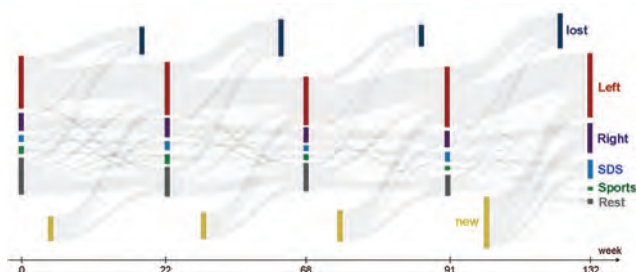
Na tem področju smo nadaljevali delo na *semantičnih tehnologijah* za podporo procesa analize podatkov v duhu *odprte znanosti*. Poleg tega smo začeli sodelovati pri razvoju ontoloških virov za področje optimizacije. Projekt IMPERATRIX je namenjen izboljšanju ponovljivosti eksperimentov in ponovne uporabe rezultatov raziskav pri kompleksni analizi podatkov. V okviru projekta smo se ukvarjali z nadaljnjim razvojem ontoloških opisov algoritmov strojnega učenja ter z razvojem spletnega sistema za poizvedovanje po podatkovnih množicah in izvedenih računskih eksperimentih za nalogo večoznačne klasifikacije. Ontologijo OntoDM-core smo razširili z modulom za predstavitev algoritmov strojnega učenja in vključili podrobnejšo predstavitev algoritmov, vključno z izrazi, kot so hiperparameter, optimizacijski problem, funkcija kompleksnosti itd. Razviti ontološki modul bo uporabljen kot hrbenica repozitorija in baze znanja za shranjevanje semantičnih opisov algoritmov, ki bodo v pomoč razvijalcem algoritmov in domenskim strokovnjakom.

Za podporo primerjalnega testiranja algoritmov na področju optimizacije smo razvili ontologijo primerjalne analize optimizacijskih algoritmov (OPTION). Naša ontologija zagotavlja besednjak, potreben za semantično označevanje ključnih entitet, vključenih v proces primerjalne analize, kot so algoritmi, optimizacijski problemi in mere za vrednotenje uspešnosti. Zagotavlja tudi sredstva za avtomatizirano integracijo podatkov, izboljšano interoperabilnost, zmožljive zmožnosti poizvedovanja in sklepanja, s čimer se obogati vrednost izvornih podatkov. Uporabnost ontologije OPTION smo pokazali tako, da smo označili in poizvedovali o uspešnosti primerjalnih testov iz korpusnih podatkov delavnice BBOB. Ta primer uporabe je mogoče preprosto razširiti na druge zbirke podatkov za primerjalno analizo.

Na področju *računalniškega odkrivanja znanstvenih zakonitosti*, ključnega področja uporabe metod umetne inteligence v znanosti, so se naše raziskave osredotočile na projekt SESAME Avtomatizirana sinteza in analiza znanstvenih modelov. Predlagali smo uporabo verjetnostnih gramatik za predstavitev domenskega znanja v procesu odkrivanja enačb. Pristop avtomatiziranega procesnega modeliranja dinamičnih sistemov smo uporabili za modeliranje urbanega odtoka meteornih voda in za načrtovanje ukrepov za obvladovanje padavinskih voda.

Na povezanem področju *računalniške ustvarjalnosti* smo razvili nove metode za kreativno tvorjenje besedil, ki temeljijo na splošni arhitekturi za računalniško ustvarjalnost, in jih uporabili na domeni generiranja vremenskih poročil. Predlagali smo tudi novo metodo za avtomatsko generiranje znanstvenih vprašanj in jo integrirali v naš sistem RoboCHAIR.

Strojno učenje smo uporabljali tudi na več različnih znanstvenih področjih, kar je privedlo do objav tako na področju računalništva kot na področjih drugih znanstvenih disciplin. Na področju naravoslovja, medicine in farmacije smo tako izvedli virtualno presejalno testiranje spojin s ciljem identifikacije spojin, ki bi zmanjšale pljučno fibrozo, in sicer znotraj slovensko-italijanskega projekta INTERREG V-A TRAIN: (Velepodatki in modeli bolezni: čezmejna platforma validiranih kompletov za biotehnoško industrijo). Trije nacionalni projekti razvijajo raziskovalne infrastrukture, npr. za bioinformatiko (RI-SI ELIXIR), in jih uporabljajo za probleme s področja znanosti o življenju in okolju ter za raziskovanje odnosa med



Slika 2: Sankey diagram, ki prikazuje prehode članstva med mrežnimi skupnostmi v petih časovnih točkah v obdobju 2018-2020. Prevladujejo štiri glavne skupnosti: leva (Left, rdeča), desna (Right, vijolična), SDS (SDS, modra) in športna (Sports, zelena). Preostale, običajno manjše, skupnosti so označene kot Rest. Upoštevajte, da se v vsaki časovni točki omrežjem lahko pridružijo novi uporabniki Twitterja (new), nekateri uporabniki pa lahko zapustijo omrežja (lost).

izpostavljenostjo okolju in človeškega zdravja. Slednje je tema projekta NEURODYS – Nevropsihološke disfunkcije, ki jih povzroča nizka stopnja izpostavljenosti izbranim onesnaževalom iz okolja pri občutljivi populaciji in obravnava posledice izpostavljenosti živemu srebru na zdravje mater in otrok. Pri projektu *Restavriranje plesnivih slik na platnu: izboljšanje ali poslabšanje?* raziskujemo škodo, ki jo umetniškim slikam povzročajo plesni, tako smo na primer raziskali povezave med lastnostmi slik in tovrstno škodo.

### Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika

Na teh področjih se ukvarjamo z obdelavo in razumevanjem naravnega jezika, analitiko besedil in omrežij, odprtimi jezikovnimi viri in digitalno humanistiko. Na področju *obdelave in razumevanja naravnega jezika* smo nadaljevali delo na evropskem projektu EMBEDDIA (Medjezikovne vektorske vložitve za manj zastopane jezike v evropskih medijih), ki ga koordiniramo. V sklopu projekta želimo rešiti številne težave medijske industrije v zvezi z analizo novic in komentarjev, predvsem s pomočjo inovacij pri uporabi medjezikovnih besednih vložitev skupaj z globokimi nevronske mrežami. Ta tehnologija omogoča uporabo obstoječih enojezičnih virov pri razvoju modelov v različnih jezikih. V letu 2021 so bili rezultati predstavljeni raziskovalni skupnosti na hackatonu/delavnici *Hackashop o analizi vsebine medijskih novic in avtomatiziranem ustvarjanju poročil*, ki smo ga organizirali v okviru konference EACL (European Association of Computational Linguistics) in je zbral 24 raziskovalcev iz akademskega sveta in industrije. Glavni dogodek, namenjen strokovnjakom iz industrije, je bila konferenca *Orodja EMBEDDIA umetne inteligence za medijsko industrijo* decembra 2021, kjer so bila orodja predstavljena več kot 80 udeležencem iz medijskih podjetij in raziskovalnih institucij iz vse Evrope. Soorganizirali smo tudi skupno nalogo o prepoznavanju imenskih entitet v slovanskih jezikih in predlagali nov pristop k prepoznavanju imenskih entitet.

Večina naših metod na osnovi globokih nevronske mrež uporablja pristop prenosnega učenja, ki temelji na predhodnem učenju jezikovnega modela, kar omogoča boljše zmogljivost modela z uporabo manjše količine označenih učnih podatkov. Ta pristop smo pred kratkim uporabili za razvoj novih metod za oceno berljivosti besedil. Razvili smo tudi nevronske sistem za luščenje ključnih besed TNT-KID in ga razširili za doseganje boljšega priklica, zdaj pa ga za uporabo testira največja estonska medijska hiša. Za potrebe iste medijske hiše smo razvili še pristop za pridobivanje zanimivih novic iz druge države, ukvarjali pa smo se tudi s kategorizacijo tem na podatkih finske tiskovne agencije STT.

Začeli smo delo na evropskem projektu MaCoCu (Massive Collection and Curation of Monolingual and Bilingual Data: Focus on Under-resourced Languages), kjer smo vzpostavili infrastrukturo za zajem besedil s spleta in izvedli prvo iteracijo zajema z 12 ciljnih vrhnjih domen. Zajeta besedila bodo uporabljena za gradnjo velikih zbirk besedil, namenjenih gradnji enojezičnih jezikovnih modelov, in luščenju prevodov za izboljšanje modelov strojnega prevajanja. Začeli smo tudi delo na nadaljnji obogatitvi zajetih besedil z razvojem tipologije in podatkovne množice za žanrsko identifikacijo spletnih besedil (<http://hdl.handle.net/11356/1467>).

Nadaljevali smo razvoj pristopov za razumevanje delovanja metod strojnega učenja in njihovo optimizacijo za področje računalniške obdelave jezikov. Razvili smo razlagalne tehnike nevronske klasifikatorjev, ki temeljijo na razširitvi metod SHAP in na analizi samopozornosti. Razvili smo tudi pristop avtomatiziranega strojnega učenja autoBOT, ki temelji na evolucijskem algoritmu za hkratno optimizacijo različnih redkih in gostih predstavitev za dano nalogo razvrščanja besedil, in uporabili metode odkrivanja podskupin za razumevanje sentimenta novic.

V okviru projekta CANDAS (Računalniško podprta večjezična analiza novičarskega diskurza s kontekstualnimi besednimi vložitvami) smo prilagodili naše metode, ki temeljijo na kontekstualnih vložitvah, za namene analize različnih stališč v novicah, ki poročajo o temi LGBTIQ+ in COVID-19. Razvijali smo tudi metode za polavtomatizirano luščenje metafor. V okviru projekta TermFrame (Terminologija in sheme znanja v medjezikovnem prostoru) smo prispevali k razvoju večmodalne baze znanja za področje krasoslovja in predlagali metodo za usklajevanje terminologije na podlagi besednih vložitev.

Razvili smo tudi dve novi metodi za semantično razčlenitev besedil, temeljno nalogo na področju računalniške obdelave jezika. Prva temelji na inkrementalnem razčlenjevanju z uporabo vektorskih modelov in je primerna za obdelavo dialoga. Druga pa na velikih predhodno naučenih nevronske modelih in uporablja poenostavljene vmesne predstavitve ter dosega vrhunske rezultate pri razčlenjevanju naravnega besedila v poizvedbe SQL za iskanje po podatkovnih bazah. Razvili smo tudi metode za razumevanje strukture dialoga in interakcije v velikih skupinah,



Slika 3: Glavna orodja, ki jih vključuje medijski asistent EMBEDDIA (<https://embeddia.texta.ee/>).

**V okviru projekta EMBEDDIA smo organizirali dva dogodka za raziskovalce in strokovnjake iz medijske industrije, kjer smo predstavili vire, rezultate in orodja, ki jih združuje Medijski asistent EMBEDDIA. V okviru hekatona in delavnice Hackashop on News Media Content Analysis and Automated Report Generation v sklopu EACL 2021 je sodelovalo 24 raziskovalcev, konference Orodja umetne inteligence za medijsko industrijo pa se je udeležilo več kot 80 predstavnikov medijske industrije in raziskovalcev iz vse Evrope.**



**Sodelavci odseka so se udeležili tekmovanja o razpoznavanju lažnih novic o covidu-19 v okviru dogodka CONSTRAINT 2021 Fighting an Infodemic: covid-19, ki je potekalo hkrati z AAIL 2021. Cilj je bil določiti, ali določen dokument vsebuje lažna dejstva, vezana na covid-19. Naša skupina se je uvrstila med najboljših 5 % rešitev, rezultat pa je le za 1,5 % odstopal od najboljših rešitve.**

ki temeljijo na nevronskih metodah obdelave naravnega jezika in analizi družbenih omrežij, da bi razumeli naravo razlag, odločanja in vpliva v velikih organizacijah.

Ena veja uporabnih raziskav se je osredotočala na covid-19. Razvili smo metodo za odkrivanje lažnih novic v zvezi s covidom-19, ki temelji na pristopu združevanja nevronskih predstavitev. Razvili smo spletni sistem za prioritizacijo literature o covidu-19, ki temelji na nenadzorovanem luščenju ključnih besed in fraz ter učenju vektorskih predstavitev dokumentov. Poleg tega smo sodelovali pri skupni nalogi večznačne klasifikacije člankov, povezanih s covidom-19. Naslednja veja raziskav se je osredotočala na ocenjevanje kognitivnih motenj. Za diagnozo

Alzheimerjeve bolezni smo razvili večmodalne metode, ki temeljijo na časovno pogojenem združevanju besedilnih, dialoških in akustičnih značilk spontanega govora.

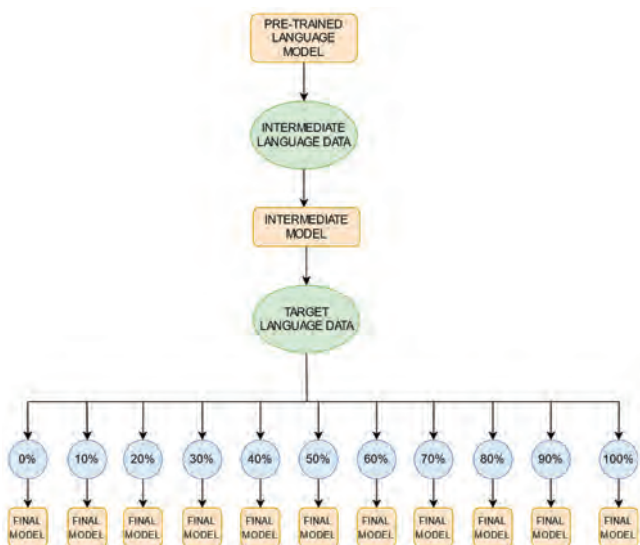
Na področju analize besedila, spleta in omrežij je naš raziskovalni pristop združevanje metod rudarjenja besedil, omrežne analize in odkrivanja tem, da bi razkrili in poudarili osnovne značilnosti na različnih področjih. Glavni viri podatkov, ki jih analiziramo, so družbeni mediji (Twitter, Facebook, YouTube). Koordiniramo evropski projekt IMSyPP (Innovative Monitoring Systems and Prevention Policies of Online Hate Speech), katerega cilj je razvoj modelov za avtomatsko odkrivanje in sledenje sovražnega govora. Zgradili in analizirali smo slovensko retweet mrežo v obdobju 2018–2020. Rezultati odkrivanja skupnosti kažejo evolucijo skupnosti skozi čas z naraščajočo polarizacijo med levo in desno orientiranimi superskupnostmi. Zaznane teme kažejo, da prevladujeta politika in ideologija ter da pritegneta tudi največji delež sovražnih tvitov. Analiza komentarjev italijanskega YouTube razkriva podobno porazdelitev razredov sovražnega govora kot na slovenskem Twitterju. Vendar pa tukaj ni bilo jasne ali pomembne povezave med stopnjami sovražnega govora in dezinformacijami.

V okviru projekta Formica 2 (Kvantitativna in kvalitativna analiza nereguliranih delov finančnega poročanja podjetij) smo primerjali različne metode za luščenje v prihodnost usmerjenih stavkov v letnih poročilih podjetij in predlagali metodo za klasifikacijo finančnih konceptov v okviru tekmovanja FinSim-2.

Nadaljevali smo delo na slovensko-flamskem bilateralnem temeljnem raziskovalnem projektu LiLaH *Jezikovna krajina sovražnega govora na družbenih medijih*, v okviru katerega smo objavili angleški, slovenski in hrvaški nabor Facebookovih komentarjev, ročno označenih za sovražni govor, skupaj z ustreznimi modeli napovedi (<https://huggingface.co/classla>). Objavili smo tudi najsodobnejši transformacijski model za hrvaški, bosanski, črnogorski in srbski jezik BERTiC (<https://huggingface.co/classla/bcms-bertic>) in referenčno podatkovno množico za ocenjevanje zdravorazumskega sklepanja za hrvaščino COPA-HR (<http://hdl.handle.net/11356/1404>). Povezano s projektom LiLaH smo sodelovali tudi pri objavi hrvaške psiholingvistične baze podatkov, ki je uporabna za analizo implicitnega in prikrita sovražnega govora, organizirali pa smo tudi skupno nalogo na temo normalizacije večjezičnih besedil MultiLexNorm, v kateri smo tudi sodelovali; naš sistem je zasedel drugo mesto. V zvezi z obdelavo nestandardnega jezika smo objavili članek o skupnem razvoju raziskovalne infrastrukture za obdelavo nestandardnega jezika v slovenskem, hrvaškem in srbskem jeziku.

Medjezikovne vložitve se lahko uporabljajo za prenos modelov strojnega učenja med jeziki in s tem nadomeščajo nezadostno količino podatkov v jezikih z manj digitalnimi viri. Uporabili smo medjezikovne vložitve za prenos modelov strojnega učenja za razpoznavanje sentimenta na Twitterju med 13 jeziki. Naši poskusi kažejo, da je prenos modelov med podobnimi jeziki smiseln, medtem ko razširitev nabora podatkov ni povečala zmogljivosti napovedovanja. Obravnavali smo tudi nalogo prepoznavanja žaljivega govora, kjer smo med drugim uporabili čezjezični prenos modelov v primerih, kjer je na voljo nič ali malo učinkovitih primerov v ciljnem jeziku. Opisano metodo za moderiranje komentarjev trenutno testira hrvaški portal 24sata. Pristop prenosnega učenja smo uporabili tudi za odkrivanje diahronih semantičnih sprememb in analizo znanstvenega diskurza na temo ekosistemskih storitev.

Na področju odprtih jezikovnih virov vodimo CLARIN.SI, slovensko nacionalno vozlišče evropske raziskovalne infrastrukture CLARIN ERIC, ki omogoča enostavno objavo in trajnosten dostop do digitalnih jezikovnih podatkov za znanstvenike s področja humanistike in družboslovja ter drugih strok, ki uporabljajo ali proizvajajo jezikovne vire. CLARIN.SI vzdržuje CTS certificirani repozitorij jezikovnih virov, spletna konkordančnika in druge spletne storitve ter podpira ustvarjanje jezikovnih virov in promocijo digitalnega jezikoslovja.



Slika 4: Shematski prikaz učnega režima za eksperimente zaznavanja žaljivega govora med jeziki.

CLARIN.SI je bil partner pri projektu ParlaMint, ki ga je financiral CLARIN ERIC in smo ga uspešno zaključili leta 2021. Vodili smo gradnjo korpusa ParlaMint, ki vsebuje 500 milijonov besed jezikoslovno označenih parlamentarne razprave 17 evropskih držav in je bil objavljen v repozitoriju CLARIN.SI pod licenco CC BY [<http://hdl.handle.net/11356/1405>, <http://hdl.handle.net/11356/1388>]. CLARIN.SI je sodeloval tudi pri projektu RDA Node Slovenia, ki ga vodi slovensko vozlišče raziskovalne infrastrukture CESSDA. Tu smo vodili delovno skupino za usklajevanje dela slovenskih repozitorijev raziskovalnih podatkov, kjer smo izdelali kvantitativno in kvalitativno analizo 13 repozitorijev s poudarkom na certificiranju in načelih FAIR.

V okviru projekta Razvoj slovenščine v digitalnem okolju, ki ga financira Ministrstvo za kulturo RS, in s partnerji iz 12 institucij razvijamo metode za luščenje terminologije in odkrivanje pomenskih premikov, CLARIN.SI pa je pristojen za arhiviranje in dostopnost vseh virov, izdelanih v okviru projekta. CLARIN.SI tudi omogoča dostop do svoje platforme WebAnno za ročno označevanje korpusov in ponuja pomoč pri označevanju ter izdeluje smernice za uporabo standardov in dobrih praks pri kodiranju in označevanju jezikovnih virov projekta. Tako smo npr. pomagali pri anotaciji korpusa terminsko označenih besedil RSDO5, izdelanega na ZRC SAZU [<http://hdl.handle.net/11356/1400>]. V okviru projekta smo prispevali k izdelavi novih različic treh slovenskih referenčnih korpusov, in sicer Učnega korpusa ssj500k 2.3. [<http://hdl.handle.net/11356/1434>], Govornega korpusa Gos 1.1. [<http://hdl.handle.net/11356/1438>] in Govornega korpusa Gos VideoLectures 4.2 [<http://hdl.handle.net/11356/1444>]. Objavili smo tudi nove različice programske opreme za avtomatsko jezikoslovno označevanje slovenskih besedil CLASSLA [<https://pypi.org/project/classla/>].

Kodirali in jezikovno označili smo več korpusov, ki so bili zgrajeni na ZRC SAZU: Korpus slovenske književnosti iz leta 1968 Maj68 [<http://hdl.handle.net/11356/1430>], Korpus slovenskih šolskih besedil [<http://hdl.handle.net/11356/1413>] in Korpus starejše slovenske pripovedne proze PriLit [<http://hdl.handle.net/11356/1319>].

V okviru delovanja Centra znanja CLARIN.SI in CLADA-BG za južnoslovanske jezike (CLASSLA) smo izdali primerljive korpusne južnoslovanskih Wikipedij CLASSLA-Wikipedia, korpus hrvaških novic z novičarskih portalov ENGRI (2014-2018) [<http://hdl.handle.net/11356/1416>], črnogorski spletni korpus meWaC [<http://hdl.handle.net/11356/1429>], zbirko besedil za učenje transformacijskih modelov BERTič [<http://hdl.handle.net/11356/1426>], korpus hrvaškega pisnega jezika tipičnih govorcev in govorcev z jezikovnimi motnjami RAPUT 1.0 [<http://hdl.handle.net/11356/1435>], korpus srbskih načinov naslavljanja [<http://hdl.handle.net/11356/1422>] in novo različico modela CLASSLA-StanfordNLP za oblikoskladenjsko označevanje knjižne makedonščine [<http://hdl.handle.net/11356/1395>] in slovenščine [<http://hdl.handle.net/11356/1392>]. Objavili smo tudi prvi odprti model za samodejno prepoznavanje hrvaškega govora [<https://huggingface.co/classla/wav2vec2-xls-r-parlaspeech-hr>].

CLARIN.SI je bil leta 2020 soorganizator bienalne konference o jezikovnih tehnologijah in digitalni humanistiki. Leta 2021 smo uredili posebno številko revije Slovenščina 2.0, ki vsebuje izbor razširjenih prispevkov iz zbornika konference. Na ravni CLARIN ERIC smo sodelovali pri konsolidaciji in vzdrževanju družin virov in orodij CLARIN ter prispevali k delu odbora za standarde CLARIN.

Prispevali smo tudi k delu Slovenskega inštituta za standardizacijo kot slovenski predstavniki pri oblikovanju standardov ISO/TC37/SC4 (Jezik in terminologija/Upravljanje z jezikovnimi viri), kjer smo recenzirali, prevajali in potrjevali slovenske standarde s tega področja. Prav tako smo nadaljevali sodelovanje kot tehnični uredniki za spletni portal Slovenska biografija.

V okviru sodelovanja v akciji COST *Oddaljeno branje za evropsko literarno zgodovino* smo izdelali slovenski korpus ELTeC, ki vsebuje sto jezikoslovno označenih romanov iz obdobja 1840-1920. Začeli smo delati na dveh novih slovenskih temeljnih raziskovalnih projektih, oba vodi ZRC SAZU, in sicer *Tradicionalne paremiološke enote v dialogu s sodobno rabo* in *Formantna kombinatorika v slovenščini*.

### Tehnologije znanja in družba

Tehnologije znanja uporabljamo za reševanje praktično relevantnih problemov z različnih področij, od kmetijstva in industrije, prek medicine in zdravstva do medijev in izobraževanja. Na področju kmetijstva in okolja smo bili vključeni v več projektov, kjer smo z metodami za podatkovno rudarjenje in podporo odločanju razvili napovedne in odločitvene modele za podporo trajnostnemu razvoju kmetijstva. Poleg tega smo v sodelovanju z inštitutom INRAE, Francija, razvili in objavili dva sistema za podporo pri odločanju, ki temeljita na uporabi metode DEX: pri zatiranju sadne muhe in glivičnih okužbah njivskega osata.

V okviru projekta Obzorja 2020 TRUE (Poti prehoda v trajnostne sisteme stročnic v Evropi) smo uspešno zaključili razvoj sistema za oceno in upravljanje s trajnostjo agroživilskih verig. Sistem oceni trajnost na osnovi integracije okoljskega, ekonomskega in socialnega stebra trajnosti. Oceno poda za posamezni steber posameznih členov verige, stebrov celotne verige in verige kot celote. Poleg ocene uporabniku omogoča tudi kaj-če analize in analize možnih scenarijev. Za komuniciranje z uporabnikom smo razvili

---

**Sistem za podporo pri odločanju Pathfinder, ki smo ga razvili znotraj projekta Obzorja 2020 TRUE, je bil uradno predan v javno uporabo 30. septembra 2021. Posnetek dogodka lahko najdete na povezavi <https://bit.ly/33p9PSY>.**

---

grafični vmesnik, ki vključuje vse elemente za uporabniku prijazen način uporabe. Sistem, imenovan Pathfinder, smo validirali na šestih različnih agroživilskih verigah. Zaradi njegove velike zanesljivosti (94,7 %) smo ga ob koncu projekta (septembra 2021) ponudili v javno uporabo (<https://pathfinder.ijs.si/>). Podrobnejši opisi sistema Pathfinder so podani v javno dostopnih projektnih poročilih.

Pri projektu Obzorja 2020 TomRes (Nov celosten pristop k povečanju tolerance rastlin na posamične in kombinirane strese na primeru paradižnika) smo zaključili z razvojem sistema za podporo odločanja, poimenovanem ResourceAmplifier. Sistem pomaga uporabniku pri izboru ukrepov gospodarjenja, s katerimi izboljšamo stopnjo izkoriščenosti vode in hranilnih snovi za pridelavo paradižnika. Sistem poda tudi oceno vpliva predelave na okolje in socioekonomski položaj pridelovalcev. Sistem je razvit za pridelavo paradižnika v rastlinjakih in na prostem. Uporabnik komunicira s sistemom ResourceAmplifier (<http://resourceamplifier.ijs.si/>) prek internetnega grafičnega vmesnika, ki izpolnjuje kriterije za uporabniku prijazno orodje. Podrobnejši opis sistema ResourceAmplifier je podan v javno dostopnih projektnih poročilih.

Pri projektu IPM Decisions (Povečanje vpliva sistemov za podporo odločanju za integrirano varstvo rastlin), ki ima za cilj izboljšanje uporabe obstoječih sistemov za podporo odločanju (SPO) v integriranem varstvu rastlin (IVR), smo izvedli sistematično katalogizacijo 80 obstoječih SPO-jev. Katalogizacijo smo izvedli s pomočjo tipologije SPO-jev na področju varstva rastlin, ki smo ga razvili prav za ta namen. Rezultate smo podali v projektnem poročilu, trenutno pa poteka izdelava aplikacije, ki bo uporabnikom olajšala pregled zbranih sistemov za podporo odločanju. Na osnovi rezultatov analiz anket o uporabniških izkušnjah, ki jih imajo kmetje, kmetijski svetovalci in razvijalci z uporabo SPO v integriranem varstvu rastlin, smo pripravili nov vprašalnik. S pomočjo vprašalnika bomo izbrali najprimernejše ukrepe za izboljšanje uporabniških izkušenj in uporabe obstoječih SPO.

Pri projektu Obzorja 2020 COCOREADO (Uravnoteženje povezav med pridelovalci in potrošniki s pomočjo ambasadorjev izobraževanja) smo bili zelo aktivni pri komuniciranju s potencialnimi deležniki (kmetije in kreativne oskrbovalne verige) iz Slovenije, ki bodo vključeni v izvajanje projekta. Izbrani deležniki bodo sodelovali pri razvoju in preverjanju učinkovitosti sistema za podporo odločanju na področju javnih naročil trajnostne pridelave in oskrbe s hrano javnih institucij.

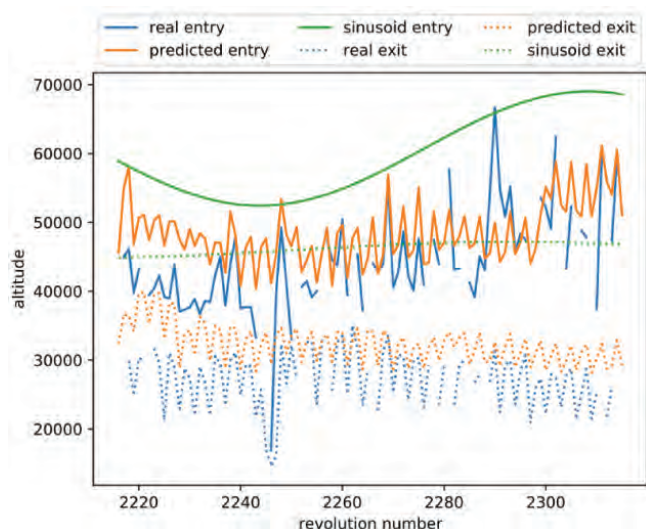
Z oskrbovalnimi verigami smo se ukvarjali tudi pri projektu RADIANT (Vpeljava dinamičnih verig vrednosti pridelave zapostavljenih poljščin), kjer smo začeli razvijati popolnoma nov metodološki pristop analize dinamičnih oskrbovalnih verig pri zapostavljenih poljščinah. Sistem za podporo odločanju naj bi pridelovalcem omogočal dostop do trga, hkrati pa bi potrošnikom pomagal pri zadovoljevanju njihovih zahtev. Celoten sistem bo temeljil na kriterijih trajnosti. Z našo pomočjo bomo omogočili optimalno usklajevanje pridelovalnih pogojev lokalno najbolj prilagojenih poljščin, s čimer bomo zmanjšali tveganje za zmanjšanje pridelave hrane zaradi direktnih in indirektnih posledic globalnih podnebnih sprememb.

Na področju zdravja smo uspešno dokončali projekt HeartMan, v okviru katerega smo razvili računalniški sistem za pomoč pacientom in zdravnikom pri upravljanju srčnega popuščanja. Uspešno smo zaključili tudi projekt Obzorja 2020 SAAM (Podpora aktivnemu staranju z večstransko pomočjo), kjer smo razvili sistem virtualnega trenerja za podporo starejšim osebam, ki živijo doma. Naše delo je bilo osredotočeno na razvoj modelov in mehanizmov

sklepanja v sistemu, pripravili smo komponente spremljanja kakovosti spanja, kuhanja, mobilnosti in socialne aktivnosti. Vse komponente so bile testirane pri končnih uporabnikih v okviru pilotne študije. Da bi povečali učinkovitost sistema, smo razvili tudi novo metodo učenja preferenc, ki temelji na povratnih informacijah uporabnikov o različnih sporočilih sistema, ki so jih prejeli uporabniki.

Naše delo pri projektu RESILOC (Odporna evropska družba z inovativnimi lokalnimi skupnostmi), katerega cilj je izboljšati odpornost lokalnih skupnosti, smo nadaljevali z razvojem programskega orodja za ocenjevanje in predstavitev tematik ter sentimenta objav na družbenih omrežjih, relevantnih v študijah odpornosti na naravne nesreče. V okviru evropskega projekta HECAT smo razvili več modelov za podporo pri odločanju, ki so že vključene v delujoče spletne platforme, in sicer za upravljanje kadrov za carinski urad in za javne službe za zaposlovanje. Razvoj odločitvenih modelov smo nadaljevali za zasebne zavode za zaposlovanje.

Na področju uporabe tehnologij znanja za izobraževanje smo nadaljevali sodelovanje z Univerzo v Novi Gorici in Centrom za prenos znanja na področju informacijskih tehnologij. Naše aktivnosti so vključevale obravnavo možnih aplikacij na področju odprtega izobraževanja, ki smo jih razširili tako, da vključujejo tudi procese upravljanja, kot na primer



Slika 5: Modeli za napovedovanje vstopnih in izstopnih višin za vesoljsko plovilo INTEGRAL omogočajo v okviru posamezne orbite kar 2 uri več za izvajanje znanstvenih meritev v primerjavi s trenutno uporabljenim sinusnim modelom.

identifikacija vrzeli znanja, ocenjevanje kakovosti in oblikovanje strateških politik. Eden od ciljev naših raziskav je podpreti sodelovalno kreiranje odprtih izobraževalnih virov (angl. Open Educational Resources, OER) za podporo doseganju ciljev trajnostnega razvoja (angl. Sustainable Development Goals, SDG). Obravnavali smo projekte, razvite v okviru programa OE4BW, namenjene izobraževanju o energiji, biotski raznovrstnosti in trajnosti. Osredotočili smo se na odkrivanje povezav z drugimi vsebinskimi sklopi in na zapiranje vrzeli znanja, ki jih odprti izobraževalni viri še ne zajemajo. Ugotovljene smernice smo posplošili, saj je namen podpreti tudi druge vsebinske sklope znotraj OE4BW in širše, in napisali članek za objavo v reviji. Skupaj s kolegi iz Nemčije in Brazilije pa pripravljamo tudi publikacijo o novem pristopu razvoja podpornih politik, ki se je na primerih v okviru magistrskega programa Načrtovanje in vodenje odprtega izobraževanja potrdil kot močan mehanizem za analizo in oblikovanje načrta za OER za organizacije in skupine.

Tehnologije znanja smo uporabili tudi za reševanje problemov iz industrije, s poudarkom na vesoljskem sektorju. Sklop projektov in aplikativnih raziskav je bil posvečen uporabi strojnega učenja na področjih opazovanja Zemlje in vesoljskih raziskav. Ta vključuje projekta *GalaxAI – Strojno učenje za napovedovanje porabe energije podsistemov vesoljskih plovil* in *AiTLAS – Razvijanje prototipnega okolja umetne inteligence za opazovanje Zemlje*. Analizirali smo osamelce, ki se pojavijo v telemetrijskih podatkih vesoljske sonde Mars Express in se nanašajo na porabo toplotne energije. Proučili smo učinek skopih podatkov na napovedno moč naučenih modelov v različnih kontekstih delovanja sonde. Predstavili smo tudi zbirko orodij za interpretabilno analizo telemetrijskih podatkov o delovanju vesoljskih plovil.

---

**Sašo Džeroski in Dragi Kocev sta 13. septembra 2021 organizirala spletno konferenco Vesolje in umetna inteligenca, ki je po vrsti druga konferenca na temo uporabe umetne inteligence v vesolju. Konferenca je časovno sovpadala z ECML PKDD 2021, Evropsko konferenco o strojnem učenju ter načeli in prakso odkrivanja znanja v podatkovnih bazah. Konference s tremi vabljenimi predavanji in z 19 prispelimi predstavitvami se je udeležilo več kot 130 obiskovalcev.**

---

## Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Bohanec, M., Vodopija, A., Luštrek, M., *et al.*, HeartMan DSS: a decision support system for self-management of congestive heart failure, *Expert systems with applications*, 2021, 186, 115688-1-115688-13
2. Evkoski, B., Ljubešić, N., Pelicon, A., Mozetič, I., Kralj Novak, P., Evolution of topics and hate speech in retweet network communities, *Applied network science*, 2021, 6, 96-1-96-20
3. Evkoski, B., Mozetič, I., Ljubešić, N., Kralj Novak, P., Community evolution in retweet networks, *PloS one*, 2021, 16, 9, e0256175-1-e0256175-21
4. Martinc, M., Pollak, S., Robnik Šikonja, M., Supervised and unsupervised neural approaches to text readability, *Computational linguistics*, 2021, 47, 1, 141–179
5. Škrli, B., Martinc, M., Lavrač, N., Pollak, S., AutoBOT: evolving neuro-symbolic representations for explainable low resource text classification, *Machine learning*, 2021, 110, 4, 989–1028
6. Martinc, M., Škrli, B., Pollak, S., TNT-KID: transformer-based neural tagger for keyword identification, *Natural language engineering*, 2021, 28, 4, 409–448
7. Petković, M., Kocev, D., Škrli, B., Džeroski, S., Ensemble- and distance-based feature ranking for unsupervised learning, *International journal of intelligent systems*, 2021, 36, 7, 3068–3086
8. Brenc, J., Todorovski, L., Džeroski, S., Probabilistic grammars for equation discovery, *Knowledge-based systems*, 2021, 224, 107077-1-107077-12

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. EACL hackashop on news media content analysis and automated report generation, 19. 4. 2021 (virtualno)
2. 8<sup>th</sup> BSNLP Workshop on Balto-Slavic Natural Language Processing, 20. 4. 2021 (virtualno)
3. VarDial workshop 2021, 20. 4. 2021 (virtualno)
4. VarDial evaluation campaign, 20. 4. 2021 (virtualno)
5. MultiLexNorm shared task, 11. 11. 2021 (virtualno)
6. Space and Artificial Intelligence, 2<sup>nd</sup> Online Conference, 13. 9. 2021 (virtualno)
7. EMBEDDIA Conference: AI Technology for the Media Industry. 8. 12. 2021 (virtualno)

## Nagrade in priznanja

1. Tomaž Erjavec: nagrada Stevena Krauwerja, Nizozemska, CLARIN Annual Conference, CLARIN ERIC, priprava večjezičnega korpusa parlamentarnih razprav ParlaMint

2. Dragi Kocev: članek z naslovom *Vpliv pandemije COVID-19 na prehranske navade* je bil med 21 izbranimi dosežki na področju interdisciplinarnih raziskav (ARRS, Odlični v znanosti)
3. Boško Koloski in Bojan Evkoski: nagrada za zmago na Green hack hekatonu
4. Adem Kikaj in Marko Bohanec: nagrada za najboljši študentski prispevek na konferenci ICDSST 2021

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. ParlaMint - K primerljivemu parlamentarnemu diskurzu  
CLARIN ERIC  
prof. dr. Tomaž Erjavec
2. INEA/CEF - MaCoCu; Obsežno zbiranje in kuriranje eno- in dvojezičnih podatkov s poudarkom na manj podprtih jezikih  
Innovation and Networks Executive Agency (INEA)  
dr. Nikola Ljubešić
3. ParlaMint II - K primerljivim parlamentarnim korpusom  
CLARIN ERIC  
prof. dr. Tomaž Erjavec
4. COST CA16204; Oddaljeno branje za evropsko literarno zgodovino  
COST Association AISBL  
prof. dr. Tomaž Erjavec
5. COST CA18237; Evropska zbirka talnih bioloških podatkov za varstvo tal  
COST Association AISBL  
prof. dr. Marko Debeljak
6. Družine virov CLARIN (Secondment Agreement za prof. dr. Darjo Fišer)  
CLARIN ERIC  
prof. dr. Darja Fišer
7. Družine virov CLARIN (Secondment Agreement za dr. Jakob Lenardič)  
CLARIN ERIC  
dr. Jakob Lenardič
8. E-COST-GRANT-CA18237-66EEBF07; Mrežna analiza neokrnjene biote tal  
COST Association AISBL  
prof. dr. Marko Debeljak
9. H2020 - TRUE; Poti prehoda v trajnostne sisteme stročnic v Evropi  
European Commission  
prof. dr. Marko Debeljak
10. H2020 - TomRes; Nov celosten pristop k povečanju tolerance rastlin na posamične in kombinirane strese na primeru paradiznika  
European Commission  
prof. dr. Marko Debeljak
11. H2020 - NARSIS; Nov pristop za varnostne izboljšave reaktorjev  
European Commission  
prof. dr. Marko Bohanec
12. H2020 - SAAM; Podpora aktivnemu staranju z večstransko pomočjo  
European Commission  
doc. dr. Bernard Ženko
13. H2020 - AI4EU; Evropska platforma za razvoj umetne inteligence in pripadajočega ekosistema  
European Commission  
prof. dr. Sašo Džeroski
14. H2020 - RESILO; Odporna evropska družba z inovativnimi lokalnimi skupnostmi  
European Commission  
dr. Aljaž Osojnik
15. H2020 - FNS-Cloud; Računalniški oblak in storitve za obdelavo podatkov iz področja ved o hrani, prehrani in varnosti  
European Commission  
prof. dr. Nada Lavrač
16. H2020 - HECAT; Uporaba prebojnih tehnologij za podporo pri upravljanju s trgov deli  
European Commission  
prof. dr. Biljana Mileva Boshkoska
17. H2020 - TAILOR; Temelji umetne inteligence vredne zaupanja, vključno z učenjem, optimizacijo in sklepanjem  
European Commission  
prof. dr. Sašo Džeroski
18. H2020 - COCOREADO; Uravnoteženje povezav med pridelovalci in potrošniki s pomočjo ambasadorjev izobraževanja  
European Commission  
prof. dr. Marko Debeljak
19. H2020 - RADIANT; Vpeljava dinamičnih verig vrednosti pridelave redko gojenih poljščin  
European Commission  
prof. dr. Marko Debeljak

20. H2020 - EMBEDDIA; Medjezikovne vektorske vložitve za manj zastopane jezike v evropskih medijih  
European Commission  
doc. dr. Senja Pollak
21. H2020 - IMSyPP; Inovativno spremljanje sovražnega govora na spletu in smernice za njegovo preprečevanje  
European Commission  
doc. dr. Petra Kralj Novak

## PROGRAM

1. Tehnologije znanja  
prof. dr. Sašo Džeroski

## PROJEKTI

1. TermFrame: Terminologija in sheme znanja v medjezikovnem prostoru  
doc. dr. Senja Pollak
2. Jezikovna krajina sovražnega govora na družbenih omrežjih  
prof. dr. Tomaž Erjavec
3. Kvantitativna in kvalitativna analiza nereguliranih delov finančnega poročanja podjetij  
doc. dr. Senja Pollak
4. Tradicionalne paremiološke enote v dialogu s sodobno rabo  
prof. dr. Tomaž Erjavec
5. Ciljana mutageniza s CRISPR/CAS9 za odpornost vinske trte in krompirja proti fitoplazmam  
prof. dr. Nada Lavrač
6. Določanje izvora jetrnih zasevkov iz tekočinskih biopsij  
prof. dr. Sašo Džeroski
7. Aplikacija sekvenciranja posameznih celic in strojnega učenja v biologiji mlečne žleze  
prof. dr. Sašo Džeroski
8. Sovražni govor v sodobnih konceptualizacijah nacionalizma, rasizma, spola in migracij  
doc. dr. Senja Pollak
9. Kombinatorika besedotvornih obrazil v slovenščini  
doc. dr. Senja Pollak
10. Semantično rudarjenje prostodostopnih povezanih podatkov  
prof. dr. Nada Lavrač
11. Izboljšanje ponovljivosti eksperimentov in večkratne uporabe raziskovalnih izsledkov pri analizi kompleksnih podatkov  
doc. dr. Panče Panov
12. Nevropsihološke disfunkcije, ki jih povzroča nizka stopnja izpostavljenosti izbranim onesnaževalom iz okolja pri občutljivi populaciji - NEURODYS  
prof. dr. Sašo Džeroski
13. Restavriranje plesnivih slik na platnu: izboljšanje ali poslabšanje?  
prof. dr. Sašo Džeroski
14. Avtomatizirana sinteza in analiza znanstvenih modelov  
prof. dr. Sašo Džeroski
15. Napovedno razvrščanje na podatkovnih tokovih  
prof. dr. Sašo Džeroski
16. Računalniško podprta večjezična analiza novičarskega diskurza s kontekstualnimi besednimi vložitvami  
doc. dr. Senja Pollak
17. Inovativne izotopske tehnike za identifikacijo virov in biogeokemijskega kroženja živega srebra na kontaminairnih območjih - IsoCont  
prof. dr. Sašo Džeroski
18. Človekove pravice in regulacija umetne inteligence vredne zaupanja  
prof. dr. Ljupčo Todorovski
19. Klinični potek in izid Covid-19  
prof. dr. Sašo Džeroski
20. RI-SI ELIXIR: Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora-RI-SI  
prof. dr. Sašo Džeroski
21. RSDO: Razvoj slovenščine v digitalnem okolju  
prof. dr. Tomaž Erjavec
22. RI-SI-CLARIN: Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora  
prof. dr. Tomaž Erjavec

23. Človekove pravice in regulacija umetne inteligence vredne zaupanja  
prof. dr. Ljupčo Todorovski
24. Klinični potek in izid Covid-19  
prof. dr. Sašo Džeroski
25. Človekove pravice in regulacija umetne inteligence vredne zaupanja  
prof. dr. Ljupčo Todorovski
26. Človekove pravice in regulacija umetne inteligence vredne zaupanja  
prof. dr. Ljupčo Todorovski

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Večkriterijsko modeliranje odločitev za transparentno načrtovanje predorov ELEA iC, d. o. o.  
doc. dr. Bernard Ženko
2. Strojno učenje za napovedovanje porabe energije podsystemov vesoljskih plovil Bias Variance Labs, d. o. o.  
prof. dr. Sašo Džeroski
3. Razvijanje prototipnega okolja umetne inteligence za opazovanje Zemlje Bias Variance Labs, d. o. o.  
prof. dr. Sašo Džeroski

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Viktor Andonovikj: Survival analysis as semi-supervised multi-target regression for two real-world small and big datasets, 14. 10. 2021, E8 študentski seminar, 2. 10. 2021 (virtualno)
2. Marko Bohanec: Projekt NARSIS: New Approach to Reactor Safety Improvements, and Severa: A Decision Support Tool for Severe Accident Management, IJS, Odsek za tehnologije znanja, 12. 10. 2021 (virtualno)
3. Jure Brence: Quantum computing with D-Wave: embeddings, noise and error correction, E8 študentski seminar, 3. 6. 2021 (virtualno)
4. Jakob Jelenčič, Cost-optimized Random Forest for multiple target variables, E8 študentski seminar, 4. 3. 2021 (virtualno)
5. Boško Koloski: Identification of COVID-19 related Fake News via Neural Stacking, E8 študentski seminar, 11. 2. 2021 (virtualno)
6. Taja Kuzman: Web Genre Identification for Documents Out in the Wild, E8 študentski seminar, 16. 12. 2021 (virtualno)
7. Katja Meden: interna delavnica Git (hub), 29. 11. 2021 (virtualno)
8. Sebastian Mežnar in Matej Bevec: Are Embeddings the Answer?, 2. 12. 2021 (virtualno)
9. Igor Mozetič: Evolution of network communities, hate speech and topics: Slovenian Twitter 2018–2020, IJS, Odsek za tehnologije znanja, 19. 10. 2021 (virtualno)
10. Dejan Perič: Elastic search for tweets, E8 študentski seminar, 7. 10. 2021 (virtualno)
11. Matej Petković: Fuzzy Jaccard Index: A robust comparison of ordered lists, E8 študentski seminar, 11. 11. 2021 (virtualno)
12. Urh Primožič: FRANE: Feature Ranking via Attribute Networks, E8 študentski seminar, 7. 1. 2021 (virtualno)
13. Matej Račič: Meadow classification using semi-supervised learning with Sentinel-2 time series, 9. 12. 2021 (virtualno)
14. Ula Nikolaja Ratajec: Sovražni govor ali govor o sovražnem govoru, E8 študentski seminar, 30. 9. 2021 (virtualno)
15. Božidar Stevanoski: Change detection and adaptation in multi-target prediction on data streams, E8 študentski seminar, 23. 9. 2021 (virtualno)
16. Marjan Stoimchev: Deep hierarchical multi label remote sensing image classification, E8 študentski seminar, 4. 11. 2021 (virtualno)
17. Blaž Škrlič: Singularity containers: A gateway to replicable AI, 21. 1. 2021 (virtualno)
18. Urban Škvorc, Real-time algorithm parameter control using Exploratory Landscape Analysis, E8 študentski seminar, 18. 3. 2021 (virtualno)

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Marko Bohanec: 2<sup>nd</sup> NARSIS Workshop Training on Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Facilities, 9.–12. 4. 2021 (virtualna konferenca, predavanje)
2. Marko Bohanec: ICDSST 2021, 7<sup>th</sup> International Conference on Decision Support System Technology, Loughborough, UK, 26.–28. 5. 2021 (virtualno, 1 referat)

3. Jure Brence: Nordic Probabilistic AI School 2021. Trondheim, Norveška, 14.–18. 6. 2021 (virtualno, 1 poster)
4. Jure Brence: Qubits Worldwide Users Conference, 5.–7. 10. 2021 (virtualno, pasivno)
5. Jure Brence, Taja Kuzman: Discovery Science DS'2021, Halifax, Kanada, 11.–13. 10. 2021 (virtualno, pasivno)
6. Marko Debeljak, Aneta Trajanov: udeležba na Cost Eudaphabase in COCOREADO sestanku, Copenhagen, Danska, 8.–15. 9. 2021
7. Sašo Džeroski, Panče Panov: ECML/PKDD, 13.–17. 9. 2021 (virtualno, pasivno)
8. Sašo Džeroski, Stefan Popov: MIPRO 2021, Opatija, Hrvaška, 28. 9.–1. 10. 2021 (virtualno, 2 referata)
9. Sašo Džeroski: Discovery Science DS'2021, Halifax, Kanada, 11.–13. 10. 2021 (virtualno, 1 referat)
10. Sašo Džeroski, Stefan Popov: ICT Innovations 2021, Skopje, S. Makedonija, 27.–28. 9. 2021 (virtualno, 1 referat)
11. Tomaž Erjavec, Taja Kuzman, Katja Meden: CLARIN Annual Conference 2021, 27.–29. 9. 2021 (virtualno, 1 referat)
12. Tomaž Erjavec: 1st Workshop on Computational Linguistics for Political Text Analysis, 6. 9. 2021 (1 referat)
13. Dragi Kocev: svetovna razstava EXPO, Dubaj, Arabski emirati, 20.–24. 10. 2021
14. Taja Kuzman: 32<sup>nd</sup> European Summer School in Logic, Language and Information (ESSLLI), 26. 7.–13. 8. 2021 (virtualno, pasivno)
15. Taja Kuzman: 24. mednarodna konferenca IS 2021, 4.–8. 10. 2021, Ljubljana (virtualno, pasivno)
16. Nikola Ljubešič: Workshop on Noisy User-generated Text, 11. 11. 2021, (virtualno, 2 referata)
17. Nikola Ljubešič: Workshop on NLP for Similar Languages, Varieties and Dialects, 20. 4. 2021, (virtualno, 2 referata)
18. Nikola Ljubešič: Balto-Slavic Natural Language Processing Workshop, 20. 4. 2021 (virtualno, 1 referat)
19. Nina Omejc: Global computational neuroscience conferences' local meetup – Neuromatch conference, 1.–2. 12. 2021 (virtualno, pasivno)
20. Panče Panov: MIPRO 2021, Opatija, Hrvaška, 28. 9.–1. 10. 2021 (1 referat)
21. Vid Podpečan: Learning, teaching and training mobility event v okviru Erasmus+ projekta ICT like 1,2,3, 5. 5. 2021 (virtualno, vabljeno predavanje)
22. Senja Pollak: Slovensko sociološko srečanje: Ljubljana, 24.–25. 9. 2021 (virtualno, 1 referat)
23. Senja Pollak: Twelfth International Conference on Computational Creativity, ICC3'21, Mexico, 14.–18. 9. 2021 (virtualno, 1 referat)
24. Martin Žnidaršič: The 14<sup>th</sup> ACM International Conference on Pervasive Technologies related to Assistive Environments (PETRA 2021), 29. 6.–1. 7. 2021 (virtualno, 1 referat)
25. Martin Žnidaršič: 3<sup>rd</sup> Financial Narrative Processing Workshop (FNP 2021), 15.–16. 3. 2021 (virtualno, 1 referat)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Sašo Džeroski: Università degli Studi di Bari Aldo Moro, European Space Agency (ESA/ESRIN), 21.–29. 10. 2021
2. Matej Martinc: University of Helsinki, Helsinki, Finska, 11.–19. 9. 2021

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. prof. dr. Marko Bohanec, znanstveni svetnik - strokovni sekretar odseka
2. Michelangelo Ceci, PhD., Italija
3. prof. dr. Bojan Cestnik\*
4. prof. dr. Marko Debeljak
5. **prof. dr. Sašo Džeroski, znanstveni svetnik - vodja odseka**
6. prof. dr. Tomaž Erjavec
7. prof. dr. Darja Fišer\*
8. doc. dr. Aneta Ivanovska
9. dr. Dragi Kocev
10. prof. dr. Nada Lavrač, znanstveni svetnik
11. prof. dr. Zoran Levnajič\*

12. dr. Nikola Ljubešič
13. prof. dr. Igor Mozetič
14. doc. dr. Panče Panov
15. dr. Vid Podpečan
16. doc. dr. Senja Pollak
17. Matthew Richard John Purver, PhD. Združeno kraljestvo
18. prof. dr. Ljupčo Todorovski\*, znanstveni svetnik
19. prof. dr. Tanja Urbančič\*, znanstveni svetnik
20. dr. Ana Zwitter Vitez\*
21. doc. dr. Bernard Ženko
22. doc. dr. Martin Žnidaršič
- Podoktorski sodelavci**
23. dr. Martin Breskvar
24. *dr. Jan Kralj\**, *odšel 1. 12. 2021*
25. doc. dr. Petra Kralj Novak

26. dr. Janez Kranjc
27. dr. Vladimir Kuzmanovski
28. dr. Jakob Lenardič\*
29. prof. dr. Biljana Mileva Boshkoska
30. dr. Aljaž Osojnik
31. dr. Matej Petković
32. dr. Nikola Simidjievski
33. dr. Tomaž Stepišnik, odšel 17. 5. 2021
34. dr. Jovan Tanevski
35. dr. Anita Valmarska\*

#### Mlajši raziskovalci

36. Jure Brence, mag. fiz.
37. Tanja Dergan, mag. agr. ekon.
38. Enja Kokalj, mag. kog. zn.
39. Ana Kostovska, mag. inf. kom. tehnol.
40. Taja Kuzman, mag. prev.
41. Matej Martinc, univ. dipl. fil. in soc. kult.
42. Martin Marzidovšek, Msc.
43. Katja Meden, mag. bibl. inf. in zal. štud.
44. Nina Omejc, M.SC., ZR Nemčija
45. Andraž Pelicon, mag. prev.
46. Andraž Repar\*, univ. dipl. prev.
47. Blaž Škrli, mag. inf. kom. tehnol.
48. Tadej Škvorc, mag. inž. rač. in inf.

