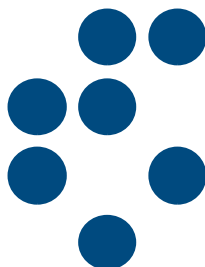


Poročilo o delu v letu 2020



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija



Poročilo o delu v letu 2020



Poročilo o delu v letu 2020 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, 2021

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
Umetniške razstave v galeriji IJS.....	14
Mednarodno sodelovanje.....	15
Podpisani dogovori o sodelovanju.....	15
Sodelovanje z univerzami.....	16
Kolokviji na IJS.....	19
Število študentov.....	20
Število mladih raziskovalcev, sprejetih v financiranje od ARRS in gospodarstva.....	21
Finance.....	22
Objave in dela.....	23
Opravljen doktorska dela.....	24
Podeljeni patenti.....	24
Nagrade in priznanja.....	25
Prenos znanja.....	29
Institut v številkah.....	30
Raziskovalni odseki	
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).....	55
Odsek za tehnologijo površin in optoelektroniko (F-4).....	59
Odsek za fiziko trdne snovi (F-5).....	67
Laboratorij za plinsko elektroniko (F-6).....	95
Odsek za kompleksne snovi (F-7).....	103
Odsek za reaktorsko fiziko (F-8).....	113
Odsek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev (F-9).....	125
Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K-1).....	137
Odsek za fizikalno in organsko kemijo (K-3).....	143
Odsek za elektronsko keramiko (K-5).....	151
Odsek za nanostrukturne materiale (K-7).....	159
Odsek za sintezo materialov (K-8).....	175
Odsek za raziskave sodobnih materialov (K-9).....	181
Odsek za biokemijo, molekularno in strukturno biologijo (B-1).....	191
Odsek za molekularne in biomedicinske znanosti (B-2).....	197
Odsek za biotehnologijo (B-3).....	205
Odsek za znanosti o okolju (O-2).....	211
Odsek za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko (E-1).....	231
Odsek za sisteme in vodenje (E-2).....	241
Odsek za umetno inteligenco (E-3).....	247
Laboratorij za odprte sisteme in mreže (E-5).....	263
Odsek za komunikacijske sisteme (E-6).....	269
Odsek za računalniške sisteme (E-7).....	277
Odsek za tehnologije znanja (E-8).....	291
Odsek za inteligentne sisteme (E-9).....	307
Odsek za reaktorsko tehniko (R-4).....	317
Centri in službe	
Reaktorski infrastrukturni center (RIC).....	325
Center za mrežno infrastrukturo (CMI).....	329
Znanstvenoinformacijski center (ZIC).....	333
Center za energetska 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 (CTT).....	359
Center za pametna mesta in skupnosti (CPMiS).....	365
Center tovarne prihodnosti (CToP).....	369



SPREMNA BESEDA

Leto 2020 je minilo v znamenju epidemije covid-19. V nekaj mesecih smo prešli iz stanja udobja in optimističnega zrenja v prihodnost v izredno stanje, ki nas ga je večina poznala le iz učbenikov zgodovine. Kot da so se naenkrat vse težave skupaj zgrnile nad nas. Od podnebne krize, krize družbenih ureditev, nebrzdanega tehnološkega razvoja, ki mu razvoj naše socialne inteligence ni sposoben slediti, do nezmožnosti reševanja težav migracij ob zapiranju v samozadostna družbena okolja. Zdi se, da je pojav virusa SARS-CoV2 le razgalil vse težave in nas prizemljal v miselnosti, da smo superiorni naravi. Pristanek je bil zelo trd in zdi se, da še kar traja.



Prof. dr. Jadran Lenarčič in prof. dr. Boštjan Zalar ob primopredaji direktorstva decembra 2020 na "Institutu Jožef Stefan"

Znanost se je in se še po svojih najboljših močeh trudi omejiti posledice pandemije. Izkazalo se je, kako nepogrešljiva je vloga znanosti v sodobnih družbah. Ko smo se tudi raziskovalke in raziskovalci marca kar naenkrat znašli doma na delu od doma, je verjetno večino od nas ob spremljanju dogodkov prežemal občutek nekoristnosti in nemoči ob nezmožnosti ukrepanja in vključevanja v reševanje krize. Se je pa mnogo naših sodelavk in sodelavcev hitro ovedlo in svojo strokovnost na različnih področjih, od testiranja zaščitnih sredstev, iskanja novih učinkovin do modeliranja razvoja epidemije, ponudilo širši javnosti. V časih navidezno nepremagljivih ovir se je še posebej pokazalo, kako so znanje, marljivost, predanost, zaupanje v preverljiva dejstva in sodelovanje na globalni ravni tiste vrline znanstvenega udejstvovanja, ki nas peljejo k izhodu iz krize. Žal pa je znanost, še bolj kot kadarkoli prej, naletela na novodobne ovire v obliki spletnega mazaštva, vsevednosti in senzacionalizma. Na našem Institutu smo takšnih izzivov sicer vajeni. Še bolj nas opogumljajo pri izpolnjevanju našega poslanstva, del katerega je in bo tudi, z upoštevanjem znanstvenih dejstev in ne šamanstva, pomoč širši družbi, da se znova postavi na noge in pridobi občutek relativne varnosti, ki jo je poganjal v predkovidnih časih.

Prijetno je ugotoviti, da zaradi zdravstvene krize ni trpela naša osnovna dejavnost. Tako se je v letu 2020 število znanstvenih objav povečalo na 1376, izdanih je bilo 20 znanstvenih in strokovnih monografij ter podeljenih 17 patentov. Dela naših sodelavk in sodelavcev so bila po podatkih baze Web of Science citirana več kot 46-tisočkrat. Podeljenih je bilo 39 doktoratov znanosti. Razmere v slovenski znanosti se opazno izboljšujejo, kar se na IJS izkazuje v rasti prihodkov, številu vseh zaposlenih in številu mladih raziskovalcev. Ob močnem mednarodnem sodelovanju se še posebej povečuje vpetost Instituta v evropski raziskovalni prostor, kar se izkazuje z rastjo prihodkov lastne dejavnosti z evropskega trga. Na IJS smo v letu 2020 izvajali tri projekte Evropskega raziskovalnega sveta (ERC).

*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 magnetnoresonančni 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.

2003

- ~ Ustanovljena je Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana.

2004

- ~ Institut je izbran za koordinatorja štirih centrov odličnosti.



Začetki robotike na IJS leta 1985

2007

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

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

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)

doc. 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 Klopučar

Komunikacijski sistemi (E-6)

prof. dr. Mihael Mohorčič

Računalniški sistemi (E-7)

prof. dr. Gregor Papa

Tehnologije znanja (E-8)

prof. dr. Nada Lavrač¹, prof. dr. Sašo Džeroski²

Intelligentni sistemi (E-9)

prof. dr. Matjaž Gams

Jedrsko tehnika in energetika

Reaktorska tehnika (R-4)

prof. dr. Leon Cizelj

¹ do 31. 3. 2020

² od 1. 4. 2020



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)
Luka Virag, univ. dipl. prav.³, Tamara Kotnik, univ. dipl. prav.⁴

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 (SVPIS)
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

³ v. d. vodje do 31. 1. 2020

⁴ od 1. 2. 2020

VODSTVO IJS

VODSTVO

Direktor

Prof. dr. Jadran Lenarčič¹
Prof. dr. Boštjan Zalar²

Pomočnica direktorja

Dr. Romana Jordan³

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*
Martina Gašperlin, *Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, do 14. 9. 2020*
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*
Urška Zupin, *Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, od 15. 9. 2020*

ZNANSTVENI SVET

Prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović, *predsednik ZS IJS do 10. 12. 2020,*
namestnik predsednika od 10. 12. 2020
Prof. ddr. Boris Turk, *namestnik predsednika do 10. 12. 2020, predsednik ZS IJS*
od 10. 12. 2020
Prof. dr. Leon Cizelj
Prof. dr. Miran Čeh
Prof. dr. Svjetlana Fajfer
Prof. dr. Matjaž Gams
Prof. dr. Milena Horvat

Prof. dr. Nada Lavrač
Prof. dr. Jadran Lenarčič, *direktor Instituta do 10. 12. 2020*
Prof. dr. Matej Lipoglavšek
Prof. dr. Barbara Malič
Prof. dr. Marko Mikuž
Prof. dr. Mihael Mohorčič, *namestnik predsednika*
Prof. dr. Igor Muševič
Doc. dr. Gašper Tavčar
Prof. dr. Boštjan Zalar, *direktor Instituta od 10. 12. 2020*

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

¹ do 2. 7. 2020; v. d. direktorja od 3. 7. 2020 do 30. 11. 2020

² od 1. 12. 2020

³ do 2. 7. 2020, od 1. 9. 2020 do 30. 11. 2020;

svetovalka IX od 3. 7. 2020 do 31. 8. 2020, od 1. 12. 2020

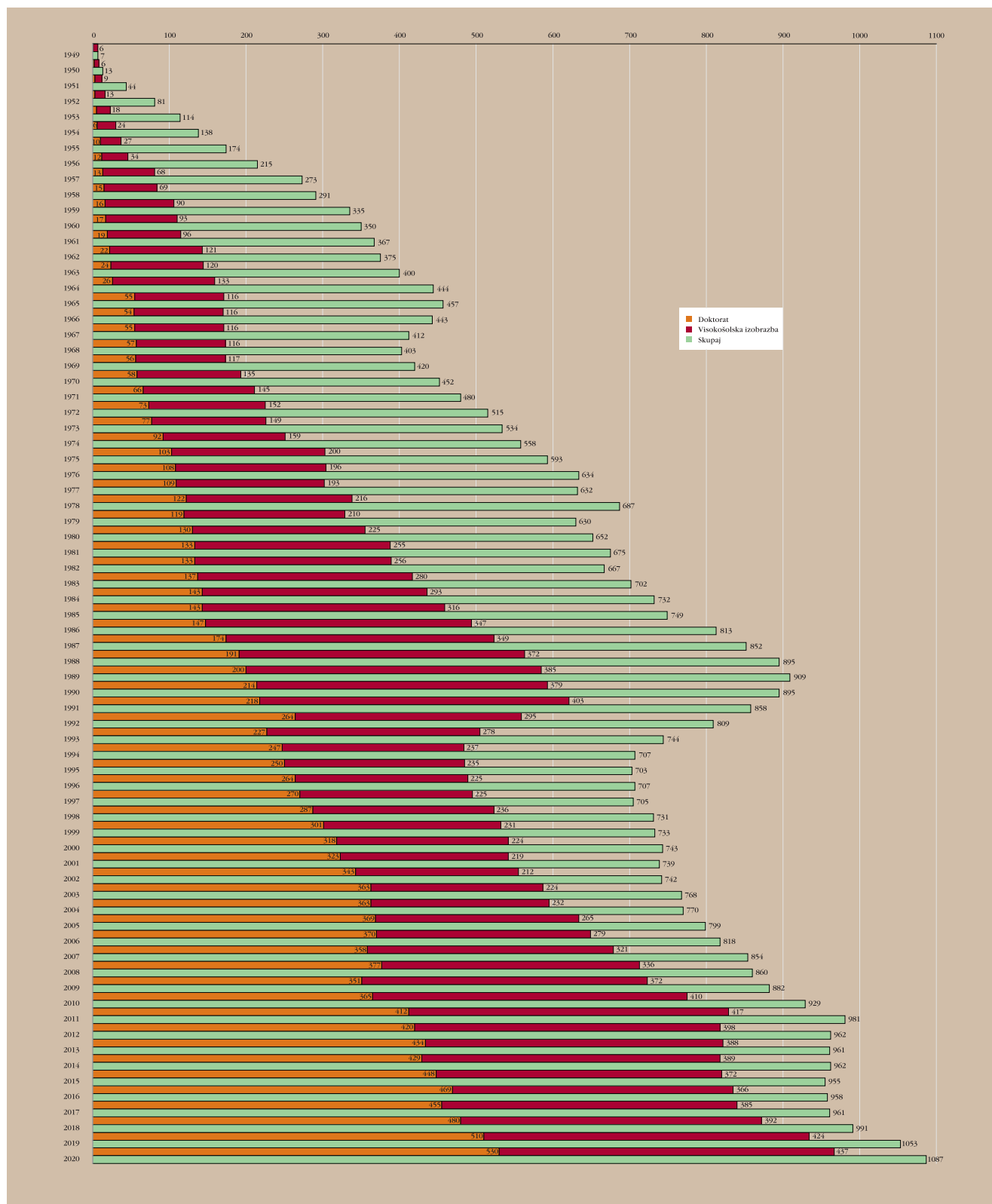
ŠTEVILO IN SESTAVA SODELAVCEV PO ENOTAH

Stanje 31. 12. 2020

Odsek	Raziskovalci	Podok. sod.	Mladi razisk.	Strok. sod.	Skupaj razisk.	Tehniški in admin. sod.	Skupaj
Odsek za teoretično fiziko (F-1)	26	3	11		40	1	41
Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2)	23	6	6	7	42	5	47
Odsek za tanke plasti in površine (F-3)	4		2	1	7	5	12
Odsek za tehnologijo površin in optoelektroniko (F-4)	7	5	5	1	18	2	20
Odsek za fiziko trdne snovi (F-5)	40	18	21	8	87	11	98
Laboratorij za plinsko elektroniko (F-6)	5	2	2	1	10	1	11
Odsek za kompleksne snovi (F-7)	14	4	9	4	31	2	33
Odsek za reaktorsko fiziko (F-8)	11	5	7		23	3	26
Odsek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev (F-9)	19	4	8		31	4	35
Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K-1)	9		3	2	14	4	18
Odsek za fizikalno in organsko kemijo (K-3)	3	2	4	3	12		12
Odsek za elektronsko keramiko (K-5)	7	3	8	2	20	1	21
Odsek za nanostrukturne materiale (K-7)	15	9	12	5	41	2	43
Odsek za sintezo materialov (K-8)	5	1	2		8	1	9
Odsek za raziskave sodobnih materialov (K-9)	9	4	6	2	21	2	23
Odsek za biokemijo, molekularno in strukturno biologijo (B-1)	11	8	12	3	34	3	37
Odsek za molekularne in biomedicinske znanosti (B-2)	7	3	4	1	15	2	17
Odsek za biotehnologijo (B-3)	6	7	3		16		16
Odsek za znanosti o okolju (O-2)	24	9	16		49	6	55
Odsek za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko (E-1)	14	9	13	9	45	1	46
Odsek za sisteme in vodenje (E-2)	16		7	3	26	2	28
Odsek za umetno inteligenco (E-3)	7	7	11	13	38	6	44
Laboratorij za odprte sisteme in mreže (E-5)	5	5	1	1	12		12
Odsek za komunikacijske sisteme (E-6)	16	3	6	4	29	4	33
Odsek za računalniške sisteme (E-7)	10	2	6	4	22	2	24
Odsek za tehnologije znanja (E-8)	21	13	11	3	48	1	49
Odsek za inteligentne sisteme (E-9)	8	5	8	5	26	9	35
Odsek za reaktorsko tehniko (R-4)	13	2	6	3	24	3	27
Center za energetske učinkovitost (CEU)	5	1		11	17	4	21
Center za elektronsko mikroskopijo in mikroanalizo (CEMM)	1	2	1	1	5		5
Center za mrežno infrastrukturo (CMI)				4	4	4	8
Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča (ICJT)	1			4	5	3	8
Znanstvenoinformacijski center (ZIC)				2	2	8	10
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	1	3	5	9	14
Center za prenos tehnologij in inovacij (CTT)	1		1	6	8	5	13
Center za pametna mesta in skupnosti (CPMiS)						3	3
Center tovarne prihodnosti (CToP)						6	6
Skupne službe				3	3	73	76
Tehnične in podporne službe				3	3	39	42
Institut "Jožef Stefan"	364	143	214	123	844	243	1087

IZOBRAZBA SODELAVCEV IJS

1949-2020



PREJEMNIKI PRIZNANJ IJS

ČASTNI ČLANI

Akad. prof. dr. Robert Blinc[☉], 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[☉], direktor Instituta "Jožef Stefan" od 1963 do 1975 (1919–2003)
 Akad. prof. dr. Anton Peterlin[☉], 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[☉], 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[☉], 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[☉], Universität Göttingen, Göttingen, Nemčija
 Prof. dr. Paul Hagenmuller[☉], Université de Bordeaux I, Bordeaux, Francija
 Prof. dr. John Holloway, University of Leicester, Leicester, Velika Britanija
 Prof. dr. Rudolf Hoppe[☉], Universität Giessen, Giessen, Nemčija
 Prof. dr. Robert J. Jaeger[☉], National Institute on Disability and Rehabilitation Research, US Department of Education, Washington, D. C., ZDA
 Prof. dr. Nikola Kallay[☉], 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[☉], 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[☉], Institute for Crystallography, Russian Academy of Sciences, Moskva, Rusija
 Prof. dr. Neil W. Tanner[☉], 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[☉]
 Prof. dr. Mihael Drofenik
 Akad. prof. dr. Peter Gosar
 Prof. dr. Darko Jamnik[☉]
 Prof. dr. Gorazd Kandus
 Akad. prof. dr. Gabrijel Kernel
 Prof. dr. Borut Mavko
 Prof. dr. Miodrag V. Mihailović[☉]
 Akad. prof. dr. Raša Matija Pirc
 Prof. dr. Marjan Senegačnik[☉]
 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[☉], univ. dipl. inž., Ljubljana, Slovenija
 Akad. prof. dr. Davorin Dolar[☉], Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, Slovenija
 Zdravko Gabrovšek, univ. dipl. inž., Krško, Slovenija
 Akad. prof. dr. Dušan Hadži[☉], 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[☉], Lek, d. d., Ljubljana, Slovenija
 Prof. dr. Momčilo M. Ristić[☉], Akademija znanosti Srbije, Beograd, Srbija
 Mag. Milan Slokan[☉], Ljubljana, Slovenija
 Prof. dr. Petar Strohal[☉], Zagreb, Hrvaška
 Dr. Novak Zuber[☉], Nuclear Regulatory Commission, Washington, D. C., ZDA
 Prof. dr. Črt Zupancič[☉], Ludwig-Maximilians-Universität München, Nemčija
 Akad. prof. dr. Andrej Župancič[☉], 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

UMETNIŠKE RAZSTAVE V GALERIJI IJS



Stojan Špegel na odprtju svoje razstave

Stojan Špegel, 13. januar–5. februar

Andreja Gregorič, 10. februar–28. maj

Bojan Golčar, 1. junij–24. junij

Miro Bone, 29. junij–22. julij

Mira Uršič, 27. julij–2. september

Maja Šivec, 7. september–30. september

Bogdan Čobal, 5. oktober–16. december

Marjan Humar, 16. december–18. januar 2021

MEDNARODNO SODELOVANJE

Večstransko mednarodno sodelovanje	Št. projektov
H2020 (EUROPEAN INSTITUTE OF INNOVATION AND TECHNOLOGY, EXCELLENT SCIENCE, EURATOM, INDUSTRIAL LEADERSHIP, SOCIETAL CHALLENGES, SPREADING EXCELLENCE AND WIDENING PARTICIPATION, SCIENCE WITH AND FOR SOCIETY)	126
ESSR (INTERREG, KC, SRIP, SPS, KPP, RZ...)	37
OSTALI (COST, IAEA, ICTP, JRC, ESA, CEF, EMPIR, ERASMUS+, LIFE+, ERA.NET, ARIMNET, ALL, PTD...)	162
SKUPAJ	325

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

Bilateralno sodelovanje z	Št. projektov
Nemčijo	7
Rusijo	1
Srbijo	5
Turčijo	1
ZDA	35
SKUPAJ	71

PODPISANI DOGOVORI O SODELOVANJU

Institut "Jožef Stefan" je v letu 2020 podpisal dogovore o sodelovanju s:

1. Tohoku University, Sendai, Miyagi, Japonska (F-5)

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

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

Visokošolski sodelavci

1. Dr. Jurij Leskovec, Computer Science Department, Stanford University, Palo Alto, Kalifornija, ZDA
2. Dr. Jure Pražnikar, 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
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**, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta; 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**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
35. **Prof. dr. Tomaž Javornik**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
36. **Doc. dr. Robert Jeraj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; University of Wisconsin, Madison, School of Medical Physics
37. **Prof. dr. Đani Juričić**, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju; Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
38. **Prof. dr. Viktor Kabanov**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
39. **Doc. dr. Matjaž Kavčič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
40. **Doc. dr. Ivo Kljenak**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
41. **Doc. dr. Tomaž Klobučar**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; DOBA Fakulteta za uporabne poslovne in družbene študije, Maribor
42. **Prof. dr. Spomenka Kobe**, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
43. **Prof. dr. Juš Kocijan**, Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
44. **Doc. dr. Andraž Kocjan**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Medicinska fakulteta
45. **Doc. dr. Robert Kocjančič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
46. **Prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli**, Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko
47. **Doc. dr. Anton Kokalj**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
48. **Doc. dr. Matej Andrej Komelj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
49. **Doc. dr. Branko Kontić**, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
50. **Prof. dr. Dušan Kordiš**, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Medicinska fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
51. **Prof. dr. Barbara Koroušič Seljak**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Novi Gorici, Poslovna-tehniška fakulteta
52. **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
53. **Doc. dr. Igor Kovač**, FH Joanneum, Gradec, Avstrija
54. **Prof. dr. Janez Kovač**, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
55. **Doc. dr. Slavko Kralj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo
56. **Prof. dr. Igor Kržaj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Biotehniška fakulteta, Medicinska fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
57. **Doc. dr. Marjan Kromar**, Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko
58. **Prof. dr. Danjela Kuščer Hrovatin**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
59. **Prof. dr. Zdravko Kutnjak**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Fakulteta za strojništvo; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
60. **Prof. dr. Nada Lavrač**, Univerza v Novi Gorici; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Ljubljani
61. **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
62. **Doc. dr. Adrijana Leonardi**, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
63. **Prof. dr. Matej Lipoglavšek**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
64. **Prof. dr. Darja Lisjak**, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za naravoslovje; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
65. **Prof. dr. Sonja Lojen**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju
66. **Prof. dr. Boris Majaron**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
67. **Prof. dr. Darko Makovec**, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Medicinska fakulteta; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
68. **Prof. dr. Barbara Malič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
69. **Doc. dr. Sabina Markelj**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
70. **Prof. dr. Igor Mekjavič**, Univerza Simon Fraser, Britanska Kolumbija, Kanada
71. **Doc. dr. Alenka Mertelj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
72. **Doc. dr. Tomaž Mertelj**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
73. **Prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
74. **Doc. dr. Andrej Mihelič**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
75. **Doc. dr. Miha Mihovilovič**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko; Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Nemčija
76. **Prof. dr. Radmila Milačič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
77. **Prof. dr. Ingrid Milošev**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Zagrebu, Fakulteta za kemijsko inženirstvo in tehnologijo
78. **Prof. dr. Dunja Mladenec**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana; Univerza v Zagrebu, Pedagoška fakulteta; Univerza v Ljubljani; Univerza v Novi Gorici; Univerza na Primorskem
79. **Prof. dr. Mihael Mohorčič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
80. **Prof. dr. Miran Mozetič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
81. **Doc. dr. Bojan Nemeč**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
82. **Doc. dr. Roman Novak**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
83. **Prof. dr. Saša Novak Krmpotič**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
84. **Prof. dr. Nives Ogrinc**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
85. **Doc. dr. Mojca Otoničar**, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana

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

Visokošolski sodelavci

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

KOLOKVIJI NA IJS

14. januar 2020: **Geoffrey W. Grime**

University of Surrey, Ion Beam Centre, Guildford, Velika Britanija, Oxford Microbeams Limited, Oxford, Velika Britanija

Skozi drugačne oči: štirideset let jedrske mikroskopije na mikrometrski skali

16. januar 2020: **Rastko Sknepnek**

University of Dundee, Škotska, Velika Britanija

Vzorci gub na aktivnih viskoelastičnih tankih plasteh

29. januar 2020: **Nicola Spaldin**

ETH Zurich, Zurich, Švica

Od materialov do kozmologije: Raziskovati zgodnje vesolje z mikroskopom

5. februar 2020: **Simon Parsons**

School of Chemistry and Centre for Science at Extreme Conditions, The University of Edinburgh, Edinburgh, Velika Britanija

Visoki tlaki in molekularna trdna snov

22. april 2020: **Matej Kanduč**

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

Kapljično širjenje okužb

(virtualno)

29. april 2020: **Jernej Fesl Kamenik**

Institut "Jožef Stefan" in Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, Ljubljana

Uganka okusov osnovnih delcev

(virtualno)

13. maj 2020: **Bojan Nemeč**

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

Učenje robotov v sodelovanju s človekom

(virtualno)

3. junij 2020: **Darja Lisjak**

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

Heksaferiti: raznovrstni in edinstveni magnetni materiali

10. junij 2020: *Izlok Tiselj*

Institut "Jožef Stefan" in Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, Ljubljana

10^3

16. september 2020: **David Jamieson**

University of Melbourne, Melbourne, Avstralija, Univerza v Ljubljani, Ljubljana

Einsteinova revolucija: kvantna tehnologija za kvantni računalnik 21. stoletja

(virtualno)

12. november 2020: **Alison Campbell**

Knowledge Transfer Ireland, Dublin, Irska

Prenos znanja - občulljivo ravnotežje

(virtualno)

2. december 2020: **Matjaž Žitnik**

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana,

Novi viri ultravijolične in rentgenske svetlobe

(virtualno)

ŠTEVILO ŠTIPENDISTOV

1977–2020

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
SKUPAJ	490	113	452	25	13	8	4	67	504	35	22	11	87	1831

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
 FERI 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

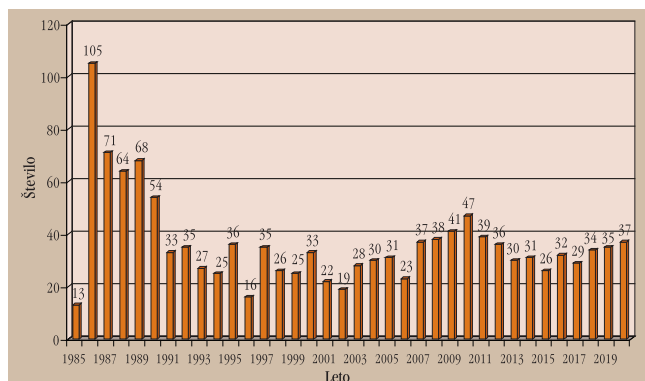
ŠTEVILO MLADIH RAZISKOVALCEV, SPREJETIH V FINANCIRANJE

1985–2020

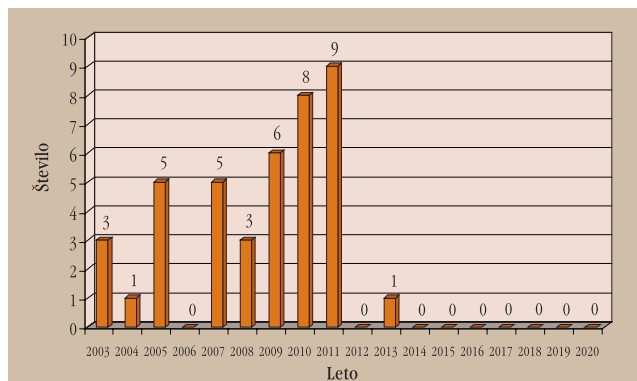
Odsek	Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije				Gospodarstvo	Skupaj
	Magisterij in doktorat	Doktorat	Magisterij	Specializacija	Doktorat	
Odsek za teoretično fiziko (F-1)	4	54	1	2		61
Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2)	14	32	3	2	1	52
Odsek za tanke plasti in površine (F-3)	2	6	2		2	12
Odsek za tehnologijo površin in optoelektroniko (F-4)		20			2	22
Odsek za fiziko trdne snovi (F-5)	22	89	5	25	3	144
Odsek za kompleksne snovi (F-7)	2	41	2	3	2	50
Odsek za reaktorsko fiziko (F-8)	11	20	4	2		37
Odsek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev (F-9)	13	43			3	59
Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K-1)	9	19	1	1	2	32
Odsek za fizikalno in organsko kemijo (K-3)	13	29	9	6		57
Odsek za elektronsko keramiko (K-5)	3	32	6	3	1	45
Odsek za inženirsko keramiko (K-6)	1	10	3	3	1	18
Odsek za nanostrukturne materiale (K-7)	4	41	3	2	2	52
Odsek za sintezo materialov (K-8)	1	18	4		1	24
Odsek za raziskave sodobnih materialov (K-9)	6	23	5	1	2	37
Odsek za biokemijo, molekularno in strukturno biologijo (B-1)	24	61	2	4		91
Odsek za molekularne in biomedicinske znanosti (B-2)	4	20	3	1		28
Odsek za biotehnologijo (B-3)	3	16	2	1		22
Odsek za znanosti o okolju (O-2)	34	72	5	2	4	117
Odsek za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko (E-1)	14	27	18	8		67
Odsek za sisteme in vodenje (E-2)	10	30	10	4	1	55
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	19	17	1		52
Odsek za računalniške sisteme (E-7)	14	8	6	2	4	34
Odsek za tehnologije znanja (E-8)	14	27	8			49
Odsek za inteligentne sisteme (E-9)	11	17	7	2	5	42
Odsek za reaktorsko tehniko (R-4)	11	15	9	3		38
Center za energetska učinkovitost (CEU)	3	1	18	6	4	32
Center za informatiko in zunajšolsko izobraževanje (CT-1)	6		6	1		13
SKUPAJ	273	801	162	85	41	1362

ŠTEVILO MLADIH RAZISKOVALCEV, SPREJETIH V FINANCIRANJE

Javna agencija za raziskovalno dejavnost
Republike Slovenije*



Gospodarstvo



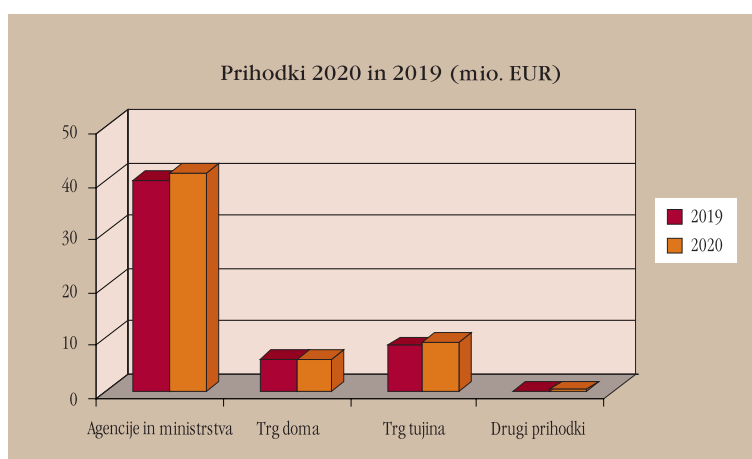
* Na grafu je skupno število mladih raziskovalcev, sprejetih v financiranje od ARRS, manjše. Razlika je posledica dejstva, da je nekaj mladih raziskovalcev v tem obdobju spremenilo vrsto usposabljanja.

FINANCE

PRIHODKI IJS (V EUR) IN ŠTEVILO POGODB

IJS je prihodke pridobil v tekmii z drugimi, domačimi in tujimi, raziskovalnimi organizacijami: 72,7 % na razpisih na državnih ministrstvih in agencijah, 16,3 % na mednarodnih razpisih (pretežno na okvirnih programih EU) in 10,7 % na domačem trgu.

	2020	delež 2020	2019	delež 2019	indeks 2020/2019	št. pogodb v letu 2020
Agencije in ministrstva	41.157.432	72,7 %	39.744.499	73 %	103,6	435
Trg doma	6.081.337	10,7 %	6.104.020	11,2 %	99,6	363
Trg tujina	9.235.685	16,3 %	8.501.438	15,6 %	108,6	292
Drugi prihodki	124.806	0,2 %	59.651	0,1 %	209,2	
SKUPAJ	56.599.260	100 %	54.409.608	100 %	104	1090



OBJAVE IN DELA

2020

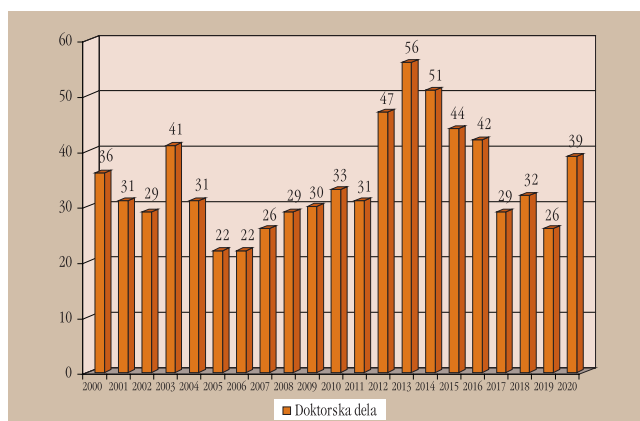
Vir podatkov COBISS

Odsek	Članki		Monografije		Patenti		Doktorati
	Znanstveni	Strokovni	Znanstvene	Strokovne	Podeljeni	Prijave	
Teoretična fizika (F-1)	85	5	1	2			1
Fizika nizkih in srednjih energij (F-2)	71	5		2	1		2
Tanke plasti in površine (F-3)	12	1					
Tehnologija površin in optoelektronika (F-4)	52		1		4	4	
Fizika trdne snovi (F-5)	164	6		6	3	1	4
Plinska elektronika (F-6)	37				1		
Kompleksne snovi (F-7)	52	3	1		2		2
Reaktorska fizika (F-8)	74	1		2			3
Eksperimentalna fizika osnovnih delcev (F-9)	102						2
Anorganska kemija in tehnologija (K-1)	18			1	1		2
Fizikalna in organska kemija (K-3)	17						1
Elektronska keramika (K-5)	52						2
Nanostrukturni materiali (K-7)	70	1			1	1	2
Sinteza materialov (K-8)	25						
Sodobni materiali (K-9)	54	1					
Biokemija, molekularna in strukturna biologija (B-1)	24	1			2		1
Molekularne in biomedicinske znanosti (B-2)	15						1
Biotehnologija (B-3)	35	4					1
Znanosti o okolju (O-2)	93	1		1	1	1	3
Avtomatika, biokibernetika in robotika (E-1)	42						3
Sistemi in vodenje (E-2)	27	1					
Umetna inteligenca (E-3)	70		1				
Odprti sistemi in mreže (E-5)	15	1					
Komunikacijski sistemi (E-6)	50	1	1				2
Računalniški sistemi (E-7)	54	3			1		
Tehnologije znanja (E-8)	117	1	1				3
Inteligentni sistemi (E-9)	62	1	1	1	2		1
Reaktorska tehnika (R-4)	45	1		1	1		
Reaktorski infrastrukturni center (RIC)	14						1
Znanstvenoinformacijski center (ZIC)							
Center za energetska učinkovitost (CEU)	6	3		1	1		1
Center za elektronsko mikroskopijo in mikroanalizo (CEMM)	3						
Center za prenos znanja na področju inf. tehn. (CT-3)							
Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo Milana Čopiča (ICJT)	5	1					1
Varstvo pred ionizirajočim sevanjem (SVPIS)	1						
Center za prenos tehnologij in inovacij (CTT)	10	1		1			
Center tovarne prihodnosti (CToP)							
Institut "Jožef Stefan"	1376	42	6	14	17	6	39

OPRAVLJENA DOKTORSKA DELA

DO 2020

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	SKUPAJ	1251
2010	33		



PODELJENI PATENTI

- Stephen James Moore, Margaret Thy Luu Nguyen, Daniel Robert Hostetter, Olga Vasiljeva, Jeanne Grace Flandez, Substrates of matrix metalloproteinase and other cleavable moieties and methods of use thereof, AU2014324884 (B2), Australian Patent Office, 26. 3. 2020
- Alexander Gilenson, Boštjan Kaluža, Oz Eyal, System and method for automated detection of anomalies in the values of configuration item parameters, US10635557 (B2), US Patent Office, 28. 4. 2020
- James William West, Li Mei, Stephen James Moore, Margaret Thy Luu Nguyen, Daniel Robert Hostetter, Olga Vasiljeva, Jason Sagert, Jonathan Terrett, Anti-PDL1 antibodies, activatable anti-PDL1 antibodies, and methods of use thereof, US10669339 (B2), US Patent Office, 2. 6. 2020
- Alexander Gilenson, Boštjan Kaluža, Oz Eyal, System and method for incident root cause analysis, US10691522 (B2), US Patent Office, 23. 6. 2020
- Tomasz Gilewski, Piotr Połczyński, Jakub Gawraczyński, Rafał Jurczakowski, Piotr J. Leszczyński, Wojciech Grochala, Zoran Mazej, Silver (II) sulfate (VI) hydrate and method to synthesize it, PL234672 (B1), Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskie, 31. 3. 2020
- Luka Drinovec, Griša Močnik, Photo-thermal interferometer, EP3492905 (B1), European Patent Office, 29. 4. 2020; US10768088 (B2), US Patent Office, 8. 9. 2020
- Metod Kolar, Miran Mozetič, Ita Junkar, Alenka Vesel, Martina Modic, Karin Stana-Kleinschek, Method for immobilization of heparin on a polymeric material, EP2997984 (B1), European Patent Office, 3. 6. 2020
- Paul J. McGuinness, Marko Soderžnik, Kristina Žagar, Andraž Kocjan, Spomenka Kobe, Method of manufacturing fully dense Nd-Fe-B magnets with enhanced coercivity and gradient microstructure, EP2869311 (B1), European Patent Office, 24. 6. 2020
- Ana Mladenovič, Primož Oprčkal, Radmila Milačič, Janez Ščančar, Janja Vidmar, Andrijana Sever Škapin, Peter Nadrah, Alenka Mauko Pranjic, Mirko Šprinzer, Method and system for the potabilization of effluents from biological WWTPS, EP3562788 (B1), European Patent Office, 16. 9. 2020
- Marko Kazič, Matjaž Lukač, Laser treatment head and laser system, EP2957323 (B1), European Patent Office, 23. 12. 2020
- Joško Valentinčič, Izidor Sabotin, Matic Resnik, Pavel Drešar, Nejc Matjaž, Marko Jerman, Andrej Lebar, Matej Pleterski, Apparatus and method for cutting an electrically conductive tube, EP3603866 (B1), European Patent Office, 30. 12. 2020
- Marko Matkovič, Iztok Tiselj, Ivo Kljenak, Andrej Prošek, Matjaž Leskovar, Ljubo Fabjan, Leon Cizelj, Method and apparatus for assessing the state of spent-fuel facility, GB2530969 (B), UK Patent Office, 8. 4. 2020
- Larisa Hosnar, Matjaž Vencelj, Klemen Bučar, Janez Burger, Angle-sensitive gamma camera with a rotary obstruction, GB2530574 (B), Intellectual Property Office, 2. 12. 2020
- Gregor Papa, Barbara Koroušič-Seljak, Marko Pavlin, Naprava in postopek za zajem in prenos signalov, GB2525403 (B), UK Patent Office, 23. 12. 2020
- Xinzheng Zhang, Jingjun Xu, Bin Shi, Xiaodan Xu, Yang Liu, Mengxin Ren, Wei Cai, Qiang Wu, Irena Drevenšek Olenik, Processing method and processing system for laser-induced graphene micronano structure, CN107244669 (B), State Intellectual Property Office of the P.R.C., 25. 12. 2020
- Gregor Primc, Miran Mozetič, Rok Zaplotnik, Alenka Vesel, Maja Ravnikar, Jana Žel, Nataša Mehle, Ion Gutiérrez-Aguirre, Arijana Filipič, David Dobnik, Postopek za deaktivacijo virusa v vodi, SI25811 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 30. 9. 2020
- Alenka Vesel, Miran Mozetič, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Nina Recek, Postopek za povečanje hidrofilnosti polimera, ki vsebuje fluor, SI25862 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 31. 12. 2020



NAGRADE IN PRIZNANJA

NAGRADE REPUBLIKE SLOVENIJE

Zoisove nagrade in Zoisovo priznanje

Barbara Malič

Zoisova nagrada za vrhunske dosežke na področju raziskav elektrokaličnihih keramičnih materialov

Andrej Filipičič in Marko Zavrtanik

Zoisova nagrada za vrhunske dosežke pri raziskavah kozmičnih delcev ekstremnih energij

Samo Kralj

Zoisovo priznanje za pomembne dosežke na področju fizike mehke snovi

Puhova nagrada

Janko Petrovčič

Puhova nagrade za vrhunske dosežke za razvoj inovativnih elektronskih sistemov



Prejemnica Zoisove nagrade: prof. dr. Barbara Malič (Foto: Nebojša Tejić/STA)



Prejemnik Puhove nagrade: dr. Janko Petrovčič (Foto: Nebojša Tejić/STA)

Zlati znak Jožefa Stefana

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

Matjaž Gomilšek

Kvantne spinske tekočine na geometrijsko frustriranih mrežah kagome

Gregor Posnjak

Topološke formacije v kiralnih nematskih kapljicah

Janja Vidmar

Določanje koncentracije in velikosti kovinskih nanodelcev v okoljskih in bioloških vzorcih

Direktorjev sklad

Igor Vaskivskiy

Laboratorij za 4D resonančno magnetno spektroskopijo



Prejemniki Zoisovih nagrad: prof. dr. Andrej Filipičič, prof. dr. Samo Stanič in prof. dr. Marko Zavrtanik (Foto: Nebojša Tejić/STA)

NAGRADE IJS

Blinčeve nagrade

Danilo Zavrtanik

Blinčeva nagrada za življenjsko delo s področja fizike

Giovanni De Ninno

Blinčeva nagrada za vrhunske enkratne dosežke

Jernej Fescl Kamenik

Blinčeva nagrada za fizike na začetku kariere

DRUGA ODMEVNEJŠA PRIZNANJA RAZISKOVALCEM IJS

Center za prenos znanja na področju informacijskih tehnologij (CT-3), v okviru mednarodnega mentorskega programa za odprto izobraževanje, ki smo ga poimenovali Odprto izobraževanje za boljši svet – OE4BW – Open Education 4 better world, smo tretji cikel v letu 2020 zaključili z 82 razvitimi projekti in za naš trud prejeli nagrado za odličnost, ki jo je podelila skupnost Open Education Global.

Julio Benavides, Leon Cizelj, Oriol Costa Garrido, Gonzalo Jimenez, nagrada za najboljši poster (Konferenca NENE 2020, Portorož), Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije, Thermo-mechanical Analysis of a Dry Storage System

Andreja Benčan Golob, Andraž Bradeško, Mirela Dragomir, Goran Dražič, Maja Makarovič, Barbara Malič, Uroš Prah, Tadej Rojac, Hana Uršič Nemevšek, dosežek Inovativni pristopi h kontroli funkcijskih odzivov multiferoikov je bil uvrščen v izbor Odlični v znanosti ARRS 2020, Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije

Jernej Birk, Domen Hočvar, Kaja Rangus, Krkina nagrada za srednješolske raziskovalne naloge, Krka, d. d., Uporaba mikrotermoforeze za določanje vezave sladkorjev na izolektin rCnSL-B2 (mentorice: Janja Pust, dr. Jerica Sabotič, dr. Ana Mitrovič)

Klara Čebular, Krkina nagrada 2020 za doktorsko disertacijo z naslovom Pretvorbe kisikovih funkcionalnih skupin v organskih molekulah ob prisotnosti molekularnega joda in/ali N-halo spojin

Urša Čerček, Prešernova nagrada Fakultete za farmacijo, Ljubljana, UL Fakulteta za farmacijo, Vpliv hladne atmosferske tlačne plazme na tvorbo stresnih granul v izbrani celični liniji

Urša Čerček, Krkino priznanje, Krka, d. d., Vpliv hladne atmosferske tlačne plazme na tvorbo stresnih granul v izbrani celični liniji

Matjaž Dlouhy, prva nagrada za najboljši poster z naslovom Adsorption of imidazole on Cu (111), covered with corrosion-important species na 26. letnem srečanju Slovenskega kemijskega društva Slovenski kemijski dnevi 2020, 16.–18. 9. 2020

Mirela Dragomir, pečat odličnosti za projektno prijavo QMAT – Iskanje kvantnih stanj snovi s kemijo pod ekstremnimi pogoji, Evropska komisija

Sabina Drofenik, Prešernova nagrada Univerze v Ljubljani za leto 2020, Univerza v Ljubljani, za diplomsko delo Opredelitev mehanizma in soodvisnosti delovanja dveh beljakovin iz modrasovega strupa, sekretorne fosfolipaze A2 in zaviralca kimotripsina (somentor prof. dr. Igor Križaj)

Tome Eftimov, Rok Hribar, Peter Korošec, Gašper Petelin, Gorjan Popovski, Urban Škvorc so na tekmovanju, ki je bilo organizirano v sklopu konference GECCO 2020 (GECCO Open Optimisation Competition 2020), zasedli 1. mesto z delom: Deep statistic: more robust performance statistics for single – objective optimization benchmarking. Nagrado je podelil The Nevergrad in IOHprofiler team.

Bojan Evkoski, Igor Mozetič, Nikola Ljubešič, Petra Kralj Novak, najboljša bliskovita predstavitev (Best lightning presentation award), Evolution of political polarization on Slovenian Twitter, Complex Networks and their Applications, Madrid, Španija, 1.–3. 12. 2020

Martin Gjoreski, Vladimir Kuzmanovski, Marko Bohanec, članek Generating alternatives for DEX models using Bayesian optimization, napisan v soavtorstvu, je prejel nagrado za najboljši referat na Slovenski konferenci o umetni inteligenci SCAI 2020, Ljubljana, 6.–7. 10. 2020

Primož Godec, Matjaž Pančur, Nejc Ilenič, Andrej Čopar, Martin Stražar, Aleš Erjavec, Ajda Pretnar, Janez Demšar, Anže Starič, Marko Toplak, Lan Žagar, Jan Hartman, Hamilton Wang, Riccardo Bellazzi, Uroš Petrovič, Silvia Garagna, Maurizio Zuccotti, Dongsu Park, Gad Shaulsky, Blaž Zupan, najodličnejši raziskovalni dosežki Univerze v Ljubljani za leto 2020, Univerza v Ljubljani, za objavo članka: Democratized image analytics by visual programming through integration of deep models and small-scale machine learning, Nature Communications 10 (2020) 4551.