#### Strokovni sodelavci

49. Tina Anžič, Bolonjski študij II. stopnja
50. Nika Eržen, mag. inž. rač. in inf.
51. Peter Rupnik, dipl. fiz. (UN)

#### Tehniški in administrativni sodelavci

52. Milica Bauer, dipl. ekon.

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Aalto University, Aalto, Finska
2. Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni, Neapelj, Italija
3. BVL, d. o. o., Ljubljana
4. Central European University, Dunaj, Avstrija
5. Czech Technical University, Praga, Češka republika
6. ESA/ESOC, Darmstadt, Nemčija
7. ESA/ESRIN, Frascati, Italija

8. ELEA iC, d. o. o. Ljubljana, Slovenija
9. ESEIA, Graz Office, Gradec, Avstrija
10. Fakulteta za informacijske študije, Novo mesto
11. Groningen University, Nizozemska
12. ICGEB-International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology, Trst, Italija
13. INRIA, Pariz, Francija
14. Institut Rudjer Bošković, Zagreb, Hrvaška
15. Inštitut za novejšo zgodovino, Ljubljana, Slovenija
16. Inštitut za kriminologijo pri Pravni fakulteti v Ljubljani, Ljubljana
17. KULeuven, Leuven, Belgija
18. Leiden University, Leiden, Nizozemska
19. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, Slovenija
20. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana
21. Prompsit, Elche, Španija
22. Queen Mary, University of London, London, Velika Britanija
23. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg & Universitätsklinikum Heidelberg, Institute for Computational Biomedicine, Heidelberg, Nemčija
24. Sapienza University of Rome, Rim, Italija
25. Senso4s, d. o. o., Trzin
26. Temida, d. o. o., Ljubljana
27. TextGain BVBA, Antwerp, Belgija
28. Universitaet, Zürich, Švica
29. University of Alacant, Alicante, Španija
30. University of Antwerp, Belgija
31. University of Bari, Department of informatics, Bari, Italija
32. University of Belgrade, School of Electrical Engineering, Srbija
33. University of Bologna, Italija
34. University of Cambridge, Cambridge, Velika Britanija
35. University of Cyprus, Nikozija, Ciper
36. University of Skopje, Faculty of Computer Science and Engineering, Faculty of Electrical Engineering, Skopje, Severna Makedonija
37. University of Venice, Ca' Foscari, Benetke, Italija
38. Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica, Slovenija
39. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana
40. Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, Ljubljana
41. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Ljubljana
42. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana
43. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana
44. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana
45. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za upravo, Ljubljana
46. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta Ljubljana
47. ZRC SAZU, Ljubljana
48. XLAB, d. o. o., Ljubljana

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Bojan Evkoski, Nikola Ljubešič, Andraž Pelicon, Igor Mozetič, Petra Kralj Novak, "Evolution of topics and hate speech in retweet network communities", *Applied network science*, 2021, **6**, 96. [COBISS.SI-ID 90287107]
2. Matej Petković, Blaž Škrli, Dragi Kocev, Nikola Simidjievski, "Fuzzy Jaccard index: a robust comparison of ordered lists", *Applied soft computing*, 2021, **113**, a, 107849. [COBISS.SI-ID 79145219]
3. Anita Peti-Stantić, Maja Anđel, Vedrana Gnjidić, Gordana Keresteš, Nikola Ljubešič, Irina Masnikosa, Mirjana Tonković, Jelena Tušek, Jana Willer-Gold, Mateusz Milan Stanojević, "The Croatian psycholinguistic database: estimates for 6000 nouns, verbs, adjectives and adverbs", *Behavior research methods*, 2021, **53**, 1799-1816. [COBISS.SI-ID 63062787]
4. Tome Eftimov, Bibek Paudel, Gorjan Popovski, Dragi Kocev, "A framework for evaluating personalized ranking systems by fusing different evaluation measures", *Big data research*, 2021, **25**, 100211. [COBISS.SI-ID 51341059]
5. Blaž Škrli, Nika Eržen, Nada Lavrač, Tanja Kunej, Janez Konc, "CaNDiS: a web server for investigation of causal relationships between diseases, drugs, and drug targets", *Bioinformatics*, 2021, **36**, 6, 885-887. [COBISS.SI-ID 27212035]
6. Sebastian Mežnar, Nada Lavrač, Blaž Škrli, "Transfer learning for node regression applied to spreading prediction", *Complex systems*, 2021, **30**, 4, 457-481. [COBISS.SI-ID 90483971]
7. Matej Martinc, Senja Pollak, Marko Robnik Šikonja, "Supervised and unsupervised neural approaches to text readability", *Computational linguistics*, 2021, **47**, 1, 141-179. [COBISS.SI-ID 57293315]
8. Blaž Škrli, Matej Martinc, Jan Kralj, Nada Lavrač, Senja Pollak, "tax2vec: constructing interpretable features from taxonomies for short text classification", *Computer speech & language*, 2021, **65**, 101104. [COBISS.SI-ID 15627779]
9. Fasih Haider, Senja Pollak, Pierre Albert, Saturnino Luz, "Emotion recognition in low-resource settings: an evaluation of automatic feature selection methods", *Computer speech & language*, 2021, **65**, 101119. [COBISS.SI-ID 17800451]
10. Tomaž Stepišnik, Blaž Škrli, Jörg Wicker, Dragi Kocev, "A comprehensive comparison of molecular feature representations for use in predictive modeling", *Computers in Biology and Medicine*, 2021, **130**, 104197. [COBISS.SI-ID 46900227]
11. Tim Smole *et al.* (19 avtorjev), "A machine learning-based risk stratification model for ventricular tachycardia and heart failure in hypertrophic cardiomyopathy", *Computers in Biology and Medicine*, 2021, **135**, 104648. [COBISS.SI-ID 71489795]
12. Jean-Philippe Deguine, Marie-Hélène Robin, David Camilo Corrales, Marie-Anne Vedy-Zecchini, Anna Doizy, Frédéric Chiroleu, Gauthier Quesnel, Isaure Païtard, Marko Bohanec, Jean-Noël Aubertot, "Qualitative modeling of fruit fly injuries on chayote in Réunion: development and transfer to users", *Crop protection*, 2021, **139**, 105367. [COBISS.SI-ID 28327427]

13. Rok Piltaver, Mitja Luštrek, Sašo Džeroski, Martin Gjoreski, Matjaž Gams, "Learning comprehensible and accurate hybrid trees", *Expert systems with applications*, 2021, **164**, 113980. [COBISS.SI-ID 29771011]
14. Marko Bohanec *et al.* (11 avtorjev), "HeartMan DSS: a decision support system for self-management of congestive heart failure", *Expert systems with applications*, 2021, **186**, 115688. [COBISS.SI-ID 77871107]
15. Matej Martinc, Fasih Haider, Senja Pollak, Saturnino Luz, "Temporal integration of text transcripts and acoustic features for Alzheimer's diagnosis based on spontaneous speech", *Frontiers in aging neuroscience*, 2021, **13**, 652647. [COBISS.SI-ID 66985987]
16. Octave Lacroix, Jean-Noël Aubertot, Marko Bohanec, Stéphane Cordeau, David Camilo Corrales, Marie-Hélène Robin, "IPSIM-Cirsium, a qualitative expert-based model to predict infestations of *Cirsium arvense*", *Frontiers in agronomy*, 2021, **3**, 655383. [COBISS.SI-ID 58957827]
17. Shamila Nasreen, Morteza Rohanian, Julian Hough, Matthew Purver, "Alzheimer's dementia recognition from spontaneous speech using disfluency and interactional features", *Frontiers in computer science*, 2021, **3**, 640669. [COBISS.SI-ID 69567235]
18. Taru Sandén, Anna Wawra, Helene Berthold, Julia Miloczki, Agnes Schweinzer, Brigitte Gschmeidler, Heide Spiegel, Marko Debeljak, Aneta Trajanov, "TeaTime4Schools: using data mining techniques to model litter decomposition in austrian urban school soils", *Frontiers in ecology and evolution*, 2021, **9**, 703794. [COBISS.SI-ID 68232707]
19. Blaž Škrlić, Enja Kokalj, Nada Lavrač, "PubMed-scale chemical concept embeddings reconstruct physical protein interaction networks", *Frontiers in research metrics and analytics*, 2021, **6**, 644614. [COBISS.SI-ID 59289859]
20. Pietro Iannetta *et al.* (18 avtorjev), "A multifunctional solution for wicked problems: value-chain wide facilitation of legumes cultivated at bioregional scales is necessary to address the climate-biodiversity-nutrition nexus", *Frontiers in sustainable food systems*, 2021, **5**, 692137. [COBISS.SI-ID 72049155]
21. Martin Breskvar, Sašo Džeroski, "Multi-target regression rules with random output selections", *IEEE access*, 2021, **9**, 10509-10522. [COBISS.SI-ID 48192515]
22. Miljenko Hajnić, Biljana Mileva Boshkoska, "A disruptive decision support platform for reengineering the strategic transfer of employees", *IEEE access*, 2021, **9**, 29921-29928. [COBISS.SI-ID 52266243]
23. Marius Schwabenland *et al.* (26 avtorjev), "Deep spatial profiling of human COVID-19 brains reveals neuroinflammation with distinct microanatomical microglia-T-cell interactions", *Immunity*, 2021, **54**, 7, 1593-1610. [COBISS.SI-ID 89989123]
24. Swati Swati, Dunja Mladenčić, Tomaž Erjavec, "EveOut: an event-centric news dataset to analyze an outlet's event selection patterns", *Informatica: an international journal of computing and informatics*, 2021, **45**, 7, 25-30. [COBISS.SI-ID 95368963]
25. Roberto Corizzo, Michelangelo Ceci, Hadi Fanaee-T, João Gama, "Multi-aspect renewable energy forecasting", *Information sciences*, 2021, **546**, 701-722. [COBISS.SI-ID 59570179]
26. Matej Petković, Dragi Kocev, Blaž Škrlić, Sašo Džeroski, "Ensemble- and distance-based feature ranking for unsupervised learning", *International journal of intelligent systems*, 2021, **36**, 7, 3068-3086. [COBISS.SI-ID 50534659]
27. Marina Dermastia *et al.* (16 avtorjev), "Differential response of grapevine to infection with '*Candidatus Phytoplasma solani*' in early and late growing season through complex regulation of mRNA and small RNA transcriptomes", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 7, 3531. [COBISS.SI-ID 58895619]
28. Mitja Luštrek *et al.* (21 avtorjev), "A personal health system for self-management of congestive heart failure (HeartMan): development, technical evaluation, and proof-of-concept randomized controlled trial", *JMIR medical informatics*, 2021, **9**, 3, e24501. [COBISS.SI-ID 54873347]
29. Janez Konc, Samo Lešnik, Blaž Škrlić, Dušanka Janežič, "ProBiS-Dock database: a web server and interactive web repository of small ligand-protein binding sites for drug design", *Journal of chemical information and modeling*, 2021, **61**, 8, 4097-4107. [COBISS.SI-ID 72795907]
30. Matej Radinja, Mateja Škerjanec, Mojca Šraj, Sašo Džeroski, Ljupčo Todorovski, Nataša Atanasova, "Automated modelling of urban runoff based on domain knowledge and equation discovery", *Journal of Hydrology*, 2021, **603**, 127077. [COBISS.SI-ID 83909123]
31. Matthew Purver, Mehrnoosh Sadrzadeh, Ruth M. Kempson, Gijs Wijnholds, Julian Hough, "Incremental composition in distributional semantics", *Journal of logic, language and information*, 2021, **30**, 379-407. [COBISS.SI-ID 69571843]
32. Jure Brence, Ljupčo Todorovski, Sašo Džeroski, "Probabilistic grammars for equation discovery", *Knowledge-based systems*, 2021, **224**, 107077. [COBISS.SI-ID 61709059]
33. Tomaž Stepišnik, Dragi Kocev, "Oblique predictive clustering trees", *Knowledge-based systems*, 2021, **227**, 107228. [COBISS.SI-ID 67096067]
34. Pavle Boškosi, Matija Perne, Martina Rameša, Biljana Mileva Boshkoska, "Variational Bayes survival analysis for unemployment modelling", *Knowledge-based systems*, 2021, **229**, 107335. [COBISS.SI-ID 71383555]
35. Blaž Škrlić, Matej Martinc, Nada Lavrač, Senja Pollak, "autoBOT: evolving neuro-symbolic representations for explainable low resource text classification", *Machine learning*, 2021, **110**, 4, 989-1028. [COBISS.SI-ID 60534787]
36. Darja Fišer, Nikola Ljubešić, Damjan Popič, "From fringe to infrastructure: a researcher's journey through South Slavic language attitudes on social media", *Modern languages open*, 2021, **1**, 24. [COBISS.SI-ID 90705411]
37. Christoph Schöch, Roxana Patraș, Tomaž Erjavec, Diana Santos, "Creating the European Literary Text Collection (ELTeC)", *Modern languages open*, 2021, **1**, 25. [COBISS.SI-ID 90088707]
38. Attila Gabor *et al.* (10 avtorjev), "Cell-to-cell and type-to-type heterogeneity of signaling networks: insights from the crowd", *Molecular systems biology*, 2021, **17**, 10, e10402. [COBISS.SI-ID 89997315]
39. Marko Jukič, Blaž Škrlić, Gašper Tomšič, Sebastian Pleško, Črtomir Podlipnik, Urban Bren, "Prioritisation of compounds for 3CL<sup>pro</sup> inhibitor development on SARS-CoV-2 variants", *Molecules*, 2021, **26**, 10, 3003. [COBISS.SI-ID 63953411]
40. Matej Martinc, Blaž Škrlić, Senja Pollak, "TNT-KID: transformer-based neural tagger for keyword identification", *Natural language engineering*, 2021, **28**, 4, 409-448. [COBISS.SI-ID 66660867]
41. Tom Vermeyen, Jure Brence, Robin Van Echelpoel, Roy Aerts, Guillaume Acke, Patrick Bultinck, Wouter Herrebout, "Exploring machine learning methods for absolute configuration determination with vibrational circular dichroism", *PCCP. Physical chemistry chemical physics*, 2021, **23**, 354, 19781-19789. [COBISS.SI-ID 74920963]
42. Tomaž Stepišnik, Dragi Kocev, "Semi-supervised oblique predictive clustering trees", *PeerJ computer science*, 2021, e506. [COBISS.SI-ID 61712899]
43. Andraž Pelicon, Ravi Shekhar, Blaž Škrlić, Matthew Purver, Senja Pollak, "Investigating cross-lingual training for offensive language detection", *PeerJ computer science*, 2021, e559. [COBISS.SI-ID 68256259]
44. Blaž Škrlić *et al.* (11 avtorjev), "New cross-talks between pathways involved in grapevine infection with '*Candidatus Phytoplasma solani*' revealed by temporal network modelling", *Plants*, 2021, **10**, 4, 646. [COBISS.SI-ID 58899971]
45. Bojan Evkoski, Igor Mozetič, Nikola Ljubešić, Petra Kralj Novak, "Community evolution in retweet networks", *PloS one*, 2021, **16**, 9, e0256175. [COBISS.SI-ID 75722499]
46. Darja Fišer, Kristina Pahor de Maiti, "Prvič, sem političarka in ne politik, drugič pa — ": korpusni pristop k raziskovanju parlamentarnega diskurza", *Prispevki za novejšo zgodovino*, 2021, **61**, 1, 144-179. [COBISS.SI-ID 68212227]
47. Mojca Šorn, Katja Meden, "Portal Zgodovina Slovenije - Sistory in avtorske pravice", *Prispevki za novejšo zgodovino*, 2021, **61**, 2, 193-228. [COBISS.SI-ID 84783875]
48. Tanja Mesti, Vid Čeplak Mencin, Biljana Mileva Boshkoska, Janja Ocvirk, "Adverse events during immunotherapy in Slovenian patients with metastatic melanoma reveal a positive correlation with better treatment outcomes", *Radiology and oncology*, 2021, **55**, 3, 354-361. [COBISS.SI-ID 62417667]
49. Els Clays *et al.* (21 avtorjev), "Proof-of-concept trial results of the HeartMan mobile personal health system for self-management in congestive heart failure", *Scientific reports*, 2021, **11**, 5663. [COBISS.SI-ID 54870787]
50. Matteo Cinelli, Andraž Pelicon, Igor Mozetič, Walter Quattrociocchi, Petra Kralj Novak, Fabiana Zollo, "Dynamics of online hate and misinformation", *Scientific reports*, 2021, **11**, 22083. [COBISS.SI-ID 84526083]
51. Zdravko Kunič, Bernard Ženko, Biljana Mileva Boshkoska, "FOCUSED-short-term wind speed forecast correction algorithm based on successive nwp forecasts for use in traffic control decision support systems", *Sensors*, 2021, **21**, 10, 3405. [COBISS.SI-ID 64656899]
52. Janja Polajnar, Darja Fišer, "Samoreference v akademski slovenščini: kvantitativno-kvalitativna korpusna analiza rabe prvoosebnihi edninskihi in množinskihi obliki", *Slavistična revija: časopis za jezikoslovje in literarne vede*, 2021, **69**, 4, 414-430. [COBISS.SI-ID 95176963]



53. Marko Robnik Šikonja, Kristjan Reba, Igor Mozetič, "Cross-lingual transfer of sentiment classifiers", *Slovenščina 2.0: empirične, aplikativne in interdisciplinarne raziskave*, 2021, **9**, 1, 1-25. [COBISS.SI-ID 69518083]
54. Matej Ulčar, Anka Supej, Marko Robnik Šikonja, Senja Pollak, "Slovene and Croatian word embeddings in terms of gender occupational analogies", *Slovenščina 2.0: empirične, aplikativne in interdisciplinarne raziskave*, 2021, **9**, 1, 26-59. [COBISS.SI-ID 69511427]
55. Jakob Lenardič, Darja Fišer, "Hedging modal adverbs in Slovenian academic discourse", *Slovenščina 2.0: empirične, aplikativne in interdisciplinarne raziskave*, 2021, **9**, 1, 145-180. [COBISS.SI-ID 81181187]
56. Katja Meden, Ana Cvek, "Nadgradnja zgodovinarskega indeksa citiranosti", *Slovenščina 2.0: empirične, aplikativne in interdisciplinarne raziskave*, 2021, **9**, 1, 216-235. [COBISS.SI-ID 70044419]
57. Matej Petković, Gorjan Popovski, Barbara Koroušič-Seljak, Dragi Kocev, Tome Eftimov, "DietHub: dietary habits analysis through understanding the content of recipes", *Trends in food science & technology*, 2021, **107**, 183-194. [COBISS.SI-ID 33098243]
58. Ana Zwitter Vitez, "L'expression de l'opinion: analyse textuelle, syntaxique et lexicale de réactions à un événement politique", *Vestnik za tuje jezike*, 2021, **13**, 1, 91-108. [COBISS.SI-ID 91220483]
59. Matej Radinja, Mateja Škerjanec, Sašo Džeroski, Ljupčo Todorovski, Nataša Atanasova, "Design and simulation of stormwater control measures using automated modeling", *Water*, 2021, **13**, 16, 2268. [COBISS.SI-ID 73739779]
60. Michelangelo Ceci, Pasqua Fabiana Lanotte, "Closed sequential pattern mining for sitemap generation", *World wide web*, 2021, **24**, 1, 175-203. [COBISS.SI-ID 59517955]
7. Tomaž Erjavec *et al.* (30 avtorjev), "ParlaMint: comparable corpora of European parliamentary data", V: *CLARIN Annual Conference 2021, 27-29 September 2021*, Proceedings, 2021, 20-25. [COBISS.SI-ID 95382531]
8. Boshko Koloski, Timen Stepišnik Perdih, Senja Pollak, Blaž Škrli, "Identification of COVID-19 related fake news via neural stacking", V: *CONSTRAINT 2021, International Workshop on Combating online hostile posts in regional languages during emergency situation, February 8, 2021*, Revised Selected Papers, (Communications in computer and information science **1402**), Springer, 2021, 177-188. [COBISS.SI-ID 59060995]
9. Sebastian Mežnar, Nada Lavrač, Blaž Škrli, "Prediction of the effects of epidemic spreading with graph neural networks", V: *COMPLEX NETWORKS 2020, Ninth International Conference on Complex Networks and Their Applications, Madrid, Spain, December 1-3, 2020*, Proceedings, Complex Networks and Their Applications IX, (Studies in computational intelligence **943**), Springer, 2021, **1**, 420-431. [COBISS.SI-ID 46771715]
10. Adem Kikaj, Marko Bohanec, "DEX2Web - a web-based software implementing the multiple-criteria decision-making method DEX", V: *ICDSS 2021, 7th International Conference on Decision Support System Technology, Loughborough, UK, May 26-28, 2021*, Proceedings, Decision support systems XI: decision support systems, analytics and technologies in response to global crisis management, (Lecture notes in business information processing **414**), Springer, 2021, 30-43. [COBISS.SI-ID 64734211]
11. Anton Stipeč, Biljana Mileva Boshkoska, "Comparison of AHP, PAPRICA, PROMETHEE, DEX and TOPSIS on an Application for Employee Selection", V: *ICDSS 2021, 7th International Conference on Decision Support System Technology, Loughborough, UK, May 26-28, 2021*, Proceedings, Decision support systems XI: decision support systems, analytics and technologies in response to global crisis management, (Lecture notes in business information processing **414**), Springer, 2021, 44-54. [COBISS.SI-ID 64670467]
12. Blaž Škrli, Marko Jukič, Nika Eržen, Senja Pollak, Nada Lavrač, "Priorization of COVID-19-related via unsupervised keyphrase extraction and document representation learning", V: *DS 2021, 24th International Conference on Discovery Science, Halifax, Canada, October 11-13 2021*, Proceedings, Discovery Science, (Lecture notes in computer science **12986**), Springer, 2021, 204-217. [COBISS.SI-ID 80347139]
13. Urh Primožič, Blaž Škrli, Sašo Džeroski, Matej Petković, "Unsupervised Feature Ranking via Attribute Networks", V: *DS 2021, 24th International Conference on Discovery Science, Halifax, Canada, October 11-13 2021*, Proceedings, Discovery Science, (Lecture notes in computer science **12986**), Springer, 2021, 334-343. [COBISS.SI-ID 96803075]
14. Ilija Markov, Nikola Ljubešić, Darja Fišer, Walter Daelemans, "Exploring stylometric and emotion-based features for multilingual cross-domain hate speech detection", V: *WASSA 2021, EAACL 2021 Eleventh Workshop on Computational Approaches to Subjectivity, Sentiment and Social Media Analysis, April 19, 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 149-159. [COBISS.SI-ID 95763971]
15. Enja Kokalj, Blaž Škrli, Nada Lavrač, Senja Pollak, Marko Robnik Šikonja, "BERT meets Shapley: extending SHAP explanations to transformer-based classifiers", V: *EAACL 2021 Hackashop on news media content analysis and automated report generation, April 19 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 16-21. [COBISS.SI-ID 60348931]
16. Boshko Koloski, Senja Pollak, Blaž Škrli, Matej Martinc, "Extending neural keyword extraction with TF-IDF tagset matching", V: *EAACL 2021 Hackashop on news media content analysis and automated report generation, April 19 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 22-29. [COBISS.SI-ID 60350211]
17. Andraž Pelicon, Ravi Shekhar, Matej Martinc, Blaž Škrli, Matthew Purver, Senja Pollak, "Zero-shot cross-lingual content filtering: offensive language and hate speech detection", V: *EAACL 2021 Hackashop on news media content analysis and automated report generation, April 19 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 30-34. [COBISS.SI-ID 60352003]
18. Andraž Repar, Andrej Shumakov, "Aligning Estonian and Russian news industry keywords with the help of subtitle translations and an environmental thesaurus", V: *EAACL 2021 Hackashop on news media content analysis and automated report generation, April 19 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 71-75. [COBISS.SI-ID 60353283]
19. Blaž Škrli, Shane Sheehan, Nika Eržen, Marko Robnik Šikonja, Saturnino Luz, Senja Pollak, "Exploring neural language models via analysis of local and global self-attention spaces", V: *EAACL 2021 Hackashop on news media content analysis and automated report generation, April 19 2021*,

## PREGLIEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Nikolaja Janež, Blaž Škrli, Meta Sterniša, Anja Klančnik, Jerica Sabotič, "The role of the *Listeria monocytogenes* surfactome in biofilm formation", *Microbial biotechnology*, 2021, **14**, 4, 1269-1281. [COBISS.SI-ID 67146499]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Martin Žnidaršič, Aljaž Osojnik, Peter Rupnik, Bernard Ženko, "Improving effectiveness of a coaching system through preference learning", V: *PETRA 2021, 14th ACM International Conference on Pervasive Technologies related to Assistive Environments, June 29-July 1, 2021*, ACM, 2021, 459-465. [COBISS.SI-ID 69502723]
2. Bojan Cestnik, Andreja Abina, Rebeka Kovačič Lukman, Aleksander Zidanšek, "Expert system for systematic monitoring of sustainability-related competences in higher education", V: *16th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES), 10-15 October 2021, Dubrovnik, Croatia*, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, 2021. [COBISS.SI-ID 88904451]
3. Timen Stepišnik Perdih, Nada Lavrač, Blaž Škrli, "Semantic reasoning from model-agnostic explanations", V: *2021 IEEE 19th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), 21-23 January 2021*, Proceedings, IEEE, 105-110. [COBISS.SI-ID 57017859]
4. Yujian Gan, Xinyun Chen, Qiuping Huang, Matthew Purver, John R. Woodward, Jinxia Xie, Huang Pengsheng, "Towards robustness of Text-to-SQL models against synonym substitution", V: *ACL-IJCNLP 2021, 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and 11th International Joint Conference on Natural Language Processing, August 1-6, 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, Vol. 1, 2505-2515. [COBISS.SI-ID 93021955]
5. Vladimir Kuzmanovski, Jaakko Hollmén, "Composite surrogate for likelihood-free Bayesian optimisation in high-dimensional settings of activity-based transportation models", V: *IDA 2021, 19th International Symposium on Intelligent Data Analysis, Porto, Portugal, April 26-28, 2021*, Advances in Intelligent Data Analysis XIX, (Lecture Notes in Computer Science **12695**), Springer, 2021, 171-183. [COBISS.SI-ID 59877635]
6. Anita Valmarska, Nada Lavrač, Marko Robnik Šikonja, "Stratification of Parkinson's disease patients via multi-view clustering", V: *AIME 2021, 19th International Conference on Artificial Intelligence in Medicine, June 15-18, 2021*, Proceedings, Artificial intelligence in medicine, (Lecture Notes in Computer Science **12721**), Springer, 2021, 229-239. [COBISS.SI-ID 68818179]

- Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 76-83. [COBISS.SI-ID 60361987]
20. Senja Pollak, et al. (29 avtorjev), "EMBEDDIA Tools, datasets and challenges: resources and hackathon contributions", V: *EACL 2021 Hackathon on news media content analysis and automated report generation, April 19 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 99-109. [COBISS.SI-ID 60365571]
  21. Boshko Koloski, Elaine Zosa, Timen Stepišnik Perdih, Blaž Škrli, Tarmo Paju, Senja Pollak, "Interesting cross-border news discovery using cross-lingual article linking and document similarity", V: *EACL 2021 Hackathon on news media content analysis and automated report generation, April 19 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 116-120. [COBISS.SI-ID 60370691]
  22. Matej Martinc, Nina Perger, Andraž Pelicon, Matej Ulčar, Andreja Vezovnik, Senja Pollak, "EMBEDDIA hackathon report: automatic sentiment and viewpoint analysis of Slovenian news corpus on the topic of LGBTIQ+", V: *EACL 2021 Hackathon on news media content analysis and automated report generation, April 19 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 121-126. [COBISS.SI-ID 60372227]
  23. Nikola Ljubešić, Davor Lauc, "BERTiC: the transformer language Model for Bosnian, Croatian, Montenegrin and Serbian", V: *EACL 2021 8th Workshop on Balto-Slavic Natural Language Processing (BSNLP), April 20, 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 37-42. [COBISS.SI-ID 62189059]
  24. Anita Valmarska, Luis Adrian Cabrera-Diego, Elvys Linhares Pontes, Senja Pollak, "Exploratory analysis of news sentiment using subgroup discovery", V: *EACL 2021 8th Workshop on Balto-Slavic Natural Language Processing (BSNLP), April 20, 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 66-72. [COBISS.SI-ID 60568835]
  25. Jakub Piskorski et al. (16 avtorjev), "Slav-NER: the 3rd Cross-lingual challenge on recognition, normalization, classification, and linking of named entities across Slavic languages", V: *EACL 2021 8th Workshop on Balto-Slavic Natural Language Processing (BSNLP), April 20, 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 122-133. [COBISS.SI-ID 60571395]
  26. Špela Vintar, Vid Podpečan, Vid Ribič, "Frame-based terminography: a multi-modal knowledge base for karstology", V: *eLex 2021, 7th biennial conference on electronic lexicography, 5-7 July 2021*, Proceedings, Electronic lexicography in the 21st century, Lexical Computing CZ, 2021, 164-176. [COBISS.SI-ID 76189443]
  27. Andraž Repar, Matej Martinc, Matej Ulčar, Senja Pollak, "Word-embedding based bilingual terminology alignment", V: *eLex 2021, 7th biennial conference on electronic lexicography, 5-7 July 2021*, Proceedings, Electronic lexicography in the 21st century, Lexical Computing CZ, 2021, 408-417. [COBISS.SI-ID 73866499]
  28. Yujian Gan, Xinyun Chen, Matthew Purver, "Exploring underexplored limitations of cross-domain text-to-SQL generalization", V: *EMNLP 2021, Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, November 7-11 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 8926-8931. [COBISS.SI-ID 95868419]
  29. Yujian Gan, Xinyun Chen, Jinxia Xie, Matthew Purver, John R. Woodward, John Drake, Qiaofu Zhang, "Natural SQL: making SQL easier to infer from natural language specifications", V: *Findings of ACL: EMNLP 2021, November 7-11, 2021*, Association for Computational Linguistics, 2021, 2030-2042. [COBISS.SI-ID 96180995]
  30. Ana Kostovska, Diederick Vermetten, Carola Doerr, Sašo Džeroski, Panče Panov, Tome Eftimov, "OPTION: optimization algorithm benchmarking ontology", V: *GECCO '21, Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 10 - 14, 2021, Lille, France*, Proceedings, ACM, 2021, 239-240. [COBISS.SI-ID 71045635]
  31. Stephen McQuistin, Colin Perkins, Patrick G. T. Healey, Mladen Karan, Tyson Gareth, Waleed Iqbal, Ignacio Castro, Prashant Khare, Matthew Purver, Junaid Qadir, "Characterising the IETF through the lens of RFC deployment", V: *IMC' 21, 21st ACM Internet Measurement Conference, November 2-4 2021*, Proceedings, ACM, 2021, 137-149. [COBISS.SI-ID 95880963]
  32. Filip Markoski, Elena Markoska, Nikola Ljubešić, Eftim Zdravovski, Ljupčo Kocarev, "Cultural topic modelling over novel wikipedia corpora for South-Slavic languages", V: *RANLP 2021, International Conference Recent Advances in Natural Language Processing, 1-3 September 2021*, Proceedings, Deep learning for natural language processing methods and applications, INCOMA, 2021, 901-917. [COBISS.SI-ID 95756291]
  33. Elaine Zosa, Ravi Shekhar, Mladen Karan, Matthew Purver, "Not all comments are equal: insights into comment moderation from a topic-aware model", V: *RANLP 2021, International Conference Recent Advances in Natural Language Processing, 1-3 September 2021*, Proceedings, Deep learning for natural language processing methods and applications, INCOMA, 2021, 1652-1662. [COBISS.SI-ID 95545603]
  34. Shamila Nasreen, Julian Hough, Matthew Purver, "Detecting Alzheimer's disease using interactional and acoustic features from spontaneous speech", V: *Interspeech 2021, 30 August - 3 September 2021, Brno, Czechia*, Proceedings, ISCA, 2021, 1962-1966. [COBISS.SI-ID 95151619]
  35. Morteza Rohanian, Julian Hough, Matthew Purver, "Alzheimer's dementia recognition using acoustic, lexical, disfluency and speech pause features robust to noisy inputs", V: *Interspeech 2021, 30 August - 3 September 2021, Brno, Czechia*, Proceedings, ISCA, 2021, 3820-3824. [COBISS.SI-ID 96710147]
  36. Peter Zupančič, Panče Panov, "The influence of window size on the prediction power in the case of absenteeism prediction from timesheet data", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 193-198. [COBISS.SI-ID 85103619]
  37. Lidija Jovanovska, Panče Panov, "Semantic representation of machine learning and data mining algorithms", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 205-210. [COBISS.SI-ID 85103107]
  38. Stefan Popov, Katja Kavkler, Sašo Džeroski, "Using machine learning to identify factors contributing to mould in the Celje ceiling painting", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 243-248. [COBISS.SI-ID 83002115]
  39. Stefan Popov, Martin Breskvar, Janja Snoj Tratnik, Darja Mazej, Milena Horvat, Sašo Džeroski, "Relating prenatal Hg exposure and neurological development in children with machine learning", V: *MIPRO 2021, 44th International Convention, September 27th-October 1st 2021, Opatija, Croatia*, Proceedings, MIPRO, 2021, 418-423. [COBISS.SI-ID 83002371]
  40. Syrielle Montariol, Matej Martinc, Lidia Pivovarova, "Scalable and interpretable semantic change detection", V: *NAACL-HLT 2021, The 2021 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, June 6-11 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 4642-4652. [COBISS.SI-ID 65352963]
  41. Senja Pollak, Matej Martinc, Andraž Pelicon, Matej Ulčar, Andreja Vezovnik, "Covid-19 v slovenskih spletnih medijih: analiza s pomočjo računalniške obdelave jezika", V: *Slovensko sociološko srečanje, Ljubljana, 24.-25. september 2021*, Pandemična družba, Slovensko sociološko društvo, 2021, 260-268. [COBISS.SI-ID 78882051]
  42. Matej Petković, Luke Lucas, Tomaž Stepišnik, Panče Panov, Nikola Simidjievski, Dragi Kocev, "Discovering outliers in the Mars Express thermal power consumption patterns", V: *SMC-IT 2021, 8th IEEE International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology, 26-30 July, 2021, Pasadena, CA, USA*, Proceedings, IEEE Computer Society, 2021, 31-37. [COBISS.SI-ID 85092355]
  43. Ana Kostovska et al. (11 avtorjev), "GalaxAI: machine learning toolbox for interpretable analysis of spacecraft telemetry data", V: *SMC-IT 2021, 8th IEEE International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology, 26-30 July, 2021, Pasadena, CA, USA*, Proceedings, IEEE Computer Society, 2021, 44-52. [COBISS.SI-ID 85090563]
  44. Jan Štihec, Senja Pollak, Martin Žnidaršič, "Preliminary experimentation with combinations and extensions of forward-looking sentence detection wordlists", V: *FNP 2021, 3rd Financial Narrative Processing Workshop, 15-16 September 2021, Lancaster, UK*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 26-30. [COBISS.SI-ID 90604291]
  45. Kristina Pahor de Maiti, Darja Fišer, "Working with socially unacceptable discourse online: researchers' perspective on distressing data", V: *CMC-Corpora2021, 8th Conference on CMC and Social Media Corpora for the Humanities, 28-29 October 2021, Nijmegen, the Netherlands*, Proceedings, Radboud University, 2021, 78-82. [COBISS.SI-ID 83281155]
  46. Ilija Tavchioski, Boshko Koloski, Blaž Škrli, Senja Pollak, Team E8@IJS at BioCreative VII LitCovid Track 5, "Multi-label classification of COVID-19-related articles with an autoML approach", V: *BioCreative VII Challenge Evaluation Workshop, November 8-10 2021*, Proceedings, Biocreative, 2021, 295-299. [COBISS.SI-ID 85026819]
  47. George A. Wright, Matthew Purver, "Evaluating natural language descriptions generated in a workspace-Based architecture", V: *ICCC'21, Twelfth International Conference on Computational Creativity, September 14-18 2021, Mexico*, Proceedings, Association for Computational Creativity, 2021, 87-91. [COBISS.SI-ID 95362563]
  48. Senja Pollak, Vid Podpečan, Janez Kranjc, Borut Lesjak, Nada Lavrač, "Scientific question generation: pattern-based and graph-based

- RoboCHAIR methods", V: *ICCC'21, Twelfth International Conference on Computational Creativity, September 14-18 2021, Mexico*, Proceedings, Association for Computational Creativity, 2021, 140-148. [COBISS.SI-ID 76896515]
49. Blaž Škrlj, Nada Lavrač, "Towards explainable relational boosting via propositionalization", V: *SEDAMI 2021, IJCAI 2021 Workshop on Semantic Data Mining, August 20, 2021*, Proceedings, (CEUR workshop proceedings **3032**), CEUR-WS, 2021, 16-27. [COBISS.SI-ID 89809923]
50. Jorge Del-Bosque-Trevino, Julian Hough, Matthew Purver, "Communicative grounding of analogical explanations in dialogue: a corpus study of conversational management acts and statistical sequence models for tutoring through analogy", V: *ReInAct 2021, Conference on Reasoning and Interaction, 4-6 October 2021, Gothenburg*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 23-31. [COBISS.SI-ID 95550979]
51. Yves Scherrer, Nikola Ljubešić, "Sesame street to Mount Sinai: BERT-constrained character-level Moses models for multilingual lexical normalization", V: *W-NUT 2021, Seventh Workshop on Noisy User-generated Text, Nov. 11 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 465-472. [COBISS.SI-ID 94807811]
52. Rob van der Got *et al.* (13 avtorjev), "MultiLexNorm: a shared task on multilingual lexical normalization", V: *W-NUT 2021, Seventh Workshop on Noisy User-generated Text, Nov. 11 2021*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 493-509. [COBISS.SI-ID 94810883]
53. Shamila Nasreen, Julian Hough, Matthew Purver, "Rare-class dialogue act tagging for Alzheimer's disease diagnosis", V: *SIGDIAL 2021, 22nd Annual Meeting of the Special Interest Group on Discourse and Dialogue, 29-31 July 2021, Singapore*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 290-300. [COBISS.SI-ID 72780803]
54. Mladen Karan, Prashant Khare, Patrick Haeley, Matthew Purver, "Mitigating topic bias when detecting decisions in dialogue", V: *SIGDIAL 2021, 22nd Annual Meeting of the Special Interest Group on Discourse and Dialogue, 29-31 July 2021, Singapore*, Proceedings, Association for Computational Linguistics, 2021, 542-547. [COBISS.SI-ID 72779779]
55. Viktor Andonovic, Pavle Boškosi, Biljana Mileva Boshkoska, "Estimating client's job-search process duration", V: *IS 2021, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2021, 7-10. [COBISS.SI-ID 86239235]
56. Andraž Pelicon, Blaž Škrlj, Petra Kralj Novak, "Automated hate speech target identification", V: *IS 2021, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2021, 31-34. [COBISS.SI-ID 86319875]
57. Alenka Trpin, Bernard Ženko, "Iris recognition based on SIFT and SURF feature detection", V: *IS 2021, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2021, 47-50. [COBISS.SI-ID 86322691]
58. Marko Pranjčič, Marko Robnik Šikonja, Senja Pollak, "An evaluation of BERT and Doc2Vec model on the IPTC subject codes prediction dataset", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 25-28. [COBISS.SI-ID 86363139]
59. Mojca Brglez, Senja Pollak, Špela Vintar, "Simple discovery of COVID IS WAR metaphors using word embeddings", V: *IS 2021, Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča - SiKDD, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2021, 37-40. [COBISS.SI-ID 86369283]
60. Matej Petkovič, Tomaž Stepišnik, Luke Lucas, Sašo Džeroski, Panče Panov, Nikola Simidjievski, Dragi Kocev, "Data frugal machine learning for simplifying spacecraft mission planning", V: *SPACEOPS 2021, 16th International Conference on Space Operations, 3-5 May 2021*, Proceedings, South African National Space Agency, 2021, 841. [COBISS.SI-ID 63839747]
61. Luke Lucas, James Godfrey, Matej Petkovič, Nikola Simidjievski, Dragi Kocev, Tomaž Stepišnik, "New thermal power prediction methods for mars express after 14 years, under radically new operational conditions: machine learning to the rescue", V: *SPACEOPS 2021, 16th International Conference on Space Operations, 3-5 May 2021*, Proceedings, South African National Space Agency, 2021, 859. [COBISS.SI-ID 84166403]
62. Tran Thi Hong Hanh, Antoine Doucet, Nicolas Sidere, Jose G. Moreno, Senja Pollak, "Named entity recognition architecture combining contextual and global features", V: *ICADL 2021, 23rd International Conference on Asia-Pacific Digital Libraries, December 1-3, 2021*, Towards open and trustworthy digital societies, (Lecture notes in computer science **13133**), Springer, 2021, 264-276. [COBISS.SI-ID 87635715]
63. Timen Stepišnik Perdih, Senja Pollak, Blaž Škrlj, "JSI at the FinSim-2 task: ontology-augmented financial concept classification", V: *WWW 2021, The Web Conference, 30th edition, Ljubljana, Slovenia, April 19-23 2021*, Companion Proceedings, ACM, 2021, 298-301. [COBISS.SI-ID 66960131]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Marko Bohanec, "From data and models to decision support systems: lessons and advice for the future", V: *EURO Working Group on DSS: a tour of the DSS developments over the last 30 years*, (Integrated series in information systems), Springer, 2021, 191-211. [COBISS.SI-ID 75506435]
2. Iztok Kosem, Nataša Logar, Kaja Dobrovoljc, Nikola Ljubešić, "Razvrščanje in relevantnost kolokatorjev v slovenščini: novi pristopi", V: *Kolokacije v slovenščini*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 79-124. [COBISS.SI-ID 80423939]
3. Tadej Škvorc, Polona Gantar, Marko Robnik Šikonja, "Strojno prepoznavanje idiomov z globokimi nevronskimi mrežami", V: *Nova slovnica sodobne standardne slovenščine: viri in metode*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2021, 231-258. [COBISS.SI-ID 89520131]
4. Ljupčo Todorovski, Mirko Vintar, "E-uprava in digitalna preobrazba javne uprave", V: *Znanost o javni upravi*, (Zbirka znanstvenih monografij Upravna misel), Fakulteta za upravo, 2021, 477-500. [COBISS.SI-ID 75305731]
5. Ljupčo Todorovski, Mirko Vintar, "E-government and digital transformation of public administration", V: *The science of public administration*, (Academic book collection Upravna misel), Faculty of Public Administration, 2021, 507-532. [COBISS.SI-ID 83584003]
6. Tanja Samardžič, Nikola Ljubešić, "Data collection and representation for similar language, varieties and dialects", V: *Similar languages, varieties, and dialects: a computational perspective*, (Studies in natural language processing), Cambridge University Press, 2021, 121-137. [COBISS.SI-ID 95933443]
7. Zoran Fijavž, Darja Fišer, "Citatnost in reprezentacija v spletnem migracijskem diskurzu", V: *Sociolingvistično iskanje*, Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, 2021, 279-295. [COBISS.SI-ID 56906243]

## ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Nada Lavrač, Vid Podpečan, Marko Robnik Šikonja, *Representation learning: propositionalization and embeddings*, Springer, 2021. [COBISS.SI-ID 71441923]

## STROKOVNA MONOGRAFIJA

1. Katja Meden, Mojca Šorn, *Avtorske pravice na primeru portala Zgodovina Slovenije - Sistory*, Inštitut za novejšo zgodovino, 2021. [COBISS.SI-ID 75676419]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Zoran Levnjacič, *Simulations and analysis of complex networks: 2019/20*, School of Advanced Social Studies, 2021. [COBISS.SI-ID 84590339]
2. Ana Zwitter Vitez, *Teorija diskurza in sociolingvistika: študijsko gradivo*, Filozofska fakulteta, 2021. [COBISS.SI-ID 91045635]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Tomaž Berčič, *Vrednotenje prostorskih rešitev z večparametrskimi modeli*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Lucija Ažman Momirski; somentor Marko Bohanec). [COBISS.SI-ID 58917123]
2. Jaka Čibej, *Korpusna analiza in prepoznavanje regionalnih jezikovnih različic v spletni slovenščini*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Darja Fišer; somentor Vojko Gorjanc). [COBISS.SI-ID 83761667]
3. Valerij Grašič, *Napovedovanje števila dohodnih klicev sistema javne varnosti za klic v sili 112 ob uporabi odprtih podatkov interneta stvari*: doktorska disertacija, Novo Mesto, 2021 (mentor Biljana Mileva Boshkoska). [COBISS.SI-ID 67602435]

**Odsek za inteligentne sisteme se ukvarja z razvojem novih metod in tehnik inteligentnih računalniških sistemov ter z njihovo uporabo na področjih informacijske družbe, računalništva in informatike ter omrežnih komunikacijskih sistemov. Najpomembnejša področja raziskav in razvoja so ambientalna inteligenca, agentni in večagentni sistemi, računska inteligenca, govorne in jezikovne tehnologije, elektronsko in mobilno zdravje ter pametna mesta. Odsek tesno sodeluje s Fakulteto za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani na skupnem raziskovalnem programu Umetna inteligenca in inteligentni sistemi. Odsek je močno vpet tudi v sodelovanje z industrijo, kjer pomembno prispeva k vključevanju inteligentnih sistemov v proizvode in storitve.**



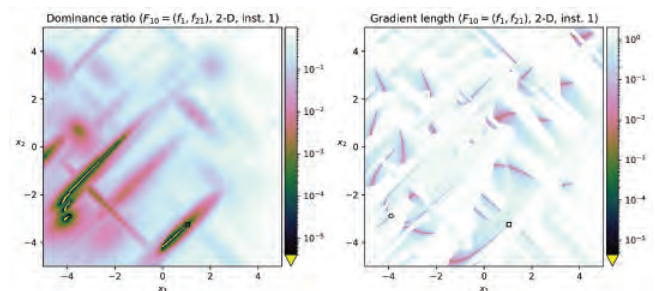
Vodja:

**prof. dr. Matjaž Gams**

Inteligentni sistemi s svojimi zmožnostmi zaznavanja, učenja, sklepanja, ukrepanja in interakcije z uporabniki posnemajo naravno inteligenco. Za to uporabljajo zapletene mehanizme, implementirane v obliki računalniških programov na čedalje zmogljivejši strojni opremi. Področje je nekoliko širše kot umetna inteligenca, obe izredno hitro napredujeta tako po svetu kot doma in omogočata razvoj informacijske družbe.

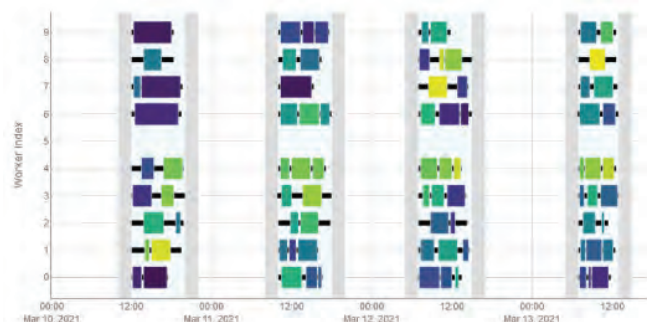
**Ambientalna inteligenca** je raziskovalno področje, ki vnaša tehnologijo v človekovo okolje na prijazen in za uporabnika nezahteven način. Glavna tema, kjer odsek uporablja metode ambientalne inteligence, je zdravje. Zaključili smo projekt Obzorja 2020 WellCo, v katerem je nastal računalniški svetovalec o zdravju in dobrem počutju za starejše uporabnike. Zanj smo razvili metode za spremljanje prehranjevanja s senzorji in vprašalniki, prepoznavanje čustev uporabnikov iz govora ter ugotavljanje trendov in anomalij pri obnašanju, povezanem z zdravjem. Zaključili smo tudi projekt Obzorja 2020 Insension, katerega cilj je ljudem s hudimi motnjami v duševnem razvoju pomagati uporabljati digitalne storitve. Razvili smo metode za interpretacijo njihovega duševnega stanja na podlagi posnetkov kamere in drugih senzorjev. V novozačetem projektu Obzorja 2020 WideHealth se ukvarjamo z izobraževanjem in mreženjem na področju vseprisotnega zdravstva in sorodnih tematik. V flamsko-slovenskem projektu STRAW, katerega cilja sta prepoznavanje stresa iz senzorskih podatkov in analiza dejavnikov stresa na delovnem mestu, smo zaključili zbiranje podatkov s senzorsko zapestnico in mobilno aplikacijo ter se lotili njihove analize. V projektu programa AAL CoachMyLife starostnikom, ki jim peša spomin, pomagamo pri vsakdanjih opravilih. V ta namen smo razvili metode za pomoč pri kuhinjskih aktivnostih, ki uporabljajo računalniški vid in senzorsko zapestnico. V projektu Obzorja 2020 COVIRNA smo začeli razvijati diagnostični test za srčne bolnike s covidom-19. V povezavi s covidom-19 smo tudi dosegli drugo mesto na tekmovanju XPrize Pandemic Response Challenge in dobili 250.000 ameriških dolarjev. Cilj tekmovanja je bil razviti metode, ki napovedujejo okužbe in priporočajo protiukrepe z optimalnimi razmerji med učinkovitostjo in družbenoekonomskimi stroški. Ukvarjamo se z **doktorskimi raziskavami** o brezstičnem zaznavanju fizioloških signalov in stanj, izbiranju vprašanj v prehranskih vprašalnikih na način, ki zagotovi čim več informacij s čim manj vprašanji, ter modeliranju stresa.

Na področju **agentov in večagentnih sistemov** so glavna raziskovalna področja usmerjena v razvoj inteligentnih avtonomnih sistemov za upravljanje pametnih mest ter inteligentnih sistemov za podporo v zdravstvu. Pri tem gre za razvoj novih algoritmov, metod in pristopov z vpeljavo umetne inteligence v računalniške sisteme. V projektu Interreg Italija-Slovenija **Insieme** razvijamo platformo za elektronsko in mobilno zdravstvo (EMZ), ki slovenskim in italijanskim uporabnikom ponuja vrsto storitev prek spleta, vključno z možnostjo spletnega pogovora s

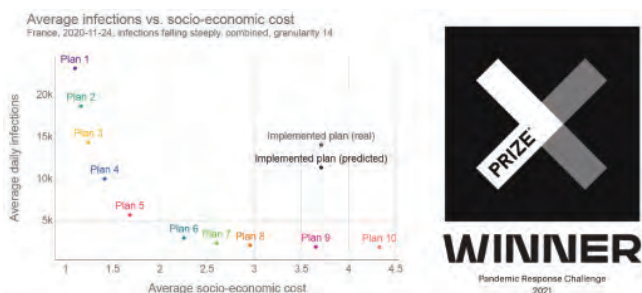


Slika 1: Opisali in analizirali smo zbirko dvokriterijskih optimizacijskih testnih problemov. Slika prikazuje dve lastnosti pokrajine za njeno funkcijo  $F_{10}$ , kombinacijo sferične funkcije in Gallagherjeve funkcije s 101 vrhom.

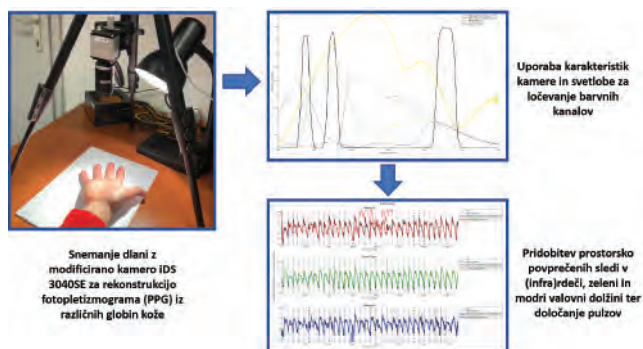
**Dosegli smo drugo mesto na tekmovanju XPrize Pandemic Response Challenge z nagradnim skladom 500.000 ameriških dolarjev, katerega cilj je bil razviti metode, ki napovedujejo okužbe s covidom-19 in priporočajo protiukrepe z optimalnimi razmerji med učinkovitostjo in družbenoekonomskimi stroški.**



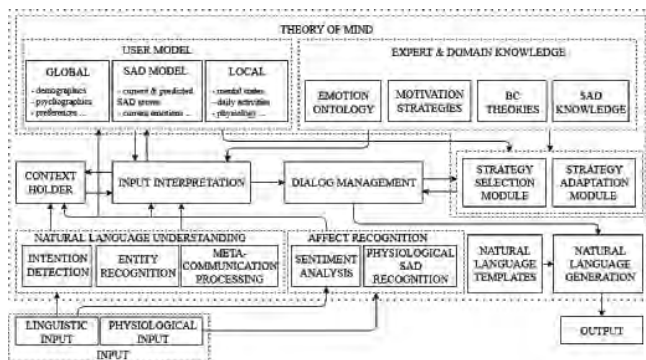
Slika 2: Podjetju Comland pomagamo pri razvoju programske opreme za razporejanje terenskega dela, ki mora upoštevati številne raznolike kriterije in omejitve.



Slika 3: Napovedovanje družbenoekonomskih stroškov in učinkovitosti načrta ukrepov proti bolezni covid-19. Poleg vrednotenja implementiranega načrta priporočamo tudi številne druge načrte, ki so pri istih stroških učinkovitejši. Za to delo smo prejeli nagrado na tekmovanju \$500K Pandemic Response Challenge.



Slika 4: Brezstična rekonstrukcija fotopletizmogramov iz različnih plasti kože na različnih globinah z uporabo modificirane RGB kamere in različnih valovnih dolžin svetlobe



Slika 5: Kognitivna arhitektura asistenta za spremembo vedenja v duševnem zdravju

**Zaključili smo bilateralni slovensko-nemški projekt Večkriterijska optimizacija za sisteme umetne inteligence v industriji, v okviru katerega smo proučevali uporabnost metodologije večkriterijskega optimiranja v načrtovanju ciklonskih separatorjev prahu in sistemov za vodenje skupin dvigal.**

obvladovanju kombinatorične kompleksnosti problema in razvijamo modul za meta optimizacijo parametrov optimizacijskega algoritma.

Na področju **govornih in jezikovnih tehnologij** se ukvarjamo s sintezo slovenskega govora, pomensko analizo besedila in odgovarjanjem na vprašanja. V sodelovanju s podjetjema Alpineon in Amebis smo razvili kakovosten sintetizator slovenskega govora **eBralec** (<http://ebralec.si/>). Programski paket ima več tisoč naročnikov in je nepogrešljiv pripomoček slepih in slabovidnih (uradni sintetizator govora Zveze društev slepih in slabovidnih

specialisti na področju EMZ. Razvijali smo tudi več novih in inovativnih rešitev za podporo starejšim in kroničnim bolnikom na domu, kjer smo med drugim že razvili pametno uro za starejše, zdaj pa jo prenašamo na mobilne telefone. Poleg izboljšav sistema za avtonomno reakcijo po padcu smo uvedli tudi sistem za napovedovanje padcev, ki s pomočjo zapetnice ugotavlja stabilnost hoje in v primeru poslabšanja opozori na nevarnost padca. Za projekt pametnih mest H2020 URBANITE razvijamo sistem, ki simulira promet ter validira in ugotavlja najboljše mobilnostne politike in ukrepe. V projekt so vključena štiri evropska mesta: Amsterdam, Helsinki, Bilbao in Messina. V okviru evropskega projekta ERA PerMed BATMAN, kjer je tema raziskava bolezni Acne Inversa, smo razvili in namestili sistem, ki omogoča zbiranje, prikaz in obdelavo podatkov. Sistem uporabljajo zdravniki iz evropskih partnerjev in njihovi bolniki. Namen je ustvariti dovolj veliko zbirko podatkov za obdelavo z metodami umetne inteligence. V okviru projekta H2020 PlatformUptake.eu smo razvili metodo za razvrščanje odprtih platform na področju aktivnega in zdravega staranja. Uspešno smo zaključili projekt ROBKNCEL, v katerem smo partnerjema Gorenju in Uniorju izročili inteligentni sistem za celovito kontrolo kakovosti v proizvodnji z rekonfigurabilno robotsko kontrolno celico ter inteligentnim modulom za nadzor procesov.

**Računska inteligenca** proučuje stohastične metode preiskovanja, optimiziranja in učenja, ki se zgledujejo po bioloških in fizikalnih sistemih. Poudarek raziskav na tem področju na Odseku za inteligentne sisteme je na evolucijskem računanju in optimizaciji. Proučujemo evolucijske algoritme za večkriterijsko optimizacijo, njihove pohitritve z vzporednim računanjem in nadomestnimi modeli, obravnavanje omejitev v večkriterijski optimizaciji, vizualizacijo rezultatov optimizacije, metodologijo primerjave algoritmov in njihovo uporabnost v znanosti in tehniki. V letu 2021 smo začeli raziskovati na področju **karakterizacije večkriterijskih problemov z omejitvami**. V ta namen smo najprej razširili metode analize problemskih pokrajin na večkriterijsko optimizacijo. Nato smo z razvitimi metodami proučevali lastnosti naborov testnih problemov in ovrednotili njihovo kakovost za namen primerjave optimizacijskih algoritmov. Nadaljevali smo tudi proučevanje primerjave optimizacijskih algoritmov z raziskovanjem lastnosti testnih dvokriterijskih optimizacijskih problemov, vključenih v odprtokodno platformo COCO (Comparing Continuous Optimizers). Rezultati te analize vključujejo različne vizualizacije problemske pokrajine in so predstavljeni na posebni spletni strani (<https://numbbo.github.io/bbobj/>). V okviru slovensko-nemškega projekta **Večkriterijska optimizacija za sisteme umetne inteligence v industriji**, ki smo ga izvajali skupaj z Univerzo za uporabne znanosti v Kölnu (TH Köln) in zaključili v letu 2021, smo proučevali uporabnost metodologije večkriterijskega optimiranja v proizvodnji in transportu. Posebej smo se ukvarjali z optimizacijo ciklonskih separatorjev prahu in sistemov za vodenje skupin dvigal. Rezultat projekta so skupne objave in organizacija dogodkov na najpomembnejših mednarodnih konferencah o evolucijskem računanju. Začeli pa smo izvajati tudi projekt **Inteligentno in okolju prijazno razporejanje terenskega dela (MF-Scheduler)** za podjetje Comland, ki vključuje reševanje zahtevnega problema usmerjanja in razporejanja. Podjetju smo pomagali opredeliti problem v obliki mešanega celoštevilkega linearnega programa. Poleg tega mu ponujamo strokovno znanje pri

Slovenije) ter oseb z motnjami branja (društvo Bravo). Zanje je brezplačen in ga lahko naročijo v Knjižnici slepih in slabovidnih (<http://www.kss-ess.si/ebralec-sintetizator-govora-slovenskega-jezika/>). eBralec je med drugim vgrajen v aplikacijo DarsPromet+ za potrebe varnega podajanja prometnih informacij, strežniško različico sistema eBralec od leta 2017 uporablja tudi Narodna in univerzitetna knjižnica (NUK), na prenovljeni Delovi spletni strani pa prebira aktualne novice. Uspešno smo zaključili delo na projektu **AudiBook: Education accessibility through a digital audio library for the blind and visually-impaired**.