Heli Jantunen, Yushan Scholar Award, Yushan, Tajvan, Ministry of Education (MOE), ROC Taiwan, Ultra-low temperature co-firing ceramics

Eva Jarc Jovičič, 50. Krkine nagrade, Krkina posebna pohvala za raziskovalno nalogo, Krka, tovarna zdravil, d. d., za doktorsko delo Vloga lipidnih kapljic pri odpornosti rakavih celic na stres

Ita Junkar, Metka Benčina, Rok Zaplotnik, Janez Kovač, Miran Mozetič, nagrada za inovacije leta (Inovacije godine Sarajevo 2020), za tehnologijo Metoda za obdelavo medicinskih pripomočkov, narejenih iz nikelj-titanovih (NiTi) zlitin, na virtualnem sejmu inovacij in podjetništva Sarajevo 2020

Ita Junkar, znanstveni prispevek za metodo obdelave pripomočkov pri izolaciji mikroveziklov, nanoveziklov ali eksosomov je bil izbran med izbor dosežkov Odlični v znanosti 2020. Izbor so pripravile članice in člani znanstvenih svetov ved, potrdil pa ga je Znanstveni svet agencije (ARRS).

Stefan Kalabakov, Simon Stankoski, Nina Reščič, Andrejaana Andova, Ivana Kiprijanovska, Vito Janko, Martin Gjoreski, Mitja Luštrek, SHL Challenge – Sussex-Huawei Locomotion and Transportation Recognition Challenge, 3rd Place Award, virtualno, Hristijan Gjoreski, University of Sussex (UK) & Ss. Cyril and Methodius University (MK), Lin Wang, University of Sussex (UK), Daniel Roggen, University of Sussex (UK), Kazuya Murao, Ritsumeikan University (JP), Tsuyoshi Okita, Kyushu Institute of Technology (JP), Mathias Ciliberto, University of Sussex (UK), Paula Lago, Kyushu Institute of Technology (JP), metoda za prepoznavanje načina gibanja s senzorji v pametnem telefonu

Jan Kežzar, Krkino priznanje za magistrsko delo: Primerjava prehranskih dopolnil iz alg: antioksidativni potencial in izotopska sestava

Boshko Koloski, Senja Pollak, Blaž Škrjč, sodelovanje na računalniškem tekmovanju s področja profiliranja avtorjev besedil PAN, kjer so dosegli 2. mesto na področju profiliranja slavnihih oseb (izmed 66 skupin) in 3. mesto na področju večjezičnega zaznavanja uporabnikov, ki širijo lažne novice.

Bor Kos, nagrada Best Poster Award za najboljši poster, Portorož, mednarodna konferenca 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe – NENE 2020, september 2020, poster z naslovom TCV Tokamak Neutron Shielding Assessment and Upgrade

Domen Kotnik, Prešernova nagrada Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani za magistrsko delo Validacija in praktična uporaba programa za transport nevtronov in fotonov ADVANTG

Jan Kren, dekanovo priznanje za izjemne študijske dosežke na magistrskem študiju Jedrske tehnike UL FMF, Univerza v Ljubljani

Tadej Krivec, nagrada Tehnološke mreže Tehnologija vodenja procesov za najboljšo magistrsko delo z naslovom Obdelava kompleksnih dogodkov pri spremljanju proizvodnega procesa, Ljubljana, Slovenija

Rok Krpan, nagrada za najboljšo videoprezentacijo – European Award (Konferenca ICON 2020, virtualno) American Society of Mechanical Engineers, Simulations of Experiments on Isothermal Containment Atmosphere Mixing Caused by Vertical Injection

Neja Kuret, Krkina nagrada za dodiplomske in podiplomske raziskovalne naloge, Krka, d. d., Delovanje lektina kokaprina na patogene in probiotične bakterije (mentorici: doc. dr. Anja Klančnik, dr. Jerica Sabotič)

Aleš Lapanje, ARRS – ODLIČNI V ZNANOSTI 2020: Najvidnejši raziskovalni dosežki v navdih mlajši generaciji. Področje: Biotehnologija. Kako smo naredili živo zaščitno prevleko?

Zorica Latinovič, 50. Krkine nagrade, Krkina posebna pohvala za raziskovalno nalogo, Krka, tovarna zdravil, d. d., za doktorsko delo Komponente modrasovega strupa z vplivom na srčno-žilni sistem

Adrijana Leonardi, Kity Požek, Igor Križaj, 7th International Toxinology Meeting, nagrada za poster Biochemical and functional characterization of the first member of the new P-IIIe subclass of snake venom metalloproteinases

Mirjana Malnar, nagrada za predstavitev raziskovalnih dosežkov v smislu znanstvene kakovosti in njihove uporabnosti, 12. MPŠ študentska konferenca in Dan mladih raziskovalcev KMBO, predstavitev raziskovalnega dela (virtualno)

Luka Medic, Prešernova nagrada Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani za magistrsko delo Topološka kvantizacija prevodnosti v Josephsonovem stiku z Rashbovo interakcijo

Alenka Mertelj, Mid Career Research Excellence Award, ILCs (The International Liquid Crystal Society) for discovery of both magnetic and electric polar order in nematic phase and new spatially modulated splay nematic phase that has macroscopic electric polarization, 2020

Simon Mezgec, 2. mesto na tekmovanju Food Recognition Challenge, ki ga je organiziral Alcrowd

Dragan Mihailović, Damjan Svetin, Anže Mraz, Rok Venturini, zlata medalja na 18. mednarodni razstavi inovacij ARCA 2020 za poster z naslovom Innovative superconductor-based memory device and method for its operation, using a switchable resistive element suitable for superconducting computing - compatible with superconducting flex-quantum electronics, Zagreb, Hrvaška, 19. 10. 2020

Dragan Mihailović, Damjan Svetin, Anže Mraz, Rok Venturini, srebrna medalja, 1. virtualni sejem inovacij in podjetništva Sarajevo 2020 za tehnologijo Memory device and method for its operation, Startup studio Fundacije Mozaik in Sarajevo Business Forum (SBF), Bosna in Hercegovina, 24. 11. 2020

Clément Picard, Vito Janko, Nina Reščič, Martin Gjoreski, Mitja Luštrek, The Cooking Activity Recognition Challenge 1st Place Award; Kitakyushu, Japonska, ABC Conference, metoda za prepoznavanje kuharskih aktivnosti s senzorji

Tim Podlogar, Gatorade Sports Science Institute Award, Köln, Germany, 25. kongres ECSS European College of Sport Science (virtualno), Effectiveness of combined galactose-glucose ingestion as compared to galactose or glucose only on post-exercise muscle glycogen repletion

Gregor Primc, Rok Zaplotnik, Miran Mozetič (Institut "Jožef Stefan"), Arijana Filipič, Ion Gutiérrez-Aguirre, David Dobnik (Nacionalni inštitut za biologijo), Matevž Dular, Martin Petkovšek (Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani) na 13. mednarodni konferenci o prenosu tehnologij prejeli nagrado za najboljšo inovacijo s tržnim potencialom v letu 2020 za inovacijo Metoda za ekološko uničevanje mikroorganizmov v vodi.

Emanuela Senjor, 3. mesto za poster na University of California Los Angeles Research Day 2020, Los Angeles, ZDA, UCLA School of Dentistry



Maj Smerkol, nagrada za najboljši prispevek na konferenci Ljudje in Okolje, 23. mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS 2020, Ljubljana, Institut "Jožef Stefan", Traffic Simulation Software in the Context of Mobility Policy Support System

Matjaž Spreitzer, Srečo Škapin, srebrno priznanje GZS za inovacijo TCG Autoskimm, Maribor, GZS, Razvoj avtomatskega postopka posnemanja žlindre za zmanjšanje izgub aluminija in zagotavljanje ponovljive kakovosti taline

Matjaž Spreitzer, Srečo Škapin, srebrno priznanje GZS za inovacijo Novi super lahki in super trdi inženirski materiali, Maribor, GZS, Razvoj laboratorijsko verificirane sintezne poti za pridobivanje lahkih, super trdnih naprednih materialov na osnovi Al-Mg-B-Ti

Pia Starič, Ita Junkar, Miran Mozetič, Katarina Vogel-Mikuš, nagrada za najboljši prispevek na virtualni konferenci The 1st International Conference on Green Polymer Materials 2020 z naslovom Bio-Polymers in the World of Plasma: Effects of Cold Plasma on Seed Surface.

Danilo Suvorov, Srečo Škapin, Marija Vukomanović, posebna nagrada za inovacije v gospodarstvu, Ljubljana, Center za prenos tehnologij in inovacij IJS, Contact-based, leaching-free antimicrobial textile Silver-free, wearable germ protection

Nina Šiškovič, fakultetna Prešernova nagrada BF za leto 2020: Določevanje hlapnih organskih spojin v tartufih

Sašo Šturm, vodja Odseka za nanostrukturne materiale je bil avgusta 2020 kot član izbran v izvršni odbor Evropskega združenja mikroskopistov (European Microscopy Society – EMS). Združenje je krovna organizacija, ki združuje vsa nacionalna društva za mikroskopijo. Predlagal ga je izvršni odbor Slovenskega društva za mikroskopijo (SDM) in tako je bil prvič izbran slovenski predstavnik v izvršni odbor EMS.

Jan Šuntajs, Prešernova nagrada Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani za magistrsko delo Spektralne lastnosti modela t-J in večdelna lokalizacija

Žiga Tkalec, nagrada za najboljši poster na Exposome Symposium, New York, ZDA, Mount Sinai Institute for Exposomic Research, Development of an analytical method for nontargeted screening for organic contaminants in human urine

Špela Trafela, prejemnica nacionalne štipendije L'Oréal-UNESCO za ženske v znanosti 2020. Nagrado je prejela za odličnost fundamentalnih in aplikativnih raziskav na področju razvoja nanostrukturiranih senzorskih platform za elektrokemijsko detekcijo formaldehida v alkalnih medijih na osnovi redoks sistema Ni(OH)₂/NiOOH-Ni.

Tea Tušar, nagrada za najboljši prispevek na konferenci Interakcija človek-računalnik v informacijski družbi, 23. mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS 2020, Ljubljana, Institut "Jožef Stefan", Interaktivna vizualizacija proračuna Republike Slovenije s Sankeyevim diagramom

Lara Ulčakar, L'Orealova nagrada, skupaj s slovensko komisijo pri Unescu

Alenka Vesel, nagrada WIPO za izumiteljske in inovativne dejavnosti, ki jo je podelil Urad za intelektualno lastnino v sodelovanju s Svetovno organizacijo za intelektualno lastnino.

Damir Vrančič, srebrno priznanje za najboljše inovacije GZS Zbornice osrednjeslovenske regije za leto 2020. Srebrno priznanje je prejel podjetje Danfoss Trata, d. o. o., za Virtus iSET/iNET inovacijo tlačnih regulatorjev in ventilov s pametnim pogonom za področje daljinske energetike. Član nagrajene skupine je bil tudi sodelavec odseka, Ljubljana, Slovenija

Andrej Žohar, nagrada Young Author Award za najboljši prispevek, Portorož, mednarodna konferenca 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe – NENE 2020, september 2020, prispevek z naslovom Water Activation Experiment and Calculations at JSI TRIGA Research Reactor

Xuan Xu, Sašo Šturm, Zoran Samardžija, Janez Ščančar, Katarina Marković, Kristina Žužek Rožman (vsi z Instituta "Jožef Stefan"), uredniški odbor priznane revije Green Chemistry je članek avtorjev Učinkovita reciklirna metoda sočasnega pridobivanja redkih zemelj in kovin prehoda iz trajnih magnetov na osnovi sistema Nd-Fe-B izbral kot enega od najbolj vročih člankov v letu 2020. Članek je rezultat projekta ITN-MSCA-DEMETER z naslovom Mreža usposabljanja na temo oblikovanja in recikliranja trajnih magnetov na osnovi redkih zemelj iz ter v motorje in generatorje za nova hibridna vozila na električni pogon [2015–2019].

PRENOS ZNANJA

NAROČNIKI IN FINANCERJI PROJEKTOV V LETU 2020

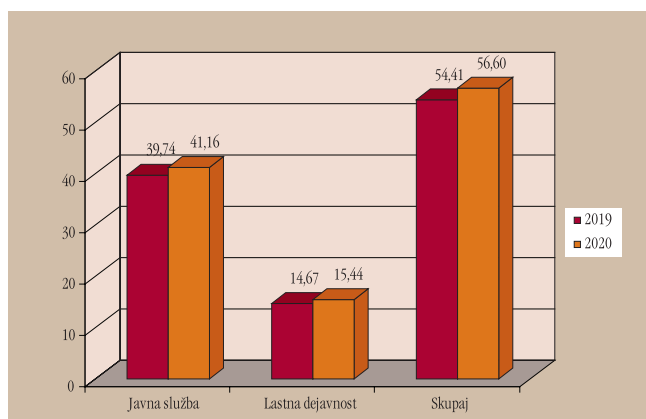
IJS veliko pozornosti posveča sodelovanju z gospodarstvom. V skladu z evropskimi smernicami in smernicami slovenske strokovne javnosti ter resornega ministrstva je IJS organiziral nekaj pomembnih srečanj na temo povezovanja z gospodarstvom. S tem je uvedel novo obliko sodelovanja, s katero je gospodarstvu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

- | | |
|--|--|
| 1. ARAO, Ljubljana | 36. MATIMA, d. o. o., Postojna |
| 2. ARCTUR, d. o. o., Nova Gorica | 37. Melamin, kemična tovarna, d. d., Kočevje |
| 3. ARHEL, projektiranje in inženiring, d. o. o., Ljubljana Šentvid | 38. Ministrstvo za finance, Ljubljana |
| 4. Bias Variance Labs, d. o. o., Ljubljana | 39. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana |
| 5. BIODELTA, d. o. o., Ljubljana | 40. Ministrstvo za obrambo, Ljubljana |
| 6. Centralna tehniška knjižnica, Ljubljana | 41. Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana |
| 7. COSYLAB, d. d., Ljubljana | 42. Ministrstvo za zdravje, Ljubljana |
| 8. Čebelarska zveza Slovenije, Lukovica | 43. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana |
| 9. ELAN, d. o. o., Begunje na Gorenjskem | 44. Nanos Scientifacae, d. o. o., Ljubljana |
| 10. Elektro Celje, d. d., Celje | 45. NanoTul, d. o. o., Ljubljana |
| 11. Elektro energija, d. o. o., Ljubljana | 46. Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o., Krško |
| 12. Elektro Ljubljana, d. d., Ljubljana | 47. Onkološki inštitut Ljubljana, Ljubljana |
| 13. ELVEZ, d. o. o., Višnja Gora | 48. OR-EL, d. o. o., Kobarid |
| 14. EMA, d. o. o., Celje | 49. PARADAJZ, d. o. o., Turnišče |
| 15. Eurofins Erico Slovenija, d. o. o., Velenje | 50. PLINOVODI, d. o. o., Ljubljana |
| 16. Event Registry, d. o. o., Ljubljana | 51. Quintelligence, d. o. o., Ljubljana |
| 17. FerroČrtalič, d. o. o., Dolenjske toplice | 52. Razvojni center eNeM Novi Materiali, d. o. o., Zagorje ob Savi |
| 18. Gabrijel Aluminium, d. o. o., Grosuplje | 53. RLS Merilna tehnika, d. o. o., Komenda |
| 19. Gemis, d. o. o., Brežice | 54. SID banka, d. d., Ljubljana |
| 20. GEN energija, d. o. o., Krško | 55. Slovensko društvo ljubiteljev kemije, Ljubljana |
| 21. Grid Instruments, d. o. o., Ljubljana Črnuče | 56. SONCE energetika, d. o. o., Ljubljana |
| 22. Helios, Tovarna barv, lakov in umetnih smol, d. o. o., Domžale | 57. SRC, d. o. o., Ljubljana |
| 23. INDUKTIO, d. o. o., Ljubljana | 58. STA, d. o. o., Ljubljana |
| 24. Infinite, d. o. o., Limbuš | 59. Statistični urad Republike Slovenije, Ljubljana |
| 25. InoVine, d. o. o., Ljubljana | 60. Steklarna Hrastnik, d. o. o., Hrastnik |
| 26. IRGO Consulting, d. o. o., Ljubljana | 61. Stelem, d. o. o., Žužemberk |
| 27. Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS, Ljubljana | 62. Tanin Sevnica, d. d., Sevnica |
| 28. JEMS, energetska družba, d. o. o., Ljubljana | 63. TH Re-MINING, d. d., Ljubljana |
| 29. KEKO – OPREMA, d. o. o., Žužemberk | 64. Univerza v Ljubljani, Ljubljana |
| 30. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana | 65. Univerza v Mariboru, Maribor |
| 31. KMZ - Zalar Miran, s. p., Ljubljana | 66. Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana |
| 32. Kolektor Group, d. o. o., Idrija | 67. WEILER Abrasives d. o. o., Maribor |
| 33. Lama Avtomatizacija, d. o. o., Dekani | 68. Zavod Republike Slovenije za šolstvo, Ljubljana |
| 34. Lek, d. d., Ljubljana | 69. Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana |
| 35. Luka Koper, d. d., Koper | |

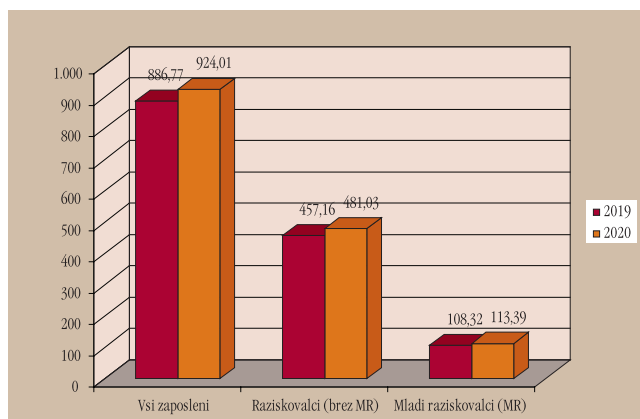
INSTITUT V ŠTEVILKAH

2019-2020

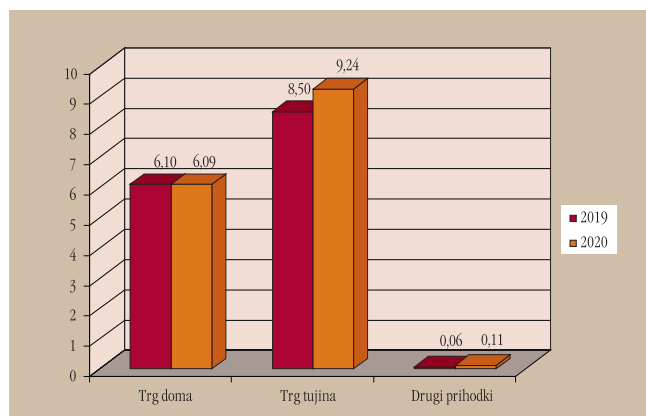
PRIMERJAVA PRIHODKOV (MIO. EUR)



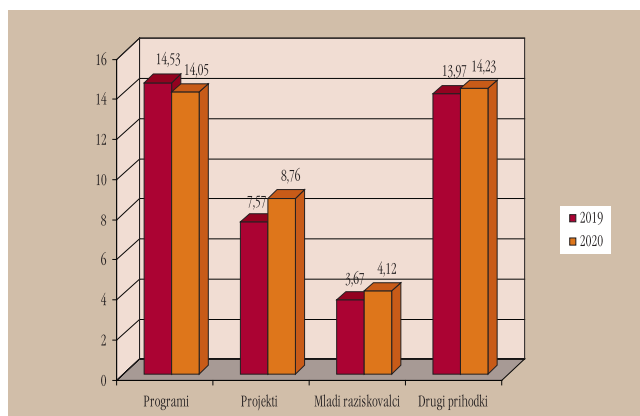
ŠTEVILO ZAPOSLENIH PO KAPACITETAH



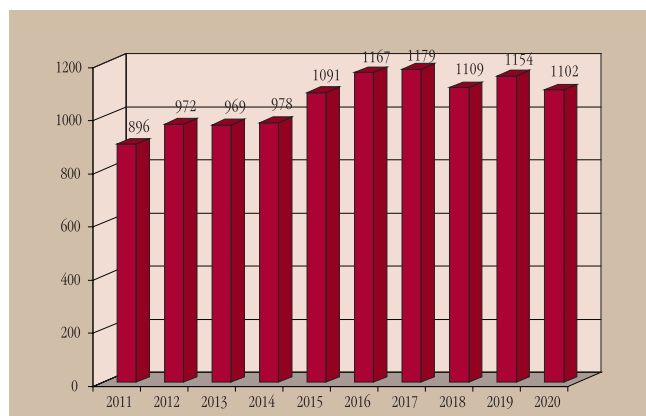
PRIHODEK IZ LASTNE DEJAVNOSTI (MIO. EUR)



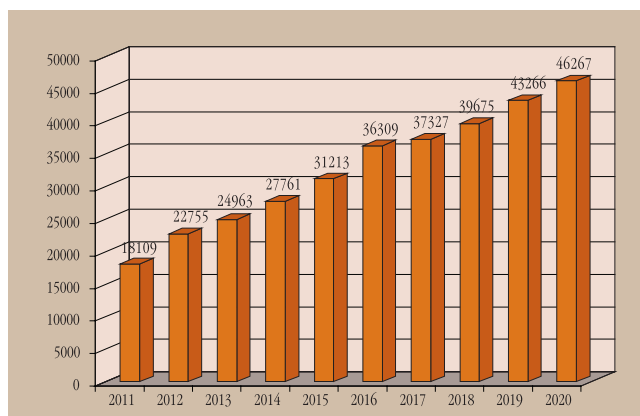
PRIHODKI JAVNE SLUŽBE (MIO. EUR)



ŠTEVILO OBJAV V WEB OF SCIENCE*



ŠTEVILO CITATOV V WEB OF SCIENCE*



* Podatki pridobljeni 9. 8. 2021

* Podatki pridobljeni 9. 8. 2021

RAZISKOVALNI ODSEKI

Sodelavci programske skupine za teorijo jadra, osnovnih delcev in polj smo v letu 2020 nadaljevali raziskave v jedrski in hadronski fiziki, kvantni kromodinamiki, efektivni teoriji elektromagnetnih in šibkih razpadov mezonov, poenoteni teoriji močnih interakcij, relativistični teoriji membran in natančnih izračunih sistemov treh teles v atomski fiziki.

Opisali smo pristop alokacije latentne Dirichletove distribucije k učenju strukture dogodkov v visoko energijskih delčnih trkalnikih neposredno iz zajetih podatkov, brez predhodnega teoretičnega modela. Pristop smo uporabili za izluščanje skritih verjetnostnih porazdelitev, ki opisujejo naučeno strukturo trkalnih dogodkov na dveh primerih scenarijev, ki sta predstavljalta strukturo dogodkov s pari hadronskih curkov, izhajajočih iz mešanice procesov ozadja kvantne kromodinamike, in tvorbe parov kvarkov t ali hipotetičnega signalnega procesa nove fizike $W' \rightarrow (\phi \rightarrow W W)W$.

Raziskali smo posledice odstopanj od napovedi standardnega modela, ki so bila opažena v prehodih $b \rightarrow s\mu\mu$, za procese, ki spreminjajo okus spodnjih kvarkov in vsebujejo nevtrine. Znotraj pristopa efektivne teorije polja, ki spoštuje umeritvene simetrije standardnega modela, vključuje desnorodne tokove in ima približno okusno strukturo $U(2)$, smo izpeljali relevantne Wilsonove koeficiente ob predpostavki obstoja lahkih nevtrinov le znotraj standardnega modela ter diskutirali posledične korelacije med razvejitenimi razmerji procesov $B \rightarrow K(*)\nu\nu$ in $K \rightarrow \pi\nu\nu$.

Proučevali smo različne vidike nove fizike, leptovarke ter singlete S_1 in U_1 , pri čemer smo uporabili fizikalne meritve nizkoenergijske fizike okusov LHC in podatke o nevtrinih na IceCube. Z uporabo modelov leptovarkov smo analizirali kiralno ojačitev, potrebno za razlago muonskega (elektrona) nepravilnega magnetnega momenta.

Za CP-liho psevdoskalarno sklopitev Higgsovega bozona s kvarkom top smo z uporabo optimizacijskih metod strojnega učenja dosegli boljšo občutljivost na trkalniku LHC in prihodnjih trkalnikih. V modelih, ki naslavljajo anomalijo v meritvi leptonske univerzalnosti $R_K^{(*)}$, smo predstavili možnost testiranja prisotnosti CP-lihих komponent nove fizike blizu resonance čarmonija v razpadu $B \rightarrow K J/\psi \rightarrow K\mu\mu^*$. V modelih s skalarnimi leptokvarki za razlago kršitve leptonske univerzalnosti smo raziskali možnost umestitve v model temne snovi s težkim skalarnim singletom, ki se lahko anihilira v pare leptokvarkov.

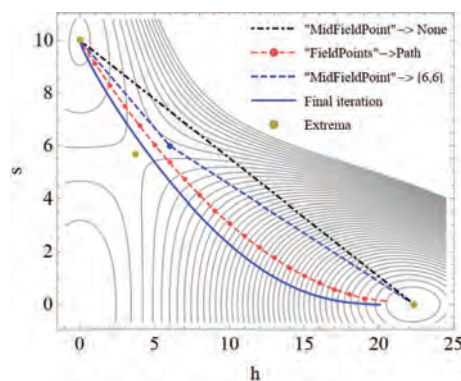
Naredili smo natančno študijo produkcije skalarjev gugalničnega mehanizma tipa 2 na hadronskih trkalnikih. V ta namen smo razvili modelsko implementacijo, ki vsebuje mešanja, vse skalarne sklopitve in kromodinamske protičlene na eni zanki. To nam je omogočilo izvednotenje sipalnih presekov prek vodilnega reda. Lansirali smo orodje FindBounce v okolju Mathematica, s katerim lahko hitro, učinkovito, zanesljivo in s poljubno natančnostjo izvednotimo razpadni čas metastabilnih stanj v kvantnih in termalnih teorijah polja. Našli smo eksaktno rešitev za razpad vakuumu na eni zanki v bi-kvartičnem potencialu.

Varne teorije polja imajo netrivialno fiksno točko pri velikih energijah. Ob predpostavki, da lahko opišemo UV in

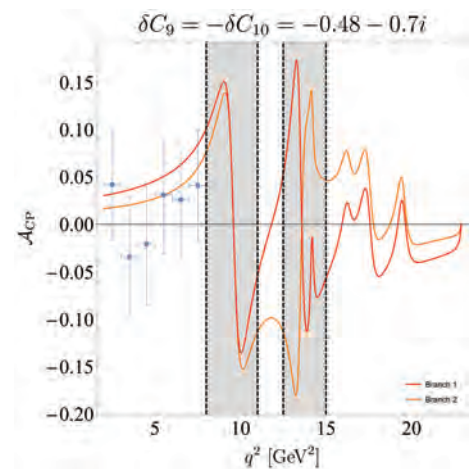


Vodja:
prof. dr. Jernej Fesek Kamenik

- **Opisali smo pristop alokacije latentne Dirichletove distribucije k učenju strukture dogodkov v visokoenergijskih delčnih trkalnikih neposredno iz zajetih podatkov.**
- **Razložili smo $(g-2)_\mu$ s pomočjo leptokvarkov in analizirali vpliv nove fizike iz prehoda $b \rightarrow s\mu\mu$ na $B \rightarrow K(*)\nu\nu$ in $K \rightarrow \pi\nu\nu$.**
- **V modelih, ki naslavljajo anomalijo v meritvi leptonske univerzalnosti $R_K^{(*)}$, smo predstavili meritve blizu resonance čarmonija v razpadu $B \rightarrow K J/\psi \rightarrow K\mu\mu^*$, ki bi razkrila prisotnost CP-lihих komponent nove fizike.**



Slika 1: Izračun razpada lažnega vakuumu z orodjem FindBounce v potencialu z dvema poljema, kjer modra polna črta prikazuje končno pot. Črna črta je nastavek, ki povezuje dva minima in vmesno točko, nastavljeno na roko, rdeča je parabola, modra črtkana črta povezuje minima s sedlom.



Slika 2: Napoved direktne asimetrije CP (rdeča in oranžna črta) za dve možni fazi močne interakcije v primerjavi z izmerjenimi točkami LHCb. Predlagamo meritve na področju pod resonanco, kjer ima asimetrija maksimum.

- **Lansirali smo orodje FindBounce, s katerim lahko hitro, učinkovito, zanesljivo in s poljubno natančnostjo izvednotimo razpadni čas metastabilnih stanj v kvantnih in termalnih teorijah polja s poljubnimi večpoljnimi potenciali.**
- **Predlagali smo opis umeritvenega sektorja asimptotsko varne teorije polja v dimenziji $d = 4$ -epsilon kot teorijo skalarja v fiksnem prostoru AdS dimenzije $(d+1)$ z uporabo holografske korespondence.**
- **Ugotovili smo, da je obstoj eksotičnih tetrakvarkov $Z_b = bb\bar{d}u$ povezan z izrazitim privlakom med mezonoma B in \bar{B}^* pri majhnih razdaljah.**
- **Pokazali smo, katere koeficiente analitičnih aproksimacij lokalnega obnašanja parametrov Coulombskih tridelčnih valovnih funkcij lahko izpeljemo analitično in za katere potrebujemo numerično metodo s pravilnimi lokalnimi limitami.**

IR konformno teorijo polja prek prostora AdS, smo predlagali holografski opis preprostega primera varne teorije polja v necelih dimenzijah prostora in časa. Pristop je podoben tistemu, ki se uporablja za holografski opis kvantne kromodinamike.

Naredili smo eno od prvih *ab-initio* teoretičnih raziskav nenavadnih hadronov Z_b , ki so sestavljeni iz štirih kvarkov $\bar{b}b\bar{d}u$. Leta 2011 je kolaboracija Belle v eksperimentu odkrila dva zanimiva hadrona te vrste. V simulaciji s kromodinamiko na mreži smo težka kvarka obravnavali kot statična, saj je točna študija sistema prezahtevna. Naši rezultati kažejo na to, da je obstoj eksotičnih tetrakvarkov Z_b povezan z izrazitim privlakom med mezonoma B in \bar{B}^* pri majhnih razdaljah.

Na področju Coulombskega problema treh teles smo raziskovali analitične približke za radialno oziroma hiperradialno odvisnost enoelektronskih in celotnih gostotnih integralov za dvoelektronske sisteme z nabojem jedra $Z = 1-5$. Z lastno numerično metodo CFHHM (Correlation Function Hyperspherical Harmonic Method) smo izračunali tiste koeficiente analitičnih približkov, ki jih ni mogoče izračunati analitično, ter kritične točke pričakovane vrednosti delta funkcij in analitični približek tridelčne valovne funkcije v kolinearnih konfiguracijah. Potrdili smo pomen dejstva, da CFHHM vsebuje analitično strukturo Fockove vrste in zato pravilne limite za majhne razdalje.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Dillon, Patrick B., Farougy, Darius Alexander, Kamenik, Jernej, Szewc, M., Learning the latent structure of collider events, *The journal of high energy physics*, 2020, 2020, 10, 206-1-206-47
2. Doršner, Ilja, Fajfer, Svjetlana, Sumensari, Olcyr, Muon $g-2$ and scalar leptoquark mixing, *The journal of high energy physics*, 2020, 2020, 89, 18 str.
3. Prelovšek, Saša, Bahtiyar, Hüseyin, Petković, Jan, Z_b tetraquark channel from lattice QCD and Born-Oppenheimer approximation, *Physics letters, Section B*, 2020, 805, 135467, 5 str.

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

V sklopu teorije superprevodnosti smo raziskali vpliv nereda na sistem bipolaronov, ki nastanejo pod vplivom privlačne magnetne sklopitve. Pokazali smo, da lahko prisotnost nereda poveča oziroma zmanjša vezavno energijo bipolarona v odvisnosti od kinetične energije in gostote bipolaronov ter od dosega privlačne sklopitve. Določili smo statične in dinamične lastnosti elektrona, sklopljenega z bozoni s trdo sredico. Pokazali smo, da celo v limiti zelo močne sklopitve z bozoni polaron ohrani majhno efektivno maso. Čeprav ima obravnavani model nekatere skupne lastnosti s Holsteinovim modelom, smo pokazali, da so fizikalne lastnosti polarona v prisotnosti sklopitve z bozoni, ki so po svojih fizikalnih značilnostih sorodni spinskim ekscitacijam, bistveno drugačne.

Nadaljevali smo raziskave frustriranih spinskih modelov, ki nimajo urejene strukture in kažejo lastnosti spinskih tekočin. Razvili smo reduciran efektivni model za spine na trikotni in kagome mreži ter pokazali podobnost lastnosti s polnim modelom. Za vrsto frustriranih modelov smo izračunali termodinamske količine, kot sta entropija in magnetna susceptibilnost, ter pokazali, da njuno (Wilsonovo) razmerje v fazi spinske tekočine kaže univerzalno temperaturno odvisnost. V sodelovanju s fiziki odseka F-5 smo pokazali na dobro ujemanje modelskih rezultatov z eksperimenti na snovi YCuOHCl z lastnostmi spinske tekočine.

V sklopu teorije koreliranih elektronskih sistemov smo obravnavali neurejene večdelčne kvantne modele, ki kažejo anomalno relaksacijo. Za delec na neurejenih lestvah, sklopljen z bozoni s trdo sredico, smo pokazali, da je pri velikem neredu njegovo širjenje na končno široki lestvi subdifuzivno, medtem ko ostane v limiti ravninske mreže vedno difuzijsko. Nadalje smo raziskali korelacije v Hubbardovem modelu, vključno z

- **Pokazali smo dobro ujemanje termodinamskih količin, izračunanih za spinski model na kagome mreži, z eksperimenti na novem materialu YCuOHCl z lastnostmi spinske tekočine.**
- **Proučili smo visokotemperaturni spinski transport v Hubbardovem modelu in ugotovili, da ima spinska difuzija temperaturno nemonotono odvisnost.**
- **Pri proučevanju robustnosti kvantnega kaosa ob prisotnosti nereda v spinskih verigah smo uvedli novo metodo za določanje prehoda med ergodičnim in neergodičnim stanjem v večdelčnih kvantnih sistemih.**

avtokorelacijami nabojnega, spinskega in energijskega oziroma toplotnega toka, pri visokih temperaturah in določili transportne koeficiente. Z uporabo Nernst-Einsteinove relacije smo ugotovili, da ima spinska difuzijska konstanta nemonotono temperaturno odvisnost. Pokazali smo tudi neujemanje med teorijo in nedavnim eksperimentom na hladnih atomih.

Na področju dinamike vedelčnih kvantnih sistemov smo proučevali vpliv ohranitvenih količin na hipotezo termalizacije lastnih stanj večdelčnih Hamiltonovih operatorjev. Uvedli smo metodo, ki fizikalnim opazljivkam priredi operator, ki ni »podoben« ohranitvenim količinam. Proučevali smo tudi robustnost kvantnega kaosa ob prisotnosti nereda v spinskih verigah. Uvedli smo novo metodo določanja prehoda med ergodičnim in neergodičnim stanjem v večdelčnih kvantnih sistemih. Razvili smo nov postopek, ki temelji na minimizaciji cenilke, in predstavili nov način iskanja skalirnih rešitev za različne spektralne opazljivke. Opredelili smo spektralni oblikovni faktor ter ga predstavili kot orodje za detekcijo prehoda med ergodično in večdelčno lokalizirano fazo.

Ekcitski izolator je makroskopsko koherentno stanje, ki nastane iz Bose-Einstein kondenzacije ekcitonov. Pokazali smo, kako uporabiti nelinearni optični odziv (drugi harmonik) za spektroskopsko analizo kolektivnih načinov, vključujoč Higgsov (amplitudni) in Golstonov (fazni) odziv. Predlagali smo konkretni optični eksperiment, s katerim bi v okviru trdne snovi lahko simulirali Higgsovo in Golstonovo dinamiko.

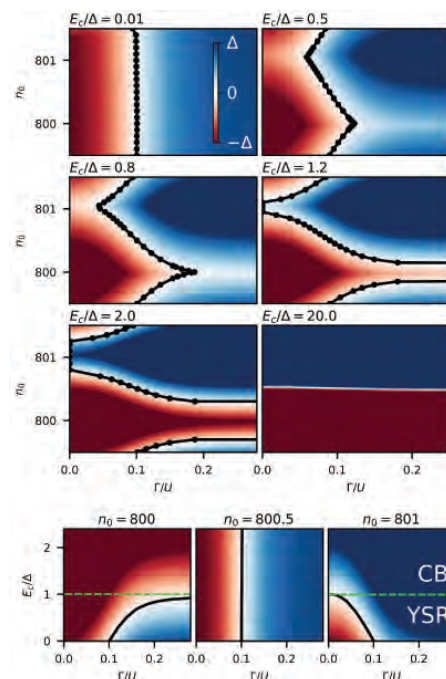
Raziskali smo lastnosti polprevodniške nanožičke z epitaksialno nanešeno superprevodno plastjo, sklopljeno z interagirajočo kvantno piko. Razvili smo novo numerično metodo za reševanje ustreznega teoretičnega modela kvantne nečistoče z interagirajočo superprevodno kopeljo z eksplicitnim opisom parske interakcije in odboja med elektroni. Sistematično smo preiskali fiziko tega problema. V sodelovanju z eksperimentalno skupino na QDev z Univerze v Københagenu smo ta pristop uporabili za modeliranje dejanske naprave in dobili odličen opis v najbolj zanimivem (in najbolj zahtevnem) režimu srednje velike sklopitve. Raziskovali smo tudi druge hibridne sisteme iz magneta in superprevodnika, predvsem molekule na superprevodnih površinah, pri čemer smo sodelovali z eksperimentalnimi skupinami v Donostiji in Hamburgu.

Raziskovali smo neravnovesna stanja, ki nastanejo v Chernovih izolatorjih z neredom po počasnih preklonih Hamiltonjana prek topološke kvantne kritične točke. Ugotovili smo, da je skaliranje karakteristične velikosti nehomogenosti v teh stanjih skladno s Kibble-Zurekovim scenarijem. V okviru teorije gostotnega funkcionala smo raziskovali elektrokemijsko degradacijo elektrolitov za magnezijeve akumulatorje.

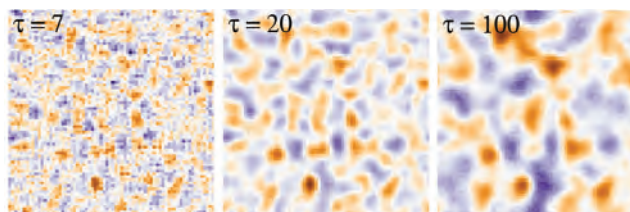
Na področju kompleksnih mrež smo raziskali skrite geometrije višjega reda (simplicijske komplekse) in njihov vpliv na potek stohastičnih procesov v različnih omrežjih. V mrežah človeških možganov, ustvarjenih na podlagi eksperimentalnih podatkov HCP, smo določili strukturo kompleksov, pritrjenih na 8 osrednjih vozlišč, ki omogočajo povezave višjega reda med različnimi regijami možganov. Razvili smo model samourejanja predoblikovanih skupin delcev, ki jih opišemo z uporabo simpleksov določene velikosti in eno defektno povezavo. Pokazali smo, da ta postopek vodi do kompleksne strukture sklopa delcev, v kateri so na sistemski ravni organizirane defektne povezave. Tako dobljene strukture smo analizirali z uporabo metod algebraične topologije.

Razvili smo mikroskopski model širjenja virusov SARS-CoV-2, ki upošteva interakcijo bioloških in družbenih komponent tega stohastičnega procesa. S pomočjo obsežnih simulacij smo analizirali različne načine zapiranja družbe, ki vodijo do bolj ali manj uspešnega preprečevanja širjenja virusa.

V sodelovanju z eksperimentalno skupino iz laboratorija za kalorimetrijo smo proučevali napovedi teorije za elektrokalični odziv keramike z lantanom modificiranega svinčevega cirkonijevega titanata (PLZT). Pokazali smo, da je odziv največji v bližini faznega prehoda iz paraelektrične faze v feroelektrično fazo zaradi prisotnosti latentne toplote v točki prehoda.



Slika 3: Prehod iz režima Yu-Shiba-Rusinovih (YSR) stanj v režim coulombske blokade (CB) v sistemu sklopljene kvantne pike in ultramajhnega superprevodnega otočka



Slika 4: Profili lokalnega Chernovega markerja po preklonu Hamiltonjana za različne čase preklopa τ

- Hibridne nanožičke iz polprevodnih in superprevodnih materialov z vgrajenimi kvantnimi pikami imajo coulombska stanja v superprevodniški energijski reži.
- Izračunali smo upornost železa v Zemljini sredici ob hkratnem upoštevanju deformacij mreže zaradi vibracij in coulombske sklopitve med elektroni.
- Raziskovali smo Kibble-Zurekovo vedenje v Chernovih izolatorjih z neredom.
- Numerične simulacije mikroskopskih interakcij v biosocialnih stohastičnih procesih širjenja virusov SARS-CoV-2 razkrivajo ozadje uspešnega socialnega zaklepanja.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Mierzejewski, Marcin, Vidmar, Lev, Quantitative impact of integrals of motion on the eigenstate thermalization hypothesis, *Physical review letters*, 2020, 124, 4, 040603-1-040603-8
2. Pourousski, Leonid, Mravlje, Jernej, Pozzo, Mario, Alfe, D., Electronic correlations and transport in iron at Earth's core conditions, *Nature communications*, 2020, 11, 4104-1-4105-8
3. Ulčakar, Lara, Mravlje, Jernej, Rejec, Tomaž, Kibble-Zurek behavior in disordered Chern insulators, *Physical review letters*, 2020, 125, 21, 216601-1-216601-6

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

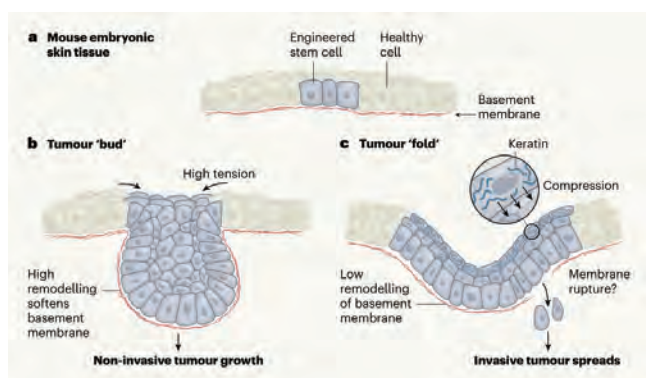
Proučevali smo vlogo simetrije pri stabilnosti orientacij dipolov, ki so na Caspar-Klugovih mrežah, ter raziskali vrsto vidikov elektrostatičnih interakcij med modelom virusa SARS-CoV-2 in nabite niti elektreta. Hkrati smo raziskali strukturno stabilnost t. i. SARS-CoV-2 spike proteina s preslikavo hidrationske proste energije s Poisson-Boltzmannovo metodo in teoretično proučili povečanje nanomehanske stabilnosti tega proteina v primerjavi s SARS-CoV iz leta 2002. Pripravili smo pregledni članek o vlogi relativne vlažnosti pri kapljičnem širjenju bolezni. Z računalniškimi molekularnimi simulacijami in s kinetično teorijo smo proučevali stabilnost bioloških tekočin pod negativnimi tlaki, ki se pojavijo v rastlinah. Dognali smo, da prisotnost lipidnih skupkov v tekočinah določa zgornjo mejo negativnih tlakov v rastlinah in s tem tudi višino, do katere drevesa lahko zrastejo. Raziskali smo vlogo elastičnih nehomogenosti pri zapiranju peloda in tako pokazali, kako različne zasnove pelodnih zrn vodijo k različnim hormomegatskim odzivom.

Raziskovali smo aktivno mehaniko medceličnih stikov v epitelijskih tkivih in ugotovili, da aktivne fluktuacije napetosti na stikih tkivo fluidizirajo, kar lahko pomembno vpliva na oblikovanje trirazsežnih oblik tkiv. Proučili smo obliko modelskih aktivnih organoidov in pokazali, da imajo lahko te umetne, tkivom podobne tvorbe, tudi v odsotnosti kakršnekoli diferenciacije vrsto kompleksnih oblik, med katerimi je tudi eksperimentalno največkrat opažena razvejena. Razvili smo teoretični okvir, v katerem smo združili ogliščni model epitelijskih tkiv z dinamiko, povezano z nastankom lokalnih dipolov sil zaradi aktomiozina na stikih celic. Raziskali smo tudi razloge, da se kožni epitelij pri rakah ploščatih celic in bazalnih celic, za katera je značilna zelo različna prognoza, deformirajo različno. Dognali smo, da to nastane zaradi različnih mehanskih lastnosti izvenceličnega matriksa, ki ga izločajo rakave celice. Podrobno smo proučili

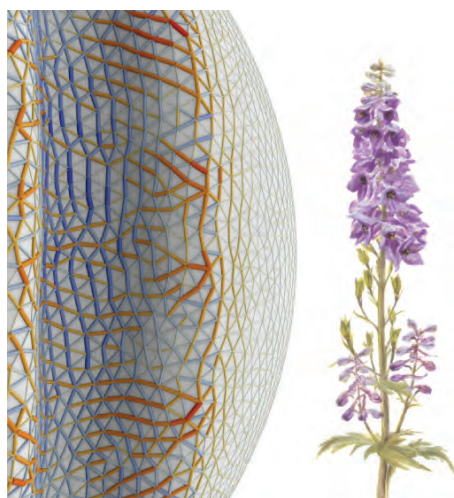
obliko dubletov lipidnih vesiklov in na podlagi eksperimentalnih opazovanj razvili model, v katerem imata kontaktni in nekontaktni del membrane različni površinski napetosti.

Proučevali smo strukture v 3D-fazah tekočih kristalov z zveznimi mrežami. Predlagali smo ureditev nekiralnih molekul v kiralni kubični fazi in napovedali odziv, ki ga lahko v takem primeru pričakujemo pri resonančnem rentgenskem sipanju. Pripravili smo pregledni članek o uporabi resonančnega rentgenskega sipanja za odkrivanje kiralnih struktur v tekočih kristalih iz nekiralnih molekul. Teoretično smo raziskali 2D kvazikristalne strukture z majhno, a končno superfluidnostjo, ki jih tvorijo gruče bozonov.

- **Lipidni dvosloji določajo striktno mejo negativnega tlaka v bioloških tekočinah.**
- **Odkrili smo, da je invazivnost različnih tipov kožnih rakov odvisna od mehanskih lastnosti izvenceličnega materiala.**



Slika 5: Raka bazalnih in ploščatih celic se razlikujeta v mehanskih lastnostih izvenceličnega materiala.