Od 4. do 8. oktobra 2021 je na Institutu "Jožef Stefan" potekala 24. mednarodna multikonferenca Informacijska družba – IS 2021 (is.ijs.si). Sestavljalo jo je 11 samostojnih konferenc, na katerih so udeleženci predstavili 150 referatov. Na multikonferenci so bila podeljena štiri priznanja: Nagrado Michie-Turing za izjemen življenjski prispevek k razvoju in promociji informacijske družbe je prejel prof. dr. Jernej Kozak. Priznanje za dosežek leta je pripadlo ekipi Odseka za inteligentne sisteme Instituta "Jožef Stefan" za osvojen drugo mesto na tekmovanju XPrize Pandemic Response Challenge za iskanje najboljših ukrepov proti pandemiji covid-19. Informacijsko limono za najmanj primerno informacijsko potezo je prejela trditvev, da je aplikacija za sledenje stikom problematična za zasebnost, informacijsko jagodo kot najboljšo potezo pa je prejel Sledilnik covid-19, tj. sistem za zbiranje podatkov o covidu-19.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Badimon, L., Luštrek, M., *et al.*, On behalf of EU-CardioRNA COST Action CA17129, Cardiovascular RNA markers and artificial intelligence may improve COVID-19 outcome: A position paper from the EU-CardioRNA COST Action CA17129, *Cardiovascular Research*, 2021, 117, 8, 1823–1840
2. Bohanec, M., Vodopija, A., Luštrek, M., *et al.*, HeartMan DSS: A decision support system for self-management of congestive heart failure, *Expert Systems with Applications*, 2021, 186, 115688-1–115688-13
3. Hansen, N., Auger, A., Ros, R., Mersmann, O., Tušar, T., Brockhoff, D., COCO: A platform for comparing continuous optimizers in a black-box setting, *Optimization Methods & Software*, 2021, 36, 1, 114–144
4. Koblar, V., Filipič, B, Evolutionary design of a system for online surface roughness measurements, *Mathematics*, 2021, 9, 16, 1904
5. Piltaver, R., Luštrek, M., Džeroski, S., Gjoreski, M., Gams, M., Learning comprehensible and accurate hybrid trees, *Expert Systems with Applications*, 2021, 164, 113980-1–113980-11

### Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. 38. slovenska delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, AVN, Maribor, 28. 5. 2021 (virtualno)
2. Sekcija Evolutionary Computation in Practice (ECiP) na konferenci Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2021, Lille, Francija, 12. 7. 2021 (virtualno)
3. 39. slovenska delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, AVN, Ljubljana, 1. 10. 2021 (virtualno)
4. 24. Mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS 2021, Ljubljana, 4.–8. 10. 2021, samostojne konference:
  - Slovenska konferenca o umetni inteligenci
  - Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča
  - Kognitivna znanost
  - Ljudje in okolje
  - 50-letnica poučevanja računalništva v slovenskih srednjih šolah
  - Delavnica projekta Batman
  - Delavnica projekta Insieme Interreg
  - Delavnica projekta Urbanite



Slika 6: Na 24. mednarodni multikonferenci Informacijska družba, IS 2021, je nagrado Michie-Turing za izjemen življenjski prispevek prejel prof. dr. Jernej Kozak.



Slika 7: Priznanje za dosežek leta na multikonferenci IS 2021 je pripadlo ekipi Odseka za inteligentne sisteme za usvojeno drugo mesto na tekmovanju XPrize Pandemic Response Challenge za iskanje najboljših ukrepov proti pandemiji covid-19.

- Študentska konferenca o računalniškem raziskovanju 2021
- Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij
- Vzgoja in izobraževanje v informacijski družbi

## Patent

1. Jaka Sodnik, Boštjan Kaluža, Mojca Komavec, Kristina Stojmenova, Postopek vrednotenja voznika in naprava za izvedbo postopka, SI25874 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 29. 1. 2021

## Nagrade in priznanja

1. Ekipa JSI vs COVID (Matej Cigale, Carlo De Masi, Erik Dovgan, Matjaž Gams, Anton Gradišek, Vito Janko, Mitja Luštrek, Matej Marinko, Nina Reščič, David Susič, Tea Tušar, Aljoša Vodopija): drugo mesto na XPrize Pandemic Response Challenge; virtualno; XPrize Foundation; metode za napovedovanje okužb s covidom-19 in priporočanje protiukrepov
2. Nina Reščič, Vito Janko, David Susič, Carlo De Masi, Aljoša Vodopija, Matej Marinko, Tea Tušar, Erik Dovgan, Matej Cigale, Anton Gradišek, Matjaž Gams, Mitja Luštrek: nagrada za najboljši prispevek na konferenci ETAI 2021; virtualno/Skopje, Severna Makedonija; prispevek Finding efficient intervention plans against COVID-19
3. Sodelavci Odseka za inteligentne sisteme, Institut "Jožef Stefan": nagrada za tekoče dosežke na področju informacijske družbe; Ljubljana, Slovenija; programski in organizacijski odbor multikonference Informacijska družba 2021; drugo mesto na XPrize Pandemic Response Challenge
4. Carlo De Masi, Simon Stankoski, Vincent Cergolj, Mitja Luštrek: nagrada za najboljši prispevek na Slovenski konferenci o umetni inteligenci 2021; Ljubljana, Slovenija; programski odbor Slovenske konference o umetni inteligenci 2021; prispevek Intent recognition and drinking detection for assisting kitchen-based activities
5. Matjaž Gams, Urša Klun, Primož Kocuvan, Tine Kolenik: nagrada za najboljši referat delavnice projekta Insieme, Ljubljana, programski in organizacijski odbor delavnice projekta Insieme, mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS2021, Intelligent cognitive assistant technology for (mental) health in the ISE-EMH project
6. Matjaž Gams, David Susič, Janez Tomšič: nagrada za najboljši referat delavnice projekta Insieme, Ljubljana, programski in organizacijski odbor delavnice projekta Insieme, mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS2021, Effectiveness of non-pharmaceutical interventions in handling the COVID-19 pandemic: Review of related studies
7. Anton Gradišek, nagrada za najboljša predavanja na konferenci EcoBalt, Riga, Latvija, 21.–23. 10. 2021

## MEDNARODNI PROJEKTI

- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ERASMUS+; Audio Library for Visually Impaired; Dostopnost do izobraževanja s pomočjo digitalne zvočne knjižnice za slepe in slabovidne<br/>European Commission<br/>dr. Tomaž Šef</li> <li>2. ERASMUS+; VALENCE - Napredno strojno učenje v poklicnem izobraževanju<br/>European Commission<br/>prof. dr. Matjaž Gams</li> <li>3. COST CA17129: CardioRNA - Spodbujanje raziskav transkriptomike v povezavi s srčno-žilnimi boleznimi<br/>COST Association AISBL<br/>dr. Mitja Luštrek</li> <li>4. H2020 - INSESSION; Personalizirana inteligentna platforma, ki posameznikom z najtežjimi in mnogoterimi učnimi težavami omogoča interakcijo z digitalnimi storitvami<br/>European Commission<br/>dr. Mitja Luštrek</li> <li>5. H2020 - WellCo; Navidezni svetovalec za dobro počutje in zdravje<br/>European Commission<br/>dr. Mitja Luštrek</li> <li>6. H2020 - PlatformUptake.eu; Analiza in podpora odprtih platform in storitev za aktivno in zdravo staranje<br/>European Commission<br/>prof. dr. Matjaž Gams</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>7. H2020 - URBANITE; Odločitvena podpora v urbani transformaciji z uporabo prelomnih tehnologij<br/>European Commission<br/>prof. dr. Matjaž Gams</li> <li>8. H2020 - COVIRNA; Diagnostični test za boljšo oskrbo bolnikov s COVID-19<br/>European Commission<br/>dr. Mitja Luštrek</li> <li>9. H2020 - WideHealth; Zdravstvo je vseprisotno in e-zdravstvo - WideHealth<br/>European Commission<br/>dr. Mitja Luštrek</li> <li>10. Razvoj metod umetne inteligence za ugotavljanje afektnega stanja z neobtruzivnimi senzorji<br/>Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS<br/>prof. dr. Matjaž Gams</li> <li>11. Večkriterijska optimizacija za sisteme umetne inteligence v industriji<br/>Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS<br/>prof. dr. Bogdan Filipič</li> </ol> |
|--|---|

## PROGRAM

1. Umetna inteligenca in inteligentni sistemi  
dr. Mitja Luštrek

## PROJEKTI

1. Personalizirano zdravljenje s presaditvijo matičnih celic pri bolnikih s srčnim popuščanjem  
doc. dr. Anton Gradišek
2. Ugotavljanje virov in kontesta dnevnega stresa na delovnem mestu: celostno modeliranje na podlagi stalnega zaznavanja z nosljivimi napravami in drugo tehnologijo  
dr. Mitja Luštrek
3. ISE-EMH: Italijansko-slovenski ekosistem za elektronsko in mobilno zdravstvo  
prof. dr. Matjaž Gams
4. SI4CARE - Socialne inovacije za celostno zdravstveno oskrbo starajočega se prebivalstva v regijah ADRION-SI4CARE  
dr. Mitja Luštrek
5. CoachMyLife; OrganizirajMojeŽivljenje  
dr. Mitja Luštrek
6. BATMAN: Biomolekularne analize za personalizirano zdravljenje acne inversa  
prof. dr. Matjaž Gams

7. 24. mednarodna multikonferenca Informacijska družba 2021, IS 2021, Ljubljana, Slovenija, 4. 10. 2021–8. 10. 2021  
prof. dr. Matjaž Gams
8. XPRIZE: IJS proti COVID-u  
dr. Mitja Luštrek

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Večkriterijsko modeliranje odločitev za transparentno načrtovanje predorov ELEA iC, d. o. o.  
doc. dr. Tea Tušar
2. Večkriterijska optimizacija za transparentno načrtovanje predorov XLAB, d. o. o.  
doc. dr. Tea Tušar
3. Razvoj rekonfigurabilne robotske celice za končno kontrolo izdelka Gorenje gospodinjski aparati, d. d.  
prof. dr. Matjaž Gams
4. Inteligentno in okolju prijazno razporejanje terenskega dela - MF-Scheduler COMLAND, d. o. o.  
prof. dr. Bogdan Filipič

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Andrejaana Andova, Evolutionary multitasking, Seminar I na MPŠ, 19. 5. 2021
2. Mitja Luštrek: Optimizing interventions against COVID-19, 14. 4. 2021
3. Ajda Pretnar, UL FRI: Vodič o programu za strojno učenje Orange, 5. 10. 2021
4. David Susič, Daily COVID-19 deaths prediction for Slovenia, seminar pri predmetu Knowledge discovery and data mining na MPŠ, 19. 1. 2021
5. David Susič, Detection of chronic heart failure from heart sounds using machine learning, seminar I na MPŠ, 5. 5. 2021
6. Tea Tušar, How Data Visualization Works: Advancing Machine Learning in Vocational Education, 8. 10. 2021

10. Anton Gradišek, WeBIOPATR 2021, 8<sup>th</sup> International WEBIOPATR Workshop & Conference: particulate matter: research and management, Beograd, Srbija, 29. 11.–1. 12. 2021 (1) (virtualno)
11. Bogdan Filipič, 12. industrijski forum inovacij, razvoja in tehnologij, IRT 2021, Ljubljana, 21.–22. 6. 2021 (virtualno)
12. Bogdan Filipič, Aljoša Vodopija, konferenca Space and Artificial Intelligence, 13. 9. 2021 (1) (virtualno)
13. Bogdan Filipič, Seminar Prescriptive Analytics in Production, IT Expert Series 2020/2021, Softwarepark Hagenberg, Austria, 24. 2. 2021 (1) (virtualno)
14. Bogdan Filipič, European Innovation Council (EIC) Applicant's Day 2021, 19. 3. 2021 (virtualno)
15. Erik Dovgan, Matjaž Gams, Primož Kocuvan, Tine Kolenik, Mitja Luštrek, Nina Rešič, 15. mednarodna konferenca ETAI 2021, 23.–24. 9. 2021, Skopje, Makedonija (virtualno) (4)
16. Erik Dovgan, Junoš Lukan, Mitja Luštrek, Nina Rešič, ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, UbiComp 2021, 21.–26. 9. 2021 (2) (virtualno)
17. Gašper Slapničar, Computer Vision and Pattern Recognition konferenca, CVPR 2021, 19.–25. 6. 2021 (virtualno)
18. Gašper Slapničar, delavnica Wire-Free, Multi-Modal Non-Contact Physiological Sensing and Monitoring, 7.–20. 4. 2021 (virtualno)
19. Junoš Lukan, Mitja Luštrek, sedmi sestanek skupnega projekta FWO-ARRS, STRAW, 5. 7.–6. 7. 2021 (virtualno)
20. Mitja Luštrek, 17<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Environments, 21.–24. 6. 2021 (virtualno)
21. Mitja Luštrek, sestanek projekta COVIRNA, Barcelona, Španija, 11.–12. 10. 2021
22. Mitja Luštrek, sestanek projekta SI4Care, Split, Hrvaška, 15.–16. 7. 2021
23. Tine Kolenik, 28. konferenca Dnevi slovenske informatike, Portorož, 19.–20. 10. 2021 (1)
24. Tine Kolenik, AI for Social Good Workshop, IJCAI 2020, Cambridge, Massachusetts, ZDA, 5.–8. 1. 2021 (1) (virtualno)
25. Tine Kolenik, Human Change Processes, Seon-Seebruck, Nemčija, 31. 5.–2. 6. 2021 (virtualno)
26. Tine Kolenik, Human-Computer Interaction Slovenia 2021 (HCI-SI 2021), Koper, 8. 11. 2021 (1)
27. Tine Kolenik, MEI: CogSci Conference 2021, Dunaj, Avstrija, 17.–19. 6. 2021 (1) (virtualno)

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Andrejaana Andova, Bogdan Filipič, Aljoša Vodopija, Tea Tušar, 38. slovenska delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, AVN, Maribor, 28. 5. 2021 (virtualno)
2. Andrejaana Andova, Bogdan Filipič, Aljoša Vodopija, Tea Tušar, 39. slovenska delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, AVN, Ljubljana, 1. 10. 2021 (virtualno)
3. Andrejaana Andova, Erik Dovgan, Carlo M. De Masi, Bogdan Filipič, Matjaž Gams, Anton Gradišek, Žiga Kolar, Junoš Lukan, Anže Marinko, Maj Smerkol, Gašper Slapničar, David Susič, Jakob Valič, Aljoša Vodopija, Zdenko Vuk, 24. mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS 2021, Ljubljana, 4.–8. 10. 2021 (24)
4. Anton Gradišek, 22<sup>nd</sup> International Scientific Conference EcoBalt, Riga, Latvija, 21.–23. 10. 2021 (2) (virtualno)
5. Andrejaana Andova, Bogdan Filipič, Tea Tušar, 11. mednarodna konferenca Evolutionary Multi-Criterion Optimization, EMO 2021, 28.–31. 3. 2021, Shenzhen, Kitajska (virtualno)
6. Andrejaana Andova, Bogdan Filipič, Aljoša Vodopija, IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2021, Krakov, Poljska, 28. 6.–1. 7. 2021 (2) (virtualno)
7. Andrejaana Andova, Bogdan Filipič, Tea Tušar, Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2021, Lille, Francija, 10.–14. 7. 2021 (1) (virtualno)
8. Anton Gradišek, 22<sup>nd</sup> International Scientific Conference EcoBalt, Riga, Latvija, 21.–23. 10. 2021 (2) (virtualno)
9. Anton Gradišek, EUROMAR: European Conference on Magnetic Resonance, Ljubljana, 5.–8. 7. 2021 (1) (virtualno)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Nina Rešič, raziskovalni obisk na inštitutu FBK (Fondazione Bruno Kessler), Trento, Italija, 29. 8.–18. 9. 2021

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. dr. Erik Dovgan
2. prof. dr. Bogdan Filipič, pomočnik vodje odseka
3. **prof. dr. Matjaž Gams, znanstveni svetnik - vodja odseka**
4. doc. dr. Anton Gradišek
5. dr. Mitja Luštrek
6. dr. Miha Mlakar
7. dr. Tomaž Šef
8. doc. dr. Tea Tušar

### Podoktorski sodelavci

9. dr. Carlo Maria De Masi
10. dr. Vito Janko

11. dr. Boštjan Kaluža\*, odšel 15. 9. 2021

12. dr. Rok Piltaver\*, odšel 1. 11. 2021

13. dr. Aleš Tavčar\*

### Mlajši raziskovalci

14. Andrejaana Andova, mag. inf. in kom. tehnologij
15. dr. Martin Gjoreski, začasna prekinitev 1. 12. 2020
16. Tine Kolenik, mag. kog. zn.
17. Tomaž Kompara\*, univ. dipl. inž. el., odšel 15. 2. 2021
18. dr. Jana Krivec\*
19. Gašper Slapničar, mag. inž. rač. in inf.
20. David Susič, mag. fiz.
21. Aljoša Vodopija, mag. mat.

### Strokovni sodelavci

22. Primož Kocuvan, mag. inž. el.
23. Žiga Kolar, dipl. inž. rač. in inf. (UN)



24. Anže Marinko, mag. inž. rač. mat.
25. Maj Smerkol, dipl. inž. rač. in inf. (UN)
26. Jakob Valič, mag. teol.
27. Zdenko Vuk, dipl. inž. rač. in inf. (VS)

#### **Tehniški in administrativni sodelavci**

28. Jani Bizjak\*, mag. inž. rač. mat.
29. *Matej Čigale, univ. dipl. inž. rač. in inf., odšel 1. 3. 2021*
30. Vesna Koricki, dipl. org. tur.
31. Mitja Lasič
32. Liljana Lasič
33. Junoš Lukan, MSc, Združeno kraljestvo VB in Severne Irske
34. Blaž Mahnič, dipl. inž. rač. in inf.
35. Nina Reščič, univ. dipl. mat.
36. Lana Zemljak

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Akademia Wychowania Fizycznego AWF, University Poland, Wroclaw, Poljska
2. Amebis, d. o. o., Kamnik
3. Application Solutions (Electronics and Vision), East Sussex, Velika Britanija
4. ATOS Spain SA., Madrid, Španija
5. Audibook, d. o. o., Ljubljana
6. BioAssist, Rio, Grčija
7. Bittium Biosignals, Kuopio, Finska
8. Byte Computer SA, Atene, Grčija
9. Canary Tech, Prehova, Romunija
10. Care Across, London, Velika Britanija
11. Carol Davila University of Medicine and Pharmacy from Bucharest, Bukarešta, Romunija
12. Cologne University of Applied Sciences (TH Köln), Gummersbach, Nemčija
13. Comland, d. o. o., Ljubljana
14. ConnectedCare, Dieren, Nizozemska
15. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Messina, Italija
16. Deutsches Forschungszentrum für Kuenstliche Intelligenz GmbH, DFKI, Bremen, Nemčija
17. Doktor24, d. o. o., Ljubljana
18. Dublin City University, Dublin, Irska
19. ELEA iC, projektiranje in svetovanje, d. o. o., Ljubljana
20. Elgoline, d. o. o., Podskrajnik
21. Engineering Ingeneria Informatica Spa, Rim, Italija
22. Euro Plus, d. o. o., Šenčur
23. European Federation for Medical Informatics, Le Mont-sur-Lausanne, Švica
24. European Heart Network, Bruselj, Belgija
25. Eurotronik, d. o. o., Kranj
26. Evropska komisija, Bruselj, Belgija
27. Fondazione Bruno Kessler, Trento, Italija
28. Fundacion CTC Centro Tecnológico para el Desarrollo en Asturias de las Tecnologías de la Información, Gijón, Španija
29. Fundacion para la Investigación del Hospital Universitario La Fe de la Comunidad Valenciana, Valencia, Španija
30. General Hospital of Thessaloniki, Solun, Grčija
31. Gerencia Servicios Sociales Castilla y León, Valladolid, Španija
32. Ghent University, Gent, Belgija
33. Gorenje Gospodinski Aparati, d. d., Velenje
34. Graz Tourismus und Stadtmarketing GmbH, Gradec, Avstrija
35. Harpo, sp. zo. o., Poznanj, Poljska
36. HI-Iberia Ingeniería y Proyectos SL, Madrid, Španija
37. INEA - Informatizacija, energetika, avtomatizacija, d. o. o., Ljubljana
38. Information Catalyst, Northwich, Velika Britanija
39. INRIA Lille-Nord Europe, Lille, Francija
40. INRIA Paris, Francija
41. INRIA Saclay-Ile-de-France, Saclay, Francija
42. Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), Osservatorio Astronomico di Trieste, Trst, Italija
43. IT - Innovation Center, University of Southampton, Southampton, Velika Britanija
44. Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Ljubljana
45. Javni zavod za turizem, šport, mladinske in socialne programe SPOTUR Slovenj Gradec, Slovenj Gradec
46. Karolinska Institutet, Stockholm, Švedska
47. Kolektor Group, d. o. o., Idrija
48. LeanXcale, Brunete Madrid, Španija
49. Lotrič Meroslovje, d. o. o., Selca
50. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana
51. Mestna občina Ljubljana, Ljubljana
52. MLS Multimedia AE, Solun, Grčija
53. Monsenso ApS, Kobenhavn, Danska
54. MPT, proizvodnja in trgovina, d. o. o., Šmartno ob Paki
55. Nacionalni institut za javno zdravje, Ljubljana, Slovenija
56. National Organization for Health Care Services Provision, Atene, Grčija
57. NERVteh, raziskave in razvoj, d. o. o., Ljubljana
58. Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), Delft, Nizozemska
59. Open University in the Netherlands, Heerlen, Nizozemska
60. Pädagogische Hochschule Heidelberg, Heilderberg, Nemčija
61. Pharmacie Principale, Ženeva, Švica
62. Philips Lighting B. V. PHL, Eindhoven, Nizozemska
63. Plamtex INT, Trgovina in proizvodnja, d. o. o., Komenda
64. Poznań Supercomputing and Networking Center, Poznań, Poljska
65. Queen Mary University of London, London, Velika Britanija
66. Result računalniški sistemi, d. o. o., Ljubljana
67. Robotina, d. o. o., Kozina
68. Roessingh Research and Development BV (RRD), Enschede, Nizozemska
69. SC Teamnet International SA, Bukarešta, Romunija
70. SenLab, d. o. o., Ljubljana
71. SGS SINERCO, Gijón, Španija
72. SGS Tecnos S. A., Madrid, Španija
73. Sheffcare Ltd, Sheffield, Velika Britanija
74. Shinshu University, Nagano, Japonska
75. Siemens Romania, Bukarešta, Romunija
76. Singular Logic Cyprus Ltd, Lemesos, Ciper
77. Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj
78. Smart Com, d. o. o., Ljubljana
79. Stowarzyszenie Na Tak, Poznanj, Poljska
80. Sveučilište u Rijeci, Odjel za informatiku, Reka, Hrvaška
81. Špica International, d. o. o., Ljubljana
82. Store Steel, d. o. o., Štore
83. Technische Universität Graz, Institut für Softwaretechnologie, Gradec, Avstrija
84. Technische Universiteit Delft, Delft, Nizozemska
85. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, Nizozemska
86. terzStiftung, Berlingen, Švica
87. Unicredit Banka Slovenija, d. d., Ljubljana
88. UniekBO, Hertogenbosch, Nizozemska
89. Unior Kovaška industrija, d. d., Zreče
90. Universidad Politecnica de Madrid (UPM), Madrid, Španija
91. Università di Roma La Sapienza, Rim, Italija
92. Università di Udine, Videm, Italija
93. Università degli studi di Trieste, Italija
94. University of Copenhagen, Kobenhavn, Danska
95. University of Geneva, Ženeva, Švica
96. University of Klagenfurt, Celovec, Avstrija
97. University of Leuven - KU Leuven, Leuven, Belgija
98. University of Lille, Lille, Francija
99. University of Paris Sud XI, Pariz, Francija
100. University of Piraeus Research Centre, Pirej, Grčija
101. University of Southern Denmark, Odense, Nizozemska
102. Univerza na Primorskem, Fakulteta za turistične študije - Turistica, Portorož
103. Univerza v Ljubljani, Ljubljana
104. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
105. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana
106. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana
107. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana
108. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana
109. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana
110. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor
111. Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj
112. Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta, Nova Gorica
113. Univerzitetna klinika Golnik, Ljubljana
114. XLAB, d. o. o., Ljubljana
115. Zavod za pokojninsko in invalidsko zavarovanje Slovenije
116. Združenje občin Slovenije, Ljubljana

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Matjaž Gams, Mari Jože Osredkar, "Katoliški nauk in znanost o demografskih vprašanjih", *Bogoslovni vestnik: glasilo Teološke fakultete v Ljubljani*, 2021, **81**, 3, 555-567. [COBISS.SI-ID 90615555]
- Gabriel Salierno, Anton Gradišek, Mauricio Maestri, Julia Picabea, Miryan C. Cassanello, Cataldo De Blasio, Maria A. Cardona, Daniel Hojman, Héctor Somacal, "Comparison of the fluidized state stability from radioactive particle tracking results", *ChemEngineering*, 2021, **5**, 4, 65. [COBISS.SI-ID 78846723]
- Jana Krivec, Ivan Bratko, Matej Guid, "Identification and conceptualization of procedural chunks in chess", *Cognitive systems research*, 2021, **69**, 22-40. [COBISS.SI-ID 65721347]
- Tomaž Kompara, Janez Perš, David Susič, Matjaž Gams, "A one-dimensional non-intrusive and privacy-preserving identification system for households", *Electronics*, 2021, **10**, 5, 559. [COBISS.SI-ID 54936323]
- Rok Piltaver, Mitja Luštrek, Sašo Džeroski, Martin Gjoreski, Matjaž Gams, "Learning comprehensible and accurate hybrid trees", *Expert systems with applications*, 2021, **164**, 113980. [COBISS.SI-ID 29771011]
- Marko Bohanec *et al.* (11 avtorjev), "HeartMan DSS: a decision support system for self-management of congestive heart failure", *Expert systems with applications*, 2021, **186**, 115688. [COBISS.SI-ID 77871107]
- Surya Krishnamurthy, K. S. Kapeleshh, Erik Dovgan, Mitja Luštrek, Barbara Gradišek Piletič, Kathiravan Srinivasan, Yu-Chuan (Jack) Li, Anton Gradišek, Shabbir Syed-Abdul, "Machine learning prediction models for chronic kidney disease using national health insurance claim data in Taiwan", *Healthcare*, 2021, **9**, 5, 546. [COBISS.SI-ID 62383107]
- Martin Gjoreski, Bhargavi Mahesh, Tine Kolenik, Jens Uwe-Gabaras, Dominik Seuss, Hristijan Gjoreski, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, Veljko Pejović, "Cognitive load monitoring with wearables-lessons learned from a machine learning challenge", *IEEE access*, 2021, **9**, 103325-103336. [COBISS.SI-ID 71780867]
- Tine Kolenik, Matjaž Gams, "Persuasive technology for mental health: one step closer to (mental health care) equality?", *IEEE technology & society magazine*, 2021, **40**, 1, 80-86. [COBISS.SI-ID 55934467]
- Vito Janko, Gašper Slapničar, Erik Dovgan, Nina Reščič, Tine Kolenik, Martin Gjoreski, Maj Smerkol, Matjaž Gams, Mitja Luštrek, "Machine learning for analyzing non-countermeasure factors affecting early spread of COVID-19", *International journal of environmental research and public health*, 2021, **18**, 13, 6750. [COBISS.SI-ID 70735875]
- Marija Dragojlovič, Igor Milanović, Anton Gradišek, Sandra V. Kurko, Miodrag Mitrić, Anja Umičević, Jana Radaković, Katarina Batalović, "Mechanochemical modification of LiAlH<sub>4</sub> with Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: a combined DFT and experimental study", *International journal of hydrogen energy*, 2021, **46**, 24, 13070-13081. [COBISS.SI-ID 51522819]
- Mitja Luštrek *et al.* (21 avtorjev), "A personal health system for self-management of congestive heart failure (HeartMan): development, technical evaluation, and proof-of-concept randomized controlled trial", *JMIR medical informatics*, 2021, **9**, 3, e24501. [COBISS.SI-ID 54873347]
- Anton Gradišek, Mario Cifelli, Donatella Ancora, Ana Sepe, Boštjan Zalar, Tomaž Apih, Valentina Domenici, "Analysis of extra virgin olive oils from two Italian regions by means of proton nuclear magnetic resonance relaxation and relaxometry measurements", *Journal of agricultural and food chemistry*, 2021, **69**, 41, 12073-12080. [COBISS.SI-ID 59503363]
- Donatella Ancora, Jerneja Milavec, Anton Gradišek, Mario Cifelli, Ana Sepe, Tomaž Apih, Boštjan Zalar, Valentina Domenici, "Sensitivity of proton NMR relaxation and proton nmr diffusion measurements to olive oil adulterations with vegetable oils", *Journal of agricultural and food chemistry*, 2021, **69**, 41, 12081-12088. [COBISS.SI-ID 64098563]
- Luka Pirker *et al.* (11 avtorjev), "Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation", *Journal of membrane science*, 2021, **619**, 118756. [COBISS.SI-ID 32105219]
- Anton Gradišek, Mathias S. Jørgensen, Mark Paskevicius, Bjarne R. S. Hansen, Torben R. Jensen, "Molecular dynamics in Ag<sub>2</sub>B<sub>12</sub>H<sub>12</sub> studied by nuclear magnetic resonance", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2021, **125**, 10, 5534-5541. [COBISS.SI-ID 54016003]
- Valentin Koblar, Bogdan Filipič, "Evolutionary design of a system for online surface roughness measurements", *Mathematics*, 2021, **9**, 16, 1904. [COBISS.SI-ID 73916419]
- Nikolaus Hansen, Anne Auger, Raymond Ros, Olaf Mersmann, Tea Tušar, Dimo Brockhoff, "COCO: a platform for comparing continuous optimizers in a black-box setting", *Optimization methods & software*, 2021, **36**, 1, 114-144. [COBISS.SI-ID 26252803]
- Svjetlana Fajfer, David Susič, "Colored scalar mediated nucleon decays to an invisible fermion", *Physical review. D*, 2021, **103**, 5, 055012. [COBISS.SI-ID 56929795]
- Els Clays *et al.* (21 avtorjev), "Proof-of-concept trial results of the HeartMan mobile personal health system for self-management in congestive heart failure", *Scientific reports*, 2021, **11**, 5663. [COBISS.SI-ID 54870787]
- Vito Janko, Mitja Luštrek, "A general framework for making context-recognition systems more energy efficient", *Sensors*, 2021, **21**, 3, 766. [COBISS.SI-ID 56728067]
- Anja Pogačnik Krajnc, Luka Pirker, Urška Gradišar Centa, Anton Gradišek, Igor B. Mekjavič, Matej Godnič, Metod Čebašek, Tina Bregant, Maja Remškar, "Size- and time-dependent particle removal efficiency of face masks and improvised respiratory protection equipment used during the COVID-19 pandemic", *Sensors*, 2021, **21**, 5, 1567. [COBISS.SI-ID 52915715]
- Gašper Slapničar, Wenjin Wang, Mitja Luštrek, "Classification of hemodynamics scenarios from a public radar dataset using a deep learning approach", *Sensors*, 2021, **21**, 5, 1836. [COBISS.SI-ID 76038403]
- Simon Stankoski, Marko Jordan, Hristijan Gjoreski, Mitja Luštrek, "Smartwatch-based eating detection: data selection for machine learning from imbalanced data with imperfect labels", *Sensors*, 2021, **21**, 5, 1902. [COBISS.SI-ID 77872899]
- Hans-Peter Schöner, Paolo Pretto, Jaka Sodnik, Boštjan Kaluža, Mojca Komavec, Damir Varešanović, Hanna Chouchane, Jacobo Antona-Makoshi, "A safety score for the assessment of driving style", *Traffic injury prevention*, 2021, **22**, 5, 384-389. [COBISS.SI-ID 61570307]
- Elif Gokcen Ates, Valentina Domenici, Małgorzata Florek-Wojciechowska, Anton Gradišek, Danuta Kruk, Nadica Maltar-Strmečki, Mecit Oztop, Emin Burcin Ozvural, Anne-Laure Rollet, "Field-dependent NMR relaxometry for food science: applications and perspectives", *Trends in food science & technology*, 2021, **110**, 513-525. [COBISS.SI-ID 52526595]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Lina Badimon *et al.* (19 avtorjev), on behalf of EU-CardioRNA COSTAction CA17129, "Cardiovascular RNA markers and artificial intelligence may improve COVID-19 outcome: a position paper from the EU-CardioRNA COST Action CA17129", *Cardiovascular Research*, 2021, **117**, 8, 1823-1840. [COBISS.SI-ID 72297731]
- Matjaž Gams, Tine Kolenik, "Relations between electronics, artificial intelligence and information society through information society rules", *Electronics*, 2021, **10**, 4, 514. [COBISS.SI-ID 53601027]
- Tine Kolenik, Matjaž Gams, "Intelligent cognitive assistants for attitude and behavior change support in mental health: state-of-the-art technical review", *Electronics*, 2021, **10**, 11, 1250. [COBISS.SI-ID 64325891]

## STROKOVNI ČLANEK

- Anton Gradišek, Luka Pirker, "How masks protects us", *Alternator: misliti znanost*, 1. 3. 2021. [COBISS.SI-ID 53767171]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

- Aljoša Vodopija, Beate Breiderhoff, Boris Naujoks, Bogdan Filipič, "Design of cyclone dust separators: a constrained multiobjective optimization perspective", V: *2021 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), June 28th-July 1st 2021, Kraków, Poland, IEEE*, 2021, 1983-1990. [COBISS.SI-ID 73917187]

2. Amadej Jankovič, Tine Kolenik, Veljko Pejovič, "Mobilna osebnostno-prilagojena aplikacija za spodbujanje pozitivne spremembe vedenja", V: *28. Dnevi slovenske informatike, Portorož, 19.-20. 10. 2021*, Digitalizacija: uspešneje, hitreje, ceneje, Slovensko društvo Informatika, 2021, 105-115. [COBISS.SI-ID 92470275]
3. Amadej Jankovič, Tine Kolenik, Veljko Pejovič, "The role of personality-tailored notifications in mobile-based behavior change intervention", V: *HCI-SI 2021, 6th Human-Computer Interaction Slovenia Conference, Koper, Slovenia, November 8 2021*, Proceedings, (CEUR Workshop Proceedings 3054), CEUR-WS, 2021, 18-22. [COBISS.SI-ID 92468227]
4. Tine Kolenik, Matjaž Gams, "Increasing mental health care access with persuasive technology for social good", V: *IJCAI 2020 AI for Social Good Workshop, January 7-8 2021*, Center for Research on Computation and Society, 2021. [COBISS.SI-ID 55295747]
5. Andrejaana Andova, Bogdan Filipič, "Some experimental results in evolutionary multitasking", V: *IS 2021, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2021, 11-14. [COBISS.SI-ID 86269955]
6. Carlo De Masi, Simon Stankoski, Vincent Cergolj, Mitja Luštrek, "Intent recognition and drinking detection for assisting kitchen-based activities", V: *IS 2021, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2021, 15-18. [COBISS.SI-ID 86274051]
7. Vito Janko, Matjaž Boštic, Junoš Lukan, Gašper Slapničar, "Library for feature calculation in the context-recognition domain", V: *IS 2021, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2021, 23-26. [COBISS.SI-ID 86318339]
8. Nina Reščič, Mitja Luštrek, "Question ranking for food frequency", V: *IS 2021, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2021, 39-42. [COBISS.SI-ID 86368515]
9. David Susič, "Daily Covid-19 Deaths prediction for Slovenia", V: *IS 2021, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2021, 43-46. [COBISS.SI-ID 86942211]
10. Aljoša Vodopija, Tea Tušar, Bogdan Filipič, "Analyzing the diversity of constrained multiobjective optimization test suites", V: *IS 2021, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2021, 51-54. [COBISS.SI-ID 86368771]
11. Tine Kolenik, Jaya Caporusso, "The ONE-ness of change: an exploratory neurophenomenological single case study on change in mood", V: *IS 2021, Kognitivna znanost, 7. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek B, Institut "Jožef Stefan", 2021, 10-15. [COBISS.SI-ID 86341891]
12. Anže Marinko, Maša Žaucer, David Susič, Matjaž Gams, "Sensitivity of expected civilization longevity models", V: *IS 2021, Kognitivna znanost, 7. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek B, Institut "Jožef Stefan", 2021, 22-25. [COBISS.SI-ID 86343683]
13. Primož Kocuvan, Erik Dovgan, Matjaž Gams, "An analytical and empirical comparison of electronic and mobile health platforms", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 12-15. [COBISS.SI-ID 86408963]
14. Primož Kocuvan, Jakob Valič, Matjaž Gams, "Android application for remote monitoring of the elderly's parameters", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 16-19. [COBISS.SI-ID 86411267]
15. Klemen Bele, Erik Dovgan, Primož Kocuvan, Matjaž Gams, "Description of health service selection and structure of ISE-EMH program", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 23-26. [COBISS.SI-ID 86415107]
16. Tine Kolenik, Urša Klun, Primož Kocuvan, Matjaž Gams, "Intelligent cognitive assistant technology for (mental) health in the ISE-EMH project", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 31-34. [COBISS.SI-ID 86416131]
17. Gjorgji Noveski, Jakob Valič, "Analysis of a recommendation system used for predicting medical services", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 35-37. [COBISS.SI-ID 86419715]
18. Žiga Kolar, Zdenko Vuk, Erik Dovgan, Matjaž Gams, "PlatformUptake methodology for AHA solution assessment", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 38-41. [COBISS.SI-ID 86430211]
19. Vito Janko, Nina Reščič, Tea Tušar, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, "What-if analysis of countermeasures against COVID-19 in November 2020 in Slovenia", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 42-45. [COBISS.SI-ID 86432259]
20. Janez Tomšič, David Susič, Matjaž Gams, "Effectiveness of non-pharmaceutical interventions in handling the COVID-19 pandemic: review of related studies", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 46-51. [COBISS.SI-ID 86434819]
21. Mitja Luštrek et al. (12 avtorjev), "Napovedovanje trendov in optimiziranje ukrepov v boju proti pandemiji COVID-19: Tekmovanje XPRIZE in naslednji koraki", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 52-55. [COBISS.SI-ID 86439683]
22. Erik Dovgan, Maj Smerkol, Miljana Sulajkovska, Matjaž Gams, "Supporting decision-making in the urban mobility policy making", V: *IS 2021, Delavnica URBANITE 2021, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek H, Institut "Jožef Stefan", 2021, 28-31. [COBISS.SI-ID 87058435]
23. Maj Smerkol, Miljana Sulajkovska, Erik Dovgan, Matjaž Gams, "Traffic simulation for mobility policy analysis", V: *IS 2021, Delavnica URBANITE 2021, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek H, Institut "Jožef Stefan", 2021, 36-39. [COBISS.SI-ID 87062019]
24. Maj Smerkol, Miljana Sulajkovska, Erik Dovgan, Matjaž Gams, "Machine learning-based approach for estimating the quality of mobility policies", V: *IS 2021, Delavnica URBANITE 2021, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek H, Institut "Jožef Stefan", 2021, 40-43. [COBISS.SI-ID 87064323]
25. Maj Smerkol, Miljana Shulajkovska, Erik Dovgan, Matjaž Gams, "Visualizations for mobility policy design", V: *IS 2021, Delavnica URBANITE 2021, 8. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek H, Institut "Jožef Stefan", 2021, 44-47. [COBISS.SI-ID 87041283]
26. Matjaž Gams, "Slovensko računalništvo skozi pogled dijaka l. 1971", V: *IS 2021, 50-letnica poučevanja računalništva v slovenskih srednjih šolah, 6. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek I, Institut "Jožef Stefan", 2021, 24-27. [COBISS.SI-ID 87080707]
27. Zdenko Vuk, Jani Bizjak, Erik Dovgan, Matjaž Gams, Anton Gradišek, "An overview of the BATMAN platform", V: *IS 2021, Delavnica projekta BATMAN, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek J, Institut "Jožef Stefan", 2021, 19-22. [COBISS.SI-ID 87098371]
28. Erik Dovgan, Gašper Slapničar, Jakob Valič, Mitja Luštrek, "Recognition of behaviour patterns for people with profound intellectual and multiple disabilities", V: *UbiComp/ISWC '21, 2021 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and 2021 ACM International Symposium on Wearable Computers, September 21-25, 2021*, Proceedings, ACM, 2021, 523-527. [COBISS.SI-ID 78837251]
29. Junoš Lukan, Larissa Bolliger, Els Clays, Oscar Mayora, Venet Osmani, Mitja Luštrek, "Participants' experience and adherence in repeated measurement studies among office-based workers", V: *UbiComp/ISWC '21, 2021 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and 2021 ACM International Symposium on Wearable Computers, September 21-25, 2021*, Proceedings, ACM, 2021, 528-531. [COBISS.SI-ID 78295555]
30. Primož Kocuvan, Erik Dovgan, Tine Kolenik, Matjaž Gams, "Insieme: A unifying electronic and mobile health platform", V: *ETAI 2021, XV International Conference, September 23-24 2021*, Proceedings, (ETAI Megunarodna Konferencija 1 2), 2021, 125-128. [COBISS.SI-ID 85017603]

31. Nina Reščič *et al.* (12 avtorjev), "Finding efficient intervention plans against Covid-19: second place at the XPRIZE Pandemic Response Challenge", V: *ETAI 2021, XV International Conference, September 23-24 2021*, Proceedings, (ETAI Megunarodna Konferencija 1 2), 2021, 139-143. [COBISS.SI-ID 83629571]
32. Matjaž Gams, "Is web transforming our minds and where is our civilisation going to?", V: *ETAI 2021, XV International Conference, September 23-24 2021*, Proceedings, (ETAI Megunarodna Konferencija 1 2), 2021, 153-156. [COBISS.SI-ID 85017347]
33. Stefan Zlatinov, Branislav Gerazov, Gorjan Nadzinski, Tomislav Kartalov, Igor Atanasov, Jelena Horstmann, Matjaž Gams, "Machine learning and data science awareness and experience in vocational education and training high school students", V: *ETAI 2021, XV International Conference, September 23-24 2021*, Proceedings, (ETAI Megunarodna Konferencija 1 2), 2021, 343-348. [COBISS.SI-ID 85017091]

## SAMOSTOJNA ZNANSTVENA SESTAVKA ALI POGLAVJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Clement Picard, Vito Janko, Nina Reščič, Martin Gjoreski, Mitja Luštrek, "Identification of cooking preparation using motion capture data: a

submission to the cooking activity recognition challenge", V: *Human activity recognition challenge*, (Smart innovation, systems and technologies **199**), Springer, 2021, 103-113. [COBISS.SI-ID 45403139]

2. Junoš Lukan, Gregor Geršak, "Predicting task difficulty through psychophysiology", V: *Applying bio-measurements methodologies in science education research*, Springer, 2021, 55-70. [COBISS.SI-ID 77465347]

## ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Jana Krivec, *Improve your life by playing a game: learn how to turn your life activities into lifelong skills!*, Thinkers Publishing, 2021. [COBISS.SI-ID 42273795]

## PATENT

1. Jaka Sodnik, Boštjan Kaluža, Mojca Komavec, Kristina Stojmenova, *Postopek vrednotenja voznika in naprava za izvedbo postopka*, SI25874 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 29. 01. 2021. [COBISS.SI-ID 15252227]



*V Odseku za reaktorsko tehniko potekajo osnovne in aplikativne raziskave s področja jedrske tehnike in varnosti. Raziskave zajemajo: teoretične in eksperimentalne raziskave osnovnih termohidrodinamičnih pojavov, termohidravlične varnostne analize fizijskih in fuzijskih reaktorjev ter trdnostne varnostne analize. Večina raziskav je vključenih v različne oblike mednarodnega sodelovanja. Rezultate raziskav vključujemo v projekte za industrijo in Upravo RS za jedrsko varnost ter v dodiplomsko in podiplomsko izobraževanje. Znanje s področja jedrske energije smo uporabili tudi za nadaljevanje modeliranja razvoja epidemije covid-19 v Sloveniji.*

## Modeliranje osnovnih termohidrodinamičnih pojavov

Pri raziskavah dvofaznih tokov plin-kapljevina smo s programom za računsko dinamiko tekočin (Computational Fluid Dynamics – CFD) OpenFoam simulirali Taylorjev mehur (mehur oblike naboja, ki zavzema skoraj ves prerez cevi) v turbulentnem protoku. Uporabljena je bila metoda VOF (volume of fluid) skupaj z metodo velikih vrtincev (Large Eddy Simulation – LES), kar omogoča natančno simulacijo turbulence. Rezultati so bili validirani z meritvami, opravljenimi v lastnem laboratoriju THELMA. Ker simulacije precejujejo hitrost razpadanja Taylorjevega mehurja za približno enega do dveh redov velikosti, razvijamo natančnejše modele za rekonstrukcijo medfazne površine, ki bodo bolje napovedali tvorjenje in združevanje mehurčkov za repom mehurja.

Razvijamo napredne metode za simuliranje večfaznih tokov z uporabo knjižnice OpenFoam. Simulirali smo izotermni razslojeni tok v kanalu eksperimenta WENKA (Water Entrainment Channel Karlsruhe, Nemčija), kjer smo uporabili hibridni dvofluidni model, razširjen z dušenjem turbulence ob medfazni površini. Raziskave so zajemale dva načina dušenja – simetrično, z dušenjem v obeh fazah, in asimetrično, z dušenjem le v plinasti fazi. Primerjava je pokazala, da asimetrični pristop izboljša napovedi turbulentne kinetične energije v kapljeviti fazi, vendar za ceno zmanjšane natančnosti napovedi hitrostnih profilov v plinasti fazi. Pri tem v okviru projekta CROSSING sodelujemo z inštitutom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (Nemčija).

Do parne eksplozije ali problema hladljivosti razbitkov taline med težko nesrečo v jedrski elektrarni (JE) bi lahko prišlo, če bi staljena reaktorska sredica prišla v stik s hladilom. Nadaljevali smo študije parnih eksplozij v razslojenih razmerah, ko je plast taline pod plastjo hladila. Razviti model nastanka mešalne plasti, ki smo ga vgradili v program MC3D (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire – IRSN, Francija), smo uporabili za simulacijo eksperimentov PULiMS in SES (oba opravljena v KTH, Švedska). Medtem ko je mešalna plast simulirana ustrezno, primerjava eksperimenta in simulacij nakazuje na potencialen prispevek k mešanju taline in hladila (poleg mešalne plasti), tudi razpadanja curka taline in mešanja med samo eksplozijo. Začeli smo tudi s simulacijami nastanka mešalne plasti in parnih eksplozij v reaktorskih razmerah. Nadalje smo za izboljšanje razumevanja procesa prenosa toplote med eksplozijsko fazo ponovno začeli s simulacijami plastnega uparjanja: opravljamo simulacije eksperimenta TREPAM (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives – CEA, Francija). Pri raziskavah hladljivosti razcepkov taline, hlajenih z zgornje strani, smo razvili preprost enorazsežni analitični model za osnovni popis eksperimentov, opravljenih na napravi FLOAT (IKE, Univerza Stuttgart, Nemčija).

Pri raziskavah porazdelitve vodika v zadrževalnem hramu JE smo nadaljevali simulacije poskusov erozije razslojene (v smislu sestave) atmosfere hrama z navpičnim curkom, izvedene v napravah PANDA (Paul Scherrer Institute, Švica) in SPARC (Korea Atomic Energy Research Institute). Predlagali smo tudi modeliranje z dinamičnima Prandtlovim in Schmidtovim številom, kar predstavlja razširitev obstoječega modeliranja na pogoje, ki jih lahko pričakujemo med nesrečo po oksidaciji reaktorske sredice in izpustu vodika v zadrževalni hram.

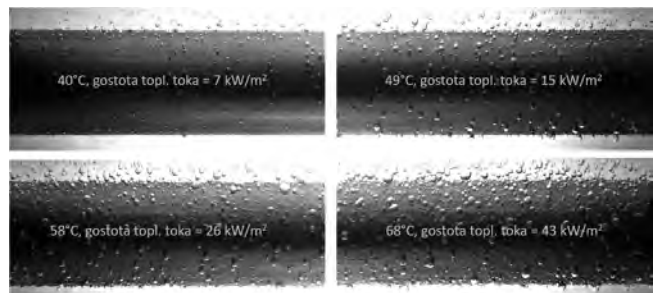
## Eksperimentalne raziskave v laboratoriju THELMA

V laboratoriju za termohidravliko večfaznih tokov (THELMA) smo nadaljevali z eksperimenti konvektivnega vrenja v geometriji, ki predstavlja del gorivne palice v svežnju lahkovodnega jedrskega reaktorja. Opravljeni so bili novi eksperimenti v vodoravni legi sekcije. V dvofaznem režimu pretoka smo s hitro-tekočo kamero opazovali mehurčkasto vrenje, tokrat pod konstantnimi hidravličnimi pogoji in s spreminjanjem grelne moči



Vodja:

**prof. dr. Leon Cizelj**



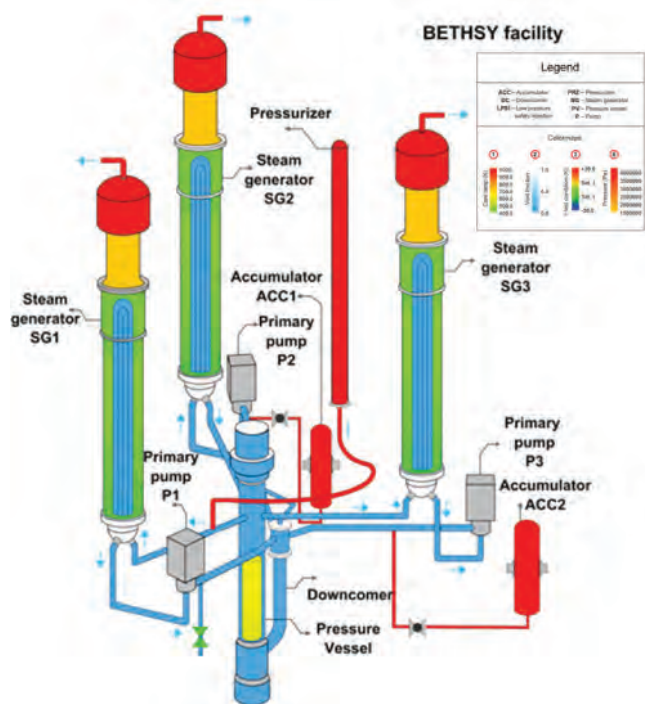
Slika 1: Režimi vrenja pri različnih gostotah toplotnega toka (posneto s hitro kamero z 200 slik na sekundo pri gostoti masnega toka hladila 300 kg/m<sup>2</sup>s).

na sekciji. Iz pridobljenih slik smo pridobili informacijo o porazdelitvi velikosti mehurčkov, pri čemer smo za analizo pravič uspešno uporabili strojno učenje oz. nevronske mreže. Prenos toplote nadalje proučujemo v seriji enofaznih CFD-simulacij, ki so bile opravljene za različne primere, ko sta primarna in sekundarna tekočina enakih ali različnih temperatur.

### Pri poskusu Taylorjevega mehurja smo z metodo sledenja delcev določili hitrostno polje.

Na eksperimentalni progi za opazovanje Taylorjevega mehurja je bilo prvič izmerjeno hitrostno polje z metodo sledenja delcev (Particle Image Velocimetry – PIV). Zaradi velikega odboja laserske svetlobe na medfazni površini mehurja je bilo treba uporabiti tehniko LIF (Laser Induced Fluorescence), pri kateri uporabljamo fluorescentne sledilne delce, ki svetijo v drugi valovni dolžini kot svetloba laserja. Tako se lahko s posebnim filtrom zaščiti občutljivi senzor hitro-tekoče kamere. Pridobljene slike so bile obdelane s programi, ki reproducirajo hitrostno polje kapljevite faze. Za enofazen turbulenten tok v cevi je bila opravljena študija vpliva gostote in tipa delcev na natančnost meritev hitrostnih polj. Meritve razpadanja Taylorjevega mehurja smo uporabili za potrjevanje prej omenjenih simulacij Taylorjevih mehurjev v režimu protitoka.

Nadaljevali smo meritve na eksperimentalni progi, na kateri proučujemo prenos toplote v kanalu kvadratnega preseka, ki ga na izbranem odseku grejemo s tanko kovinsko folijo, pritrjeno na steno in priključeno na električno napetost. Temperaturne turbulentne fluktuacije za različna Reynoldsova in Prandtllova števila opazujemo na zunanji strani folije s hitro-tekočo infrardečo kamero. Izvedli smo dodatne LES-simulacije, ki so poleg konvektivnega prenosa toplote upoštevale tudi prevajanje toplote v greti steni in izboljšale napoved spektra temperaturnih fluktuacij na greti foliji.



Slika 2: Animacijski model za napravo BETHSY (CEA, Francija)

### Določili smo toplotne obremenitve aktiviranih notranjih komponent vakuumske posode fuzijskega reaktorja DEMO med nezgodnim scenarijem izgube hladila.

Evropski projekt AMHYCO obravnava ukrepanje za preprečitev zgorevanja vodika in ogljikovega monoksida v zadrževalnem hramu JE v primeru težke nesreče. S sistemskim programom MELCOR smo simulirali tri mogoče scenarije zatemnitve elektrarne z različnimi velikostmi zloma hladne veje, s ciljem pridobiti izvore vodika za nadaljnje analize povzročenih pojavov v zadrževalnem hramu.

Nadaljevali smo analizo toplotnih obremenitev aktiviranih notranjih komponent vakuumske posode fuzijskega reaktorja DEMO med nezgodnim scenarijem izgube hladila. Za oceno temperaturne porazdelitve pasivnih komponent zaradi zaostale toplote, ki je posledica naravne konvekcije vpihanega plina, smo nadgradili numerični model z natančnejšim popisom zaostale toplote ter izvedli dodatne nestacionarne CFD-simulacije. Za napovedovanje časovno odvisne temperature komponent smo umerili razviti enotočkovni model, ki je v primerjavi z računsko zahtevnimi CFD-simulacijami učinkovitejši. Delo je potekalo v okviru evropskega fuzijskega projekta WPDES.

Nadgradili smo dizajn kalorimetra za sistem vbrizgavanja nevtralnih žarkov novega fuzijskega tokamaka Divertor Tokamak Test facility (DTT), ki bo zgrajen v Frascatiju (Italija). Kalorimeter je zasnovan kot premični panel s hladilnimi U-cevmi in vstavljenimi zvitimi trakovi. Nova zasnova kalorimetra upošteva povečano moč nevtralnih žarkov in bistveno spremenjen dizajn celotnega sistema vbrizgavanja žarkov. Delo smo izvedli v sodelovanju s Consorzio RFX (Italija).

Vodno hlajen element diverterja za stelator W7-X, ki je v Greifswaldu (Nemčija), razvijamo v okviru evropskega fuzijskega projekta DIV. Naša skupina je izvedla CFD-analizo prototipa elementa diverterja. Za simulacijo toka hladilne vode in vpliva hlajenja na porazdelitev temperature na steni hladilnega kanala smo uporabili pristop modeliranja

enofazne tekočine. Preliminarni rezultati so pokazali, da so temperature struktur hladilnih elementov pod kritičnimi vrednostmi za predvidene toplotne obremenitve in pogoje obratovanja.

### Trdnostne varnostne analize

Raziskovalna dejavnost je bila osredotočena na proces nastajanja medkristalnih razpok kot posledica mehanskih obremenitev in korozivnega okolja, še zlasti na mikromehanski vidik njegove začetne faze. V sodelovanju s CEA je bila izvedena študija, v kateri je bil mejam med kristalnimi zrni pripisan ustrežajoč tip, v skladu z njihovo trdnostjo. Identificirali smo nov parameter, ki zadostuje za kvantitativno ovrednotenje fluktuacij normalnih napetosti na posameznem tipu kristalne meje.

Dobljeni rezultati so sprožili ambiciozno nadaljevanje projekta, katerega cilj je razviti preprost analitični model za napovedovanje lokalnih napetosti na mejah zrn v poljubnem polikristalnem materialu na kateremkoli tipu meje in za katerokoli zunanjo obremenitev. Uspelo nam je ločiti vpliv obremenitve od prispevka tipa meje in uporabljenega materiala. Predlagan je bil enostaven model, ki temelji na bikristalni zasnovi, vloženi v homogen elastični medij, ter uporabi Reussovega in Voigtovega približka na različnih dolžinskih skalah. Rezultati so bili preverjeni z numeričnimi simulacijami z metodo končnih elementov in nakazujejo zelo obetavne možnosti za nadaljnje raziskovanje.

V okviru evropskega projekta ATLAS+ smo nadaljevali aktivnosti s ciljem razvoja izboljšanih metod za ocenjevanje rasti utrujenostnih razpok, ki nastanejo zaradi mešanja toka. Razviti so bili strukturni modeli cevi T-spoja z vsebovanimi razpokami, ki so bili nato uporabljeni v termomehanskih in lomnih mehanskih analizah.

V okviru študij toplotnega šoka pod tlakom (Pressurized Thermal Shock – PTS) so bile opravljene predhodne analize dvozančnega tlačnovodnega reaktorja po izbranih scenarijih nesreče izgube hladila. Termohidravlične in strukturne analize so bile izvedene z računalniškima programoma RELAP5 in FAVOR. Razpoložljivi premiki duktilne-do-krhke (referenčne) temperature materiala tlačne posode reaktorja so bili primerjani z obstoječimi regulativnimi omejitvami.

V okviru evropskega projekta APAL so bile zaključene aktivnosti v zvezi s pregledom najsodobnejših metod in nacionalnih izkušenj s PTS. Za osnovni scenarij v nadaljnjih študijah je bila izbrana mala izlivna nezgoda.

Termomehanske analize suhega soda za shranjevanje izrabljenega jedrskega goriva so bile izvedene v sodelovanju s Politehnično univerzo v Madridu (Španija) z uporabo razpoložljivih temperatur soda, pridobljenih v CFD-simulacijah.

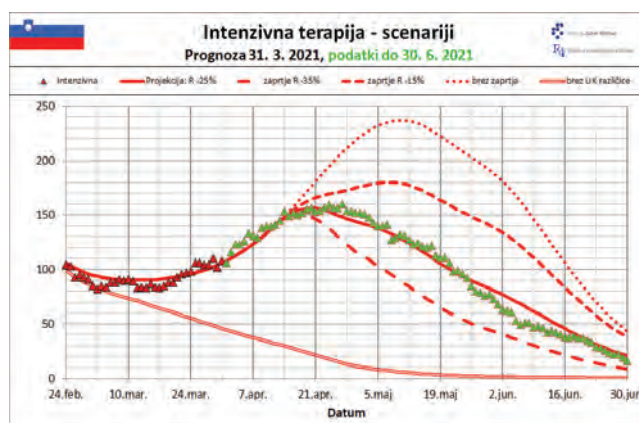
V zvezi z že prej omenjenim predvidenim tokamakom v Frascatiju (Italija) so bile izvedene termomehanske analize z uporabo toplotnih obremenitev iz CFD-simulacij, z namenom nadaljnje ocene deformacij in napetosti idejne zasnove kalorimetra za injektor nevtralnega žarka.

### Modeliranje razvoja epidemije covid-19 v Sloveniji

Ker so enačbe širjenja okužb podobne enačbam verižne reakcije v jedrskem reaktorju, smo aktivno sodelovali pri obvladovanju epidemije covid-19. Model tipa SEIR (Susceptible, Exposed, Infectious, Recovered) je bil uporabljen za napovedovanje naraščanja in upadanja števila okuženih. Model, uglašen z javno dostopnimi podatki, omogoča upoštevanje odziva prebivalcev na sprejete ukrepe za preprečevanje širjenja. V modelu sklopljeno upoštevamo večino razpoložljivih podatkov, kot so število potrjenih primerov, število hospitaliziranih primerov in primerov v enotah intenzivne nege, število umrlih in starostne strukture. Upoštevamo tudi prekuževanje in cepljenje. Primerjalno obravnavamo štiri različne poteke bolezni in računamo devet specifičnih reprodukcijskih števil širjenja okužbe, na osnovi katerih ugotavljamo trend razvoja epidemije. Začetni del napovedi preverjamo s tem, kar že imamo v čakalnici, to je znano število pozitivnih testov v zadnjem obdobju po starostnih kategorijah, ki se bodo z določenim časovnim zamikom in z določeno verjetnostjo pojavili v bolnišnicah, v enotah intenzivne nege in na koncu umrli. Upoštevamo tudi mehke podatke, se pravi nekvantitativne informacije, kot na primer, da se je okužba prikradla v dom starejših občanov in je nastalo novo žarišče s specifično starostno strukturo.

Za strokovno vladno svetovalno skupino smo vsakodnevno pripravljali analizo stanja epidemije ter napoved števila hospitaliziranih (ločeno za

**Razvijamo analitični model za napovedovanje lokalnih napetosti na mejah zrn v poljubnem polikristalnem materialu na kateremkoli tipu meje in za katerokoli zunanjo obremenitev.**



Slika 3: Projekcija števila hospitaliziranih bolnikov s covidom-19 na oddelkih intenzivne nege

**Za strokovno vladno svetovalno skupino smo vsakodnevno pripravljali analizo stanja epidemije in napoved števila hospitaliziranih.**



enote intenzivne nege) in umrlih ter oceno reprodukcijskega števila okužbe R (ki mora biti pod ena, če želimo epidemijo obvladati). Rezultate analiz in napovedi smo redno javno objavljali.

### Strokovno sodelovanje, svetovanje in izobraževanje

Tudi v letu 2021 smo raziskovalci Odseka za reaktorsko tehniko sodelovali pri projektih za industrijo in državno upravo. Na osnovi pooblastila Uprave RS za jedrsko varnost (URSJV) smo sodelovali pri izdelavi strokovnega mnenja o remontnih aktivnostih v JE Krško. V okviru 3. občasnega varnostnega pregleda JE Krško smo pripravili pregled varnostnih faktorjev s področja varnostnih analiz. Za URSJV smo s programom za simulacije težkih nesreč MELCOR analizirali vpliv opreme DEC (Design Extension Conditions – razširjena projektna nezgoda) na razvoj nesreče v isti elektrarni.

Raziskovalci odseka predstavljajo jedro Katedre za jedrsko tehniko na Fakulteti za matematiko in fiziko (FMF) Univerze v Ljubljani ter so vključeni v izvajanje dodiplomskega študija prve stopnje programa Fizika, druge stopnje programa Jedrska tehnika ter doktorskega študija Jedrska tehnika. IJS je prek navedenih študijskih programov vključen v asociacijo ENEN (European Nuclear Education Network). Jeseni 2021 je FMF sprejela drugo generacijo študentov mednarodnega programa magistrskega študija jedrske tehnike SARENA, pri katerem je odsek aktivno udeležen.

### Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Young Generation Nuclear Conference, 19. 5. 2021 (virtualno)
2. Mednarodna konferenca Nuclear Energy for New Europe 2021, Portorož, 6.–9. 9. 2021
3. U.S. – SLO Nuclear Innovation Workshop, Reaktorski center IJS, 18.–19. 10. 2021

### Nagrade in priznanja

1. Janez Kokalj, Matjaž Leskovar, Mitja Uršič: Nagrada za najboljši članek tehničnega dela (Konferenca ENYGF, Tarragona, Španija) Jóvenes Nucleares, Sociedad Nuclear Española in ENS YGN, Model for premixed layer formation in stratified fuel-coolant configuration and its application
2. Mihael Boštjan Končar, Matej Tekavčič, Mitja Uršič: Nagrada za najboljši prispevek na tekmovanju mladih avtorjev (Mednarodna konferenca NENE 2021, Portorož), Društvo jedrskih strokovnjakov, Film boiling simulation around cylinder with ANSYS Fluent
3. Jan Kren: Nagrada za najboljši prispevek mladega raziskovalca (Konferenca Computational Heat Transfer – 21, virtualno) International Centre for Heat and Mass Transfer, Numerical analysis of turbulent heat transfer in rectangular duct

## MEDNARODNI PROJEKTI

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. H2020 - ATLASplus; Napredna orodja za ocenjevanje strukturne celovitosti komponent za varno in dolgoročno obratovanje jedrskih elektrarn<br/>European Commission<br/>prof. dr. Leon Cizelj</li> <li>2. H2020 - NARSIS; Nov pristop za varnostne izboljšave reaktorjev<br/>European Commission<br/>dr. Andrej Prošek</li> <li>3. H2020 - ENENplus; Pritegnj, zadrži in razvij nove jedrske talente z več kot le akademskim izobraževanjem<br/>European Commission<br/>doc. dr. Ivo Kljenak</li> <li>4. H2020 - PIACE; Pasivni izolacijski kondenzator<br/>European Commission<br/>doc. dr. Ivo Kljenak</li> <li>5. H2020 - sCO<sub>2</sub>-4-NPP; Inovativno odvajanje zaostale toplote na podlagi sCO<sub>2</sub> tehnologije za povečano raven varnosti jedrskih elektrarn<br/>Electricite de France S.A.<br/>dr. Andrej Prošek</li> <li>6. H2020 - EURAD; Evropski skupni program za obvladovanje radioaktivnih odpadkov<br/>European Commission<br/>prof. dr. Leon Cizelj</li> <li>7. H2020 - ECC-SMART; Evropsko-Kanadsko-Kitajski razvoj tehnologije malega modularnega reaktorja<br/>European Commission<br/>prof. dr. Leon Cizelj</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>8. H2020 - AMHYCO; K izboljššanemu obvladovanju nezgode pri tveganju zgorevanja vodika in CO<br/>European Commission<br/>doc. dr. Ivo Kljenak</li> <li>9. H2020 - APAL; Napredna analiza toplotnega šoka pod tlakom za dolgoročno obratovanje<br/>European Commission<br/>dr. Oriol Costa Garrido</li> <li>10. H2020 - EUROfusion; Raziskovalna enota - vodenje in administracija RU-FU<br/>European Commission<br/>doc. dr. Boštjan Končar</li> <li>11. OE - EUROfusion; WP12: DIV_OE-FU<br/>European Commission<br/>doc. dr. Boštjan Končar</li> <li>12. OE - EUROfusion; WP08: DES-1,2_OE-FU<br/>European Commission<br/>dr. Martin Draksler</li> <li>13. OE - EUROfusion; WP19: SAE-1_OE-FU<br/>European Commission<br/>dr. Mitja Uršič</li> <li>14. OE - EUROfusion; WP25: PMU_OE-FU, RU-Mgmt-1_OE-FU<br/>European Commission<br/>doc. dr. Boštjan Končar</li> <li>15. OE - EUROfusion; WP24: TRED_OE-FU, EDU_OE-FU<br/>European Commission<br/>doc. dr. Boštjan Končar</li> </ol> |
|---|--|

## PROGRAMA

1. Reaktorska tehnika  
prof. dr. Leon Cizelj
2. Fuzijske tehnologije  
doc. dr. Boštjan Končar

## PROJEKTI

1. Koncepti učinkovitega hlajenja visoko toplotno obremenjenih komponent v fuzijskem reaktorju  
doc. dr. Boštjan Končar
2. Raziskave turbulentnega prenosa toplote v kanalu z naprednimi eksperimentalnimi in računskimi metodami  
prof. dr. Iztok Tiselj
3. Simulacija izbranih razširjenih projektih nesreč brez taljenja sredice  
doc. dr. Boštjan Končar
4. Razumevanje stratificiranih parnih eksplozij v reaktorskih razmerah  
dr. Matjaž Leskovar

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Izdelava zbirne strokovne ocene remontnih del, Remont 2021  
Elektroinštitut Milan Vidmar  
dr. Mitja Uršič

2. Izdelava študije „Analiza vpliva DEC opreme na razvoj nesreče v NEK z uporabo programa MELCOR“  
Ministrstvo za okolje in prostor  
dr. Matjaž Leskovar
3. Sodelovanje v mednarodnih raziskovalnih programih CAMP in CSARP  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
dr. Andrej Prošek
4. L2-9210 Sofinanciranje projekta: Raziskave turbulentnega prenosa toplote v kanalu z naprednimi eksperimentalnimi in računskimi metodami  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
prof. dr. Iztok Tiselj
5. L2-1827 Sofinanciranje L-projekta: Simulacija izbranih razširjenih projektih nesreč brez taljenja sredice  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
doc. dr. Boštjan Končar
6. L2-1828 Sofinanciranje L-projekta: Razumevanje stratificiranih parnih eksplozij v reaktorskih razmerah  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
dr. Matjaž Leskovar
7. NEK PSR3 Projektna naloga „Varnostne analize“  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
dr. Mitja Uršič

## OBISKI

1. Onejin Wu in Matjaž Kavčič, Veleposlaništvo ZDA v Sloveniji, Ljubljana, Slovenija, 2. 7. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Jure Aleksejev, doktorski študent Univerze v Oxfordu, Oxford, Združeno kraljestvo: Extended law of wear, 24. 5. 2021
2. Jure Atanackov, Geološki zavod Slovenije: Strukturna geologija in seizmotektonika Slovenije – faktorji v ocenah potresne nevarnosti, 17. 5. 2021
3. Matjaž Gričar, Nuklearna elektrarna Krško: Plan razgradnje NEK, 29. 3. 2021
4. Andrej Kavčič, Nuklearna elektrarna Krško: Odziv NEK na potres v Petrinji, 22. 2. 2021
5. dr. Matjaž Leskovar, IJS: Modeliranje epidemije COVID-19 v Sloveniji, 12. 5. 2021
6. Wes Myers, Los Alamos National Lab. ret., New Mexico, Združene države Amerike: Underground nuclear park, 12. 4. 2021
7. dr. Mohit Pramod Sharma, IJS: A study on Critical Heat Flux under single-sided heating condition, 3. 5. 2021
8. dr. Barbara Šket Motnikar, Agencija RS za okolje: Postopek verjetnostnega ocenjevanja potresne nevarnosti Slovenije, 10. 5. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Anil Kumar Basavaraj, Leon Cizelj, Oriol Costa Garrido, Martin Draksler, Samir El Shawish, Ivo Kljenak, Tanja Klopčič, Janez Kokalj, Boštjan Končar, Jan Kren, Rok Krpan, Matjaž Leskovar, Timon Mede, Blaž Mikuž, Zoran Petrič, Andrej Prošek, Nina Rehar, Mohit Pramod Sharma, Andrej Sušnik, Matej Tekavčič, Iztok Tiselj, Mitja Uršič, Boštjan Zajec, udeležba na mednarodni konferenci Nuclear Energy for New Europe 2021, Portorož, 6.–9. 9. 2021 (23)
2. Leon Cizelj, udeležba na seji znanstvenega odbora FJOH, 17. 2. 2021 (virtualno)
3. Leon Cizelj, udeležba na ENEN Special Event in sestanku upravnega odbora združenja ENEN, 4. 3. 2021 (virtualno)
4. Leon Cizelj, udeležba na generalni skupščini združenja ENEN, 5. 3. 2021 (virtualno)
5. Leon Cizelj, Andrej Prošek, udeležba na 10th International Symposium on SCWRs (ISSCWR-10), 15.–18. 3. 2021 (virtualno)
6. Leon Cizelj, udeležba na seji upravnega odbora SNETP, 18. 3. 2021 (virtualno)
7. Leon Cizelj, udeležba na pripravljalnem sestanku konference ICONE28, 24. 3. 2021 (virtualno)
8. Leon Cizelj, udeležba na seji programskega odbora konference NESTet 2021, 29. 3. 2021 (virtualno)
9. Leon Cizelj, udeležba na generalni skupščini projekta ECC-SMART, 7. 4. 2021 (virtualno)
10. Leon Cizelj, udeležba na sestanku IAEA: Status and Trends in Nuclear Education, 28.–30. 4. 2021 (virtualno)
11. Leon Cizelj, udeležba na sestanku programskega odbora EUROSAFE, 29. 4. 2021 (virtualno)

12. Leon Cizelj, udeležba na seji programskega odbora Euratom, 3. 5. 2021 (virtualno)
13. Leon Cizelj, udeležba na seji upravnega odbora ETSON, 6. 5. 2021 (virtualno)
14. Leon Cizelj, udeležba na sestanku projekta MUSA - AB&EUG, 7. 5. 2021 (virtualno)
15. Leon Cizelj, udeležba na pripravljalnem sestanku za novi razpis v okviru Euratom Work Programme 2021–2022, 12. 5. 2021 (virtualno)
16. Leon Cizelj, udeležba na letnem srečanju raziskovalne skupine ETSON 2021, 18. 5. 2021 (virtualno)
17. Leon Cizelj, udeležba na sestanku ETSON TBRS, 25. 5. 2021 (virtualno)
18. Leon Cizelj, udeležba na generalni skupščini ETSON, 26. 5. 2021 (virtualno)
19. Leon Cizelj, udeležba na seji programskega odbora NESTet 2021, 7. 6. 2021 (virtualno)
20. Leon Cizelj, Ivo Kljenak, udeležba na srečanju EAES, 9. 6. 2021 (virtualno)
21. Leon Cizelj, udeležba na seji upravnega odbora in generalni skupščini ETSON, 17. 6. 2021 (virtualno)
22. Leon Cizelj, udeležba na upravnem odboru SNETP, 1. 7. 2021 (virtualno)
23. Leon Cizelj, udeležba na poletni šoli ENEN+, 5.–9. 7. 2021 (virtualno)
24. Leon Cizelj, udeležba na seji upravnega odbora ETSON, 15. 7. 2021 (virtualno)
25. Leon Cizelj, udeležba na seji programskega odbora konference NESTet 2021, 30.–31. 8. 2021 (virtualno)
26. Leon Cizelj, udeležba na sestanku konzorcija ENEN+ + , 13. in 17. 9. 2021 (virtualno)
27. Leon Cizelj, udeležba na seji upravnega odbora ETSON, 14. 9. 2021 (virtualno)
28. Leon Cizelj, udeležba na generalni skupščini projekta ECC-SMART, 20. 9. 2021 (virtualno)
29. Leon Cizelj, udeležba na letnem sestanku projekta EURAD ROUTES, 20. 9. 2021 (virtualno)
30. Leon Cizelj, udeležba na 65. zasedanju generalne konference Mednarodne agencije za atomsko energijo in TSO forumu, Dunaj, Avstrija, 20.–22. 9. 2021
31. Leon Cizelj, udeležba na upravnem odboru SNETP, 23. 9. 2021 (virtualno)
32. Leon Cizelj, udeležba na European Nuclear Young Generation Forum 2021, Tarragona, Španija, 26.–30. 9. 2021
33. Leon Cizelj, udeležba na generalni skupščini EURAD, 29. 9. 2021 (virtualno)
34. Leon Cizelj, udeležba na zaključnem sestanku projekta ENEN + , 29. 9. 2021 (virtualno)
35. Leon Cizelj, udeležba na seji upravnega odbora združenja ENEN, 29. 10. 2021 (virtualno)
36. Leon Cizelj, udeležba na konferenci NESTet 2021, Bruselj, Belgija, 14.–17. 11. 2021 (2)
37. Leon Cizelj, Tanja Klopčič, Mitja Uršič, udeležba na EUROSAFE 2021, Pariz, Francija, 21.–25. 11. 2021
38. Leon Cizelj, udeležba na generalni skupščini ETSON, Pariz, Francija, 24. 11. 2021
39. Leon Cizelj, udeležba na 15. konferenci SET Plan, Bled, 25.–26. 11. 2021
40. Leon Cizelj, udeležba na generalni skupščini ENS, 10. 12. 2021 (virtualno)
41. Ivo Kljenak, udeležba na sestanku ETSON-SAMHYCO-NET, 13. 1. 2021 (virtualno)
42. Ivo Kljenak, udeležba na 2. skupščini PIACE, 20. 1. 2021 (virtualno)
43. Ivo Kljenak, udeležba na sestanku projekta AMHYCO, 28. 1. 2021 (virtualno)
44. Ivo Kljenak, udeležba na SNETP forumu, 2.–4. 2. 2021 (virtualno)
45. Ivo Kljenak, udeležba na srečanju koordinacijske ekipe NUGENIA TA2, 18. 2. 2021 (virtualno)
46. Ivo Kljenak, udeležba na seji upravnega odbora projekta AMHYCO, 22. 2. 2021 (virtualno)
47. Ivo Kljenak, udeležba na sestanku projekta AMHYCO; WP1, 16. 3. 2021 (virtualno)
48. Ivo Kljenak, udeležba na sestanku projekta AMHYCO; WP2, 26. 3. 2021 (virtualno)
49. Ivo Kljenak, udeležba na skupščini NUGENIA TA2, 31. 3. 2021 (virtualno)

50. Ivo Kljenak, udeležba na sestanku konzorcija AMHYCO, 7.–8. 4. 2021 (virtualno)
51. Ivo Kljenak, udeležba na skupščini NUGENIA TA2, 23. 4. 2021 (virtualno)
52. Ivo Kljenak, udeležba na srečanju koordinacijske ekipe NUGENIA TA2, 21. 5. 2021 (virtualno)
53. Ivo Kljenak, Matjaž Leskovar, udeležba na sestanku projekta AMHYCO, 21. 6. 2021 (virtualno)
54. Ivo Kljenak, udeležba na analitični delavnici OECD/NEA HYMERES2, 23. 6. 2021 (virtualno)
55. Ivo Kljenak, udeležba na seminarju OECD/NEA THAI3, 6.–7. 10. 2021 (virtualno)
56. Ivo Kljenak, udeležba na sestanku projekta AMHYCO, 2. 11. 2021 (virtualno)
57. Ivo Kljenak, udeležba na srečanju koordinacijske ekipe NUGENIA TA2, 12. 11. 2021 (virtualno)
58. Ivo Kljenak, udeležba na sestanku ETSON EG4 Težke nesreče, 16. 11. 2021 (virtualno)
59. Ivo Kljenak, udeležba na sestanku OECD/NEA višje strokovne skupine za varovanje podatkov, 18.–19. 11. 2021 (virtualno)
60. Ivo Kljenak, Matjaž Leskovar, udeležba na sestanku konzorcija AMHYCO, 30. 11.–1. 12. 2021 (virtualno)
61. Ivo Kljenak, udeležba na zaključni delavnici OECD/NEA TCOFF, 14.–15. 12. 2021 (virtualno)
62. Ivo Kljenak, Matjaž Leskovar, udeležba na sestanku projekta AMHYCO, 22. 12. 2021 (virtualno)
63. Janez Kokalj, Matic Kunšek, Boštjan Zajec, udeležba na konferenci 8<sup>th</sup> Young Generation Nuclear Conference, 19. 5. 2021 (3) (virtualno)
64. Janez Kokalj, udeležba na konferenci ENYGF ter na sestanku ENSYGN CCM, Tarragona, Španija, 24. 9.–1. 10. 2021 (1)
65. Boštjan Končar, udeležba na 33. generalni skupščini EUROfusion, 3. 3. 2021 (virtualno)
66. Boštjan Končar, udeležba na 34. generalni skupščini EUROfusion, 6.–7. 4. 2021 (virtualno)
67. Boštjan Končar, udeležba na 2. izredni generalni skupščini EUROfusion, 21. 5. 2021 (virtualno)
68. Boštjan Končar, udeležba na DEMO pripravljalni seji programskega sveta, 28. 6. 2021 (virtualno)
69. Boštjan Končar, udeležba na 35. generalni skupščini EUROfusion, 5.–6. 7. 2021 (virtualno)
70. Boštjan Končar, udeležba na WPDIV-IDTT Divertor Cassette Design Progress, 10. 9. 2021 (virtualno)
71. Boštjan Končar, udeležba na prvem sestanku JSI-ASIPP, 14. 9. 2021 (1) (virtualno)
72. Boštjan Končar, udeležba na 2<sup>nd</sup> European Teacher Fusion Day, 1. 10. 2021 (2) (virtualno)
73. Boštjan Končar, udeležba na začetnem sestanku DEBORA Benchmark, 4.–7. 10. 2021 (virtualno)
74. Boštjan Končar, udeležba na 36. generalni skupščini EUROfusion, 13.–14. 10. 2021 (virtualno)
75. Boštjan Končar, udeležba na sestanku projekta PPPT WPSAE, 21.–22. 10. 2021 (virtualno)
76. Boštjan Končar, udeležba na zaključnem nadzornem sestanku W7X in JT-60SA, 9. 11. 2021 (1) (virtualno)
77. Boštjan Končar, udeležba na 37. generalni skupščini EUROfusion, 14. 12. 2021 (virtualno)
78. Jan Kren, udeležba na mednarodni konferenci CHT-21, 15.–19. 8. 2021 (1) (virtualno)
79. Jan Kren, udeležba na mednarodni konferenci TopFuel 2021, Santander, Španija, 23.–29. 10. 2021
80. Jan Kren, izpopolnjevanje in sestanek na skupnem projektu, Petten, Nizozemska, 7.–20. 11. 2021
81. Matic Kunšek, udeležba na mednarodni konferenci NENE 2021, 6.–9. 9. 2021 (1) (virtualno)
82. Matjaž Leskovar, udeležba na srečanju CSARP/MCAP/MELCOR, 7.–11. 6. 2021 (1) (virtualno)
83. Andrej Prošek, udeležba na 2. delavnici projekta NARSIS, 9. in 12. 4. 2021 (virtualno)
84. Andrej Prošek, udeležba na Dnevu meroslovja 2021, 20. 5. 2021 (virtualno)
85. Andrej Prošek, udeležba na spomladanskem sestanku programa CAMP, 25.–27. 5. 2021 (1) (virtualno)
86. Andrej Prošek, udeležba na zaključnem dogodku sCO2-FLEX, 16. 6. 2021 (virtualno)
87. Andrej Prošek, udeležba na jesenskem sestanku programa CAMP, 2.–4. 11. 2021 (1) (virtualno)
88. Mohit Pramod Sharma, udeležba na 28<sup>th</sup> IAEA Fusion Energy Conference, 10.–15. 5. 2021 (1) (virtualno)
89. Mohit Pramod Sharma, udeležba na IAEA Technical Meeting on Advances in Numerical and Experimental Analysis of Critical Heat Flux in Rod Bundles, 29. 6.–2. 7. 2021 (1) (virtualno)
90. Matej Tekavčič, udeležba na začetnem sestanku DEBORA Benchmark, Paris-Saclay, Francija, 4.–7. 10. 2021
91. Matej Tekavčič, udeležba na letnem sestanku projekta CROSSING, 7. 12. 2021 (virtualno)
92. Matej Tekavčič, udeležba na konferenci 18<sup>th</sup> Multiphase Flow Conference and Short Course: Simulation, Experiment and Application, 8.–12. 11. 2021 (1) (virtualno)
93. Matej Tekavčič, udeležba na zagovoru vmesne ocene projekta Helmholtzovega evropskega partnerstva CROSSING, 26. 5. 2021 (virtualno)
94. Matej Tekavčič, udeležba na 32<sup>nd</sup> Meeting of German CFD Network of Competence, 16.–17. 3. 2021 (virtualno)
95. Mitja Uršič, udeležba na 16. sestanku Organizacijskega odbora foruma za tehnično in znanstveno podporo (IAEA), 9.–10. 3. 2021 (virtualno)
96. Boštjan Zajec, udeležba na konferenci HEFAT, 25.–28. 7. 2021 (1) (virtualno)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. **prof. dr. Leon Cizelj, znanstveni svetnik - vodja odseka**
2. dr. Oriol Costa Garrido
3. dr. Martin Draksler
4. dr. Samir El Shawish
5. doc. dr. Ivo Kljenak
6. doc. dr. Boštjan Končar
7. dr. Matjaž Leskovar
8. dr. Blaž Mikuž
9. dr. Andrej Prošek
10. Mohit Pramod Sharma, PhD., Indija
11. prof. dr. Iztok Tiselj, znanstveni svetnik
12. dr. Mitja Uršič

### Podoktorski sodelavci

13. dr. Timon Mede
14. *dr. Jure Oder, časna prekinitev 1. 2. 2021*
15. dr. Matej Tekavčič

### Mlajši raziskovalci

16. dr. Janez Kokalj
17. Jan Kren, mag. jed. teh.
18. Rok Krpan, mag. jed. teh.
19. Matic Kunšek, mag. jed. teh.
20. *Nikola Veljanovski, MSc., Makedonija, odšel 1. 6. 2021*
21. Boštjan Zajec, mag. jed. teh.

### Strokovni sodelavci

22. Anil Kumar Basavaraj, Bachelor of Engineering, Indija
23. *Sandi Cimerman, dipl. inž. fiz., odšel 7. 5. 2021*
24. Andrej Sušnik, dipl. inž. str.

### Tehniški in administrativni sodelavci

25. Tanja Klopčič
26. Zoran Petrič, univ. dipl. fiz.
27. Nina Rehar, prof. lik. umet.

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. ASCOMP GmbH, Zürich, Švica
2. American Society of Mechanical Engineers, ZDA
3. Becker Technologies GmbH, Eschborn, Nemčija
4. Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), Pariz, Francija
5. CEA – Institut national des sciences et techniques nucléaires (CEA-INSTN), Gif-sur-Yvette, Francija
6. Electricité de France (EDF), Chatou, Francija
7. Elektrotehniški inštitut Milan Vidmar, Ljubljana
8. European Nuclear Education Network (ENEN), Bruselj, Belgija
9. European Technical Safety Organisations Network (ETSON)
10. GEN energija, d. o. o., Krško
11. Harbin University of Technology, Harbin, Kitajska
12. Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Nemčija
13. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), St. Paul-lez-Durance, Francija
14. Institute for Nuclear Technology and Energy Systems (IKE), Stuttgart, Nemčija
15. International Atomic Energy Agency (IAEA), Dunaj, Avstrija
16. ITER-Consult, Rim, Italija
17. Joint Research Centre (JRC), Institute of Energy, Petten, Nizozemska
18. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe, Nemčija
19. Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), Daejeon, Južna Koreja
20. Nuclear Research and Consultancy Group (NRG), Petten, Nizozemska
21. Nuklearna elektrarna Krško
22. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)/Nuclear Energy Agency (NEA), Pariz, Francija
23. Paul Scherrer Institute (PSI), Villigen, Švica
24. Royal Institute of Technology (KTH), Nuclear Reactor Technology Division, Stockholm, Švedska
25. Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, Kitajska
26. Studiecentrum voor Kernenergie, Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire (SCK – CEN), Mol, Belgija
27. Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (SNETP)
28. Texas A&M University, ZDA
29. U.S. Nuclear Regulatory Commission (US NRC), Washington D.C., ZDA
30. Università degli Studi di Pisa, Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale, Pisa, Italija
31. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Ljubljana
32. Uprava RS za jedrsko varnost, Ljubljana

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Ulrich Bieder, Heleen Uitslag-Doolaard, Blaž Mikuž, "Investigation of pressure loss and velocity distribution in fuel assemblies with wire-wrapped rods by using RANS and LES with wall functions", *Annals of Nuclear Energy*, 2021, **152**, 108025. [COBISS.SI-ID 45607683]
- Jure Oder, Cedric Flageul, Iztok Tiselj, "Statistical uncertainty of DNS in geometries without homogeneous directions", *Applied sciences*, 2021, **11**, 4, 1399. [COBISS.SI-ID 50144515]
- Boštjan Zajec, Marko Matkovič, Nejc Kosanič, Jure Oder, Blaž Mikuž, Jan Kren, Iztok Tiselj, "Turbulent flow over confined backward-facing step: PIV vs. DNS", *Applied sciences*, 2021, **11**, 22, 10582. [COBISS.SI-ID 84357891]
- Samir El Shawish, Timon Mede, Jeremy Hure, "A single grain boundary parameter to characterize normal stress fluctuations in materials with elastic cubic grains", *European journal of mechanics. A, Solids*, 2021, **89**, 104293. [COBISS.SI-ID 61737987]
- Louis Giannone, Samir El Shawish, Albrecht Herrmann, Arne Kallenbach, K.-H. Schuhbeck, George Vayakis, Christopher Watts, Irene Zammuto, "Shunt and Rogowski coil measurements on ASDEX upgrade in support of DEMO detachment control", *Fusion engineering and design*, 2021, **166**, 112276. [COBISS.SI-ID 49535747]
- Boštjan Končar, Domen Ovtar, Oriol Costa Garrido, Piero Agostinetti, "Calorimeter conceptual design for Neutral Beam Injector of DTT - CFD optimisation and thermal stress analysis", *Fusion engineering and design*, 2021, **170**, 112469. [COBISS.SI-ID 56957443]
- Martin Draksler, Christian Bachmann, Boštjan Končar, "Assessment of residual heat removal from activated breeding blanket segment during remote handling in DEMO", *Fusion engineering and design*, 2021, **173**, 112891. [COBISS.SI-ID 83035651]
- Iztok Tiselj, Mohit Sharma, Boštjan Zajec, Nikola Veljanovski, Jan Kren, Leon Cizelj, Blaž Mikuž, "Investigation of turbulent flow in square duct with heated foil thermometry", *International journal of heat and mass transfer*, 2021, **175**, 121381. [COBISS.SI-ID 62825219]
- Mohit Sharma, A. Moharana, "Simulation of turbulent mixing rate in simulated subchannels of a reactor rod bundle", *Kerntechnik*, 2021, **86**, 3, 210-216. [COBISS.SI-ID 84560643]
- Janez Kokalj, Mitja Uršič, Matjaž Leskovar, "Modelling of premixed layer formation in stratified fuel-coolant configuration", *Nuclear Engineering and Design*, 2021, **378**, 111261. [COBISS.SI-ID 62091523]
- Matej Tekavčič, Richard Meller, Fabian Schlegel, "Validation of a morphology adaptive multi-field two-fluid model considering counter-current stratified flow with interfacial turbulence damping", *Nuclear Engineering and Design*, 2021, **379**, 111223. [COBISS.SI-ID 61741827]
- Rok Krpan, Iztok Tiselj, Ivo Kljenak, "Simulations of PANDA and SPARC experiments on containment atmosphere mixing caused by vertical gas injection", *Nuclear Engineering and Design*, 2021, **384**, 111464. [COBISS.SI-ID 77902339]
- Julio Benavides Rodríguez, Oriol Costa Garrido, Gonzalo Jiménez, Leon Cizelj, "Thermo-mechanical analysis of a nuclear spent fuel dry cask using CFD results in a FE code", *Nuclear Engineering and Design*, 2021, **384**, 111481. [COBISS.SI-ID 79905027]
- International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 410. [COBISS.SI-ID 91268867]
- Tim Kelhar, Markus Petroff, Janez Kokalj, Mitja Uršič, Rudi Kulenovic, Leon Cizelj, Jörg Starflinger, "Analytical model of debris quenching with top-flooding configuration and additional gas injection for FLOAT experiments", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 423. [COBISS.SI-ID 91267843]
- Richard Meller, Benjamin Krull, Fabian Schlegel, Matej Tekavčič, "Classification and resolution adaptive drag modelling of gas-liquid interfaces with a multifield two-fluid model", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 601. [COBISS.SI-ID 91266307]
- Boštjan Zajec, Leon Cizelj, Boštjan Končar, "Effect of heat flux on distribution of vapour volume fraction and bubble size distribution at flow boiling in horizontal annulus", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 603. [COBISS.SI-ID 91263491]
- Jan Kren, Blaž Mikuž, "Large interface tracking algorithm for air-water slug in turbulent flow", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 608. [COBISS.SI-ID 91265283]
- Andrej Prošek, Boštjan Končar, "TRACE simulation of semiscale S-NC-2 and S-NC-3 tests", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 609. [COBISS.SI-ID 91310339]
- Rok Krpan, Iztok Tiselj, Ivo Kljenak, "Numerical domain reduction in containment atmosphere mixing simulations", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 610. [COBISS.SI-ID 91308035]
- Blaž Mikuž, Jan Kren, Anil Kumar Basavaraj, Danjela Kuščer, "Influence of seeding particles on particle image velocimetry measurements in single-phase turbulent pipe flow", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 614. [COBISS.SI-ID 91311107]
- Andrej Prošek, "LOCA plus loss of one emergency core cooling system simulated by RELAP5/MOD3.3 patch 05", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 615. [COBISS.SI-ID 91311619]
- Mihael Boštjan Končar, Matej Tekavčič, Mitja Uršič, "Film boiling simulation around cylinder with ANSYS fluent", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 619. [COBISS.SI-ID 91313923]
- Aljoša Gajšek, Boštjan Končar, Matej Tekavčič, Andrej Prošek, "Validation of two-fluid boiling flow model on the DEBORA benchmark experimental data", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 620. [COBISS.SI-ID 91315971]
- Martin Draksler, Matej Tekavčič, Boštjan Končar, "Simulation of heat transfer in multiple impinging jets with scale-adaptive turbulence model", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 621. [COBISS.SI-ID 91318275]
- Mitja Uršič, Andrej Prošek, Leon Cizelj, "Technical and scientific support organizations as an independent layer of defence-in-depth in licensing of nuclear facilities", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 701. [COBISS.SI-ID 91320579]
- Mohit Sharma, Vinary Menon, Samir Khirwadkar, "Thermal hydraulic performance analysis of smooth and swirl tube type geometries of plasma facing component using entropy generation approach", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe*,

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

- Petra Fic *et al.* (12 avtorjev), "COVID-19 vigilance: towards better risk assessment and communication during the next wave", V: *40. mednarodna konferenca o razvoju organizacijskih znanosti: vrednote, kompetence in spremembe v organizacijah, 17-19 March 2021, konferenčni zbornik*, University of Maribor, 2021, 199-217. [COBISS.SI-ID 64473091]
- Boštjan Zajec, Boštjan Končar, Leon Cizelj, "Visualization and void distribution analysis in flow boiling of R245fa in horizontal annulus", V: *ATE-HEFAT 2021, 15th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, 26-28 July 2021*, American Society of Thermal and Fluids Engineers, 2021, 2319-2339. [COBISS.SI-ID 92312323]
- Matic Kunšek, Ivo Kljenak, Leon Cizelj, "Comparison of pool scrubbing simulations with SCRUPOS experiment", V: *NENE 2021, 30th*

- September 6-9, Bled, Slovenia, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 805. [COBISS.SI-ID 91322371]
17. Luka Selan, Boštjan Končar, Jörg Treter, Jean Boscary, Marianne Richou, "CFD analysis of actively cooled divertor target element for stellarator W7-X", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 812. [COBISS.SI-ID 91324163]
  18. Rok Krpan, Janez Kokalj, Mitja Uršič, Matjaž Leskovar, Boštjan Končar, "Development of the MELCOR model for the analyses of large helium ingress into the DEMO cryostat", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 814. [COBISS.SI-ID 91488003]
  19. Timon Mede, Samir El Shawish, "A simplified model for estimating intergranular normal stresses", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 901. [COBISS.SI-ID 91489027]
  20. Oriol Costa Garrido, Andrej Prošek, Leon Cizelj, "Pressurized thermal shock preliminary analyses of a 2-loop pressurized water reactor under loss-of-coolant accident scenarios", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 904. [COBISS.SI-ID 91490051]
  21. Oriol Costa Garrido, Nejc Kromar, Samir El Shawish, Leon Cizelj, "Development of a T-junction structural model with cracks in ABAQUS for efficient fracture mechanics analyses using detailed CFD data", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 907. [COBISS.SI-ID 91493635]
  22. Leon Cizelj, Csilla Pesznyák, Michèle Coeck, Jörg Starflinger, Gabriel Lazaro Pavel, Franck Wastin, "Strategic agenda for EU wide nuclear education, training and knowledge management", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 1101. [COBISS.SI-ID 91496707]
  23. Sandi Cimerman, Bojan Žefran, "Upgrading of HPCC at reactor center JSI in the last decade", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 1108. [COBISS.SI-ID 91497987]
  24. Janez Kokalj, Mitja Uršič, Matjaž Leskovar, "Premixed layer formation modelling in stratified melt-coolant configuration", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 1315. [COBISS.SI-ID 91270915]
  25. Abdesselam Abdelouas, C. Hartnack, Eduardo Gallego, F. J. Elorza, Juhani Hyvärinen, Juhani Vihavainen, Iztok Tiselj, Ivo Kljenak, "The Sarena project: completing a master's degree in nuclear engineering combining different educational and cultural environments", V: *NESTet 2021, Nuclear Education and Training, 15-17 November, Brussels, Belgium*. [COBISS.SI-ID 88371459]
  26. Gonzalo Jiménez *et al.* (13 avtorjev), "Amhyco project: towards advanced accident guidelines for hydrogen safety in nuclear power plants", V: *ICH2021, 9th International Conference on Hydrogen Safety, 21-24 September 2021*, Proceedings, International Association for Hydrogen Safety, 2021, 853-860. [COBISS.SI-ID 88698883]
  27. Jan Kren, Blaž Mikuž, Iztok Tiselj, "Numerical analysis of turbulent heat transfer in rectangular duct", V: *CHT-21, ICHMT International Symposium on Advances in Computational Heat Transfer, 15-19 August 2021, Rio de Janeiro, Brazil*, Proceedings, ICHMT digital library, 2021, 239-250. [COBISS.SI-ID 84554243]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Janez Kokalj, *Modeliranje interakcije goriva s hladilom v razslojenih razmerah*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Matjaž Leskovar; somentor Mitja Uršič). [COBISS.SI-ID 91995139]

# REAKTORSKI INFRASTRUKTURNI CENTER

# RIC

**Reaktorski infrastrukturni center (RIC) vključuje raziskovalni reaktor TRIGA Mark II in Objekt vročo celico (OVC). Reaktor, ki obratuje že od leta 1966, se uporablja kot vir nevtronov za raziskave, za izobraževanje in usposabljanje ter za proizvodnjo radioaktivnih izotopov. Podrobnejši tehnični podatki o reaktorju so na spletni strani ric.ijs.si. OVC je namenjen delu z radioaktivnimi snovmi in radioaktivnimi odpadki za potrebe raziskovalnih, razvojnih in tržnih programov ter projektov. V njem se izvajajo tudi redne meritve radiološkega nadzora reaktorja. Osebe RIC upravlja in vzdržuje reaktor in OVC, poleg tega pa sodeluje tudi pri drugih delih, ki zahtevajo usposobljene strokovnjake na sevalnem in jedrskem področju, kot npr. vzdrževanje zaprtih radioaktivnih virov, sodelovanje pri remontu NE Krško ter karakterizacija, obdelava in priprava radioaktivnih odpadkov.**



Vodja:  
**prof. dr. Borut Smodiš**

Reaktor je v letu 2021 obratoval 167 dni oziroma 739 ur. Pri tem je proizvedel 128,2 MWh toplote. Narejenih je bilo tudi 70 pulzov. Obsevanih je bilo 641 vzorcev v obsevalnih kanalih. Reaktor je deloval skoraj dvakrat več kot v letu 2020, ko je bilo obratovanje omejeno zaradi virusa SARS CoV-2, in največ v zadnjih desetih letih. Z izjemo leta 2020 je od leta 2015 opazen pozitiven trend vseh obratovalnih kazalnikov, kar potrjuje uspešno delo našega centra.

Operaterji reaktorja podpirajo uporabnike z izvajanjem dejavnosti in storitev, za katere raziskovalci niso usposobljeni in pooblaščen, kot so upravljanje reaktorja, izvajanje obsevanj in eksperimentov ter rokovanje z obsevanimi vzorci.

Reaktor TRIGA Mark II se je v letu 2021 večinoma uporabljal kot vir nevtronov za raziskave na področju odpornosti na sevanje, za nevtronsko aktivacijsko analizo ter za izobraževanje in usposabljanje. Za izobraževalne namene ga je največ uporabljal Odsek za reaktorsko fiziko (F8), za usposabljanje Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo (ICJT), za obsevanje vzorcev Odsek za znanosti o okolju (O2) in Odsek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev (F9), za eksperimente iz reaktorske fizike pa Odsek za reaktorsko fiziko (F8). Zaustavljen reaktor je močan vir sevanja gama, kar je bilo uporabljeno za preizkušanje odpornosti različnih elektorskih komponent in drugih materialov proti sevanju. V OVC so redno izvajali dejavnosti O2, Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem (SVPIS) in Agencija za radioaktivne odpadke (ARAO) – obdelava in priprava radioaktivnih odpadkov za potrebe skladiščenja.

Raziskave, pri katerih se je uporabljal reaktor, vključujejo:

- reaktorsko fiziko in nevtroniko,
- aktivacijske analize,
- raziskave sevalnih poškodb v polprevodnikih,
- nevtronsko dozimetrijo in spektrometrijo,
- aktivacijo materialov, raziskave jedrskih odpadkov in razgradnjo,
- študije odpornosti proti sevanju,
- obsevanje materialov fuzijskih reaktorjev,
- obsevanje elektronskih komponent,
- obsevanje medicinskih komponent,
- razvoj in preizkušanje novih detektorjev,
- razvoj novih metod za merjenje profilov moči, nevtronskih spektrov itd.,
- verifikacijo in validacijo metod za račun transporta nevtronov, fotonov in elektronov,
- razvoj metod za izobraževanje s področja reaktorske fizike.

Januarja smo zaključili sklop praktičnih vaj za študente FMF na II. stopnji bolonjskega študija. Večina vaj je potekala na daljavo. Med zaprtjem države smo operaterji prilagodili izvajanje vaj. Zdaj lahko študentje in tečajniki upravljajo našo merilno opremo na daljavo in s kateregakoli konca sveta. Zdaj smo na voljo tudi tistim, ki si ne morejo privoščiti potovanja v Slovenijo.



Slika 1: Vaja – porazdelitev nevtronskega fluksa za študente z Univerze Aix Marseille (na daljavo)



Slika 2: Raziskovalci z IJS in CEA izvajajo meritve s kalorimetri.

Februarja in novembra smo obevali vzorce FT-TIMS za CEA. Vsak vzorec zahteva 20-urno obsevanje na polni moči. Vzorci se obevajo v prilagojeni termalni koloni, kjer je razmerje termični nevtronski fluks proti preostalemu 500:1.

Marca in aprila se je reaktor uporabljal tudi za priprave na zagonske teste NEK. F8 umeri vso potrebno opremo na reaktorju TRIGA, preden prave zagonske teste izvede v NEK. Na podlagi opravljenih testov NEK lahko začne obratovati na polni moči.



Slika 3: Spremenjena konfiguracija reaktorske sredice



Slika 4: Udeleženci projekta SARENA iz različnih držav, prisotni pri vajah, ki jih v angleškem jeziku vodijo raziskovalci z Odseka za reaktorsko fiziko (F8) in operaterji reaktorja.



Slika 5: Študenti Univerze v Uppsalu se spoznavaajo z delovanjem reaktorja.

Aprila smo opravili krajšo kampanjo pulznega obratovanja z namenom karakterizacije detektorja sevanja Čerenkova. Detektor je bil maja prvič uporabljen tudi za novo vajo, ki so jo izvajali študentje FMF.

Poleg vaje z detektorjev sevanja Čerenkova smo maja prvič izvedli tudi vajo za študente FMF s samonapajalnim detektorjem nevtronov. Detektor ne potrebuje zunanega napajanja, saj ga napaja kar sevanje samo. Gre za razmeroma novo tehnologijo, ki se jo lahko uporabi v jedrskih elektrarnah, kadar izgubijo vir napajanja – primer nesreče.

Na prehodu v poletje smo spremenili konfiguracijo sredice. Dodali smo 6 svežih gorivnih elementov. Star trikotniški kanal smo zamenjali z novim in dodatno vstavili še en trikotniški kanal. Načrtujemo, da bo vzpostavljena sredica ostala nespremenjena naslednjih nekaj let.

Julija smo izvedli tridnevni tečaj na daljavo za študente Univerze Aix Marseille.

Julija smo izvajali tudi kalorimetrične meritve na različnih materialih v sodelovanju s CEA in F8.

Septembra smo gostili raziskovalce iz Napolija, ki so pri nas testirali odpornost njihovega FPGA-vezja na sevanje nevtronov.

Konec septembra smo organizirali že tradicionalni tedenski tečaj eksperimentalne reaktorske fizike za študente z univerze Uppsala.

Skozi celotno jesen smo vsak ponedeljek gostili študente FMF in udeležence projekta SARENA. Udeleženci so bili študentje s treh celin, opravljali pa so enake vaje kot slovenski študentje. Tečaj je bil izveden prvič in je potekal v angleškem jeziku.

Od konca oktobra pa do sredine decembra smo skoraj vsako popoldne gostili bodoče operaterje NEK – udeležence tečaja Tehnologije jedrskih elektrarn, ki ga organizira ICJT.

V začetku novembra smo naredili kratko kampanjo za CEA in Framatome v sodelovanju z odsekom F8. Glavni namen je bil testiranje odziva detektorjev SiC.

V začetku decembra smo se operaterji odpravili na tehnično ekskurzijo v Pariz. Ogledali smo si reaktor Orphe in največji nuklearni sejem v regiji – World Nuclear Exhibition, ki je organiziran na vsaki dve leti.

Decembra je reaktor veliko obratoval v pulznem načinu. Razlogi so bili krajša pulzna kampanja s CEA in Instrumentation Technologies (slovensko podjetje iz Solkana), vaja za študente FMF in vaja za študente univerze Politecnico di Milano.

Skozi celo leto smo obevali detektorje za večje pospeševalnike, kot je CERN. Obsevanja so potekala prek odseka F9 ali pa direktno za posamezne naročnike.

Nadaljevali smo sodelovanje s podjetjem DITO, ki razvija in prodaja najboljša proti sevanju odporna svetila. V reaktorju smo obevali posamezne komponente luči in tako določali njihovo odpornost.

Zaradi preprečevanja širjenja koronavirusa smo lani zelo omejili število obiskovalcev. Sodelovali smo na dnevu odprtih vrat, ki je potekal virtualno. Jeseni smo sodelovali na dogodku Noč raziskovalcev, ki je potekala v živo. Obiskovalci so si lahko ogledali reaktor v večernem času med obratovanjem na moči 30 kW. Moč je dovolj nizka, da obiskovalcev nismo izpostavili sevanju, so pa obiskovalci lahko videli sevanje Čerenkova, ki je značilen indikator obratovanja reaktorja.

## MEDNARODNA PROJEKTA

1. Obsevanja za podjetje Rolls-Royce Civil Nuclear SAS  
Rolls-Royce Civil Nuclear SAS  
prof. dr. Borut Smodiš
2. H2020 - ENEEP; Evropska jedrska eksperimentalna izobraževalna platforma  
European Commission  
prof. dr. Borut Smodiš

## PROJEKTI

1. Obsevanja v jedrskem reaktorju TRIGA  
prof. dr. Borut Smodiš
2. Obsevanja na reaktorju TRIGA  
prof. dr. Borut Smodiš
3. Obsevanje kapsul FT-TIMS na reaktorju TRIGA za 2020-2022  
prof. dr. Borut Smodiš
4. Prenovljen vrtiljak „Lazy Susan“  
prof. dr. Borut Smodiš
5. SiC kampanja v okviru pogodbe med CEA/AMU in FRAMATOME  
prof. dr. Borut Smodiš

## OBISKI

1. Anže Prašnikar, Miha Grilc, Edita Jasiukaityte in Brigita Hočevnar, Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija, 27. 1. 2021
2. dr. sc. Robert Bernat, Luka Bakrač, Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška, 1.-5. 3. 2021
3. Clément Barnier, Pierre Vignollet, Stéphane Fargues, Rolls Royce Civil Nuclear SAS, Meylan, Francija, 23.-25. 5. 2021
4. Rok Bizjak, DITO, Gorica pri Slivnici, Slovenija, 14. 4. 2021
5. Gorazd Slak, Aleš Novak, Igor Novak, SiolNET, TSmedia, Ljubljana, Slovenija, 5. 5. 2021
6. Loïc Barbot, Gregoire de Izarra, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) Cadarache, Saint-Paul-lez-Durance, Francija, 14.-15. 6. 2021
7. dr. Damien Fourmentel, Hubert Carcreff, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) Cadarache, Saint-Paul-lez-Durance, Francija, 19.-23. 7. 2021
8. dr. Damien Fourmentel, Hubert Carcreff, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) Cadarache, Saint-Paul-lez-Durance, Francija, 2.-5. 11. 2021
9. dr. Laurent Ottaviani, Univerza Aix-Marseille, Marseille, Francija, 2.-5. 11. 2021
10. Patrick Konrad, Heiko Jasper, Patrick Weidenauer, Framatome, Saone-et-Loire, Francija, 2.-5. 11. 2021
11. dr. Elchin Huseynov, National Nuclear Research Center, Baku, Azerbajdžan, 14.-28. 11. 2021
12. prof. Stefano Lorenzi, Politecnico di Milano, Milano, Italija, 3. 12. 2021
13. Loïc Barbot, Gregoire de Izarra, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) Cadarache, Saint-Paul-lez-Durance, Francija, 6.-10. 12. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Anže Jazbec; Reactor Operation (Insights and Experience Sharing, Atomic Energy Week), 7. 12. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Anže Jazbec, Technical Meeting on the Safety of Research Reactors under Project and Supply Agreements and Review of their Safety Performance Indicators, Dunaj, Avstrija, 22.-26. 11. 2021, virtualno srečanje (1)
2. Anže Jazbec, Borut Smodiš, 30<sup>th</sup> International Conference Nuclear Energy for New Europe, NENE2021, Bled, 6.-9. 9. 2021 (1)
3. Sebastjan Rupnik, Technical Meeting on Research Reactor Ageing Management, Refurbishment and Modernization, Kazan, Rusija, 31. 5.-4. 6. 2021, virtualno srečanje
4. Borut Smodiš, Euratom - Scientific and Technical Committee, Bruselj, Belgija, 20. 4. 2021, virtualno srečanje
5. Borut Smodiš, Euratom - Scientific and Technical Committee, Bruselj, Belgija, 25. 10. 2021
6. Borut Smodiš, Consultancy Meeting on TRIGA Research Reactor Fuel Supply, Dunaj, Avstrija, 22.-24. 11. 2021, virtualno srečanje (1)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. **prof. dr. Borut Smodiš, znanstveni svetnik - vodja samostojnega centra**

### Podoktorski sodelavci

2. dr. Anže Jazbec

### Tehniški in administrativni sodelavci

3. Andrej Gyergyek, univ. dipl. fiz.
4. Jasna Kopač, dipl. ang. (UN) in dipl. šp. jez. in knjiž. (UN)
5. Marko Rosman
6. Sebastjan Rupnik, dipl. inž. fiz.
7. Nina Udir, univ. dipl. inž. graf. tehnol.
8. Andraž Verdir, dipl. inž. el.

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. ADDSEN, s. r. o., Malacky, Slovaška
2. Agencija za radioaktivne odpadke - ARAO, Ljubljana
3. CERN, the European Organization for Nuclear Research, Ženeva, Švica
4. Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, St Paul lez Durance Cedex, Francija
5. DITO, d. o. o., Gorica pri Slivnici
6. European Atomic Energy Community (Euratom), Bruselj, Belgija
7. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Fission Energy, Bruselj, Belgija
8. International Atomic Energy Agency, Dunaj, Avstrija
9. Instrumentation Technologies, d. d.