Slika 6: Nehomogenosti v elastičnih lastnostih zrn peloda narekujejo njihov hormomegatski odziv med izsuševanjem.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Flore, V., Krajnc, M., Quiroz, F. G., J. Levorse, J., Pasolli, H. A., Shvartsman, S. Y. and E. Fuchs, E., Mechanics of a multilayer epithelium instruct tumor architecture and function, *Nature*, 2020, 585, 7825, 433-439
2. Rozman, Jan, Krajnc, Matej, Zihlerl, Primož, Collective cell mechanics of epithelial shells with organoid-like morphologies, *Nature communications*, 2020, 11, 3805, 9 str.
3. Lošdorfer Božič, Anže, Šiber, Antonio, Mechanical design of apertures and the infolding of pollen grain, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2020, 117, 43, 26600-26607

- Kanduč, Matej, Schneck, Emanuel, Loche, Philip, Jansen, Steven, Schenk, H. Jochen, Netz, Roland R., Cavitation in lipid bilayers poses strict negative pressure stability limit in biological liquids, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2020, 117, 20, 10733-10739

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

- Nonequilibrium quantum workshop: Nonequilibrium dynamics and ergodicity in complex quantum systems, Krvavec, 14.–17. 12. 2020 (virtualno)

Nagrade in priznanja

- prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, Blinčeva nagrada za fizike na začetku kariere, Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani in Institut "Jožef Stefan"
- Lara Ulčakar: L'Orealova nagrada, skupaj s slovensko komisijo pri Unesco
- Jan Šuntajs, Prešernova nagrada Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani za magistrsko delo Spektralne lastnosti modela t-J in večdelčna lokalizacija
- Luka Medic, Prešernova nagrada Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani za magistrsko delo Topološka kvantizacija prevodnosti v Josephsonovem stiku z Rashbovo interakcijo

MEDNARODNI PROJEKTI

- COST CA15108; Povezovanje uvidov v fundamentalno fiziko (Fundamentalne povezave) COST Office
prof. dr. Jernej Fesl Kamenik
- COST CA16201; Razkritje nove fizike na LHC pri natančnosti meji COST Association AISBL
doc. dr. Miha Nemevšek
- COST CA17139; Evropska interdisciplinarna topološka akcija COST Association AISBL
dr. Anže Rapoš Božič
- Okus nevidnega vesolja Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Nejc Košnik
- Nova iskanja fizike izven standardnega modela Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Jernej Fesl Kamenik
- Manifestacije kvantnega kaosa v večdelčnih kvantnih sistemih na periodičnih mrežah Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Lev Vidmar
- Okusi osnovnih delcev v razširitvah Standardnega modela Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Nejc Košnik

- Teorija jedra, osnovnih delcev in polj prof. dr. Jernej Fesl Kamenik
- Biofizika polimerov, membran, gelov, koloidov in celic prof. dr. Primož Ziherl

PROJEKTI

- Orientacijske interakcije v posplošenem Thomsonovem problemu: dipolna stabilizacija sferičnih nanostruktur dr. Anže Rapoš Božič
- Implikacije skalarnih resonanc na LHC za novo fiziko prof. dr. Jernej Fesl Kamenik
- Visokoločljiva optična magnetometrija s hladnimi cezijevimi atomi prof. dr. Rok Žitko
- Počasna termalizacija v večdelčnih kvantnih sistemih prof. dr. Peter Prelovšek
- Diagnoza neravnovesne kvantne materije doc. dr. Lev Vidmar
- Vpliv aditivov na nanoskopsko močenje dr. Matej Kanduč
- Modeliranje neravnovesnih kvantnih materialov na različnih skalah dr. Denis Golež
- Tri izboljšave na poti do realističnega opisa transporta močno koreliranih elektronov doc. dr. Jernej Mravlje
- Vloga simetriji pri vzburjanju kvantnih sistemov dr. Zala Lenarčič

PROGRAMI

- Teorija trdnih snovi in statistična fizika prof. dr. Janez Bonča

OBISKI

- dr. Sophie Renner z SISSA, Trst, Italija, 22.–24. 1. 2020
- dr. Manuel Szewc, z International Center for Advanced Studies (ICAS) UNSAM, Buenos Aires, Argentina, 23.–28. 2. 2020
- Toshikaze Chiba, s Tohoku University, Sendai, Japonska, 1.–30. 3. 2020
- dr. Darius Faroughy, z University of Zürich, Nemčija, 4.–6. 3. 2020
- prof. dr. Ilja Doršner, University of Split, Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture, Split, Hrvaška, 4.–21. 3. in 5. 7.–5. 9. 2020
- prof. dr. David Weiss, The Pennsylvania State University, University Park, Pensilvanija, ZDA, 22.–28. 3. 2020
- dr. Roman Rausch, z Kyoto University, Kjoto, Japonska, 8.–12. 3. 2020
- dr. Michele Tammaro, z University of Cincinnati, ZDA, 26. 8.–30. 9. 2020
- dr. Lorenzo Ubaldi z SISSA, Trst, Italija, 10.–13. 9. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- dr. Sophie Renner: A pessimist's guide to searching for new physics in flavour data, 23. 1. 2020
- dr. Matej Krajnc: How to write a reply letter to referees, 28. 1. 2020
- Jan Rozman: Plotting figures using Mathematica, 6. 2. 2020 (virtualno)
- dr. Clement Zankoc: Clement's paper, 18. 2. 2020
- dr. Darius Faroughy: Lepton Flavor Violation and Dilepton Tails at the LHC, 5. 3. 2020
- dr. Roman Rausch: Magnetic Doubly Bound States in the Kondo Lattice Model, 10. 3. 2020
- dr. Anže Rapoš Božič: PRX paper: Dipole Thomson problem, 24. 3. 2020 (virtualno)
- Miha Nemevšek: JC on scale invariant instantons and the SM false vacuum decay rate, 2. 4. 2020 (virtualno)
- Lara Ulčakar: Kibble-Zurek behavior in disordered Chern insulators, 7. 4. 2020 (virtualno)
- dr. Matej Kanduč: Droplet and airborne transmission, 9. 4. 2020 (virtualno)
- Urša Skerbiš: JC on muon g-2 (hadron vacuum polarization from lattice, BMWc), 9. 4. 2020 (virtualno)

12. dr. Sašo Grozdanov: Holographic view on transport in quark-gluon plasma, 16. 4. 2020 (virtualno)
13. dr. Tomaž Mohorič: Self-assembly of magnetic colloids, 7. 1. 2020 Sašo Grozdanov: Holographic view on transport in quark-gluon plasma, 16. 4. 2020 (virtualno)
14. dr. Fabio Staniscia: Correlations in the Ising model, 17. 4. 2020 (virtualno)
15. dr. Friedrich Krien: Kanamori screening and fermion-boson coupling in the Anderson impurity and 2D Hubbard model, 21. 4. 2020 (virtualno)
16. dr. Horacio Vargas Guzman: A hairpinning of RNA in STMV, 24. 4. 2020 (virtualno)
17. prof. dr. Rudolf Podgornik: Charge regulation - the real secret of protein-protein interaction, 30. 4. 2020 (virtualno)
18. prof. dr. Jure Zupan: Three Exceptions to the Grossman-Nir Bound, 12. 5. 2020 (virtualno)
19. dr. Anže Rapoš Božič: Mechanical design of apertures and the infolding of pollen grain, 14. 5. 2020 (virtualno)
20. Jan Šuntajs: Ergodicity Breaking Transition in Finite Disordered Spin Chains, 19. 5. 2020 (virtualno)
21. dr. Luca di Luzio (Desy): Pati-Salam Axion, 21. 5. 2020 (virtualno)
22. dr. Horacio Vargas Guzman: Tackling the mechanical stability of coronavirus spike proteins (demogorgon), 21. 5. 2020 (virtualno)
23. prof. dr. James Cline (McGill): Electroweak baryogenesis at high bubble wall velocities, 26. 5. 2020 (virtualno)
24. dr. David McKeen: How long does the hydrogen atom live?, 2. 6. 2020 (virtualno)
25. Luka Pavešič: Yu-Shiba-Rusinov states in a quantum dot coupled to an interacting superconducting island, 2. 6. 2020 (virtualno)
26. dr. Jeff Dror: Nu cosmologies and signals, 11. 6. 2020 (virtualno)
27. dr. Thomas Konstandin (Desy): Model-independent energy budget of cosmological first-order phase transitions, 16. 6. 2020 (virtualno)
28. Marin Šako: Reconstruction of the Angular Distribution of Nuclear Reactions, 18. 6. 2020
29. dr. Marek Lewicki (KCL, Warsaw U.): Phase Transitions and gravitational waves, 2. 7. 2020 (virtualno)
30. dr. Yue Zhang (Carleton): Electroweak Baryogenesis from Dark-Sector CP Violation, 7. 7. 2020 (virtualno)
31. dr. Diego Guadagnoli: The Dark Side of 4321, 9. 7. 2020 (virtualno)
32. dr. Matej Krajnc: Deep cell graphs, 3. 9. 2020
33. dr. Christopher Smith: Baryon and lepton number intricacies in axion models, 17. 9. 2020 (virtualno)
34. dr. Iztok Urbančič: Advanced optical methods enlighten molecular interactions within live cells, 22. 9. 2020 (virtualno)
35. dr. Fabio Staniscia: Adsorption at the nanoscale, 2. 10. 2020 (virtualno)
36. Martin Ulaga: Spin diffusion and spin conductivity in the 2d Hubbard model, 7. 10. 2020 (virtualno)
37. dr. Raffaele-Tito D'Agnolo: Crunching Dilaton, Hidden Naturalness, 8. 10. 2020 (virtualno)
38. dr. Matej Krajnc: Shape, function, and dynamics of biological tissues, 9. 10. 2020
39. dr. Admir Ghelji: The Neutrino Magnetic Moment Portal: Cosmology, Astrophysics, and Direct Detection, 15. 10. 2020 (virtualno)
40. doc. dr. Uroš Tkalec: Stimuli-responsive liquid crystal interfaces, 16. 10. 2020 (virtualno)
41. Aleks Smolkovič: Enhanced CP asymmetries in $B \rightarrow K \mu \mu$, 21. 10. 2020 (virtualno)
42. dr. Michele Tammaro: Long-Lived Particles at Belle II and GAZELLE, 21. 10. 2020 (virtualno)
43. Victor Guada: An exact false vacuum decay rate, 21. 10. 2020 (virtualno)
44. Urša Skerbiš: J/ψ -nucleon scattering in P_c pentaquark channels, 21. 10. 2020 (virtualno)
45. Arman Korajac: New Physics in Missing ET + bjet experiments, 21. 10. 2020 (virtualno)
46. Mitja Šadl: Z_b tetraquark channel with lattice QCD, 21. 10. 2020 (virtualno)
47. dr. Clement Zankoc: Beyond elasticity, stability, and quasi-oscillations of cell-cell junctions in solid conuent epithelia, 27. 10. 2020 (virtualno)
48. dr. Vedran Brdar: Has NANOGraV found first evidence for cosmic strings?, 29. 10. 2020 (virtualno)
49. dr. Horacio Vargas Guzman: Quantitative molecular biophysics: An interplay between structure, multiscale properties and environment-sensitive processes, 4. 11. 2020 (virtualno)
50. dr. Gregor Kladnik: Electronic structure and charge transport at hybrid interfaces: a combined experimental and theoretical investigation, 10. 11. 2020 (virtualno)
51. Jan Rozman: Topological defect scaling during fluid-solid transition in epithelium vertex models, 13. 11. 2020 (virtualno)
52. dr. Kuangyin Deng: Identifying signatures of unusual quantum phenomena in semiconductor quantum dots and topological semimetals, 16. 11. 2020 (virtualno)
53. dr. Nagara Srinivasa Srivatsa: Escaping many-body localization in a single eigenstate via an emergent symmetry, 17. 11. 2020 (virtualno)
54. dr. Giulia Piccitto: Cluster mean-field dynamics of the long-range interacting Ising chain, 20. 11. 2020 (virtualno)
55. dr. Mao Tian Tan: Operator Entanglement as a probe of information scrambling and quantum chaos, 24. 11. 2020 (virtualno)
56. dr. Fabio Staniscia: Continuum descriptions of out-of-equilibrium systems at different scales, 26. 11. 2020 (virtualno)
57. dr. Anurag Banerjee: Inhomogeneities in unconventional superconductors, 30. 11. 2020 (virtualno)
58. dr. Mojtaba Tabatabaei: Andreev-Coulomb Drag in Coupled Quantum Dots, 1. 12. 2020 (virtualno)
59. dr. Yantao Wu: Variational Monte Carlo renormalization group and dissipative dynamics after local quenches in quantum spin chains, 2. 12. 2020 (virtualno)
60. dr. Luis Cort Barrada: Controlling the Decay Rate of a Transmon Qubit in Circuit QED Architectures, 3. 12. 2020 (virtualno)
61. dr. Anže Rapoš Božič: Covid-based research, 3. 12. 2020 (virtualno)
62. dr. Germ'an Blesio: Anderson model for a two-channel spin $S = 1$ impurity: Kondo effect and topological distinguishable Fermi liquid phases, 4. 12. 2020 (virtualno)
63. dr. Banhi Chatterjee: Modeling correlated electronic systems using the dynamical mean-field theory, 4. 12. 2020 (virtualno)
64. dr. Nilanjan Roy: Localization phenomena and entanglement in certain one-dimensional quantum systems, 7. 12. 2020 (virtualno)
65. dr. Sourav Nandy: Dephasing in strongly disordered interacting quantum wires, 10. 12. 2020 (virtualno)
66. dr. Rohit Nikam: Highly charged dendritic polyelectrolytes: Competitive ion binding and charge renormalization, 11. 12. 2020 (virtualno)
67. doc. dr. Miha Brojan: Three examples from nonlinear structural mechanics: a beam, a plate and a shell, 18. 12. 2020 (virtualno)

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

1. prof. dr. Janez Bonča, prof. dr. Peter Prelovšek, Wagga 2020, 44th Condensed Matter and Materials Meeting, Rotorua, Nova Zelandija, 4.–7. 2. 2020, vabljeno predavanje
2. prof. dr. Janez Bonča, dr. Jernej Mravlje, prof. dr. Peter Prelovšek, dr. Tomaž Rejec, Jan Šuntajs, Martin Ulaga, dr. Lev Vidmar, prof. dr. Rok Žitko, Nonequilibrium quantum workshop: Nonequilibrium dynamics and ergodicity in complex quantum systems. Krvavec, Slovenija, 14.–17. 12. 2020, predavanja (virtualno)
3. prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, ZPW2020, Zürich, Švica, 13.–15. 1. 2020 (vabljeno predavanje)
4. prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, COST Workshop: Probing BSM physics at different scales, Berlin, Nemčija, 29.–31. 1. 2020, vabljeno predavanje
5. prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, CERN TH Institute: New Physics on the Low-Energy Precision Frontier, CERN, Ženeva, Švica, 3.–7. 2. 2020, vabljeno predavanje
6. prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, Israeli Joint Particle Physics Meeting, Rehovot, Izrael, 12. 5. 2020, vabljeno predavanje (virtualno)
7. prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, Top 2020, Durham, Velika Britanija, 17. 9. 2020, vabljeno predavanje (virtualno)
8. prof. dr. Svetlana Fajfer, 40th International Conference on High Energy Physics, ICHEP 2020, 28. 7.–6. 8. 2020 (virtualno)
9. dr. Matej Kanduč, Simpozij in Workshop: 2nd International workshop on the Multi-Scale Modeling of Functional Interfaces and Soft Matter, Berlin, Nemčija, 2.–6. 3. 2020, predavanje
10. doc. dr. Nejc Košnik, New Physics on the Low-Energy Precision Frontier, Ženeva, Švica, 26.–31. 1. 2020
11. dr. Jernej Mravlje, Quantum Matter: Computation Meets Experiments, Aspen, ZDA, 8.–15. 3. 2020, vabljeno predavanje
12. doc. dr. Miha Nemešček, Aleks Smolkovič, Trilateralno srečanje skupine za fiziko delcev in visokih energij, Trst, Italija 4.–5. 2. 2020, predavanje
13. doc. dr. Miha Nemešček, Working Group Meeting and MC Meeting of the COST Action CA16201 PARTICLEFACE: Unraveling new physics at the LHC through the precision frontier, Krakow, Poljska 11.–14. 2. 2020
14. prof. dr. Saša Prelovšek, Excited QCD, Kyrnica Zdroj, Poljska, 2.–8. 2. 2020, predavanje
15. prof. dr. Saša Prelovšek, serija predavanj na šoli Europlex, Horizon2020, september in oktober 2020 (virtualno)
16. prof. dr. Saša Prelovšek, Snowmass TownHall meeting, 2. 10. 2020, predavanje (virtualno)
17. prof. dr. Bosiljka Tadić, COVID-19 Forecast and Prediction, 18.–19. 9. 2020, vabljeno predavanje (virtualno)
18. prof. dr. Bosiljka Tadić, Conference on Complex Systems CCS 2020, 4.–11. 12. 2020, vabljeno predavanje (virtualno)
19. Martin Ulaga, VSC Training Course: Parallelization with MPI, Dunaj, Avstrija, 23.–27. 11. 2020 (virtualno)
20. Aleks Smolkovič, COST Workshop: Probing BSM physics at different scales, Berlin, Nemčija, 28.–31. 1. 2020, predavanje

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. dr. Horacio Vargas Guzman, Universidad Tecnica Federico Santa Maria, Valparaiso, Čile, 6.–10. 1. 2020
2. dr. Horacio Vargas Guzman, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Čile, 17.–28. 2. 2020
3. dr. Barry Dillon, Plymouth University, Plymouth, Velika Britanija, 6. 3.–16. 3. 2020
4. dr. Nejc Košnik, IJC, Universite Paris, Pariz, Francija, 29. 7.–25. 8. 2020
5. dr. Anže Rapoš Božič, Institut za fiziku, Zagreb, Hrvaška, 28.–29. 2. 2020
6. doc. dr. Lev Vidmar, Wroclaw University of Science and Technology, 17.–21. 2. 2020

SODELAVCI

Raziskovalci

1. prof. dr. Borut Bajc, znanstveni svetnik
2. prof. dr. Janez Bonča*, znanstveni svetnik
3. prof. dr. Mojca Čepič*, znanstveni svetnik
4. *dr. Barry Michael Dillon, odšel 1. 10. 2020*
5. prof. dr. Svetlana Fajfer, znanstveni svetnik
6. **prof. dr. Jernej Fesl Kamenik, znanstveni svetnik - vodja odseka**
7. dr. Denis Golež
8. dr. Matej Kanduč
9. doc. dr. Jure Kokalj*
10. doc. dr. Nejc Košnik
11. dr. Rajmund Krivec, znanstveni svetnik
12. dr. Zala Lenarčič
13. doc. dr. Jernej Mravlje
14. doc. dr. Miha Nemevšek
15. prof. dr. Peter Prelovšek, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
16. prof. dr. Saša Prelovšek Komelj
17. prof. dr. Anton Ramšak*, znanstveni svetnik
18. dr. Anže Rapoš Božič
19. doc. dr. Tomaž Rejec*
20. Fabio Staniscia, PhD., Italija
21. prof. dr. Bosiljka Tadić, znanstveni svetnik
22. Michele Tammaro, PhD.
23. Horacio Andres Vargas Guzman, Strokovni/Dokončni naziv
24. prof. dr. Nataša Vauptič*, znanstveni svetnik
25. doc. dr. Lev Vidmar
26. prof. dr. Primož Žihel*, znanstveni svetnik
27. prof. dr. Rok Žitko

Podoktorski sodelavci

28. dr. Matej Krajnc
29. *dr. Friedrich Johannes Krien, odšel 1. 7. 2020*
30. Patrycja Katarzyna Lydzba, PhD., Poljska
31. Clement Adrien Zank, PhD., Italija

Mlajši raziskovalci

32. Blaž Bortolato, mag. fiz.
33. Victor Francisco Guada Escalona, Bsc. in High Energy, Cosmology and Astroparticle Physics, Trieste, Italy
34. Arman Korajac, Msc., Nemčija
35. Luka Medic, mag. fiz.
36. Luka Pavešič, mag. fiz.
37. Jan Rozman, mag. fiz.
38. Urša Škerbiš Štok, mag. fiz.
39. Aleks Smolkovič, mag. fiz.
40. Marin Šako, Msc., Hrvaška
41. Jan Šuntajs, mag. fiz.
42. Martin Uлага, mag. fiz.
43. *Lara Ulčakar, mag. fiz., odšla 1. 12. 2020*

Strokovni sodelavci

44. Miha Mohorčič, dipl. inž. rač. in inf.

Tehniški in administrativni sodelavci

45. 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 Universitet, 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 für Theoretical Physics, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, Nemčija
13. Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università di Padova, Padova, Italija
14. INFN Sez. Trst, Italija
15. Scuola Internazionale di Studi Avanzati, Trst, Italija
16. SISSA, Trst, Italija
17. European Organization for Nuclear Research (CERN), Ženeva, Švica
18. Paul Scherrer Institut (PSI), Švica
19. Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Švica
20. Laboratoire de Physique Théorique (Bât. 210), Université Paris-Sud and CNRS, Orsay-Cedex, Francija
21. Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles, Pariz, Francija
22. Université Grenoble Alpes, Institut nanosciences et cryogenie, Grenoble, Francija
23. Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), La Laguna, Tenerife, Španija
24. Universidad de Málaga, Facultad de Ciencias, Málaga, Španija
25. Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, Madrid, Španija
26. University of Warsaw, Department of Chemistry, Varšava, Poljska
27. Department of Theoretical Physics, Faculty of Fundamental Problems of Technology, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poljska
28. Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Science, Poznan, Poljska
29. University of Graz, Gradec, Avstrija
30. University of Vienna, Faculty of Physics, Dunaj, Avstrija
31. Technische Universität Graz, Gradec, Avstrija
32. Institut Rudjer Bošković, Division of Theoretical Physics, Zagreb, Hrvaška
33. University of Split, Faculty of Electrical Engineering, Split, Hrvaška
34. Institute of Physics, Zagreb, Hrvaška
35. Institute of Physics Belgrade, University of Belgrade, Belgrade, Srbija
36. Mimar Sinan University, Turčija
37. Plymouth University, Plymouth, Velika Britanija
38. School of Physics and Astronomy, University of Edinburgh, Edinburgh, Velika Britanija
39. University of Oxford - Rudolf Peierls Centre for Theoretical Physics, Oxford, Velika Britanija
40. University of Sussex, Department of Physics and Astronomy, Falmer, Brighton, Velika Britanija
41. University of Aberdeen, Department of Chemistry, Aberdeen, Velika Britanija
42. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, Kalifornija, ZDA
43. National Institutes of Health, Frederick, Maryland, ZDA
44. Department of Physics, Princeton University, Princeton, ZDA
45. Northeastern University, Boston, ZDA
46. University of California Santa Cruz, Santa Cruz, ZDA
47. Flatiron Institute, New York, ZDA
48. The Pennsylvania State University, Department of Physics, University Park, PA, ZDA
49. Department of Physics, Oklahoma State University, Stillwater, ZDA
50. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, ZDA
51. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Kanada
52. Canadian Institute for Advanced Research, Toronto, Kanada
53. High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Tsukuba, Japonska
54. Kindai University, Department of Physics, Osaka, Japonska
55. Tohoku University, Faculty of Science, Sendai, Japonska
56. Toyota Physical and Chemical Research Institute, Nagakute, Japonska
57. Tel Aviv University, Raymond & Beverly Sackler School of Physics & Astronomy, Tel Aviv, Izrael
58. Institute for Research in Fundamental Sciences, Teheran, Iran
59. Universidad Técnica Federico Santa María, Centro-Científico-Tecnológico de Valparaíso, Valparaíso, Čile
60. Department of physics, Center for Condensed Matter Theory, Indian Institute of Science, Bengaluru, Indija
61. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Ljubljana
62. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Inštitut za biofiziko, Ljubljana
63. Inštitut za fizikalno biologijo, Ljubljana
64. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor
65. Univerza v Novi Gorici

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Arturo Moncho-Jorda, Ana B. Jódar-Reyes, Matej Kanduč, Alicia Germán-Bellod, Alicia López-Romero, Rafael Contreras-Cáceres, Francisco Sarabia, Miguel García-Castro, Héctor A. Pérez-Ramírez, Odriozola Gerardo, "Scaling laws in the diffusive release of neutral cargo from hollow hydrogel nanoparticles: paclitaxel-loaded poly(4-vinylpyridine)", *ACS nano*, 2020, **14**, 11, 15227-15240. [COBISS.SI-ID 39088387]
- Wiktor Lewandowski, Nataša Vaupotič, Damian Pocięcha, Ewa Górecka, Luis M. Liz-Marzán, "Chirality of liquid crystals formed from achiral molecules revealed by resonant X-ray scattering", *Advanced materials*, 2020, **32**, 41, 1905591. [COBISS.SI-ID 20099843]
- Evgeny Z. Liverts, Rajmund Krivec, Nir Barnea, "Collinear configuration of the helium atom and two-electron ions", *Annals of physics*, 2020, **422**, 168306. [COBISS.SI-ID 45392899]
- Clément Zankoc, Matej Krajnc, "Elasticity, stability, and quasioscillations of cell-cell junctions in solid confluent Epithelia", *Biophysical journal*, 2020, **119**, 9, 1706-1711. [COBISS.SI-ID 35579139]
- Kei Murakami, Ryuta Ebihara, Takuma Kono, Toshikaze Chiba, Yuka Sakuma, Primož Zihlerl, Masayuki Imai, "Morphologies of vesicle doublets: competition among bending elasticity, surface tension, and adhesion", *Biophysical journal*, 2020, **119**, 9, 1735-1748. [COBISS.SI-ID 35513859]
- Victor Guada, Miha Nemevšek, Matevž Pintar, "FindBounce: package for multi-field bounce actions", *Computer physics communications*, 2020, **256**, 107480. [COBISS.SI-ID 21263875]
- Michael Schüler, Denis Golež, Yuta Murakami, Nikolaj Bittner, Andreas Hermann, Hugo U. R. Strand, Philipp Werner, Martin Eckstein, "NESS: The Non-Equilibrium Systems Simulation package", *Computer physics communications*, 2020, **257**, 107484. [COBISS.SI-ID 46090243]
- Bosiljka Tadić, Miroslav Andjelković, Milovan Šuvakov, Geoff J. Rodgers, "Magnetisation processes in geometrically frustrated spin networks with self-assembled cliques", *Entropy*, 2020, **22**, 3, 336. [COBISS.SI-ID 33053699]
- Ilija Doršner, Svjetlana Fajfer, Monalisa Patra, "A comparative study of the S_1 and U_1 leptoquark effects in the light quark regime", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 204. [COBISS.SI-ID 3415908]
- Damir Bečirević, Svjetlana Fajfer, Nejc Košnik, Aleks Smolkovič, "Enhanced CP asymmetries in $B \rightarrow K\mu^+\mu^-$ ", *European physical journal. C, Particles and fields.*, 2020, **80**, 940. [COBISS.SI-ID 32273155]
- Philipp Terhörst, Kevin Riehl, Naser Damer, Peter Rot, Blaž Bortolato, Florian Kirchbuchner, Vitomir Štruc, Arjan Kuijper, "PE-MIU: a training-free privacy-enhancing face recognition approach based on minimum information units", *IEEE access*, 2020, **8**, 93635-93647. [COBISS.SI-ID 16539907]
- Matej Pavšič, "On negative energies, strings, branes, and braneworlds: a review of novel approaches", *International journal of modern physics A*, 2020, **35**, 33, 2030020. [COBISS.SI-ID 45638915]
- Bouchra Asbani *et al.* (11 avtorjev), "Electrocaloric response in lanthanum-modified lead zirconate titanate ceramics", *Journal of applied physics*, 2020, **127**, 22, 224101. [COBISS.SI-ID 18632195]
- Rohit Nikam, Xiao Xu, Matej Kanduč, Joachim Dzubiella, "Competitive sorption of monovalent and divalent ions by highly charged globular macromolecules", *The Journal of chemical physics*, 2020, **153**, 4, 044904. [COBISS.SI-ID 24373763]
- Darius Alexander Faroughy, Jernej Kamenik, Nejc Košnik, Aleks Smolkovič, "Probing the CP nature of the top quark Yukawa at hadron colliders", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 85. [COBISS.SI-ID 3409764]
- Ilija Doršner, Svjetlana Fajfer, Olcyr Sumensari, "Muon $g - 2$ and scalar leptoquark mixing", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 89. [COBISS.SI-ID 20330243]
- Patrick B. Dillon, Darius Alexander Faroughy, Jernej Kamenik, M. Szwec, "Learning the latent structure of collider events", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 10, 206. [COBISS.SI-ID 36636419]
- Evgeny Z. Liverts, Rajmund Krivec, "Averaged electron densities of the helium-like atomic systems", *Journal of mathematical physics*, 2020, **61**, 032105. [COBISS.SI-ID 45394947]
- Samuel W. Coles, Chanbum Park, Rohit Nikam, Matej Kanduč, Joachim Dzubiella, Benjamin Rotenberg, "Correlation length in concentrated electrolytes: insights from all-atom molecular dynamics simulations", *The journal of physical chemistry. B, Condensed matter, materials, surfaces, interfaces & biophysical*, 2020, **124**, 9, 1778-1786. [COBISS.SI-ID 33256231]
- Juliette Alimena *et al.* (204 avtorji), "Searching for long-lived particles beyond the standard model at the large hadron collider", *Journal of physics. G, Nuclear and particle physics*, 2020, **47**, 9, 090501. [COBISS.SI-ID 40831747]
- Janez Bonča, Jacek Cichoń, Marcin Mierzejewski, "Binding energy of magnetic bipolarons in disordered chains", *Journal of superconductivity and novel magnetism*, 2020, **33**, 12, 3735-3744. [COBISS.SI-ID 24745219]
- Anja Kopač Lautar, Jan Bitenc, Tomaž Rejec, Robert Dominko, Jean-Sébastien Filhol, Marie-Liesse Doublet, "Electrolyte reactivity in the double layer in Mg batteries: an interface potential-dependent DFT study", *Journal of the American Chemical Society*, 2020, **142**, 11, 5146-5153. [COBISS.SI-ID 6806042]
- Zhujie Li, Victor G. Ruiz, Matej Kanduč, Joachim Dzubiella, "Ion-specific adsorption on bare gold (Au) nanoparticles in aqueous solutions: double-layer structure and surface potentials", *Langmuir*, 2020, **36**, 45, 13457-13468. [COBISS.SI-ID 37991171]
- Rodrigo A. Moreira, Horacio V. Guzman, Subramanian Boopathi, Joseph L. Baker, Adolfo B. Poma, "Characterization of structural and energetic differences between conformations of the SARS-CoV-2 spike protein", *Materials*, 2020, **13**, 23, 5362. [COBISS.SI-ID 52527107]
- Borut Bajc, Adrián Lugo, Francesco Sannino, "Safe hologram", *Modern physics letters A*, 2020, **35**, 33, 2050273. [COBISS.SI-ID 45538307]
- J. Li, Denis Golež, Philipp Werner, Martin Eckstein, "Superconducting optical response of photodoped Mott insulators", *Modern physics letters B*, 2020, **34**, 19, 2040054. [COBISS.SI-ID 46035971]
- Ambrož Kregar, Anton Ramšak, "Rashba-controlled two-electron spin-charge qubits as building blocks of a quantum computer", *Modern physics letters B*, 2020, **34**, 19/20, 2040058. [COBISS.SI-ID 23840259]
- Matej Kanduč, Won Kyu Kim, Rafael Roa, Joachim Dzubiella, "Modeling of stimuli-responsive nanoreactors: rational rate control towards the design of colloidal enzymes", *Molecular systems design & engineering*, 2020, **5**, 3, 602-619. [COBISS.SI-ID 33286951]
- Rodrigo A. Moreira, Mateusz Chwastyk, Joseph L. Baker, Horacio V. Guzman, Adolfo B. Poma, "Quantitative determination of mechanical stability in the novel coronavirus spike protein", *Nanoscale*, 2020, **12**, 31, 16409-16413. [COBISS.SI-ID 25511171]
- Vincent F. Flore, Matej Krajnc, Felipe Garcia Quiroz, John Levorse, H. Amalia Pasolli, Stanislav Y. Shvartsman, Elaine Fuchs, "Mechanics of a multilayer epithelium instruct tumour architecture and function", *Nature*, 2020, **585**, 7825, 433-439. [COBISS.SI-ID 28685315]
- Jan Rozman, Matej Krajnc, Primož Zihlerl, "Collective cell mechanics of epithelial shells with organoid-like morphologies", *Nature communications*, 2020, **11**, 3805. [COBISS.SI-ID 24820483]
- Konrad Gillmeister, Denis Golež, Chiang Cheng-Tien, Nikolaj Bittner, Yaroslav Pavlyukh, Jamal Berakdar, Philipp Werner, Wolf Widra, "Ultrafast coupled charge and spin dynamics in strongly correlated NiO", *Nature communications*, 2020, **11**, 4095. [COBISS.SI-ID 46013187]
- Leonid Pourouvsikii, Jernej Mravlje, Mario Pozzo, D. Alfe, "Electronic correlations and transport in iron at Earth's core conditions", *Nature communications*, 2020, **11**, 4105. [COBISS.SI-ID 50940163]
- Ambrož Kregar, Anton Ramšak, "Qubit transformations on Rashba ring with periodic potential", *New journal of physics*, 2020, **22**, 083048. [COBISS.SI-ID 25663491]
- Nataša Vaupotič, Miroslaw Salamonczyk, Joanna Matraszek, Martin Vogrin, Damian Pocięcha, Ewa Górecka, "New structural model of a chiral cubic liquid crystalline phase", *PCCP. Physical chemistry chemical physics*, 2020, **22**, 22, 12814-12820. [COBISS.SI-ID 20104195]
- Sara Pia Marinček, Jernej Mravlje, Tomaž Rejec, "Slow quenches in the band insulator described by the Su-Schrieffer-Heeger model", *Physica status solidi. B, Basic research*, 2020, **257**, 1900425. [COBISS.SI-ID 3394660]
- Juan Carlos Fernández-Toledano, Terence D. Blake, Joël De Coninck, Matej Kanduč, "Hidden microscopic life of the moving contact line of a waterlike liquid", *Physical review fluids*, 2020, **5**, 10, 104004. [COBISS.SI-ID 33059331]

38. Marcin Mierzejewski, Lev Vidmar, "Quantitative impact of integrals of motion on the eigenstate thermalization hypothesis", *Physical review letters*, 2020, **124**, 4, 040603. [COBISS.SI-ID 15846915]
39. Tina Arh, Matjaž Gomilšek, Peter Prelovšek, Matej Pregelj, Martin Klanjšek, Andrzej Ozarowski, Stewart J. Clark, T. Lancaster, W. Sun, J.-X. Mi, Andrej Zorko, "Origin of magnetic ordering in a structurally perfect quantum Kagome antiferromagnet", *Physical review letters*, 2020, **125**, 2, 027203. [COBISS.SI-ID 22120451]
40. Yu Cao, Mohamed Alaasar, Asritha Nallapaneni, Mirosław Salamonczyk, Peter Marinko, Ewa Górecka, Carsten Tschierske, Feng Liu, Nataša Vaupotič, Chenhui Zhu, "Molecular packing in double gyroid cubic phases revealed via resonant soft X-ray scattering", *Physical review letters*, 2020, **125**, 2, 027801. [COBISS.SI-ID 22068227]
41. Zala Lenarčič, Ori Alberton, Achim Rosch, Ehud Altman, "Critical behavior near the many-body localization transition in driven open systems", *Physical review letters*, 2020, **125**, 11, 116601. [COBISS.SI-ID 45975299]
42. Patrycja Łydźba, Marcos Rigol, Lev Vidmar, "Eigenstate entanglement entropy in random quadratic hamiltonians", *Physical review letters*, 2020, **125**, 18, 180604. [COBISS.SI-ID 48007427]
43. Lara Ulčakar, Jernej Mravlje, Tomaž Rejec, "Kibble-Zurek behavior in disordered Chern insulators", *Physical review letters*, 2020, **125**, 21, 216601. [COBISS.SI-ID 47453187]
44. Denis Golež, Zhiyuan Sun, Yuta Murakami, Antoine Georges, Andrew J. Millis, "Nonlinear spectroscopy of collective modes in an excitonic insulator", *Physical review letters*, 2020, **125**, 25, 257601. [COBISS.SI-ID 46028803]
45. Peter Prelovšek, K. Morita, Takami Tohyama, Jacek Herbrych, "Vanishing Wilson ratio as the hallmark of quantum spin-liquid models", *Physical review research*, 2020, **2**, 2, 023024. [COBISS.SI-ID 48190211]
46. Simon Čopar, Anže Lošdorfer Božič, "Symmetry breaking of dipole orientations on Caspar-Klug lattices", *Physical review research*, 2020, **2**, 4, 043199. [COBISS.SI-ID 36174083]
47. Tadej Mežnaršič, Rok Žitko, Tina Arh, Katja Gosar, Erik Zupanič, Peter Jeglič, "Emission of correlated jets from a driven matter-wave soliton in a quasi-one-dimensional geometry", *Physical review. A*, 2020, **101**, 3, 03160. [COBISS.SI-ID 33287463]
48. Peter Prelovšek, Jure Kokalj, "Similarity of thermodynamic properties of the Heisenberg model on triangular and Kagome lattices", *Physical review. B*, 2020, **101**, 7, 075105. [COBISS.SI-ID 29193987]
49. Nikolaj Bittner, Denis Golež, Martin Eckstein, Philipp Werner, "Photoenhanced excitonic correlations in a Mott insulator with nonlocal interactions", *Physical review. B*, 2020, **101**, 8, 085127. [COBISS.SI-ID 45999875]
50. Yujun Zhang *et al.* (11 avtorjev), "Photoemission and dynamical mean field theory study of electronic correlations in a t_2^g metal SrRhO₃ thin films", *Physical review. B*, 2020, **101**, 8, 085134. [COBISS.SI-ID 50942979]
51. Guido Pupillo, Primož Ziherl, Fabio Cinti, "Quantum cluster quasicrystals", *Physical review. B*, 2020, **101**, 13, 134522. [COBISS.SI-ID 16800515]
52. Yuta Murakami, Denis Golež, Tatsuya Kaneko, Akihisa Koga, Andrew J. Millis, Philipp Werner, "Collective modes in excitonic insulators: effects of electron-phonon coupling and signatures in the optical response", *Physical review. B*, 2020, **101**, 19, 195118. [COBISS.SI-ID 46084867]
53. Li Jiajun, Denis Golež, Giacomo Mazza, Andrew J. Millis, Antoine Georges, Martin Eckstein, "Electromagnetic coupling in tight-binding models for strongly correlated light and matter", *Physical review. B*, 2020, **101**, 20, 205140. [COBISS.SI-ID 46049283]
54. Brecht Donvil, Lara Ulčakar, Tomaž Rejec, Anton Ramšak, "Thermal effects on a nonadiabatic spin-flip protocol of spin-orbit qubits", *Physical review. B*, 2020, **101**, 20, 205427. [COBISS.SI-ID 16999171]
55. Z. Su *et al.* (12 avtorjev), "Erasing odd-parity states in semiconductor quantum dots coupled to superconductors", *Physical review. B*, 2020, **101**, 23, 235315. [COBISS.SI-ID 20632067]
56. Janez Bonča, "Spectral function of an electron coupled to hard-core bosons", *Physical review. B*, 2020, **102**, 3, 035135. [COBISS.SI-ID 23890179]
57. Izidor Benedičič, Nejc Janša, Marion Van Midden, Peter Jeglič, Martin Klanjšek, Erik Zupanič, Zvonko Jagličič, Petra Šutar, Peter Prelovšek, Dragan Mihailović, Denis Arčon, "Superconductivity emerging upon Se doping of the quantum spin liquid $1T - TaS_2$ ", *Physical review. B*, 2020, **102**, 5, 054401. [COBISS.SI-ID 24393731]
58. Jan Šuntajs, Janez Bonča, Tomaž Prosen, Lev Vidmar, "Ergodicity breaking transition in finite disordered spin chains", *Physical review. B*, 2020, **102**, 6, 064207. [COBISS.SI-ID 25337091]
59. A. Vranić, J. Vučičević, Jure Kokalj, Jan Skolimowski, Rok Žitko, Jernej Mravlje, D. Tanasković, "Charge transport in the Hubbard model at high temperatures: triangular versus square lattice", *Physical review. B*, 2020, **102**, 11, 115142. [COBISS.SI-ID 29182467]
60. Riku Tuovinen, Denis Golež, Martin Eckstein, Michael A. Sentel, "Comparing the generalized Kadanoff-Baym ansatz with the full Kadanoff-Baym equations for an excitonic insulator out of equilibrium", *Physical review. B*, 2020, **102**, 11, 115157. [COBISS.SI-ID 46095363]
61. E. Vernek, G. B. Martins, Rok Žitko, "Anisotropic Kondo screening induced by spin-orbit coupling in quantum wires", *Physical review. B*, 2020, **102**, 15, 155114. [COBISS.SI-ID 32489987]
62. Marcin Mierzejewski, M. Środa, Jacek Herbrych, Peter Prelovšek, "Resistivity and its fluctuations in disordered many-body systems: from chains to planes", *Physical review. B*, 2020, **102**, 16, 161111. [COBISS.SI-ID 48189955]
63. Li Jiajun, Denis Golež, Philipp Werner, " η -paired superconducting hidden phase in photodoped Mott insulators", *Physical review. B*, 2020, **102**, 16, 165136. [COBISS.SI-ID 46052867]
64. David Jansen, Janez Bonča, Fabian Heidrich-Meisner, "Finite-temperature density-matrix renormalization group method for electron-phonon systems: thermodynamics and Holstein-polaron spectral functions", *Physical review. B*, 2020, **102**, 16, 165155. [COBISS.SI-ID 34995203]
65. J. C. Estrada Saldaña, A. Vekris, Rok Žitko, G. Steffensen, P. Krogstrup, J. Paaske, K. Grove-Rasmussen, J. Nygård, "Two-impurity Yu-Shiba-Rusinov states in coupled quantum dots", *Physical review. B*, 2020, **102**, 19, 195143. [COBISS.SI-ID 39080963]
66. Nikolaj Bittner, Denis Golež, Martin Eckstein, Philipp Werner, "Effects of frustration on the nonequilibrium dynamics of photoexcited lattice systems", *Physical review. B*, 2020, **102**, 23, 235169. [COBISS.SI-ID 46002691]
67. Benjamin Fuks, Miha Nemevšek, Richard Ruiz, "Doubly charged Higgs boson production at hadron colliders", *Physical review. D*, 2020, **101**, 7, 075022. [COBISS.SI-ID 33298727]
68. Ilya Doršner, Svetlana Fajfer, Shaikh Saad, " $\mu \rightarrow e\gamma$ selecting scalar leptoquark solutions for the $(g-2)_{e,\mu}$ puzzles", *Physical review. D*, 2020, **102**, 7, 075007. [COBISS.SI-ID 32455427]
69. Victor Guada, Miha Nemevšek, "Exact one-loop false vacuum decay rate", *Physical review. D*, 2020, **102**, 12, 125017. [COBISS.SI-ID 41914883]
70. Bosiljka Tadić, Milovan Šuvakov, Miroslav Andjelković, Geoff J. Rodgers, "Large-scale influence of defect bonds in geometrically constrained self-assembly", *Physical review. E*, 2020, **102**, 3, 032307. [COBISS.SI-ID 30017283]
71. M. Yusuf Ali, Ewa Górecka, Damian Pocięcha, Nataša Vaupotič, "Structure and grating efficiency of thin cells filled by a twist-bend nematic liquid crystal", *Physical review. E*, 2020, **102**, 3, 032704. [COBISS.SI-ID 30975235]
72. Jan Šuntajs, Janez Bonča, Tomaž Prosen, Lev Vidmar, "Quantum chaos challenges many-body localization", *Physical review. E*, 2020, **102**, 6, 062144. [COBISS.SI-ID 46785795]
73. Jonathan H. Fetherolf, Denis Golež, Timothy C. Berkelbach, "A unification of the holstein polaron and dynamic disorder pictures of charge transport in organic crystals", *Physical review. X*, 2020, **10**, 2, 021062. [COBISS.SI-ID 46007043]
74. Daniel Dzoib, Mojca Čepič, "Simple method for measuring thermal conductivity", *Physics education*, 2020, **55**, 045004. [COBISS.SI-ID 45765891]
75. Saša Prelovšek, Hüseyin Bahtiyar, Jan Petković, " Z_b tetraquark channel from lattice QCD and Born-Oppenheimer approximation", *Physics letters. Section B*, 2020, **805**, 135467. [COBISS.SI-ID 14970883]
76. Sébastien Descotes-Genon, Svetlana Fajfer, Jernej Kamenik, Martín Novoa-Brunet, "Implications of $b \rightarrow \mu\mu$ anomalies for future measurements of $B \rightarrow K^{(*)}\nu\bar{\nu}$ and $K \rightarrow \pi\nu\bar{\nu}$ ", *Physics letters. Section B*, 2020, **809**, 135769. [COBISS.SI-ID 28416259]
77. Bosiljka Tadić, Roderick Melnik, "Modeling latent infection transmissions through biosocial stochastic dynamics", *PLoS one*, 2020, **15**, 10, e0241163. [COBISS.SI-ID 34536963]
78. Matej Kanduč, Emanuel Schneck, Philip Loche, Steven Jansen, H. Jochen Schenk, Roland R. Netz, "Cavitation in lipid bilayers poses strict negative pressure stability limit in biological liquids", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2020, **117**, 20, 10733-10739. [COBISS.SI-ID 13623043]
79. Anže Lošdorfer Božič, Antonio Šiber, "Mechanical design of apertures and the infolding of pollen grain", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2020, **117**, 43, 26600-26607. [COBISS.SI-ID 31841795]

80. Miroslav Andjelković, Bosiljka Tadić, Roderick Melnik, "The topology of higher-order complexes associated with brain hubs in human connectomes", *Scientific reports*, 2020, **10**, 17320. [COBISS.SI-ID 42954243]
81. The LHC BSM Reinterpretation Forum, Waleed Abdallah *et al.*, "Reinterpretation of LHC results for new physics: status and recommendations after run 2", *SciPost physics*, 2020, **9**, 2, 022. [COBISS.SI-ID 25935619]
82. Matej Krajnc, "Solid-fluid transition and cell sorting in epithelia with junctional tension fluctuations", *Soft matter*, 2020, **16**, 13, 3209-3215. [COBISS.SI-ID 33290535]
83. Joanna Matraszek, Damian Pocięcha, Nataša Vaupotič, Miroslaw Salamonczyk, Martin Vogrin, Ewa Górecka, "Bi-continuous orthorhombic soft matter phase made of polycatenar molecules", *Soft matter*, 2020, **16**, 16, 3882-3885. [COBISS.SI-ID 14048003]
84. Won Kyu Kim, Richard Chudoba, Sebastian Milster, Rafael Roa, Matej Kanduč, Joachim Dzubiella, "Tuning the selective permeability of polydisperse polymer networks", *Soft matter*, 2020, **16**, 35, 8144-8154. [COBISS.SI-ID 28968195]

STROKOVNI ČLANKI

1. Miha Nemevšek, "Razpad vesoljnega vakuuma", *Alternator: misliti znanost*, 11. jun. 2020. [COBISS.SI-ID 19211523]
2. Martin Ulaga, "Nekaj o uporabi AdS/CFT v fiziki kondenzirane snovi", *Matrika*, 2020, **7**, 2. [COBISS.SI-ID 29741571]
3. Mojca Čepič, "Magneti 2. Kaj smo spoznali o magnetnih sučnih nihalih?: odgovor naloge", *Presek*, 2020/2021, **48**, 1, 20-22. [COBISS.SI-ID 28017667]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Blaž Bortolato, Marija Ivanovska, Peter Rot, Janez Krizaj, Philipp Terhörst, Naser Damer, Peter Peer, Vitomir Štruc, "Learning privacy-enhancing face representations through feature disentanglement", V: *FG 2020, 15th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, May 16-20 2020, Buenos Aires, AR*, Proceedings, IEEE, 2020, 45-52. [COBISS.SI-ID 19408643]

OBJAVLJENA STROKOVNA PRISPEVKA NA KONFERENCI

1. Zoran Ren, Nataša Vaupotič, "Changing doctoral education at the University of Maribor", V: *MARDS Workshop Proceedings*, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Maribor, 2020, 3-9. [COBISS.SI-ID 40938499]
2. Nataša Vaupotič, "Systemic quality assurance of doctoral studies at the University of Maribor", V: *MARDS Workshop Proceedings*, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Maribor, 2020, 11-19. [COBISS.SI-ID 40943363]

ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Matej Pavšič, *Stumbling blocks against unification: on some persistent misconceptions in physics*, World Scientific, 2020. [COBISS.SI-ID 21583107]

UNIVERZITETNA, VISOKOŠOLSKA ALI VIŠJEŠOLSKA UČBENIKA Z RECENZIJO

1. Simon Čopar, Daniel Svenšek, Aleš Mohorič, Saša Prelovšek, *Rešene kolokvijske naloge iz klasične fizike*, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2020. [COBISS.SI-ID 31869443]
2. Andrej Zorko, Miha Nemevšek, Nejc Košnik, Matic Lubej, *Rešene naloge iz moderne fizike*, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2020. [COBISS.SI-ID 23286531]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Daniel Dziob, *Researching innovative strategies for enhancement of understanding and motivation in science: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Mojca Čepič; somentor Dagmara Sokółowska). [COBISS.SI-ID 45572611]
2. Lara Ulčakar, *Neravnovesna dinamika topoloških izolatorjev: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Tomaž Rejec; somentor Jernej Mravlje). [COBISS.SI-ID 41984003]

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. 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, kalibrirana sevalna polja, detektorje ionizirajočega sevanja in eksperimentalne naprave za atomsko fiziko. Poleg tega v raziskavah uporabljamo velike eksperimentalne naprave v tujini. Sodelavci odseka z lastnimi prijavi eksperimentov ali v okviru eksperimentov mednarodnih kolaboracij dostopamo na pospeševalnike, sinhrotrone, laserje za proste elektrone, fuzijske reaktorje in druge tipe raziskovalnih naprav, ki jih v državi nimamo. Da smo nekoliko uravnotežili gostovanje naših raziskovalcev na napravah v tujini, smo tudi v letu 2020 omogočali mednarodni dostop raziskovalcem na žarkovni čas ionskega pospeševalnika v okviru projekta EU H2020 RADIATE.



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, pridobljenih v nedavnih eksperimentih s spektrometrskim sestavom kolaboracije A1 in pospeševalnikom Mainzer Mikrotron (MAMI). Objavljene so bile naše meritve prenosa polarizacije pri izbitju protona iz ogljikovih jeter (*Breclj et al., Phys. Rev. C, 2020*), obenem pa smo objavili tudi podrobno študijo inducirane komponente polarizacije v splošnih procesih $A(e,e'p)$ v nekoplanarni kinematiki (*Paul et al., Phys. Lett. B, 2020*). Medtem ko je bila študija *Breclja in sod.* posvečena konceptu univerzalnosti v razmerju elastičnih oblikovnih faktorjev protona, ki je povezan s potencialno spremembo oblikovnih faktorjev v jedru vezanih protonov, smo raziskovali tudi učinek lokalne jedrske gostote, tako da smo določali komponente prenosa polarizacije na protone, vezane v različnih (s in p) lupinah ogljikovega jedra (*Kolar et al., Phys. Lett. B, 2020*). (Re)analizirali smo elastično sipanje elektronov na protonih pri zelo majhnih prenosih gibalne količine (podatki, zajeti pri eksperimentu ISR) in vlogo specifičnih modelov pri določitvi protonskega polmera (*Mihovilović et al., Frontiers in Phys., 2020*), še vedno izmuzljive količine, ki nastopa v tako imenovani uganki protonskega polmera. K prizadevanjem kolaboracije MAGIX smo prispevali z analizo odziva sevalcev sevanja Čerenkova za kalorimetrijo v energijskem območju pod 14 MeV (*Christmann et al., Nucl. Instr. Meth. A, 2020*).

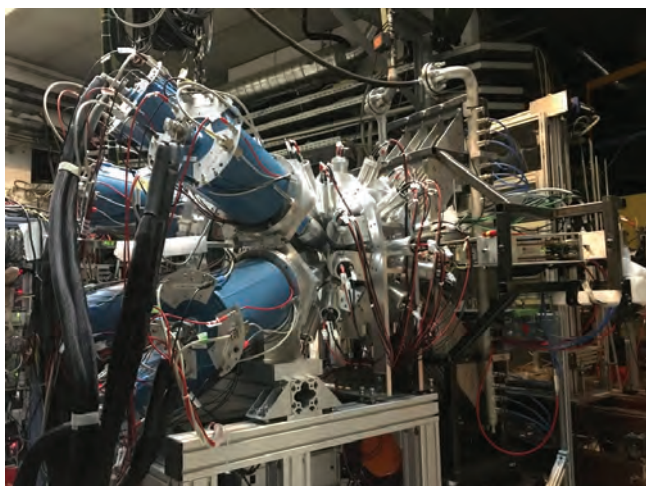
Naše delo v laboratoriju Thomas Jefferson National Accelerator Facility (Jefferson Lab) je bilo osredotočeno na analizo podatkov iz več eksperimentov iz 6 GeV obdobja pospeševalnika CEBAF. Eden od najodmevnejših rezultatov naših meritev globoko virtualnega Comptonovega sipanja na nevtrone je bila okusna separacija Comptonovih oblikovnih faktorjev, ki ohranjajo sučnost: ta analiza je bila objavljena v reviji Nature Physics (*Benali et al., Nature Physics, 2020*). Nadaljevali smo analizo podatkov iz celostnega niza eksperimentov, ki uporabljajo tritijevo tarčo in ponujajo edinstveno priložnost za raziskave jedra ^3H in njegovega zrcalnega jedra, ^3He , saj lahko tako ocenjujemo veljavnost ključnih modelskih privzetkov, zlasti izospinske simetrije. Objavili smo rezultate meritve spinskih strukturnih funkcij jedra ^3He in nevtronskih spinsko odvisnih vsotnih pravil pri nizkih prenosih gibalne količine (*Sulkosky et al., Phys. Lett. B, 2020*). Dokončali in objavili smo tudi analizo eksperimenta, pri katerem smo raziskovali jedrsko dinamiko večdelčnih sistemov z meritvijo sipalnih presekov za procese $^3\text{H}(e,e'p)pn$ in $^3\text{He}(e,e'p)pn$ pri visokih prenosih gibalne količine ter $x_{\text{Bj}} > 1$ (*Cruz-Torres et al., Phys. Rev. Lett., 2020*). Končana je tudi analiza naše meritve inkluzivnih sipalnih presekov na izotopih ^{48}Ca in izotopih ^{40}Ca (*Nguyen et al., Phys. Rev. C, 2020*): s primerjavo odvisnosti presekov od x_{Bj} za jedro ^{48}Ca s tistimi za jedro ^{40}Ca v kinematičnem območju, kjer prevladujejo korelacije kratkega dosega (SRC), smo razvili nov način za študij izospinske strukture SRC v izotopih Ca.

Leta 2020 je bil poleg epidemije v Laboratoriju za jedrsko astrofiziko glavni dogodek pridobitev in začetek izvajanja evropskega projekta H2020 EU CleanHME (Clean Hydrogen Metal Energy), pri katerem sodelujemo s 14 člani konzorcija pri raziskavah in aplikacijah nizkoenergijskih jedrskih reakcij v sistemih vodik-kovina in plazma. Projekt se je začel z velikim zanosom. Zagonski sestanek projekta je potekal med 23. in 25. septembrom na Univerzi v Szczecinu.

Vzporedno z izgradnjo Evropskega centra za raziskave z ioni in protoni FAIR, ki je eden od največjih projektov za temeljne raziskave v svetu, že poteka faza 0 raziskovalnega programa



Slika 1: Nov plinski tarčni sistem v obliki hipersoničnega curka kolaboracije A1 na Mikrotronu v Mainzu (MAMI), ki bo v naslednjih letih omogočal visokoprecizijske študije jeter z elektroni.



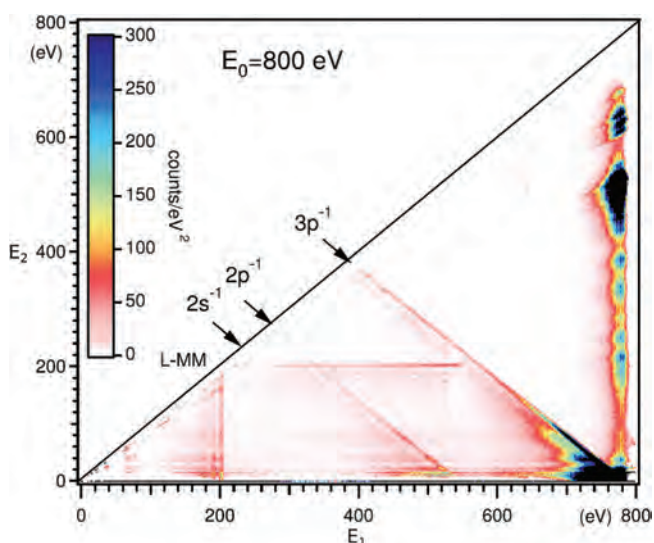
Slika 2: Postavitev eksperimenta DeSpec na FAIR za merilni cikel 2019/2020

na obstoječih pospeševalniških kapacitetah GSI (Darmstadt, Nemčija). Pretežno smo usmerjeni v fizikalni program NUSTAR, torej v študij jedrske strukture in reakcij eksotičnih atomskih jeder, ključnih pri oblikovanju snovi v vesolju. Močneje smo vpeti v dve skupini: HiSpec/DeSpec in SuperFRS. Z eksperimenti visokoločljive spektroskopije in spektroskopije v žarku HiSpec/DeSpec odgovarjamo na osnovna vprašanja o jedrski strukturi in astrofiziki na mejah jedrskega obstoja. V okviru optimizacije podslopa BGO za detektorski sistem DEGAS smo nadaljevali razvoj elektronskih sklopov za zajem scintilacijskega signala in dognali optimalno konfiguracijo fotodiod. Sodelovali smo v ključnem otvoritvenem eksperimentu faze 0 FAIR z meritvijo strukture najtežjih jeder z izospinsko simetrijo $N=Z$. Intenzivno smo se vključili tudi v razvoj instrumentacije za projekt HISPEC-10, ki je namenjen predvsem študiju kratkoživih in kemijsko inertnih ionov. Osrednji inštrument kolaboracije NUSTAR je trenutno magnetni ločevalnik ionskih fragmentov FRS inštituta GSI; v dograjenem FAIR ga bo nadomestil zmogljivejši superprevodni SFRS. To bo edini magnetni spektrometer na svetu, ki bo lahko ločeval intenzivne visokoenergijske žarke ionov kateregakoli elementa, vse do urana. Masno selektivnost mu še za nekaj velikostnih redov izboljša dodatni masni spektrometer na čas preleta. Slednjemu smo v programski skupini dogradili stabilizacijski monitor za elektrostatske leče in prvič dosegli masno ločljivost 1.000.000, ki je svetovni rekord v ločljivosti tovrstnih ionskih spektrometrov na čas preleta. Udeležili smo se eksperimentov, v katerih smo prvič izmerili masi osnovnega stanja izotopov Pd-93 in As-69. Opazili smo tudi eksotični razpad jadra Br-69 in podoben razpad doslej nepoznanega izotopa Rb-73. Za nove nuklide smo preiskali območje ob jedru Pb-208 in vzdolž $N=126$. V kolaboraciji R3B smo izgradili in okarakterizirali 60 detektorskih elementov scintilacijskega kalorimetra CALIFA.

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. Laboratoriji, ki se ukvarjajo z dozimetrijo ionizirajočega sevanja, so akreditirani po standardu SIST EN ISO/IEC 17025. V okviru akreditacije smo v letu 2020 uspešno sodelovali pri mednarodnih interkomparacijah in pri teh aktivnostih izkazovali vrhunsko usposobljenost. Naši rezultati na mednarodnih interkomparacijah se redno uvrščajo med najboljših 5 % vseh sodelujočih institucij. Tudi zato smo večkrat povabljeni k pripravi in karakterizaciji referenčnih materialov. V letu 2020 smo skupaj s škotsko-avstrijskim partnerjem pripravili 460 vzorcev v 89 kompletih za štiri mednarodne interkomparacije ter vzorce karakterizirali in testirali v skladu z

zahtevnimi mednarodnimi standardi. V interkomparacijah je sodelovalo 62 laboratorijev iz 14 držav s petih celin.

V letu 2020 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 projektu *Preparedness - Metrologija meritev ionizirajočega sevanja s prenosnimi sistemi po sevalnem izrednem dogodku* v okviru razpisa EMPIR 2016. IJS v sodelovanju z UPC, Barcelona, Španija, razvija kotno občutljiv detektor žarkov gama, ki bo vgrajen na avtonomni helikopter. V letu 2020 smo začeli vzorčiti in analizirati podzemne, termalne, padavinske in površinske vode na vplivnem območju zajeze Save za HE Mokrice v okviru projekta *Kakovostni in količinski monitoring podzemne vode na vplivnem območju zajeze za HE Mokrice*. Namen projekta je ugotoviti stanje okolja pred začetkom gradnje HE Mokrice. Naša skupina pri nalogi sodeluje pri ugotavljanju koncentracije aktivnosti ^3H in skupne vsebnosti sevalcev alfa in beta v vodah iz vrtin na območju gradnje HE Mokrice. Nadaljevali smo študij pojavnosti organsko vezanega tritija in ^{14}C v različnih kopenskih in vodnih organizmih v okolici NEK in na referenčnih lokacijah. V letu 2020 smo v Nacionalnem laboratoriju za dozimetrične



Slika 3: Izmerjena porazdelitev frekvence parov elektronov z energijo E_1 in E_2 , ki jih oddajo atomi argona pri obstreljevanju z elektroni kinetične energije 0,8 keV (Ž. Barba in sod., *Rev. Sci. Instrum.* 91, 073108 (2020)).

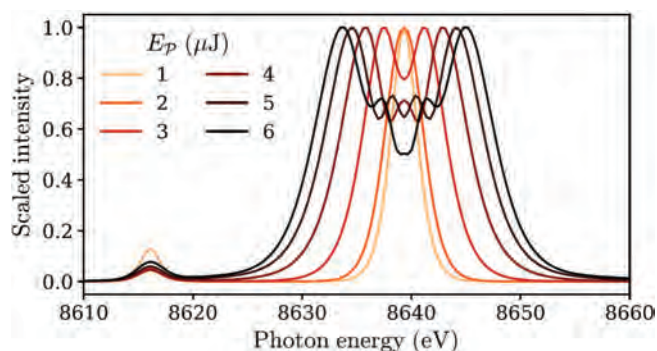
standarde zamenjali radioaktivna vira, ^{137}Cs in ^{60}Co . Z novima viroma smo povečali jakosti polja ionizirajočega sevanja pri ^{137}Cs za faktor 5, pri ^{60}Co pa za faktor 30.

V letu 2020 smo uspešno zaključili projekt ENRAS (polno ime projekta: *Zagotavljanje varnosti intervencijskih ekip v primeru jedrskih ali radioloških nesreč*) v okviru Programa čezmejnega sodelovanja Interreg V-A Slovenija – Hrvaška 2014–2020. Pri projektu sodelujejo IJS kot vodilni partner, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada – IMI iz Zagreba in Gasilska zveza Slovenije. Namen projekta je razvoj čezmejnega sodelovanja na področju zagotavljanja varnosti in usposobljenosti civilne zaščite v primeru jedrske ali radiološke nesreče. Skupno smo v okviru projekta usposobili za intervencije v primeru radiološke nesreče 800 gasilcev v Sloveniji in na Hrvaškem, na skupnih vajah pa je bilo prisotnih 290 gasilcev z obeh strani meje. Tako smo izpolnili vse cilje projekta in postavili temelje za nadaljevanje izobraževanja interventnih delavcev.

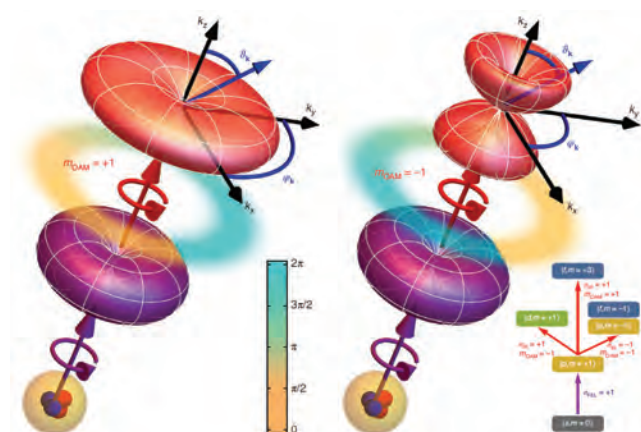
Na področju raziskav v atomski, molekularni in optični fiziki smo v domačem laboratoriju dokončali izdelavo unikatnega instrumenta za raziskave elektronskega sipanja na plinih. Magnetno steklenico smo sklopili s sunkovnim virom elektronov in demonstrirali njegovo delovanje z meritvijo sipanja elektronov s kinetično energijo 0,8 keV na argonu. Izmerili smo porazdelitev energije parov elektronov pri ionizaciji zunanjih lupin atoma in o tem poročali (*Barba et al., Rev. Sci. Instrum., 2020*). Obstoječa postavitev omogoča detekcijo vseh elektronov, ki jih izsevajo atomi pri vzbujanju z elektroni in s tem učinkovite vzporedne meritve mnogih razpadnih kanalov.

V letu 2020 smo sodelovali tudi pri raziskavah s sinhrotronsko svetlobo. Pri dveh vrzelih v različnih lupinah atoma običajno globlja vrzel razpade najprej, razen v primeru, ko zunanja vrzel razpada s Coster-Kronigovim razpadom. S francoskimi raziskovalci smo na sinhrotronu Soleil raziskovali razpad $1s2s2p6(3s/3p)$ stanj v ionih Ne^+ , kjer za prvenstvo tekmujeta razpada vrzeli 1 s in 2 s. Iz elektronskih spektrov, posnetih z magnetno steklenico, smo določili razmerje obeh razpadnih poti (*Jänkälä et al., Phys. Rev. A, 2020*). S sinhrotronsko svetlobo smo opazovali tudi enofotonsko absorpcijo v benzenu, kjer hkrati z ionizacijo molekule (odleti elektron iz lupine K na atomu ogljika) pride do dodatne vzbuditve drugega elektrona v tako imenovana stanja K^2V v molekuli. (Augerjevi) spektri, ki smo jih posneli z magnetno steklenico, imajo bogato strukturo, ki smo jo pojasnili z računi DFT in Hartee-Fock (*Carniato et al., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys., 2020*). S sodelavci smo objavili do sedaj najnatančnejše izmerjene Augerjeve spektre KLL, ki jih izsevajo atomi argona pri ionizaciji lupine K s sinhrotronsko svetlobo. Eksperimentalne rezultate spremlja podrobna analiza spektrov, kjer smo prispevali lastne izračune. Meritve so bile izvedene pri dveh fotonskih energijah (3216 eV in 3400 eV), tako da je mogoče razlikovati med Augerjevimi spektri, ki jih izsevajo satelitska stanja pri pripravi začetnega stanja z vrzeljo v lupini K, ter prispevki shake-up, ki se pojavijo pri Augerjevem razpadu enostavnih vrzeli K (*Püttner et al., Phys. Rev. A, 2020*).

Na področju teoretičnih raziskav z lasersko svetlobo na področju XUV in rentgenskih valovnih dolžin smo izboljšali modeliranje samosprožene stimulirane emisije. Ena izmed težav pri običajni simulaciji procesa z Maxwell-Blochovimi enačbami je pravilna obravnava spontane emisije. Izračunali smo emisijski spekter $\text{Zn K}\alpha$, pri čemer smo v prvem delu propagacije za opis spontane emisije uporabili kvantne korelacijske funkcije, v drugem delu, kjer spontani prispevek postane zanemarljiv glede na stimulirano sevanje, pa običajni pristop. V objavi napovedujemo Autler-Townesov razcep pri vzbujanju z attosekundnimi sunki močne svetlobe, ki so jih pred kratkim generirali z laserjem na proste elektrone LCLS (*Krušič et al., Phys. Rev. A, 2020*). Znano je, da fotoni nosijo omejeno spinsko vrtilno količino, manj znano pa je, da ima lahko fotonski žarek tudi neomejeno tirno vrtilno količino. Ta je odvisna od azimutalne odvisnosti faze elektromagnetnega valovanja v ravnini prečno glede na smer razširjanja valovanja. V paraksialnem približku sta obe vrsti vrtilnih količin dobro določeni. V sodelovanju z raziskovalci z Univerze v Novi Gorici nam je z meritvijo dikroizma uspelo pokazati, da se tirna vrtilna količina iz zavrnjenega žarka IR svetlobe lahko prenese na posamezen elektron, ki ga odda atom pri ionizaciji z nezavrteno svetlobo XUV (*De Ninno et al., Nature Phot., 2020*). Ugotovitev utegne biti tehnološko pomembna, ker omogoča kontrolirano tvorbo kratkotrajnih in lokaliziranih magnetnih



Slika 4: Izračunana spektralna jakost sevanja, ki ga v smeri vpadnega žarka svetlobe odda 5 μm dolga cinkova tarča pri prehodih $\text{K}\alpha_1$ (~8639 eV) in $\text{K}\alpha_2$ (~8616 eV) pri različnih energijah vzbujevalnega sunka svetlobe. Pri velikih jakostih svetlobe izračun napoveduje Autler-Townesov razcep samosprožene stimulirane emisije $\text{K}\alpha_1$. (Š. Krušič in sod., PRA 102, 013102 (2020)).



Slika 5: Napovedana sprememba kotne porazdelitve fotoelektrona po absorpciji fotona iz curka infrardeče svetlobe s tirno vrtilno količino (OAM) +1 ali -1 (rdeča puščica). Helijev atom, iz katerega izvira fotoelektron, je v verteksu svetlobnega žarka. Primarno ionizacijo povzroči foton cirkularno polarizirane svetlobe VUV iz laserja na proste elektrone (vijolična puščica). Učinek, ki smo ga opazili pri poskusu, ni tako izrazit zaradi prostorske razmazanosti helijeve tarče. (G. De Ninno in sod., Nature Photonics 14, 554 (2020)).



Slika 6: Instalacija novega detektorja rentgenskih žarkov s prečnim zbiranjem naboja (angl. Silicon Drift Detector) na pospeševalniku IJS. Štirje segmenti detektorja so postavljeni v anularni geometriji in pokrivajo ekstremno velik detekcijski prostorski kot 1 steradiana.

polj. V letu 2020 smo dokončali in objavili tudi analizo časovno občutljivih meritev fluorescenčnih spektrov, ki jih izseva atom helija pri prehodu $1s3p \rightarrow 1s2s$. Vzbuditev začetnega stanja s sunkom svetlobe laserja na proste elektrone FERMI je bila časovno ostro določena, fluorescenco pa smo opazovali s tako imenovano streak kamero, ki detektira fotone s časovno ločljivostjo nekaj ps. Opazili smo utripanje signala, ki nastane zaradi Zeemanovega razcepa začetnih stanj v močnem magnetnem polju, ki vlada v tarči, ko zbiramo elektrone z magnetno steklenico (*LaForge et al., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys., 2020*).

Razvili smo napredni teoretični postopek za izračun amplitud in presekov za večfotonsko ionizacijo atomov in preprostih molekul (*Mihelič in Horvat, sprejeto v objavo v Phys. Rev. A*). Postopek temelji na metodi ECS (angl. exterior complex scaling) in omogoča ekstrakcijo zanesljivih ionizacijskih amplitud iz dela prostora, ki ga kompleksna transformacija koordinat ohrani nespremenjenega. Razviti postopek zaobide težave, na katere naletimo pri računskih shemah, temelječih na projekciji na transformirane kanalske valovne funkcije, numerični ekstrapolaciji velikosti simulacijskega volumna ali numerični ekstrapolaciji regularizacijskih parametrov, in tako poenostavi teoretični opis resonančnih procesov, kot sta denimo resonantno ojačana večfotonska ionizacija ali dvojno resonantna dvofotonska ionizacija.

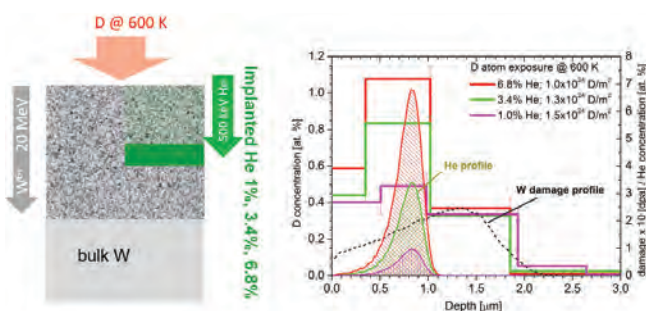
Uporabili smo Mössbauerjevo spektroskopijo, podprto s tehnikami XRD, SEM, TEM, NMR, SQUID, EPR, in EXAFS, za raziskovanje lastnosti magnetnih nanodelcev, vzorcev iz okolja in katalizatorjev. Prispevali smo k razumevanju transformacije $\alpha \rightarrow \epsilon$ Fe_2O_3 (*Tadić et al., Acta Mat., 2020*) zaradi povečane površinske energije votlih nanodelcev hematita z zelo veliko površino. Torej, ob upoštevanju velike površine votlih nanodelcev α - Fe_2O_3 postane termodinamsko nestabilna faza. Pokazali smo nastanek in stabilizacijo nanostruktur ϵ - Fe_2O_3 z anizotropno obliko in visoko koercitivnostjo ~ 20 kOe, kar je ena od ključnih lastnosti za uporabo za magnetne pomnilniške medije in shranjevanje podatkov z visoko gostoto.

Raziskovali smo vpliv količine Fe v fazah materiala katalizatorja Cu - Fe in njegov vpliv na oksidacijo ogljikovega monoksida (CO) v tokovih reaktantov, bogatih s H_2 (*Dasireddy et al., RSC advances, 2020*). Stopnja oksidacije Fe-ionov z različno zasedenostjo bakra ali železa ni bila spremenjena. Poleg tvorbe faze CuFe_2O_4 smo ugotovili, da sta Fe in Cu vgrajena v prenasočeno trdno raztopino Cu-Fe, ki je izboljšala oksidacijsko aktivnost CO, pri čemer sta bila ogljikov dioksid in voda selektivno proizvedena z visoko katalitično aktivnostjo v osiromašenih vodikovih tokovih.

Na področju uporabnih raziskav za izboljšave litij-žvepljenih baterij smo aktivni z visokoločljivostno rentgensko spektroskopijo. V tej vrsti baterij se žveplo med praznjenjem reducira prek posebnega mehanizma, kjer se aktivni material zaporedoma raztopi v elektrolitu in tvori litijeve polisulfide (Li_2S_x), pri čemer je x funkcija stanja napolnjenosti. S spektroskopijo vzorcev litijevega polisulfida smo opazovali predvrh v okolici absorpcijskega roba K v žveplu in potrdili teoretično napoved, da je njegov relativni pridelek odvisen od dolžine polisulfidne verige (*Robba et al., J. Phys. Chem. Lett., 2020*). Na področju rentgenske spektroskopije smo objavili še analizo satelitskih in hipersatelitskih prispevkov k emisijski črti Ka pri ionizaciji titana z alfa delci kinetične energije 3-5 MeV (*Kavčič et al., Nucl. Instr. Meth. B, 2020*). Glavna motivacija za te meritve je izboljšanje analize spektrov rentgenske svetlobe, ki jih z alfa žarki izvaja spektrometer APXS na vozilu Curiosity na Marsu.

V okviru raziskav prašenja v evropskem projektu EUMET-AEROMET smo preiskali delovanje nizkokcenovnega optičnega aerosolnega senzorja GP2Y1010AU0F v treh različnih okoljih: čisti sobi, v nadzorovani atmosferi z znano velikostno porazdelitvijo aerosolov ter v mestnem okolju, onesnaženem s prometom. Zbrani podatki o senzorju so bili uporabljeni za napovedovanje senzorskega odziva pri meritvah v realnem okolju, ki smo ga hkrati spremljali s kalibriranim števcem optičnih delcev (*Bučar et al., Sensors, 2020*). Z raziskavo smo raziskali omejitve in zanesljivost nizkokcenovnih senzorjev prašnih delcev, ki zagotavljajo podatke na velikem številu merilnih mest in z veliko časovno ločljivostjo, in so alternativa dragim in za uporabo zahtevnim profesionalnim instrumentom z mnogo nižjimi vzorčevalnimi zmogljivostmi.

V laboratoriju za fuzijske raziskave, ki deluje v konzorciju EUROfusion znotraj delovnega paketa *Priprava učinkovitih komponent za izpostavitve plazmi za delovanje ITER in DEMO*, smo raziskali vpliv helija (He) na zadrževanje in transport devterija (D), ko je He implantiran v notranjosti volframa (W). V prihodnjih fuzijskih napravah bo He nastajal v fuzijski reakciji med devterijem in tritijem, v jedrskih reakcijah med



Slika 7: Levo je prikazana shematska slika postopka obstreljevanja z ioni W/He in D izpostavitve volframovih vzorcev. Vzorce smo izpostavili devterijevi plazmi (D) pri 600 K, da bi zasedli vse nastale strukturne defekte v volframu. Desno so prikazani globinski koncentracijski profili devterija, izmerjeni na koncu D izpostavitve. Črtano območje prikazuje izračunan globinski profil implantiranega He, črtkana črta pa izračunan profil poškodb zaradi obstreljevanja z W. Najvišja koncentracija D sovpada z najvišjo koncentracijo He in se povečuje s koncentracijo He (*Markelj in sod., Nucl Fusion 60 (2020) 106029*).

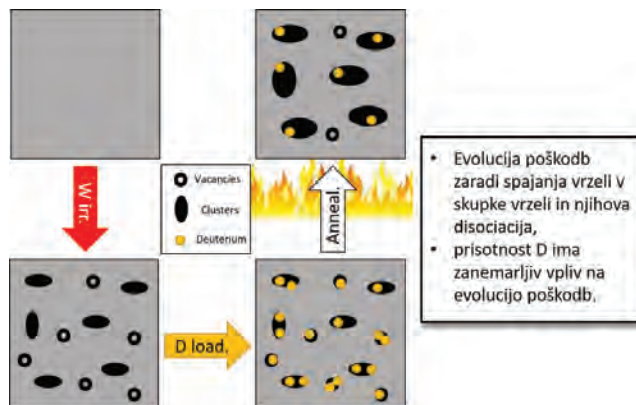
jedri materialov v stenah fuzijskih reaktorjev in nevtroni ter posredno z razpadom tritija. V ta namen je pomembno vedeti, kako prisotnost He vpliva na zadrževanje izotopov vodika v fuzijskih napravah. Študijo smo izvedli na Mikroanalitskem centru, kjer smo z analizo jedrske reakcije spremljali dinamiko absorpcije D z merjenjem globinskih profilov D *in situ* med izpostavitvijo D atomom in po njej (Markelj et al., Nucl. Fusion, 2020). Vrh koncentracije D je bil izmerjen na položaju največje koncentracije helija, kot je prikazano na sliki. Pokazali smo, da se zadrževanje D linearno povečuje s koncentracijo He v razmerju $D / He = 0,29$. Iz te študije bi lahko skleпали, da prisotnost helija v stenah prihodnje fuzijske naprave ne bo znatno vplivala na zadrževanje D v W, saj zadrževanje na defektih v W, ustvarjenih z nevtronskim obstreljevanjem, močno prevlada. Na območjih z visokimi toplotnimi tokovi se v volframski steni poškodbe v materialu izničijo, koncentracija helija pa lahko doseže visoke vrednosti, tako da zadrževanje goriva, ki se veže na He v rešetki, prevlada druge prispevke.

V ločeni študiji smo obravnavali učinek D na pregrevanje poškodb v kristalni rešetki (Pečovnik et al., Nucl. Fusion, 2020). Vzorce volframa smo zaporedno obsevali z ioni energije 20 MeV pri sobni temperaturi in izpostavili nizkotemperaturni D plazmi pri 370 K, da smo zasedli nastale napake z D. Za proučevanje razvoja nastalih napak, pri katerih je bil prisoten D, smo vzorce segreli na zelene temperature med 400 K in 1000 K ter jih imeli tam 2 uri. Shema eksperimentalnega postopka je prikazana na sliki 2. Ugotovili smo, da je vpliv D na razvoj poškodb v kristalni rešetki zelo majhen za izbrani čas pregrevanja in izbrane temperature. Predstavili smo tudi kinetični model za opis absorpcije in desorpcije vodika iz volframa pri različnih pokritostih površine (Hodille et al. Nucl. Fusion, 2020). Aktivacijske energije za absorpcijo vodika v notranjost in desorpcijo s površine volframa smo opisali s funkcijami, ki so odvisne od površinske pokritosti volframa z vodikom. S tem pristopom smo lahko uspešno opisali izmerjene eksperimentalne rezultate o absorpciji in zadrževanju D v strukturno poškodovanem volframu. Model smo uporabili za ekstrapolacijo od laboratorijskih razmer k razmeram, ki bodo vladale ob stenah fuzijskih reaktorjev.

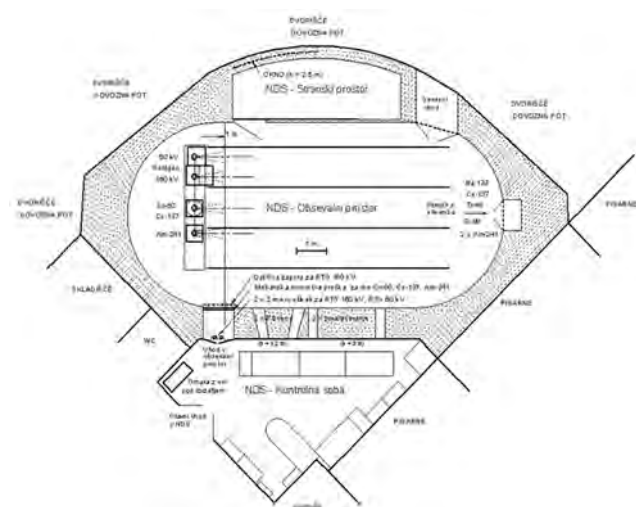
Na tandemskem pospeševalniku Mikroanalitskega centra smo v letu 2020 kljub težavam zaradi omejene mobilnosti in pandemije uspešno zagotavljali žarkovni čas uporabnikom visoko energijskih ionskih žarkov, saj smo jim omogočili skupaj 3000 žarkovnih ur.

Izvajali smo vrsto meritev z metodo mikro-PIXE na področju biologije. S sodelavci iz Nemčije smo proučevali lokalizacijo elementov v razvijajočem se zrnu ječmena (Detterbeck et al., Journal of Food and Agricultural Chemistry, 2020) in lokalizacijo Pb v listih rastlin (Höreth et al., New Phytologist, 2020). S sodelavci iz Velike Britanije smo proučevali lokalizacijo P v koreninah (Pongrac et al., BMC Plant Biology, 2020) in genetske odzive rastlin na kombinacijo P in Zn v koreninah (Pongrac et al., Frontiers in Plant Science, 2020). S sodelavci iz Španije smo ovrednotili lokalizacijo Al in drugih elementov v listih čajevca (Pongrac et al., Food and Chemical Toxicology, 2020). V okviru projekta ARRS Raziskave ionoma kulturnih rastlin za pridelavo varne in kakovostne hrane smo s tehnikami na osnovi sinhrotronske svetlobe mikro-XRF na sinhrotronu ESRF v Grenoblu proučevali lokalizacijo kalcija v zrnih fižola (Cominelli et al., Food Chemistry, 2020) in v kombinaciji z analizami XANES raziskali porazdelitev in vezavne oblike Fe v zrnu pšenice (Pongrac et al., Plants, 2020). Na sinhrotronu Elettra v Trstu smo proučevali prerazdelitev in vezavne oblike Fe pri diploidnih in tetraploidnih vrstah pšenice. Proučevali smo tudi vpliv Se na privzem Hg v prehranjevalno verigo polža lazarja (Kavčič et al., Food and Chemical Toxicology, 2020).

Na sinhrotronu ALBA v Španiji smo z metodo EXAFS proučevali razgradnjo nanodelcev srebra z ovoji iz PVP, citrata in PEG v tkivih solate (Torrent et al., Journal of Hazardous Materials, 2020, IF=9,5). Proučevali smo tudi vpliv suše na nastajanje Ca kristalov v tkivih ajde (Gaberščik et al., Plants, 2020) in vpliv Si na optične lastnosti listov rušnate masnice (Grašič et al., Biologia Plantarum, 2020). V sodelovanju z odsekom za Tehnologijo površin in optoelektroniko IJS (F4) smo začeli raziskovati vpliv nizkotlačne hladne plazme na morfologijo, genetiko in



Slika 8: Na sliki je prikazan postopek eksperimenta pregrevanja, kjer smo volframove vzorce najprej obstreljevali z visokoenergijskimi ioni volframa, da smo ustvarili poškodbe v kristalni rešetki. Sledilo je izpostavljanje deuterijevi plazmi pri kontrolirani temperaturi, da bi proučili proces razvoja strukturnih defektov ob prisotnosti deuterija v rešetki volframa. Rezultati študije so pokazali, da ima prisotnost D zanemarljiv vpliv na evolucijo poškodb pri segrevanju (Pečovnik in sod., Nucl Fusion 60 (2020) 106028).



Slika 9: Nacionalni laboratorij za dozimetrične standarde (NDS) na IJS: obevalno polje z betonskim ščitom in komandno sobo, ki zagotavlja nacionalni etalon za ionizirajoče sevanje pri Uradu za meroslovje Republike Slovenije. V letu 2020 smo obevalno polje opremili z novima sevalnima viroma ^{137}Cs in ^{60}Co .



Slika 10: Manipulacija novega vira ^{137}Cs v vroči celici Reaktorskega centra IJS. V letu 2020 smo vstavili dva visokoaktivna vira ^{137}Cs in ^{60}Co v obsevalno napravo Nacionalnega laboratorija za dozimetrične standarde in tako zagotovili prenovo sevalnega polja nacionalnega etalona za ionizirajoče sevanje.

fiziologijo semen (*Starič et al., Plants, 2020*). V sodelovanju s Kemijskim inštitutom smo proučevali parametre za ločevanje med konvencionalno in ekološko pridelavo radiča (*Sinkovič et al., Food and Chem. Tox., 2020*), v sodelovanju z Odsekom za znanosti o okolju IJS (O2) pa geografsko poreklo slovenskega mleka na podlagi izotopske in elementne sestave (*Potočnik et al., Food Chemistry, 2020*). V okviru projekta ARRS z nazivom *Lokalno pridelana ajda kot surovina za proizvodnjo kakovostnih živil* smo elementno mikroskopijo mikro-PIXE uporabili za določitev tkivno specifične razporeditve elementov v zrnju tatarske ajde (*Pongrac et al., Fagopyrum, 2020*) in raziskovali hranilno sestavo ajde v povezavi z antiviralnimi učinki (*Luthar et al., Plants, 2020*).

Izpeljali smo virtualno dvodnevno (14. in 15. 9. 2020) mednarodno konferenco ICNMTA2020 (17th International Conference on Nuclear Microprobe Technology and Applications), ki se je udeležilo 151 raziskovalcev iz 29 držav s šestih celin. Poslušali so 21 vabljenih predavanj, 26 predstavitev in si ogledali 20 posterjev.

Žarkovno linijo z ionskim mikrožarkom smo nadgradili z novim in edinstvenim SDD-detektorjem, ki se ponaša s štirimi segmenti in pokriva prostorske kot 1 strd. Detektor omogoča vrhunsko kvantitativno elementno analizo organskih in anorganskih vzorcev v posušenem ali zamrznjenem stanju na ravni (sub)mikrometra. Zaradi velikega prostorskega kota smo hitrost elementnega slikanja z mikro-PIXE pospešili meritve za faktor 10. Oblikovanje tega detektorja je bilo zelo zahtevno, saj je bilo nujno treba upoštevati obstoječo geometrijo merilne komore glede na ionski žarek. Pri tem je bilo treba glavo detektorja upogniti na 45°. Tovrsten izziv je prevzelo podjetje PNDetector, nakup detektorja pa je delno financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (Javni razpis za sofinanciranje nakupov raziskovalne opreme; Paket 17).

Ionsko mikroskopijo na pospeševalniku IJS smo kombinirali z nizom komplementarnih tehnik v partnerskih laboratorijih, med drugim s helijevim ionskim mikroskopom v Helmholtzovem centru Dresden-Rossendorf (HZDR) v okviru projekta Helmholtzovega evropskega partnerstva CROSSING, ki ga v obdobju 2019–2024 izvaja šest odsekov IJS in štirje inštituti na HZDR.

Na področju arheometričnih raziskav smo tudi leta 2020 največ pozornosti posvetili raziskavam stekla, vendar smo se tokrat osredotočili na steklo poznoantičnega in zgodnje bizantinskega obdobja. Objavili smo študijo o steklu z najdišča Korinjski hrib v Suhi krajini. V nemirnih časih preseljevanja ljudstev je bil kraj na tromeji treh rimskih provinc in ga je zelo verjetno zasedala bizantinska vojaška posadka. To stanje se odraža tudi v tipih najdenega stekla, ki so podobni tistim na najdiščih v osrednjem Balkanu. Sestavo stekla na tem območju smo pokazali z analizami stekla s poznoantičnega najdišča Gradina na Jelici v Srbiji. V načrtu imamo še nadaljnje analize poznoantičnega stekla, s katerimi bi radi ugotovili trgovske povezave v tem obdobju. Analizirali smo tudi steklene fragmente z najdišča Pržanj pri Ljubljani in ugotovili, da gre v večini za poznoantično (rimsko) natronovo steklo, v enem primeru pa za novoveško kalijevo steklo. Rezultati še niso objavljeni.

Z analizo kovin smo dokončali obsežno študijo o malih keltskih srebrnikih z območja Slovenije. Pri tem smo naleteli na omejitve pri tehnikah, ki jih omogoča obsevanje s protoni, saj ti prodrejo le nekaj deset mikrometrov globoko v snov, srebrove zlitine pa so na površini običajno bolj srebrne kot znotraj predmeta. Meritve smo zato opravili z obsevanjem s hladnimi nevtroni na reaktorju v Budimpešti, ki presvetlijo celoten predmet. S tem smo lahko določili čistost srebra v celotnem vzorcu in ugotovili, da lahko novce razdelimo v dve grobi skupini. To si razlagamo z dvema časovno različnima fazama kovanja, za kateri je značilna uporaba manj kakovostne kovine v poznejšem obdobju. Izvedli smo tudi zanimivo študijo avtentičnosti predmetov iz muzeja Arceo Norico (sicer v zasebni lasti). Za pet od sedmih predmetov se je izkazalo, da so avtentični ali iz avtentičnih antičnih zlitin, za dva pa smo ugotovili, da sta sodobna ponaredka.