10. ITER Organization, Saint Paul Lez Durance, Francija
11. Joint Research Centre (JRC) / Institute for reference materials and measurements (IRRM), Geel, Belgija
12. Lancaster University, Lancaster, Združeno kraljestvo
13. Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za jedrsko varnost, Ljubljana
14. Mk team elektro - strojni inženiring, d. o. o., Raka
15. National Nuclear Research Centre, Baku, Azerbajdžan
16. Nanocut, d. o. o.
17. Nuklearna elektrarna Krško, Krško
18. Univerza v Milanu (Politecnico di Milano), Milano, Italija
19. Precision Acoustics Ltd, Dorchester, Združeno kraljestvo
20. Rolls Royce Civil Nuclear SAS, Meylan, Francija
21. Rosatom Central Europe s.r.o., Budimpešta, Madžarska
22. Thermocoax SAS, Flers Cedex Francija
23. TWI Ltd, Cambridge, Združeno kraljestvo
24. Univerza v Lancashiru, Anglija
25. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
26. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana
27. Univerza v Uppsali, Uppsala, Švedska
28. Istituto Nazionale Fisica Nucleare, Sezione di Perugia, Perugia, Italija
29. Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, Strasbourg, Francija
30. University of Liverpool, Liverpool, Združeno kraljestvo
31. Univerza Clermont Auvergne, Laboratoire de Physique de Clermont, Clermont-Ferrand, Francija
32. Univerza Aix-Marseille, Faculty of Sciences, Marseille, Francija
33. Univerza v Zürichu, Physik-Institut, Zürich, Švica
34. Univerza v Hamburgu, Institute of Experimental Physics, Hamburg, Nemčija
35. Michigan State University, Dept. of Physics and Astronomy, East Lansing, ZDA



# BIBLIOGRAFIJA

---

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Anže Jazbec, Bor Kos, Klemen Ambrožič, Luka Snoj, "Dose rate calculations at beam tube 5 of the JSI TRIGA mark II research reactor using Monte Carlo method", *Applied Radiation and Isotopes*, 2021, **168**, 109510. [COBISS.SI-ID 39260163]
2. Arran George Plant, Bor Kos, Anže Jazbec, Luka Snoj, Vesna Najdanović-Visak, Malcolm John Joyce, "Nuclear-driven production of renewable fuel additives from waste organics", *Communications chemistry*, 2021, **4**, 132. [COBISS.SI-ID 77586435]
3. Vladimir Radulović, Sebastjan Rupnik, Jonathan Naish, Steve Bradnam, Zamir Ghani, Sergey Popovichev, Vasili Kiptily, Paola Batistoni, Rosaria Villari, Luka Snoj, JET Contributors, "Preparation of a water activation experiment at JET to support ITER", *Fusion engineering and design*, 2021, **169**, 1124410. [COBISS.SI-ID 55792899]
4. Ioannis Tsitsimpelis, Andrew West, Mauro Licata, M. D. Aspinall, Anže Jazbec, Luka Snoj, Philippe A. Martin, Barry Lennox, Malcolm John Joyce, "Simultaneous, robot-compatible gamma -ray spectroscopy and imaging of an operating nuclear reactor", *IEEE sensors journal*, 2021, **21**, 4, 5434-5443. [COBISS.SI-ID 57541891]
5. Anže Jazbec, Anže Pungertič, Bor Kos, Klemen Ambrožič, Luka Snoj, "Delayed gamma radiation simulation in case of loss of water event using Monte Carlo method", *Nuclear Engineering and Design*, 2021, **378**, 111170. [COBISS.SI-ID 57537539]
6. Andrew West, Ioannis Tsitsimpelis, Mauro Licata, Anže Jazbec, Luka Snoj, Malcolm J. Joyce, Barry Lennox, "Use of Gaussian process regression for radiation mapping of a nuclear reactor with a mobile robot", *Scientific reports*, 2021, **11**, 1, 13975. [COBISS.SI-ID 69560323]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Jan Malec, Michael Österlund, Andreas Solders, Ali Al-Adili, Anže Jazbec, Sebastjan Rupnik, Vladimir Radulović, Igor Lengar, Luka Snoj, "On teaching experimental reactor physics in times of pandemic", V: *ANIMMA 2021, 7th International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, 21-25 June 2021, Prague, Czech Republic*, Proceedings, [EP] web of conferences **253**, 2021, 10001. [COBISS.SI-ID 87535363]
2. Vladimir Radulović *et al.* (16 avtorjev), "The European nuclear experimental educational platform – ENEEP: Progress, prospects and remote education capabilities", V: *ANIMMA 2021, 7th International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, 21-25 June 2021, Prague, Czech Republic*, Proceedings, [EP] web of conferences **253**, 2021, 10002. [COBISS.SI-ID 88387331]
3. Anže Jazbec, Vladimir Radulović, Sebastjan Rupnik, Borut Smodiš, Luka Snoj, "Jožef Stefan Institute TRIGA research reactor activities in the period from September 2020 – August 2021", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 314. [COBISS.SI-ID 91270403]
4. Jan Malec, Vladimir Radulović, Igor Lengar, Anže Jazbec, Sebastjan Rupnik, Michael Österlund, Ali Al-Adili, Andreas Solders, Luka Snoj, "Remote research reactor exercises during pandemic induced lockdown", V: *NENE 2021, 30th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 6-9, Bled, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2021, 1104. [COBISS.SI-ID 94464771]

# CENTER ZA MREŽNO INFRASTRUKTURO

# CMI

**Center za mrežno infrastrukturo (CMI) upravlja računalniško omrežje in osrednje računalniško-komunikacijske storitve Instituta "Jožef Stefan" ter skrbi za razvoj in vzdrževanje računalniške, komunikacijske, podatkovne in varnostne infrastrukture odsekov, centrov in služb Instituta "Jožef Stefan" ter sodeluje v nacionalnih in mednarodnih kolaboracijah.**

Poglavitne naloge CMI so vzdrževanje računalniškega omrežja, storitev in naprav, ki jih uporabljajo pri svojem delu uporabniki IJS ter njihovi sodelavci, projekti in skupine, delujemo pa tudi v širšem nacionalnem in mednarodnem prostoru. Skrbimo za vključenost v lokalno in svetovno komunikacijsko omrežje, vzdrževanje računalniško-informacijske raziskovalne infrastrukture ter podporo raziskovalnemu delu na IJS z razvojem in vzdrževanjem ustreznih informacijsko-komunikacijskih in računalniških storitev, tehnologij in infrastrukture. To zagotavljamo z delom na štirih osnovnih področjih: omrežju, omrežni varnosti, omrežnih storitvah in mrežnem superračunalništvu.

## Omrežje

CMI z razvojem omrežne hrbtenice IJS, odsečnih omrežij, brezžičnega omrežja ter namenskih omrežij za storitve, projekte in dejavnosti, kot so namenske povezave do tujih centrov, varne povezave do Reaktorskega centra Podgorica ter povezave v namenska širokopasovna znanstvena omrežja, omogoča izvajanje osnovnih dejavnosti in posameznih projektov.

**Fizično omrežje:** V letu 2021 smo nadaljevali širjenje fizične zmogljivosti omrežja ter posodabljali in nadgrajevali aktivno opremo, brezžične postaje ter ključne aktivne komponente (usmerjevalniki hrbteničnega omrežja). S širitvijo 100 Gbit/s hrbteničnega omrežja z dvojnim priklopom na omrežje Arnes smo razširili hitri dostop do večjih superračunalniških in podatkovnih kapacitet. Nadaljevali smo optimizacijo hrbteničnega omrežja in uvedli navidezna omrežja za lokacijsko razpršene odseke, gruče, virtualne strežnike ter sisteme za oddaljen dostop za različne oblike vzdrževanja in souporabe virov. Zagotavljali smo podporo za širokopasovne povezave v mednarodnih kolaboracijah, kot so iniciative EuroHPC, EOSC, HPC RIVR, WLCG (World Wide Large Hadron Collider Computing Grid), Belle2, ter za uporabnike EGI in PRACE prek omrežij GÉANT ter v okviru uporabe namenskih znanstvenih zasebnih omrežij LHCONE in PRACE.

**Nadzorni sistemi:** Razvoj omrežja zahteva prilagajanje in razvoj mehanizmov za spremljanje in nadzor, odzive na omrežne dogodke, spremljanje prometa in storitev ter vpeljavo različnih senzorjev ter nadzor nad fizičnimi pogoji v prostorih, kjer so nameščeni posamezni sistemi in naprave. Tako nam nadzorni sistemi omogočajo spremljanje in analizo uporabe in dogodkov na različnih področjih, npr. spletnih storitev, varnostnih politik, požarnega zidu, sistema za overjanje in avtorizacijo, sistema za točen čas, sistemov za dostavo, analizo in obdelavo e-poštnega prometa, fizičnega stanja naprav, strojne opreme, temperature ter pogojev v prostoru in obremenitve električnih vodov.

**Brezžično omrežje:** S pomočjo sodobne opreme in boljšega osrednjega nadzora smo nadaljevali z zgoščanjem omrežja in izboljševali brezžično pokritost na področjih povečane uporabe.

## Varnost omrežja

CMI skrbi za varnost na zunanjem robu omrežja, varnost notranjega omrežja ter varnost programske opreme in storitev. Za varnost na zunanjem robu omrežja skrbimo s požarnimi pregradami in pasivnimi sredstvi (nastavitve, omejitve in nadzor). Dinamični nadzor, spremljanje prometa in delovanja ter upravljanje z nadzornimi mehanizmi so nujni za zagotavljanje ustrezne stopnje varnosti, saj moramo v omrežju IJS ob relativni odprtosti akademskega omrežja zagotoviti tudi visoko stopnjo varnosti, razpoložljivosti in prepustnosti. To zahteva uporabo vse zmogljivejših strojne in programske opreme ter sistemov za zajemanje in analitiko metrike dogodkov, zlasti v 100 Gbit/s omrežjih,



Vodja:

**dr. Jan Jona Javoršek**



*Slika 1: Običajni mrežni promet na IJS je skozi vse leto intenziven, delež prometa v namenska znanstvena omrežja pa se je zaradi novih povezav povečal.*

**Hrbtenično omrežje z več 10-gigabitnimi povezavami, sodobnimi protokoli in fleksibilno IKT-infrastrukturo z naprednimi storitvami ter številnimi fiksnimi in brezžičnimi odjemalci je dobilo hitre zunanje povezave s kapaciteto 100 Gbit/s.**

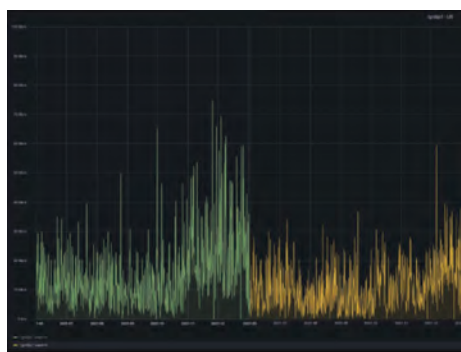
**Lastni razvoj varnostnih sistemov za elektronsko pošto, dinamični aktivni požarni zid, varni oddaljen dostop, virtualna omrežja ter napreden sistem za nadzor in analitiko zagotavljajo varno in odprto akademsko omrežje v dobi vse manj prijaznega interneta.**

in zato nesorazmerno veliko časa za nadzor in dinamično prilagajanje varnostnih ukrepov. V nekaterih omrežjih smo testno vpeljali mehanizem za varovanje fizičnih priključkov s prijavo (ethernet port security), kar omogoča tudi avtonomno priklapljanja novih naprav, npr. v računalniških učilnicah in laboratorijih. Vzpostavili smo nov pravilnik o kibernetiki varnosti za reaktorski kampus, ki bo postal osnova za prenovno varnostnih mehanizmov omrežja.

Kot služba, ki skrbi za varnost IKT omrežja Instituta "Jožef Stefan", dejavno sodelujemo z nacionalnim odzivnim centrom SI-CERT, spremljamo FIRST (Forum of Incident Response and Security Teams), smo vključeni v EGI CSIRT (odzivni center za varnost v evropskih infrastrukturah za mrežno računalništvo), smo del odzivnega centra slovenskega nacionalnega konzorcija za mrežno superračunalništvo SLING, kjer sodelujemo tudi v varnostni skupini superračunalnika EuroHPC Vega, kot izdajatelj certifikatov SiGNET CA pa smo vključeni v EU Grid PMA (forum za oblikovanje varnostnih pravilnikov za mrežno računalništvo v Evropi) in IGTF (Interoperable Global Trust Federation) ter smo ustanovitveni člani slovenske skupine mrežnih operaterjev SINOG.

*Elektronska pošta:* Na področju zaščite elektronske pošte pred neželenimi sporočili smo nadaljevali razvoj rešitev za zaščito poštnih komunikacij ter izboljšali podporo za napredne formate in protokole na področju elektronske pošte.

*Kriptografija in certifikati:* Nadaljevali smo z vpeljavo DNSSEC in postopkov za avtomatsko preverjanje pravilnosti zapisov DNS, vpeljavo sistema DANE (povezava elektronskih potrdil TLS s sistemom DNS) pri prenosu elektronske pošte ter objavo zapisov SSHFP prek domenskih strežnikov. Še vedno narašča število izdanih elektronskih potrdil za strežnike v institutnem omrežju, med katerimi je vse več splošno sprejetih elektronskih potrdil, ki jih podpirajo vsi pomembnejši brskalniki in operacijski sistemi, izdajamo pa jih v okviru dogovora z Arnesom prek omrežja GÉANT. Nadaljevali smo širitev protokola TLS z uporabo elektronskih potrdil na večino strežnikov, zato tudi na požarnem zidu dajemo prednost dostopu prek protokola HTTPS. S posodobitvijo sistemov za varno oddaljeno povezavo (VPN), ki omogoča varen šifriran oddaljeni dostop do omrežja IJS, smo omogočili široko uporabo sistema za delo od doma v času epidemije.



*Slika 2: Promet po novih 100G bit/s povezavah od aprila kaže zelo velike prenose v centru na Teslovi.*

**Osrednje storitve**

CMI vzpostavlja, razvija in vzdržuje vrsto osrednjih informacijsko-komunikacijskih storitev. Najpomembnejše so storitve elektronske pošte (upravljanje usmerjanja pošte, poštnih nabiralnikov, poštnih imenikov), storitve spletne podpore (osrednji strežnik <http://www.ijs.si/>, spletno gostovanje za posameznike, odseke, službe in projekte) in spletne storitve (sistemi za urejanje vsebine, domače strani, spletni imenik). Ob njih CMI izvaja še vrsto informacijskih storitev, ki so pomembne za izvajanje osnovnih storitev ali za posamezne dejavnosti, kakršne so spletne predstavitve, spletni sistemi za organizacijo konferenc, nadzor omrežja ipd. Na nekaterih področjih CMI sodeluje pri razvoju tehnologije in infrastrukture, zlasti na področjih zagotavljanja točnega časa in zaščite pred neželeno in nevarno pošto. Tretja kategorija so storitve za informacijsko podporo delavcem, kjer sta najbolj uporabljani storitvi NextCloud (koledarji, rokovniki, imeniki, izmenjava datotek, kolaborativno urejanje) ter GitLab (razvoj izvorne kode, sistemi za preverjanje, integracijo in prevajanje programske opreme), skrbimo pa tudi za podporo za razvoj mobilnih aplikacij za Apple Appstore in Google Play. Med osrednje storitve spada tudi gostovanje strežnikov in upravljanje strežnikov v računskem centru CMI, ki je namenjeno zlasti večjim sistemom in projektom, upravljanje informacijskih sistemov za podporo osebne računalništva (podpora in upravljanje odsečnih sistemov enotne prijave) ter upravljanje s kritičnimi osebni računalniki in komponentami.

Infrastrukturo za intenzivno računanje, ki jo vzpostavljamo v Računalniškem centru IJS Teslova od leta 2015, smo v letu 2021 še dodatno zasedli skoraj do možnosti trenutne električne infrastrukture. Novi superračunalnik Arnes, ki deluje v centru od leta 2020, je skupaj s sistemi IJS močno povečal možnosti za intenzivne računske obdelave.

V računalniškem centru CMI na Jamovi pa smo sprejeli še dodatne sisteme v gostovanje za računsko manj intenzivne strojne opreme in storitev v urejenem okolju z ustreznim hlajenjem, sodobnim omrežjem in brezprekinitvenim napajanjem. Razširili smo tudi storitev spletnega gostovanja (več kot 160 virtualnih spletnih strežnikov) in jo posodobili z novo strojno opremo.

Nadaljevali smo posodabljanje spletnih strani z dokumentacijo in z razvojem preprostejših vmesnikov za uporabnike. Sistem enotne prijave za spletne storitve, vključen v nacionalno federacijo Arnes AAI ter evropsko



*Slika 3: Na IZUM-u je v sodelovanju z ekipo IJS začel delovati slovenski superračunalniški sistem HPC Vega, prvi od sistemov evropske iniciative EuroHPC. S skoraj 6,8 peta FLOP/s, 20 PB diskovnih kapacitet in širokopasovno povezavo v svet je Vega postavila Slovenijo na 21. mesto na novembrski izdaji svetovne lestvice Top500 po opremljenosti s superračunalniškimi kapacitetami na prebivalca.*

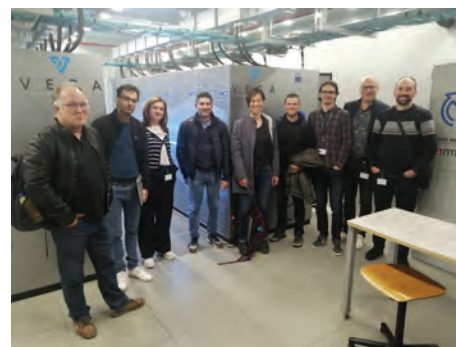
federacijo eduGAIN, ima vse več uporabnikov, saj omogoča dostop do številnih storitev v Sloveniji in v tujini, in upamo, da bo omogočil preprostejše upravljanje z uporabniki, razvijalcem in vzdrževalcem storitev pa olajšal upravljanje s podatki o uporabnikih.

### Mrežno superračunalništvo

Na področju tehnologije in infrastrukture mrežnega superračunalništva je Slovenija z odločitvijo, da bo prvi sistem v evropski iniciativi EuroHPC prav slovenski superračunalnik Vega, ki je začel delovati aprila 2021, stopila v ospredje evropskega razvoja na tem področju. IJS je s tradicijo in znanjem sodelavcev CMI in Odseka za eksperimentalno fiziko delcev F9 sodeloval pri prijavi, načrtovanju, arhitekturi ter postavitvi sistema Vega, ki deluje na IZUM-u v Mariboru. V okviru sodelovanja v konzorciju SLING ter v okviru projekta Nacionalnega kompetenčnega centra EuroHPC smo v letu 2021 podpirali delovanje sistema, ki je postal najbolj zaseden in uporabljan sistem iniciative EuroHPC. Nekatere inovacije, npr. mrežna povezanost ter veliko podatkovno polje, so se izkazale kot izredno koristne. Hkrati smo v okviru EUROCC podpirali program izobraževanja in podpore na visoki ravni, ki je izredno povečal uporabo in izkoristek sistemov v Sloveniji. V okviru te dejavnosti CMI skrbi tudi za službo za izdajanje elektronskih potrdil za znanost za Slovenijo, sodeluje pri razvoju osrednjih storitev slovenskega omrežja SLING in koordinira delo v mednarodnih infrastrukturnih projektih in kolaboracijah.

V letu 2021 smo tako opazili izredno veliko povečanje števila uporabnikov ter številne mednarodne uporabnike. V prostorih računalniškega centra IJS Teslova smo skupno gručo že lani v sodelovanju z odsekom E7 nadgradili s štirimi novimi vozlišči, ki so prinesla procesorje AMD Epyc, NVidia Ampère 100 in Xilinx FPGA, letos pa je veliko dela opravila tudi Arnesova superračunalniška gruča, ki je bila do zagona sistema Vega največja javno dostopna gruča v državi. V okviru dela centra in gruče smo nadaljevali podporo uporabnikom in integracijo nove gruče in obstoječih institutskih gruč v omrežje SLING z vmesno programsko opremo ARC ter vsebnikov za uporabo prednameščene programske opreme.

Na področju podpore mrežnega superračunalništva smo intenzivno sodelovali pri Slovenski iniciativi za nacionalni grid (SLING) ter EuroHPC, Evropski iniciativi za grid (EGI), Partnerstvu za napredno računalništvo v Evropi PRACE, v okviru projektov EuroHPC Leonardo (zagon sistema v letu 2022) ter v konzorciju NorduGrid za razvoj vmesne programske opreme ARC. Sodelovali smo tudi z vrsto mednarodnih projektov in omrežij (ATLAS – upravljanje namenske povezave, Belle2 – upravljanje z računskimi kapacitetami, CLARIN – podpora pri vzpostavitvi različnih storitev slovenskega vozlišča, ELIXIR – sodelovanje pri vzpostavljanju slovenskega vozlišča in oblikovanju evropskega omrežja). Na infrastrukturi SLING so v tem času potekali številni raziskovalni projekti in naloge s področij fizike osnovnih delcev, medicinske sensorike ter obdelave slik, teoretske fizike, astrofizike, biokemije, simulacije proteinov, analiz kristalov, tehnologije znanja, statističnih analiz, umetne inteligence, fluidne dinamike, računalniškega jezikoslovja itd. Pri številnih projektih je bila podpora skupina SLING, katere člani so administratorji CMI, vključena v paralelizacijo programske opreme, pripravo nalog in vzpostavljanje delovnega okolja za naloge. Člani CMI so kot strokovni svetovalci sodelovali tudi pri mednarodnih dejavnostih, npr. v okviru EuroHPC ter Evropskega oblaka za odprto znanost EOSC, v strokovnem svetu konzorcija HPC RIVR, pri vzpostavitvi in podpori novih nacionalnih superračunalnikov HPC RIVR Maister na Univerzi v Mariboru in Trdina na Fakulteti za informacijske študije ter pri vzpostavitvi EuroHPC Vega kot slovenskega superračunalnika v sistemu EuroHPC.



Slika 4: Superračunalnik HPC Vega vzdržuje in upravlja skupina sistemskih inženirjev, v kateri sodelujejo naši eksperti. Na fotografiji na lokaciji pred IZUM-om v Mariboru: Andrej Filipčič (F9), Teo Prica, Violeta Šikaleska (IZUM), Dejan Lesjak (F9), Barbara Krašovec (CMI), Jani Pogačar (FIŠ), Samo Lorenčič, Dejan Valh, Aleš Zemljak (IZUM)

**Repozitoriji za programsko opremo, datoteke in podatke ter podpora za skupinsko delo in razvoj programske opreme so nujne osnove za sodobno napredno znanstveno delo. Dostop do velikih podatkovnih shramb in najsodobnejših superračunalnikov, kakršni so slovenski HPC Vega in drugi novi evropski sistemi, spada med nepogrešljiva orodja mnogih raziskovalcev.**

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. EACEA: B-AIR; Zvočna umetnost za dojenčke, malčke in ranljive skupine na umetniškem spletnem radijskem kanalu, podprtem z inovativno tehnologijo  
EACEA – Education, Audiovisual & Culture Executive Agency  
dr. Jan Jona Javoršek
2. H2020 - EUROCC; Nacionalni kompetenčni centri v okviru EuroHPC  
European Commission  
dr. Jan Jona Javoršek
3. H2020 - EGI-ACE; Napredno računalništvo za Evropski odprti oblak EOSC  
European Commission  
dr. Jan Jona Javoršek

## SODELAVCI

### Strokovni sodelavci

1. Jan Ivanjko, dipl. posl. inf. (VS)
  2. **dr. Jan Jona Javoršek, vodja centra**
  3. mag. Barbara Krašovec
  4. Mark Martinec, univ. dipl. inž. rač. in inf.
- ### Tehniški in administrativni sodelavci
5. Ivan Ivanjko
  6. Janez Jezeršek
  7. Matjaž Levstek
  8. Janez Srakar
  9. Matej Wedam



**Znanstvenoinformacijski center IJS je ena največjih specialnih knjižnic v Sloveniji. Sodelavcem omogoča dostop do literature, ureja njihove bibliografije v sistemu SICRIS in jim ponuja podporo pri izpolnjevanju zahtev odprtega dostopa.**

Znanstveno komuniciranje temelji na izmenjavi spoznanj prek recenziranih objav v znanstveni periodiki. Redno spremljanje teh objav je nujno potrebno za zagotovitev konkurenčnosti in relevantnosti raziskovalnega dela. Informacijska doba je korenito spremenila načine dostopa do informacij, a velika večina člankov je še vedno dostopna le naročnikom. Inflacija objav in revij, ki smo ji priča v zadnjih letih, nas usmerja v paketno naročanje revij velikih založb. Znanstvenoinformacijski center sodeluje pri konzorcijalni nabavi paketov revij založb Elsevier, Springer, Wiley, IEEE, RSC in ACS, ki so temeljnega pomena za uspešnost raziskovalnega dela v Sloveniji. S tem zmanjšujemo stroške in slovenskim raziskovalcem omogočamo branje več kot 4.000 znanstvenih revij. Spletne izdaje dopolnjuje naša knjižnična zbirka, ki obsega približno 100.000 publikacij s področja fizike, kemije, biokemije, elektronike, informatike, umetne inteligence, jedrske tehnologije, energetike in znanosti o okolju. Uporabnikom omogočamo dostop do baze podatkov Reaxys in do evalvacijskega orodja SciVal.

Informacijski sistem o raziskovalni dejavnosti v Sloveniji, SICRIS, je osnova za vse razpise in izvolitvene postopke ARRS. Podatke sistema hrani bibliografska baza COBISS, ki med drugim beleži tudi ustvarjalno delo IJS od njegove ustanovitve leta 1949. Naši katalogizatorji redno dopolnjujejo in urejajo podatke o objavah približno 700 raziskovalcev; leta 2021 smo dodali več kot 3000 zapisov. Ti podatki se uporabljajo pri evalvacijskih procesih ARRS in pri izvolitvah sodelavcev IJS v raziskovalne in razvojne nazive; ena od naših nalog je tudi priprava ocen objav sodelavcev, ki se uporabljajo pri izvolitvenih postopkih.

Vse več financiranj v svoje pogodbe vključuje tudi zahteve po odprtem dostopu do objav. Slovenija je sprejela strategijo odprtega dostopa in tudi ARRS, kot podpisnik Plana S, v svojih razpisih že vključuje zahteve po objavah v skladu s to strategijo. Ena od zahtev strategije je objava zadnje avtorjeve različice članka v mednarodno povezljivem repozitoriju. Znanstvenoinformacijski center v ta namen na željo avtorjev vnaša članke v repozitorij DIRROS, ki ustreza vsem zahtevam Evropske komisije in ARRS.

Pomemben del našega dela pa je tudi zbiranje, preverjanje in urejanje podatkov, ki so del tega poročila, oblikovanje prispevkov, ki predstavljajo delo IJS v preteklem letu, in priprava poročila za tisk. Elektronski arhiv letnih poročil je dostopen na spletnem naslovu <https://www.ijs.si/ijsw/Informacije%20javnega%20zna%C4%8Daja>.



Vodja:  
**dr. Luka Šušteršič**

## SODELAVCI

### Strokovni sodelavci

1. **dr. Luka Šušteršič, vodja centra**
2. mag. Marjan Verč

### Tehniški in administrativni sodelavci

3. Suzi Korošec, inž. rač.

4. Jasna Malalan
5. Katarina Modic, univ. dipl. inž. kem. inž.
6. Alenka Ana Stante, mag. lik. um.
7. Jože Škulj
8. Branka Štrancar
9. Ana Tratnik, inž. logistike, odšla 1. 8. 2021
10. Saša Žnidar, prof. angl. in univ. dipl. bibl.

## BIBLIOGRAFIJA

### IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Marijan Ribarič, Luka Šušteršič, "On simplified models for dynamics of pointlike objects", *Journal of applied mathematics and physics*, 2021, **9**, 8, 1853-1869. [COBISS.SI-ID 101685251]



# CENTER ZA ENERGETSKO UČINKOVITOST

# CEU

**Osnovna usmerjenost delovanja Centra za energetska učinkovitost je področje učinkovite rabe energije, dolgoročnega načrtovanja v energetiki ter aktivnosti za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov (TGP) in drugih onesnaževal zraka. Center danes predstavlja mesto zbiranja in prenosa znanj za učinkovito rabo energije na stičišču porabnikov energije, države, ponudnikov energije, opreme in storitev ter drugih zainteresiranih javnosti, hkrati pa zajema okoljske vplive rabe in pretvorbe energije. Najpomembnejši del delovanja Centra za energetska učinkovitost v zadnjem obdobju je tako sodelovanje z državnimi institucijami pri pripravi strateških dokumentov in zakonodaje na področju učinkovite rabe energije, načrtovanja v energetiki, razpršene proizvodnje električne energije, emisij toplogrednih plinov ter drugih onesnaževal zraka, pri čemer pa s svetovalno in izobraževalno vlogo na področju energetike še vedno ostaja trdno povezan z industrijskimi podjetji in drugimi ustanovami ter zelo vpet tudi v evropske raziskovalne projekte.**



Vodja:  
**mag. Stane Merše**

## Energetika in okolje

Tudi v letu 2021 je CEU s svojim strokovnim delom zagotavljal kakovostno podporo ministrstvom pri pripravi razvojnih strateških dokumentov in prenosu EU zakonodaje. Učinkovita raba energije je za doseganje podnebno energetskih ciljev prednostno področje in skladno z Direktivo o energetska učinkovitosti (2012/27/EU) je bilo izdelano poročilo o izvajanju akcijskega načrta za leto 2019, s potrditvijo na vladi se je zaključila priprava Dolgoročne strategije energetske prenove stavb do leta 2050, začeli pa smo pripravljati strokovne podlage za razvoj ukrepov za boj proti energetska revščini.

Pri strokovni podpori Ministrstva za okolje in prostor so bile aktivnosti Centra usmerjene v pripravo osnutka Dolgoročne podnebne strategije Slovenije do leta 2050, ki se je s sprejemom resolucije v Državnem zboru zaključila julija 2021. Strategija je bila izdelana na podlagi strokovnih podlag in dolgoročnih projekcij emisij TGP, izdelanih v okviru izvajanja projekta LIFE Podnebna pot 2050, ki je bil namenjen spremljanju napredka in načrtovanju podnebnih ukrepov za zmanjšanje emisij TGP na področjih stavb, prometa, industrije, kmetijstva, gozdarstva in odpadkov ter se je uspešno zaključil konec leta 2021. Izdelana sta bila četrto Podnebno ogledalo, ki predstavlja tudi poročilo o izvajanju Operativnega programa ukrepov zmanjšanja emisij TGP za obdobje 2013–2020, ter Lokalni semafor podnebnih aktivnosti občin. Nadaljevalo se je izvajanje Celostnega integralnega projekta LIFE IP CARE4CLIMATE, z željo po učinkovitejšem doseganju ciljev Slovenije pri zmanjševanju emisij TGP do leta 2030 in hitrejšem prehodu v podnebno nevtravno družbo, kjer CEU vodi več pomembnih aktivnosti na področju usposabljanja, lokalnega načrtovanja in razvoja naprednih instrumentov za trajnostno prenovo stavb. CEU je sodeloval tudi pri pripravi analitičnih podlag za mednarodno poročanje v okviru mehanizma MMR ter začel pripravljati strokovne podlage za izpolnitev nacionalnih, evropskih in mednarodnih obveznosti poročanja s področja blaženja podnebnih sprememb. Nadaljevala se je priprava strokovnih podlag za Nacionalni program nadzora nad onesnaževanjem zraka (OP OZ).

CEU sodeluje s Statističnim uradom Republike Slovenije, kjer za potrebe nacionalne energetske statistike pripravlja modelski izračun rabe goriv in energije v gospodinjstvih, začel pa je tudi z raziskavo rabe energije v storitvenem sektorju ter analize izkoriščanja odvečne toplote. Tudi v letu 2021 je CEU nadaljeval z aktivnostmi državnega referenčnega središča za energijo s pripravo razširjenega nabora kazalcev za področje energije in okolja. CEU je za Agencijo za energijo za podporno shemo za proizvodnjo električne energije iz OVE in soproizvodnje določil referenčne stroške električne energije za leto 2021.



Slika 1: Končni rezultati in učinki projekta LIFE Podnebna pot 2050

**Raziskovalno-razvojno delo sodelavcev Centra za energetska učinkovitost pomembno prispeva k pripravi ključnih strateških dokumentov v Sloveniji na področju razvoja energetike, energetske učinkovitosti, izrabe obnovljivih virov energije in prehoda Slovenije v podnebno nevtravno družbo, z izobraževalnimi dejavnostmi in podporo industriji pa pomembno prispeva k povečevanju konkurenčnosti in uspešnemu zelenemu tehnološkemu prehodu.**





## Najpomembnejši dosežki centra v preteklih treh letih

1. **Izdelava več ključnih podpornih dokumentov za Vlado Republike Slovenije** na področju energetske podnebne politike: Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt – NEPN, Dolgoročna podnebna strategija Slovenije do leta 2050, Dolgoročna strategija energetske prenove stavb do leta 2050 idr. ter vzpostavitev celovitega sistema spremljanja izvajanje podnebno energetske politike (Podnebno ogledalo, Kazalci okolja ARSO idr.).
2. **Izvajanje izobraževanja energetskih managerjev** v okviru evropskega programa EUREM in novega širokega programa usposabljanj za prehod v nizkoogljično družbo projekta LIFE IP CARE4CLIMATE.
3. **Strokovna podpora industriji in drugim ustanovam za uspešno izvedbo zelenega tehnološkega prehoda:** Strategija energetske in snovne učinkovitosti ter trajnostnega razvoja (DARS, d. d.), izvedbe energetskih pregledov in strokovnega svetovanja (Luka Koper, Ljubljanske mlekarne, BTC, AMZS idr.), razvoj naprednih modelov energetskega pogodbenišva (priprava Evropskega kodeksa ravnanja za energetska pogodbenišva, razvoj novih instrumentov z EKO Skladom idr.).

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. EUREM XIII izobraževanje, RCP, Brinje, od januarja do decembra 2021 (zaradi covid-19 le deloma izvedeno leta 2020, preostanek leta 2021)
2. Delavnica projekta LIFE Podnebna pot 2050: Predstavitev analize scenarijev zmanjševanja emisij TGP v sektorjih kmetijstvo in LULUCF, 3. 3. 2021, virtualno
3. Delavnica projekta LIFE Podnebna pot 2050: Predstavitev strokovnih podlag za Dolgoročno podnebno strategijo Slovenije do leta 2050 (vključno s predstavitvijo modelov) – za IJS, 2. 4. 2021, virtualno
4. Delavnica projekta LIFE Podnebna pot 2050: Predstavitev analize scenarijev zmanjševanja emisij TGP do leta 2050 v prometu, 15. 4. 2021, virtualno
5. Delavnica projekta LIFE Podnebna pot 2050: Predstavitev analize scenarijev zmanjševanja emisij TGP (blaženja podnebnih sprememb) v Sloveniji do leta 2050, 17. 4. 2021, virtualno
6. Ciljno usposabljanje za energetska pogodbenišva v okviru projekta LIFE IP Care4Climate, 20.–22. 4. 2021, virtualno
7. Posvet v okviru projekta LIFE Podnebna pot 2050: Orodja v podporo načrtovanju v občinah, 23. 4. 2021, virtualno
8. Delavnica projekta LIFE Podnebna pot 2050: Predstavitev strokovnih podlag za dolgoročno podnebno strategijo Slovenije do leta 2050 (MZZ), 26. 5. 2021, virtualno
9. Ciljno usposabljanje za upravljanje z energijo v javnem sektorju v okviru projekta LIFE IP Care4Climate, 8.–10. 6. 2021, virtualno
10. Delavnica projekta LIFE Podnebna pot 2050: Predstavitev strokovnih podlag za dolgoročno podnebno strategijo Slovenije do leta 2050 za široko javnost, 9. 6. 2021, hibridni dogodek: IJS, Brinje in virtualno
11. Ciljno usposabljanje za upravljanje z energijo v industriji v okviru projekta LIFE IP Care4Climate, 15.–17. 6. 2021, virtualno
12. Spletni dogodek Usklajevanje glavnih priporočil in poudarkov Podnebnega ogledala 2021, 14. 9. 2021, virtualno
13. Posvet projekta LIFE Podnebna pot 2050: Posvet o modelih in metodah za projekcije emisij toplogrednih plinov do leta 2050, 15. 9. 2021, hibridni dogodek: Fakulteta za družbene vede in virtualno
14. Konferenca 23. Dnevi energetikov – Kdaj, če ne zdaj? Energetska učinkovitost na valu zelenega okrevanja, 20. in 21. 9. 2021, Portorož, soorganizatorji
15. Mednarodna konference projekta LIFE Podnebna pot 2050: Priprava poti v podnebno nevtralnost, 6.–8. 10. 2021, hibridna: Gozdarski inštitut Slovenije, virtualno
16. Posvet projekta LIFE Podnebna pot 2050: Projekcije prometa v Sloveniji do leta 2050, 20. 10. 2021, hibridni dogodek: IJS, Brinje, virtualno
17. Predstavitev rezultatov analize na projektu LIFE Podnebna Pot 2050 *Orientacija streh za potrebe izračuna solarnega potenciala*, 17. 11. 2021, virtualno
18. Strategija energetske in snovne učinkovitosti ter trajnostnega razvoja DARS, d. d., do leta 2030 – predstavitev za upravo DARS-a, 17. 11. 2021, virtualno
19. Posvet projekta LIFE Podnebna pot 2050: Kako do dobrega podnebnega upravljanja in podnebnega zakona? – Posvet o pomenu podnebnega upravljanja, izkušnjah, vrzelih in rešitvah, 18. 11. 2021, virtualno
20. Ciljno usposabljanje za energetska prenove stavb, namenjeno menedžerjem v javnem sektorju in industriji, projektantom, vodjem vzdrževanja in energetike v okviru projekta LIFE IP Care4Climate, 23.–25. 11. 2021, virtualno
21. Posvet H2020 projekta Odyssee Mure in projekta LIFE Podnebna pot 2050: Najprej energetska učinkovitost, 29. 11. 2021, virtualno

22. Posvet projekta LIFE Podnebna pot 2050: Kako do dobrega podnebnega upravljanja in podnebnega zakona? – Posvet o podnebnem zakonu v Sloveniji, 30. 11. 2021, virtualno
23. Posvet projekta LIFE Podnebna pot 2050: Posvet o strokovnih podlagah s področja energetske revščine, 2. 12. 2021, virtualno
24. Posvet projekta LIFE Podnebna pot 2050: Kako do dobrega podnebnega upravljanja in podnebnega zakona? – Tretji posvet, 8. 12. 2021, virtualno
25. Posvet projekta LIFE Podnebna pot 2050: Strokovni posvet o izzivih in strateških usmeritvah sektorja ogrevanja in hlajenja v Sloveniji, 10. 12. 2021, virtualno
26. TIMEPAC delavnica o inovativnih metodah in pristopih za oceno stanja energetske učinkovitosti in energetske certificiranje stavb, 14. 12. 2021, virtualno

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. Life IP Care4Climate - podpora izvajanju operativnega programa za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov do 2020 s pogledom do 2030  
European Commission; mag. Stane Merše
2. European Climate Initiative (EUKI) - EU Podnebni akcijski dialogi  
Europäische Klimaschutzinitiative (EUKI); Katarina Trstenjak, M. Sc., univ. dipl. geog.
3. ERASMUS+; EEE - Strokovnjak za energetske učinkovitost  
INAPP - Istituto Nazionale per l'Analisi; dr. Boris Sučić
4. „LIFE ClimatePath 2050“ Slovenska pot proti podnebnim ciljem za sredino stoletja  
European Commission; mag. Andreja Urbančič
5. H2020 - ETEKINA; Uporaba tehnologije toplotnih cevi za izkoriščanje odvečne toplote v industriji  
European Commission; dr. Fouad Al-Mansour
6. H2020 - ODYSEE-MURE; Spremljanje načela umestitve energetske učinkovitosti EU na prvo mesto in izvajanje ukrepov  
European Commission; dr. Fouad Al-Mansour
7. H2020 - REPLACE; Narediti ogrevanje in hlajenje evropskim potrošnikom bolj učinkovito, ekonomsko prilagodljivo, čisto in podnebju prijazno  
European Commission; dr. Gašper Stegnar
8. H2020 - REFINE; Vključevanje shem refinanciranja v podporo izvajanju projektov storitev energetske učinkovitosti  
European Commission; mag. Damir Staničić
9. H2020 - streamSAVE; Podpora vrednotenju prihrankov energije  
European Commission; dr. Matevž Pušnik
10. H2020 - CREATORS; Razvoj aplikacij in storitvenih paketov za ustvarjanje poslovnih uspešnih lokalnih energetskih skupnosti  
European Commission; dr. Boris Sučić
11. H2020 - TIMEPAC; Razvoj inovativnih metod za ocenjevanje stanja energetske stanja energetske učinkovitosti in certificiranje stavb  
European Commission; dr. Boris Sučić

## PROJEKTI

1. Eko inovacije in krožno gospodarstvo - pot do bolj trajnostne in vključujoče prihodnosti: vloga demografskih sprememb in digitalizacije  
dr. Boris Sučić
2. Raziskave turbulentnega prenosa toplote v kanalu z naprednimi eksperimentalnimi in računskimi metodami  
doc. dr. Marko Matkovič
3. Priprava strokovnih podlag, zasnova baze podatkov in razvoj simulacijskega modela vozila za energetskega in okoljskega odtsa za namen optimizacije izvajanja gospodarske javne službe javnega potniškega prometa  
dr. Marko Kovač
4. Priprava strokovnih podlag za pripravo strateških dokumentov, akcijskih načrtov in ukrepov s področja energije  
mag. Stane Merše
5. Usklajena dejanja na področju direktive URE (CA-EED 2) - Neposredna pogodba  
mag. Stane Merše
6. Sodelovanje nacionalnih strokovnjakov za področje direktive o energetske učinkovitosti v CA EED 2  
mag. Stane Merše
7. Sofinanciranje LIFE ClimatePath 2050: Slovenska podnebna pot do sredine stoletja  
mag. Andreja Urbančič
8. Program ukrepov za nadzor nad onesnaževanjem zraka (OP NEC)  
Matjaž Česen, univ. dipl. meteorol.
9. Sofinanciranje projekta LIFE17 IPC7SI/000007 - LIFE IP CARE4CLIMATE  
mag. Stane Merše
10. Priprava osnutka Dolgoročne podnebne strategije Slovenije do leta 2050 in pomoč pri nadaljevalnem usklajevanju dokumenta  
Katarina Trstenjak, M. Sc., univ. dipl. geog.

## PROGRAM

1. Modeliranje in ocene posegov v okolju in energetiki  
dr. Fouad Al-Mansour

## VEČJI NOVI POGODBENI DELI

1. Izvedba ocene okoljskih učinkov  
SID banka, d. d., Ljubljana; mag. Stane Merše
2. Sodelovanje pri izvedbi REP za 25 izbranih objektov AMZS  
AMZS, d. d.; Luka Tavčar, univ. dipl. inž. str.

## OBISKI

1. prof. Hussama Jouhara, Univerza Brunel, London, Velika Britanija, 12. avgust 2021, enodnevni obisk

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Fouad Al-Mansour, Jure Čizman, Tomaž Fatur, Marko Matkovič, Stane Merše, Gašper Stegnar, Boris Sučić: 23. Dnevi energetikov: Kdaj, če ne zdaj? Energetska učinkovitost na valu zelenega okrevanja, Portorož, 20.-21. 9. 2021
2. Fouad Al-Mansour, Matevž Pušnik, Marko Pečkaj, Stane Merše, Marko Matkovič: International conference on water, energy & climate change (WECC 2021), 25.-28. 10. 2021 (1)
3. Fouad Al-Mansour: spletni Enerdata seminar: Decarbonisation of the European transport sector, 13. 4. 2021, virtualno
4. Fouad Al-Mansour: Webinar (ECEEE). Fitfor55: how to forecast energy consumption?, 9. 12. 2021, virtualno
5. Fouad Al-Mansour, Matjaž Česen, Stane Merše, Katarina Trstenjak, Andreja Urbančič: Posvet o modelih in metodah za projekcije emisij toplogrednih plinov do leta 2050 (projekt LIFE Climate Path 2050), 2. 4. 2021, virtualno (2)
6. Matjaž Česen: EIONET NRC webinar on Mitigation of Air Pollution and Climate change, Kopenhagen, Danska, 25.-26. 3. 2021 (virtualno)
7. Matjaž Česen, Marko Dorič, Stane Merše, Matevž Pušnik, Gašper Stegnar, Andreja Urbančič: Posvet o modelih in metodah za projekcije emisij toplogrednih plinov do leta 2050 - tematski diskusijski seminarji, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Ljubljana, 15. 9. 2021, hibridni dogodek (2)
8. Matjaž Česen, Stane Merše, Matevž Pušnik, Katarina Trstenjak, Andreja Urbančič: Predstavitve analize scenarijev zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2050 (projekt LIFE Climate path 2050), 2. 4. 2021, Ljubljana, virtualno (1)
9. Matjaž Česen, TFEIP/EIONET 2021 Annual Meeting, 4.-6. 5. 2021, virtualno
10. Matjaž Česen, Stane Merše, Matevž Pušnik, Katarina Trstenjak, Andreja Urbančič: Presentation of scenario analysis of reducing greenhouse gases (climate change mitigation) in Slovenia until 2050, Ljubljana, 17. 5. 2021 (1)
11. Barbara Petelin Visočnik: Konferenca A New Reality - ECEEE 2021 Summer Study, 7.-11. 6. 2021, virtualno (1)
12. Matjaž Česen, Fouad Al-Mansour; ODYSSEE-MURE meeting, Zagreb, Hrvaška, 15.-16. 11. 2021, virtualno
13. Matjaž Česen, 12<sup>th</sup> Energy Planning and Modelling of Energy Systems meeting, Zagreb, Hrvaška, 21.-22. 12. 2021, virtualno

14. Jure Čizman, Marko Matkovič, Stane Merše, Damir Staničič: Mednarodna konferenca SZE: Oskrba ter raba energije v javni stavbi in domu, Portorož, 28.-29. 6. 2021 (3)
15. Jure Čizman, Edvard Košnjek, Marko Kovač, Stane Merše, Matevž Pušnik, Boris Sučić: 15. Konferenca slovenskih elektro-energetikov CIGRE-CIRED, Laško, 19.-21. 10. 2021 (2)
16. Marko Đorić, Matjaž Česen, Tadeja Janša, Stane Merše, Barbara Petelin Visočnik, Matevž Pušnik, Igor Ribič, Katarina Trstenjak, Andreja Urbančič: Mednarodna konferenca LIFE ClimatePath 2050, Ljubljana, 6.-8. 10. 2021 (1)
17. Edvard Košnjek, Boris Sučić: Strategija energetske in snovne učinkovitosti DARS, d. d., do 2030, predstavitev za upravo DARS, 17. 11. 2021, virtualno
18. Stane Merše: 18. virtualni sestanek projektne skupine (18. MTM), 25.-26. 1. 2021, virtualno
19. Stane Merše: 19. virtualni sestanek projektne skupine (19. MTM), 23. 3. 2021, virtualno
20. Stane Merše: 20. virtualni sestanek projektne skupine (19. MTM), 19.-20. 4. 2021, virtualno
21. Stane Merše: 30. seja Odbora za infrastrukturo, okolje in prostor, Ljubljana, 17. 6. 2021
22. Stane Merše: 2. sestanek usmerjevalnega odbora projekta -LIFE17 IPC/SI/000007-LIFE IP CARE4CLIMATE, Ljubljana, 7. 9. 2021
23. Stane Merše, Gašper Stegnar: 4<sup>th</sup> International symposium of ICOMOS Slovenia, 17. 9. 2021 (1)
24. Stane Merše: okrogla miza mednarodne konference Plin in plinske tehnologije 2021, Ljubljana, 22. 10. 2021
25. Stane Merše: Posvet Slovenska energetika danes, leta 2033 in naprej, Brdo pri Kranju, 3. 11. 2021
26. Stane Merše: sestanek projektne skupine CA-EED, Bruselj, Belgija, 4.-5. 11. 2021
27. Stane Merše: CA-RES4, 1<sup>st</sup> virtual Plenary meeting, 16. 11. 2021 (1)
28. Matjaž Česen, Tadeja Janša, Barbara Petelin Visočnik, Andreja Urbančič: spletni dogodek Triggering Communities to Become Fit-for-55. Tackling Energy Poverty in East-Central Europe, 14. 12. 2021, virtualno
29. Matevž Pušnik, delavnica na projektu streamSAVE, streamSAVE Priority Action Dialogue Groups: BACS, 18. 5. 2021, virtualno
30. Matevž Pušnik, delavnica na projektu streamSAVE, streamSAVE Priority Action Dialogue Groups: Lighting Systems, 1. 6. 2021, virtualno
31. Matevž Pušnik, delavnica na projektu streamSAVE, streamSAVE Priority Action Dialogue Groups: Electric Vehicles, 15. 6. 2021, virtualno
32. Matevž Pušnik, delavnica na projektu streamSAVE, streamSAVE Priority Action Dialogue Groups: Heat Recovery, 22. 6. 2021, virtualno
33. Matevž Pušnik, delavnica na projektu streamSAVE, streamSAVE Priority Action Dialogue Groups: Refrigeration Systems, 29. 6. 2021, virtualno
34. Matevž Pušnik, delavnica na projektu streamSAVE, streamSAVE Priority Action Dialogue Groups 2<sup>nd</sup> round: Heat Recovery & Refrigeration Systems, 19. 10. 2021, virtualno
35. Matevž Pušnik, Boris Sučić, delavnica na projektu streamSAVE, streamSAVE Priority Action Dialogue Groups 2<sup>nd</sup> round: BACS & Public Lighting, 9. 11. 2021, virtualno
36. Matevž Pušnik, delavnica na projektu streamSAVE, streamSAVE Priority Action Dialogue Groups 2<sup>nd</sup> round: Electric Vehicles, 23. 11. 2021, virtualno
37. Matevž Pušnik: Triperesni e-posvet SRIP-ov: Priložnosti v krožnem in podnebno-nevtralnem gospodarstvu in družbi, 24. 11. 2021 (1)
38. Boris Sučić: konzorcijski sestanek projekta CREATORS, Sint Niklaas, Belgija, 26.-29. 9. 2021
39. Boris Sučić: Sustainable Places 2021, 28. 9.-1. 10. 2021, hibridni dogodek, virtualno
40. Katarina Trstenjak: 26. konferenca Združenih narodov o podnebnih spremembah (COP26), Glasgow, Velika Britanija, 31. 10.-12. 11. 2021
41. Katarina Trstenjak: Konferenca o energetski revščini, Kranj, 7. 12. 2021
42. Katarina Trstenjak: Posvet: Maribor na poti k podnebni nevtralnosti: posvet *Pomen urbanega gozda Stražuna*, 16. 12. 2021, virtualno (1)
43. Andreja Urbančič: Posvet *Od 55 do 1,5* – Ali so predlagane podnebne in energetske politike EU za doseganje podnebnih ciljev 2030 zadostne in družbeno pravične?, Ljubljana, 14. 10. 2021, virtualno

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. dr. Fouad Al-Mansour
2. doc. dr. Marko Matkovič
3. **mag. Stane Merše, vodja centra**
4. mag. Damir Staničič
5. mag. Andreja Urbančič, vodja raziskovalne skupine

### Podoktorski sodelavci

6. dr. Matevž Pušnik

### Strokovni sodelavci

7. Matjaž Česen, univ. dipl. meteorol.
8. mag. Jure Čizman
9. mag. Tomaž Fatur
10. mag. Edvard Košnjek
11. dr. Marko Kovač
12. Marko Pečkaj, univ. dipl. inž. str.
13. mag. Barbara Petelin Visočnik
14. dr. Gašper Stegnar
15. dr. Boris Sučić
16. Luka Tavčar, univ. dipl. inž. str.

### Tehniški in administrativni sodelavci

17. Marko Đorić, univ. dipl. el.
18. Tadeja Janša, mag. posl. ved
19. Marija Kavčič, dipl. ekon.
20. Igor Ribič
21. Katarina Trstenjak, univ. dipl. geog.

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Agence De L'environnement Et De La Maitrise De L'energie-ADEME, Angers, Francija
2. Agencija RS za okolje, Ljubljana, Slovenija
3. Agencija za energijo, Maribor, Slovenija
4. AMZS, d. d., Ljubljana, Slovenija
5. Arbeitsgemeinschaft für Sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) im VKU, Köln, Nemčija
6. Austrian Energy Agency, Dunaj, Avstrija
7. Berliner Energie Agentur, Berlin, Nemčija
8. Brunel University London, Velika Britanija
9. BTC, d. d., Ljubljana, Slovenija
10. Center poslovne odličnosti Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani (CPOEF), Ljubljana, Slovenija
11. Ceramiche Atlas Concorde SPA, Modena, Italija
12. Circe, Zaragoza, Španija
13. COGEN Europe, Bruselj, Belgija
14. CREARA CONSULTORES SL, Madrid, Španija
15. CRES, Pikermi, Grčija
16. Cyprus University of Technology, Ciper
17. Danish Energy Agency, København, Danska
18. DARS – družba za avtoceste, Celje, Slovenija
19. ECI, Bruselj, Belgija
20. Ecologic Institute, Berlin, Nemčija
21. Econotherm (UK) Limited (ECON), Bridgent, Velika Britanija
22. EEVS Insight Limited, Rochester, Velika Britanija
23. Elektroinstitut Milan Vidmar, Ljubljana, Slovenija
24. Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd, Srbija
25. EKODOMA, Riga, Latvija
26. ELEK svetovanje, d. o. o., Ljubljana
27. Elektro Slovenija, Ljubljana, Slovenija
28. ENERDATA SAS, Grenoble, Francija
29. Energetische Centrum Bratislava, Bratislava, Slovaška
30. Energetika Ljubljana, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
31. Energetika Maribor, d. o. o., Maribor, Slovenija
32. Energetska zbornica Slovenije (EZS), Ljubljana, Slovenija
33. Energetski inštitut Hrvoje Pozar – EIHP, Zagreb, Hrvaška
34. Energy Saving Trust, London, Velika Britanija
35. ENOS, d. d., Jesenice, Slovenija
36. EPG, energy policy group, Bukarešta, Romunija
37. EUREM Consortium c/o IHK, Nürnberg, Nemčija
38. Euroheat & Power (EHP), Bruselj, Belgija
39. European Federation of Intelligent Energy Efficiency Services, Bruselj, Belgija
40. EVA, Dunaj, Avstrija
41. Evropska komisija, Bruselj, Belgija
42. E7 Energie Markt Analyse, Dunaj, Avstrija
43. Factor 4 BVBA, Duffel, Belgija
44. FAGOR EDERLAN S. COOP. (FED), Eskoritatzta, Španija
45. Finance, Ljubljana, Slovenija
46. Focus, društvo za sonaraven razvoj, Ljubljana, Slovenija
47. Fraunhofer Gesellschaft zur Foerferung dr Angewandten Forschung E.V., München, Nemčija
48. Geološki zavod Slovenije (GeoZS), Ljubljana, Slovenija
49. Geoplin, Ljubljana, Slovenija
50. Goriška lokalna energetska agencija – GOLEA, Nova Gorica, Slovenija
51. Gospodarska zbornica, Ljubljana, Slovenija
52. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija
53. Gradbeni inštitut ZRMK, Ljubljana, Slovenija
54. Grazer Energie Agentur, Gradec, Avstrija
55. Holding Slovenske elektrarne, Ljubljana, Slovenija
56. IEECP, Amsterdam, Nizozemska
57. IKERLAN S COOP. (IK4-IKERLAN), Mondragon, Španija
58. IAEA, Dunaj, Avstrija
59. Industrial Fuinaces Insertec S.L. (INSER), Basauri, Biscay, Španija
60. Informa Echo, Ljubljana, Slovenija
61. Inštitut za ekonomska raziskovanja, IER, Ljubljana, Slovenija
62. Inštitut za ekologijo, Ljubljana, Slovenija
63. IREES GmbH – Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien, Nemčija
64. Irish Energy Centre, Dublin, Irska
65. ISR – Instituto de Sistemas e Robótica, Coimbra, Portugalska

66. Istituto Di STUDI Per L'integrazione Dei Sistemi (I.S.I.S) – Societa' Cooperativa, Rim, Italija
67. Instituto Para La Diversificacion Y Ahorro De La Energia, Madrid, Španija
68. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija
69. Koto, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
70. LGI Consulting, Pariz, Francija
71. Lineal biro za projektiranje, inženiring, storitve in gradbeništvo d. o. o., (Lineal, d. o. o.), Maribor, Slovenija
72. Lithuanian Energy Agency, Vilna, Litva
73. Lokalna energetska agencija Gorenjske, LEAG, Kranj, Slovenija
74. Ljubljanske mlekarne, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
75. Luka Koper, Koper, Slovenija
76. Malaga City Council, Malaga, Španija
77. Mestna občina Kranj, Slovenija
78. Mestna občina Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
79. Ministrstvo za gospodarstvo, Ljubljana, Slovenija
80. Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana, Slovenija
81. Ministrstvo za infrastrukturo, Ljubljana, Slovenija
82. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Ljubljana, Slovenija
83. MOTIVA, Helsinki, Finska
84. NLB, d. d., Ljubljana, Slovenija
85. Odelo Slovenija, d. o. o., Prebold, Slovenija
86. O. Ö. Energiesparverband, Linz, Avstrija
87. Petrol, d. d., Ljubljana, Slovenija
88. PIC – Pravni center za varstvo človekovih pravic in okolja, Ljubljana, Slovenija
89. Plinovodi, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
90. PNZ svetovanje projektiranje, Ljubljana, Slovenija
91. Politecnico di Torino, Torino, Italija
92. Resalta, družba za upravljanje energetskih storitev, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
93. RVO Netherlands Enterprise Agency, Nizozemska
94. Salonit, Anhovo, Slovenija
95. Sberbank banka, d. d., Ljubljana, Slovenija
96. Sdruzhenie Chernomorski Izsledovatel'ski Energien Tsentar, Sofija, Bolgarija
97. SEVEN, The Energy Efficiency Center, Praga, Češka
98. SID banka, d. d., Ljubljana, Slovenija
99. SIJ Acroni, d. o. o., Jesenice, Slovenija
100. SIJ Metal Ravne, d. o. o., Slovenija
101. Slovensko-nemška gospodarska zbornica, Ljubljana, Slovenija
102. Statistični urad RS, Ljubljana, Slovenija
103. Stockholmi Keskonnainstituudi Tallinna Keskus, Talin, Estonija
104. Sustainable Energy, Dublin, Irska
105. TANIN Sevnica, d. d., Sevnica, Slovenija
106. Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Modena, Italija
107. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija
108. Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
109. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Ljubljana, Slovenija
110. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
111. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, Portorož, Slovenija
112. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
113. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
114. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija
115. Univerza v Zagrebu, Fakulteta za strojništvo in ladjedelništvo, Zagreb, Hrvaška
116. Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana, Slovenija
117. VITO, Antwerp, Belgija
118. WiseEuropa-Fundacja Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych i Europejskich, Varšava, Poljska
119. Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Ljubljana, Slovenija

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNA ZNANSTVENA ČLANKA

1. Boštjan Zajec, Marko Matkovič, Nejc Kosanič, Jure Oder, Blaž Mikuš, Jan Kren, Iztok Tiselj, "Turbulent flow over confined backward-facing step: PIV vs. DNS", *Applied sciences*, 2021, **11**, 22, 10582. [COBISS.SI-ID 84357891]
2. Boris Sučić, Stane Merše, Marko Kovač, Zeljko Tomsic, "Challenges of combining different methods and tools to improve the performance monitoring in buildings: A case study of elementary schools and kindergartens", *Energy and buildings*, 2021, **231**, 110608. [COBISS.SI-ID 46779907]

## STROKOVNI ČLANEK

1. Stane Merše, "Zajahajmo val zelenega okrevanja", *Finance*, 2021, 30. september, 15. [COBISS.SI-ID 77733635]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA

### KONFERENCI

1. Barbara Petelin-Visočnik, Andreja Urbančič, Matjaž Česen, Tadeja Janša, "Monitoring climate and energy policy implementation - how to take a step forward", V: *ECEEE 2021 Summer Study on energy efficiency: a new reality?*, 7-11 June 2021, Proceedings, European council for an energy efficient economy, 2021, 4-127. [COBISS.SI-ID 81944835]
2. Ivan Todorović, Ivana Isakov, Boris Sučić, Aleksandar Kavgić, Dušan Čohadžić, "Advances in distributed generation source digital twins design", V: *SP2021, 9th edition of Sustainable Places, 29 September–1 October 2021, Rome, Italy*, Proceedings (Environmental sciences proceedings **11**), 2021, 1, 2. [COBISS.SI-ID 103775491]
3. Fouad Al-Mansour, Matevž Pušnik, Kristijan Plesnik, Marko Pečkaj, Stane Merše, Marko Matkovič, "Heat pipe heat exchanger system for the utilization of excess heat in the steel industry", V: *WECC 2021, International conference on water, energy & climate change, 25-28 October 2021, Sharjah, United Arab Emirates*, University of Sharjah, 2021. [COBISS.SI-ID 97283075]
4. Jure Čižman, Stane Merše, "Prenove sistemov daljinskega ogrevanja – ovire, priložnosti in podporni ukrepi", V: *Oskrba ter raba energije v pametni stavbi in domu, Portorož, 28-29 junij 2021*, zbornik prispevkov, Slovensko združenje za energetiko, 2021. [COBISS.SI-ID 100718595]

5. Damir Staničič, Jure Čižman, Marko Matkovič, Stane Merše, Joerg Prestor, Janja Svetina, Miran Rožman, Ljubo Germič, "Raba hidrotermalne in plitve geotermalne energije v sistemu daljinskega ogrevanja mesta Maribor", V: *Oskrba ter raba energije v pametni stavbi in domu, Portorož, 28-29 junij 2021*, zbornik prispevkov, Slovensko združenje za energetiko, 2021. [COBISS.SI-ID 100723459]
6. Edvard Košnjek, Boris Sučić, Marko Kovač, Stane Merše, "Energetske skupnosti kot instrument pravičnega prehoda in razvoja trajnostne infrastrukture - nov postopek ocenjevanja potencialov OVE v povezavi z dejansko rabo energije", V: *15. konferenca slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Thermana Laško, 19-21 oktober 2021*, Referati in predstavitve, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED, 2021, C1-112. [COBISS.SI-ID 82169347]
7. Boris Sučić, Edvard Košnjek, Matevž Pušnik, Jure Čižman, Stane Merše, Franc Cimerman, Anton Munih, Andrej Stušek, Tomaž Vuk, "Energetske skupnosti kot platforma za doseganje ciljev trajnostnega razvoja in povezovanje energetske intenzivne industrije, energetskih omrežij in lokalnega prebivalstva", V: *15. konferenca slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Thermana Laško, 19-21 oktober 2021*, Referati in predstavitve, Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED, 2021, C1-146. [COBISS.SI-ID 82174211]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGLAVJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Danijel Crnčec, Boris Sučić, Stane Merše, "Slovenia: drivers and challenges of energy transition to climate neutrality", V: *From economic to energy transition*, (Energy, Climate and the Environment), Palgrave Macmillan, 2021, 247-282. [COBISS.SI-ID 33203459]

## ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Marko Kovač, *Energetske potrebe človeštva skozi čas: od industrijske revolucije do civilizacije tipa I*, Založba ZRC, 2021. [COBISS.SI-ID 79468035]

## STROKOVNA MONOGRAFIJA

1. Barbara Petelin-Visočnik, Andreja Urbančič, Katarina Trstenjak, Gašper Stegnar, *Slovenska podnebna pot do sredine stoletja: LIFE Podnebna pot 2050*, LIFE, 2021. [COBISS.SI-ID 91728387]

# CENTER ZA ELEKTRONSKO MIKROSKOPIJO IN MIKROANALIZO

## CEMM

*Center za elektronsko mikroskopijo in mikroanalizo (CEMM) je instrumentalni center IJS, ki združuje analitsko opremo s področja elektronske mikroskopije in mikroanalize. Dostop do raziskovalne opreme centra imajo poleg vseh odsekov IJS tudi druge raziskovalne institucije, univerze in industrijski partnerji. Opremo centra uporabljajo raziskovalci, ki jih zanima strukturna in kemijska karakterizacija materialov na mikrometrski in atomarni ravni. V njegovem okviru delujejo štirje vrstični elektronski mikroskopi (JSM-7600F, Verios G4 HP, Quanta 650, JSM-5800), dva presevna elektronska mikroskopa (JEM-2100 (CO NiN) in JEM-2010F) ter oprema za pripravo SEM- in TEM-vzorcev. Poleg navedene opreme je IJS solastnik mikroskopa JEM-ARM200F (20 %) s Cs korektorjem za atomarno ločljivost, ki je na Kemijskem inštitutu.*



Vodja:  
**prof. dr. Miran Čeh**

Visokoločljivostni vrstični elektronski mikroskop Verios G4 HP (Thermo Fisher Scientific) (slika 3) je edini tovrstni mikroskop v tem delu Evrope in omogoča ultimativno slikovno ločljivost pri nizkih vzbujevalnih napetostih. Zaradi visoke slikovne ločljivosti pri nizkih vzbujevalnih napetostih je možno opazovati neprevodne vzorce. Poleg občutljivega EDXS-detektorja je mikroskop opremljen tudi z najsodobnejšim detektorjem za presevno vrstično elektronsko mikroskopijo (STEM).

Vrstični elektronski mikroskop Quanta 650, Thermo Fisher Scientific (slika 4) je operativen v treh vakuumskih območjih, ki se dosežejo z diferencialnim črpanjem, kar omogoča preiskavo širokega izbora materialov, tako prevodnih kot neprevodnih.

Raziskave materialov, v katere so vključeni operaterji IJS in osebje centra, se razlikujejo glede preiskovanih materialov in glede uporabljenih metod elektronske mikroskopije:

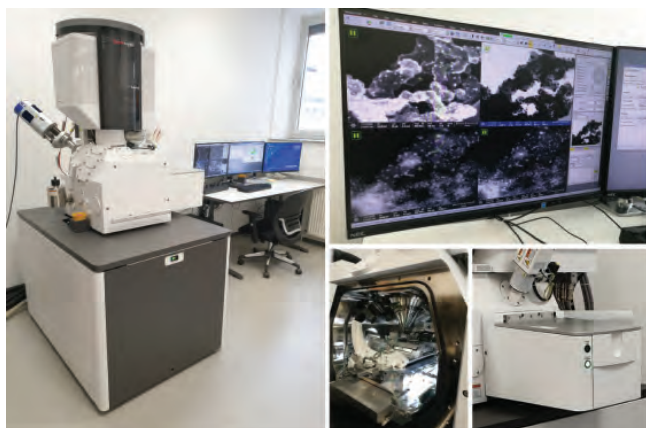
- Vrstična elektronska mikroskopija se uporablja za opazovanje morfologije in strukture površin materialov ter za preiskave mikrostruktur in določevanje kemijske sestave materialov. V okviru CEMM se preiskujejo predvsem keramični materiali (polikristalinični oksidi), številni nanostrukturni materiali, kovine in zlitine, stekla itd. Vrstični elektronski mikroskopi v centru so opremljeni z energijsko-disperzijskimi (EDXS) in/ali z valovno-disperzijskimi spektrometri (WDXS) rentgenskih žarkov, ki omogočajo nedestruktivno določevanje kemijske sestave preiskovanih materialov. Vrstični elektronski mikroskop JSM-7600F je opremljen tudi s sistemom za detekcijo povratno-sipanih elektronov (EBSD) in z elektronsko litografijo. Mikroskop Verios 4G HP omogoča opazovanje morfologije vzorcev, ki so občutljivi



Slika 1: Prostori Centra za elektronsko mikroskopijo in mikroanalizo (CEMM)



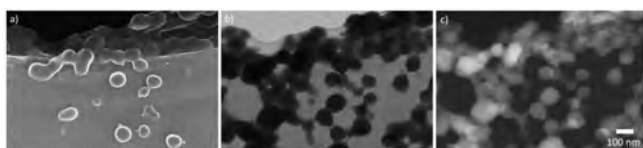
Slika 2: Vrstični elektronski mikroskop JSM-7600F



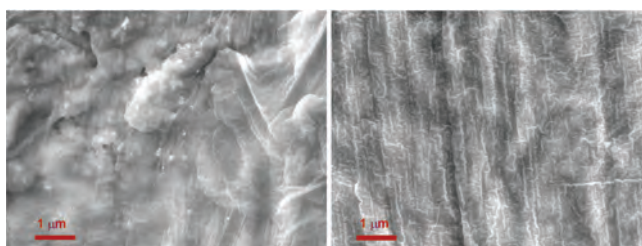
Slika 3: Vrstični elektronski mikroskop Verios 4G HP



Slika 4: Vrstični elektronski mikroskop ESEM Quanta 650



Slika 5: Posnetek raztopljenih učinkovine a) SEM-način b) STEM-način svetlega polja c) STEM-način temnega polja (Jitka Hreščak, CEMM, SEM Verios G4 HP)

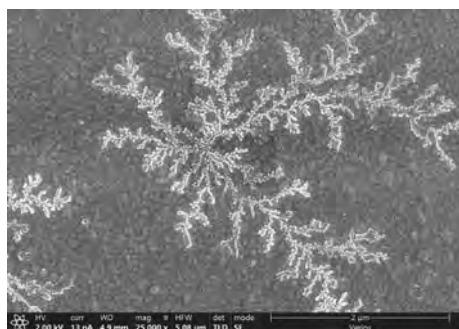


Slika 6: SEM-posnetka drsne površine tekaške smučke. Pred nanosom premaza za suh sneg (leva slika) in po njem (desna slika) (Polona Umek, IJS-F5, Miha Plesnik).

na dozo elektronov, in opazovanje vzorcev v presevnem načinu (STEM). Mikroskop Quanta 650 omogoča opazovanje večjih prevodnih ali neprevodnih vzorcev.

- Presevna elektronska mikroskopija ponuja celovit vpogled v strukturo preiskovanega materiala v nanometrskem merilu (atomarna raven). Omogoča strukturne in kemijske preiskave mej med zrni in študijo raznih vključkov, določitev planarnih napak in dislokacij v materialih. Presevni elektronski mikroskop JEM-2100 je opremljen z energijsko-disperzijskim spektrometrom (EDXS) in CCD-kamero, medtem ko je mikroskop JEM-2010F tudi vrstični presevni elektronski mikroskop (STEM), dodatno opremljen s CCD-kamero, EDXS-spektrometrom in spektroskopijo izgub energije elektronov (EELS). Na presevnih elektronskih mikroskopih je možno izvajati tudi *in-situ* poskuse (segrevanje in hlajenje vzorcev, opazovanje reakcij v tekočinah in zasledovanje elektrokemijskih reakcij, kar vse omogočajo posebne izvedbe nosilcev za vzorce).
- Center upravlja še z nujno potrebno opremo za izdelavo in pripravo SEM- in TEM-vzorcev.

Za delovanje centra skrbi ustrezno usposobljeno osebje. Med njegove dejavnosti spada izvajanje storitev za zunanje naročnike, uvajanje novih analitskih tehnik elektronske mikroskopije, izobraževanje novih operaterjev na opremi CEMM ter organiziranje strokovnih delavnic in srečanj na temo elektronske mikroskopije. Center nadalje izvaja akcije za popularizacijo področja elektronske mikroskopije v okviru obiskov, ki jih organizira IJS, ter prek objav v klasičnih in digitalnih medijih.



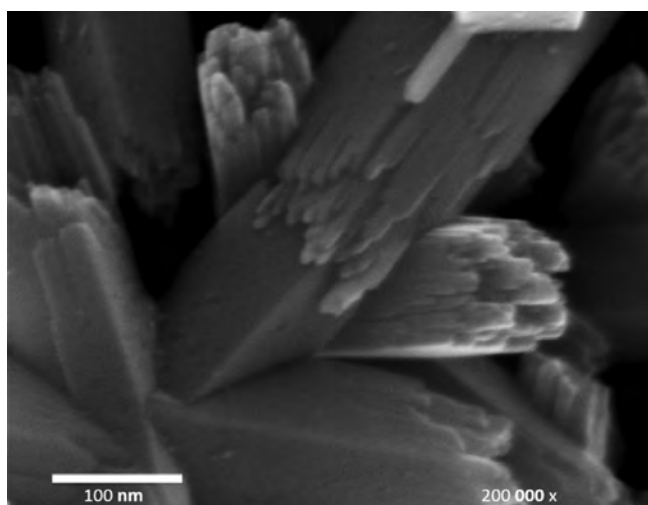
Slika 7: SEM-posnetek silanske snežinke (Darja Lisjak, K8)

### Primeri mikrostrukturnih in nanostrukturnih analiz materialov, opravljenih na opremi CEMM

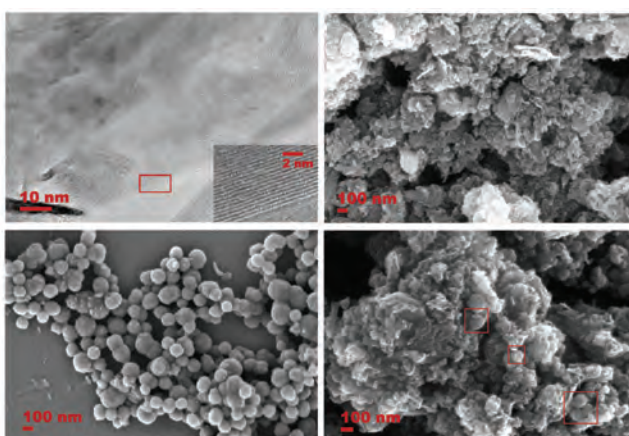
Primere uporabe različnih tehnik elektronske mikroskopije pri strukturi in kemijski karakterizaciji materialov so prispevali operaterji odsekov IJS in zaposleni v CEMM.

#### 1. Analiza raztopljenih farmacevtskih učinkovine

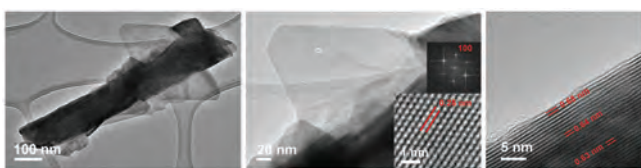
Na vrstičnem elektronskem mikroskopu Verios 4G HP je bila opravljena analiza raztopljenih učinkovine v SEM-načinu, STEM-načinu svetlega polja in STEM-načinu HAADF (slika 5).



Slika 8: SEM-posnetek nanopalčke rutila (Zoran Samardžija, K7, FEGSEM Verios G4 HP)



Slika 9: Zgoraj: TEM- in SEM-slika čistega grafena. Vstavek na TEM-sliki prikazuje plastno strukturo grafena. Spodaj levo: SEM-slika nanokroglic polipropilena. Spodaj desno: SEM-slika kompozita. Rdeči okvirji na sliki pomagajo opaziti nanokroglice polipropilena, vgnezdene v grafenu (Polona Umek, IJS-F5, AG-Ultra 55, Jeol JEM-2100).



Slika 10: Levo: TEM-slika nanoigle  $WS_2$ , ki v dolžino seže 800 nm. Sredina: trikotna plast  $WS_2$ , ki raste iz najdaljše stranice nanoigle  $WS_2$ . Bel kvadrat na sliki prikazuje območje HRTEM-slike (spodnji vstavek), zgornji vstavek je pripadajoča FFT-slika HRTEM-slike. Desno: HRTEM-slika konca nanoigle  $WS_2$  (Polona Umek, IJS-F5, Quanta 600, JEM 2100).

## 2. Analiza drsne ploskve tekaške smučke

Opravljen je bil analiza polimernih premazov za smuči. Delo je nastalo v sodelovanju s Fakulteto za tehnologijo polimerov iz Slovenj Gradca in Smučarske zveze Slovenije (slika 6).

Vir: M. Plesnik, *diplomsko delo*, 2021, str. 56

## 3. Silanska snežinka

SEM-posnetek polikondenzacije silana na stekleni podlagi (slika 7)

## 4. Nanopalčke rutila

SEM-posnetek zaključka nanopalčke rutila. Slika je bila posneta pri 200.000-kratni povečavi na vrstičnem elektronskem mikroskopu Verios 4G HP (slika 8).

## 5. SEM-karakterizacija nanokompozita na osnovi grafena in nanokroglic iz polipirola

Morfološke značilnosti PPy@Graphene z uporabo preseвне elektronske mikroskopije (HRTEM) (JEM 2100, JEOL Ltd.) in vrstične elektronske mikroskopije (AG-Ultra 55, Zeiss) so prikazane na sliki 9.

Vir: J. Casanova-Chafer, P. Umek, S. Acosta, C. Bittencourt, E. Llobet, *ACS Applied Materials & Interfaces*, ISSN 1944-8244, 2021, vol. 13, 34, str. 40909%40921.

## 6. Morfološka karakterizacija nanostruktur $WS_2$

Posnetki morfologije in strukture  $WS_2$  nanostruktur s tehnikama vrstične elektronske mikroskopije (Quanta 600) in preseвне elektronske mikroskopije so prikazani na sliki 10.

Vir: A. Alagh, F. E. Annanouch, P. Umek, C. Bittencourt, A. Sierra-Castillo, E. Haye, J. F. Colomer, E. Llober, *Sensors and actuators. B, Chemical*, 2021, vol. 326, str. 128813-1-128813-11.

## 7. Feroelektrične domene v keramiki

Feroelektrične domene v keramiki  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-0.4PbTiO_3$  pred in po *ex-situ* polarizaciji v električnem polju  $\sim 10$  kV/cm (slika 11).

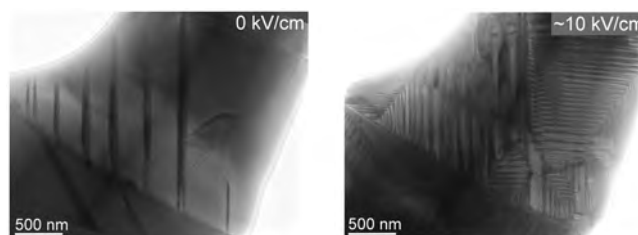
Vir: M. Otoničar *et al.*, *Open Ceramics*, 7 (2021), 100140

## 8. EDS-analiza plasti Ti/V v večplastni keramični komponenti

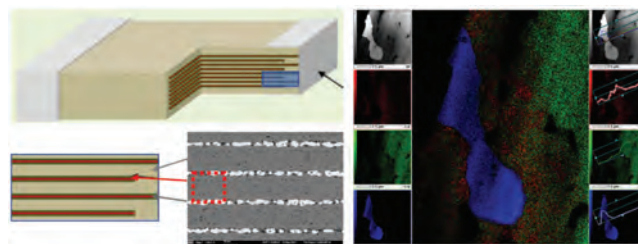
Ploskovna EDS-analiza Ti/V plasti znotraj večplastne keramične komponente in analiza difuzije posameznih elementov med posameznimi plastmi je prikazana na sliki 12.

## 9. STEM-analiza LSCO/(100)LSGM tankega filma

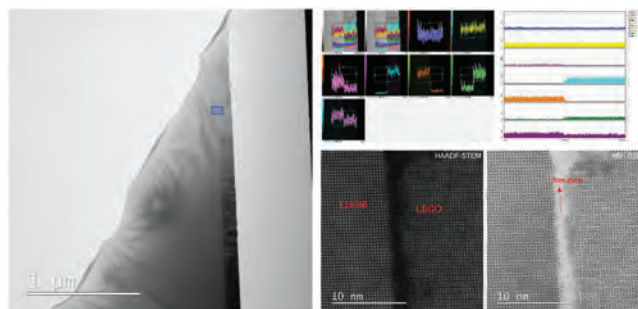
HAADF STEM in ABF STEM posnetki LSCO tankega filma na LSGM-substratu, ki je bil pripravljen s PLD-tehniko. Meja med tankim filmom in substratom (t. i. free zone območje) pri večji povečavi je prikazana na sliki 13.



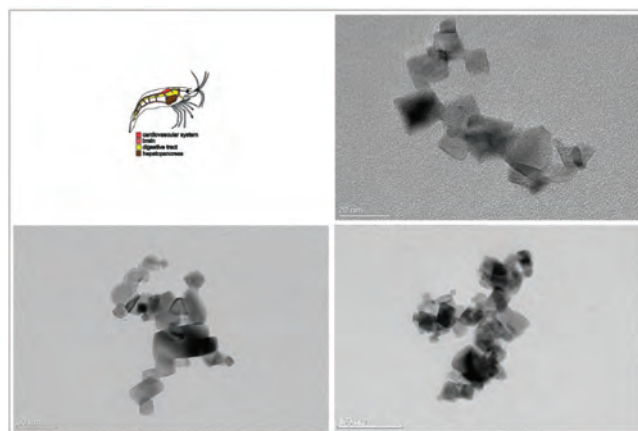
Slika 11: SEM-slika feroelektrične domene v keramiki  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-0.4PbTiO_3$  pred (levo) in po *ex-situ* polarizaciji (desno) (Mojca Otoničar, K5).



Slika 12: EDS ploskovna analiza večplastne keramične komponente (Sandra Drev, CEMM, JEM-ARM200F)

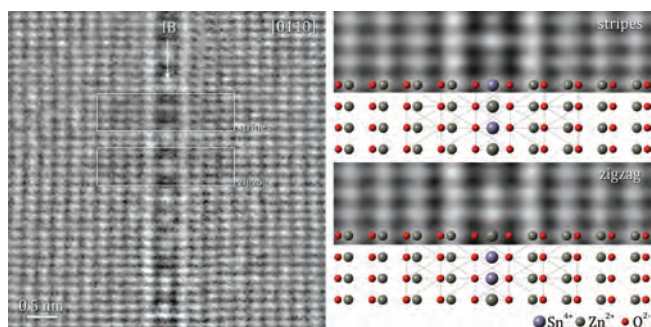


Slika 13: HAADF STEM- in ABF STEM-posnetki vmesnega pasu v LSCO/(100)LSGM tankem filmu (Sandra Drev, CEMM, JEM-ARM200F)

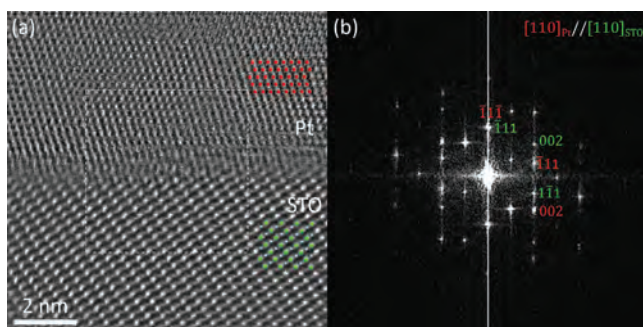


Slika 14: TEM-posnetek nanodelcev  $CeO_2$  (zgoraj desno), neobdelani delci  $CeO_2$  (spodaj levo), nanodelci  $[Ce-141]CeO_2$  in (spodaj desno) nanodelci  $[Ce-139/Ce-141]CeO_2$  (Sandra Drev, CEMM, JEM-2100)





Slika 15: TEM-posnetek Sn bogate inverzne meje v ZnO. (a) HRTEM-posnetek z razvidno kationsko razporeditvijo po IB-ravnini. Simulacija HRTEM-posnetkov je osnovana na (b) cikcak in (c) trakovi kationski razporeditvi (Tina Radošević, F7/F9, Vesna Ribič).



Slika 16: HAADF-STEM-posnetek medfaznega področja Pt/STO s superimpozicijo strukturnega modela vzdolž  $[110]_{Pt}$  in  $[110]_{STO}$ . Atomi Pt, Sr in Ti so prikazani v rdeči, zeleni in modri barvi. (b) Ustrezen FFT-vzorec je pridobljen z označenega območja (a) (Sorour Semsari Parapari, K7).

### 10. Nanodelci $CeO_2$

TEM-analiza nanodelcev  $CeO_2$  iz sladkovodnih kozic je pokazala, da ni večjih razlik med originalnimi delci in radiološko označenimi nanodelci  $CeO_2$  (slika 14).

Vir: S. Schymura, I. Rydkin, S. Uygan, S. Drev, R. Podlipec, T. Rijavec, A. Mansel, A. Lapanje, K. Franke, M. Strok, *Environmental Science Nano*, 2021, 8, 1934

### 11. Študija inverzne meje v ZnO z dodatkom Sn

Kvantitativna HRTEM študija s Sn bogate inverzne meje v ZnO prikazuje dve različni razporeditvi kationov kratkega dosega v IB-ravnini. Kationske razporeditve (trakovi in cikcak) nadzoruje sama kemija IB ter 6-števna simetrija oktaedrskega IB-sloja (slika 15).

Vir: Ribič *et al.*, *Acta materialia*, 53 (2021), 237–252

### 12. TEM-študija Pt/STO

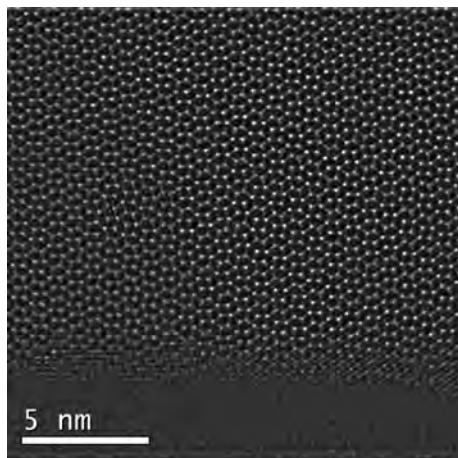
HAADF-STEM-posnetek meje med Pt in STO s superimpozicijo strukturnega modela in uklonskim posnetkom iz medfaznega območja (slika 16).

### 13. TEM-študija intermetalne zlitine $Al_{13}Co_4$

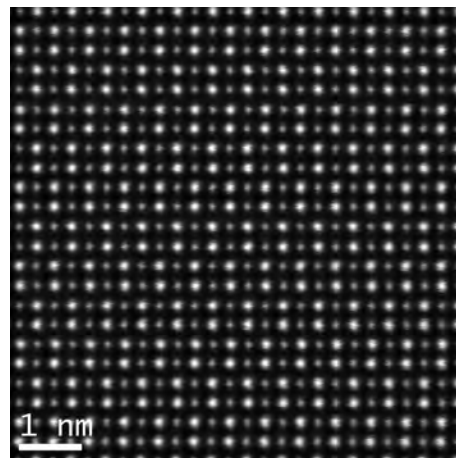
Visokoločljivostni HAADF-STEM-posnetek intermetalne zlitine  $Al_{13}Co_4$ , ki prikazuje položaj atomov v strukturi (slika 17).

### 14. TEM-študija kristala wulfenita ( $PbMoO_4$ )

Visokoločljivostni HAADF-STEM-posnetek kristala wulfenita ( $PbMoO_4$ ). Težji Pb atomi so razvidni kot pike z večjo intenziteto (slika 18).



Slika 17: HAADF-STEM-posnetek intermetalne zlitine  $Al_{13}Co_4$  (Sorour Semsari Parapari, K7)



Slika 18: Atomska razrešena slika HAADF-STEM kristala Wulfenita ( $PbMoO_4$ ). Atomi Pb in Mo so vidni kot večje oziroma manjše pike (Sorour Semsari Parapari, K7).

## MEDNARODNA PROJEKTA

1. Raziskave vpliva zadrževanja helija v materialih, ki so v stiku s fuzijsko plazmo, s pomočjo naprednih analitičnih metod  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
Andreja Šestan Zavašnik, univ. dipl. inž. kem. inž.
2. OE - EUROfusion; WP07: ENR-DeHydroc-1,2,3\_OE-FU  
European Commission  
Andreja Šestan Zavašnik, univ. dipl. inž. kem. inž.

## PROJEKTI

1. Nanostrukturne raziskave difuzijsko kontroliranih procesov med topotaksialnimi faznimi transformacijami v mineralih tipa rutil-korund  
dr. Sandra Drev

2. Detekcija napak in vodika v kristalni rešetki s pomočjo ionskih metod v načinu kanaliziranja za fuzijo  
Andreja Šestan Zavašnik, univ. dipl. inž. kem. inž.
3. Zunanje storitve (tujina), elektronska mikroskopija in mikroanaliza, priprava vzorcev in mikroskopiiranje  
prof. dr. Miran Čeh

## VEČJE NOVO POGODBENO DELO

1. BIO1-2020  
Lek, d. d.  
prof. dr. Miran Čeh

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. **prof. dr. Miran Čeh, znanstveni svetnik - vodja centra**

### Podoktorski sodelavci

2. dr. Sandra Drev

### Mlajši raziskovalci

3. Andreja Šestan Zavašnik, univ. dipl. inž. kem. inž.
4. Aleksander Učakar, mag. inž. metal. in mater.

### Strokovni sodelavci

5. dr. Jitka Hreščak
6. Maja Koblar, mag. nan., 1. 9. 2021 razporeditev v odsek K5

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Damjan Vengust, Boštjan Jančar, Tilen Sever, Andreja Šestan, Vid Bobnar, Zdravko Kutnjak, Nina Daneu, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Improved environmental stability of thermoelectric ceramics based on intergrowths of  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9 - \text{Na}_{0.75}\text{CoO}_2$ ", *Ceramics international*, 2021, **47**, 8, 11687-11693. [COBISS.SI-ID 47814403]
2. Stefan Schymura *et al.* (11 avtorjev), "Dissolution-based uptake of  $\text{CeO}_2$  nanoparticles by freshwater shrimp: a dual-radiolabelling study of the fate of anthropogenic cerium in water organisms", *Environmental science: Nano*, 2021, **8**, 7, 1934-1944. [COBISS.SI-ID 68083203]
3. Matic Korent, Marko Soderžnik, Urška Ročnik, Sandra Drev, Kristina Žužek Rožman, Sašo Šturm, Spomenka Kobe, Kristina Žagar, "Toward low-energy spark-plasma sintering of Hot-deformed Nd-Fe-B magnets", *International journal of materials science and applications*, 2021, **10**, 5, 98-107. [COBISS.SI-ID 78797059]
4. Petra Jenuš, Aleksander Učakar, Sandra Repše, Claudio Sangregorio, Michele Petrecca, Martin Albino, Riccardo Cabassi, César De Julián Fernández, Blaž Belec, "Magnetic performance of  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$  -

$\text{Zn}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4$  hybrid magnets prepared by Spark Plasma Sintering", *Journal of physics. D, Applied physics*, 2021, **54**, 20, 204002. [COBISS.SI-ID 48728323]

5. Tjaša Gornik, Sudhirkumar Shinde, Lea Lamovšek, Maja Koblar, Ester Heath, Börje Sellergren, Tina Kosjek, "Molecularly imprinted polymers for the removal of antidepressants from contaminated wastewater", *Polymers*, 2021, **13**, 1, 120. [COBISS.SI-ID 44987651]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGlavJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Janez Zavašnik, Andreja Šestan, Vasyl Shvalya, "Microscopic techniques for the characterisation of metal-based nanoparticles", V: *Analysis and characterisation of metal-based nanomaterials*, (Comprehensive analytical chemistry **93**), Elsevier, 2021, 241-284. [COBISS.SI-ID 74172419]



# CENTER ZA PRENOS ZNANJA NA PODROČJU INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJ CT-3

*Center za prenos znanja na področju informacijskih tehnologij izvaja izobraževalne, promocijske in infrastrukturne dejavnosti, ki povezujejo raziskovalce in uporabnike njihovih rezultatov. Z uspešnim vključevanjem v evropske raziskovalne projekte se CT3 širi tudi na raziskovalne in razvojne aktivnosti, predvsem s področja upravljanja z znanjem v tradicionalnih, mrežnih in virtualnih organizacijah. Center je partner v več EU-projektih. Iz programa H2020 so bili v letu 2021 aktivni projekti WATER4CITIES (Holistic Surface Water and Groundwater Management for Sustainable Cities), ELEXIS (European Lexicographic Infrastructure), SILKNOW (Silk heritage in the Knowledge Society: from punched cards to big data, deep learning and visual/zangible simulations), COG-LO (COGNitive Logistics Operations through secure, dynamic and ad-hoc collaborative networks), CyberSANE (Cyber Security Incident Handling, Warning and Response System for the European Critical Infrastructures), NALADES; A Holistic Water Ecosystem for Digitisation of Urban Water Sector, INFINITECH (Tailored IoT & BigData Sandboxes and Testbeds for Smart, Autonomous and Personalized Services in the Europe), FACTLOG (Energy-aware Factory Analytics for Process Industries), A-CINCH; Augmented Cooperation in Education and Training in Nuclear and Radiochemistry), EU-Japan. AI (Advancing Collaboration and Exchange of Knowledge Between the EU and Japan for AI-Driven Innovation in Manufacturing), STAR (Save and trusted Human Centric AI Future Manufacturing Lines), ODEREUROPA (Negotiating Olfactory and Sensory Experiences in Cultural Heritage practice and research), ERASMUS+: QALeap (Equipping Institutional Leaders to Maximise Gains from Quality Assurance) in BRIDGES (Bridging Educational Emergency to Digital Pedagogies).*



Vodja:  
mag. Mitja Jermol

V letu 2021 smo v CT3 aktivno sodelovali pri štirinajstih evropskih projektih.

Center pripravlja in organizira izobraževalne dogodke, kot so konference, delavnice, projektni sestanki za strokovnjake s področij inteligentne analize podatkov, rudarjenja podatkov, upravljanja z znanjem, mrežnih organizacij, poslovnega odločanja itd. Vsi dogodki so namenjeni prenosu osnovnih, dodatnih in vrhunskih specialističnih znanj v podjetja ter raziskovalne in izobraževalne organizacije.

V ta namen še naprej upravljamo portal <http://videlectures.net/>, kjer ponujajo izbrane izobraževalne vsebine in ki je trenutno največji referenčni spletni portal z videoizobraževalno vsebino na svetu. Kot tak sledi viziji CT3 po vzpostavljanju svetovno prepoznavnih storitev prenosa znanja in izobraževanja. Poslanstvo portala je brezplačno ponujanje vrhunskih izobraževalnih videovsebin, predvsem visoko kakovostnih znanstvenih vsebin, širšemu krogu obiskovalcev. Izvaja neomejen prenos znanj ter tako promovira znanost podiplomski in doktorski publiki. Kot v prejšnjem letu smo kot odgovor na ukrepe za zavezitev covida-19 in njihovega vpliva na organizacijo znanstvenih konferenc in drugih dogodkov nadaljevali s prilagojenimi storitvami. Tehnološko smo podprli organizatorje znanstvenih konferenc tako, da smo jim omogočili objavo vnaprej posnetih vsebin, jim zagotovili moderiranje v spletnih orodjih, kot so Zoom, Skype ali slovenska platforma MiTeam, kjer smo ustrezno poskrbeli za predvajanje videov. Zagotovili smo skoraj 40 prenosov v živo. Dogodki, ki smo jih snemali, so večinoma potekali hibridno, torej deloma v živo in deloma prek spleta. To je omogočilo udeležbo več tisoč gledalcev v živo in moderacijo vprašanj za interaktivne vsebine. S pomočjo tehničnih navodil za uporabo orodij, ki so na voljo vsem, smo objavili številne mednarodne in domače konference, kjer smo zagotovili tudi ustrezna soglasja in omogočili zanesljivost prisotnosti vsebine z določenimi vnaprej pripravljenimi videovsebinami. Največji dogodki, ki smo jih objavili leta 2021, so bili: Konferenca ISWC 2021, 6. Simpozij slovenskih raziskovalcev v tujini, Physics of the flavourful Universe, Evropski matematični kongres 2021, 30. the Web Conference VIRTUAL EDITION in drugi.

Poleg tega smo še naprej sodelovali pri projektih, kot je A-CINCH, in vzdrževali dolgoročna partnerstva. Videlectures je še naprej sodeloval pri objavljanju seminarjev IJS, predavanj Fakultete za arhitekturo, serije predavanj v sklopu projekta Znanost na cesti, serije predavanj Pozitivna psihologija in predavanja za šole in starše. Začeli smo snemati zanimive literarne večere v knjigarni Konzorcij v Ljubljani. Snemali in naredili smo tudi Predstavitev strokovnih podlag za Dolgoročno podnebno strategijo Slovenije do leta 2050.

2020/21 - 104 Developers / 97 Mentors



Slika 1: Udeleženci programa Odprto izobraževanje za boljši svet - OE4BW v letu 2021/22

Videolectures.Net je objavil mobilno aplikacijo VLN, ki je že javno dostopna, vendar še v fazi izboljševanja. Za projekt Water4Cities smo zagotovili kanale za diseminacijo ter se udeležili raziskovalno-strokovnega usposabljanja pri instituciji koordinatorja projekta.

Center je bil v letu 2021 vpet v aktivnosti pri dveh Erasmus plus projektih, in sicer pri projektu BRIDGES *Premostitev izrednih razmer v izobraževanju z digitalno pedagogiko* in projektu *QALeap. Opremljanje vodilnega osebja v izobraževanju za zagotavljanje kakovosti procesov*, kjer bomo poskrbeli za ustrezno videopodporo in nove videovsebine. Podoben cilj imamo tudi pri projekta H2020 A-Chinch, kjer bomo nadaljevali ustvarjanje videoizobraževalnih vsebin.

Pomladi 2021 smo zaradi razmer, povezanih s pandemijo covid-19, spet virtualno organizirali in izvedli 16. tekmovanje ACM iz računalništva in informatike. Vsi tekmovalci so hkrati dobili dostop do tekmovalnih sistemov ACM Slovenija (<https://rtk.fri.uni-lj.si/> in <https://putka-rtk.acm.si/>), medtem ko sta jim bila ves čas tekmovanja za morebitna vprašanja na voljo tudi Organizacijski odbor in Komisija za tekmovanje v znanju računalništva in informatike. V panogi v znanju računalništva (programiranje) je sodelovalo 164 dijakov in dijakin iz 27 srednjih šol, v panogi izdelava spletnih aplikacij je tekmovalo 12 dijakov, izziv v off-line nalogi so sprejeli 4 tekmovalci. Vsako leto prejmemo tudi kar nekaj videoizobraževalnih posnetkov, tokrat smo prejeli dva posnetka iz osnovnih šol in 22 posnetkov iz srednjih šol. Rezultati tekmovanja so dostopni na <https://rtk.ijs.si/2021/rezultati.html>, vsako leto najboljšim podarimo tudi praktične nagrade. Šolskega tekmovanja v programiranju, ki smo ga izvedli januarja, se je udeležilo 209 dijakov iz vse Slovenije.

### V letu 2021 smo sodelovali pri štirinajstih evropskih projektih.



Slika 2: Logotip dogodka *Odrpito izobraževanje za boljši svet - Eduscope 2021*

V letu 2020/21 smo že četrtrič izvedli mednarodni mentorski program *Odrpito izobraževanje za boljši svet*, ki ga vodita UNESCO katedra o odprtih tehnologijah za prosto dostopne izobraževalne vire ter odprto učenje v okviru Instituta "Jožef Stefan" in Univerze v Novi Gorici. Prejeli smo več kot 100 prijavnici in organizirali delo v 8 vozliščih; 3 regionalna vozlišča, in sicer Severna in Južna Amerika; Afrika in Evropa ter Azija; in pet tematskih vozlišč – Področno izobraževanje; Znanost, tehnologija, inženirstvo, matematika in medicina; Energija, biodiverziteteta, trajnost; Družba, mir, pravičnost, enakost; in kot prvič Mladinsko vozlišče. V okviru programa smo organizirali tudi 5 spletnih delavnic o tematikah odprtega izobraževanja, odprte pedagogike in politik odprtega izobraževanja.

Med 18. in 21. oktobrom 2021 smo organizirali spletni dogodek z naslovom OE4BW Eduscope, ki je bil v celoti organiziran v spletni obliki prek platforme MiTeam. Dogodek je obiskalo 400 udeležencev iz 36 držav in šestih celin.

V leto 2022 vstopamo s 60 projektnimi prijavi in 97 razvijalci, saj se je letos prijavilo veliko skupinskih projektov, ter 72 mentorji. Delo je organizirano v 3 regionalne in 6 tematskih vozlišč. Več o programu,

projektih, mentorjih in razvijalcih na <https://oe4bw.miteam.si/>.

Septembra 2021 smo v sodelovanju z Laboratorijem za umetno inteligenco (E3) končali projekt Water4Cities (Integrated surface and groundwater management for sustainable urban development), ki je potekal v okviru evropskega RISE-projekta Obzorja 2020 Marie Skłodowska Curie. V letu 2021 smo s pomočjo orodij za analizo podatkov analizirali pretok podtalnice, rek in meteornih vod na območju Ljubljane ter porabo in kakovost vode na primeru grškega otoka Skiathos. Razvili smo model, ki bo omogočal spremljanje optimalnega upravljanja z vodo v realnem času. Udeležili smo se konference Eighth International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2021) and SECOTOX Conference 2021, ki je potekala med 20. in 24. julijem 2021 v Thessalonikih v Grčiji. V okviru konference je konzorcij Water4Cities organiziral sejo, kjer so bili predstavljeni zaključki projekta.

Na portalu Videolectures.NET smo objavili tudi vse redne webinarje. Vse vsebine, povezane s projektom, so objavljene v posebni podmapi na portalu Videolectures.NET – <http://videolectures.net/water4cities>.

Cilj evropskega H2020 projekta COG-LO (Kognitivne logistične operacije prek varnih, dinamičnih in priložnostnih mrež sodelovanja), ki se je končal v tem letu, je bil dosežen, tj. ustvariti okvir in orodja, ki logističnim procesom dodajo kognitivne funkcije spoznavanja in sodelovanja. Skupaj z Odsekom za umetno inteligenco (E3) smo sodelovali pri zasnovi in razvoju orodja Cognitive Advisor, ki uresničuje kognitivno vedenje logističnih objektov. Sodelovali smo tudi pri projektnih pilotih, še posebej pri pilotu s



Slika 3: Ekipi CT3 in E3 s koordinatorm projekta Water4Cities na osmi mednarodni konferenci CEMEPE 2021 in konferenci SECOTOX 2021

poštnimi operaterji (Pošta Slovenije in Hrvaška pošta). V okviru projekta smo pridobili tokove podatkov, ki pomagajo pri opredelitvi potrebnih kognitivnih metod in algoritmov za optimizacijo. V okviru diseminacijskih dejavnosti smo pripravili promocijske videoposnetke, s katerimi smo predstavili pilotne projekte in razvito rešitev.

Namen evropskega projekta H2020 INFINITECH (Prirojena testna okolja ter peskovniki interneta stvari in masovnih podatkov za pametne, avtonomne in prilagojene storitve v evropskem ekosistemu finančnih in zavarovalniških storitev) je lažja implementacija in uporaba t. i. Fintech inovacij (BigData/IoT/umetna inteligenca) ter povečanje skladnosti s predpisi v finančnem in zavarovalniškem sektorju. Skupaj z Odsekom za umetno inteligenco (E3) sodelujemo v pilotu, kjer z obdelavo velikih količin podatkov Banke Slovenije in drugih pristojnih organov razvijamo platformo za izboljšanje učinkovitosti obstoječih nadzornih dejavnosti na področju pranja denarja in boja proti financiranju terorizma (AML/CTF). INFINITECH je vzpostavil tudi tržno platformo, ki omogoča dostop do projektne rešitve, skupaj z virtualiziranim digitalnim inovacijskim vozliščem (VDIH), ki podpira inovatorje FinTech/InsuranceTech.

Projekt CyberSANE (Cyber Security Incident Handling, Warning and Response System for the European Critical Infrastructures) se je začel leta 2019, namen projekta pa je bil povečanje varnosti in odpornosti kritične evropske informacijske infrastrukture (CII). V okviru projekta razvijamo platformo CyberSANE, ki bo strokovnjakom v organizacijah pomagala pri obravnavi kibernetičnih incidentov. Platforma je sestavljena iz več komponent, IJS pa je bil v letu 2021 odgovoren za razvoj komponente DarkNET, ki omogoča zajem in analizo strukturiranih in nestrukturiranih podatkov iz t. i. temnega spleta (angl. dark web) in iz medijskih zapisov. Leta 2021 se je razvoj komponente končal, komponenta pa je trenutno v postopku implementacije v platformo CyberSANE, omogoča pa pripravo poročil in opozoril o zaznanih kibernetičnih grožnjah na temnem spletu in med novicami.

Leta 2021 smo za potrebe projekta začeli pripravljati tudi izobraževalno publikacijo v angleškem jeziku – priročnik, ki bo pregledno zajel različne vidike informacijske varnosti, ki so relevantni na področju poslovanja poslovnih subjektov, ter podali tehnološko nevtralne nasvete za implementacijo zaščite pred kibernetičnimi napadi v podjetjih. Priročnik bo v okviru projekta namenjen izobraževanju vodstvenih kadrov in zaposlenih v organizacijah, ki poslujejo na področju kritične infrastrukture.

Januarja 2021 smo vstopili v nov evropski projekt EU Japan. Cilj projekta je vzpostaviti in spodbuditi dolgoročno sodelovanje med EU in Japonsko na področju inovacij rabe umetne inteligence v proizvodnji in digitalni industriji. Cilj projekta je razviti spletno platformo, prek katere se bodo lahko povezovali vsi relevantni deležniki iz obeh regij.

V okviru projekta zbiramo podatke o dogodkih, projektih, organizacijah in priložnostih za financiranje projektov na področju umetne inteligence v proizvodnji v EU in na Japonskem. Informacije objavljamo na spletni platformi, cilj pa je povezovanje partnerjev iz obeh regij in pospeševanje sodelovanja med njimi.

V začetni fazi smo partnerji projekta podatke zbirali ročno, s pomočjo zbiranja sekundarnih podatkov (tako imenovani desk research). Ker pa na IJS razvijamo orodja za samodejno zbiranje in procesiranje podatkov v besedilni obliki, smo začeli za projekt EU-Japan.AI razvijati t. i. EUJapan Observatorij. Gre za orodje, ki samodejno zbira podatke o znanstvenih publikacijah s področja umetne inteligence ter medijska poročila o dogodkih, povezanih z umetno inteligenco. Te podatke nato z našimi orodji analiziramo in primerjalne analize prikazujemo na spletni strani EUJapan Observatorija. V naslednjih mesecih bomo implementirali še zbiranje podatkov in analizo trga delovnih mest ter podatkov o povpraševanju po veččinah na področju umetne inteligence, v Observatorij pa nameravamo vključiti tudi podatke o raziskovalnih projektih in odprtokodnih projektih, povezanih z umetno inteligenco. Za obe regiji pripravljamo tudi vizualizacijo in analizo javnih politik umetne inteligence.

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Organizacija 16. srednješolskega tekmovanja ACM iz računalništva in informatike, 27. 3. 2021 (virtualno)
2. Organizacija in izvedba Usposabljanja za izvajanje učenja na daljavo ter izdelava prosto dostopnih izobraževalnih gradiv, 15. 11.–19. 11. 2021 (virtualno)
3. Organizacija in izvedba dogodka OE4BW Eduscope 2021, 18.–21. 10. 2021 (virtualno)

**Leta 2021 smo že četrto izvedli mednarodni mentorski program Odprto izobraževanje za boljši svet. Delo je potekalo v 3 regionalnih vozliščih, in sicer Severna in Južna Amerika; Afrika in Evropa ter Azija; in petih tematskih vozlišč – Področno izobraževanje; Znanost, tehnologija, inženirstvo, matematika in medicina; Energija, biodiverzitet, trajnost; Družba, mir, pravičnost, enakost; in kot prvič Mladinsko vozlišče. Jesenskega spletnega dogodka OE4BW Eduscope se je udeležilo 400 strokovnjakov iz 36 držav in šestih celin.**



Slika 4: Delo v posebnih covidnih razmerah

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. INEA/CEF - MARCELL, Večjezični viri za CET.AT na področju prava Innovation and Networks Executive Agency (INEA)  
mag. Mitja Jermol
2. ERASMUS+; MentorTrain - Usposabljanje in opremljanje mentorjev v malih in srednjih podjetjih za zagotavljanje kakovostnega vajeništva  
European Commission  
Mihajela Črnko
3. ERASMUS+; QALeAD - Opremljanje vodilnega osebja vizobraževanju za zagotavljanje kakovosti procesov  
European Commission  
Matija Ovsenek
4. ERASMUS+; BRIDGES - Premostitev izrednih razmer v izobraževanju za digitalno pedagogiko  
Agenzia nazionale Erasmus+ INDIRE  
mag. Anja Polajnar
5. COST CA19142; Vodilna platforma za evropske državljanke, industrije, akademijo in oblikovalce politik na področju dostopnosti medijev  
COST Association AISBL  
Davor Orlič, univ. dipl. prevajalec
6. H2020 - Water4Cities; Celostno upravljanje površinskih in podzemnih voda za trajnostni razvoj mest  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
7. H2020 - SILKNOW; Svileni dediščina v družbi znanja: od luknjastih kartic do velikih podatkov  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
8. H2020 - COG-LO; Kognitivne logistične operacije preko varnih, dinamičnih in ad-hoc sodelovalnih omrežij  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
9. H2020 - EnviroLENS; Copernicus kot podpora uveljavljanju okoljske zakonodaje  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
10. H2020 - FIN-TECH; Program usposabljanja za finančni nadzor in tehnološko skladnost  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
11. H2020 - NAIADES; Celovit vodni ekosistem za digitalizacijo urbanega vodnega sektorja  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
12. H2020 - CyberSANE; Sistem za zaščito, opozarjanje in odzivanje na področju kibernetске varnosti za evropske ključne infrastrukture  
European Commission, the Directorate-General  
mag. Mitja Jermol
13. H2020 - INFINITECH; Prirojena testna okolja in peskovniki interneta stvari in masovnih podatkov za pametne, avtonomne in prilagojene storitve v evropskem ekosistemu finančnih in zavarovalniških storitev  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
14. H2020 - FACTLOG; Energetsko ozaveščena tovarniška analitika za procesno industrijo  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
15. H2020 - A-CINCH; Razširjeno sodelovanje pri izobraževanju in usposabljanju na področju jedrske in radiokemije  
European Commission  
Mihajela Črnko
16. H2020 - STAR; Varna zaupanja vredna in na človeka osredotočena umetna inteligenca v proizvodnih linijah prihodnosti  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
17. H2020 - ODEUROPA; Uveljavitev olfaktornih in senzoričnih izkušenj v raziskavah kulturne dediščine  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
18. H2020 - EU-Japan.AI; Spodbujanje sodelovanja in izmenjave znanja med EU in Japonsko za inovacije v proizvodnji, ki jih vodi umetna inteligenca  
European Commission  
mag. Mitja Jermol
19. H2020 - ELEXIS; Evropska likesikografska infrastruktura  
European Commission  
mag. Mitja Jermol

## PROJEKTI

1. IRCAI - Mednarodni raziskovalni center za umetno inteligenco  
mag. Mitja Jermol
2. Snemanje predavanj in obdelava podatkov  
mag. Mitja Jermol
3. Snemanje, objava in diseminacija znanstvenih vsebin projekta EnetCollect na Videolectures.net  
Mihajela Črnko
4. Organizacija tekmovanja za Evropsko statistične nagrade za spletno inteligenco - LOT 1  
mag. Anja Polajnar
5. Upravljanje evropskih statističnih nagrad za napovedovanje trenutkov - LOT 2  
mag. Anja Polajnar
6. TIDES: Connect AI  
mag. Mitja Jermol

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Mihajela Črnko, udeležba na dogodku CEMEPE, Thessaloniki, Grčija, 19. 7.–25. 7. 2021
2. Mihajela Črnko, udeležba na strokovnem izpopolnjevanju za EU projekt H202 Water4cities, Atene, Grčija, 20. 5.–21. 6. 2021
3. Mitja Jermol, predstavitev delovanja Centra IRCAI in OE4BW na Expo Dubai, Dubai, Združeni arabski emirati, 12. 12.–19. 12. 2021
4. Mitja Jermol, predavanje na mednarodni vojaški vaji Zaščita, reševanje in vojaška mobilnost 21, Postojna, Slovenija, 20. 10. 2021
5. Mitja Jermol, udeležba na Strategic Bled Forum, Bilateralna srečanja, Bled, Slovenija, 31. 8.–2. 9. 2021
6. Matej Kovačič, udeležba na sestanku EU projekta H2020 CyberSane, Lizbona, Portugalska, 23. 11.–26. 11. 2021
7. Matej Kovačič, udeležba na konferenci CEMEPE, Thessaloniki, Grčija, 19. 7.–24. 7. 2021
8. Matej Kovačič, strokovno izpopolnjevanje za EU projekt H202 Water4cities, Atene, Grčija, 15. 7.–30. 9. 2021
9. Adis Krečo, priprava studia in izvedba snemanja in prenosa ERA konference, Brdo pri Kranju, Slovenija, 25. 10.–27. 10. 2021
10. Adis Krečo, snemanje Znanost na cesti, Maribor, Slovenija, 23. 9. 2021
11. Adis Krečo, snemanje za projekt A- CINCH, Podgorica, Brinje, Slovenija, 12. 7.–16. 7. 2021
12. Adis Krečo, snemanje zaključne konference projekta Izzivi medkulturnega sobivanja, Portorož, Slovenija, 10. 6. 2021
13. Adis Krečo, snemanje kratkih videoposnetkov za projekt A Cinch, Podgorica pri Ljubljani, Slovenija, 5. 2. 2021
14. Simon Marolt, snemanje dogodka Beep Talk & Sounds No 5: Kako v novi realnosti najti sebe in svoj zakaj?, Smlednik, Slovenija, 24. 11. 2021
15. Simon Marolt, postavitve snemalne opreme in snemanje na dogodku DigiEduHack, Ljubljana, Slovenija, 8. 11.–10. 11. 2021
16. Simon Marolt, sestanek s tehnično ekipo za izvedbo dogodka ERA konferenca, Brdo pri Kranju, Slovenija, 19. 10. 2021
17. Simon Marolt, ogled prostorov za izvedbo dogodka ERA konferenca, Brdo pri Kranju, Slovenija, 11. 10. 2021
18. Simon Marolt, snemanje častnih priznanj Univerze v Novi Gorici, Vipava, Slovenija, 28. 9. 2021
19. Simon Marolt, snemanje za potrebe EU projekta COGLO, Samobor, Hrvaška, 20. 9. 2021
20. Simon Marolt, snemanje in tehnična podpora dogodku Physics of the flavourful Universe, Portorož, Slovenija, 21. 9.–24. 9. 2021
21. Simon Marolt, snemanje Matematičnega kongresa, Portorož, Slovenija, 21. 6.–23. 6. 2021
22. Simon Marolt, snemanje zaključne konference projekta Izzivi medkulturnega sobivanja, Portorož, Slovenija, 10. 6. 2021
23. Simon Marolt, snemanje kadra za WWW promocijski video o Sloveniji, Brnik, Slovenija, 15. 1. 2021
24. Matija Ovsenek, snemanje dogodka Beep Talk & Sounds No 5: Kako v novi realnosti najti sebe in svoj zakaj?, Smlednik, Slovenija, 24. 11. 2021
25. Matija Ovsenek, ogled prostorov za snemanje dogodka Razvoj človeškega potenciala, Smlednik, Slovenija, 16. 11. 2021
26. Matija Ovsenek, postavitve snemalne opreme in snemanje na dogodku DigiEduHack, Ljubljana, Slovenija, 8. 11.–10. 11. 2021
27. Matija Ovsenek, priprava studia ter izvedba snemanja in prenosa ERA konference, Brdo pri Kranju, Slovenija, 25. 10.–27. 10. 2021
28. Matija Ovsenek, sestanek s tehnično ekipo za izvedbo dogodka ERA konferenca, Brdo pri Kranju, Slovenija, 19. 10. 2021
29. Matija Ovsenek, udeležba na projektne sestanku QALeAD, Lizbona, Portugalska, 11. 11.–14. 11. 2021
30. Matija Ovsenek, ogled dvorane za izvedbo dogodka DigiEduHack, Ljubljana, Slovenija, 12. 10. 2021

31. Matija Ovsenek, ogled prostorov za izvedbo dogodka ERA konferenca, Brdo pri Kranju, Slovenija, 11. 10. 2021
32. Matija Ovsenek, udeležba na konferenci CEMEPE in strokovno izpopolnjevanje za EU projekt H2020 Water4cities, Atene, Grčija, 19. 7.–30. 9. 2021
33. Matija Ovsenek, snemanje Matematičnega kongresa, Portorož, Slovenija, 24. 6. 2021
34. Matija Ovsenek, strokovno izpopolnjevanje za EU projekt H2020 Water4cities, Atene, Grčija, 20. 5.–21. 6. 2021
35. Matija Ovsenek, snemanje za potrebe razstave za Dneve Jožefa Stefana 2021, Kostanjevica na Krki, Slovenija, 11. 2. 2021
36. Matija Ovsenek, snemanje kadra za WWW promocijski video o Sloveniji, Brnik, Slovenija, 15. 1. 2021
37. Anja Polajnar, strokovna ekskurzija v okviru projekta Zelenomestna logistika, Lucca, Italija, 18. 11.–19. 11. 2021
38. Anja Polajnar, strokovno izpopolnjevanje za EU projekt H2020 Water4cities, Atene, Grčija, 13. 7.–29. 7. 2021

## SODELAVCI

### Podoktorski sodelavci

1. *Ayşe Saliha Sunar, BSc in Mathematics, Turčija, odšla 1. 6. 2021*

### Mlajši raziskovalci

2. Anja Polajnar, mag. znanosti

### Strokovni sodelavci

3. **mag. Mitja Jermol, vodja samostojnega centra**

4. dr. Matej Kovačič
5. Simon Marolt, inž. mep.
6. dr. Tanja Zdolšek Draksler

### Tehniški in administrativni sodelavci

7. Aleš Buh
8. *Mihajela Črnko, 1. 8. 2021 razporeditev v odsek E3*
9. Ana Fabjan, dipl. multimed. prod. (VS)
10. Adis Krečo, prof. fil. in soc.
11. Monika Kropelj, univ. dipl. kult.
12. Matija Ovsenek
13. *Kim Sevsšek, dipl. org. (UN), 1. 8. 2021 razporeditev v odsek E3*
14. Špela Sitar, univ. dipl. inž. živ. tehnol.