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. ICNMTA2020, 14.–15. 9. 2020, virtualno

Patent

1. Larisa Hosnar, Matjaž Vencelj, Klemen Bučar, Janez Burger, Angle-sensitive gamma camera with a rotary obstruction, GB2530574 (B), Intellectual Property Office, 2. 12. 2020

MEDNARODNI PROJEKTI

- CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.
prof. dr. Primož Pelicon
- EMPIR; Preparedness - Metrologija meritev ionizirajočega sevanja s prenosnimi sistemi po sevalnem izrednem dogodku
EURAMET e.V.
dr. Toni Petrovič
- EMPIR; AEROMET - Metrologija aerosolov za znanost o atmosferi in za kvaliteto zraka
EURAMET e.V.
prof. dr. Matjaž Žitnik
- 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
- COST CA16117 - ChETEC; Kemijski elementi kot sledniki evolucije Vesolja
COST Office
prof. dr. Matej Lipoglavšek
- Okrepitev jedrskih analizičnih 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 fluorescenco 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
- EMPIR Programme 2020 - 2027;
CLARIN ERIC
mag. Denis Glavič Cindro
- H2020 - CONCERT; Evropski Skupni Program za združevanje raziskav na področju varstva pred sevanjem
European Commission
doc. dr. Benjamin Zorko
- 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 - EUROfusion; Komponente v stiku s plazmo-1-IPH-FU, EUROfusion
European Commission
doc. dr. Sabina Markelj
- H2020 - EUROfusion; Izobraževanje-ED-FU
European Commission
prof. dr. Primož Pelicon
- H2020 - TissueMaps; Elementno slikanje človeškega tkiva: podpora kliničnim terapijam in razvoj nove diagnostike
European Commission
prof. dr. Primož Pelicon
- Študij porazdelitve šibkega 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

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
- 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

- Proženje prepovedanih pojavov z zavirami žarki svetlobe in delcev
prof. dr. Matjaž Žitnik
- Redoks aktivni organski materiali za shranjevanje električne energije
prof. dr. Matjaž Kavčič
- Raziskave ionoma kulturnih rastlin za pridelavo varne in kakovostne hrane
prof. dr. Katarina Vogel-Mikuš
- Stabilni izotopi pri študiju vpliva naraščajoče koncentracije CO₂ na kroženje C in Hg v obalnem morju
prof. dr. Katarina Vogel-Mikuš
- Tri-dimenzionalna razporeditev mineralnih hranil v listih rastlin
doc. dr. Paula Pongrac
- Napredne tehnologije obdelave individualiziranih 3D tiskanih implantatov za preprečevanje bakterijskih okužb
Esther Punzon Quijorna, PhD.
- 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
- Lokalno pridelana ajda kot surovina za proizvodnjo kakovostnih živil
prof. dr. Primož Pelicon
- Inovativna konfiguracija virov induktivno sklopljene plinske plazme za uporabo v industrijskih reaktorjih
dr. Marko Petric
- PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)
prof. dr. Primož Pelicon
- ENRAS: Zagotavljanje varnosti intervencijskih ekip v primeru jedrskih ali radioloških nesreč
Boštjan Črnič, mag. med. fiz.
- Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Primož Pelicon
- Kalibracije
mag. Matjaž Mihelič
- Razne analize; Referenčni materiali
dr. Jasmina Kožar Logar
- Meritve C-14
dr. Romana Krištof

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Letna naročilnica - Meritve plinastih efluentov - Specifične analize H-3 in C-14 v letu 2020
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
doc. dr. Benjamin Zorko
2. Vzdrževanje pripravljenosti izrednega monitoringa radioaktivnosti ELME 2020-2023
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
doc. dr. Benjamin Zorko
3. Monitoring radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji za leto 2020
Ministrstvo za okolje in prostor
doc. dr. Benjamin Zorko
4. 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

5. 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
6. Izvedba monitoring radioaktivnosti pitne vode za leti 2020 in 2021 (SKLOP 2)
Ministrstvo za zdravje
doc. dr. Benjamin Zorko
7. Izvedba meritev skupne aktivnosti sevalcev alfa in beta v pitni vodi
Ministrstvo za zdravje
dr. Jasmina Kožar Logar
8. Kakovostni in količinski monitoring podzemne vode na vplivnem območju zajebe za HE Mokrice
IRGO Consulting, d. o. o.
doc. dr. Benjamin Zorko

OBISKI

1. dr. Geoffrey Grime, Univerza v Surrey, Guildford, Surrey, Združeno kraljestvo, 13.-16. 1. 2020
2. dr. Mira Aničič Urošević, Inštitut za fiziko, Beograd, Srbija, 22.-28. 3. 2020
3. Abdulghani Shakhshiro, IAEA, Dunaj, Avstrija, 21.-23. 8. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Primož Vavpetič: Slovenski Tandetron, pogled od daleč in blizu, 12. 6. 2020
2. Kristina Isaković: Update of the external PIXE beamline, 22. 9. 2020
3. Žiga Brenčič: Physics model of a high-resolution heavy-ion mass spectrometer, 18. 11. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Iztok Arčon, Paula Pongrac, Katarina Vogel Mikuš, ESRF, ESRF User Meeting 2020, Grenoble, Francija, 2.-6. 2. 2020
2. Tilen Breclj, Denis Glavič Cindro, Petra Osterman, Benjamin Zorko: CZR Domžale, usposabljanje ENRAS, Domžale, 20. 1. 2020
3. Tilen Breclj, Sandi Gobec, Petra Osterman, Toni Petrovič, Branko Vodenik, PGD Ilirska Bistrica, PGD Postojna, usposabljanje ENRAS, Domžale, 28.-29. 1. 2020
4. Tilen Breclj, Miha Mihovilovič, GD Ljubljana, usposabljanje ENRAS, Ljubljana, 3. 2. 2020
5. Tilen Breclj, Miha Mihovilovič, PGD Trebnje, usposabljanje ENRAS, Trebnje, 4. 2. 2020
6. Tilen Breclj, Boštjan Črnič, Denis Glavič Cindro, Sandi Gobec, Miha Mihovilovič, Petra Osterman, Toni Petrovič, Klara Poiškruh, Branko Vodenik, Benjamin Zorko, RC IJS, vaja RUME2020, Brinje, 19. 6. 2020
7. Boštjan Črnič, Živa Habjanič, Klara Poiškruh, Benjamin Zorko, EURADOS, EURADOS AM 2020, Firenze, Italija, 26.-31. 1. 2020
8. Boštjan Črnič, Miha Mihovilovič, Petra Osterman, Branko Vodenik, Benjamin Zorko, JVP Ivanič-Grad, usposabljanje ENRAS, Ivanič-Grad, Hrvaška, 12. 2. 2020
9. Boštjan Črnič, Klara Poiškruh, Benjamin Zorko, NEK, ROMENEK2020, Krško, 24.-26. 8. 2020
10. Boštjan Črnič, Sandi Gobec, Miha Mihovilovič, Toni Petrovič, Klara Poiškruh, Rok Roš Opaškar, Branko Vodenik, Benjamin Zorko, ICZR, skupne vaje ENRAS, Ig, 22. 9. 2020
11. Boštjan Črnič, Sandi Gobec, Miha Mihovilovič, Toni Petrovič, Klara Poiškruh, Rok Roš Opaškar, Branko Vodenik, Benjamin Zorko, ICZR, skupne vaje ENRAS, Ig, 28. 9. 2020
12. Denis Glavič Cindro, IST, TC-IR CP Meeting 2020, Lizbona, Portugalska, 27.-31. 1. 2020

13. Denis Glavič Cindro, Sandi Gobec, Rok Roš Opaškar, Branko Vodenik, NEK, ROMENEK2020, Krško, 5.-7. 10. 2020
14. Sandi Gobec, Toni Petrovič, Benjamin Zorko, PGD Stari trg pri Ložu, usposabljanje ENRAS, Stari trg pri Ložu, 24.-25. 2. 2020
15. Matjaž Kavčič, Primož Pelicon, HZDR, RADIATE General Assembly at Frankfurt Airport, Frankfurt, 22. 1. 2020
16. Andrej Košiček, HZDR, usposabljanje IM, Dresden, Nemčija, 13.-24. 1. 2020
17. Matej Lipoglavšek, Miha Mihovilovič, Petra Osterman, PGD Koper, PGD Sežana, usposabljanje ENRAS, Koper, Sežana, 13.-14. 1. 2020
18. Matej Lipoglavšek, Univerza v Szczecinu, ustanovni sestanek EU projekta CleanHME, Szczecin, Poljska, 22.-25. 9. 2020
19. Sabina Markelj, Matic Pečovnik, Primož Pelicon, DJF, NENE2020, Portorož, 7.-10. 9. 2020
20. Matjaž Vencelj, Jelena Vesic, GSI-FAIR, INFRAINNOV consortium meeting, Darmstadt, Nemčija, 9.-11. 2. 2020
21. Jelena Vesic, DESPEC Mini Workshop on Future Proposals, Darmstadt, Nemčija, 26.-29. 1. 2020
22. Jelena Vesic, GSI, NUSTAR Annual meeting 2020, Darmstadt, Nemčija, 1.-5. 3. 2020
23. Benjamin Zorko, GRS Kranj, Srečanje z evropskim komisarjem za krizno upravljanje, Kranj, 2. 3. 2020
24. Matjaž Žitnik, GaniL, COST 18212 Molecular dynamics in Gas phase, Caen, Francija, 17.-21. 2. 2020

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Iztok Arčon: DESY, Hamburg, Nemčija, 23.-29. 8. 2020 (meritve)
2. Tilen Breclj, Aleksandra Cvetinovič, Isabela Tišma, Matjaž Vencelj: GSI-FAIR, Darmstadt, Nemčija, 14.-26. 2. 2020 (meritve)
3. Žiga Brenčič: GSI-FAIR, Darmstadt, Nemčija, 14.-20. 2. 2020 (meritve)
4. Žiga Brenčič, Jan Marekovič: GSI-FAIR, Darmstadt, Nemčija, 27. 2.-8. 3. 2020 (meritve)
5. Klemen Bučar, Matjaž Kavčič: Desy, Hamburg, Nemčija, 25.-30. 9. 2020 (meritve)
6. Aleksandra Cvetinovič, Matej Lipoglavšek: IPP, Garching, Nemčija, 20.-22. 1. 2020 (meritve)
7. Gregor Košir, Jelena Vesic: GSI, Darmstadt, Nemčija, 8.-14. 3. 2020 (meritve)
8. Gregor Košir: GSI-FAIR, Darmstadt, Nemčija, 4.-24. 12. 2020 (meritve)
9. Peter Kump: Elettra, Trst, Italija, 20.-26. 1. 2020 (meritve)
10. Peter Kump: Elettra, Trst, Italija, 24.-26. 2. 2020 (meritve)
11. Matej Lipoglavšek: Prometeon s.r.l., Belluno, Italija, 24. 11. 2020 (meritve)
12. Sabina Markelj: IPP, Garching, Nemčija, 17.-22. 1. 2020 (meritve)
13. Miha Mihovilovič: JGU, Mainz, Nemčija, 20.-31. 1. 2020 (meritve)
14. Miha Mihovilovič: JGU, Mainz, Nemčija, 27. 2.-5. 3. 2020 (meritve)
15. Paula Pongrac: Elettra, Trst, Italija, 24. 1. 2020 (meritve)
16. Simon Širca: IPH, Mainz, Nemčija, 23.-27. 1. 2020 (meritve)
17. Matjaž Vencelj: GSI, Darmstadt, Nemčija, 3.-8. 3. 2020 (meritve)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. prof. dr. Iztok Arčon*, znanstveni svetnik
2. doc. dr. Klemen Bučar
3. prof. dr. Dean Cvetko*, znanstveni svetnik
4. mag. Denis Glavič Cindro
5. dr. Darko Hanžel
6. prof. dr. Matjaž Kavčič
7. dr. Jasmina Kožar Logar
8. prof. dr. Matej Lipoglavšek
9. doc. dr. Sabina Markelj
10. doc. dr. Andrej Mihelič
11. doc. dr. Miha Mihovilovič

12. dr. Marijan Nečemer
 13. **prof. dr. Primož Pelicon, znanstveni svetnik - vodja odseka**
 14. dr. Toni Petrovič
 15. dr. Paula Pongrac*
 16. prof. dr. Simon Širca*, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
 17. dr. Primož Vavpetič
 18. doc. dr. Matjaž Vencelj
 19. dr. Jelena Vesic
 20. mag. Branko Vodenik
 21. prof. dr. Katarina Vogel-Mikuš*, znanstveni svetnik
 22. doc. dr. Benjamin Zorko
 23. prof. dr. Matjaž Žitnik, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
- ### Podoktorski sodelavci
1. dr. Žiga Barba
 2. dr. Tilen Breclj, 20. 8. 2020 razporeditev v odsek E1

3. dr. Aleksandra Cvetinović
4. *dr. Boštjan Jenčič, odšel 1. 10. 2020*
5. dr. Romana Krištof*
6. dr. Eva Menart*
7. dr. Marko Petric
8. Esther Punzon Quijorna, PhD. in Physics, Universidad Autonoma de Madrid, Advanced Materials and Nanotech

Mlajši raziskovalci

9. Mateja Hrast, mag. fiz.
10. *Tim Kolar, mag. fiz., odšel 1. 10. 2020*
11. Gregor Košir, mag. fiz.
12. Špela Krušič, mag. fiz.
13. Matic Pečovnik, mag. fiz.
14. Ava Rajh, mag. fiz.
15. Isabela Tišma, magistra, R. Hrvaška

Strokovni sodelavci

16. Žiga Brenčič, mag. fiz.
17. Boštjan Črnič, mag. med. fiz.
18. Mitja Kelemen, mag. fiz.
19. mag. Matjaž Mihelič
20. Klara Poiškruh, dipl. inž. fiz. (VS)
21. Petra Prem, prof. biol. in gosp.
22. Matej Vereš, dipl. inž. fiz. (VS)

Tehniški in administrativni sodelavci

23. *Drago Brodnik, upokojitev 12. 10. 2020*
24. Mojca Gantar
25. Sandi Gobec
26. Andrej Košiček, univ. dipl. fiz.
27. Mirko Ribič, kom. inž.
28. Rok Roš Opaškar

Opomba

* delna zaposlitev na IJS

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

Domače

1. Acroni, Jesenice
2. Agencija za radioaktivne odpadke, Ljubljana
3. AMES, avtomatski merilni sistemi za okolje, d. o. o., Brezovica pri Ljubljani
4. Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, Oddelek za biologijo, Ljubljana
5. BLAJ – Anton Blaj, d. o. o., Griže
6. Bolnišnica Sežana, Sežana
7. Calcit, d. o. o., Stahovica
8. Cosylab, d. d., Ljubljana
9. Domel, d. o. o., Železniki
10. EVT SISTEMI, d. o. o., Idrija
11. Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani
12. Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani
13. Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru
14. Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, Ljubljana
15. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana
16. Instrumentation Technologies, d. d., Solkan
17. Kemijski inštitut Ljubljana
18. Klinični center, Ljubljana
19. Krka, tovarna zdravil, d. d., Novo mesto
20. MEDENS, d. o. o., Mozirje
21. Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani
22. MEIS storitve za okolje, d. o. o., Mali Vrh pri Šmarju
23. Ministrstvo za finance, Carinska uprava Republike Slovenije, Generalni carinski urad, Ljubljana
24. Ministrstvo za finance, Finančna uprava Republike Slovenije, Generalni finančni urad, Ljubljana
25. 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. Store 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, Ljubljana
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

Tuje

53. Aix-Marseille Université – CNRS/PIIM Laboratory, Marseille, Francija
54. ATOMKI, Institut of Nuclear Research, Debrecen, Madžarska
55. AUTH, Aristotelio Panepistimio Thessalonikis, Thessaloniki, Grčija
56. BEV/PTP, Bundesamt fuer Eich- und Vermessungswesen, Physikalisch-Technischer Pruefdienst, Dunaj, Avstrija
57. BfS, Bundesamt fuer Strahlenschutz, Salzgitter, Nemčija
58. BOKU, Universitaet fuer Bodenkultur Wien, Dunaj, Avstrija
59. CEA, Commissariat a l' Energie Atomique, Francija
60. CIEMAT, Centro de investigaciones energeticas, medioambientales y tecnologicas, Madrid, Španija
61. CMI, Cesky Metrologicky Institut Brno, Brno, Češka republika
62. CSIC, Rocasolano, Madrid, Španija
63. DESY, HASYLAB, Hamburg, Nemčija
64. Die Leitseite der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH Aachen University of Technology), Nemčija
65. ENEA, Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Rim, Italija
66. ENVINET, ENVINET a.s., Třebíč, Češka republika
67. European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francija
68. Elettra, Sinchrotrone Trst, Italija
69. EURADOS - European Radiation Dosimetry e. V., Braunschweig, Nemčija
70. Experimental Institute for Plant Nutrition, Gorica, Italija
71. FAIR – GSI, Darmstadt, Nemčija
72. Hasselt University, Diepenbeek, Belgija
73. IFIN-HH, Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica si Inginerie Nucleara Horia Hulubei, Măgurele, Romunija
74. Institut za fiziku, Beograd, Srbija
75. Institut für Energie- und Klimaforschung – Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Nemčija
76. Institut für Kernphysik, Universität Mainz, Mainz, Nemčija
77. Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Jülich, Nemčija
78. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
79. International Atomic Energy Agency, Dunaj, Avstrija
80. IRSN, Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire, Fontenay-aux-Roses, Francija
81. iThemba LABS, Cape Town, Južna Afrika
82. ITN, Instituto Tecnológico e Nuclear, Bobadela LRS, Portugalska
83. JRC, JRC – Joint Research Centre – Evropska komisija
84. Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Nemčija
85. Kernfysisich Versneller Instituut, Groningen, Nizozemska
86. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, ZDA
87. Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart, Nemčija
88. Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching, Nemčija
89. MIKES, Mittatekniikan Keskus, Espoo, Finska
90. MKEH, Magyar Kereskedelmi Engedelyezési Hivatal, Budimpešta, Madžarska
91. National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Bukarešta, Romunija
92. NCBJ, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Poljska
93. NPL, NPL Management Limited, Velika Britanija
94. NRPA, Norwegian Radiation Protection Authority, Norveška
95. Oddelek za fiziko, Univerza v Coimbi, Coimbra, Portugalska
96. Patenting Proizvodnja, d. o. o., Beograd, Srbija
97. Paul Scherrer Institut (PSI), Villigen, Švica
98. POLATOM, Institute of Atomic Energy POLATOM, Otwock, Poljska
99. PTB, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Nemčija
100. SCK • CEN, Studiecetrum Voor Kernenergie, Mol, Belgija
101. Synchrotron Soleil, Saint-Aubin, Francija
102. Synchrotron SLS Daresbury, Anglija
103. SMU, Slovenský Metrologický Ústav, Bratislava-Karlova Ves, Slovaška
104. Stanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL), Stanford, ZDA
105. STUK, Sateilyturvakeskus, Helsinki, Finska
106. SURO, Statni ustav radiacni ochrany v.v.i., Praga, Češka republika
107. TAEK, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara, Turčija

108. Technical University of Crete, Chania, Grčija
 109. Tehnična univerza v Darmstadtu, Nemčija
 110. Thomas Jefferson National Accelerator Facility, Newport News, ZDA
 111. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Španija
 112. Université catholique de Louvain, Louvain, Belgija
 113. Università degli Studi di Milano, Milano, Italija
 114. University of Fribourg, Fribourg, Švica
 115. Univerza J. Gutenberg, Mainz, Nemčija

116. Univerza v Exeterju, Cornwall, Anglija
 117. Univerza v Göttingenu, Nemčija
 118. Univerza v Konstanzi, Nemčija
 119. Univerza Loránda Eötvösa, Budimpešta, Madžarska
 120. Univerza v Madridu, Madrid, Španija
 121. University Pierre and Marie Curie (UPMC), Pariz, Francija
 122. UPC, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Španija

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Tea Romih, Eva Menart, Vasko Jovanovski, Andrej Jerič, Samo Andrenšek, Samo B. Hočevar, "Sodium-polyacrylate-based electrochemical sensors for highly sensitive detection of gaseous phenol at room temperature", *ACS sensors*, 2020, **5**, 8, 2570-2577. [COBISS.SI-ID 23133187]
- Marin Tadić, Irena Milošević, Slavko Kralj, Darko Hanžel, Tanja Barudžija, Laurence Motte, Darko Makovec, "Surface-induced reversal of a phase transformation for the synthesis of ϵ -Fe₂O₃ nanoparticles with high coercivity", *Acta materialia*, 2020, **188**, 16-22. [COBISS.SI-ID 33152807]
- M. C. Ali Santoro *et al.* (38 avtorjev), "Determining the probability of locating peaks using computerized peak-location methods in gamma-ray spectra as a function of the relative peak-area uncertainty", *Applied Radiation and Isotopes*, 2020, **155**, 108920. [COBISS.SI-ID 33034023]
- Denis Glavič-Cindro, Eyakifama Hazou, Matjaž Korun, Romana Krištof, Petra Osterman, Toni Petrovič, Branko Vodenik, Benjamin Zorko, "Measurement uncertainty arising from sampling of environmental samples", *Applied Radiation and Isotopes*, 2020, **156**, 108978. [COBISS.SI-ID 33111079]
- Matjaž Korun, Toni Petrovič, Branko Vodenik, Benjamin Zorko, "Empirical determination of the correlation coefficient between the number of counts in a peak in a gamma-ray spectrum and the number of counts in the continuum where the peak is superimposed", *Applied Radiation and Isotopes*, 2020, **158**, 109063. [COBISS.SI-ID 33148711]
- Janvit Teržan, Matej Huš, Iztok Arčon, Blaž Likozar, Petar Djinović, "Effect of Na, Cs and Ca on propylene epoxidation selectivity over CuO_x/SiO₂ catalysts studied by catalytic tests, in-situ XAS and DFT", *Applied Surface Science*, 2020, **528**, 146854. [COBISS.SI-ID 18333187]
- Marijan Nečemer, Peter Kump, Tomaž Lazar, "Seal dies from the National Museum of Slovenia: non-destructive analyses of medieval and early modern copper alloys", *Archaeometry*, 2020, **62**, 5, 965-973. [COBISS.SI-ID 44987395]
- Mateja Grašič, Tamara Sakovič, Dragan Abram, Katarina Vogel-Mikuš, Alenka Gaberščik, "Do soil and leaf silicon content affect leaf functional traits in *Deschampsia caespitosa* from different habitats?", *Biologia plantarum*, 2020, **64**, 130, 234-243. [COBISS.SI-ID 40480517]
- Paula Pongrac *et al.* (13 avtorjev), "Effect of phosphorus supply on root traits of two *Brassica oleracea* L. genotypes", *BMC plant biology*, 2020, **20**, 368. [COBISS.SI-ID 24537091]
- Zhijing Feng *et al.* (15 avtorjev), "Bottom-up synthesis of nitrogen-containing graphene nanoribbons from the tetrabenzopentacene molecular motif", *Carbon*, 2020, **170**, 677-684. [COBISS.SI-ID 24886019]
- Andraž Šuligoj, Jelena Pavlovič, Iztok Arčon, Nevenka Rajič, Nataša Novak Tušar, "SnO₂-containing clinoptilolite as a composite photocatalyst for dyes removal from wastewater under solar light", *Catalysts*, 2020, **10**, 2, 253. [COBISS.SI-ID 5575931]
- Sorour Semsari Parapari, Jean-Marcel Ateba Mba, Elena Tchernychova, Gregor Mali, Iztok Arčon, Gregor Kapun, Mehmet Ali Gülgün, Robert Dominko, "Effects of a mixed O/F ligand in the Tavorite-type LiVPO₄O structure", *Chemistry of materials*, 2020, **32**, 1, 262-272. [COBISS.SI-ID 5566971]
- Antonio Scafuri, Romain Berthelot, Klemen Pirnat, Alen Vižintin, Jan Bitenc, Giuliana Aquilanti, Dominique Foix, Rémi Dedryvère, Iztok Arčon, Robert Dominko, Lorenzo Stievano, "Spectroscopic insights into the electrochemical mechanism of rechargeable calcium/sulfur batteries", *Chemistry of materials*, 2020, **32**, 19, 8266-8275. [COBISS.SI-ID 32411907]
- Nika Vrtovec, Matjaž Mazaj, Gianpiero Buscarino, Angela Terracina, Simonpietro Agnello, Iztok Arčon, Janez Kovač, Nataša Zabukovec Logar, "Structural and CO₂ capture properties of ethylenediamine-modified HKUST-1 metal-organic framework", *Crystal growth & design*, 2020, **20**, 8, 5455-5465. [COBISS.SI-ID 24793091]
- The Jefferson Lab Hall A Collaboration, P. Guèye *et al.*, "Dispersive corrections in elastic electron-nucleus scattering: an investigation in the intermediate energy regime and their impact on the nuclear matter", *The european physical journal. A, Hadrons and nuclei*, 2020, **56**, 126. [COBISS.SI-ID 16680707]
- Paula Pongrac, Mitja Kelemen, Primož Vavpetič, Katarina Vogel-Mikuš, Marjana Regvar, Primož Pelicon, "Application of micro-PIXE (particle induced X-ray emission) to study buckwheat grain structure and composition", *Fagopyrum*, 2020, **37**, 1, 5-10. [COBISS.SI-ID 14402819]
- Roberto Costantini *et al.* (14 avtorjev), "Methylamine terminated molecules on Ni(1 1 1): a path to low temperature synthesis of nitrogen-doped graphene", *FlatChem*, 2020, **24**, 100205. [COBISS.SI-ID 36088067]
- Anja Kavčič, Bojan Budič, Katarina Vogel-Mikuš, "The effects of selenium biofortification on mercury bioavailability and toxicity in the lettuce-slug food chain", *Food and chemical toxicology*, 2020, **135**, 110939. [COBISS.SI-ID 5211215]
- Lovro Sinkovič, Marijan Nečemer, Nives Ogrinc, Dragan Žnidarčič, David Stopar, Rajko Vidrih, Vladimir Meglič, "Parameters for discrimination between organic and conventional production: a case study for chicory plants (*Cichorium intybus* L.)", *Food and chemical toxicology*, 2020, **136**, 111109. [COBISS.SI-ID 5948264]
- Eleonora Cominelli, Michela Galimberti, Paula Pongrac, Michela Landoni, Alessia Losa, Dario Paolo, Maria Gloria Daminati, Roberto Bollini, Karen A. Cichy, Katarina Vogel-Mikuš, Francesca Sparvoli, "Calcium redistribution contributes to the hard-to-cook phenotype and increases PHA-L lectin thermal stability in common bean low phytic acid 1 mutant seeds", *Food chemistry*, 2020, **321**, 126680. [COBISS.SI-ID 33286183]
- Doris Potočnik, Marijan Nečemer, Igor Perišič, Marta Jagodic Hudobivnik, Darja Mazej, Federica Camin, Tome Eftimov, Lidija Strojnik, Nives Ogrinc, "Geographical verification of Slovenian milk using stable isotope ratio, multi-element and multivariate modelling approaches", *Food chemistry*, 2020, **326**, 126958. [COBISS.SI-ID 14984707]
- Miha Mihovilovič, Douglas W. Higinbotham, Melisa Bevc, Simon Širca, "Reinterpretation of classic proton charge form factor measurements", *Frontiers in physics*, 2020, **8**, 36. [COBISS.SI-ID 33232679]
- Paula Pongrac, Sina Fischer, Jacqueline Thompson, Gladys Wright, Philip J. White, "Early responses of *Brassica oleracea* roots to zinc supply under sufficient and sub-optimal phosphorus supply", *Frontiers in plant science*, 2020, **10**, 1654-1654-17. [COBISS.SI-ID 32903975]
- Zvonka Gverič, Darko Hanžel, Štefica Kampič, Andrej Pleša, Darko Tibljaš, "Comprehensive characterisation of bentonites from Croatia and neighbouring countries", *Geologia Croatica*, 2020, **73**, 1, 29-48. [COBISS.SI-ID 33320999]
- Amelie Detterbeck, Paula Pongrac, Daniel Persson, Katarina Vogel-Mikuš, Mitja Kelemen, Primož Vavpetič, Primož Pelicon, Iztok Arčon, Søren Husted, Jan Kofod Schjoerring, Stephan Clemens, "Temporal and spatial patterns of zinc and iron accumulation during barley (*Hordeum vulgare* L.) grain development", *Journal of agricultural and food chemistry*, 2020, **68**, 44, 12229-12240. [COBISS.SI-ID 33245443]

26. Radu-George Ciocarlan, Iztok Arčon, Aurel Pui, Myrjam Mertens, Nataša Novak Tušar, Elena M. Seftel, Pegie Cool, "In-depth structural characterization and magnetic properties of quaternary ferrite systems $\text{Co}_{0.5}\text{Zn}_{0.25}\text{Mn}_{0.25}\text{Fe}_2\text{O}_4$ (M=Ni, Cu, Mn, Mg)", *Journal of alloys and compounds*, 2020, **816**, 152674. [COBISS.SI-ID 5471483]
27. Laura Torrent, Mònica Iglesias, Eva Marguá, Manuela Hidalgo, Dolores Verdagué, Laura Llorens, Alojz Kodre, Anja Kavčič, Katarina Vogel-Mikuš, "Uptake, translocation and ligand of silver in *Lactuca sativa* exposed to silver nanoparticles of different size, coatings and concentration", *Journal of hazardous materials*, 2020, **384**, 121201. [COBISS.SI-ID 5162319]
28. Alice Robba, C. Barchasz, Klemen Bučar, Marko Petric, Matjaž Žitnik, K. O. Kvashnina, G. B. M. Vaughan, R. Bouchet, F. Alloin, Matjaž Kavčič, "Fingerprinting mean composition of lithium polysulfide standard solutions by applying high-energy resolution fluorescence detected X-ray absorption spectroscopy", *The journal of physical chemistry letters*, 2020, **11**, 14, 5446-5450. [COBISS.SI-ID 21914627]
29. Thanveer Thajudheen, Alex Dixon, Sandra Gardonio, Iztok Arčon, Matjaž Valant, "Oxygen vacancy-related cathodoluminescence quenching and polarons in CeO_2 ", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2020, **124**, 37, 19929-19936. [COBISS.SI-ID 29457411]
30. Daniele Paoloni, Gianluca Di Filippo, Dean Cvetko, Gregor Kladnik, Alberto Morgante, Alessandro Ruocco, "Strong chemical interaction and self-demetalation of zinc-phthalocyanine on Al(100)", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2020, **124**, 41, 22550-22558. [COBISS.SI-ID 31093507]
31. S. Carniato *et al.* (19 avtorjev), "Single photon simultaneous K-shell ionization/excitation in C_6H_6 : experiment and theory", *Journal of physics. B, Atomic, molecular and optical physics*, 2020, **53**, 24, 244010. [COBISS.SI-ID 42661379]
32. A. C. LaForge *et al.* (21 avtorjev), "Time-resolved quantum beats in the fluorescence of helium resonantly excited by XUV radiation", *Journal of physics. B, Atomic, molecular and optical physics*, 2020, **53**, 24, 244012. [COBISS.SI-ID 42653187]
33. Ana Robba, Maja Mežnar, Alen Vižintin, Jan Bitenc, Jernej Bobnar, Iztok Arčon, Anna Randon-Vitanova, Robert Dominko, "Role of Cu current collector on electrochemical mechanism of Mg-S battery", *Journal of power sources*, 2020, **450**, 227672. [COBISS.SI-ID 6773274]
34. Jean-Marcel Ateba Mba, Iztok Arčon, Gregor Mali, Elena Tchernychova, Ralf Witte, Robert Kruk, Miran Gaberšek, Robert Dominko, "Ceramic synthesis of disordered lithium rich oxyfluoride materials", *Journal of power sources*, 2020, **467**, 228230. [COBISS.SI-ID 18332163]
35. Evan A. Doud *et al.* (13 avtorjev), "Cyclopropenylidenes as strong carbene anchoring groups on Au surfaces", *Journal of the American Chemical Society*, 2020, **142**, 47, 19902-19906. [COBISS.SI-ID 38113539]
36. Oleksii Pliekhov, Olena Pliekhova, Iztok Arčon, Federica Bondino, Elena Magnano, Gregor Mali, Nataša Zabukovec Logar, "Study of water adsorption on EDTA dealuminated zeolite Y", *Microporous and mesoporous materials: zeolites, clays, carbons and related materials*, 2020, **302**, 110208. [COBISS.SI-ID 6812442]
37. Staša Hamzič Gregorčič, Lidija Strojnik, Doris Potočnik, Katarina Vogel-Mikuš, Marta Jagodic Hudobivnik, Federica Camin, Tea Zuliani, Nives Ogrinc, "Can we discover truffle's true identity?", *Molecules*, 2020, **25**, 9, 2217. [COBISS.SI-ID 14906115]
38. Sašo Gyergyek, Darja Lisjak, Miloš Beković, Miha Grilc, Blaž Likozar, Marijan Nečemer, Darko Makovec, "Magnetic heating of nanoparticles applied in the synthesis of a magnetically recyclable hydrogenation nanocatalyst", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 6, 1142. [COBISS.SI-ID 19176451]
39. Giovanni De Ninno *et al.* (26 avtorjev), "Photoelectric effect with a twist", *Nature photonics*, 2020, **14**, 9, 554-558. [COBISS.SI-ID 27699459]
40. M. Benali *et al.* (99 avtorjev), "Deeply virtual Compton scattering off the neutron", *Nature physics*, 2020, **16**, 2, 191-198. [COBISS.SI-ID 3409508]
41. Stephan Höreth *et al.* (14 avtorjev), "*Arabidopsis halleri* shows hyperbioindicator behaviour for Pb and leaf Pb accumulation spatially separated from Zn", *The new phytologist*, 2020, **226**, 2, 492-506. [COBISS.SI-ID 33005607]
42. Matic Pečovnik, E.A. Hodille, Thomas Schwarz-Selinger, Cristian Grisolia, Sabina Markelj, "New rate equation model to describe the stabilization of displacement damage by hydrogen atoms during ion irradiation in tungsten", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 3, 036024. [COBISS.SI-ID 57558787]
43. E. A. Hodille, Sabina Markelj, Matic Pečovnik, M. Ajmalghan, Z. A. Piazza, Y. Ferro, Thomas Schwarz-Selinger, Cristian Grisolia, "Kinetic model for hydrogen absorption in tungsten with coverage dependent surface mechanisms", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 10, 106011. [COBISS.SI-ID 29343491]
44. Matic Pečovnik, Sabina Markelj, Mitja Kelemen, Thomas Schwarz-Selinger, "Effect of D on the evolution of radiation damage in W during high temperature annealing", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 10, 106028. [COBISS.SI-ID 29342467]
45. Sabina Markelj, Thomas Schwarz-Selinger, Matic Pečovnik, W. Chromiński, Andreja Šestan, Janez Zavašnik, "Deuterium transport and retention in the bulk of tungsten containing helium: the effect of helium concentration and microstructure", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 10, 106029. [COBISS.SI-ID 29341187]
46. M. Christmann *et al.* (38 avtorjev), "Detector response of Cherenkov radiators for calorimetry in the energy range below 14 MeV", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment*, 2020, **960**, 163665. [COBISS.SI-ID 14827779]
47. M. Rudigier *et al.* (29 avtorjev), "FATIMA - Fast TIMing Array for DESPEC at FAIR", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment*, 2020, **969**, 163967. [COBISS.SI-ID 18110979]
48. Esther Punzón Quijorna, Mitja Kelemen, Primož Vavpetič, Rajko Kavalir, Primož Pelicon, Samo K. Fokter, "Particle Induced X-ray Emission (PIXE) for elemental tissue imaging in hip modular prosthesis fracture case", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section B, Beam interactions with materials and atoms*, 2020, **462**, 182-186. [COBISS.SI-ID 6863423]
49. Matjaž Kavčič, "Multiple ionization X-ray satellites of Ti and its binary oxides in alpha particle PIXE", *Nuclear instruments & methods in physics research. Section B, Beam interactions with materials and atoms*, 2020, **477**, 19-22. [COBISS.SI-ID 33039911]
50. Jefferson Lab Hall A Tritium Collaboration, R. Cruz-Torres *et al.*, "Probing few-body nuclear dynamics via ^3H and ^3He ($e, e'p$) pn cross-section measurements", *Physical review letters*, 2020, **124**, 21, 212501. [COBISS.SI-ID 51968771]
51. Špela Krušič, Andrej Mihelič, Klemen Bučar, Matjaž Žitnik, "Self-induced splitting of x-ray emission lines", *Physical review. A*, 2020, **102**, 1, 013102. [COBISS.SI-ID 42663171]
52. K. Jänkälä *et al.* (15 avtorjev), "Core-hole spectator Auger decay", *Physical review. A*, 2020, **101**, 2, 023413. [COBISS.SI-ID 42666499]
53. R. Püttner *et al.* (17 avtorjev), "Argon KLL Auger spectrum: initial states, core-hole lifetimes, shake, and knock-down processes", *Physical review. A*, 2020, **102**, 5, 052832. [COBISS.SI-ID 42656771]
54. Tilen Brecej *et al.* (31 avtorjev), "Polarization transfer to bound protons measured by quasielastic electron scattering on ^{12}C ", *Physical review. C*, 2020, **101**, 6, 064615. [COBISS.SI-ID 20126467]
55. Jefferson Lab Hall A Collaboration, D. Nguyen *et al.*, "Novel observation of isospin structure of short-range correlations in calcium isotopes", *Physical review. C*, 2020, **102**, 6, 064004. [COBISS.SI-ID 52020995]
56. Jefferson Lab E97-110 Collaboration, Vincent A. Sulkosky *et al.*, "Measurement of the ^3He spin-structure functions and of neutron (^3He) spin-dependent sum rules at $0.035 \leq Q^2 \leq 0.24 \text{ GeV}^2$ ", *Physics letters. Section B*, 2020, **805**, 135428. [COBISS.SI-ID 14856963]
57. A1 Collaboration, Tim Kolar *et al.*, "Comparison of recoil polarization in the $^{12}\text{C}(\bar{e}, e'\bar{p})$ process for protons extracted from s and p shells", *Physics letters. Section B*, 2020, **811**, 135903. [COBISS.SI-ID 36101891]
58. A1 Collaboration, S.J. Paul *et al.*, "Measurements of the induced polarization in the quasi-elastic $A(e, e'\bar{p})$ process in non-coplanar kinematics", *Physics letters. Section B*, 2020, **811**, 135984. [COBISS.SI-ID 41006851]
59. Paula Pongrac, Iztok Arčon, Hiram Castillo Michel, Katarina Vogel-Mikuš, "Mineral element composition in grain of awned and awnletted wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars: tissue-specific iron speciation and phytate and non-phytate ligand ratio", *Plants*, 2020, **9**, 1, 79. [COBISS.SI-ID 33018919]
60. Alenka Gaberšek, Mateja Grašič, Katarina Vogel-Mikuš, Mateja Germ, Aleksandra Golob, "Water shortage strongly alters formation of calcium oxalate druse crystals and leaf traits in *Fagopyrum esculentum*", *Plants*, 2020, **9**, 7, 917. [COBISS.SI-ID 23526659]
61. Robert Hauko, Jana Padežnik Gomilšek, Alojz Kodre, Iztok Arčon, "X-ray absorption spectroscopy set-up for unstable gases: a study of 5p hydrides", *Radiation physics and chemistry*, 2020, **171**, 108743. [COBISS.SI-ID 5564411]
62. Žiga Barba, Klemen Bučar, Špela Krušič, Matjaž Žitnik, "Magnetic bottle electron spectrometer driven by electron pulses", *Review of scientific instruments*, 2020, **91**, 7, 073108. [COBISS.SI-ID 24518403]
63. Venkata D. B. C. Dasireddy, Krish Bharuth-ram, Darko Hanžel, Blaž Likozar, "Heterogeneous Cu-Fe oxide catalysts for preferential CO

- oxidation (PROX) in H₂-rich process streams", *RSC advances*, 2020, **10**, 59, 35792-35802. [COBISS.SI-ID 32417027]
64. Klemen Bučar, Jeanne Malet, Luca Stabile, Jure Pražnikar, Stefan Seeger, Matjaž Žitnik, "Statistics of a sharp GP2Y low-cost aerosol PM sensor output signals", *Sensors*, 2020, **20**, 23, 6707. [COBISS.SI-ID 40691715]

PREGLEDNA ZNANSTVENA ČLANKA

- Zlata Luthar, Mateja Germ, Matevž Likar, Aleksandra Golob, Katarina Vogel-Mikuš, Paula Pongrac, Anita Kušar, Igor Pravst, Ivan Kreft, "Breeding buckwheat for increased levels of rutin, quercetin and other bioactive compounds with potential antiviral effects", *Plants*, 2020, **9**, 12, 1638. [COBISS.SI-ID 40089347]
- Pia Starič, Katarina Vogel-Mikuš, Miran Mozetič, Ita Junkar, "Effects of nonthermal plasma on morphology, genetics and physiology of seeds: a review", *Plants*, 2020, **9**, 12, 1736. [COBISS.SI-ID 41748739]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

- Miha Mihovilovič, "Electron scattering experiments on light nuclei", V: *22nd International Conference on Few-Body Problems in Physics, 9 to 13 July 2018, Caen, Normandy, France*, Proceedings, Recent progress in few-body physics, (Springer proceedings in physics **238**), Springer, 2020, 343-349. [COBISS.SI-ID 33159975]

OBJAVLJENA STROKOVNA PRISPEVKA NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

- Eva Menart, "Naravoslovne raziskave muzejskega gradiva", *Mednarodno strokovno srečanje konservatorjev-restavradorjev 2020*, povzetki, (Konservator-restavrador: povzetki strokovnega srečanja), 2020, 116-120. [COBISS.SI-ID 19848707]
- Eva Menart, "Preventivno konserviranje", *Mednarodno strokovno srečanje konservatorjev-restavradorjev 2020*, povzetki, (Konservator-restavrador: povzetki strokovnega srečanja), 2020, 128-137. [COBISS.SI-ID 19853059]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

- Simon Širca, "Study of light nuclei by polarization observables in electron scattering", V: *24th European Few Body Conference, 2-6 September 2019, University of Surrey, U. K.*, Proceedings, (SciPost Physics Proceedings **3**), SciPost Foundation, 2020, 048. [COBISS.SI-ID 3413860]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

- Jasmina Kožar Logar, "Radioaktivnost v pitni in podzemnih vodah", V: *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK*, Institut Jožef Stefan, 2020, 108-21-108-36. [COBISS.SI-ID 27390211]

- Toni Petrovič, "Radioaktivnost v usedih", V: *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK*, Institut Jožef Stefan, 2020, 108-37-108-48. [COBISS.SI-ID 27394563]
- Katarina Vogel-Mikuš, "Radionuklidi v hrani", V: *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK*, Institut Jožef Stefan, 2020, 108-87-108-102. [COBISS.SI-ID 27398147]

SAMOSTOJNI STROKOVNI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

- Eva Menart, "Merjenje mase in gostote", V: *Priročnik: muzejska konzervatorska in restavratorska dejavnost*, Skupnost muzejev Slovenije, 2020, 6.3.1. [COBISS.SI-ID 37825283]
- Eva Menart, Irena Kralj Cigič, "Onesnaženje", V: *Priročnik: muzejska konzervatorska in restavratorska dejavnost*, Skupnost muzejev Slovenije, 2020, 8.3.2. [COBISS.SI-ID 37841923]
- Klemen Bohinc, Mojca Jevšnik, Romana Krištof, "Radioaktivnost in živila", V: *Uvod v varnost in kakovost živil: univerzitetni učbenik za študente sanitarnega inženirstva*, Zdravstvena fakulteta, 2020, 62-71. [COBISS.SI-ID 16948995]

UNIVERZITETNI, VISOKOŠOLSKI ALI VIŠJEŠOLSKI UČBENIK Z RECENZIJO

- Matjaž Kavčič, *Rentgenske spektroskopske metode s sinhrotronsko svetlobo*, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2020. [COBISS.SI-ID 303176192]

SREDNJEŠOLSKI, OSNOVNOŠOLSKI ALI DRUGI UČBENIK Z RECENZIJO

- Katarina Vogel-Mikuš, Ana Bavec, *Biologija 4: ekologija: učbenik za biologijo v gimnazijah in srednjih strokovnih šolah*, Mladinska knjiga, 2020. [COBISS.SI-ID 41546243]

DRUGO UČNO GRADIVO

- Paula Pongrac, Mitja Kelemen, Primož Vavpetič, *OM DAQ - GeoPIXE for beginners*. [COBISS.SI-ID 15626755]

PATENT

- Larisa Hosnar, Matjaž Vencelj, Klemen Bučar, Janez Burger, *Angle-sensitive gamma camera with a rotary obstruction*, GB2530574 (B), Intellectual Property Office, 2. 12. 2020. [COBISS.SI-ID 27985191]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

- Žiga Barba, *Elektronska spektroskopija atomskih reakcij z magnetno steklenico in sunkovnim elektronskim vzbujanjem*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Matjaž Žitnik). [COBISS.SI-ID 24015363]
- Tim Kolar, *Meritev polarizacije odrinjenih protonov v procesu ¹²C(ē, e'p̄) pri visokih virtualnostih*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Simon Širca). [COBISS.SI-ID 52043523]

Osnovna usmeritev odseka obsega razvoj, pripravo in karakterizacijo trdih zaščitnih PVD-prevlak, 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.



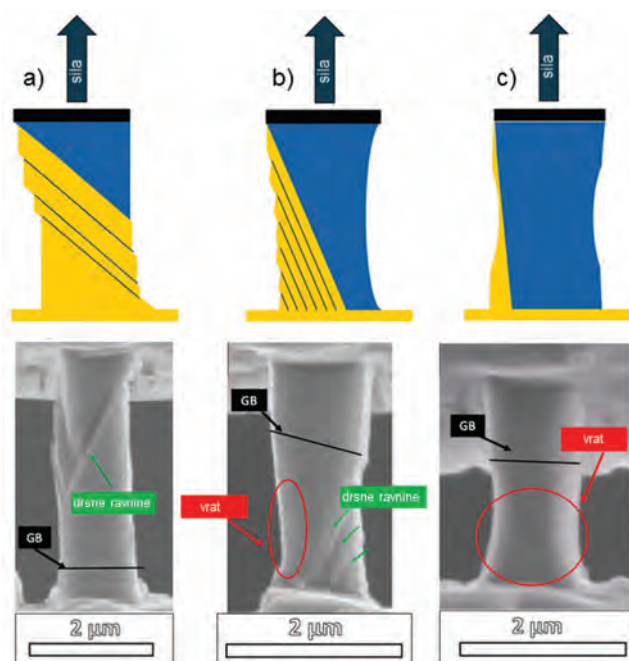
Vodja:
prof. dr. Miha Čekada

Na odseku smo se zadnjih deset let intenzivno ukvarjali z ravnimi defekti, ki nastanejo v tankih plasteh, pripravljenih s postopki fizikalnega nanašanja iz parne faze (PVD). Kot zaokrožitev teh spoznanj smo v preteklem letu objavili en pregledni znanstveni članek in eno poglavje v knjigi. Deli se dopolnjujeta in iz dveh vidikov pokrivata vsa doslej znana spoznanja o ravnih defekti v tankih plasteh. Rastni defekti so mikrostrukturne napake v tankih plasteh mikrometrskih dimenzij. Večinoma nastanejo na mestih, kjer obstajajo topografske nepravilnosti na površini podlage (jamice, vršički) ali različni tuji delci (prah, odkruški). Tuji delci niso samo tisti, ki ostanejo na površini podlag po kemijskem čiščenju, ampak tudi tisti, ki nastanejo med segrevanjem, ionskim jedkanjem in nanosom plasti. Podrobneje smo opisali tudi vpliv ravnih defektov na funkcionalne lastnosti tankih plasti. Tematika je relevantna za vse uporabnike PVD-tehnologije, saj naši deli podajata tudi nasvete, kako zmanjšati gostoto ravnih defektov, ki sicer negativno vplivajo na kakovost nanosenih plasti.

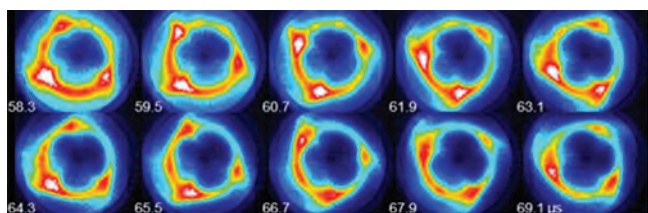
Tematika ravnih defektov je zanimiv primer raziskovalne niše, kjer raziskovalno delo primarno poteka v industrijskih napravah za nanašanje, torej v realnem, neoptimalnem okolju, rezultati pa so neposredno aplikativno uporabni. Podoben pristop smo ubrali pri študiju neenakomernosti debeline trdih prevlek na geometrijsko nepravilnih oblikah pri uporabi tehnike naparevanja s katodnim lokom. Zaradi koncentracije silnic električnega polja na ostrih robovih, kot so npr. vogali svedrov, se na teh mestih poveča hitrost nanašanja tanke plasti. Ta pojav smo podrobno analizirali in eksperimentalno ovrednotili vplive geometrije orodij in vrste montaže orodij v komori za nanašanje. S tem smo optimizirali pogoje nanašanja do te mere, da je pojav neenakomernosti debeline čim manjši.