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. ACM Slovenija, Ljubljana, Slovenija
2. Association for Computing Machinery, New York, ZDA
3. IEEE Slovenija, Ljubljana, Slovenija
4. Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS, Ljubljana, Slovenija
5. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Ljubljana, Slovenija
6. Muzej za arhitekturo in oblikovanje, Ljubljana, Slovenija

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Mihajela Črnko, strokovno izpopolnjevanje v sklopu projekta H2020 Water4cities, Singular Logic, Atene, Grčija, 20. 5.–21. 6. 2021
2. Matej Kovačič, strokovno izpopolnjevanje v sklopu projekta, Singular Logic, Atene, Grčija, 15. 7.–30. 9. 2021
3. Matija Ovsenek, strokovno izpopolnjevanje v sklopu projekta H2020 Water4cities, Singular Logic, Atene, Grčija, 24. 7.–30. 9. 2021
4. Matija Ovsenek, strokovno izpopolnjevanje v sklopu projekta H2020 Water4cities, Singular Logic, Atene, Grčija, 20. 5.–21. 6. 2021
5. Anja Polajnar, strokovno izpopolnjevanje v sklopu projekta H2020 Water4cities, Singular Logic, Atene, Grčija, 13. 7.–29. 7. 2021

7. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana, Slovenija
8. Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana, Slovenija
9. Pošta Slovenije, Maribor, Slovenija
10. Skupina organizacij pri projektu COG-LO
11. Skupina organizacij pri projektu SILKNOW
12. Skupina organizacij pri projektu ELEXIS
13. Skupina organizacij pri projektu Water4Cities
14. Skupina organizacij pri projektu CyberSANE
15. Skupina organizacij pri projektu NIAIDES
16. Skupina organizacij pri projektu INFINITECH
17. Skupina organizacij pri projektu FACTLOG
18. Skupina organizacij pri projektu A-CINCH
19. Skupina organizacij pri projektu EU-Japan
20. Skupina organizacij pri projektu STAR
21. Skupina organizacij pri projektu ODEUROPA
22. Skupina organizacij pri projektu QALead
23. Skupina organizacij pri projektu BRIDGES
24. Slovensko akademsko tehniško naravoslovno društvo Satena
25. Stanford University, Stanford, ZDA
26. The United Nations, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Pariz, Francija
27. University College London, London, VB
28. Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije, Koper, Slovenija
29. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
30. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, Slovenija
31. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, Slovenija
32. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
33. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija
34. Univerza v Novi Gorici,
35. U.S. Embassy Ljubljana, Slovenija

## BIBLIOGRAFIJA

### IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Tanja Zdolšek Draksler, Karin Širec, "The study of entrepreneurial intentions and entrepreneurial competencies of business vs. non-business students", *Journal of Competitiveness*, 2021, **13**, 2, 171-188. [COBISS.SI-ID 70157315]

### SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGlavJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Aitor Apaolaza *et al.* (27 avtorjev), "MOVING: a user-centric platform for online literacy training and learning", V: *e-Science: open, social and virtual technology for research collaboration*, (Progress in IS), Springer, 2021, 77-130. [COBISS.SI-ID 59738371]





# IZOBRAŽEVALNI CENTER ZA JEDRSKO TEHNOLOGIJO MILANA ČOPIČA ICJT

**Poslanstvo Izobraževalnega centra za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča (ICJT) je izobraževanje o jedrskih tehnologijah in varstvu pred sevanji ter informiranje javnosti o teh dejavnostih.**



Vodja:  
**dr. Igor Jenčič**

V letu 2021 smo se že dodobra prilagodili epidemiji covid-19. Ob upoštevanju zaščitnih ukrepov (maske, prezračevanje, razkuževanje rok) smo večino izobraževanj izvedli v živo v predavalnicah oziroma laboratorijih, seveda z omejenim številom udeležencev in povečanim razmikom med mizami. Informativno dejavnost oziroma obiske šolskih skupin pa smo večinoma izvajali prek videokonferenčnega sistema. Nekajkrat so morali posamezni udeleženci usposabljanj ali predavatelji zaradi okužbe oziroma karantene ostati doma in v teh primerih so se povezali prek računalnika in poslušali predavanja ali pisali izpit na daljavo. Vsekakor smo ponosni, da nismo imeli niti enega primera prenosa okužbe med izobraževalnim procesom na ICJT.

Usposabljanje na področju jedrskih tehnologij je naša primarna dejavnost. Tečaj Tehnologija jedrskih elektrarn je začetek usposabljanja bodočih operaterjev jedrske elektrarne Krško in je potekal od septembra do februarja 2022. Izvedli smo tudi 3 dvomesečne tečaje Osnove tehnologije jedrskih elektrarn (OTJE); tečaja OTJE v juniju in juliju sta potekala vzporedno oziroma z zamikom 14 dni zato, da smo zmanjšali število udeležencev v eni predavalnici. Kljub občasni uporabi videokonferenčnega sistema so se vsi tečaji končali v predvidenem časovnem okviru. Poleg naštetih klasičnih tečajev smo imeli še dva tečaja za URSJV (Izbrane vsebine TJE in Osnove jedrske tehnologije) ter dva tečaja Jedrska energija na kratko (JEK).

Na področju varstva pred sevanji smo skupno organizirali 31 tečajev za medicinsko, industrijsko in raziskovalno uporabo virov ionizirajočega sevanja.

V sodelovanju z Odsekom za reaktorsko fiziko in RIC smo organizirali tri mednarodne tečaje.

Informiranje javnosti ostaja zelo pomemben del naših dejavnosti.

Zaradi epidemije je bilo precej manj obiskov našega informacijskega centra v živo, kar smo deloma nadomestili s predavanji in delavnicami prek videokonferenčnega sistema. Poslušalci so lahko izbirali med predavanji o elektriki iz jedrske elektrarne, o fuziji, o izotopih, o energiji na splošno ter o uporabi sevanj v industriji, medicini in znanosti. Za otroke nižjih razredov osnovne šole pa smo pripravili delavnico o energiji. V letu 2021 smo imeli 98 skupin s skupno 2935 udeleženci. Od leta 1993 si je naš informacijski center ogledalo skupaj 192.705 učencev, študentov, učiteljev in drugih obiskovalcev. Nadaljevali smo tudi s spremljanjem in analizo medijskih objav na temo jedrske energije.

**V letu 2021 je potekalo zelo intenzivno usposabljanje na področju jedrskih tehnologij, saj smo poleg tečaja Tehnologija jedrskih elektrarn izpeljali tudi tri tečaje Osnove tehnologije jedrskih elektrarn in še 4 druge tečaje.**



Slika 1: Izvedba predavanja prek videokonferenčnega sistema Zoom za učence OŠ Gabrovka

## Tečaji v Izobraževalnem centru za jedrsko tehnologijo v letu 2021

Datum	Naslov tečaja	Število udeležencev	Število predavateljev	Število tednov	Število tečajnikov-tednov
12.-19. 1.	Usposabljanje delavcev v organizacijskih enotah varstva pred sevanji (RZ1) – obnovev	12	1	0,4	4,8
29. 1.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje kontrole prtljage in pošiljk – obnovev	5	2	0,2	1
25. 2.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za izpostavljene delavce NEK (RZ-2) – obnovev	2	2	0,2	0,4
1.-3. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje prenosne XRF-spektroskopije	18	3	0,6	10,8
1.-3. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje merjenja gostote in vlage cestišč	1	3	0,6	0,6
1.-18. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrijske radiografije	2	3	1	2
8. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje kontrole prtljage in pošiljk	1	3	0,2	0,2
8. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in drugih dejavnosti	4	3	0,2	0,8
8.-9. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje odprtih virov III. razreda	1	4	0,4	0,4
8.-11. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje nuklearne medicine	13	7	0,8	10,4
11. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in drugih dejavnosti – obnovev	6	3	0,2	1,2
11. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje merjenja gostote in vlage cestišč – obnovev	3	3	0,2	0,6
11. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje odprtih virov III. razreda – obnovev	4	4	0,2	0,8
11.-12. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrijske radiografije – obnovev	7	3	0,4	2,8
17. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in drugih dejavnosti – obnovev	9	3	0,2	1,8
7. 5.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje kontrole prtljage in pošiljk – obnovev	5	2	0,2	1
10. 5.-9. 6.	Osnove tehnologije jedrskih elektrarn, teorija	15	11	4,2	63
24. 5.-23. 6.	Osnove tehnologije jedrskih elektrarn, teorija	13	13	4,4	57,2
9. 6.-2. 7.	Osnove tehnologije jedrskih elektrarn, sistemi	17	8	3,4	57,8
23. 6.-16. 7.	Osnove tehnologije jedrskih elektrarn, sistemi	12	8	3,4	40,8
5.-13. 7.	Activities on nuclear instrumentation and research reactor	14	7	1,4	19,6
31. 8.-3. 9.	Osnove jedrske tehnologije	6	7	0,8	4,8
13. 9.-4. 2. 2022	Tehnologija jedrskih elektrarn – teorija	12	18	15,6	187,2
20.-22. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje visokoaktivnih virov sevanja	1	3	0,6	0,6
20.-22. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje prenosne XRF-spektroskopije	3	3	0,6	1,8
20.-24. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrijske radiografije	2	3	1	2
27. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje kontrole prtljage in pošiljk	1	3	0,2	0,2
27. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in drugih dejavnosti	11	3	0,2	2,2

## Tečajji v Izobraževalnem centru za jedrsko tehnologijo v letu 2021

Datum	Naslov tečaja	Število udeležencev	Število predavateljev	Število tednov	Število tečajnikov-tednov
27.-30. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje nuklearne medicine	8	7	0,8	6,4
27.9.-1. 10.	Uppsala University Dedicated Practical Educational Course <i>Experimental reactor physics</i>	5	3	1	5
30. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in drugih dejavnosti – obnovitev	13	3	0,2	2,6
30. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje odprtih virov III. razreda – obnovitev	3	4	0,2	0,6
30. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za delavce, izpostavljene radonu in toronu	1	4	0,2	0,2
30. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje prenosne XRF-spektroskopije – obnovitev	5	3	0,2	1
30. 9.-1. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrijske radiografije – obnovitev	5	3	0,4	2
13.-18. 10.	Jedrska energija na kratko	10	5	0,6	6
18. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in drugih dejavnosti – obnovitev	15	2	0,2	3
27. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za izpostavljene delavce NEK (RZ-2) – obnovitev	5	2	0,2	1
2.-5. 11.	Izbrane vsebine TJE za URSJV	7	5	0,8	5,6
8.-10. 11.	Jedrska energija na kratko	17	4	0,6	10,2
12. 11.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in drugih dejavnosti	5	1	0,2	1
15. 11.-15. 12.	Osnove tehnologije jedrskih elektrarn, teorija	7	13	4,4	30,8
15. 12.-14. 1. 2022	Osnove tehnologije jedrskih elektrarn, sistemi	7	8	4,2	29,4
17. 12.	Pulse experiment exercise for students	22	5	0,2	4,4
17. 12.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in drugih dejavnosti	7	2	0,2	1,4
<b>Skupaj</b>		<b>342</b>	<b>210</b>	<b>56,4</b>	<b>587,4</b>



Slika 2: Vaje na tečaju Osnove tehnologije jedrskih elektrarn



Slika 3: Tečajniki v predavalnici na tečaju Osnove tehnologije jedrskih elektrarn, december 2021



Slika 4: Skupinska fotografija tečajnikov in predavateljev na zaključku tečaja Tehnologija jedrskih elektrarn

## PROJEKTI

1. Krepitev kompetence podjetnosti in spodbujanje prožnega prehajanja med izobraževanjem in okoljem v osnovnih šolah  
mag. Tomaž Skobe
2. Krepitev kompetence podjetnosti in spodbujanje prožnega prehajanja med izobraževanjem in okoljem v gimnazijah  
mag. Tomaž Skobe
3. Servisne usluge  
mag. Matejka Južnik
4. Izvedba tečajev TJE in OTJE - za tuje udeležence  
dr. Igor Jenčič

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Priprava učnega materiala na temo Programa nadgradnje varnosti (PNV) NEK Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
dr. Igor Jenčič
2. Manjše usluge (servisne usluge) v letu 2021  
mag. Matejka Južnik
3. Tečajji varstva pred sevanji  
mag. Matejka Južnik
4. Delovanje Infocentra v letu 2021  
Gen energija, d. o. o.  
dr. Igor Jenčič
5. Izvedba tečajev TJE in OTJE  
dr. Igor Jenčič
6. Izvajanje programa ICJT v letu 2021  
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.  
dr. Igor Jenčič

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. **dr. Igor Jenčič, vodja centra**

### Strokovni sodelavci

2. Sara Gregl, mag. inž. el.
3. mag. Matjaž Koželj, predavatelj svetnik ICJT
4. Urban Pompe, univ. dipl. fiz.
5. mag. Tomaž Skobe, predavatelj svetnik ICJT
6. Vesna Slapar Borišek, univ. dipl. fiz., vodilni predavatelj ICJT

### Tehniški in administrativni sodelavci

7. Saša Bobič
8. mag. Matejka Južnik
9. Borut Mavec, viš. uprav. del.

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Aix-Marseille Université, Marseille, Francija
2. Gen energija, d. o. o., Krško, Slovenija
3. KC Ljubljana, Klinika za nuklearno medicino, Ljubljana, Slovenija
4. Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za jedrsko varnost, Ljubljana, Slovenija
5. Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija
6. Onkološki inštitut, Ljubljana, Slovenija
7. Politecnico di Milano, Milano, Italija
8. Pošta Slovenije, d. o. o., Maribor, Slovenija
9. Uppsala University, Department of Physics and Astronomy
10. Veleposlaništvo ZDA, Ljubljana, Slovenija
11. Zavod RS za šolstvo, Ljubljana, Slovenija

# SLUŽBA ZA VARSTVO PRED IONIZIRAJOČIM SEVANJEM

## SVPIS

*SVPIS se z meritvami ionizirajočega sevanja in varstva pred njim ukvarja že vse od izgradnje raziskovalnega reaktorja leta 1966. Osnovna naloga je izvajanje radiološkega nadzora vseh sevalnih dejavnosti na Institutu "Jožef Stefan". Z vidika nadzora sta najpomembnejša raziskovalni reaktor TRIGA MARK II in Objekt vroča celica (OVC), ki sta v okviru Reaktorskega infrastrukturnega centra (RIC) združena v enoten jedrski objekt. SVPIS ima pooblastilo za izvajanje nadzora okolja reaktorja skladno s programom varstva pred ionizirajočim sevanjem, ki je bil potrjen pri upravnih organih.*

*SVPIS nadzira še 17 laboratorijev ali skupin na IJS, ki pri raziskavah uporabljajo vire ionizirajočega sevanja. V laboratorijih so v uporabi zaprti ali odprti viri sevanja in naprave (RTG-aparati in pospeševalnik TANDETRON), za katere je potreben upravni nadzor. Naše delo vključuje tudi nadzor nad radioaktivnimi odpadki (RAO), ki nastajajo znotraj IJS.*

*SVPIS v okviru svojega pooblastila izvaja tudi preglede sevalnih dejavnosti za zunanje naročnike pri uporabi virov v znanosti in industriji.*

*V sklopu pregledov izvajamo meritve hitrosti doze, kontaminacije, spektrometrije gama in koncentracije radona po akreditiranih metodah (LP-022, EN ISO/IEC 17025).*



Vodja:  
**mag. Matjaž Stepišnik**

### **Osebna dozimetrija**

V letu 2021 smo z osebnimi termoluminescenčnimi dozimetri nadzirali 135 delavcev, ki poklicno redno ali občasno prihajajo v stik z viri ionizirajočega sevanja. Največja izmerjena letna doza zaposlenega je znašala 0,52 mSv, kar je 3 % letne dozne omejitve za poklicnega delavca z viri sevanja (20 mSv na leto). Kolektivna letna doza pri vseh delih na IJS je bila 4,7 človeka mSv.

### **Nadzor raziskovalnega reaktorja in laboratorijev**

Redne preglede prostorov nadzorovanega območja Reaktorja TRIGA, Objekta vroče celice (OVC) in Odseka za znanosti o okolju smo izvajali tedensko. Pri nekaterih radiološko zahtevnih delih je bila potrebna stalna prisotnost sodelavcev SVPIS (odpiranje aktiviranih vzorcev, delo z radioaktivnimi odpadki). V okviru nadzora smo izvajali meritve hitrosti doze, kontaminacije površin, predmetov in osebne kontaminacije. Rezultati nadzora kontaminiranosti prostorov so pokazali večinoma nemerljivo ali zanemarljivo kontaminiranost. Lokalno povišane ravni sevanja je bilo mogoče izmeriti le na nekaterih mestih predvsem v nadzorovanem območju reaktorja.

Trenutno so na IJS v uporabi 104 radioaktivni viri sevanja (odprti in zaprti) in 13 naprav (RTG-aparati in pospeševalnik TANDETRON), za katere je potreben upravni nadzor. Dodatno se na IJS uporablja še približno 450 radioaktivnih virov z manjšo aktivnostjo.

V letu 2021 smo pod nadzorom neodvisne pooblaščenice opravili tudi 21 radioloških pregledov laboratorijev IJS, kjer uporabljajo vire sevanja. Neodvisna pooblaščenica je opravila še dodaten nadzor nad SVPIS in dvema laboratorijema na IJS. Pri pregledu ni zaznala pomanjkljivosti, ki bi lahko vplivale na sevalno varnost zaposlenih.

### **Nadzor okolja reaktorja**

Nadzor okolja reaktorja izvajamo skladno s Programom nadzornih meritev sevanja v okolici Reaktorskega centra IJS. Nadzorne meritve sestavljata dva sklopa, in sicer meritve izpustov (emisije) in meritve v okolju (imisije). Koncentracije sevalcev gama v vzorcih vod, filtrov, žlahtnih plinov, zemlje in sedimentov smo redno merili z visokoločljivostno spektrometrijo gama (VLG). SVPIS opravi letno približno 500 različnih VLG-meritev za potrebe reaktorja in drugih odsekov. Meritve doze zunanjega sevanja z okoljskimi pasivnimi dozimetri smo izvajali v sodelovanju s pooblaščenim dozimetričnim laboratorijem.

Na podlagi emisijskih meritev in konservativnih predpostavk razširjanja radioaktivnih snovi preliminarno ocenjujemo, da je bila letna efektivna doza prebivalstva v okolici Reaktorskega centra ocenjena na manj kot 1 mikro Sievert.

---

**Sevalna obremenitev prebivalstva zaradi dejavnosti Reaktorskega centra je bila v letu 2021 zanemarljiva.**

---

### Izdelava strokovnih mnenj in izvajanje meritev za zunanje naročnike

SVPIS je pooblaščen za izvajanje nadzornih meritev in izdelavo strokovnih mnenj s področja varstva pred sevanji. V letu 2021 smo izvedli več nadzornih pregledov in izdelali nekaj strokovnih mnenj pri zunanjih naročnikih v industriji in znanstvenih organizacijah (skupaj 39).

Sodelavci SVPIS smo sodelovali tudi pri ocenah vpliva Jedske elektrarne Krško, raziskovalnega reaktorja TRIGA in skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju na okolje.

---

## SODELAVCI

### Strokovni sodelavci

1. dr. Tinkara Bučar
2. Mitja Eržen, univ. dipl. fiz.
3. **mag. Matjaž Stepišnik, vodja SVPIS**

### Tehniški in administrativni sodelavci

4. Thomas Breznik, dipl. inž. rad.
  5. Jasna Kopač, dipl. ang. (UN) in dipl. šp. jez. in knjiž. (UN)
  6. Tanja Murn, mag. prof. pouč. bio. in kem.
  7. Nina Udir, univ. dipl. inž. graf. tehnol.
- 

## BIBLIOGRAFIJA

---

### SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGlavJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Matjaž Stepišnik, "Radioaktivnost v rečni vodi, sedimentih in ribah", V: *Ovrednotenje meritev radioaktivnosti v reki Savi, pitni vodi, padavinah, zraku, zemlji in hrani v okolici NEK in po Sloveniji*, Institut "Jožef Stefan", 2021, 106-1-106-19. [COBISS.SI-ID 64812035]

### STROKOVNA MONOGRAFIJA

1. Matjaž Stepišnik, Jasmina Kožar Logar, Toni Petrovič, Marko Giacomelli, Matjaž Korun, Katarina Vogel-Mikuš, *Ovrednotenje meritev radioaktivnosti v reki Savi, pitni vodi, padavinah, zraku, zemlji in hrani v okolici NEK in po Sloveniji*, Institut "Jožef Stefan", 2021. [COBISS.SI-ID 56586243]

# CENTER ZA PRENOS TEHNOLOGIJ IN INOVACIJ

## CTT

*Pisarna za prenos tehnologij na Institutu "Jožef Stefan" je bila ustanovljena leta 1996 in preoblikovana januarja 2011. Od takrat podpira tretji steber delovanja Instituta "Jožef Stefan" kot samostojni Center za prenos tehnologij in inovacij (CTT). Izvajamo pomoč pri prenosu tehnologij in znanja z IJS v gospodarstvo: pogodbeno in projektno sodelovanje z industrijo, licenciranje, ustanavljanje odcepljenih podjetij ter povezane postopke zaščite intelektualne lastnine ter pri prijavljanju in izvajanju projektov. Podjetjem ponujamo pomoč pri povezovanju z raziskovalci in pri internacionalizaciji. Znanje iz znanosti prenašamo tudi v šolski sistem ter skrbimo za pozitivno prepoznavnost znanosti in IJS med mladimi in širšo populacijo.*



Vodja:

**dr. Špela Stres, LL.M, MBA**

Uspešnost CTT izvira iz dela 13 strokovnjakov, 6 jih ima naravoslovno-tehnično izobrazbo, 9 ekonomsko, 1 pravno, 2 s področja družbenih ved, med nami pa je tudi 1 patentni zastopnik, 1 nosilec naziva Registered Technology Transfer Professional (RTTP), 3 člani imamo tudi pridobljene ameriške certifikate Certified Licensing Professional. Izjemen dosežek je članstvo vodje centra v prvem upravnem odboru Evropskega raziskovalnega sveta (European Innovation Council). Smo člani ASTP (Association of Science and Technology Professionals), LES (Licensing Executives Professionals) in Združenja profesionalcev za prenos tehnologije ter Združenja patentnih zastopnikov Slovenije.

Delujemo na področjih prenosa tehnologij in znanja. Naše pomembno sredstvo je ustvarjena mreža stikov s podjetji in drugimi organizacijami v Sloveniji in tujini. Naše stranke so primarno raziskovalci z IJS, sicer pa so bili naši neposredni naročniki v letu 2021 tudi na drugih raziskovalnih in izobraževalnih institucijah v Sloveniji in med (velikimi in manjšimi) slovenskimi podjetji. **Storitve** – analizo, pripravo, registracijo, zaščito in trženje intelektualne lastnine (tudi skritega znanja), pripravo pogajalskih izhodišč, izvedbo pogajanj in pripravo ter sklenitev posameznih raznovrstnih pogodb, podporo pri ustanavljanju odcepljenih podjetij, izobraževanje in informiranje, dostop podjetij do raziskovalcev in raziskovalne infrastrukture ter podporo pri vzpostavljanju finančnih ukrepov - prilagodimo individualnim potrebam.

V letu 2021 je center čakalo nekaj **vsebinskih izzivov**, med njimi so bili najbolj zahtevni (i) vsebinska nadgradnja finančnega svetovanja za sodelovanje z JRO v podjetjih, (ii) drugi zaporedni razpis inovacijskega sklada Proof-of-Concept CTT na IJS in (iii) ozaveščanje odsekov instituta o raznolikih segmentih delovanja centra v okviru tretjega stebra delovanja IJS. (i) V letu 2021 smo nadaljevali podporo podjetjem pri iskanju finančnih sredstev za sodelovanje z raziskovalci, vključno s podporo pri uveljavljanju davčnih olajšav podjetij iz naslova vlaganj v raziskave in razvoj. (ii) V letu 2021 smo drugo leto zapored odprli in izpeljali razpis Inovacijskega sklada CTT za dodelitev sredstev raziskovalnim projektom IJS, s čimer smo podprli pet uspešnih raziskovalnih skupin v razvoju tehnologij k višji stopnji pripravljenosti za trg (TRL). (iii) V letu 2021 smo v predstavitev na strokovnih svetih IJS predstavljali aktivnosti CTT in pobude za dopolnitev postopkov trženja sredstev IJS, kot je raziskovalna oprema. V program Mednarodne konference za prenos tehnologij smo ponovno vključili sekcijo znanstvenih prispevkov s področja prenosa tehnologij, ki so jih objavili in predstavili tako raziskovalci kot predstavniki pisarn za prenos tehnologij iz različnih javnih raziskovalnih organizacij, ter tako dvignili izzive prenosa tehnologij na raven znanstvene obravnave.

Kljub organizacijskim izzivom zaradi epidemioloških razmer smo svoje delo opravljali v celoti in večinoma nemoteno, vključno z organizacijo letne Mednarodne konference za prenos tehnologij in organizacijo sestankov s podjetji, obiskov šol na inštitutu ter mnogimi drugimi izobraževalnimi in informativnimi dogodki, ki so potekali na daljavo.

V letu 2021 je Center za prenos tehnologij in inovacij svoje aktivnosti financiral iz dveh večjih in dveh manjših **evropskih in nacionalnih projektov**. Projekti so potekali v različnih programskih shemah financiranja: Enterprise Europe Network (EEN) Slovenia (shema COSME), KET4Clean Production (Obzorje 2020) ter nacionalna projekta KTT (MIZŠ) in Vrednotenje intelektualne lastnine (ARRS CRP). Aktivnosti projektov so se povezovale in dopolnjevale našo osnovno dejavnost prenosa tehnologij. V projektu KTT koordiniramo Konzorcij za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo, ki zajema populacijo največjih slovenskih JRO, v projektu EEN pa smo koordinirali slovenski del evropske mreže Enterprise Europe Network.

**Na mednarodni konferenci smo ponovno vključili sekcijo znanstvenih prispevkov s področja prenosa tehnologij ter tako z dvigom problematike prenosa tehnologij na raven znanstvene obravnave prispevali k profesionalizaciji poklica.**



Delo v CTT poteka v okviru štirih skupin, katerih aktivnosti se med seboj dopolnjujejo in prepletajo.

### Skupina za zaščito in trženje intelektualne lastnine

Obravnava primere zaščite in trženja intelektualne lastnine, ki jih evidentira prek enotne vstopne točke informacijskega sistema EDS na podlagi prvih sestankov z raziskovalci (23), izdeluje ocene patentabilnosti, pripravi poglobljen pregled stanja tehnike (5). Skupina izvaja tudi poglobljene ocene tržnega potenciala (4), pomaga pri

**Priprava, zaščita in trženje 23 novih tehnologij IJS. Identifikacija 132 novih raziskovalno-razvojnih tem za sodelovanje. Sklenjenih 16 licenčnih in 22 raziskovalno-razvojnih pogodb z domačimi in tujimi podjetji.**

pripravi dokumentacije in opisa izuma za razkritje znotraj matične JRO (5), pomaga izpolniti pogoje za vložitev patentnih prijav, pripravlja pogodbe o lastništvu IL (7), svetuje in predlaga ustrezne patentne zastopnike ter pripravlja in vlaga patentne prijave (18), svetuje o strategiji za razširjanje zaščite na mednarodno in nacionalno raven. Skupina je v letu 2021 v bazi Enterprisa Europe Network pripravljala in objavljala marketinško izdelane nove tehnološke profile (12), na katere je prejela interese podjetij (74).

Omenjene in druge profile je tudi aktivno tržila (18) več kot 700 podjetjem in drugim organizacijam ter prejela resna zanimanja za sodelovanje (14). Člani skupine so poskrbeli za ustrezno sklenjene pogodbe o nerazkrivanju informacij (13), sodelovali so pri pogajanjih ter pripravili in poskrbeli za sklepanje licenčnih (16) in raziskovalno-razvojnih (22) pogodb.

Prav tako znotraj skupine poskrbijo za individualna svetovanja v vseh fazah načrtovanja in ustanavljanja odcepljenih podjetij (12), pomagajo pri oblikovanju izhodiščnega poslovnega modela, opredelitvi interesa in možnosti uporabe intelektualne lastnine, opreme in prostorov IJS, pripravi poslovnega načrta, povezovanju z zunanjimi mentorji in podpornimi programi, informiranju in povezovanju z viri financiranja, vodijo dogovore o ureditvi razmerij med IJS in raziskovalci v vlogi ustanovnih podjetniških ekip, pripravijo mnenja in uredijo vso potrebno dokumentacijo za odločanje IJS o izdaji soglasij k ustanovitvi odcepljenega podjetja, poskrbijo za vrednotenje intelektualne lastnine in drugih sredstev, sklepanje pogodb o uporabi opreme in pripravijo licenčne pogodbe za uporabo tehnologije IJS v odcepljenem podjetju.

V skupini aktivno vzpostavljamo in načrtujemo sodelovanje z deležniki, ki vzpostavljajo regionalni sklad tvegane kapitala v vrednosti več kot 40 milijonov evrov, ki ga v sodelovanju s slovensko in hrvaško razvojno banko (SID in HBOR) ustanavlja Evropski investicijski sklad (EIF) in bo pomenil pomembno dopolnitev v zagotavljanju virov financiranja, ki doslej v taki obliki še niso bila dostopna odcepljenim podjetjem slovenskih in hrvaških javnih raziskovalnih organizacij.

**Izvedba Proof of Concept razpisa za pomoč pri dvigu tehnološke pripravljenosti 5 raziskovalnih projektov IJS v vrednosti 42.042,42 EUR.**

Vzpostavili smo sodelovanje s programom Ljubljana MBA, v katerem smo z ekipo načrtovanega odcepljenega podjetja z IJS, Nacionalnega inštituta za biologijo in Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani sodelovali s skupino 9. generacije študentov MBA in mentorjev Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, ki so izvedli zaključni konzultantski projekt, v katerem so pripravili tržno analizo in finančni načrt, opredelili konkretna partnerstva z možnimi viri financiranja in pridobili interes potencialnih uporabnikov nove tehnologije na področju čistejšega okolja.

Skupina je tudi pripravila in izvedla **razpis inovacijskega sklada Proof-of-Concept CTT** na IJS. Lastna sredstva v skupni vrednosti 42.042,42 evra smo namenili petim raziskovalnim projektom IJS, s čimer smo podprli uspešne raziskovalne skupine v razvoju tehnologij k višji stopnji pripravljenosti za trg (TRL).



Slika 1: Prejemniki nagrad za najboljšo inovacijo iz javnih raziskovalnih organizacij (foto: M. Verč)

**Organizacija mednarodne konference ITTC. Več kot 140 obiskovalcev. Izvedba in podelitev dveh nagrad za najboljše inovacije in dveh nagrad World Intellectual Property Organization: WIPO Medal for Inventors izumiteljem za vlogo pri izboljšanju družbenega blagostanja ter WIPO IP Enterprise Trophy podjetjem za učinkovito uporabo in promocijo intelektualne lastnine.**

### Skupina za promocijo in izobraževanje

Za spodbudo raziskovalcem, da bi se podali v podjetniške vode, vsako leto objavimo razpis in podelimo *nagrado za inovacijo* za največjim komercialnim potencialom, organiziramo delavnice za mlade raziskovalce in delavnice za razvoj poslovnih modelov ter priprave hitrih (pitch) predstavitev njihovih poslovno-tehnoloških predlogov. Na razpis se je v letu 2021 prijavilo 6 ekip: 4 z IJS in 2 mešani ekipi z več JRO. Na 14. Mednarodni konferenci za prenos tehnologij sta bili slavnostno podeljeni dve nagradi za najboljše invencije in inovacije s tržnim potencialom ter nagradi Svetovne organizacije za intelektualno lastnino – World Intellectual Property Organization: WIPO Medal for Inventors, namenjene izumiteljem, za priznanje njihove vloge pri povečanju družbenega blagostanja, ter

nagrada WIPO IP Enterprise Trophy za podjetje, ki učinkovito uporablja in promovira intelektualno lastnino. Raziskovalcem IJS smo tudi omogočili predstavitev na Mednarodni razstavi inovacij ARCA 2021 v Zagrebu, kjer so predstavljene tehnologije osvojile *srebrno in dve bronasti kolajni*.

Skupina je javnost obveščala o dogajanjih prek eNovic CTT ter na Facebook strani in prek LinkedIna, Twitterja in kanala YouTube. Pripravili in razposlali smo sezname slovenskih in EU-razpisov (12 seznamov z več kot 200 razpisi) za projektne prijave, tuja povpraševanja po raziskovalnih/industrijskih partnerjih (330 pobud), tedensko razpošiljali druge informacije TT-koordinatorjem po odsekih ter tako prispevali k prijavi novih projektov z novimi tujimi partnerji (30).

Med pomembnejšimi dogodki je skupina organizirala Dan odprtih vrat IJS na daljavo, obiske šol na daljavo (34), izvedla izobraževanja iz podjetništva za mlade raziskovalce (1) (skupno 42 udeležencev) in Mednarodno konferenco o prenosu tehnologij (14. po vrsti) (140 udeležencev). Organizirali smo tudi Industrijski šprint IJS 2021 s predstavitvami podjetij in raziskovalcev (42 udeležencev).

Skupina je izdala več publikacij – brošure Modrosti iz inovacijskega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah, Development Opportunities 4 (tehnologije IJS), Zaščita in trženje intelektualne lastnine za raziskovalce in podjetja, Patents from the Jozef Stefan Institute 1999–2018 (ponatis); koordinirala je tudi pripravo promocijskega videoposnetka o IJS.

#### Skupina za pogodbeno sodelovanje z gospodarstvom

Obiskuje tako velika kot majhna podjetja (47) ter organizira njihove povratne (virtualne) obiske na IJS (36), organizira sektorske in regijske obiske podjetij na IJS oziroma na daljavo ter sodeluje z drugimi subjekti podpornega okolja. Sodelavci skupine v podjetjih in med raziskovalci iščemo nove teme za sodelovanje v okviru razvojnih projektov (132 identificiranih RR-tem), pripravljamo tehnološke ponudbe, sklepamo sporazume o varovanju informacij in pisna soglasja za nadaljnje sodelovanje (10 sklenjenih mednarodnih dogovorov o konkretnem dolgoročnem sodelovanju v poslovne ali tehnološko-raziskovalne namene) ter skrbimo za podporo pri sklenitvi licenčnih in raziskovalno-razvojnih pogodb.

Sodelavci vseh treh skupin so ob skupnem sodelovanju dosegli sklenitev licenčnih in raziskovalno-razvojnih pogodb z različnimi podjetji oziroma raziskovalnimi organizacijami. Na področju sklepanja pogodb so se aktivnosti CTT v zadnjem letu znatno povečale, in sicer tako z domačimi kot s tujimi partnerji.

#### Horizontalna skupina za podporo prijavam in izvajanju projektov

Na Centru za prenos tehnologij in inovacij smo od ustanovitve l. 2011 do danes skupaj s svojimi partnerji oddali številne uspešne prijave na različne nacionalne in evropske razpise. Smo ocenjevalci slovenskih in mednarodnih projektov. Delujemo v različnih odborih za pripravo smernic in razpisov na različnih ravneh. Tako smo na primer sodelovali v okviru delovne skupine Evropske komisije, ki je postavila smernice za delovanje European Innovation Council. Pozneje smo bili imenovani tudi za EIC National Champion. Pomembno orodje pri delu skupine sta tudi evropski mreži Enterprise Europe Network in Vision 2020, katerih člani smo. Tako smo na področju priprave in izvedbe projektov pridobili pomembne in bogate izkušnje, na podlagi katerih lahko kompetentno svetujemo in pomagamo raziskovalcem instituta.

Za zainteresiranim odsekom ponujamo pomoč pri pripravi projektov, tako da mesečno ažuriramo iskalnik razpisov (1600 razpisov v 2021); ponujamo pomoč glede posameznih razpisnih shem ter pri razlagi razpisov in iskanju projektov partnerjev (30) ter pomoč pri pripravi posameznih delov projektov prijavi (17) (npr. upravljanje/Management, komunikacija & razširjanje/Communication & Dissemination, vpliv/

**Trinajstič zapored smo raziskovalcem z javnih raziskovalnih organizacij podelili Nagrado za izum ali inovacijo z najboljšim tržnim potencialom v skupnem znesku vseh dosedanjih nagrad več kot 58.000 EUR.**



Slika 2: Prejemnika nagrad Svetovne organizacije za intelektualno lastnino WIPO Medal for Inventors in WIPO Enterprise Trophy (foto: M. Verč)

**Sodelavce IJS smo obveščali ter pomagali pri prijavih na domača in mednarodna tekmovanja izumov in inovacij, kjer so prejeli 5 nagrad.**

**Predstavitev raziskovalnih kapacitet in tehnologij IJS na obiskih 47 podjetij.**



Slika 3: Nagrade raziskovalcev IJS na Mednarodni razstavi inovacij ARCA 2021 v Zagrebu, Hrvaška

**Obveščanje sodelavcev IJS o 1600 razpisih domačih in tujih projektov ter programov. Iskanje partnerjev za 30 projektov prijavi. Pomoč pri vsebinski pripravi 17 projektov prijavi.**

Impact). Na nas se lahko raziskovalci IJS obrnejo tudi, če potrebujejo pomoč pri pripravi **pravnih dokumentov**, povezanih s projektnimi prijavi, npr. NDA med partnerji, in pri pripravi konzorcijske pogodbe, še posebej pri pregledu predhodne intelektualne lastnine (**background IP**) in predvidene intelektualne lastnine (**foreground IP**) ter glede vsebinskih **predlogov ravnanja z IL** za priložo konzorcijske pogodbe. Prav tako svetujemo pri **pravnih vidikih evropskih raziskovalnih programov** (npr. državna pomoč, intelektualna lastnina, odprt dostop, FAIR, Open Science). Na področju sklepanja pogodb se so aktivnosti CTT v zadnjem letu znatno povečale, iz naslova pogodb, sklenjenih tako z domačimi kot s tujimi partnerji.

### Horizontalna skupina za raziskave prenosa tehnologij in inovativnost

Delujemo kot ocenjevalci in zunanji eksperti doma in v okviru Evropske komisije ter za različne ugledne mednarodne institucije (EC ERC, EUREKA, RRD). JRC nas je prepoznal kot eno najbolj propulzivnih pisarn za prenos tehnologij v EU in nas umestil v **TTO Circle**, skupino JRO z najboljšimi aktivnostmi na področju prenosa znanj in

tehnologij, skupaj z institutom Max Planck, Weitzman, Fraunhofer, VITO in VTT. Strokovno sodelujemo tudi v okviru **Združenih narodov**, v 10-članski skupini za podporo mehanizmu za prenos znanja (10MG TFM), ter z **World Intellectual Property Office (WIPO)** v okviru njihovih globalnih mednarodnih sodelovanj. Sodelujemo v strokovni skupini **DG Research & Innovation v European Innovation Council (EIC) Management Group** za vzpostavitev upravljanja z mehanizmom European Innovation Council. V letu 2021 smo bili člani **sektorskih skupin Enterprise Europe Network Materials in ICT**. Sodelujemo tudi v **Upravnem odboru European Innovation Council** ter v **HL svetovalni skupini** direktorja DG R&I Economic and Societal Impact of Research and Innovation. **Predsedovali** smo sektorski skupini BioChemTech in Združenju profesionalcev za prenos tehnologij Slovenije ter Komisiji za odcepljena podjetja Instituta "Jožef Stefan". V letu 2021 smo v okviru projekta CRP (ARRS) v pomoč relevantnim deležnikom inovacijskega ekosistema identificirali ključne kritične točke v prenosu intelektualne lastnine (IL) iz raziskovalnih organizacij v gospodarstvo, ki bodo služile v nadaljnjih procesih vrednotenja IL kot podlage za predlog dolgoročno vzdržnega modela državnih pomoči za spodbujanje sodelovanja znanosti in gospodarstva.

**Smo člani upravnega odbora European Innovation Council (EIC), posvetovalne ekspertne skupine direktorja DG R&I Evropske komisije, Economic and Societal Impact of Research and Innovation; vodimo delovno skupino za vzpostavitev EIC Marketplace za Evropsko komisijo, smo nacionalni delegati v CERN Knowledge Transfer Forum. Sodelujemo z World Intellectual Property Office (WIPO) v okviru njihovih globalnih mednarodnih sodelovanj. Predsedujemo sektorski skupini BioChemTech mreže Enterprise Europe Network. Predsedujemo Združenju profesionalcev za prenos tehnologij Slovenije. Za deležnike inovacijskega sistema smo izdelali pregled kritičnih točk prenosa intelektualne lastnine iz raziskovalne sfere v gospodarstvo.**

### Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

14. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij – 14. ITTC, hibridno, 7.–8. 10. 2021
- Mladi upi 2021 – podjetniško inovacijska delavnica za mlade raziskovalce, virtualno, 23. 4. 2021
- Hekaton Raziskovalci in podjetja z roko v roki za naš boljši jutri, virtualno, 9. 7. 2021
- Industrijski sprint 2021 IJS: kratke predstavitve raziskovalcev IJS in predstavnikov podjetij z iskanjem možnosti sodelovanja, virtualno, 16. 9. 2021
- Cooperation meeting Cracow University of Technology – Jožef Stefan Institute, virtualno 9. 12. 2021

## MEDNARODNI PROJEKTI

- K7, CTT - ID Creations; Pravice in obveznosti v zvezi z razvojem, uporabo in komercializacijo hidrotermalno sintetiziranih prevlek iz TiO<sub>2</sub> na kovinskih ortopedskih in zobnih vsadkih  
ID Creations Oy  
dr. Špela Stres, LL.M., MBA
- COSME-EEN-SGA4 - EEN Slovenia 4; Storitve EEN Slovenija za pomoč pri poslovanju in inoviranju v Sloveniji  
European Commission  
dr. Špela Stres, LL.M., MBA
- H2020 - KET4CleanProduction; Vseevropski dostop do tehnoloških storitev na področju čiste proizvodnje - za proizvodne evropske MSP - s pomočjo mreže vodilnih tehnoloških centrov s področja ključnih tehnologij  
European Commission  
dr. Špela Stres, LL.M., MBA

- H2020 - AMULET; Napredni materiali in proizvodnja za LightwEight  
European Commission  
dr. Špela Stres, LL.M., MBA
- H2020 - We4SMESLO 5; Vzpodbujanje potenciala inovacijskega managementa v MSP strani EEN Slovenija  
European Commission  
dr. Špela Stres, LL.M., MBA

## PROJEKTI

- Vrednotenje IL kot podlage za predlog dolgoročno vzdržnega obrazca državnih pomoči za spodbujanje sodelovanja znanosti in gospodarstva  
dr. Špela Stres, LL.M., MBA
- Konzorcij za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo (KTT)  
dr. Špela Stres, LL.M., MBA
- Delež prihodkov IJS z naslova izkoriščanja izumov - tujina (IJS delež licenčnin - tujina)  
dr. Špela Stres, LL.M., MBA

## OBISKI

- Bojan Čudić, Enterprise Europe Network BiH, Bosna in Hercegovina, 11. 6. 2021
- Petra Redelonghi, Zavod za gradbeništvo, Ljubljana, Slovenija, 14. 6. 2021
- Alexandre Massart, Vesna Capital LLC, London, Velika Britanija, 15. 6. 2021
- Boris Šajnovič, Iskra, d. o. o., Ljubljana, Slovenija, 16. 6. 2021
- Janez Gorjanc, Lit Gorjanc, d. o. o., Škofja Loka, Slovenija, 9. 7. 2021
- Magdalena Wencka, Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Sciences, Poznan, Poljska, 26. 7. 2021
- Matjaž Godec in Tadej Kokalj, Inštitut za kovinske materiale in tehnologije (IMT), Ljubljana, Slovenija, 27. 7. 2021
- Janez Ilnikar, Ministrstvo za obrambo RS (MORS), Ljubljana, Slovenija, 12. 8. 2021–18. 8. 2021
- Jernej Dvoršak, BABEG Kärntner Betriebsansiedlungs- und Beteiligungsgesellschaft mbH, Celovec, Avstrija, 2. 9. 2021
- Luigi Amati in Jurij Giacomelli, META Group/META Ingenium, Ljubljana, Slovenija, 2. 9. 2021
- Monika Langiewicz in Jacek Kacz, poljska ambasada v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija/Cracow University of Technology / Politehnika Krakowska, Krakow, Poljska, 3. 9. 2021
- Nina Dremelj, Jakob Gajšek in Alexandre Massart, Vesna Capital LLC, Ljubljana, Slovenija/Vesna Capital LLC, London, Velika Britanija, 7. 9. 2021
- Bojan Suvorov in Klemen Košir, Služba vlade RS za razvoj in evropsko kohezijsko politiko, Ljubljana, Slovenija, 8. 9. 2021
- Jana Kolar, European Strategy Forum for Research Infrastructures (ESFRI), Trst, Italija, 10. 9. 2021
- Luigi Amati in Jurij Giacomelli, META Group/META Ingenium, Ljubljana, Slovenija, 21. 9. 2021
- Toshiyasu Ichioka, RIKEN Europe Office, Bruselj, Belgija, 25. 10. 2021
- Do-won Lee, Ki-young Ko in Jun-ho Ko, Korea Invention Promotion Association (KIPA), Seul, Južna Koreja, 8. 11. 2021
- dr. Levin Pal: European Industrial Strategy – a great opportunity to strengthen the role of technology transfer offices – na 14. Mednarodni konferenci o prenosu tehnologij – 14. ITTC, na daljavo, 7. 10. 2021
- dr. Levin Pal: European Guiding principles for knowledge valorisation: An assessment of essential topics to be addressed – na 14. Mednarodni konferenci o prenosu tehnologij – 14. ITTC, na daljavo, 7. 10. 2021
- France Podobnik: DIH4IJS – Digitalno inovacijsko stičišče IJS – Seminar CTT, na daljavo, 14. 4. 2021
- dr. Špela Stres: Sodelovanje med javno-raziskovalnimi organizacijami in gospodarstvom – predavanje v okviru predmeta Podjetniška družba na podiplomskem študijskem programu Management, na daljavo, 17. 3. 2021
- dr. Špela Stres: Delavnica Obzorje Evropa na temo novosti v programu Obzorje – na daljavo, 9. 4. 2021
- dr. Špela Stres: Predavanje znotraj delavnice Upravljanje s pravicami intelektualne lastnine v spremenljivem svetu vpliva ekonomije in družbe – na daljavo, 6. 5. 2021
- mag. Marijeta Trobec – Proof of Concept cases at the Jožef Stefan Institute in 2020 and 2021 – na 14. Mednarodni konferenci o prenosu tehnologij – 14. ITTC, na daljavo, 7. 10. 2021

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

### SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- mag. Robert Blatnik: Podporni programi in viri financiranja za zagonska (odcepljena) podjetja – seminar CTT, na daljavo, 10. 2. 2021
- mag. Robert Blatnik: Razvoj poslovnega modela za komercializacijo inovacij – predavanje v okviru predmeta Ustvarjalna inteligenca in inovacije na podiplomskem študijskem programu Management, na daljavo, 18. 3. 2021
- mag. Robert Blatnik: What is spin-out / start-up and how to draft my first business model? v okviru delavnice Mladi upi, na daljavo, 23. 4. 2021
- mag. Robert Blatnik: Pravice novonastale intelektualne lastnine iz sodelovanja javne raziskovalne institucije s študenti – seminar CTT, na daljavo, 10. 11. 2021
- mag. Robert Blatnik in mag. Marijeta Trobec: predstavitev storitev CTT na odseku K8, na daljavo, 19. 3. 2021
- Tomaž Justin: Priložnosti za kaskadno financiranje v programu Obzorje 2020 – aktivni/odprti razpisi v letu 2021 – seminar CTT, na daljavo, 31. 3. 2021
- dr. Marijan Leban: Intelektualna lastnina: osnovni pojmi – licence, avtorske pravice, patenti – predavanje v okviru projekta PODVIG – na daljavo, 22. 4. 2021
- dr. Marijan Leban: Technology Transfer Fund – Central Eastern European Technology Transfer (CEETT) platform – na 14. Mednarodni konferenci o prenosu tehnologij – 14. ITTC, na daljavo, 7. 10. 2021
- dr. Marijan Leban: Technology transfer pipeline and what does JWP stand for – predavanje v okviru dogodka ShowRoom, Ljubljana, Slovenija, 10. 12. 2021
- Tomaž Lutman: Pregled patentnih zastopnikov – seminar CTT, na daljavo, 3. 2. 2021
- Tomaž Lutman: Towards the Market: Novel Antimicrobial Material – na 14. Mednarodni konferenci o prenosu tehnologij – 14. ITTC, na daljavo, 7. 10. 2021
- Tomaž Lutman, dr. Špela Stres: Delavnica Obzorje Evropa na temo Evropskega sveta za inovacije – na daljavo, 13. 4. 2021
- Tomaž Lutman, mag. Marijeta Trobec: predstavitev Podpornih storitev CTT za pridobivanje projektov EU – na daljavo, 14. 5. 2021
- Matej Mrak: Škoda/odškodnina zaradi (izdaje) poslovnih skrivnosti (v povezavi z intelektualno lastnino) – seminar CTT, na daljavo, 10. 3. 2021
- Matej Mrak: trženje intelektualne lastnine – predavanje v okviru 90. mednarodne seje Evropskega mladinskega parlamenta, na daljavo, 5. 8. 2021
- Matej Mrak: Patentiranje umetne inteligence v ZDA in Evropi (na osnovi webinarja Fish&Richardson) – seminar CTT, na daljavo, 13. 10. 2021
- Matej Mrak: Izpostavljenost tveganja (pod)izvajalcev in morebitna škoda zaradi zlorabe dobrega imena (oz. znamke) – seminar CTT, na daljavo, 1. 12. 2021
- Matej Mrak: The rights of intelligent people and organisations – predavanje v okviru dogodka ShowRoom, Ljubljana, Slovenija, 6. 12. 2021
- Urška Mrgole: Predstavitev doseženih rezultatov IJS v projektu KITT – seminar CTT, na daljavo, 24. 3. 2021
- dr. Duško Odić: Technology Transfer as a Unifying Element in EU Projects of the Center for Technology Transfer and Innovation – na 14. Mednarodni konferenci o prenosu tehnologij – 14. ITTC, na daljavo, 7. 10. 2021
- mag. Robert Blatnik: sestanek sektorske skupine ICT-mreže Enterprise Europe Network, na daljavo, 12. 4. 2021 (1)
- mag. Robert Blatnik: dogodek/okrogla miza na temo reševanja mitov ustanavljanja spin-out podjetij; Ljubljana, Slovenija, 23. 11. 2021 (1)
- mag. Robert Blatnik: sestanek sektorske skupine ICT-mreže Enterprise Europe Network, na daljavo, 21. 12. 2021 (1)
- mag. Robert Blatnik: letna konferenca mreže Enterprise Europe Network; sekcija: #EENCanHelp developers and users of A.I. technology, na daljavo, 29. 10. 2021 (1)
- Tomaž Justin: zaključna konferenca projekta KET4Clean Production, na daljavo, 10. 6. 2021 (1)
- Tomaž Lutman: sestanek sektorske skupine Materiali mreže Enterprise Europe Network, na daljavo, 15. 4. 2021 (1)
- Tomaž Lutman: sestanek sektorske skupine Materiali mreže Enterprise Europe Network, na daljavo, 25. 11. 2021 (1)
- Urška Mrgole, dr. Levin Pal, dr. Špela Stres: 17. Usmerjevalni odbor Konzorcija za prenos tehnologij, na daljavo, 12. 5. 2021 (3)
- dr. Levin Pal: sestanek v okviru projekta Labs of Innovation and Business for Young Actors of start UP (Libya Up), na daljavo, 15. 1. 2021 (1)
- dr. Levin Pal: sestanek sektorske skupine BioChemTech mreže Enterprise Europe Network, na daljavo, 13. 4. 2021 (1)
- dr. Levin Pal: trening EIT Food PAN European event, sekcija #EEN CanHelp: Examples of support to BioBased companies, na daljavo, 4. 10. 2021 (1)
- dr. Levin Pal: sestanek sektorske skupine BioChemTech mreže Enterprise Europe Networ, na daljavo, 19. 10. 2021 (1)
- dr. Levin Pal: konferenca Exploring collaboration opportunities in Industry 4.0 in EIT RIS Conference, sekcija Exploring resource synergies between EIT manufacturing and smart specialisation strategy industry 4.0 stakeholders in Slovenia, na daljavo, 26. 11. 2021 (1)
- France Podobnik: Sestanek slovenskih Digitalnih inovacijskih stičišč (DIH); Ljubljana, Slovenija; 23. 6. 2021 (1)
- France Podobnik: AI REGIO Network of Didactic Factories Kick-off meeting, na daljavo, 3. 9. 2021 (1)
- dr. Špela Stres: konferenca EDIH Gearing Towards European Digital Innovation Hubs: na daljavo, 26. 1. 2021 (1)
- dr. Špela Stres: sestanek s predstavniki Ministrstva za javno upravo, AmCham, Kemijskega inštituta in MIZŠ na temo programa Partnerstvo za spremembe – izboljšanje inovacijskega okolja v Sloveniji, na daljavo, 19. 4. 2021 (1)
- dr. Špela Stres: Spletni strokovni sestanek na temo odprte znanosti in pravic intelektualne lastnine, v organizaciji UNESCO, na daljavo, 23. 4. 2021 (1)
- dr. Špela Stres: Sestanek v okviru dogodka STI Forum na temo Poročila Technology and Innovation Report in o naslednjih korakih v okviru mehanizma za pospeševanje tehnologij (Technology Facilitating Mechanism) v organizaciji skupine United Nations 10-Member Group (10MG), na daljavo, 3.–4. 5. 2021 (1)
- dr. Špela Stres: sestanek s predstavniki Ministrstva za javno upravo, AmCham, Kemijskega inštituta, Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport ter Ministrstva za gospodarski razvoj in tehnologijo na temo izboljšanja inovacijskega okolja v Sloveniji, na daljavo, 12. 5. 2021 (1)
- dr. Špela Stres: okrogla miza The role of IP valuation in attracting private investment v okviru konferenca PATLIB 2021; na daljavo, 18. 5. 2021 (1)
- dr. Špela Stres: Mednarodna konferenca o prenosu znanja in tehnologij v organizaciji Biology Centre CAS, Češka, na daljavo, 3. 6. 2021 (1)
- dr. Špela Stres: sestanek usmerjevalnega odbora Enterprise Europe Network, na daljavo, 9. 6. 2021 (1)

24. dr. Špela Stres: sestanek Strategic Advisory Group mreže Enterprise Europe Network, na daljavo, 10. 6. 2021 (1)
25. dr. Špela Stres: sestanek podskupine za valorizacijo znanja skupine ERA Forum, v organizaciji European Commission, DG Research & Innovation Unit, na daljavo, 17. 6. 2021 (1)
26. dr. Špela Stres: razprava Dediščinska znanost kot instrument povezovanja med vedami v organizaciji Sveta za razvoj pri SAZU; na daljavo, 17. 6. 2021 (1)
27. dr. Špela Stres: konferenca Research & Innovation Days, sekcija Disruptive innovators: from frontier research to conquering new markets, na daljavo, 24. 6. 2021 (1)
28. dr. Špela Stres: Okrogla miza Patents Live v organizaciji World IP Review na temo prenosa tehnologij, na daljavo, 22. 7. 2021 (1)
29. dr. Špela Stres: okrogla miza v okviru projekta Strengthening the Innovation Ecosystem in Slovenia v soorganizaciji MGRT in SPIRIT; na daljavo, 6. 8. 2021 (1)
30. dr. Špela Stres: sestanek v okviru konference ERA – Topic 4: ERA for Economy; na daljavo, 20. 9. 2021 (1)
31. dr. Špela Stres: European Innovation Council Summit 2021, Bruselj, Belgija, 24.–26. 11. 2021 (1)
32. dr. Špela Stres: From blue-sky research into breakthrough innovations: How to enable synergies between the European Research Council (ERC) and the European Innovation Council (EIC), na daljavo, 16. 12. 2021 (1)
33. dr. Špela Stres, mag. Marjeta Trobec: Better Finance & VZMD International Investors' Conference, Bled, Slovenija, 11.–14. 9. 2021 (2)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. dr. Marijan Leban
2. dr. Duško Odić
3. dr. Levin Pal
4. **dr. Špela Stres, LL.M., MBA, vodja centra**

### Mlajši raziskovalci

5. mag. Robert Blatnik

### Strokovni sodelavci

6. Tomaž Justin, univ. dipl. ekon., MBA
7. Tomaž Lutman, mag. biokem.
8. Urška Mrgole, univ. dipl. ekon.
9. France Podobnik, univ. dipl. ekon.
10. mag. Marjeta Trobec

### Tehniški in administrativni sodelavci

11. *Gregor Jus, univ. dipl. ekon., odšel 1. 7. 2021*
12. Matej Mrak, dipl. ekon. (VS)
13. *Miha Pitako, univ. dipl. kom., odšel 1. 7. 2021*
14. Robert Premk, univ. dipl. ekon.

40. Industrial Systems Institute (ISI), Patras, Grčija
41. Iskra, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
42. Iskra Mehanizmi, d. o. o., Brnik, Slovenija
43. Izoelektro, d. o. o., Limbuš, Slovenija
44. Javna agencija Republike Slovenije za spodbujanje podjetništva, internacionalizacije, tujih investicij in tehnologije – SPIRIT Slovenija, Ljubljana, Slovenija
45. Kaernten University, University of Applied Research, Beljak, Avstrija
46. Kaliopa, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
47. Karadeniz Technical University Technology Transfer Application and Research Center, Trabzon, Turčija
48. Kemijski inštitut, Pisarna za prenos znanja, Ljubljana, Slovenija
49. Kmetijski inštitut Slovenije, Pisarna za prenos tehnologij in znanja, Ljubljana, Slovenija
50. KLIMATERM PROJEKT, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
51. KOLPA, d. d., Metlika, Slovenija
52. Korea Invention Promotion Association (KIPA), Seul, Južna Koreja
53. Kovit projekti, d. o. o., Trbovlje, Slovenija
54. Kreal inženiring, d. o. o., Hajdina, Slovenija
55. Laboratori Nazionali del Sud of I.N.F.N., Catania, Italija
56. Limnos, d. o. o., Brezovica pri Ljubljani, Slovenija
57. Lit Gorjanc, d. o. o., Škofja Loka, Slovenija
58. Ljubljanski univerzitetni inkubator, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
59. MAHLE Electric Drives Slovenija, d. o. o., Sempeter pri Gorici, Slovenija
60. Mariborska razvojna agencija/Regionalna razvojna agencija za Podravje, Maribor, Slovenija
61. Matris, d. o. o., Kranj, Slovenija
62. Chemnitz University of Technology, Chemnitz, Nemčija
63. META Group/META Ingenium, Ljubljana, Slovenija
64. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije, Ljubljana, Slovenija
65. Ministrstvo za obrambo RS (MORS), Ljubljana, Slovenija
66. MOOR ORTOTIKA IN PROTETIKA, d. o. o., Jesenice na Dolenjskem, Slovenija
67. Murexin, d. o. o., Puconci, Slovenija
68. Nacionalni inštitut za biologijo, Pisarna za prenos tehnologij, Ljubljana, Slovenija
69. Naviter, d. o. o., Kranj, Slovenija
70. Nova vizija, d. d., Zalec, Slovenija
71. Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, Ljubljana, Slovenija
72. Orodjarstvo Križaj, d. o. o., Škofja Loka, Slovenija
73. PANVITA, d. d., Murska Sobota, Slovenija
74. Podgorje, d. o. o., Šentjernej, Slovenija
75. Poljska ambasada v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
76. POLYCOM, predelava plastičnih mas in orodjarstvo, d. o. o., Škofja Loka, Slovenija
77. Quantum Energy, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
78. RIKEN Europe Office, Bruselj, Belgija
79. Robust, d. o. o., Petrovče, Slovenija
80. Roche, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
81. Salviol, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
82. Senso4s, d. o. o., Trzin, Slovenija
83. SERVAL GLOBAL DESIGN Stefan Stojiljković s. p., Maribor, Slovenija
84. Siemens, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
85. Silco, d. o. o., Gmoilsko, Slovenija
86. SI-MO-RA, d. o. o., Regional development agency, Sisak, Hrvaška
87. Skylabs, d. o. o., Maribor, Slovenija
88. Služba vlade RS za razvoj in evropsko kohezijsko politiko, Ljubljana, Slovenija
89. Smart Key, d. o. o., Maribor, Slovenija
90. SRC Infonet, d. o. o., Naklo, Slovenija
91. Steinbeis 2I GmbH, Stuttgart, Nemčija
92. STILLES, d. o. o., Sevnica, Slovenija
93. TELEKOM Slovenije, d. d., Ljubljana, Slovenija
94. TNG Oprema, d. o. o./KingsBox, d. o. o., Sežana, Slovenija
95. Trgovina Irman MTP, d. o. o., Šoštanj, Slovenija
96. TRILOBIT, d. o. o., Cerknica, Slovenija
97. UNICO.AI, Praga, Češka
98. UNIOR, d. d., Zreče, Slovenija
99. University of Liverpool, Liverpool, VB
100. University of Michigan, Michigan, ZDA
101. University of Hamburg, Hamburg, Nemčija
102. Univerza na Primorskem, Center za razvoj in prenos znanja, Koper, Slovenija
103. Univerza v Ljubljani, Univerzitetna služba za prenos znanja, Ljubljana, Slovenija

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Aerosol, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
2. Alba, d. o. o., Vojnik, Slovenija
3. Algit, d. o. o., Lesce, Slovenija
4. Anton Blaj, d. o. o., Griže, Slovenija
5. AquafilSLO, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
6. Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS), Ljubljana, Slovenija
7. BABEG Kärntner Betriebsansiedlungs- und Beteiligungsgesellschaft mbH, Celovec, Avstrija
8. BIA SEPARATIONS, d. o. o., Ajdovščina, Slovenija
9. BIOSISTEMIKA, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
10. Blockhapp, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
11. C-Astral, d. o. o., Ajdovščina, Slovenija
12. CEA - DRF Saclay, Pariz, Francija
13. Evropska organizacija za jedrske raziskave CERN, Ženeva, Švica
14. CEDEL, d. o. o., Trzin, Slovenija
15. CGS Labs, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
16. CIMOS D.D., Koper, Slovenija
17. Controlmatik ABW, d. o. o., Domžale, Slovenija
18. Cracow University of Technology/Politechnika Krakowska, Krakow, Poljska
19. Datapan, d. o. o., Solkan, Slovenija
20. DIGIT, d. o. o., Komenda, Slovenija
21. ELRAD Electronics, d. o. o., Gornja Radgona, Slovenija
22. Enterprise Europe Network BiH, Sarajevo, Bosna in Hercegovina
23. ETI Elektroelement, d. o. o., Izlake, Slovenija
24. European Commission, Bruselj, Belgija
25. European Strategy Forum for Research Infrastructures (ESFRI), Trst, Italija
26. Fakulteta za informacijske študije v Novem mestu, Pisarna za prenos znanja in tehnologij, Novo mesto, Slovenija
27. Fakulteta za management, Univerza na Primorskem, Koper, Slovenija
28. FRAGMAT TIM, d. o. o., Laško, Slovenija
29. Center for Physical Sciences and Technology FTMC, Vilna, Litva
30. Geoenergetika, d. o. o., Murska Sobota, Slovenija
31. Gospodarska zbornica Slovenije, Ljubljana, Slovenija
32. GRID INSTRUMENTS, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
33. Helios TBLUS, d. o. o., Domžale, Slovenija
34. Heser, d. o. o., Petrovče, Slovenija
35. Hidex, d. o. o., Novo mesto, Slovenija
36. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart, Nemčija
37. Inštitut za kovinske materiale in tehnologije (IMT), Ljubljana, Slovenija
38. Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Sciences, Poznan, Poljska
39. Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, Département Recherches Subatomiques (IPHC/DRS), Strasbourg, Francija

104. Univerza v Mariboru, Služba za prenos znanja in tehnologij, Maribor, Slovenija  
 105. Urad RS za intelektualno lastnino, Ljubljana, Slovenija  
 106. URSA, d. o. o., Žalec, Slovenija  
 107. Vesna Capital LLC, Ljubljana, Slovenija/Vesna Capital LLC, London, VB

108. VTZ, d. o. o., Ljubljana, Slovenija  
 109. World Intellectual Property Organization WIPO, Ženeva, Švica  
 110. XLAB, d. o. o., Ljubljana, Slovenija  
 111. Zavod za gradbeništvo, Ljubljana, Slovenija

# BIBLIOGRAFIJA

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

- Marijan Leban, Špela Stres, "Technology transfer fund - Central Eastern European Technology Transfer (CEETT) platform", V: *IS 2021, 14. mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 7 oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2021, 13-18. [COBISS.SI-ID 86952451]
- Urška Fric, Špela Stres, Robert Blatnik, "Izzivi na področju zaščite in licenciranja programske opreme v Evropi: pregled stanja", V: *IS 2021, 14. mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 7 oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2021, 19-22. [COBISS.SI-ID 86953219]
- Špela Stres, Levin Pal, Marjeta Trobec, "European Guiding principles for knowledge valorisation: an assessment of essential topics to be addressed", V: *IS 2021, 14. mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 7 oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2021, 23-29. [COBISS.SI-ID 86955011]
- Marjeta Trobec, Špela Stres, "Proof of concept cases at the Jožef Stefan Institute in 2020 and 2021", V: *IS 2021, 14. mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 7 oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2021, 36-40. [COBISS.SI-ID 86969091]
- Levin Pal, France Podobnik, Špela Stres, "European Industrial Strategy: a great opportunity to strengthen the role of technology transfer offices", V: *IS 2021, 14. mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 7 oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2021, 41-44. [COBISS.SI-ID 86971651]
- Tomaž Lutman, Marija Vukomanović, "Towards the market: novel antimicrobial material", V: *IS 2021, 14. mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 7 oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2021, 57-61. [COBISS.SI-ID 86976259]
- Nina Tomič Starc *et al.* (11 avtorjev), "Komericalizacija oz. gospodarsko izkoriščanje znanja", V: *Zaščita in trženje tehnologij za raziskovalce in podjetja*, zbornik prispevkov partnerjev Konzorcija za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo (KTT), Fakulteta za informacijske študije Novo Mesto, Institut "Jožef Stefan", Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza v Ljubljani, Univerza na Primorskem, Univerza v Mariboru, 2021, 33-50. [COBISS.SI-ID 52541443]
- Vojka Žunič *et al.* (19 avtorjev), "Postopek prijave in prevzema ter trženja službenega izuma na JRO", V: *Zaščita in trženje tehnologij za raziskovalce in podjetja*, zbornik prispevkov partnerjev Konzorcija za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo (KTT), Fakulteta za informacijske študije Novo Mesto, Institut "Jožef Stefan", Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza v Ljubljani, Univerza na Primorskem, Univerza v Mariboru, 2021, 70-87. [COBISS.SI-ID 52556803]
- Dolores Modic, Ana Hafner, Urška Fric, Špela Stres, Levin Pal, Urša Jerše, Marijan Leban, Miha Rajh, Teja Stamač, Nina Smerdu, "Nekaj nasvetov za sodelovanje z gospodarstvom", V: *Zaščita in trženje tehnologij za raziskovalce in podjetja*, zbornik prispevkov partnerjev Konzorcija za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo (KTT), Fakulteta za informacijske študije Novo Mesto, Institut "Jožef Stefan", Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza v Ljubljani, Univerza na Primorskem, Univerza v Mariboru, 2021, 90-128. [COBISS.SI-ID 52546051]
- Špela Stres, "Spin-out ali spin-off odcepljena podjetja in start-up podjetja", V: *Zaščita in trženje tehnologij za raziskovalce in podjetja*,

zbornik prispevkov partnerjev Konzorcija za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo (KTT), Fakulteta za informacijske študije Novo Mesto, Institut "Jožef Stefan", Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza v Ljubljani, Univerza na Primorskem, Univerza v Mariboru, 2021, 126-131. [COBISS.SI-ID 52548611]

- Špela Stres, Levin Pal, "Vloga in pomen pisarn za prenos tehnologij", V: *Zaščita in trženje tehnologij za raziskovalce in podjetja*, zbornik prispevkov partnerjev Konzorcija za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo (KTT), Fakulteta za informacijske študije Novo Mesto, Institut "Jožef Stefan", Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza v Ljubljani, Univerza na Primorskem, Univerza v Mariboru, 2021, 126-131. [COBISS.SI-ID 52549891]

## OBJAVLJENI STROKOVNI PRISPEVEK NA KONFERENCI

- Duško Odič, Špela Stres, "Prenos tehnologij kot povezujoči element EU projektov na Centru za prenos tehnologij in inovacij", V: *IS 2021, 14. mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 7 oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2021, 31-35. [COBISS.SI-ID 86966787]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

- Urška Fric, Nina Tomič Starc, Špela Stres, Robert Blatnik, "Programska oprema in vprašanje nagrajevanja raziskovalcev", V: *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021, 27-42. [COBISS.SI-ID 52724739]
- Špela Stres, "Vloga in kontekst patentne zaščite", V: *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021, 43-48. [COBISS.SI-ID 52725507]
- Špela Stres, Robert Blatnik, Jure Vindišar, "Upravljanje odcepljenih (spinout in spin-off) podjetij v novem zakonu", V: *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021, 52-73. [COBISS.SI-ID 52727043]
- Špela Stres, Mirica Karlovits, Vojka Žunič, Robert Blatnik, Tomaž Lutman, Marjeta Trobec, "Proof of Concept sklad: nujen finančni instrument", V: *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021, 74-93. [COBISS.SI-ID 52728323]
- Špela Stres, Levin Pal, Duško Odič, "Pomen kontinuiranega in koherentnega merjenja uspešnosti pisarn za prenos tehnologij", V: *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021, 110-119. [COBISS.SI-ID 52730371]

6. Špela Stres, Marjeta Trobec, Tomaž Justin, "Tkanje inovacijskega sistema", V: *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021, 134-150. [COBISS.SI-ID 52734467]

## SAMOSTOJNI STROKOVNI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Špela Stres, "Pisarne za prenos tehnologij kot stična točka med raziskovalnimi organizacijami in gospodarstvom", V: *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021, 14-19. [COBISS.SI-ID 52720387]
2. Nina Tomić Starc, David Jekovec, Špela Stres, "Edinstvena vloga sort v sistemu intelektualne lastnine", V: *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije,

Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021, 22-26. [COBISS.SI-ID 52723203]

3. Karen Gladović, Špela Stres, "Poslovne skrivnosti in zakon o dostopu do informacij javnega značaja (ZDIJZ) v sodelovanju med javnimi raziskovalnimi organizacijami in gospodarskimi subjekti", V: *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021, 96-106. [COBISS.SI-ID 52729603]
4. Vojka Žunič, Ana Kompan, Urška Mrgole, Levin Pal, Špela Stres, "Smiselnost financiranja prenosa tehnologij skozi kohezijska sredstva", V: *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021, 120-130. [COBISS.SI-ID 52732419]

## ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Špela Stres *et al.* (17 avtorjev), *Modrosti iz inovacijskega podpornega okolja v javnih raziskovalnih organizacijah za upravljavce inovacijskega sistema*, Institut "Jožef Stefan", Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Kemijski inštitut, Kmetijski inštitut Slovenije, Nacionalni inštitut za biologijo, Univerza na Primorskem, 2021. [COBISS.SI-ID 49212163]

# CENTER ZA PAMETNA MESTA IN SKUPNOSTI

## CPMiS

*Center za Pametna mesta in skupnosti C PMiS je bil ustanovljen na začetku leta 2017. Z dnem 1. 1. 2019 je vodenje centra prevzela dr. Nevenka Cukjati.*

*Glavna naloga centra je koordiniranje in delovanje Strateškega razvojno-inovacijskega partnerstva Pametna mesta in skupnosti (SRIP PMiS). Poleg navedenega center spodbuja tudi medodsečno sodelovanje na Institutu "Jožef Stefan" ter s tem prispeva k podpori partnerstvu na področju najnovejših tehnologij in hkrati aktivno sodeluje pri ustvarjanju nacionalnih razvojno-raziskovalnih politik v prihajajočih letih.*

### Projekt SRIP PMiS

Strateško razvojno-inovacijsko partnerstvo Pametna mesta in skupnosti je oblika partnerstva, v okviru katere smo deležniki združili moči pri razvoju in prodaji rešitev za dvig kakovosti življenja v mestih prihodnosti.

Namen SRIP PMiS je povezati podjetja in raziskovalne ustanove na posameznem področju v verige vrednosti, določiti prioritete za razvojna vlaganja in usklajevati raziskovalno-razvojne dejavnosti. Gradimo dobro podporno okolje za izmenjavo znanja in izkušenj v obliki delavnic, seminarjev in skupnih dogodkov, dostop do preizkusnih okolij, laboratorijev, podatkovnih baz; pomoč pri analizi trgov, razvoju kadrov, zaščiti intelektualne lastnine ter pomoč pri internacionalizaciji.

Z rešitvami se želimo približati tudi manjšim mestom v Srednji in Vzhodni Evropi, saj menimo, da je Slovenija zaradi svoje velikosti in geostrateškega položaja zelo primerna kot referenčna država za različne pametne mestne rešitve, primerne za implementacijo tudi v drugih delih Srednje in Vzhodne Evrope.

SRIP PMiS je bil uradno konstituiran na skupščini 23. 3. 2017, zdaj pa združuje 119 podjetij (leto 2021) in raziskovalnih institucij iz vse Slovenije (tabela 1).



Vodja:  
**dr. Nevenka Cukjati**

Tip organizacije	mikro	majhno	srednje	veliko	fakulteta/ institucija	občina/ združenje	Skupaj org. v SRIP PMiS
Število org. v PMiS	38	29	14	11	19	8	119
<b>Org. udeležene v Vertikalah</b>							
Zdravje	19	11	7	2	14	4	
Energetska in druga oskrba	17	14	9	9	12	6	
Mobilnost, transport in logistika	22	19	7	6	11	5	
Varnost	18	9	2	3	10	3	
Kakovost urbanega bivanja	18	10	4	1	11	5	
Ekosistem pametnega mesta	25	17	8	4	13	5	
<b>Org. udeležene v Horizontalah</b>							
Internet stvari in vgrajeni sistemi (IoT)	23	14	9	5	12	4	
Internet storitev (IoS)	22	15	7	7	10	3	
GIST	9	9	4	1	10	2	
HPC in BIG DATA	12	10	4	4	11	2	
Kibernetska varnost	12	8	3	3	11	1	
Digitalna transformacija	22	18	7	5	13	5	

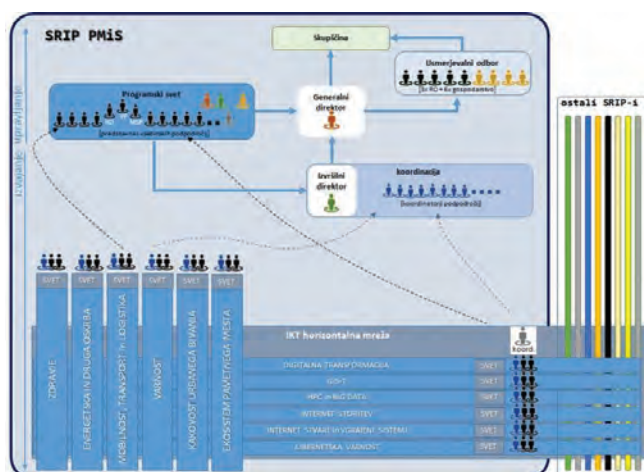
Tabela 1: Porazdelitev članov SRIP PMiS

### Ključna področja delovanja

SRIP Pametna mesta in skupnosti vključuje šest področij (vertikal), skozi vsa pa se prepleta področje sodobnih IKT-tehnologij (IKT-horizontalna mreža) s svojimi podpodročji (slika 1).

SRIP PMiS ustvarja in podpira poslovne in raziskovalne sinergije na področju pametnih mest za nove izdelke, storitve in tehnologije ter pomaga podjetjem pri vstopu na svetovni trg z osredinjenjem na nišna področja, s ciljem, da postanejo slovenska podjetja pomemben evropski ponudnik tovrstnih rešitev.





Slika 1: Shema področij SRIP PMiS

V partnerstvu vključujemo aktualne vsebine nove finančne perspektive Evropa 2021–2027, Misije – področje ogljično nevtralnih mest in smernice dokumenta zelenega dogovora (GREEN DEAL). Evropska komisija je s pomočjo finančnega mehanizma misij opredelila pomen ogljično nevtralnih pametnih mest kot eno od petih ključnih področij.

Cilji partnerstva:

- ustvarjanje in podpora sinergijam med podjetji, raziskavam in razvoju;
- ustvarjanje povezave med državo in člani SRIP PMiS: aktivno sodelovanje pri kreiranju in oblikovanju politik v novi finančni perspektivi 2021–2027 in dalje do leta 2030: Slovenska industrijska politika (SIP), Razvojno-raziskovalna strategija Slovenije, Strategija umetne inteligence, Strategija pametne specializacije SPS;
- promocija članov in njihovih izdelkov, produktov, storitev;
- neposredne informacije članom SRIP PMiS;
- izboljšanje kakovosti življenja v mestih in skupnosti: povezovanje z občinami, mesti.

### **Aktivnosti v sklopu organizacijske strukture delovanja SRIP PMiS**

10. 6. 2021 smo na 4. redni Skupščini članov SRIP PMiS potrdili Letno poročilo SRIP PMiS za leto 2020 in Finančno poročilo SRIP PMiS za leto 2020 ter predstavili poročilo Usmerjevalnega odbora in Programskega sveta SRIP PMiS. Seznanili smo se s predlaganimi kazalniki za spremljanje uspešnosti delovanja SRIP v obdobju 2020–2022 in v zvezi s tem pozvali SVRK, naj predlagane kazalnike ustrezno prilagodi, oziroma tiste najbolj sporne pri ocenjevanju delovanja SRIP PMiS ne upošteva. Seznanili smo se tudi s prenovo Strategije pametne specializacije S4, ki bo opredeljevala obdobje nove finančne perspektive 2021–2027.

### **Prenova Slovenske strategije pametne specializacije – S4**

Sodelovali smo pri procesu *prenove Slovenske strategije pametne specializacije – S4*. Na uvodni delavnici 26. 3. 2021 je SVRK predstavil predviden proces prenove S4 za obdobje 2021–2027 ter relevantne strokovne in programske podlage MIZŠ, MGRT, MDSSZEM in SVRK.

Sledilo je devet domenskih ali področnih spletnih delavnic, na katerih smo posamezni SRIP-i skupaj s SVRK predstavili konkretne predloge fokusnih področij in produktivnih smeri, ki so bili prepoznani v predhodnih fazah podjetniškega odkrivanja.

### **Brezplačni promocijski interaktivni dogodki za člane SRIP PMiS**

Bili smo organizatorji spletne *konference Pametna mesta 2021*, ki je potekala 16. 9. 2021. Na konferenci smo za izziv sprejeli podnebno nevtralna mesta. Evropa se je zavezala, da bo do leta 2030 dosegla cilje v smislu podnebne nevtralnosti in zagotavljanja okoljske vzdržnosti za lepšo prihodnost vseh ljudi, tako Evrope kot širše. Predstavljeni so bili primeri dobrih praks podjetij in občin v Sloveniji ter trendi in možnosti, ki jih uporabljajo v Evropi v smislu zniževanja ogljičnega odtisa. Na štirih okroglih mizah so se soočili predstavniki gospodarstva, raziskovalnih organizacij, občin, nevladnih organizacij in državne uprave.

V Digitalnem središču Slovenije, BTC City Ljubljana, smo sodelovali pri dogodku *Teden javne in zasebne varnosti*, ki je potekal od 11. 10. do 14. 10. 2021. Slovenska podjetja, raziskovalne organizacije, ministrstva in profesionalni uporabniki ter druge organizacije in posamezniki so predstavili svoje izdelke, rešitve, projekte in poglede na področju javne in zasebne varnosti. Dogodek je utrdil ekosistem deležnikov na tem področju, ki ga vzpostavljamo v Strateškem inovacijskem partnerstvu Pametna mesta in skupnosti ter v okviru projekta 5GVarnost. Člani SRIP PMiS vertikala Varnost so pripravili digitalno okolje *DIGITAL EXPO - SAFETY* za izvedbo dogodka, ki bo omogočil celovit hibridni pristop k predstavitvi rešitev, projektov, storitev in drugih idej ter k medsebojnemu sodelovanju.

V Digitalnem središču Slovenije, BTC City Ljubljana, in na daljavo smo sodelovali na *Mesecu industrije 4.0 in robotike*. Dogajanje je potekalo od 27. novembra do 22. decembra 2021 in je zajemalo več kot 30 dogodkov, ki so bili namenjeni srednješolcem, študentom in mladim raziskovalcem. Vabljeni so bili tudi mladi podjetniki, podjetja oz. njihovi predstavniki iz Slovenije in Evrope. V okviru dogodka smo organizirali kongres: *Kako lahko Industrija 4.0 podpre razvoj pametnih mest*, ki je bil izveden 9. 12. 2021. Dogodek je povezal pametna mesta in skupnosti z industrijo 4.0 in robotiko.

V sklopu **promocije in internacionalizacije** je bil na pobudo SPIRIT Slovenija za EXPO DUBAI 2020 v okviru Operacije SRIP PMiS pripravljen *kratek film* s predstavitvijo razpoložljivih pametnih rešitev in produktov v mestih Slovenije. Področje pametnih mest in skupnosti je bilo predstavljeno od 31. 10. do 6. 11. 2021.

### **Spletna platforma: pametno mesto**

V sodelovanju s strokovno skupino z UL FRI smo pripravili odprtokodno spletno Platformo SRIP PMiS: *Tehnološka igralnica in Tržnica rešitev*. V Tehnološki igralnici lahko spoznavate in preizkušate različne tehnologije in platforme (igrala) za razvoj inovativnih rešitev na področju pametnih mest in skupnosti. Svoje rešitve pa lahko delite in promovirate na skupni digitalni tržnici.

### **Projekt SI4CARE**

Projekt SI4CARE si prizadeva, da bi bilo starajoče se prebivalstvo v ADRION regijah preskrbljeno z zdravstveno oskrbo. Glavni namen projekta je združiti strategije in akcijske načrte v posameznih državah (Slovenija, Italija, Hrvaška, Bosna in Hercegovina, Grčija, Črna gora, Srbija) ter jih uporabiti v praksi kot pomoč starostnikom, predvsem na odročnih krajih.

Zaradi pomanjkanja prostora v domovih za ostarele in zaradi želje starejših ostati čim dlje v svojem okolju se ustvarjajo rešitve, ki starejšim lajšajo bivanje v domačem okolju. Na območju Slovenije bi tako zbrali vse rešitve in se prek SI4CARE povezovali z deležniki v posameznih državah.

Vodilni partner projekta je Univerza v Ljubljani z osmimi partnerji iz sedmih držav. Z oddelkoma za računalniške (E7) in inteligentne sisteme (E9) sodelujemo pri projektu SI4CARE: *Socialne inovacije za celostno oskrbo starajočega se prebivalstva v regijah ADRION*. Projekt sofinancira program Interreg ADRION (Evropski sklad za regionalni razvoj – ESRR) v skupnem znesku nekaj več kot 2 milijona evrov.

V letu 2021 sta potekali dve srečanji SI4CARE. Od 15. do 16. 7. 2021 v Splitu na Hrvaškem, kjer so bile teme pogovora trajajoče aktivnosti, analiza stanja in predvidene aktivnosti v prihodnje. Drugo srečanje SI4CARE pa je bilo v Vrnjački Banji (Srbiji) 21. in 22. 10. 2021 s predstavitvijo trenutne situacije in izzivov glede starostnikov v Srbiji, podan je bil kratek povzetek statusa po projektnih partnerjih in implementacija projektov po fazah dela partnerjev. Največji izziv v regiji je pomanjkanje storitev integrirane dolgotrajne oskrbe.

V Novem mestu je Mestna občina Novo mesto skupaj z Univerzo v Ljubljani 8. 9. 2021 pripravila posvet *Odgovori Slovenije na izzive starajoče se družbe*, kjer je bila predstavljena problematike starajoče se družbe.

Institut "Jožef Stefan" je v preteklih letih razvil kar nekaj tehnologij, ki imajo potencial za uporabo na področju dolgotrajne oskrbe. Zelo uspešen je bil projekt EkoSMART, pri katerem so sodelovali tudi nekateri člani SRIP PMiS. Tehnologije, ki so bile razvite, so namenjene tako zdravstvenemu osebu kot skrbnikom – družinskim pomočnikom in končnim uporabnikom.

Primeri rešitev so razne aplikacije: načrtovanje prehrane OPKP, resne igre za telerehabilitacijo PD manager, senzori za spremljanje in asistenco na daljavo. HeartMan je aplikacija, ki se načrtuje kot pilot v okviru projekta SI4CARE, ki bo za ta namen poenostavljena in tako dostopna čim več bolnikom.

Razvita je bila pri projektu Obzorja 2020 s koordinacijo IJS. Posameznim bolnikom ponuja naslednje: opomnike na zdravila in merjenje telesnih parametrov, prilagojen program telovadbe, spremljanje in nasvete glede prehrane, psihološko podporo z uporabo kognitivno-vedenjskih tehnik in čuječnosti idr.

Rezultati projekta so redno objavljeni in ažurirani na *socialnih omrežjih*.

### **Nova finančna perspektiva: Misije EU**

Misije EU pomenijo novo pot k reševanju pomembnih družbenih izzivov. V okviru *Horizon Europe (2021–2027)* so bile prepoznane naslednje ključne misije: boj proti raku, prilagajanje podnebnim spremembam, življenje v bolj zelenih mestih, skrb za zdravje tal za zdravo hrano, ljudi, naravo in podnebje, varstvo oceanov. Misije bodo presegle raziskave in inovacije ter spodbujale inovacije v sektorjih, da se zagotovijo učinkovite rešitve. Imele bodo tudi ključno vlogo pri uresničevanju prednostnih nalog EU, npr. Evropskega zelenega dogovora (European Green Agreement). Poudarek je na učinkovitejši rabi virov s prehodom na čisto, krožno gospodarstvo, obnovo biotske raznovrstnosti ter zmanjšanje onesnaževanja. Cilj Evropskega zelenega dogovora je, da Evropa do leta 2050 postane prva ogljično nevtralna celina.

Misija za podnebno nevtralna in pametna mesta bi podpirala, promovirala in predstavljala 100 evropskih mest pri njihovi preobrazbi za doseganje podnebne nevtalnosti do leta 2030 ter jih spremenila v eksperimentalna in inovacijska središča za vsa mesta. Med cilji misije sta spodbujanje pravičnega prehoda za izboljšanje zdravja in dobrega počutja ljudi ter zagotovitev številnih dodatnih koristi prehoda, kot so boljša kakovost zraka, ustvarjanje delovnih mest in bolj zdrav način življenja. V središču te misije bodo ljudje, ki živijo v mestih. Poleg vključenosti prebivalcev je pomembna vključenost podjetij, ki potrebujejo podporo za prehod v nizkoogljično delovanje.

SRIP PMiS, ki vključuje 119 organizacij in razpolaga z ustreznimi informacijami in viri, se vključuje z aktivnostmi v zvezi s pobudo za 100 podnebno nevtralnih mest do leta 2030 v skladu s finančnim instrumentom misij. V okviru ZMOS-ovih aktivnosti bo SRIP PMiS prevzel vlogo kontaktne točke (one stop shop) za implementacijo klimatskih akcijskih načrtov in socialnega inovacijskega stičišča za podporo mednarodne izmenjave izkušenj pri izvedbi klimatskih načrtov, ki lahko služijo kot oporne točk za priprave strategij in akcijskih načrtov, ki so pogoj za sodelovanje, v skladu z usmeritvami zelenega dogovora (*Green Deal*).

Nekatere rešitve članov SRIP PMiS, ki bodo lahko vključene: vzpostavitev sistema zbiranja, obdelave in interpretiranja podatkov o klimatskih in mikroklimatskih razmerah v mestu; uvajanje ukrepov za energetska učinkovitost zgradb; zagotavljanje ustrezne ozelenitve mest; ustrezno prezračevanje mest; zagotavljanje vzdržne in ogljično nevtralne energetske ter druge oskrbe; vpeljava čistih in vzdržnih sistemov pridobitve energije in vpeljava pametnih transportnih sistemov za oskrbovanje mest, ki bodo zmanjševali emisije za zagotavljanje oskrbe mest.

---

## PROJEKTI

1. SI4CARE - Socialne inovacije za celostno zdravstveno oskrbo starajočega se prebivalstva v regijah ADRION-SI4CARE  
dr. Nevenka Cukjati
2. SRIP PMiS: Pametna mesta in skupnosti Podpora strateškim razvojno inovacijskim partnerstvom (SRIP) na prioritethih področjih pametne specializacije, SRIP Pametna mesta in skupnosti  
dr. Nevenka Cukjati
3. Podpora strateškim razvojno inovacijskim partnerstvom (SRIP) na prioritethih področjih pametne specializacije, SRIP Pametna mesta in skupnosti (SRIP PMiS)  
dr. Nevenka Cukjati

---

## SODELAVCI

### Strokovni sodelavci

1. **dr. Nevenka Cukjati, vodja CPMiS**

### Tehniški in administrativni sodelavci

2. *Petra Hauschild, mag. tur. man., 21. 4. 2021 razporeditev v odsek CTOP*
3. Mojca Kristl, univ. dipl. ekon.
4. Jan Kunc, dipl. org. (UN)

# CENTER TOVARNE PRIHODNOSTI

## CToP

*Center Tovarne prihodnosti – CToP je v letu 2021 vodil Rudi Panjtar. 1. januarja 2022 je vodenje začasno, kot vršilec dolžnosti, prevzel doc. dr. Igor Kovač. Center, katerega glavna naloga je koordiniranje Strateško razvojno-inovacijskega partnerstva Tovarne prihodnosti (SRIP ToP), je bil ustanovljen na začetku leta 2017. Poleg navedenega center spodbuja sodelovanje in ustvarjanje sinergij med raziskovalnimi in industrijskimi partnerji znotraj Slovenije, še posebno vključevanje kompetenc in kapacitet na področju najnovejših tehnologij Instituta "Jožef Stefan" in drugih članov SRIP-a ter usmerjanje v internacionalizacijo. S tem Center ToP prispeva k podpori partnerstva ter hkrati aktivno sodeluje pri ustvarjanju razvojno-raziskovalnih trendov v prihajajočih letih.*



Vodja:  
**Rudi Panjtar, univ. dipl. inž. el.**

### Kaj ponuja Strateško razvojno-inovacijsko partnerstvo Tovarne prihodnosti?

Strategija SRIP Tovarne prihodnosti (SRIP ToP) je zbrati in povezati slovenska raziskovalna in inovacijska znanja ter izkušnje iz industrijske in akademske sfere ter izpostaviti prioriteta prebojna področja novih izdelkov, tehnologij in storitev za Tovarne prihodnosti. Vzpostavili smo podporno okolje s strokovnimi službami za industrijo in raziskovalne organizacije s poudarkom na razvijajočih se novih vrhunskih tehnologijah, ki združujejo in nadgrajujejo obstoječe slovenske raziskovalne in inovacijske dosežke.

Ključne funkcije strateškega dolgoročnega povezovanja so izdelava in dopolnjevanje strateškega akcijskega načrta za področje ToP, aktivnosti glede razvoja skupnih storitev, internacionalizacija, razvoj človeških virov, zastopanje skupnih interesov do države itd. Del storitev bo opravljen v sodelovanju z drugimi institucijami.

SRIP ToP ustvarja in podpira poslovne in raziskovalne sinergije na področju tovarn prihodnosti za nove izdelke, storitve in tehnologije ter pomaga podjetjem pri vstopu na svetovni trg z osredotočenjem na nišna področja.

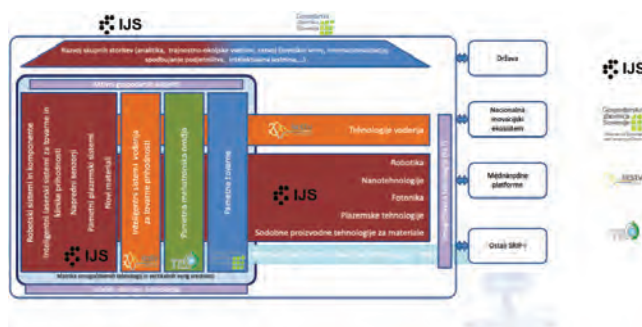
95 članov SRIP ToP prihaja iz različnih podjetij, združenj ali ustanov iz Slovenije. Delovanje SRIP ToP se osredotoča na večja povezovanja znanj za skupni nastop deležnikov na domačih in tujih trgih. Primarna cilja sta povečanje deleža visokotehnoloških industrijskih izdelkov v izvozu in dvig dodane vrednosti slovenske industrije.

### Ključna področja delovanja

SRIP Tovarne prihodnosti vključuje osem področij (vertikalne verige vrednosti – VVV), skozi katera se prepletajo horizontalne mreže (HOM) s ključnimi omogočiteljnimi tehnologijami (slika 1).

SRIP ToP z učinkovitim usmerjanjem raziskav in razvoja ter uvajanjem znanj in tehnologij posredno prispeva k pospeševanju prehoda v energijsko učinkovito gospodarstvo. Prizadevanja so usmerjena v proizvodnjo bolj kakovostnih izdelkov, ob manjši porabi energije in surovin, manjšem onesnaževanju okolja, boljši vključenosti ljudi itd. S tem spodbuja k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov oz. k intenzivnemu prehodu v nizkoogljično družbo ter v zelene tehnologije in digitalno preobrazbo. Bistvo koncepta tovarn prihodnosti se kaže predvsem skozi večje možnosti za ponovno uporabo odpadnih surovin, ki jo omogoča bolj fleksibilna in optimalno vodena visokotehnološka proizvodnja ter energetska in snovna učinkovitost, ki jih omogočajo nove tehnologije in sistemi vodenja.

Na področju internacionalizacije smo aktivno sodelovali z gospodarsko diplomacijo na Ministrstvu za zunanje zadeve in agencijo SPIRIT v pripravljalnem obdobju predsedovanja Slovenije Svetu Evropske unije, kjer smo izpostavili tudi nekaj tem z našega področja, npr. v okviru dogodkov v Digitalnem središču Slovenije v BTC pod skupnim imenom Digitalno središče Slovenije – Tehnologija za ljudi v znamenju Industrije 4.0 in robotike. Ob začetku predsedovanja smo sooblikovali e-brošuro primerov dobrih praks Slovenije na področju prehoda v krožno/digitalno gospodarstvo, ki je bila posredovana predsednikom vlad držav članic EU, Evropskemu parlamentu, predsednici Evropske komisije in drugim reprezentativnim organizacijam, kjer se je predstavil projekt Circular 4.0 in SRIP ToP IJS. Člani SRIP ToP so sodelovali tudi v okviru drugih spremljavalnih dogodkov v času predsedovanja Slovenije Svetu EU. V zaključku predsedovanja Slovenije Evropskemu svetu smo izdali brošuro z naslovom *Industry 4.0 and Robotics*. Udeleževali smo se dogodkov Svetovnega foruma za proizvodnjo (World Manufacturing Forum) v soorganizaciji EUSALPS in sodelovali pri pripravah Poročila WMF za leto 2021 Digitally Enabled Circular Manufacturing. Sodelovali smo pri aktivnostih združenja EFFRA (European Federation for Factories of the Future Research Association), kjer smo



Slika 1: Shema področij SRIP ToP

postali člani upravnega odbora organizacije in spremljali oblikovanje programa Made in Europe. Pridružili smo se zagonskim aktivnostim za postavitve Gaia X slovenskega stičišča v organizaciji DIH Slovenija. Udeleževali smo se dogodkov v organizaciji SBRA in MIZŠ na področju novih programov financiranja (program Evropske vesoljske agencije ESA Vesolje in Evropski obrambni sklad). Gradili smo na mednarodni prepoznavnosti SRIP-a in novih partnerstvih ter s tem krepili mednarodni ugled SRIP ToP in Instituta "Jožef Stefan" ter drugih upravičencev SRIP ToP.

SRIP ToP smo predstavili na konferenci LAC (Latin America Countries) v sodelovanju z Ministrstvom za izobraževanje, znanost in šport 22. aprila 2021; na Blejskem strateškem forumu smo sodelovali 12. maja 2021 in 26. februarja na forumu EUSAIR 2021 AFIL Lombardia v organizaciji Ministrstva za zunanje zadeve.

Z namenom, da bi razširil in utrdil svoje aktivnosti na področju inovativnosti doma in v tujini, se IJS kot koordinator SRIP ToP aktivno vključuje v različne evropske iniciative. Ena od teh je Evropski inštitut za inovacije in tehnologijo (European Institute of Innovation and Technology – EIT), ki inovatorjem in podjetnikom omogoča, da razvijajo rešitve za ustvarjanje rasti in novih delovnih mest.

Tako je SRIP ToP prek IJS na področju proizvodnje (Manufacturing) aktivno prisoten že od začetka kreiranja skupnosti **EIT Manufacturing – EITM** ([www.eitmanufacturing.eu](http://www.eitmanufacturing.eu)), v letu 2021 pa je postal pravnomočen član. Za podporo izvajanju programa EITM na IJS se je inštitut notranje ustrezno organiziral. Vsem odsekom in centrom na IJS je med nastajanjem poslal informativno vabilo, na katero se je odzvalo sedem odsekov, ki so vsi člani SRIP ToP, poleg Centra Tovarne prihodnosti. Pri tem so bila sklenjena in sprejeta pravila včlanitve v EITM. Na podlagi tega je IJS kot član in hkrati koordinator SRIP ToP deloval v inovacijskem ekosistemu EITM, sodeloval pri razvoju ključnih tem v proizvodnih tehnologijah in procesih, se udeleževal pri odločanju glede globalnih vprašanj, izmenjeval industrijske izkušnje na evropski ravni, opredeljeval ključne zahteve ter se prijavljal na razpise za projekte EITM. IJS je kot član lahko k projektom povabil tudi zunanje partnerje, ki niso člani EITM – pri tem pa so seveda imeli prednost člani SRIP ToP.

Leto 2021 je potekalo v znamenju 3. faze projekta SRIP ToP, kjer smo naše aktivnosti še dodatno stopnjevali, le da je bilo naše delovanje še vedno zaznamovano z epidemijo covid-19 in z njo povezanimi ukrepi tako doma kot v tujini. Pri izvajanju dejavnosti smo sledili akcijskemu načrtu za **3. fazo operacije SRIP**, srečevali smo se s koordinatorji posameznih vertikalnih verig vrednosti in horizontalnih mrež ter jih spodbujali, da se povežejo s člani pri pripravi skupnih projektov ter pri pripravi in izvedbi dogodkov, zanimivih za člane ter raziskovalni sektor in industrijo. Nadaljevali smo s sodelovanjem z drugimi SRIP-i in s ključnimi ministrstvi, ki so pomembni za naše delo (MGRT, MIZŠ), ter s Službo vlade za razvoj in kohezijsko politiko (SVRK). Z novimi ekipami na ključnih ministrstvih smo vzpostavili kontakte in se aktivno vključili v razpravo in pripravo operativnih programov za naslednje finančno obdobje.

V sodelovanju s SVRK smo v procesu podjetniškega odkrivanja izvedli spremembe pri določenih produktih in razvojnih področjih, ki bodo vključene v **prenovljeno strategijo pametne specializacije za obdobje 2021–2027**. Pri tem smo v ospredje postavili pomen in **vključevanje ključnih omogočevalnih tehnologij**, katerih razvoj in financiranje je ključno za uspešnost tako celotne slovenske pametne specializacije kot za IJS.

Izvedli smo predstavitve SRIP ToP na različnih dogodkih ter predstavili SRIP ToP in našo dejavnost na različnih srečanjih doma in v tujini. Bili smo aktivni pri **zbiranju in pripravi novic za člane**, naša spletna stran pa je bila dobro obiskana, saj je stičišče novic s področja tehnologij in naših aktivnosti. V kombinaciji s socialnimi omrežji se z našo dejavnostjo seznanja vse širši krog sledilcev. Redno smo objavljali tedenske novice, ki so med prejemniki dosegale lepo branost.

Za spodbujanje organizacij k včlanitvi v SRIP ToP smo v letu 2021 izvedli več predstavitvenih dogodkov SRIP ToP. Med najodmevnejšimi so bili: soorganizacija dogodka Transformacija avtomobilske industrije v sodelovanju s članom SRIP ToP, podjetjem Unior. Na zasedanju Komisije za znanost, izobraževanje in kulturo v državnem svetu smo predstavili projekt **Nacionalni demo center**. Skupaj z GZS smo soorganizirali dogodek Izzivi in priložnosti medinstitucionalnega sodelovanja na področju razvoja človeških virov.

Posebej želimo omeniti dogodke, ki smo jih organizirali v času predsedovanja Slovenije Evropskemu svetu in so potekali v Digitalnem središču Slovenije v BTC pod skupnim imenom Digitalno središče Slovenije – Tehnologija za ljudi. Dogajanje v Digitalnem središču Slovenije je potekalo med 27. novembrom in 22. decembrom 2021 v znamenju **industrije 4.0 in robotike**. Bogat program decembra je bil namenjen strokovni in splošni javnosti, nastajal je pod okriljem SRIP Tovarne prihodnosti (SRIP ToP) v sodelovanju z MGRT, Spirit, BTC in DIH Slovenija ter številnih odsekov IJS, centra za prenos tehnologij in inovacij na IJS ter drugimi partnerji iz Slovenije in tujine. V Digitalnem središču so potekale brezplačne delavnice robotike in zabavnega programiranja za otroke ter predstavitev robotov, zanimivih vsem generacijam. Predstavljene so bile rešitve, ki so podjetjem in organizacijam lajšale proizvodnjo in poslovanje, eksperimenti in sposobnosti sodelovanja robotov z ljudmi, s čimer je Digitalno središče Slovenije v decembru utrdilo položaj stičišča slovenskega razvoja in gospodarskega napredka na področjih Industrije 4.0 in robotike.

Ohranjali smo povezavo, ki smo jo v preteklosti razvili s **KOC-TOP**, s čimer smo našim članom omogočili dostop do delavnic in konferenc, ki jih organizira KOC-ToP.

V letu 2021 se je v SRIP ToP včlanilo **11 novih članov**, to so: BeeIN, d. o. o., CADCAM LAB, Podjetje za računalništvo, projektiranje, design, proizvodnjo, zastopstvo in inženiring, d. o. o., Gram Commerce, d. o. o., IB CADDY Informacijske rešitve, d. o. o., Kulturnoizobraževalno društvo PINA, Associazione Culturale Ed Educativa Pina, Result, d. o. o., SAŠA inkubator, družba za podjetniško in poslovno svetovanje, d. o. o., Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje, Ljubljana, SIST – Slovenski inštitut za standardizacijo, Termo Shop, d. o. o., Združenje za inženiring pri GZS.

Med letom smo aktivno sodelovali pri H2020 projektu **QU4LITY**, katerega cilj je demonstrirati na realističen, izmerljiv in ponovljiv način odprt, visoko standardiziran, SME-jem prijazen ZDM (Zero Defects Manufacturing) model produktov in storitev za Tovarno 4.0. SRIP ToP skupaj z odsekom IJS za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko deluje kot vodilni partner za T8.1, kjer s projektnimi partnerji sodeluje pri zasnovi virtualizirane platforme za promocijo projektnih rezultatov ter trženje in prodajo produktov, katerih implementacija pripomore k učinkovitejši proizvodnji, ter storitev, ki podjetjem pomagajo k lažji digitalizaciji in vključitvi omenjenih produktov v njihove proizvodne cikle. SRIP ToP je sodeloval pri izvedbi vzpostavitve omenjene platforme, ki je postala javno dostopna v letu 2021.

Decembra 2018 smo se vključili v Interreg Mediteran projekt **Panoramed** kot sovoditelj področja inovacij. V letu 2022 se bo projekt nadaljeval z načrtovanimi delovnimi obveznostmi. Redno smo se dobivali s slovenskimi predstavniki dveh izbranih strateških projektov na področju Inovacij, Projekt BlueBioMed promovira transformacijo razvoja trajnostnih ciljev na področju inovacij za modre bioekonomije na Mediteranu. Projekt se osredotoča na izboljšavo politik na področju inovacij v povezavi s transnacionalnimi programi upravljanja, ki delujejo na območju Mediterana. Projekt B-Blue pa deluje na področju povezovanja skupnosti, ki delujejo na Mediteranu. Povezujejo ključne akterje na področju modrih biotehnologij z ozirom na to, da se povečajo njihove kapacitete in koordinacija za jačanje inovacijskega potenciala prek skupnih transnacionalnih iniciativ, vključiti pa nameravajo tudi organizacije na južni strani Mediterana. Oba strateška projekta delujeta vzporedno in na način, da bi skupaj dosegli boljše rezultate. S predstavitvami preteklega in sodelovanjem pri načrtovanju bodočega dela smo sodelovali na vseh projektnih sestankih, ki so v tem obdobju zaradi epidemije potekali prek spleta. V letu 2021 smo v sodelovanju z vodji strateških projektov za področje inovacij pripravili vprašalnike za zbiranje podatkov in na podlagi zbranih podatkov pripravili prvo in drugo poročilo. Udeležili smo se tudi številnih tujih spletnih dogodkov s področja modrih biotehnologij in dogodkov v organizaciji strateških projektov v okviru inovacij ter na dveh dogodkih predstavili dosedanje delo. Prav tako pa smo v rednem stiku s predstavnikom SVRK, ki je angažiran pri projektu Panoramed.

CToP je v začetku leta 2020 začel izvajati projekt Digitalne tehnologije kot spodbuda za prehod v krožno gospodarstvo s strani malih in srednjih podjetij v Alpah – **CIRKULAR 4.0**. Projekt je financiran v okviru programa Interreg Alpine Space. Cilj projekta CIRKULAR 4.0 je pospešiti prehod malih in srednjih podjetij z alpskega območja iz linearne v krožni sistem poslovanja s pomočjo digitalizacije in industrije 4.0.

V okviru drugega delovnega sklopa, namenjenega vzpostavitvi orodij za presojo krožnosti in digitalnosti ter programa za usposabljanje podjetij in podpornih organizacij, je bil s strani Centra ToP ob aktivnem sodelovanju dveh raziskovalnih odsekov IJS in zunanega izvajalca v letu 2021 pripravljen in testno izveden program usposabljanja za posredniške organizacije, partnerje projekta in testna podjetja za celotno alpsko regijo ter razvoj novih in pregled obstoječih orodij za presojo krožnosti in oceno stopnje digitalizacije podjetij in s pomočjo članov SRIP ToP tudi testiranje uporabnosti predlaganih orodij.

Projekt se je začel 1. oktobra 2019 in se zaključil oktobra 2022. Skupna vrednost projekta je 2.560.692 EUR. Sodeluje petnajst projektnih partnerjev iz petih alpskih držav – Avstrije, Italije, Francije, Slovenije, Nemčije: Amt der Salzburger Landesregierung, Associazione Fabbrica intelligente Lombardia, Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft, Auvergne-Rhône-Alpes Enterprises, Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, poslovni Zgornja Avstrija, BWCON, Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Venezia Rovigo, Chambre de Commerce et d'Industrie du Var.

Grant Agreement number: 970904 – MANAGING DIGITAL INTELLECTUAL PROPERTY IN MANUFACTURING SMES DIGITALIZATION PROCESSES (**Go-DIP**)

V letu 2021 smo bili uspešni pri kandidaturi za nov projekt v sklopu Horizon Innosup programa za mala in srednja podjetja na področju **upravljanja z digitalnimi podatki v podjetjih**. Rezultat projekta bo priročnik z orodji za upravljanje z digitalnimi podatki v podjetjih in primeri praks podjetij iz treh inovacijskih sistemov. Trajanje projekta je 13 mesecev. Sodelujoča partnerja sta HIT – Hub Innovazione Trentino Fondazione, Italija in Haute Ecole Specialisee de Suisse Occidentale / HES-SO- INNOSQUARE Freiburg, Švica.

Zaključili smo tudi dela pri projektu **HIA (High Impact Action)**, ki ga financira EK. Po zaključku projekta je načrtovana priprava specifikacije za vzpostavitev celovite platforme pametne tovarne, ki bo pomenila osnovo za vzpostavitev nacionalnega demo centra, kjer bi se povežalo slovensko znanje in demonstriral praktičen pristop k viziji o tovarni prihodnosti.



---

## MEDNARODNA PROJEKTA

1. H2020 - QUALITY; Digitalna resničnost v proizvodnji brez napak  
European Commission  
doc. dr. Igor Kovač
2. H2020 - Go-DIP; Upravljanje digitalne intelektualne lastnine v digitalizacijskih procesih proizvodnih MSP  
European Commission  
doc. dr. Igor Kovač

## PROJEKTI

1. PANORAMED: Spodbujanje trajnostne rasti v sredozemskem območju s spodbujanjem inovativnih konceptov in praks in razumno rabo virov in s podporo socialnega vključevanja na podlagi integriranega in ozemeljskega pristopa sodelovanja  
doc. dr. Igor Kovač
2. Circular 4.0: Digitalne tehnologije, kot omogočitelj spodbujanja prehoda h krožnemu gospodarstvu s strani MSP na območju Alp  
doc. dr. Igor Kovač
3. SRIP-ToP: Strateška razvojna inovacijska partnerstva - Tovarne prihodnosti  
doc. dr. Igor Kovač

---

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. doc. dr. Igor Kovač

### Strokovni sodelavci

2. Živa Antauer, univ. dipl. prim. jez. in prim. slov. jez.
3. Petra Lavtar, dipl. ekon. (VS)
4. Bojana Omersel Weeks, univ. dipl. etn. in soc. kult.
5. **Rudi Panjtar, univ. dipl. inž. el., vodja CToP**

### Tehniški in administrativni sodelavci

6. *Matic Eržen, dipl. inž. el. (VS), odšel 19. 3. 2021*
7. Petra Hauschild, mag. tur. man.
8. Tina Mrak Maržič, mag. manag.
9. Nataša Vertot Rakun, univ. dipl. ekon.

---

## BIBLIOGRAFIJA

### IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Timotej Gašpar, Igor Kovač, Aleš Ude, "Optimal layout and reconfiguration of a fixturing system constructed from passive Stewart platforms", *Journal of manufacturing systems*, 2021, **60**, 226-238. [COBISS.SI-ID 67334915]

### OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Primož Radanovič, Jaka Jereb, Igor Kovač, Aleš Ude, "Design of a modular robotic workcell platform enabled by plug & produce connectors", V: *ICAR 2021, 20th International Conference on Advanced Robotics, 7-10 December 2021, Ljubljana, Slovenija*, Proceedings, IEEE, 2021, 304-309. [COBISS.SI-ID 88932099]