Na odseku uporabljamo različne tehnike za diagnostiko plazme, s katerimi raziskujemo fizikalne procese v magnetronskih izvoriščih za napreševanje tankih plasti. Magnetronsko izviriščih lahko delujejo v enosmernem, radiofrekvenčnem ali pulznem režimu. Raziskave s hitrimi kamerami in drugimi diagnostičnimi tehnikami so pokazale, da je v vseh magnetronskih režimih plazma zgoščena na manjših območjih, ki jih imenujemo ionizacijske cone. Nad katodo magnetrona pogosto tvorijo periodične vzorce in imajo obliko podolgovate puščice, trikotnika ali kroga. Oblika ionizacijskih con, njihovo število, periodičnost ter njihova dinamika so odvisni od delovnega tlaka, razelektritvenega toka in električne napetosti na katodi. Z najnovejšo hitro kamero smo v preteklem letu podrobno analizirali dinamiko plazme v pulznem režimu magnetronskega napreševanja pri visoki vršni moči. Dinamiko smo študirali za različne tlake argona, razelektritvene tokove, moči in frekvence pulziranja. Odkrili smo, da se z naraščanjem razelektritvenega toka izoblikujejo različni periodični in neperiodični plazemski vzorci, ki gredo skozi več faz samoorganizacije. Ionizacijske cone se v začetni fazi gibljejo v nasprotni smeri gibanja elektronov, nato pa obratno smer in se gibljejo v smeri elektronov. Hitrost gibanja ionizacijskih con je 1–10 km/s.

Proučevali smo tudi fizikalne procese na atomarni ravni, ki se dogajajo ob trku iona s snovjo. S pomočjo Sigmund-Thompsonovega analitičnega modela razprševanja smo raziskali vpliv različnih parametrov na energijsko porazdelitev razpršenih atomov. Ugotovili smo, da je maksimum energijske porazdelitve razpršenih atomov odvisen predvsem od površinske vezavne energije razprševane snovi in da se energijska porazdelitev ob spremembi energije vpadnega iona ali njegove mase ne spremeni bistveno za ione nizkih energij. Največ visokoenergijskih atomov razpršijo tisti ioni, ki imajo maso približno enako masi atomov tarče in imajo višje energije.



Slika 1: Natezni test z nanomehanskim merilnikom: shematski prikaz (a) diskretnega drsnega načina, (b) mešanega načina in (c) načina za nastanek vratu. Prikazani so še SEM-posnetki za vsak navedeni primer.



Slika 2: Dinamika ionizacijskih con med pulzom v režimu magnetronskega naprševanja pri visoki pulzni moči (HiPIMS). Slike so bile posnete s hitro kamero vsake 1,2 μ s.

Objavili smo pregledni znanstveni članek in poglavje v knjigi, ki na 80 straneh podajata pregled vseh dosedanjih spoznanj o rastnih defektih v tankih plasteh, pripravljenih s PVD-postopki.

posamezni mikrovzvod do trenutka, ko se je zlomil. Z uporabo metode končnih elementov smo določili pravilnost geometrije in 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. Proučevali smo tudi vpliv omejitve/blokiranja na potek dislokacij v kubičnih kristalih pri mikronateznih poizkusih. Uvedli smo preprost, a učinkovit parameter, BVR (block volume ratio - razmerje blokirane prostornine) za kvantificiranje stopnje omejitve za dani drsni sistem.

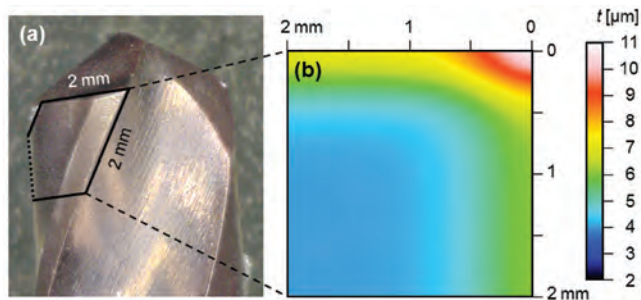
Precej naših raziskav je usmerjenih v direktno aplikacijo naših prevlek za določene obdelovalne postopke. S Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani smo sodelovali na področju raziskav obstojnosti trdih prevlek na frezalih ob uporabi tekočega CO₂ kot hladilnega sredstva v polindustrijskih pogojih. Proučevali smo obrabno obstojnost različnih prevlek s poudarkom na prevleki TiAlSiN in vpliv obrabe ter izbire vrste prevleke na hrapavost obdelane površine. Študija je pokazala, da je poleg hladilnih in mazalnih pogojev ključnega pomena tudi izbira optimalnih rezalnih parametrov obdelave, ki bodo predmet raziskav v prihodnjih letih.

Več takšnih aplikativnih raziskav poteka v sodelovanju s partnerji iz tujine. Z Univerzo v Novem Sadu (Srbija) smo raziskali vpliv duplex postopka (plazemsko nitriranje in nanos nanoplastne prevleke CrAlN) kot zaščito orodij za tlačno litje aluminijeve zlitine s poudarkom na preprečevanju sprijemanja taline na površino orodja. Problem sprijemanja smo analizirali za različne sestave prevleke CrAlN in različne čase izpostavljenosti orodja visokotemperaturni talini. S partnerji iz iste univerze smo raziskali tudi vpliv različnih materialov podlage in način njihove rotacije med postopkom naprševanja nanoplastne prevleke TiAlN/TiSiN na topografijo površine prevleke in velikost kristalnih zrn. Z Univerzo v Bartinu (Turčija) smo optimizirali parametre nanašanja prevlek in parametre obdelave pri frezanju ogljikovih kompozitov ter frezanju kaljenega jekla.

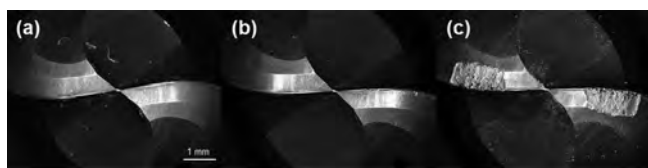
Zaščita rezalnih ploščic za obdelavo lesa pa je tematika sodelovanja s Tehniško univerzo v Varšavi. Na področju nekoliko bolj bazičnih raziskav sodelujemo tudi z Raziskovalnim inštitutom za tehnično fiziko in znanost o materialih (Madžarska akademija znanosti) iz Budimpešte; naš prispevek je nanašanje večplastnih struktur na osnovi Si/C in W/C.

Odsek v manjši meri deluje tudi na nekaterih drugih področjih nanašanja prevlek ter analitike površin in tankih plasti. Večinoma gre za kemijsko precej drugačne materiale, kot je naše osrednje raziskovalno področje, vendar pa naš prispevek ustrezno dopolnjuje druge raziskovalne partnerje, ki nimajo na voljo ustreznega instrumentarija za določen segment raziskav. Tako sodelujemo z več odseki na našem inštitutu pa tudi z drugimi raziskovalnimi institucijami, kot sta fakulteti za strojništvo na univerzah v Ljubljani in v Mariboru, Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani ter Inštitut za kovinske materiale in tehnologije.

Sodelovanje s slovensko industrijo poteka na več ravneh. 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: Balmar, Difa, Domel, Jordan, Kern, Kovinos, Le-tehnika, Mahle, Odelo, Phos, Podgorje, Proarmis in Trelleborg. Za podjetja ponujamo tudi



Slika 3: Modeliranje povečanja debeline prevleke, nanesene s tehniko naparivanja s katodnim lokom. Pogoji nanašanja so bili namenoma izbrani tako, da je učinek čim večji.



Slika 4: Obraba frezala s trdo prevleko TiAlN: (a) novo orodje, (b) obraba prevleke na prosti ploskvi, (c) obrabljeno orodje

storitve nanašanja trdih prevlek na njihova orodja, kar izvajamo v okviru našega Centra za trde prevleke. Na leto imamo več kot sto partnerjev, kar vključuje tako velika podjetja (npr. Kolektor, Mahle, Hidria) kot tudi množico malih orodjarn.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Panjan, P., Drnovšek, A., Gselman, P., Čekada, M., Panjan, M., Review of growth defects in thin films prepared by PVD techniques, *Coatings*, 2020, **10**, 5, 447-1-447-39
2. Čekada, M., Panjan, P., Drnovšek, A., Panjan, M., Gselman, P., Growth defects in PVD hard coatings, V: Kumar, Sushil (ur.), Aswal, D. K. (ur.), Recent advances in thin films, (*Materials Horizons: From Nature to Nanomaterials*), Springer, 2020, 35-73

MEDNARODNI PROJEKT

1. H2020 - EUROfusion; Komponente v stiku s plazmo-1-IPH-FU, EUROfusion 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 napršenja
dr. Matjaž Panjan
3. Aktivna prevleka za zaščito pred elektromagnetnim sevanjem
dr. Matjaž Panjan
4. Ogljikove nanostene za supekondenzatorje prihodnosti
prof. dr. Miha Čekada
5. Površinsko omejena selektivna funkcionalizacija polimernih komponent
prof. dr. Miha Čekada
6. KETGATE: Dostop srednjeevropskih MSP do infrastrukture ključnih tehnologij Key Enabling Technologies, KET - Sprožitev novega transnacionalnega ekosistema KET inovacij
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. GOSTOP: Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti
prof. dr. Miha Čekada
9. Nanos trdih prevlek
prof. dr. Miha Čekada

OBISKI

1. Marco Beltrami, Univerza v Trstu, Trst, Italija, 6. 2. 2020
2. Rafko Butkovič, Vacuum-tech s.r.l., Gorica, Italija, 26. 2. 2020
3. Rafko Butkovič, Vacuum-tech s.r.l., Gorica, Italija, 16. 7. 2020
4. Aldo Conti, Hiden Analytical, Milano, Italija, 15. 9. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Aljaž Drnovšek: High Temperature Mechanical Properties of Thin Films, 14. 1. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. prof. dr. Miha Čekada, 17th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE 2020), Erfurt, Nemčija, 7.-10. 9. 2020 (1)
2. prof. dr. Miha Čekada, 18th International Conference on Thin Films & 18th joint Vacuum Conference, Budimpešta, Madžarska, 22.-26. 11. 2020 (1, virtualno)
3. dr. Matjaž Panjan, AVS 2020 Young Investigator Award - interviews, 13. 4. 2020 (virtualno)

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

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

SODELAVCI

Raziskovalci

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

Mlajši raziskovalci

5. Matej Drobnič, mag. inž. str.
6. Nastja Mahne, mag. med. fiz.

Strokovni sodelavci

7. Uroš Stele, dipl. inž. fiz.

Tehniški in administrativni sodelavci

8. Jožko Fišer
9. Damjan Matelič
10. Andrej Mohar
11. Tomaž Sirnik
12. Tadej Stele

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Peter Rodič, Barbara Kapun, Matjaž Panjan, Ingrid Milošev, "Easy and fast fabrication of self-cleaning and anti-icing perfluoroalkyl silane film on aluminium", *Coatings*, 2020, **10**, 3, 234. [COBISS.SI-ID 33256743]
2. Pal Terek, Lazar Kovačević, Aleksandar Miletić, Branko Škorić, Janez Kovač, Aljaž Drnovšek, "Metallurgical soldering of duplex CrN coating in contact with aluminum alloy", *Coatings*, 2020, **10**, 3, 303. [COBISS.SI-ID 33280039]
3. Dervis Ozkan, Peter Panjan, Mustafa Sabri Gök, Abdullah Cahit Karaođlanli, "Experimental study on tool wear and delamination in milling CFRPs with TiAlN- and TiN-coated tools", *Coatings*, 2020, **10**, 7, 623. [COBISS.SI-ID 21018371]
4. Pal Terek, Dragan Kukuruzović, Lazar Kovačević, Aleksandar Miletić, Vladimir Terek, Branko Škorić, Peter Panjan, Miha Čekada, "The Influence of CrAlN coating chemical composition on soldering resistance in contact with Al-Si-Cu alloy", *Materials proceedings*, 2020, **2**, 1, 28. [COBISS.SI-ID 25170947]
5. Vladimir Terek, Aleksandar Miletić, Lazar Kovačević, Dragan Kukuruzović, Branko Škorić, Peter Panjan, Pal Terek, "Surface topography and grain morphology of nanolayer TiAlN/TiSiN coating governed by substrate material and rotation during deposition", *Materials proceedings*, 2020, **2**, 1, 32. [COBISS.SI-ID 25169155]
6. Paweł Czarniak, Karol Szymanowski, Beata Kucharska, Agnieszka Krawczynska, Jerzy Robert Sobiecki, Jerzy Kubacki, Peter Panjan, "Modification of tools for wood based materials machining with TiAlN/a-CN coating", *Materials science & engineering. B, Solid-state materials for advanced technology*, 2020, **257**, 114540. [COBISS.SI-ID 13356803]
7. Djordje Cica, Halil Çalişkan, Peter Panjan, Davorin Kramar, "Multi-objective optimization of hard milling using taguchi based grey relational analysis", *Tehnički vjesnik*, 2020, **27**, 2, 513-519. [COBISS.SI-ID 13357315]
8. Nastja Mahne, Matjaž Panjan, "Obstreljevanje trdnih snovi z ioni. I., Teoretični opis razpreševanja", *Vakuumist: glasilo Društva za vakuumsko tehniko Slovenije*, 2020, **40**, št. 1/2, 10- 21. [COBISS.SI-ID 43954691]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Peter Panjan, Aljaž Drnovšek, Peter Gselman, Miha Čekada, Matjaž Panjan, "Review of growth defects in thin films prepared by PVD techniques", *Coatings*, 2020, **10**, 5, 447. [COBISS.SI-ID 13431043]

STROKOVNI ČLANEK

1. Miha Čekada, "Trde zaščitne prevleke za orodja", *Ventil*, 2020, **26**, 5, 344. [COBISS.SI-ID 38230019]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Pal Terek, Dragan Kukuruzović, Lazar Kovačević, Aleksandar Miletić, Vladimir Terek, Branko Škorić, Peter Panjan, Miha Čekada, "Surface topography and grain morphology of nanolayer TiAlN/TiSiN coating governed by substrate material and rotation during deposition", V: *2nd Coatings and Interfaces Web Conference, 25-31 May, 2020*, Proceedings, sciforum, 2020. [COBISS.SI-ID 15326467]
2. Pal Terek, Dragan Kukuruzović, Lazar Kovačević, Aleksandar Miletić, Vladimir Terek, Branko Škorić, Peter Panjan, Miha Čekada, "The influence of CrAlN coating chemical composition on Soldering resistance in contact with Al-Si-Cu Alloy", V: *2nd Coatings and Interfaces Web Conference, 25-31 May, 2020*, Proceedings, sciforum, 2020. [COBISS.SI-ID 15323651]
3. Miha Čekada, Peter Panjan, Aljaž Drnovšek, Matjaž Panjan, Peter Gselman, "Growth defects in PVD hard coatings", V: *ICTF-17, 7th International Conference on Thin Films, November 13, 2017, New Delhi, India*, Proceedings, Recent advances in thin films; (Materials Horizons: From Nature to Nanomaterials), Springer, 2020, 35-73. [COBISS.SI-ID 29961987]

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.



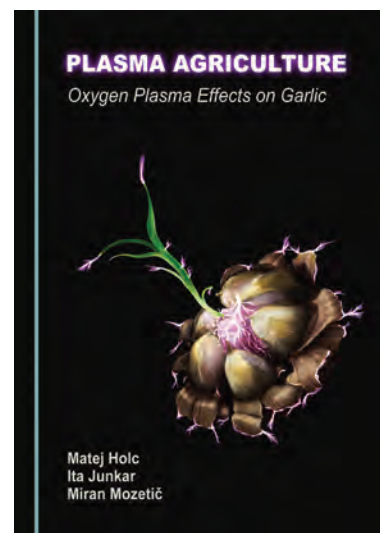
Vodja:

prof. dr. Miran Mozetič

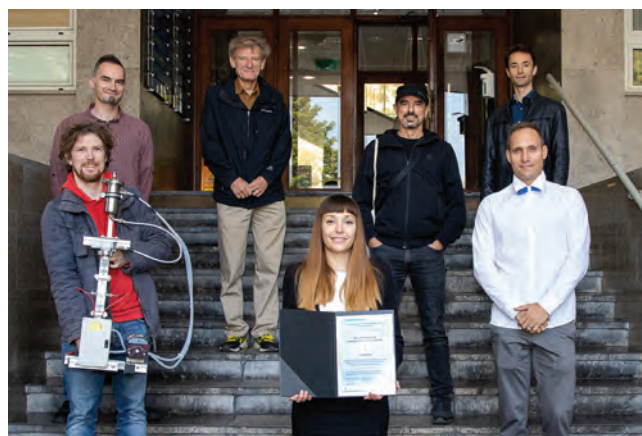
Znanstvene dejavnosti naše raziskovalne skupine so skladne s prednostnimi nalogami Slovenske strategije pametne specializacije (S4), ki predstavlja načrt za prehod v sodobno družbo v skladu z evropsko strategijo pametne specializacije (S3). Pomembna naloga znotraj S4 je uvajanje plazemskih tehnologij v kmetijsko prakso. Plazemske tehnike počasi prodirajo v določene segmente prehranjevalne verige od kmetije do krožnika, vendar je znanost še vedno v povojih. Pomanjkanje ustrezne literature nas je spodbudilo k pripravi izčrpane monografije [objava 1]. Knjiga obsega skoraj 200 strani in predstavlja osnove znanosti o interakciji neravnovesne plinske plazme s kmetijskimi pridelki. Avtorji smo se osredotočili na vpliv plazemske obdelave na avtohtono slovensko sorto česna. Obdelava s plazmo spodbuja kalitev in rast teh rastlin, kar vodi k boljšemu pridelku. Tovrstni učinek je opaziti v omejenem obsegu uporabljenih parametrov, ki kaže na zapleteno obnašanje organske snovi ob izpostavljenosti plinski plazmi. V monografiji prikazemo optimalne parametre obdelave in razložimo učinke nevtrálnih plazemskih radikalov, nabitih delcev in sevanja v ultravijoličnem in vakuumskem ultravijoličnem območju valovnih dolžin. Naslovna stran monografije je prikazana na sliki 1.

Medtem ko obdelava kmetijskih pridelkov zagotavlja učinkovito rešitev za boljšo kakovost živil, lahko na rast rastlin vpliva tudi neustrezna kakovost vode za namakanje. Pomanjkanje vode ostaja globalni problem, vedno bolj skrb vzbujajoče pa je onesnaženje vode z mikrobi, ki lahko okužijo rastline. Posebej občutljive so rastline pri sodobnih metodah pridelave zelenjave, kot sta hidroponika in aeroponika. Obdelava onesnažene vode s plinsko plazmo predstavlja obetavno tehniko inaktivacije mikrobov, vendar je ključna ovira omejena uporabnost plazme pri atmosferskem tlaku. Življenjsko dobo plazemskih radikalov namreč omejuje rekombinacija pri trku treh teles v plinski fazi, katerih frekvenca narašča s kvadratom tlaka. Tlak v plinskih mehurčkih v tekoči vodi je vselej enak tlaku v okolici, običajno nekoliko nad 1 barom. To naravno oviro lahko presežemo z uporabo hidrodinamične kavitacije. Tekoča voda prehaja skozi ozko odprtino in hidrodinamični učinek povzroči nastanek mehurčka vodne pare s tlakom, ki je blizu nasičenega tlaka vodne pare, ki je pri sobni temperaturi približno 0,03 bara. Življenjska doba plazemskih radikalov v takšnih mehurčkih je zaradi učinka kavitacije približno 1000-krat daljša kot pri atmosferskem tlaku. Ta učinek smo izkoristili za vzdrževanje plazme v mehurčkih znotraj tekoče vode. Ustrezna plinska razelektritev je omogočila tvorbo stabilne plazme z visoko koncentracijo radikalov in znatnim sevanjem v območju valovnih dolžin, ki so primerne za inaktivacijo virusov. Kombinacija radikalov in sevanja je povzročila hitro inaktivacijo izbranih virusov v vodi. Mednarodna žirija je na 13. mednarodni konferenci o prenosu tehnologij naši raziskovalni skupini podelila prvo nagrado za inovacijo z največjim tržnim potencialom. Slika 2 prikazuje inovatorje s prototipom inovativne naprave.

Učinkovitost plinske plazme za inaktivacijo virusov je vroča tema interdisciplinarnih raziskav. Številne raziskovalne skupine po vsem svetu so se lotile tega znanstvenega in tehnološkega izziva ter poročale o obetavnih rezultatih. Različne skupine so uporabljale plazmo, ki jo ustvarjajo z različnimi plinskimi razelektritvami različnih konfiguracij, zato je rezultate težko primerjati. Naša raziskovalna skupina je pripravila pregledni članek, ki je povzel rezultate in osvetlil nekaj vidikov interakcije plazme z virusi. Interdisciplinarna skupina plazemskih znanstvenikov in virologov je pojasnila interakcijo plazemskih radikalov in sevanja z virusi. Natančni

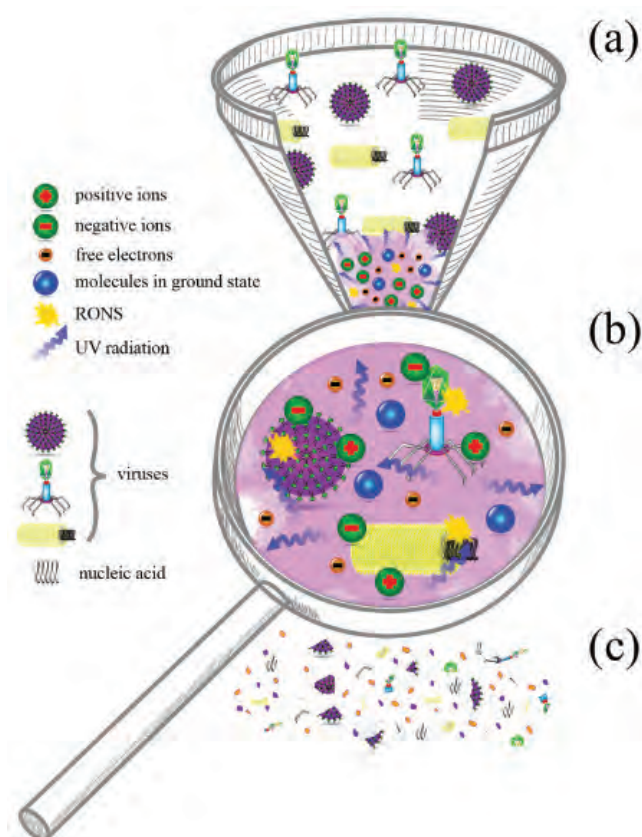


Slika 1: Naslovna stran naše monografije o plazemskem kmetijstvu



Slika 2: Interdisciplinarna raziskovalna skupina je prejela nagrado za inovativno tehniko razkuževanja vode.

Kritično smo ocenili plazemske tehnike za inaktivacijo virusov [objava 2].



Slika 3: Prikaz interakcije plazme z virusi; ponatis ilustracije iz našega članka [objava 2]

Evropski urad je podelil patent za hemokompatibilnost žilnih vsadkov [patent 3].

Kadar krvne žile niso tako močno poškodovane, lahko vzdržujemo pretok krvi skozi prizadeto žilo z namestitvijo vaskularnega stenta. Za stente se večinoma uporabljajo kovinski materiali, kot so nitinol (zlitina titana in niklja), nerjaveče jeklo, titan in zlitina kobalt-krom. Čeprav ti materiali zagotavljajo želeno mehansko stabilnost, njihove površinske značilnosti še zdaleč niso optimalne. Za preprečevanje tromboze in restenoze je zaradi slabe hemokompatibilnosti teh materialov treba uporabiti različne vrste premazov. Naša skupina je razvila nov pristop, ki temelji na površinski modifikaciji zlitine NiTi z visoko reaktivnimi delci vodika in kisika, ki nastanejo v plinski plazmi. S tem pristopom se površina zlitine NiTi spremeni tako, da na njej nastane precej debela nanostrukturirana plast titanovega oksida. Ta plast znatno zmanjša oprijem in keplenje trombocitov na površini stentov in zmanjša

mehanizmi inaktivacije so odvisni od posebnosti plazme in značilnosti posamezne vrste virusa. Ključna mehanizma pa sta ireverzibilna oksidacija virusnih receptorjev s plazemskimi radikali z velikim oksidacijskim potencialom in cepitev vezi v genskem materialu zaradi absorpcije plazemskega sevanja. Pregledni članek [objava 2] predstavlja smernice za prihodnja znanstvena dela o mehanizmi inaktivacije virusov pri obdelavi s plinsko plazmo. Pričakujemo nagel razmah tega znanstvenega področja, posebej zaradi resnih omejitev trenutno uporabljenih metod inaktivacije in pandemije SARS-CoV-2. Učinki plazme na viruse so ilustrirani na sliki 3.

Naslednje perspektivno področje plazemskih tehnologij je v medicini in z njo povezanimi znanostmi. Standardni materiali, ki se običajno uporabljajo v telesnih vsadkih, ne zagotavljajo želenega biološkega odziva predvsem zato, ker nimajo ustreznih površinskih lastnosti. Interakcija beljakovin in bioloških celic s površino tovrstnih materialov je ključnega pomena za uspešno vsaditev sintetičnih materialov v človeško telo. Glede na funkcijo vsadka in položaj v telesu mora biti površina ustrezno pripravljena, da se zagotovi želeni biološki odziv. V primeru žilnih vsadkov je zaželeno razraščanje endotelijskih celic. Te celice sicer predstavljajo zgornjo plast na notranji strani naših naravnih krvnih žil. Poleg tega je treba preprečiti prijetanje in keplenje krvnih trombocitov na površino, saj lahko ti učinki povzročijo trombozo. Prav tako je treba preprečiti nenadzorovano razraščanje gladkih mišičnih celic, saj to lahko povzroči restenozo. Kadar so krvne žile močno poškodovane, jih je treba nadomestiti s sintetičnimi, pogosto iz pletenega polimera (Dacron). Hemokompatibilnost takšnih žilnih vsadkov je nezadostna, zato so različne skupine po vsem svetu preizkušale metode za zmanjšanje reakcij med krvnimi sestavinami in polimernimi žilnimi vsadki. Optimalna rešitev bi bila heparinska prevleka. Heparin je že desetletja znan kot najboljši antikoagulant, vendar je bila kovalentna vezava te snovi na površino polimera do nedavnega nerešljiv tehnološki problem. Rešili smo ga prek vmesne plasti aminoskupin na polimerni površini. Kot vir $-NH_2$ radikalov za tovrstno površinsko funkcionalizacijo smo izbrali porazelektritev plazme, ki smo jo vzbujali v amonijaku. Znotraj omejenega obsega procesnih parametrov so radikali tvorili zelo tanek sloj, ki je omogočil kovalentno vezavo približno ene monoplasti heparina. Takšna površinska obdelava je preprečila aktivacijo krvnih trombocitov na žilnih presadkih in tako zagotovila optimalno hemokompatibilnost. Postopek je razkrit v nedavno podeljenem evropskem patentu [patent 3].

Naše nedavne študije so tudi pokazale, da se je sproščanje strupenih ionov Ni iz zlitine NiTi v biološkem okolju bistveno zmanjšalo po plazemski obdelavi. Poleg tega se je izboljšalo razraščanje endotelijskih celic, medtem ko se je razraščanje gladkih mišičnih celic na površini zmanjšalo. Prijavili smo evropski patent z naslovom Metoda za obdelavo medicinskih pripomočkov iz zlitin niklja in titana (NiTi). Izum smo predstavili na mednarodnem virtualnem podjetniškem sejmu in prejeli nagrado inovacija leta. Fotografija z razglasitve zmagovalcev je na sliki 4.

Naša raziskovalna skupina je po vsem svetu znana tudi po raziskavah različnih površinskih pojavov. Naše znanje in izkušnje zagotavljajo vrhunsko karakterizacijo površin in tankih plasti materialov ter interpretacijo opaženih značilnosti površinske sestave in strukture. Te dejavnosti pogosto



Slika 4: Razglasitev inovacije leta na regionalnem sejmu inovacij in podjetništva 2020

izvajamo v sodelovanju z drugimi raziskovalnimi skupinami v Sloveniji in tujini. Rezultati so običajno objavljeni v uglednih revijah. V zadnjem obdobju smo zagotovili strokovno znanje s področja površinske kemije Pt katalizatorjev na nanostrukturiranih nosilcih titanovega oksid-nitrida [objava 3], fluoriranih polimernih materialov [objava 4], nano-ogljikovih polimernih kompozitov [objava 5] in grafenu podobnih materialov, ki je dopiran z dušikom [objava 6].

Naša raziskovalna skupina je med najbolj inovativnimi v Sloveniji. Samo leta 2020 smo raziskovalci vložili osem patentnih prijav, ki ščitijo pravice intelektualne lastnine v različnih nišah plazemskih tehnologij. Članica naše skupine prof. Alenka Vesel je osvojila medaljo za najbolj inovativnega slovenskega raziskovalca. Medaljo je podelila Mednarodna organizacija za intelektualno lastnino (WIPO) s sedežem v Ženevi v Švici. Organizacijo so ustanovili Združeni narodi leta 1967. Njeno poslanstvo je razvijati in stalno nadgrajevati uravnotežen in učinkovit sistem za zaščito intelektualne lastnine na svetovni ravni. Medaljo je podelila mednarodna žirija, ki so jo sestavljali Jeff Skinner, London School of Business (UK), Jon Wulff Petersen, Plougmann Vingtoft (Danska) in Alojz Barlič, Urad RS za intelektualno lastnino. Alenka Vesel je v zadnjih desetih letih soavtorica sedmih patentov, ki so jih podelili uradi s popolnim preizkusom inovativnost patentirane rešitve. Poleg tega je tudi soustanoviteljica našega spin-off podjetja Plasmadis, d. o. o., ki trži inovativne izdelke in storitve.



Slika 5: Profesorica Alenka Vesel z medaljo WIPO

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Holc, Matej, Junkar, Ita, Mozetič, Miran, *Plasma agriculture: oxygen plasma effects on garlic*, Cambridge Scholars Publishing, 2020
2. Filipič, Arijana, Gutiérrez-Aguirre, Ion, Primc, Gregor, Mozetič, Miran, Dobnik, David, Cold plasma, a new hope in the field of virus inactivation, *Trends in Biotechnology*, 2020, 38, 11, 1278-1291
3. Bele, Marjan, Jovanovič, Primož, Marinko, Živa, Drev, Sandra, Šelih, Vid Simon, Kovač, Janez, Gaberšček, Miran, Koderman Podboršek, Gorazd, Dražič, Goran, Hodnik, Nejc, Kokalj, Anton, Suhadolnik, Luka, Increasing the oxygen-evolution reaction performance of nanotubular titanium oxynitride-supported Ir nanoparticles by a strong metal - support Interaction, *ACS catalysis*, 2020, 10, 22, 13688-13700
4. Lojen, Dane, Zaplotnik, Rok, Primc, Gregor, Mozetič, Miran, Vesel, Alenka, Effect of VUV radiation and reactive hydrogen atoms on depletion of fluorine from polytetrafluoroethylene surface, *Applied Surface Science*, 2020, 533, 147356-1-8
5. Oseli, Alen, Vesel, Alenka, Mozetič, Miran, Žagar, Ema, Huskić, Miroslav, Slemenik Perše, Lidija, Nano-mesh superstructure in single-walled carbon nanotube/polyethylene nanocomposites, and its impact on rheological, thermal and mechanical properties, *Composites A - Applied science and manufacturing*, 2020, 136, 105972
6. Vesel, Alenka, Zaplotnik, Rok, Primc, Gregor, Mozetič, Miran, A review of strategies for the synthesis of N-doped graphene-like materials, *Nanomaterials*, 2020, 10, 11, 2286-1-37

Patenti

1. Gregor Primc, Miran Mozetič, Rok Zaplotnik, Alenka Vesel, Maja Ravnikar, Jana Žel, Nataša Mehle, Ion Gutiérrez-Aguirre, Arijana Filipič, David Dobnik, Postopek za deaktivacijo virusa v vodi, SI25811 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 30. 9. 2020
2. Joško Valentinčič, Izidor Sabotin, Matic Resnik, Pavel Drešar, Nejc Matjaž, Marko Jerman, Andrej Lebar, Matej Pleterski, Apparatus and method for cutting an electrically conductive tube, EP3603866 (B1), European Patent Office, 30. 12. 2020
3. Metod Kolar, Miran Mozetič, Ita Junkar, Alenka Vesel, Martina Modic, Karin Stana-Kleinschek, Method for immobilization of heparin on a polymeric material, EP2997984 (B1), European Patent Office, 3. 6. 2020
4. Alenka Vesel, Miran Mozetič, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Nina Recek, Postopek za povečanje hidrofilitnosti polimera, ki vsebuje fluor, SI25862 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 31. 12. 2020

Nagrade in priznanja

1. Doc. dr. Ita Junkar, dr. Metka Benčina, dr. Rok Zaplotnik, dr. Janez Kovač in dr. Miran Mozetič so za tehnologijo Metoda za obdelavo medicinskih pripomočkov, narejenih iz nikelj-titanovih (NiTi) zlitin, na virtualnem sejmu inovacij in podjetništva Sarajevo 2020 prejeli nagrado za inovacije leta (Inovacije godine Sarajevo 2020).
2. Znanstveni prispevek doc. dr. Ite Junkar za metodo obdelave pripomočkov pri izolaciji mikroveziklov, nanoveziklov ali eksosomov je bil izbran med izbor dosežkov Odlični v znanosti 2020. Izbor so pripravile članice in člani znanstvenih svetov ved, potrdil pa ga je Znanstveni svet agencije (ARRS).

3. Doc. dr. Gregor Primc, doc. dr. Rok Zaplotnik in prof. dr. Miran Mozetič (Inštitut "Jožef Stefan") so v sodelovanju z Arijano Filipič, dr. Ionom Gutierrezom-Aguirrom, dr. Davidom Dobnikom (Nacionalni inštitut za biologijo) in prof. dr. Matevžem Dularjem ter dr. Martinom Petkovškom (Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani) na 13. mednarodni konferenci o prenosu tehnologij prejeli nagrado za najboljšo inovacijo s tržnim potencialom v letu 2020 za inovacijo Metoda za ekološko uničevanje mikroorganizmov v vodi.
4. Mag. Pia Starič je skupaj s sodelavci doc. dr. Ito Junkar, prof. dr. Miranom Mozetičem (in prof. dr. Katarino Vogel-Mikuš) prejela nagrado za najboljši prispevek na virtualni konferenci The 1st International Conference on Green Polymer Materials 2020 z naslovom Bio-Polymers in the World of Plasma: Effects of Cold Plasma on Seed Surface.
5. Prof. dr. Alenka Vesel je prejela nagrado WIPO za izumiteljske in inovativne dejavnosti, ki jo je podelil Urad za intelektualno lastnino v sodelovanju s Svetovno organizacijo za intelektualno lastnino.

MEDNARODNI PROJEKTI

1. Manjše storitve
prof. dr. Janez Kovač
2. COST CA19110; Uporaba plazme za napredno in trajno kmetijstvo
COST Association AISBL
doc. dr. Gregor Primc
3. H2020 - EUROfusion; Izobraževanje-ED-FU
European Commission
prof. dr. Miran Mozetič
4. H2020 - EUROfusion; WPPFC-PEX-FU, WPPFC-PEX-FU, EUROfusion
European Commission
doc. dr. Rok Zaplotnik
5. Katalitične sonde za karakterizacijo vodikove plazme
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Gregor Primc
6. Kontrola kemične sestave tankih plasti z visoko ločljivo masno spektrometrijo sekundarnih ionov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Janez Kovač
7. Katalizatorji na bazi večplastnih vertikalno orientiranih grafenskih nanostruktur
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Alenka Vesel
8. Karakterizacija kisikove plazme v močnostnih plinskih razelektivitvah
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Miran Mozetič
9. Diagnostika nizkotemperaturne plazme in njena uporaba za obdelavo semen
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Miran Mozetič
10. Funkcionalizacija površin Ti-materialov z uporabo curkov z visoko energijo in plazemske obdelave za biomedicinsko uporabo
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Gregor Primc

6. Samoorganizacija plazme v razelektivitvah magnetronskega naprševanja
prof. dr. Miran Mozetič
7. Novi postopki obdelave biomimetičnih vaskularnih vsadkov
doc. dr. Ita Junkar
8. Razvoj novih, okolju prijaznih, pristopov za inaktivacijo rastlinskih in humanih virusov v vodah
doc. dr. Gregor Primc
9. Inovativni senzori za sprotno merjenje hitrosti nanosa v PECVD napravah
doc. dr. Rok Zaplotnik
10. Novi kompozitni materiali s kovinsko matrico, ojačano z nanodelci ter izdelani s selektivnim laserskim taljenjem za aplikacije v orodjarstvu
prof. dr. Miran Mozetič
11. Ovrdenotenje obsega plazemskih parametrov, ki so primerni za nanostrukturiranje polimerov na industrijskem nivoju
prof. dr. Miran Mozetič
12. Selektivna plazemska oksidacija zlitin FeCrAl za podaljšanje obratovalne dobe žarnih svečk za dizelske motorje
prof. dr. Janez Kovač
13. Inovativna konfiguracija virov induktivno sklopljene plinske plazme za uporabo v industrijskih reaktorjih
prof. dr. Miran Mozetič
14. Ogljikove nanostene za supekondenzatorje prihodnosti
prof. dr. Alenka Vesel
15. Površinsko omejena selektivna funkcionalizacija polimernih komponent
prof. dr. Miran Mozetič
16. Inovativna metoda za čiščenje odpadnih voda
doc. dr. Gregor Primc
17. Možnost izboljšanja produktivnosti in zmanjšanja odvisnosti od uporabe kemičnih fungicidov v kmetijstvu z uporabo plinske plazme
doc. dr. Ita Junkar
18. F4F: Funkcionalna živila prihodnosti
prof. dr. Alenka Vesel
19. NMP: Izkoriščanje potenciala biomase za razvoj naprednih materialov in bio-osnovanih produktov
doc. dr. Ita Junkar
20. PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)
dr. Nina Recek
21. GOSTOP: Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti
prof. dr. Miran Mozetič
22. Razvoj nanostrukturiranih biosenzorjev za diagnostiko/zdravljenje raka in površin z antibakterijskimi lastnostmi
dr. Metka Benčina
23. SRIP ToP: Tovarne Prihodnosti
prof. dr. Miran Mozetič
24. Metoda za doseganje bakteriostatskih lastnosti na površinah 3D tiskanih medicinskih vsadkov
dr. Matic Resnik
25. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Miran Mozetič
26. Možnost izboljšanja produktivnosti in zmanjšanja odvisnosti od uporabe kemičnih fungicidov v kmetijstvu z uporabo plinske plazme
doc. dr. Ita Junkar
27. Prihodki z naslova delnega prefakturiranja stroškov zaščite intelektualne lastnine med solastniki izuma na primeru EVT140_Mozetič_Carbon Nanowall
prof. dr. Miran Mozetič

PROGRAMA

1. Tankoplastne strukture in plazemsko inženirstvo površin
prof. dr. Miran Mozetič
2. Fuzijske tehnologije
doc. dr. Rok Zaplotnik

PROJEKTI

1. Strukture in površinske lastnosti vlakninskih membran za čiščenje in kromatografsko separacijo biomakomolekul
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. Napredne tehnologije obdelave individualiziranih 3D tiskanih implantatov za preprečevanje bakterijskih okužb
doc. dr. Ita Junkar
5. Krojenje kristalne strukture nanomaterialov
prof. dr. Janez Kovač

VEČJI NOVI POGODBENI DELI

1. L2-2617 Sofinanciranje L-projekta: Inovativna metoda za čiščenje odpadnih voda
Induktio, d. o. o.
doc. dr. Gregor Primc

2. L2-2616 Sofinanciranje L-projekta: Površinsko omejena selektivna funkcionalizacija polimernih komponent
Elvez, d. o. o.
prof. dr. Miran Mozetič

OBISKI

1. prof. dr. Petr Špatenka, Češka tehnična univerza v Pragi, Praga, Češka, 25. 2. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. prof. dr. Petr Špatenka, Češka tehnična univerza v Pragi, Republika Češka: Plasma parameters in industrial reactors, Plasma technologies for polymer composites, Surface and sub-surface effects upon treatment of polymers with gaseous plasma, Photochemical degradation of organic materials, 25. 2. 2020

7. Miran Mozetič, APSE2020, 1st International Symposium on Applied Plasma Science and Engineering, Chiang Mai, Tajska, 31. 1.-1. 2. 2020, (1)
8. Miran Mozetič, 132th IUUSTA Executive Council Meeting (ECM-132), Anney, Francija, 20.-22. 3. 2020, (1) (virtualno)
9. Miran Mozetič, Gregor Primc, Nina Recek, 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij - 13. ITTC, 8. 10. 2020, Ljubljana, Slovenija, (2) (virtualno)
10. Miran Mozetič, Gregor Primc, 2020 47th IEEE International Conference on Plasma Science, ICOPS 2020, 6.-10. 12. 2020, Singapur, Singapur, (2) (virtualno)
11. Gregor Primc, 30th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, 24.-28. 8. 2020, Šabac, Srbija, (1) (virtualno)

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH IN STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Metka Benčina, Ita Junkar, Socratic Lectures, 4th International Minisymposium, 11.-12. 12. 2020, (2) (virtualno)
2. Metka Benčina, Ita Junkar, 11th World Biomaterials Congress, 11.-15. 12. 2020, (2) (virtualno)
3. Jernej Ekar, Janez Kovač, Rok Zaplotnik, 18th International Conference on Thin Films & 18th Joint Vacuum Conference, Budimpešta, Madžarska, 22.-26. 11. 2020, (3) (virtualno)
4. Ita Junkar, Miran Mozetič, Pia Starič, The First International Conference on Green Polymer Materials (MDPI, Polymers), 5.-25. 11. 2020, (3) (virtualno)
5. Ita Junkar, Miran Mozetič, Pia Starič, The 1st International Electronic Conference on Plant Science (MDPI, Plants), 1.-15. 12. 2020, (3) (virtualno)
6. Miran Mozetič, 3rd International Symposium of the Vacuum Society of the Philippines, ISVSP 2020, Cebu, Filipini, 8.-10. 1. 2020, (1)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Miran Mozetič, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malezija, 4.-16. 1. 2020 (projektno sodelovanje)
2. Miran Mozetič, R&D centre for plasma and nanotechnology surface modification - CEPLANT, podjetje Roplasm, Brno, Češka, 19.-22. 2. 2020 (raziskovalno delo)
3. Miran Mozetič, Fakulteta za strojništvo, Češka tehnična univerza v Pragi, Praga, Češka, 15.-19. 6. 2020 (raziskovalno delo)
4. Miran Mozetič, Tehnična univerza na Dunaju, Dunaj, Avstrija, 8.-15. 7. 2020
5. Miran Mozetič, Laboratorij za tanke plasti, Češka tehnična univerza v Pragi, Praga, Češka, 19.-23. 8. 2020 (raziskovalno delo)
6. Miran Mozetič, Institut za kemijo in biologijo bioloških sistemov (Biosys), Univerza v Gradcu, Gradec, Avstrija, 16.-18. 9. 2020 (projektno sodelovanje)
7. Miran Mozetič, Češka tehnična univerza v Pragi, Praga, Češka, podjetje SurfaceTreat, Turnov, Češka, 28. 7.-7. 8. 2020 (raziskovalno delo)
8. Gregor Primc, Univerza Tomaš Bata, Zlin, Češka, 27.-29. 1. 2020 (projektno sodelovanje)
9. Pia Starič, Elettra Sincrotrone Trieste, Trst, Italija, 20.-22. 1. 2020 (meritve)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. doc. dr. Ita Junkar
2. prof. dr. Janez Kovač
3. **prof. dr. Miran Mozetič, znanstveni svetnik - vodja odseka**
4. doc. dr. Gregor Primc
5. prof. dr. Alenka Vesel
6. doc. dr. Rok Zaplotnik

Podoktorski sodelavci

7. dr. Metka Benčina
8. dr. Matej Holc
9. Dean Popović, PhD.
10. dr. Nina Recek
11. dr. Matic Resnik

Mlajši raziskovalci

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

Strokovni sodelavci

17. Tatjana Filipič, dipl. inž. kem. tehnol.
18. *Eva Levičnik, dipl. inž. kmet. zool. (UN), odšla 1. 4. 2020*

Tehniški in administrativni sodelavci

19. Maja Šukarov, univ. dipl. prev.
20. Janez Trtnik

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Brinox inženiring, Medvode, Slovenija
2. Center PROMES-CNRS, Font Romeu, Francija
3. Češka tehnična univerza v Pragi, Praga, Češka
4. Ekliptik, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
5. Elvez, d. o. o., Ivančna Gorica, Slovenija
6. Fakulteta za kmetijstvo Univerze v Českých Budejovicah, Praga, Češka

7. Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija
8. Hidria AET, Tolmin, Slovenija
9. Induktio, Ljubljana, Slovenija
10. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
11. Institut za fiziko, Beograd, Srbija
12. Institut za javno zdravje Črna gora, Podgorica, Črna gora
13. Inštitut za celulozo in papir Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
14. Inštitut za fiziko Češke akademije znanosti, Praga, Češka
15. Inštitut za fiziko plazme Max-Planck, Garching, Nemčija
16. Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana, Slovenija
17. Interkorn, d. o. o., Beltinci, Slovenija
18. International Iberian Nanotechnology Laboratory, Braga, Portugalska
19. Iskra, d. d., Ljubljana, Slovenija
20. Iskra, PE Kondenzatorji, Semič, Slovenija
21. JET, Culham, Velika Britanija
22. KAIST, Daejeon, Južna Koreja
23. Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
24. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija
25. Krka, d. d., Novo Mesto, Slovenija
26. LEK, d. d., Ljubljana, Slovenija
27. Lip Bled, d. o. o., Bled, Slovenija
28. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana, Slovenija
29. Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Maribor, Slovenija
30. National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Bukarešta, Romunija
31. Odelo Slovenija, d. o. o., Prebold, Slovenija
32. Plasmat, Lebring, Avstrija
33. Queensland Univerza za tehnologijo, Brisbane, Avstralija
34. Simtrona, d. o. o., Nova Gorica, Slovenija
35. Sinhrotron Elettra, Trst, Italija
36. Tehnična univerza na Dunaju, Dunaj, Avstrija
37. Tehnična univerza v Carigradu, Carigrad, Turčija
38. Tehnična univerza v Lublinu, Lublin, Poljska
39. Teroxal, Komenda, Slovenija
40. Tik, d. o. o., Kobarid, Slovenija
41. Tosama, d. o. o., Domžale, Slovenija
42. Universität Bochum, Bad Honnef, Nemčija
43. Univerza Comenius, Bratislava, Slovaška
44. Univerza Drexel, Philadelphia, ZDA

45. Univerza Illinois, Urbana, ZDA
 46. Univerza Tomaš Bata, Zlín, Češka
 47. Univerza uporabnih znanosti Zuyd, Heerlen, Nizozemska
 48. Univerza v Gentu, Gent, Belgija
 49. Univerza v Kocaeli, Kocaeli-Izmit, Turčija
 50. Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
 51. Univerza v Louisvillu, Louisville, ZDA
 52. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija

53. Univerza v Nagoji, Nagoja, Japonska
 54. Univerza v Portu, Porto, Portugalska
 55. Univerza v Shantou, Shantou, Kitajska
 56. Vacutech, Ljubljana, Slovenija
 57. Visoka šola za upravljanje podeželja Grm, Novo mesto, Slovenija
 58. Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana, Slovenija
 59. Zeleni Hit, Ljubljana, Slovenija
 60. Žito, d. d., Ljubljana, Slovenija

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Peiyu Wang *et al.* (11 avtorjev), "Chemo-radiative stress of plasma as a modulator of charge-dependent nanodiamond cytotoxicity", *ACS applied bio materials*, 2020, **3**, 10, 7202-7210. [COBISS.SI-ID 42640131]
2. Andreas Jamnig *et al.* (14 avtorjev), "3D-to-2D morphology manipulation of sputter-deposited nanoscale silver films on weakly interacting substrates via selective nitrogen deployment for multifunctional metal contacts", *ACS applied nano materials*, 2020, **3**, 5, 4728-4738. [COBISS.SI-ID 48588803]
3. Marjan Bele, Primož Jovanovič, Živa Marinko, Sandra Drev, Vid Simon Šelih, Janez Kovač, Miran Gaberšček, Gorazd Koderman Podboršek, Goran Dražič, Nejc Hodnik, Anton Kokalj, Luka Suhadolnik, "Increasing the oxygen-evolution reaction performance of nanotubular titanium oxynitride-supported Ir nanoparticles by a strong metal-support Interaction", *ACS catalysis*, 2020, **10**, 22, 13688-13700. [COBISS.SI-ID 36706819]
4. Ita Junkar, Mukta Vishwanath Kulkarni, Metka Benčina, Janez Kovač, Katjuša Mrak Poljšak, Katja Lakota, Snežna Sodin-Šemrl, Miran Mozetič, Aleš Iglič, "Titanium dioxide nanotube arrays for cardiovascular stent applications", *ACS omega*, 2020, **5**, 13, 7280-7289. [COBISS.SI-ID 12984916]
5. Darja Lisjak, Patricija Hribar, Alenka Mertelj, Andraž Mavrič, Matjaž Valant, Janez Kovač, Hermina Hudelja, Andraž Kocjan, Darko Makovec, "Formation of Fe(III)-phosphonate coatings on barium hexaferrite nanoplatelets for porous nanomagnets", *ACS omega*, 2020, **5**, 23, 14086-14095. [COBISS.SI-ID 18142211]
6. Lunjakorn Amornkitbamrung, Doris Bračič, Matej Bračič, Silvo Hribernik, Jasna Malešič, Ulrich Hirn, Alenka Vesel, Karin Stana-Kleinschek, Rupert Kargl, Tamilselvan Mohan, "Comparison of trimethylsilyl cellulose-stabilized carbonate and hydroxide nanoparticles for deacidification and strengthening of cellulose-based cultural heritage", *ACS omega*, 2020, **5**, 45, 29243-29256. [COBISS.SI-ID 36316419]
7. Dane Lojen, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Miran Mozetič, Alenka Vesel, "Effect of VUV radiation and reactive hydrogen atoms on depletion of fluorine from polytetrafluoroethylene surface", *Applied Surface Science*, 2020, **533**, 147356. [COBISS.SI-ID 26462467]
8. Helena Motaln, Urša Čerček, Nina Recek, Ana Bajc Česnik, Miran Mozetič, Boris Rogelj, "Cold atmospheric plasma induces stress granule formation via an eIF2 α -dependent pathway", *Biomaterials science*, 2020, **8**, 19, 5293-5305. [COBISS.SI-ID 28467203]
9. Zoran M. Jovanovič, Željko Mravik, Danica Bajuk-Bogdanovič, Sonja Jovanovič, Smilja Marković, Milica Vujković, Janez Kovač, Damjan Vengust, Snežana Uskoković-Marković, Ivanka Holclajtner-Antunovič, "Self-limiting interactions in 2D-0D systems: a case study of graphene oxide and 12-tungstophosphoric acid nanocomposite", *Carbon*, 2020, **156**, 166-178. [COBISS.SI-ID 48601347]
10. Živa Marinko, Luka Suhadolnik, Zoran Samardžija, Janez Kovač, Miran Čeh, "The influence of a surface treatment of metallic titanium on the photocatalytic properties of TiO₂ nanotubes grown by anodic oxidation", *Catalysts*, 2020, **10**, 7, 803. [COBISS.SI-ID 24239107]
11. Jure Žigon, Janez Kovač, Rok Zaplotnik, Jaša Saražin, Milan Šernek, Marko Petrič, Sebastian Dahle, "Enhancement of strength of adhesive bond between wood and metal using atmospheric plasma treatment", *Cellulose*, 2020, **27**, 6411-6424. [COBISS.SI-ID 15624707]
12. Damir Hamulič, Peter Rodič, Matic Poberžnik, Marjan Jereb, Janez Kovač, Ingrid Milošev, "The effect of the methyl and ethyl group of the acrylate precursor in hybrid silane coatings used for corrosion protection of aluminium alloy 7075-T6", *Coatings*, 2020, **10**, 2, 172. [COBISS.SI-ID 33189671]
13. Pal Terek, Lazar Kovačević, Aleksandar Miletić, Branko Škorić, Janez Kovač, Aljaž Drnovšek, "Metallurgical soldering of duplex CrN coating in contact with aluminum alloy", *Coatings*, 2020, **10**, 3, 303. [COBISS.SI-ID 33280039]
14. Alen Oseli, Alenka Vesel, Miran Mozetič, Ema Žagar, Miroslav Huskič, Lidija Slemenik Perše, "Nano-mesh superstructure in single-walled carbon nanotube/polyethylene nanocomposites, and its impact on rheological, thermal and mechanical properties", *Composites. Part A, Applied science and manufacturing*, 2020, **136**, 105972. [COBISS.SI-ID 17053187]
15. Gavrilo Šekularac, Janez Kovač, Ingrid Milošev, "Prolonged protection, by zirconium conversion coatings, of AlSi₃Mg_{0.3} aluminium alloy in chloride solution", *Corrosion science*, 2020, **169**, 108615. [COBISS.SI-ID 12855299]
16. Nika Vrtovec, Matjaž Mazaj, Gianpiero Buscarino, Angela Terracina, Simonpietro Agnello, Iztok Arčon, Janez Kovač, Nataša Zabukovec Logar, "Structural and CO₂ capture properties of ethylenediamine-modified HKUST-1 metal-organic framework", *Crystal growth & design*, 2020, **20**, 8, 5455-5465. [COBISS.SI-ID 24793091]
17. Vijaykiran Narwade, Janez Kovač, Kashinath Bogle, Vanja Kokol, "Hydroxyapatite conjugated graphene nanoplatelets vs. multi-walled carbon nanotubes for enhanced dye removal", *Desalination and water treatment*, 2020, **192**, 340-357. [COBISS.SI-ID 25607171]
18. Blaž Karpe, Damjan Klobčar, Janez Kovač, Milan Bizjak, Borut Kosec, Stojana Veskovič Bukudur, "Failure analysis of diesel engine glow plugs", *Engineering failure analysis*, 2020, **109**, 104394. [COBISS.SI-ID 1850207]
19. B. Deepa, E. Abraham, Nereida Cordeiro, Marisa Faria, Gregor Primc, Yasir Beeran Potta Thara, Mirjam Leskovšek, Marija Gorjanc, Miran Mozetič, Sabu Thomas, L. A. Pothan, "Nanofibrils vs nanocrystals bio-nanocomposites based on sodium alginate matrix: an improved-performance study", *Heliyon*, 2020, **6**, 2, e03266. [COBISS.SI-ID 33140263]
20. Veronika Kralj-Iglič *et al.* (34 avtorjev), "From extracellular vesicles to global environment: a cosmopolite Sars-Cov-2 Virus", *International journal of clinical studies and medical case reports*, 2020, **4**, 1, 4. [COBISS.SI-ID 35656707]
21. Lidija Fras Zemljič, Olivija Plohl, Alenka Vesel, Thomas Luxbacher, Sanja Potrč, "Physicochemical characterization of packaging foils coated by chitosan and polyphenols colloidal formulations", *International journal of molecular sciences*, 2020, **21**, 2, 495. [COBISS.SI-ID 22928662]
22. Sandhya Gopalakrishnan, T. Aby Mathew, Miran Mozetič, V. P. Jayachandran, Jiya Jose, Sabu Thomas, Nandakumar Kalarikkal, "Development of biocompatible and biofilmresistant silver-poly(methylmethacrylate) nanocomposites for stomatognathic rehabilitation", *International journal of polymeric materials*, 2020, **69**, 3, 186-199. [COBISS.SI-ID 33132071]
23. Matjaž Spreitzer, Dejan Klement, Ricardo Juan Egoavil Escobar, Jo Verbeeck, Janez Kovač, Anže Založnik, Gertjan Koster, Gustaaf Van Tendeloo, Danilo Suvorov, Guus Rijnders, "Growth mechanism of epitaxial SrTiO₃ on a (1x2) + (2x1) reconstructed Sr(1/2 ML)/Si(001)

- surface", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, **8**, 2, 518-527. [COBISS.SI-ID 32836647]
24. Vasyil Shvalya, Janez Zavašnik, Venera Nasretdinova, Hana Uršič Nemevšek, Janez Kovač, Alexander A. Grabar, Anton A. Kohutych, Alex Molnar, Dean R. Evans, Dragan Mihailović, Uroš Cvelbar, "Sn₂P₂S₆ ferroelectrics customization by post-growth solid-state diffusion doping", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, **8**, 29, 9975-9985. [COBISS.SI-ID 21037571]
 25. Luka Suhadolnik, Živa Marinko, Maja Ponikvar-Svet, Gašper Tavčar, Janez Kovač, Miran Čeh, "Influence of anodization-electrolyte aging on the photocatalytic activity of TiO₂ nanotube arrays", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2020, **124**, 7, 4073-4080. [COBISS.SI-ID 33110055]
 26. Gavriilo Šekularac, Janez Kovač, Ingrid Milošev, "Comparison of the electrochemical behaviour and self-sealing of zirconium conversion coatings applied on aluminium alloys of series 1xxx to 7xxx", *Journal of the Electrochemical Society*, 2020, **167**, 11, 111506. [COBISS.SI-ID 24382467]
 27. Žiga Gosar, Janez Kovač, Denis Đonlagič, Simon Pevec, Gregor Primc, Ita Junkar, Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, "PECVD of hexamethyldisiloxane coatings using extremely asymmetric capacitive RF discharge", *Materials*, 2020, **13**, 9, 2147. [COBISS.SI-ID 15822083]
 28. Alenka Vesel, Gregor Primc, "Investigation of surface modification of polystyrene by a direct and remote atmospheric-pressure plasma jet treatment", *Materials*, 2020, **13**, 10, 2435. [COBISS.SI-ID 16940547]
 29. Suzana Petrović, Davor Peruško, Alexandros Mimidis, Kavatzikidou Kavatzikidou, Janez Kovač, Anthi Ranella, Mirjana Novaković, Maja Popović, Emmanuel Stratakis, "Response of NIH 3T3 fibroblast cells on laser-induced periodic surface structures on a 15x(Ti/Zr)/Si multilayer system", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 12, 2531. [COBISS.SI-ID 48597251]
 30. Luka Pirker, Bojana Višič, Srečo D. Škapin, Goran Dražič, Janez Kovač, Maja Remškar, "Multi-stoichiometric quasi-two-dimensional W_nO_{2n-1} tungsten oxides", *Nanoscale*, 2020, **12**, 28, 15102-15114. [COBISS.SI-ID 24706563]
 31. Tomaž Gyergyek, Jernej Kovačič, Iñaki Gómez Alonso, James Paul Gunn, Stefan Costea, Miran Mozetič, "Kinetic model of an inverted sheath in a bounded plasma system", *Physics of plasmas*, 2020, **27**, 2, 023520. [COBISS.SI-ID 12898644]
 32. Žiga Gosar, Janez Kovač, Miran Mozetič, Gregor Primc, Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, "Characterization of gaseous plasma sustained in mixtures of HMDSO and O₂ in an industrial-scale reactor", *Plasma chemistry and plasma processing*, 2020, **40**, 1, 25-42. [COBISS.SI-ID 32625703]
 33. Alenka Vesel, Gregor Primc, Rok Zaplotnik, Miran Mozetič, "Applications of highly non-equilibrium low-pressure oxygen plasma for treatment of polymers and polymer composites on industrial scale", *Plasma physics and controlled fusion*, 2020, **62**, 2, 024008. [COBISS.SI-ID 32907815]
 34. Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Miran Mozetič, "Evolution of the surface wettability of PET polymer upon treatment with an atmospheric-pressure plasma jet", *Polymers*, 2020, **12**, 1, 87. [COBISS.SI-ID 33006119]
 35. Lidija Fras Zemljič, Nena Dimitrušev, Rok Zaplotnik, Simona Strnad, "Insights into adsorption characterization of sulfated xylans onto poly(ethylene terephthalate)", *Polymers*, 2020, **12**, 4, 825. [COBISS.SI-ID 23108374]
 36. Rok Zaplotnik, Alenka Vesel, "Effect of VUV radiation on surface modification of polystyrene exposed to atmospheric pressure plasma jet", *Polymers*, 2020, **12**, 5, 1136. [COBISS.SI-ID 15627523]
 37. Sanja Potrč, Tjaša Kraševac Glaser, Alenka Vesel, Nataša Poklar Ulrih, Lidija Fras Zemljič, "Two-layer functional coatings of chitosan particles with embedded catechin and pomegranate extracts for potential active packaging", *Polymers*, 2020, **12**, 9, 1855. [COBISS.SI-ID 25958403]
 38. Matic Resnik, Janez Kovač, Roman Štukelj, Veronika Kralj-Iglič, Petr Humpolíček, Ita Junkar, "Extracellular vesicle isolation yields increased by low-temperature gaseous plasma treatment of polypropylene tubes", *Polymers*, 2020, **12**, 10, 2363. [COBISS.SI-ID 46629379]
 39. Alenka Vesel, Dane Lojen, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Miran Mozetič, Jernej Ekar, Janez Kovač, Marija Gorjanc, Manja Kurečič, Karin Stana-Kleinschek, "Defluorination of polytetrafluoroethylene surface by hydrogen plasma", *Polymers*, 2020, **12**, 12, 2855. [COBISS.SI-ID 39928579]
 40. Muhammad Shahid Arshad, Janez Kovač, Sandra Cruz, Mitjan Kalin, "Physicochemical and tribological characterizations of WDL coatings and ionic-liquid lubricant additives: potential candidates for low friction under boundary-lubrication conditions", *Tribology international*, 2020, **151**, 106482. [COBISS.SI-ID 23812867]
 41. Matej Holc, Igor Karlovits, David Ravnjak, Aleš Palatinus, Ita Junkar, "Influence of gaseous plasma treatment on functional properties of

coated papers", *Wood research*, 2020, **65**, 3, 423-436. [COBISS.SI-ID 21134595]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Matic Resnik, Metka Benčina, Eva Levičnik, Niharika Rawat, Aleš Iglič, Ita Junkar, "Strategies for improving antimicrobial properties of stainless steel", *Materials*, 2020, **13**, 13, 2944. [COBISS.SI-ID 21461251]
2. Metka Benčina, Aleš Iglič, Miran Mozetič, Ita Junkar, "Crystallized TiO₂ nanosurfaces in biomedical applications", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 6, 1121. [COBISS.SI-ID 19160835]
3. Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Miran Mozetič, "A review of strategies for the synthesis of N-doped graphene-like materials", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 11, 2286. [COBISS.SI-ID 38232067]
4. Pia Starič, Katarina Vogel-Mikuš, Miran Mozetič, Ita Junkar, "Effects of nonthermal plasma on morphology, genetics and physiology of seeds: a review", *Plants*, 2020, **9**, 12, 1736. [COBISS.SI-ID 41748739]
5. Gregor Primc, "Recent advances in surface activation of polytetrafluoroethylene (PTFE) by gaseous plasma treatments", *Polymers*, 2020, **12**, 10, 2295. [COBISS.SI-ID 32257027]
6. Miran Mozetič, "Plasma-stimulated super-hydrophilic surface finish of polymers", *Polymers*, 2020, **12**, 11, 2498. [COBISS.SI-ID 34439427]
7. Gregor Primc, "Surface modification of polyamides by Gaseous Plasma: review and scientific challenges", *Polymers*, 2020, **12**, 12, 3020. [COBISS.SI-ID 43214595]
8. Arijana Filipič, Ion Gutiérrez-Aguirre, Gregor Primc, Miran Mozetič, David Dobnik, "Cold plasma, a new hope in the field of virus inactivation", *Trends in biotechnology*, 2020, **38**, 11, 1278-1291. [COBISS.SI-ID 33308199]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Nina Recek, Peter Gselman, Mitja Krajnc, Blaž Kozole, Maja Rupnik, Tamara Korošec, Gregor Primc, "Patents on plasma treatments in agriculture", V: *13. ITTC, 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2020, 24-28. [COBISS.SI-ID 32530947]
2. Siegfried Hofmann, Pavel Lejček, Qing-Gang Zhou, Hao Yang, SongYou Lian, Janez Kovač, JiangYong Wang, "Explanation of the apparent depth resolution improvement by SIMS using cluster ion detection", V: *AVS 67th International Symposium & Exhibition 2019, October 25-30, 2020, Denver, Colorado, USA, Proceedings*, (Journal of Vacuum Science & Technology B **38** 3), 2020, 34010. [COBISS.SI-ID 48581123]
3. Devidas I. Halge, Pooja M. Khazode, Vijaykiran Narwade, Sumayya Begum, Shivaji G. Munde, Kiran D. More, Janez Kovač, Jagdish W. Dadge, Abhimanyu Rana, Kashinath Bogle, "Utilization of spray coated nanocrystalline cadmium sulfide thin film for photo-detector application", V: *ICMM-2019, International Conference on Multifunctional Materials, Hyderabad, India, Proceedings*, (AIP conference proceedings **2269** 1), American Institute of Physics, 2020, 030105. [COBISS.SI-ID 48808707]

ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Matej Holc, Ita Junkar, Miran Mozetič, *Plasma agriculture: oxygen plasma effects on garlic*, Cambridge Scholars Publishing, 2020. [COBISS.SI-ID 34087171]

PATENTNE PRIJAVE

1. Tjaša Kraševac Glaser, Miran Mozetič, Nives Ogrinc, Alenka Vesel, Lidija Fras Zemljič, *Film and production method*, GB2584438 (A), Intellectual Property Office, 9. 12. 2020. [COBISS.SI-ID 32466983]
2. Ita Junkar, Rok Zaplotnik, Metka Benčina, Miran Mozetič, *Method for treatment medical devices made from nickel-titanium (NiTi) alloys*, EP3636294 (A1), European Patent Office, 15. 04. 2020. [COBISS.SI-ID 31847463]
3. Alenka Vesel, Miran Mozetič, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Nina Recek, *Procedure for increasing the hydrophilicity of a polymer containing fluorine*, GB2585038 (A), Intellectual Property Office, 30. 12. 2020; EP3757155 (A1), European Patent Office, 30. 12. 2020. [COBISS.SI-ID 47200003]

PATENTI

1. Joško Valentinčič, Izidor Sabotin, Matic Resnik, Pavel Drešar, Nejc Matjaž, Marko Jerman, Andrej Lebar, Matej Pleterski, *Apparatus and method for cutting an electrically conductive tube*, EP3603866 (B1), European Patent Office, 30. 12. 2020. [COBISS.SI-ID 17020699]
2. Metod Kolar, Miran Mozetič, Ita Junkar, Alenka Vesel, Martina Modic, Karin Stana-Kleinschek, *Method for immobilization of heparin on a polymeric material*, EP2997984 (B1), European Patent Office, 3. 06. 2020. [COBISS.SI-ID 28066343]
3. Gregor Primc, Miran Mozetič, Rok Zaplotnik, Alenka Vesel, Maja Ravnikar, Jana Žel, Nataša Mehle, Ion Gutiérrez-Aguirre, Arijana Filipič, David Dobnik, *Postopek za deaktivacijo virusa v vodi*, SI25811 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 30. 09. 2020. [COBISS.SI-ID 4955215]
4. Alenka Vesel, Miran Mozetič, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Nina Recek, *Postopek za povečanje hidrofилnosti polimera, ki vsebuje fluor*, SI25862 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 31. 12. 2020. [COBISS.SI-ID 47200003]

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 snovi 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 super resolucijskega 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 2020 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 2020 je bilo usmerjeno v odkrivanje osnovnih fizikalnih zakonitosti fizike kondenzirane materije ter v povezavo strukture in dinamike trdnih snovi na ravni atomov in molekul z makroskopskimi lastnostmi snovi.

Pri naših raziskavah smo uporabljali naslednje raziskovalne metode:

- jedrsko magnetno resonanco (NMR), elektronsko paramagnetno resonanco (EPR) in jedrsko kvadrupolno resonanco (NQR),
- dvojno resonanco $^{17}\text{O} - \text{H}$ in $^{14}\text{N} - \text{H}$,
- 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 ter z Mednarodno podiplomsko šolo Jožefa Stefana.

V letu 2020 so člani programske skupine objavili 65 originalnih znanstvenih člankov in eno poglavje v monografiji. Od člankov v revijah z višjim faktorjem vpliva je bila po ena objava v *Nature Physics*, *Nature Communications*, *Angewandte Chemie, Intl. Ed.*, *Physical Review Letters* in *Advanced Materials*.

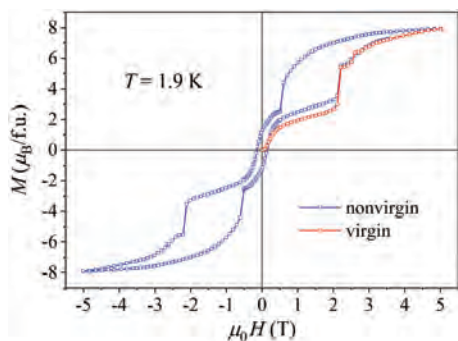
Med našimi raziskavami velja omeniti naslednje dosežke:

1. Speromagnetizem in asperomagnetizem v visokoentropijski spojini Tb-Dy-Ho-Er-Tm

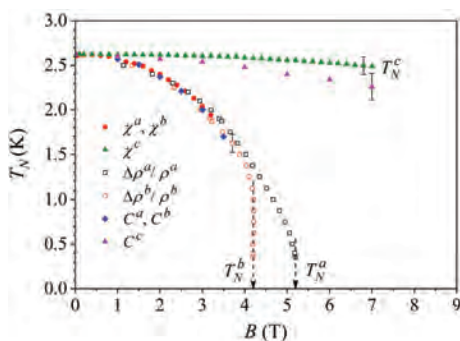
V članku *Speromagnetism and asperomagnetism as the ground states of the Tb-Dy-Ho-Er-Tm ideal high-entropy alloy*, M. Krnel *et al.*, *Intermetallics* **117**, 106680 (2020), smo raziskovali naravo kolektivnega magnetnega stanja v idealni visokoentropijski spojini (angl. High-Entropy Alloy – HEA) iz redkih zemelj, ki predstavlja magnetno koncentriran sistem, v katerem so vsa mrežna mesta kristalne strukture zasedena z lokaliziranimi magnetnimi momenti, in vsebuje slučajnost ter frustracijo zaradi kemijskega nereda. Raziskovana spojina HEA predstavlja kovinsko

Raziskovalna skupina je opazovala asperomagnetizem v visokoentropijskih spojinah, določila kvantno kritično točko v Ce_3Al , študirala površinske kvantne lastnosti topoloških izolatorjev prek detekcije Diracovih elektronov, razvila HfO_2 piezoelektrične plasti, povezala dielektrični in elektrokalorični odziv v relaksorskih feroelektrikih, opazovala solitonske valove v snovi z metodo ultra hladnih atomov in pomembno prispevala k razumevanju kvantnega in topološkega magnetizma.

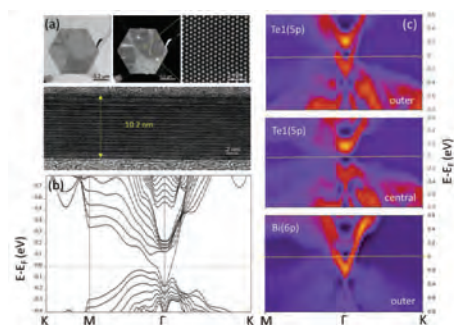
steklo na urejeni kristalni mreži, ki hkrati vsebuje lastnosti topološko urejenih kristalov in amorfnih struktur. Vpliv dualnosti kristal-steklo na kolektivno magnetno stanje smo raziskovali eksperimentalno na heksagonalni zlitini Tb-Dy-Ho-Er-Tm HEA (z okrajšanim imenom TDHET). Zlitina je sestavljena iz elementov redkih zemelj, kjer ničelne parske entalpije mešanja elementov zagotavljajo popolnoma naključno mešanje elementov, zelo podobni atomski radiji pa minimizirajo distorzijo kristalne mreže. Zato raziskovana HEA-zlitina TDHET predstavlja prototip idealne visokoentropijske zlitine. Magnetno je TDHET HEA zlitina karakterizirana s porazdelitvenimi funkcijami atomskih magnetnih momentov $P(\mu)$, izmenjalnih interakcij $P(J)$, magnetokristalinične anizotropije $P(D)$ in magnetnih dipolnih interakcij $P(H_d)$. Na podlagi meritev statične in dinamične magnetizacije, magnetizacijskih krivulj $M(H)$ (slika 1), termoremanentne magnetizacije, specifične toplote in magnetoupornosti smo ugotovili, da je kolektivno magnetno stanje TDHET temperaturno odvisno, kjer se v temperaturnem intervalu med 140 in 30 K ustvari speromagnetno (SPM) stanje, pod 20 K pa je stanje asperomagnetno (ASPM). V vmesnem temperaturnem območju med 30 in 20 K se ustvari spinsko steklasto (SG) stanje, ki je vmesno stanje med SPM-in ASPM-stanjem. Opaženi temperaturno odvisni razvoj magnetnega osnovnega stanja TDHET HEA zlitine pri hlajenju v zaporedju SPM→SG→ASPM je rezultat temperaturno odvisnih, medsebojno tekmujočih magnetnih interakcij. Porazdelitev izmenjalnih interakcij $P(J)$ se s temperaturo premika zvezno po osi J od visokotemperaturnega SPM tipa z negativno povprečno izmenjalno interakcijo $\bar{J} < 0$ prek SG tipa z $\bar{J} = 0$ do nizkotemperaturnega ASPM tipa z $\bar{J} > 0$. To je posledica spreminjanja elektronskih energijskih pasov, kar je povezano s kristaliničnostjo sistema, ki jo sistem TDHET deli s topološko urejenimi kristali. Porazdelitvene funkcije $P(\mu)$, $P(J)$, $P(D)$ in $P(H_d)$ pa so posledica kemijskega nereda, zaradi katerega je sistem TDHET podoben amorfni magnetom. Topološko urejena kristalna mreža in amorfni tip kemijskega nereda določata magnetno stanje idealne HEA-zlitine iz redkih zemelj.



Slika 1: Komplicirana magnetizacijska krivulja TDHET HEA zlitine kot posledica tekmovanja med speromagnetnim in asperomagnetnim spinskim redom



Slika 2: Anizotropna Néelova temperatura $T_N^{a,b,c}(B)$ kot funkcija zunanjega magnetnega polja, usmerjenega vzdolž različnih kristalografskih smeri. Néelove temperature so bile določene iz magnetne susceptibilnosti, magnetoupornosti in specifične toplote (metode so označene v legendi).



Slika 3: Analiza energijskih pasov Diracovih stanj v nanoploščicah Bi_2Te_3 : (a) visokorezolucijska TEM in HAADF slika Bi_2Te_3 nanoploščice (pogled od zgoraj in presek); (b) struktura energijskih pasov 9-kvintupletne Bi_2Te_3 rezine (debelina ~ 10 nm); (c) projicirana k-razložena gostota energijskih stanj $Te(1) | 5p$ in $Bi(6p)$ orbitalnih stanj na zunanem robu kvintupletov in $Te(1) | 5p$ orbitalnih stanj v centru kvintupleta. Diracova stanja so opažena samo na zunanjih robovih kvintupletov.

2. Anizotropna kvantna kritična točka v Ce_3Al

V članku Anisotropic quantum critical point in the Ce_3Al system with a large magnetic anisotropy, S. Vrtnik, *et al.*, *J. Phys. Commun.* 4, 105016 (2020), smo eksperimentalno raziskovali kvantno kritično točko (QCP), doseženo s spreminjanjem magnetnega polja v magnetno anizotropni intermetalni spojini Ce_3Al , ki hkrati kaže antiferomagnetno (AFM) urejanje in težko fermionsko stanje. Meritve magnetne susceptibilnosti, magnetoupornosti in specifične toplote na monokristalnih vzorcih do nizke temperature 0,35 K v magnetnih poljih do 9 T so pokazale, da je QCP anizotropna glede na orientacijo zunanjega magnetnega polja proti magnetno lahki smeri v kristalu (slika 2). Zunanje magnetno polje pelje AFM prehod zvezno proti temperaturi absolutne ničle, kadar leži v (a, b) magnetno lahki ravnini in doseže kvantno kritično točko pri kritičnem polju $B_c^{a,b} = 4,6 \pm 0,4$ T, kjer se zgodi kvantni fazni prehod iz AFM v paramagnetno stanje. Magnetoupornost pod temperaturo 1 K namiguje na vmesna magnetna stanja v bližini QCP. Za smer magnetnega polja vzdolž magnetno trde kristalne smeri c pa QCP ni bila opažena v območju za nas dosegljivih magnetnih polj. Anizotropna, z magnetnim poljem dosežena QCP v Ce_3Al je posledica tekmovanja med izmenjalno interakcijo in Zeemansko interakcijo v prisotnosti velike magnetokristalinične anizotropije. Anizotropija QCP je posledica dejstva, da magnetna anizotropija priklene magnetizacijo v magnetno lahko ravnino in je magnetno polje ne more potegniti ven iz te ravnine. Posledično samo komponenta vektorja magnetnega polja, ki leži v lahki ravnini, sodeluje pri formaciji QCP. Z magnetnim poljem dosežena QCP v AFM-sistemih z veliko magnetno anizotropijo je zvezna spremenljivka orientacije vektorja magnetnega polja glede na magnetno lahko os.

3. Površinske kvantne lastnosti topoloških izolatorjev, raziskovane prek detekcije Diracovih elektronov z NMR-spektroskopijo

V članku Resolving Dirac Electrons with broadband high-resolution NMR, W. Papawassiliou, J. Dolinšek, *et al.*, *Nat. Commun.* 11, 1285 (2020), smo raziskovali površinske kvantne lastnosti topološkega izolatorja (TI) Bi_2Te_3 v obliki nanoploščic. Detekcija kovinskih Diracovih elektronskih stanj na površini TI je kritičnega pomena pri študiju površinskih kvantnih lastnosti, kot so Majoranove kvazidelčne ekscitacije, kjer je treba hkrati opazovati elektronska stanja v volumnu materiala in na njegovi površini. Eksperimentalne merske metode, ki z atomsko resolucijo kažejo razpršenost Diracovih elektronov in njihovo interakcijo z drugimi prostostnimi stopnjami znotraj volumna nanodimenzionalnih TI-sistemov, so sedaj še redke. V naši raziskavi smo uporabili napredne širokopasovne metode ^{125}Te NMR v trdem stanju na Bi_2Te_3 nanoploščicah in z njimi

uspešno opazili doslej nevidne NMR-sigle prek magnetnega ščitenja, ki ga povzročijo Diracovi elektroni, ter s tem pokazali, kako se Diracovi elektroni razpršijo v notranjosti nanoploščic (slika 3). Tako smo prek spinske in orbitalne magnetne susceptibilnosti hkrati merili signale volumskih in površinskih elektronov na skali z atomsko resolucijo, kar je napreden eksperimentalni pristop k študiju površinskih kvantnih lastnosti topoloških izolatorjev.

4. Stabiliziranje nastanka perovskitne faze v epitaksialnih tankih plasteh s povečevanjem hrpavosti podlage

Perovskit $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PMN-PT) izkazuje odlične piezo- in dielektrične lastnosti, vendar le ob odsotnosti piroklorne faze, ki nastaja zaradi izgube svinca med sintezo. S pulzno lasersko depozicijo smo pripravili PMN-PT tanke plasti na $\text{LaNiO}_3/\text{SrTiO}_3$ (LNO/STO) podlagi. Ugotovili smo velik vpliv spodnje elektrode na lastnosti nanešene aktivne plasti. Uporaba LNO kot elektrodnega materiala namreč učinkovito stabilizira perovskitno fazo in znatno razširi procesno okno za pripravo fazno čistega PMN-PT v primerjavi z neposrednim nanašanjem na STO podlago. Razumevanje mehanizma (stabilizacija je predvsem posledica večje hrpavosti podlage, ki ponuja več mest za vezavo svinca) je omogočilo pripravo šablone STO/Nb:STO z grobo površino, ki je še dodatno povečala stabilnost perovskitne faze in posledično izboljšala električne lastnosti plasti. Razviti postopek je mogoče uporabiti za oblikovanje šablon za različne konfiguracije nanašanja plasti. Raziskave so bile objavljene v članku avtorjev Gabor, U., Vengust, D., Samardžija, Z., Matavž, A., Bobnar, V., Suvorov, D., Spreitzer, M.: Stabilization of the perovskite phase in PMN-PT epitaxial thin films via increased interface roughness, *Applied Surface Science* 513, 145787 (2020).

5. Razvoj debelejših HfO_2 piezoelektričnih plasti

V HfO_2 plasteh, ki so običajno pripravljene z atomsko enoslojno depozicijo, želene feroelektrične lastnosti pri debelinah nad 50 nm tipično izginejo. V sodelovanju z raziskovalci iz luksemburškega inštituta za znanost in tehnologijo smo z metodo sinteze iz raztopin uspešno izdelali 1 μm debele piezoelektrične La:HfO_2 plasti. Po določitvi optimalne vsebnosti La se je debelina plasti povečevala s 45 nm na 1 μm , meritve električne polarizacije in raztezka pa so pokazale ne samo obstojnost feroelektričnih lastnosti, ampak zaradi bolj orientirane polarne osi celo boljši odziv pri večjih debelinah. Stabilizacija polarne ortorombske faze $\text{Pca}2_1$ je bila v razvitih plasteh dosežena s finostrukturno mikrostrukturno, s tem pa je odprta pot do cenovno ugodnih aplikacij HfO_2 na področju senzorjev in aktuatorjev.

6. Povezava dielektričnega in elektrokaličnega odziva v relaksorskih feroelektrikih

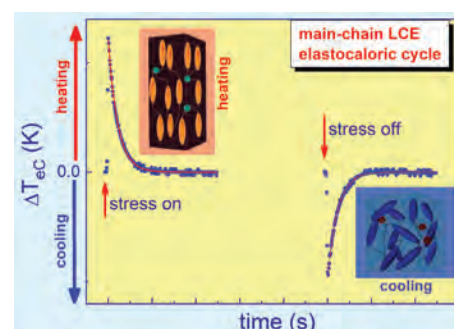
V relaksorski feroelektrični $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ keramiki smo raziskali zvezo med dielektričnim odzivom in elektrokalično (EC) spremembo temperature (ΔT_{EC}). Relacija med odzivoma bi namreč pomagala napovedati temperaturno območje, kjer je EC odziv največji. Pokazali smo, da je maksimum dielektrične konstante vedno pri višji temperaturi (T_m) kot maksimalni ΔT_{EC} in da se temperaturni razkorak med obema maksimumoma večja s povečevanjem pritisnjene DC električnega polja. Rezultati, ki smo jih pojasnili v okviru faznega diagrama električno polje-temperatura za relaksorske sisteme, tako kažejo, da T_m lahko le približno določa zgornjo mejo okna temperatura-električno polje, kjer je EC odzivnost največja.

7. Študija urejanja nanostrukturiranih snovi in kaloričnih pojavov v elektronskih keramikah in mehkih snoveh

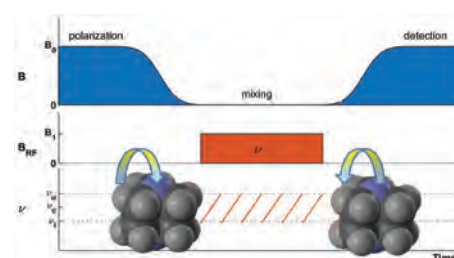
Z neposrednimi meritvami in teoretičnimi simulacijami smo pokazali, da v tekočerkristalnih elastomerih obstaja velik elastokalorični pojav, ki ga je mogoče kontrolirati z gostoto medveržnih povezav. Nadaljevali smo študij feroelektričnih lastnosti, elektromehanskega pojava in elektrokaličnega pojava v novih volumskih materialih brez svinca in pokazali, da ti materiali lahko v vseh lastnostih povsem nadomestijo materiale s svincom. Pokazali smo tudi, da lahko nanodelci grafena, dekorirani s CoPt, stabilizirajo za optične aplikacije zanimive modre faze v tekočih kristalih. Dela so bila objavljena v 17 člankih v mednarodnih znanstvenih revijah. Naša dela na multiferoičkih, multikaloričkih in mehkih snoveh so v letu 2020 zbrala več kot 400 čistih citatov. Raziskave so bile objavljene v 5 člankih v mednarodnih recenziranih revijah.

8. Hitro iskanje NQR-frekvenc s cikliranjem magnetnega polja

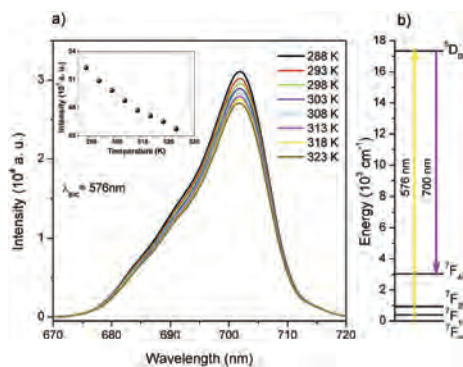
Glavni motiv za meritve značilnih frekvenc jedrske kvadrupolne resonance (NQR) je raziskava porazdelitve elektronskega naboja v okolici atomskega jedra, na primer v kemijskih vezeh, ki jih tvori atom. Zaradi visoke resolucije lahko z NQR tudi ločimo med molekulami in med polimorfnimi kristali. Z NQR lahko tudi raziskujemo mikroskopska stanja urejenosti, npr. v prisotnosti kemijske izmenjave in reorientacij. V publikaciji smo predstavili modificirano Slusher-Hahnovo tehniko jedrske kvadrupolne dvojne resonance (NQDR), s katero lahko



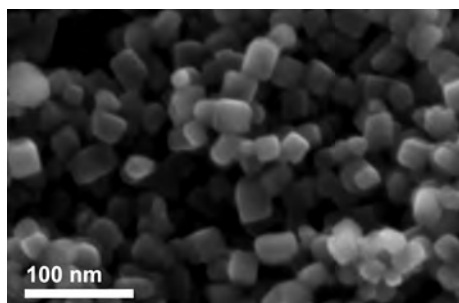
Slika 4: Elastokalorični hladilni cikel v tekočerkristalnih elastomerih z glavnimi verigami



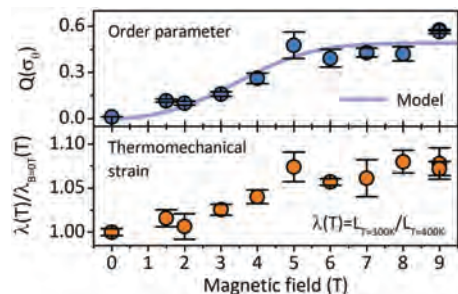
Slika 5: Periodično in adiabatno vklapljanje in izklapljanje magnetnega polja, kjer v ničelnem polju vzorec obsevamo z radiofrekvenčnimi pulzi z drsečo frekvenco.



Slika 6: a) Temperaturna odvisnost fotoluminescenčne emisije za ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_4$ prehod z ekscitacijo ${}^7F_0 \rightarrow {}^5D_0$; b) energijski diagram Eu^{3+} iona, ki prikazuje ekscitacijo in radiacijsko relaksacijo.



Slika 7: Pri pretvorbi $H_2Ti_3O_7$ nanocevk pri hidrotermalnih pogojih v alkalnem mediju nastanejo anatazni nanodelci v obliki kock.



Slika 8: Eksperimentalno določen orientacijski ureditveni parameter $Q(\sigma_\theta)$ (zgornji graf) in termomehanski odziv (spodnji graf) istih PDTKE vzorcev. Maksimalen ureditveni parameter je dosežen pri $B \geq 5$ T pri vrednosti $Q_{max}(\sigma_\theta) = 0,54$. Termomehanski odzivi so bili določeni na več kosih istih vzorcev z merjenjem spremembe dolžine pri segrevanju od 300 K do 400 K.

hitreje določimo NQR-frekvence. Tehnika temelji na periodičnem in adiabatem vklapljanju in izklapljanju magnetnega polja, kjer v ničelnem polju vzorec obsevamo z radiofrekvenčnimi pulzi z drsečo frekvenco (slika 5). Nova tehnika omogoča hitro določitev NQR-frekvenc, ne glede na to, kje v frekvenčnem območju so.

9. TiO_2 nanostrukture, dopirane z Eu^{3+} in Nd^{3+} ioni kot optični nanotermometri

Nanostrukture, dopirane z lantanidnimi ioni, so zanimive za uporabo v bioloških aplikacijah kot optični termometri, saj delujejo v temperaturnem območju med 15 °C in 50 °C, ki sovпада s fiziološkim temperaturnim območjem. S tem razlogom smo pripravili nanodelce TiO_2 , dopirane z ioni Eu^{3+} , oziroma Nd^{3+} in raziskovali njihove spektroskopske lastnosti. V primeru nanometrskih delcev TiO_2 , dopiranih z ioni Eu^{3+} , smo opazili, da so intenzitete ekscitacijskih prehodov (${}^7F_0 \rightarrow {}^5D_0$ (576 nm) in ${}^7F_2 \rightarrow {}^5D_0$ (610 nm)), opazovali smo emisijo ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_4$ (700 nm) prehodov, odvisne od temperature (slika 6). To odvisnost smo uporabili za konstrukcijo nanotermometra.

10. Pretvorbe $H_2Ti_3O_7$ nanocevk v TiO_2 nanostrukture

Namen transformacije $H_2Ti_3O_7$ nanocevk v anatazne nanostrukture je bila priprava TiO_2 nanodelcev različnih oblik za kasnejše študije toksičnosti. Pretvorbe $H_2Ti_3O_7$ nanocevk v anatazne nanodelce so bile narejene pri različnih hidrotermalnih pogojih in s kalciniranjem na zraku. Pri pretvorbah pri hidrotermalnih pogojih se je pokazalo, da na velikost in obliko nanodelcev poleg T in pH vpliva tudi prisotnost površinskih ligandov v reakcijski zmesi, medtem ko se pri kalcinaciji na zraku pod 400 °C morfologija nanocevk ohrani. Pri pretvorbah pri hidrotermalnih pogojih pa so nastali delci različnih oblik (slika 7). Te delce so kasneje uporabili v študijah toksičnosti. Raziskave so bile objavljene v članku avtorjev Kokot, H., Kokot, B., Sebastijanovič, A., Podlipcec, R., Krišelj, A., Čotar, P., Pušnik, M., Umek, P., Pajk, S., Urbančič, I., Koklič, T., Štrancar, J., *et al.*: Prediction of chronic inflammation for inhaled particles: the impact of material cycling and quarantining in the lung epithelium. *Advanced materials* 32 (2020) 2003913.

11. Raziskave orientacijskega ureditvenega parametra v polimerno dispergiranih tekočokristalnih elastomerih

Andraž Rešetič in Boštjan Zalar s sodelavci ter partnerji iz Italije in Češke so preiskovali orientacijski ureditveni parameter v polimerno dispergiranih tekočokristalnih elastomerih (PDTKE). Njihove termomehanske lastnosti so odvisne od stopnje orientiranosti vgrajenih delcev, kar so dosegli s sintezo v močnem magnetnem polju. Z metodo devterijeve NMR so na vzorcih z različnimi stopnjami orientiranosti, vtisnjenih delcev tekočokristalnih elastomerov (TKE), posneli spektre, ki so bili nato simulirani z uporabo diskretnega reorientacijskega izmenjevalnega modela (slika 8). S tem so dokazali, da je največja urejenost TKE-delcev dosežena pri urejanju v magnetnih poljih, večjih od 5 T, ko se disperzija orientacijske distribucije ustali pri 20° in orientacijski ureditveni parameter pri vrednosti 0.54. Temu sledi tudi termomehanski odziv istih vzorcev. Raziskave so bile objavljene v članku avtorjev Rešetič, A., Milavec, J., Domenici, V., Zupancič, B., Bubnov, A., Zalar, B.: Deuteron NMR investigation on orientational order parameter in polymer dispersed liquid crystal elastomers, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 22 (2020) 23064.

12. Kvantni in topološki magnetizem

Martin Klanjšek je v sodelovanju s partnerjema iz Francije preveril pred tem napovedani analitični izraz za NMR spinsko-mrežno relaksacijo zaradi ojačanih kritičnih spinskih fluktuacij v kvazienodimenzionalnih spinskih sistemih v bližini magnetnega faznega prehoda. Izraz so eksperimentalno potrdili prek odličnega ujemanja z objavljenimi temperaturnimi odvisnostmi spinsko-mrežne relaksacijske hitrosti v dveh reprezentativnih kvazienodimenzionalnih spinskih sistemih, $(C_7H_{10}N)_2CuBr_4$ (DIMPY) in $BaCo_2V_2O_8$. Pozitivni test hkrati pomeni tudi neposreden in prikladen način eksperimentalne določitve parametra interakcije v Tomonaga-Luttingerjevi tekočini, ki se odlično ujema s teoretičnimi napovedmi. Delo je bilo objavljeno v članku M. Horvatič *et al.*: Direct determination of the Tomonaga-Luttinger parameter K in quasi-one-dimensional spin systems, *Phys. Rev. B* 101, 220406(R) (2020).

Matej Pregelj, Andrej Zorko, Denis Arčon in Martin Klanjšek so v sodelovanju z raziskovalci iz Francije, Švice in Avstrije z jedrsko magnetno resonanco (NMR) v visokih magnetnih poljih raziskovali frustrirano spin-1/2 verigo $TeVO_4$. Iskali so teoretično napovedano spinsko nematsko fazo, zanimivo stanje snovi, ki ima višji multipolarni magnetni red, nima pa običajnega dipolarnega reda. Raziskovalna skupina je ugotovila, da je odkriti manjkajoči del magnetizacije, zaznan s frekvenčnim premikom NMR-signalov, toplotno aktiviran in ni odtis spinsko nematskega

vedenja, kakor je bilo predlagano prej. To spoznanje tako ovrže možnost obstoja spin-nematične faze v preiskovani spojnini. Poleg tega to odkritje izpostavlja pomembnost natančnega razmisleka o temperaturno odvisnem premiku NMR-signala, ki je bil v prejšnjih študijah spinske nematičnosti spregledan. Delo je bilo objavljeno v članku M. Pregelj *et al.*: Thermal effects versus spin nematicity in a frustrated spin-1/2 chain, *Phys. Rev. B* 102, 081104(R) (2020).

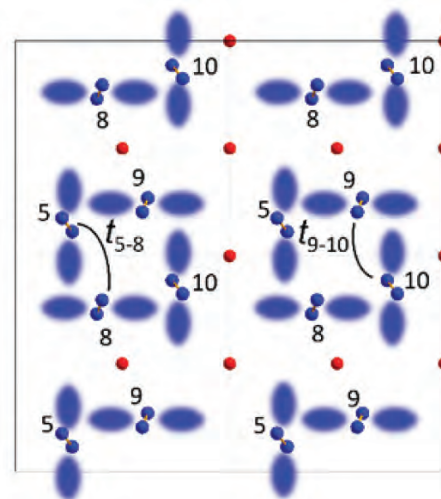
Matej Pregelj, Andrej Zorko in Denis Arčon so v sodelovanju s partnerji iz Hrvaške, Francije in Švice z meritvami magnetnega navora proučevali frustrirano spin-1/2 verigo TeVO_4 . Raziskovali so anizotropijo faze spinskega gostotnega vala (SDW), vektorsko kiralne faze in dvojno modulirane spinske faze v magnetnih poljih do 5 T. Njihovi rezultati kažejo, da se v SDW in dvojno modulirani fazi pojavlja reorientacija magnetnih momentov, ki jo povzroči magnetno polje, večje od 2 Tesla. Predstavljeni rezultati bodo pomagali pri vzpostavljanju modela anizotropnih magnetnih interakcij, ki so odgovorne za tvorbo kompleksnih magnetnih faz v TeVO_4 in podobnih nizko dimenzionalnih kvantnih spinskih sistemih. Delo je bilo objavljeno v prispevku M. Herak *et al.*: Magnetic-field-induced reorientation in the spin-density-wave and the spin-stripe phases of the frustrated spin-1/2 chain compound TeVO_4 , *Phys. Rev. B* 102, 024422 (2020).

V obsežni študiji so Tilen Knaflič, Peter Jeglič, Andrej Zorko in Denis Arčon s sodelavci iz Nemčije raziskali nizkotemperaturno magnetno stanje v sistemu Rb_4O_6 . Te raziskave so bile nadaljevanje uspešne študije na sorodnem Cs_4O_6 , kjer smo pokazali, da pride do nabojnega urejanja, podobno kot pri Verweyevem prehodu. V tej študiji pa so odkrili, da pri nižjih temperaturah nastane še dodatna struktura nestabilnosti, ki je verjetno posledica orbitalnega urejanja (slika 9). Ta nestabilnost pomembno zaznamuje magnetno stanje, saj raziskave z metodo elektronske paramagnetne resonance v visokih poljih kažejo na kvantni magnetizem, ki izhaja iz šibko sklopljenih spinskih dimerov. Raziskava je bila objavljena kot Editor's suggestion v članku T. Knaflič *et al.*: Spin-dimer ground state driven by consecutive charge and orbital ordering in the anionic mixed-valence compound Rb_4O_6 , *Phys. Rev. B* 101, 024419 (2020).

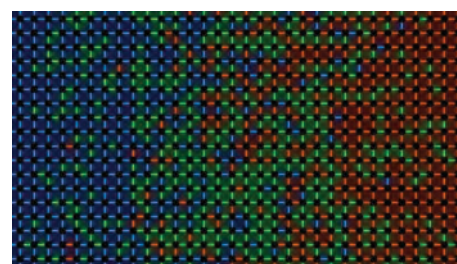
Matjaž Gomilšek je v sodelovanju s partnerji iz Velike Britanije raziskoval vpliv naključnih izmenjalnih interakcij na magnetizem $S = 1/2$ kvantnega Heisenbergovega antiferromagneta (QHAF) na kvazi 2D kvadratni mreži (slika 10). Raziskovalci so ugotovili, da zamrznjena naključnost moči izmenjalnih interakcij (realizirana s kemijsko substitucijo v spojnini $(\text{QuinH})_2\text{Cu}(\text{Cl}_x\text{Br}_{1-x})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, kjer je QuinH = Quinolinium = $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}^+$ in $0 \leq x \leq 1$) močno destabilizira magnetni red ter vodi do razsežnega kvantno neurejenega področja pri zmernih stopnjah substitucije, v katerem osnovno stanje ne kaže magnetne ureditve. Avtorji predlagajo preprost in splošen energetske model tekmovanja različnih lokalnih magnetnih redov v neurejenih magnetih ter kažejo, da ta dobro opiše opažene kritične stopnje substitucije v proučevani spojnini. Ker je zamrznjen nered pogosto prisoten v širokem naboru QHAF in drugih frustriranih magnetnih materialov, ima ta raziskava daljnosežne posledice na področju kvantnega magnetizma. Delo je bilo objavljeno v članku F. Xiao *et al.*, Magnetic order and disorder in a quasi-two-dimensional quantum Heisenberg antiferromagnet with randomized exchange, *Phys. Rev. B* 102, 174429 (2020).

Matjaž Gomilšek je v sodelovanju s partnerji iz Velike Britanije raziskoval vpliv nizkih stopenj kemijske substitucije na magnetizem $\text{GaV}_4\text{S}_{8-y}\text{Se}_y$. Raziskovalci so pokazali, da materiali v tej seriji spojin gostijo mreže Néelovih skirmionov (eksotičnih topoloških spinskih tekstur) prek širokega razpona višjih temperatur prek študije njihove dinamike s pomočjo mionske spinske relaksacije (μSR), kakor kaže slika 11. Prav tako kažejo, da kemijska substitucija stabilizira dodatna prekursora skirmionska stanja, ki vztrajajo celo do nižjih temperatur. Končno, pri najnižjih temperaturah raziskovalci odkrijejo postopen zvezen prehod med cikloidnim magnetnim redom in feromagnetnim osnovnim stanjem tako v $y = 0$ kot tudi v $y = 0,1$ materialu in kažejo, da kemijska substitucija vodi do nehomogene lokalne spinske gostote v tej seriji materialov. Odkritje bogatega faznega diagrama in netrivialnih posledic substitucije pomeni, da je $\text{GaV}_4\text{S}_{8-y}\text{Se}_y$ eden od najbolj zanimivih topoloških magnetov. Delo je bilo objavljeno v članku T. J. Hicken *et al.*, Magnetism and Néel skyrmion dynamics in $\text{GaV}_4\text{S}_{8-y}\text{Se}_y$, *Phys. Rev. Research* 2, 032001(R) (2020).

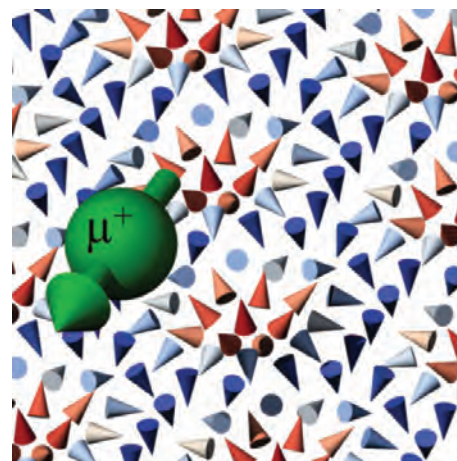
Tina Arh, Matjaž Gomilšek, Matej Pregelj, Martin Klanjšek in Andrej Zorko so s sodelavci iz Velike Britanije, ZDA in Kitajske proučevali vpliv perturbacij na osnovno stanje kvantne spinske mreže kagome. Ugotovili so, da je za magnetno urejanje v spojnini $\text{YCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_3$ kriva znatna interakcija tipa Dzyaloshinskii-Moriya, ki ojači spinske korelacije znotraj ravnin kagome (slika 12). S tem so eksperimentalno potrdili teoretično napovedan vpliv te interakcije in ustrezen fazni diagram. Ugotovitve so objavili v članku T. Arh *et al.*; Origin of Magnetic Ordering in a Structurally Perfect Quantum Kagome Antiferromagnet, *Phys. Rev. Lett.* 125, 027203 (2020).



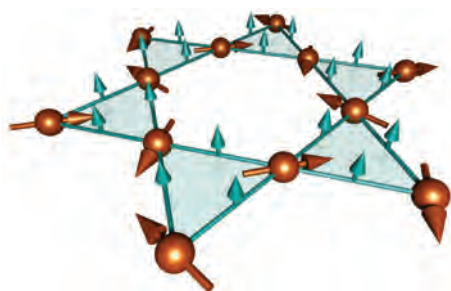
Slika 9: Orbitalno urejanje v Rb_4O_6 je odgovorno za kvantno magnetno stanje šibko sklopljenih spinskih dimerov.



Slika 10: Simulacija naključnih izmenjalnih interakcij na 2D kvadratni spinski mreži



Slika 11: Skica miona nad mrežo topološko netrivialnih magnetnih Néelovih skirmionov



Slika 12: Magneto urejanje na spinski mreži kagome kot posledica interakcije Dzyaloshinskii-Moriya



Slika 13: Tvorba valenčnih vezi v osnovnem stanju spinske tekočina na kvantni mreži kagome

Andrej Zorko je s sodelavci iz Francije in Indije določil eksaktno naravo osnovnega stanja spinske tekočine v herbertsmithitu, najpomembnejšem predstavniku kvantne spinske mreže kagome. Vprašanje obstoja spinske reže v tej spojini je dolga leta ostajalo neodgovorjeno, kljub številnim eksperimentalnim poskusom. Raziskovalci so s poglobljenim eksperimentom jedrske magnetne resonance dokazali, da reže ni, in s tem pokazali dobro ujemanje z nedavnimi teoretičnimi napovedmi, ki za mrežo kagome predvidevajo Diracovo osnovno stanje spinske tekočine brez reže (slika 13). Delo je bilo objavljeno v članku P. Khuntia *et al.*, Gapless ground state in the archetypal quantum kagome antiferromagnet $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$, *Nat. Phys.* **16**, 469 (2020).

13. Superprevodnost

Denis Arčon, Peter Jeglič, Martin Klanjšek in Nejc Janša so v sodelovanju z odsekom F7 in F1 IJS raziskovali superprevodno stanje, ki izhaja iz kvantne spinske tekočine. Osredotočili so se na sistem 1T-TaS_2 , ki so ga sistematično dopirali s Se. S pomočjo Ta-181 NQR in Se-77 NMR meritev so pokazali, da tudi potem, ko se podre matično stanje spinske tekočine in se vzpostavi kovinsko stanje, antiferromagnetne korelacije ostanejo in zaznamujejo to novo stanje. Tovrstne korelacije so verjetno odgovorne tudi za superprevodno stanje, ki je v limiti močne sklopitve. Delo je bilo objavljeno v članku I. Benedičič *et al.*: Superconductivity emerging upon Se doping of the quantum spin liquid 1T-TaS_2 , *Phys. Rev. B* **102**, 054401 (2020).

Žiga Gosar, Nejc Janša, Tina Arh, Peter Jeglič, Martin Klanjšek in Denis Arčon so skupaj s kolegom z Univerze v Dallasu z metodama jedrske kvadrupolne in jedrske magnetne resonance raziskovali superprevodnost v kvazi enodimenzionalni kovini $\text{Rb}_2\text{Mo}_3\text{As}_3$. Spinsko-mrežni relaksacijski čas je pokazal, da je ta sistem mogoče dobro obravnavati znotraj formalizma Tomonaga-Luttinger tekočine (TLL), a v presenetljivem območju privlačnih interakcij. Kljub temu pa prisotnost tridimenzionalnega elektronskega pasu pomaga stabilizirati pri presenetljivo visoki kritični temperaturi. V članku, objavljenem v Ž. Gosar *et al.* Superconductivity in the regime of attractive interactions in the Tomonaga-Luttinger liquid, *Phys. Rev. B* **101**, 220508(R) (2020), so obravnavali pomembnost TLL fizike za superprevodno stanje.

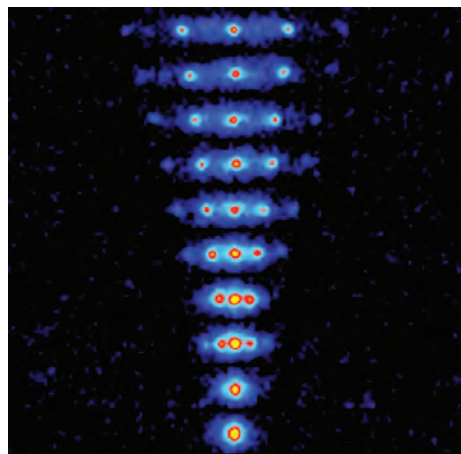
14. Funkcionalni materiali

Denis Arčon je sodeloval v študiji katodnega materiala $\text{Li}_2\text{VO}_2\text{F}$. S pomočjo pulzne in zvezne elektronske paramagnetne resonance (EPR) je v vzorcu, ki je bil nabojno nabit pri potencialu 4.1 V, odkril, da je treba EPR-signal obravnavati kot vsoto V^{4+} ($3d^1$) in superoksidnega O_2^- signala. Še posebej zanimivo je odkritje superoksidnega centra, saj njegova prisotnost verjetno pomembno vpliva na reverzibilnost ciklov polnjenja. Raziskava je bila objavljena v J. H. Chang *et al.*, Superoxide formation in $\text{Li}_2\text{VO}_2\text{F}$ cathode material – a combined computational and experimental investigation of anionic redox activity, *J. Mater. Chem. A* **8**, 16551 (2020).

Tilen Knaflič in Denis Arčon sta sodelovala v mednarodni raziskavi tetracenskega sistema, dopiranega s kalijem. Ta študija je plod širokega sodelovanja na področju dopiranih aromatskih kristalnih sistemov. Meritve z metodo EPR so pokazale, da je K_2 Tetracen nemagnetni izolator. Študija je bila objavljena v C. I. Hiley *et al.*, Crystal Structure and Stoichiometric Composition of Potassium-Intercalated Tetracene, *Inorg. Chem.* **59**, 12545–12551 (2020).

Peter Jeglič, Tadej Mežnaršič in Denis Arčon so v sodelovanju s partnerji iz Japonske kot prvi poročali o študiju zeolita, napolnjenega z rubidijevimi atomi s pomočjo makroskopskih in mikroskopskih metod. Najpomembnejši rezultat je bila izmerjena temperaturno neodvisna spinsko-mrežna relaksacija rubidijevih jeder v rubidijevih skupkih. To potrjuje domnevo, da ima zeolit, napolnjen z rubidijevimi atomi, kovinsko osnovno stanje. In to kljub dejstvu, da so rubidijevi klastri ujeti v ogrodje zeolita, ki je sam zase izolator. Delo je bilo objavljeno v članku P. Jeglič *et al.*, Metallic State in Rubidium-Loaded Low-Silica X Zeolite, *J. Phys. Soc. Jpn.* **89**, 073706 (2020).

Andrej Zorko je s sodelavci iz drugih odsekov IJS ter iz Norveške proučeval vpliv dopiranja s kobaltom in atmosfere anilanja na električno prevodnost ter obrat električne polarizacije v BiFeO_3 keramikah. Predlagali so proces utrjevanja strukture, ki predvideva obstoj dveh tipov centrov pritrdjevanja. Rezultati študije bodo pomagali pri nadaljnji optimizaciji lokalne in makroskopske prevodnosti ter utrjevanja teh tehnološko pomembnih keramik. Rezultati so bili objavljeni v članku M. Makarovič *et al.*: Tailoring the electrical conductivity and hardening in BiFeO_3 ceramics, *J. Eur. Ceram. Soc.* **40**, 5483 (2020).



Slika 14: Pari snovnih valov, ki izhajajo iz moduliranega Bose-Einsteinovega kondenzata cezijevih atomov.

15. Hladni atomi

Tadej Mežnaršič, Tina Arh, Erik Zupanič in Peter Jeglič so poročali o emisiji koreliranih parov snovnih valov iz solitona moduliranega v kvazienodimenzionalni optični pasti (slika 14). Proces

nastajanja parov snovnih valov so opisali s pomočjo preprostega modela na osnovi enodimenzionalne enačbe Grossa in Pitaevskega, ki ponuja vpogled v dinamiko gostotnih valov, ki nastanejo v začetni fazi vzbujanja solitona. Pri parametrih modulacije, kjer so nastajali le pari snovnih valov prvega reda, so opazili korelacije v številu atomov v snovnih valovih, ki so onkraj pričakovanih vrednosti za klasične stohastične procese. Rezultati so bili objavljeni v članku T. Mežnaršič *et al.*: Emission of correlated jets from a driven matter-wave soliton in a quasi-one-dimensional geometry, *Phys. Rev. A* 101, 031601(R) (2020).

II. Programska skupina Fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur

Raziskave programske skupine Fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur se osredotočajo na nove kompleksne sisteme v mehki snovi in na površinah s specifičnimi funkcionalnimi lastnostmi. Cilj programa je razumeti strukturne in dinamične lastnosti teh sistemov, njihove interakcije, njihove funkcionalnosti na molekularni ravni in samosestavljanje mehke snovi. Temeljna domneva raziskav je, da je mogoče razumeti kompleksne mehanizme, kot je samosestavljalnost na makroskopski ravni, z uporabo poenostavljene fizikalne slike in ustreznih modelov. Program sestavljajo eksperimentalne in teoretske raziskave, podprte s simulacijami in modeliranjem. Poseben poudarek je namenjen elektrooptičnim lastnostim in uporabi v medicini.

Nadzor svetlobe s topološkimi solitoni v frustriranih kiralnih nematikih

Topološki solitoni, ki jih zasledimo na različnih področjih fizike, so fascinantne lokalizirane motnje v parametru urejenosti, ki so topološko zaščitene. Proučili smo lom, odboj in lečenje laserskih žarkov na različnih topoloških solitonih v frustriranih kiralnih nematikih. Teoretično smo pokazali, da je interakcija šibke svetlobe s takšnimi topološkimi solitoni dobro opisana s posplošenim Snellovim zakonom in modeli za sledenje žarkom. Te ugotovitve omogočajo boljše razumevanje manipulacije toka svetlobe, kar je posebej uporabno pri razvoju kompleksnih optičnih in fotonih sestavov. Študija je potekala tako na Inštitutu "Jožef Stefan" kot na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani ter v tesnem sodelovanju s skupino Ivana Smalyukha z Univerze v Koloradu v Boulderju. Objava o dosežkih raziskave (*Physical Review X*, 2020, DOI: 10.1103/PhysRevX.10.031042) je bila v *APS Physics Focus* izpostavljena v uredniškem članku Liquid-Crystal Vortices Focus Light.

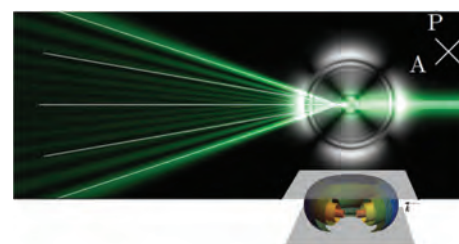
Periodično samofokusiranje svetlobe v frustrirani tanki plasti holesterika

V raziskavi pokažemo, da kiralnost močno ojača nelinearni optični odziv frustriranih kiralnih nematkov. Za razliko od nekiralnih tekočih kristalov, kjer preorientacija molekul v močnem laserskem curku omogoča nastanek krajevnega optičnega solitona – nematikona, v frustriranem odvitem kiralnem nematiku kiralnost prinaša dodatno ojačenje nelinearnega odziva in posledično lažjo tvorbo optičnih solitonov. Obnašanje takih solitonov smo raziskali v tanki plasti, kamor svetloba vpada pod kotom in pride do tvorbe similaritonov, ki jih karakterizira periodično samofokusiranje. Naše numerične in teorijske raziskave, ki so potekale tako na Inštitutu "Jožef Stefan" kot na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, so tekle vzporedno z eksperimentalno študijo skupine Ivana Smalyukha z Univerze v Koloradu v Boulderju in pripeljale do skupne objave (*Physical Review Letters*, 2020, DOI: 10.1103/PhysRevLett.125.077801). Ugotovitve o kiralno ojačenih nelinearnih optičnih pojavi dajejo osnovo za nove možnosti rabe pri aplikacijah, kot so samovzbujene ploske leče, ki jih proži svetloba z relativno šibko jakostjo, in optično procesiranje informacij na osnovi interakcije krajevnih optičnih solitonov s topološkimi solitoni v mehkem kiralnem mediju.

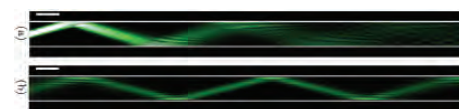
Nestabilnost v 3D aktivnih nematikih privede do gubanja

V eksperimentalni in teoretski študiji obravnavamo tridimenzionalni aktivni nematik, ki je sestavljen iz mikrotubulov, kinezinskih motorjev in raztopine polimerov. Sistem kaže kompleksno dinamiko, ki preide od tridimenzionalne enakomerne porazdelitve tubulinskih snopov do sploščene in zgoščene 2D-traku prek mehanske nestabilnosti do 3D aktivnega turbulentnega stanja. Medsebojno delovanje privlačnih sil zaradi zasedenega volumna in molekularnih motorjev

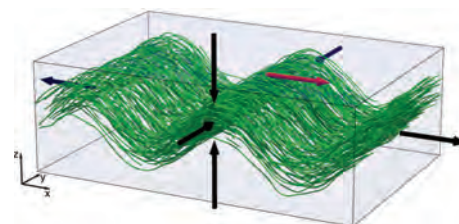
S teorijsko-numeričnim pristopom pojasnimo tok svetlobe skozi kompleksne strukture topoloških solitonov v frustriranih kiralnih nematikih. V tanki plasti odvitega holesterika pokažemo kiralno ojačano periodično samofokusiranje močnega laserskega curka in tvorbo similaritona. Z modeliranjem pokažemo, da lahko s topološkimi defekti v ionsko dopiranem nematskem tekočem kristalu manipuliramo porazdelitve površinskega naboja na kemično homogenih površinah. Za materialne tokove in morfološko dinamiko topoloških defektnih linij in zank v 3D aktivnih nematikih s teorijsko-numeričnim pristopom pokažemo pomen lokalnega profila orientacijskega reda, ki defekte obkroža.



Slika 15: Simulirani prehod zelene svetlobe, skozi toron v razviti holesterični plasti. Intenzivnost zelene barve ustreza jakosti svetlobe. Bele črte dobimo s preprostim sledenjem žarkom. 100-mikrometrski toron z direktorsko strukturo, prikazano v vstavku, je predstavljen s sliko polarizacijskega mikroskopa v beli svetlobi.

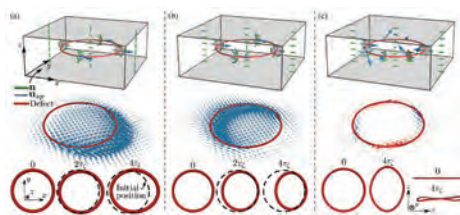


Slika 16: Širjenje nagnjenega Gaussovega curka svetlobe v razviti holesterični plasti v linearnem (a) in nelinearnem – similariton (b) optičnem režimu. Kratke bele črte predstavljajo 10 μm.

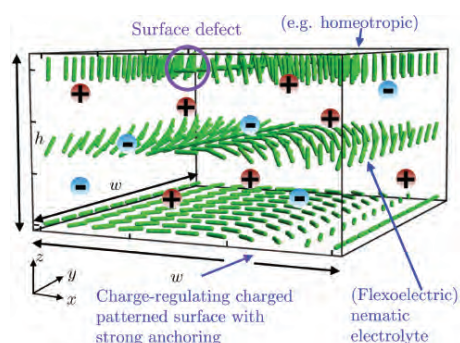


Slika 17: Nematsko urejeni snopi mikrotubulov (zeleno) se najprej v navpični smeri skrčijo v obliko traku, ki nato zaradi aktivne raztezne napetosti zavzame valovito obliko.

kinezinov vodi tako v privlačno silo, ki skrči trak, kot v raztezno, ki inducira nestabilnost in nastanek valov. Na makroskopski skali smo uporabili teorijo kontinuov za razlago nestabilnosti in napoved valovne dolžine nastalih valov. Rezultate smo dopolnili z detajlnimi simulacijami na molekularni skali (z uporabo odprtokodnega paketa Cytosim), ki so opaženo dinamiko reproducirale na podlagi lastnosti posamičnih kinezinskih motorjev. Ugotovili smo, da se sile motorjev skoraj izničijo, vendar pa majhna asimetrija v njihovi porazdelitvi privede do nastanka raztezne napetosti. Medtem ko valovna dolžina gub močno korelira s časovno skalo njihovega nastanka, kar napove tudi kontinuumska teorija, je neodvisna od koncentracije ATP. Prehod v našem sistemu od 3D-materiala do kvazi 2D-traku ter nazaj v 3D predstavlja nov način samoorganizacije v aktivni mehki snovi. Študija je večinoma potekala v okviru Inštituta Max Planck za dinamiko in samoorganizacijo v Göttingenu (*Nano Letters*, 2020, DOI:10.1021/acs.nanolett.0c01546).



Slika 18: Tokovi in dinamika različnih aktivnih nematskih defektnih zank z ničelnim topološkim nabojem



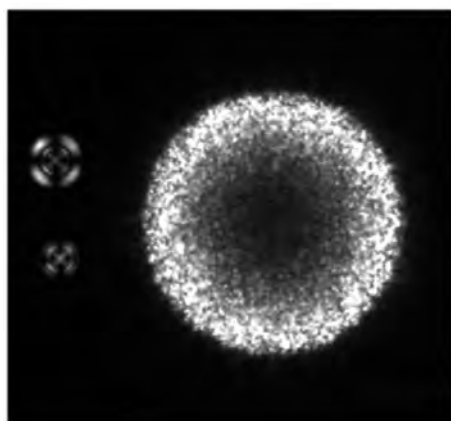
Slika 19: Površinsko inducirani električni naboj, povzročeni z nematskimi defekti

Tridimenzionalne aktivne defektne zanke

Raziščemo materialne tokove in morfološko dinamiko topoloških defektnih linij in zank v tridimenzionalnih aktivnih nematikih ter s pomočjo teorije in numeričnega modeliranja pokažemo, da jih ureja lokalni profil orientacijskega reda, ki defekte obkroža. Z analizo različnih profilov defektnih zank, in sicer od radialnega in tangencialnega zasuka do klinastih profilov, pokažemo, da lahko različne geometrije poganjajo tok materiala pravokotno ali vzdolž lokalnega segmenta defektne zanke, kar lahko nadalje povzroči premikanje zanke, raztezek ali stiskanje zanke ali upogibanje zank. Pokažemo korelacijo med lokalno ukrivljenostjo in lokalnim orientacijskim profilom defektne zanke, kar splošneje pokaže na dinamično povezavo med geometrijo in topologijo. Raziščemo splošno tvorbo okvar aktivnih nematskih defektnih zank v treh dimenzijah, pri čemer pokažemo njihovo ustvarjanje z nestabilnostjo upogiba zaradi različnih začetnih elastičnih deformacij. Delo je rezultat sodelovanja med Univerzo v Warwicku (prof. G. Alexander), Fakulteto za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Oddelkom za fiziko kondenzirane snovi na Institutu "Jožef Stefan". (*Physical Review Letters*, 2020, DOI: 10.1103/PhysRevLett.124.088001)

Heterogenosti površinskega naboja v nematskih elektrolitih, inducirane s topološkimi defekti

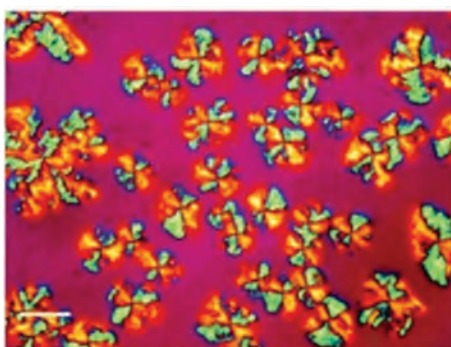
S teoretičnim modeliranjem smo pokazali, da lahko s topološkimi defekti v ionsko dopiranem nematskem tekočem kristalu manipuliramo porazdelitve površinskega naboja na kemično homogenih zunanjih površinah, ki uravnavajo naboj. Položaj in vrsta defekta določita natančno porazdelitve površinskih nabojev, učinek pa se poveča, če je tekoči kristal fleksoelektričen. Princip nadzora naboja smo pokazali na primeru vzorčenih površin in nabitih koloidnih krogel. Na splošno naši rezultati kažejo na zanimivo možnost nadzora površinskih nabojev na zunanjih površinah brez spreminjanja kemije površine (*Physical Review Letters*, 2020, DOI: 10.1103/PhysRevLett.125.037801).



Slika 20: Ultra hitro ohlajanje tekočega kristala z osvetlitvijo 5 ns

Nekoherentna mikroskopija tekočih kristalov z nanosekundno osvetlitvijo

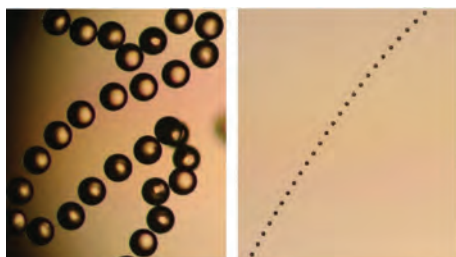
Postavili smo eksperiment za brezinterferenčno mikroskopijo z ultrakratkimi osvetljevalnimi časi dolžine 5 nanosekund. Postavitev temelji na stroboskopskem principu slikanja, pri čemer smo uporabili hitro in nekoherentno fluorescenčno emisijo organskih barvil, ki smo jo vzbudili s pikosekundnimi laserskimi pulzi. Uporabili smo enostavno rešitev z raztopino barvila Rhodamin B in etanola v stekleni kivetki, pri čemer smo dobili slike z odlično kakovostjo, visokim kontrastom in nastavljivo koherenco. Učinkovitost metode smo pokazali na primeru slikanja ultra hitrega ohlajanja tekočega kristala iz nematske v izotropno fazo. Pri tem smo lahko raziskovali Kibble-Zurkov mehanizem tvorbe in rasti topoloških defektov s submikrosekundno ločljivostjo pri ekstremno hitrem ohlajanju (40.000 K/s). Raziskava je potekala v sodelovanju s Fakulteto za matematiko in fiziko ter Fakulteto za farmacijo Univerze v Ljubljani (*Liquid Crystals*, 2020, DOI:10.1080/02678292.2020.1790049).



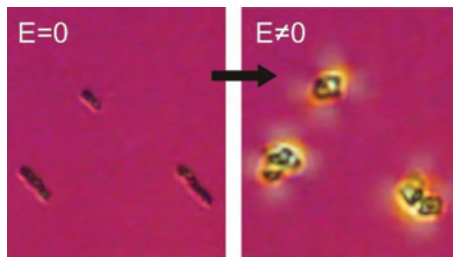
Slika 21: Rožna domena v inverznem nematskem gelu

Svetle rožne domene v inverznih nematskih gelih

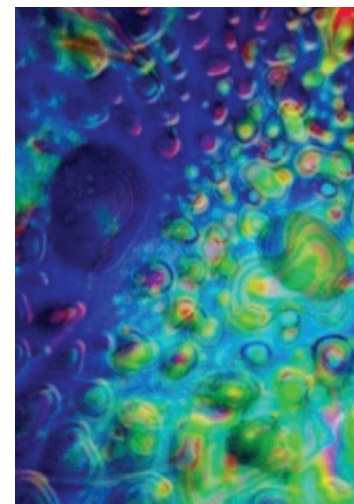
Odkrili smo, da gelator 12-HSA v nematskem tekočem kristalu povzroči nastanek lokaliziranih domen, v katerih je koncentracija gelatorja višja kot v okoliškem tekočem kristalu. Gelator v teh domenah tvori vlakna, ki interagirajo z molekulami tekočega kristala ter stabilizirajo njegov direktor v spiralno strukturo, ki je sorodna toronom. Njihovo strukturo smo proučili z optično



Slika 22: Ogrlice iz tekočerkristalnih kapljic, povezanih z mikrovlaknom



Slika 23: Obracanje mikroploščic v tekočem kristalu z električnim poljem



Slika 24: Polarizacijska optična slika hibridnega kompozita

in konfokalno mikroskopijo. Vse domene imajo isto ročnost strukture, čeprav je nematski tekoči kristal v njihovi okolici akiralen. Raziskava je potekala v sodelovanju s Fakulteto za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Ramanovim Inštitutom v Bangalorju (*Soft matter*, 2020, DOI: 10.1039/C9SM02547B).

Ogrlice iz tekočerkristalnih kapljic

Z uporabo mikrofluidike smo izdelali stabilne ogrlice iz mikrometrskih tekočerkristalnih kapljic, povezanih s tankim, submikronskim mikrovlaknom, narejenim iz kompozita PVA in tekočega kristala. Ogrlice lahko poljubno raztegujemo z zunanjo silo z uporabo laserske pincete in tako smo lahko določili elastični modul povezovalnega vlakna. V posameznih kapljicah smo opazovali WGM resonance, žal pa nam še ni uspelo prenašati svetlobe med posameznimi kapljicami zaradi prevelikih izgub v vlaknu. Raziskava je potekala v sodelovanju z AIST v Tsukubi (*Langmuir*, DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.0c00101>).

Preurejanje feroelektričnih ploščic z električnim poljem v nematskem tekočem kristalu

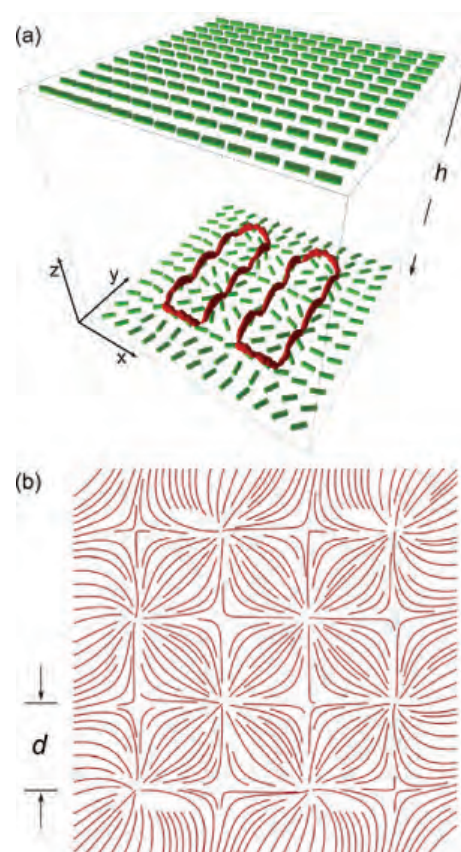
Pokazali smo, da lahko feroelektrične mikroploščice v nematskem tekočem kristalu obračamo z zunanjim električnim poljem. Električni dipolni moment ploščic je pravokoten na ravnino ploščic, kar nam omogoča obračanje ploščic iz njihove ravnovesne lege. Eksperimenti so bili narejeni v tekočem kristalu z ničelno dielektrično anizotropijo, torej smo preobračali tekočerkristalne molekule le prek njihove sklopitve s ploščicami, ne s pomočjo dielektrične sklopitve tekočih kristalov s poljem (*Liquid Crystals*, DOI: 10.1080/02678292.2020.1785026).

Hibridne sestave grafenskih derivatov, tekočih kristalov in nanodelcev CdS/TiO₂: optoelektronski in biotehnoški vidiki

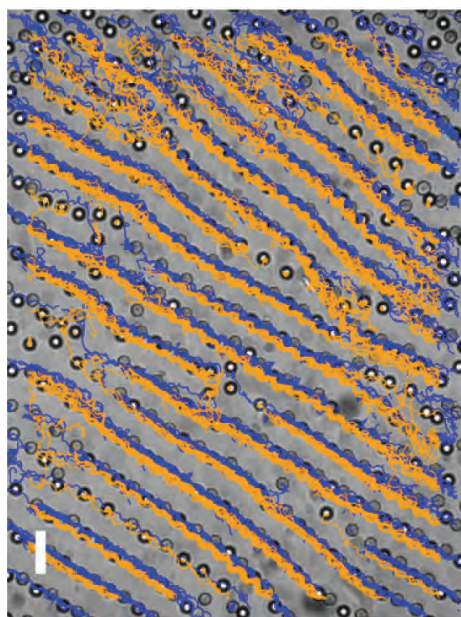
Predstavljene so različne združbe nanomaterialov in z njimi povezane nove tehnologije preklonnih aplikacij. Obravnavani so kompleksni sistemi, sestavljeni iz grafena in njegovih derivatov, tekočih kristalov z vodikovo vezjo in polprevodniških nanodelcev ali nanožičk. Stabilni hibridni sklopi so omogočeni predvsem zaradi prisotnosti razmeroma močnih vodikovih vezi. Posebno zanimive so konfiguracije, pri katerih dosežemo učinkovite preklope med stanji z izrazito različnimi željenimi efektivnimi lastnostmi. Takšne sklope lahko uporabimo v prilagodljivi elektroniki, pametnih zaslonih z visokim kontrastom, različnih optoelektronskih napravah, senzorjih (vnetljivosti, eksplozivnosti ali toksičnosti kemikalij), bioznavanju in protimikrobnih aplikacijah. Pregledna študija, ki je nastala v sodelovanju z raziskovalci iz Indije in Egipta, je usmerjena predvsem na stroškovno učinkovite tehnologije, osnovane na heterogenih mehanizmih samosestavljanja (*Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 2020, DOI: 10.1080/10408436.2020.1805295).

Prevezljive multistabilne konfiguracije topoloških defektov

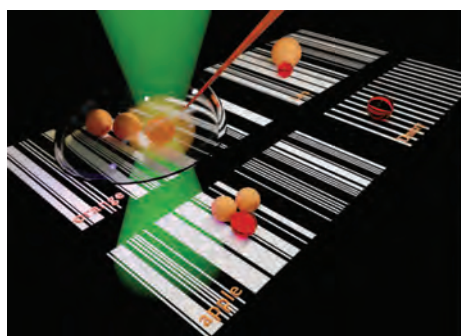
Predstavljena sta teoretična in eksperimentalna raziskava električno vodenih prevezav disklinacij med tekmujočimi strukturami v nematični celici. Različne defektne konfiguracije so stabilizirane s komandno površino, ki vsiljuje mrežo topoloških površinskih defektov z ničelno vrednostjo skupnega topološkega naboja. V teoretičnem pristopu opisujemo strukture z Landau-de Gennesovim fenomenološkim modelom. V eksperimentalnem delu raziskav omogočamo defektne strukture z AFM vtisno metodo in nematične konfiguracije opazujemo s polarizacijsko optično mikroskopijo. Numerično in eksperimentalno demonstriramo, da lahko tvorimo 18 različnih robustno prevezljivih defektih struktur, izhajajoč iz 4 x 4 matrice $s=\pm 1$ površinskih defektov. Demonstrirani koncept lahko vodi do številnih aplikacij v multistabilnih kazalnikih in prevezljivih nanovezjih. Študija je potekala v sodelovanju s Case Western Reserve University Cleveland (*Physical Review Research*, 2020, DOI: 10.1103/PhysRevResearch.2.013176).



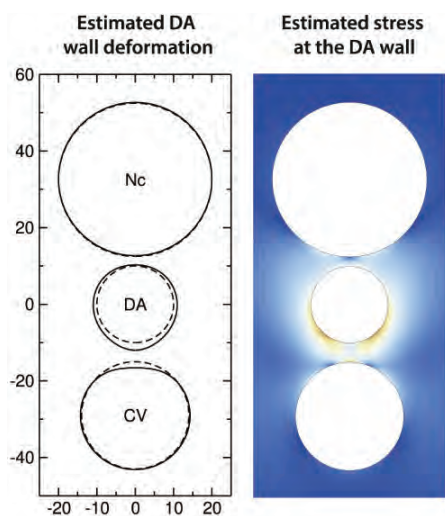
Slika 25: a) Tipična konfiguracija defektov; b) vsiljena nematična konfiguracija na spodnji plošči



Slika 26: Tri magnetnih delcev v precesirajočem magnetnem polju. Delci v bližini obeh omejujočih površin se gibljejo v nasprotnih smereh (rumene in modre sledi).



Slika 27: Grafična podoba štirih skupkov mikro kroglic, ki imajo vsak zapisano informacijo, ki jo lahko preberemo z laserjem.



Slika 28: Teoretična napoved mehanskih napetosti v tkivu, ki obdaja dorsarno aorto (DA).

Kolektivni koloidni tokovi zaradi izmenjalne dinamike ob razpadanju dimerov

Raziskali smo dinamiko paramagnetnih koloidnih delcev v zamejenem prostoru med dvema ravninama. Ob prisotnosti precesirajočega magnetnega polja pokažejo raznolik fazni diagram v odvisnosti od frekvence vrtenja polja, debeline celice, precesijskega kota in gostote delcev. S pomočjo linearne analize stabilnosti smo napovedali meje med temi fazami, ki med drugim vključujejo posamezne delce na heksagonalni mreži ter sinhrono ali asinhrono vrteče dimere. Med njimi je posebno zanimiva faza, v kateri se dimeri prehodno formirajo in razpadajo. Posledično pride do robnega toka, pri katerem se delci ob eni površini gibljejo v eno smer, ob drugi pa v nasprotno. Rezultati nazorno pokažejo, kako lahko podobne fizikalne pojave opazimo v sistemih na zelo različnih velikostnih skalah. Delo je potekalo v okviru mednarodnega sodelovanja raziskovalcev z Univerze v Barceloni in Inštituta Max Planck za dinamiko in samoorganizacijo v Göttingenu (*Science Advances*, 2020, DOI:10.1126/sciadv.aaz2257).

Generiranje kapljic in kroglic z nanometrsko natančnostjo

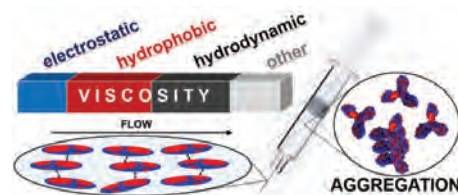
Pokazali smo, da je mogoče generirati majhne kapljice in trdne kroglice z doslej nedosegljivo natančnostjo, 1 nm za kapljice in 20 nm za kroglice. Relativna napaka velikosti generiranih kapljic je le 0,0042 %, kar je za tri velikostne rede bolje od drugih standardnih metod, kot je na primer generiranje kapljic v mikrofluidiki. Z generacijo treh kapljic v naprej definiranimi velikostmi lahko vanje zapišemo informacijo v obliki kratkih številčk ali besed. Zapisano informacijo preberemo prek emisijskega spektra svetlobe. Možnost zapisa informacije na tako majhno velikost in možnost branja te informacije samo prek spektra ima velik potencial za označevanje raznovrstnih produktov, varnostne kode in celo za označevanje in sledenje posameznih živih celic. Članek, ki je bil izpostavljen na hrbtni strani revije *Lab on a Chip*, je nastal v sodelovanju s Harvard Medical School (*Lab on a Chip*, 2020, DOI: 10.1039/C9LC01034C).

Krvni obtok določa ekstruzijo celic in nastanek dorzalne aorte v zarodku ribe zebriče

V študiji smo proučili nastanek dorzalne aorte, glavne arterije v razvijajočem se zarodku ribe zebriče. Slikanje živih zarodkov smo povezali s teoretično napovedjo porazdelitve mehanske napetosti v tkivu, ki obdaja žilo. Slednje so ojačane v delu blizu druge žile, zmanjšane pa v bližini mehansko toge strune. Pokazali smo, da celice migrirajo v smeri, ki sovпада z maksimalno pulzirajočo napetostjo ob bitju srca. Po drugi strani zmanjšan krvni obtok pospeši ekstruzijo celic, kar kaže na mehanizem za uravnavanje premera žile. Naša študija pokaže, kako sta nastanek in rast žil odvisna od vzajemnega delovanja kemičnih signalov, mehanike tkiva in dinamike tekočin. Delo je potekalo v okviru mednarodnega sodelovanja raziskovalcev z Univerze Strasbourg ter Inštituta Max Planck za dinamiko in samoorganizacijo v Göttingenu (*Cell Reports*, 2020, DOI:10.1016/j.celrep.2020.03.069).

Nadzor viskoznosti v biofarmacevtskih proteinskih formulacijah

Nadzor viskoznosti koncentriranih raztopin proteinov – običajno zmanjšanje – je odprt izziv, ki je v zadnjem času pomemben pri proteinskih formulacijah za biofarmacevtske, medicinske, živilske in druge namene. Zelo pomembno je, da lahko vzpostavimo nadzor nad kombinacijo aditivov, ki vplivajo na viskoznost, in ustrezne stabilnosti proteinov, običajno pri visokih koncentracijah beljakovin. V tem delu pokažemo nadzor in manipulacijo viskoznega profila izbrane proteinske raztopine (monoklonsko protitelo imunoglobulinskega gama tipa – IgG), ki je neposredno biofarmacevtsko pomembna, z identifikacijo elementarnih viskoznih prispevkov prek izbranih dodatkov, ki ciljajo na različne interakcije protein-protein. Natančneje, izvedemo kombinirano študijo nadzora viskoznosti in agregacije proteinov, pri čemer viskoznost določimo prek mikrofluidnih meritev in agregacijo proteinov prek kromatografije z izključitvijo velikosti. Agregacijski podatki se nadalje dopolnjujejo z meritvami konformacijske stabilnosti



Slika 29: Nadzorovanje viskoznosti v biofarmacevtskih proteinskih formulacijah prek načrtovanja različnih proteinskih interakcij

s toplotno in kemično denaturacijo proteinov. Splošneje pokažemo nadzor nad medsebojnim vplivanjem viskoznosti in stabilnosti v izbranem proteinskem sistemu kot splošni prispevek k razumevanju viskoznosti v različnih koloidnih, bioloških in mehkih materialih. Delo potekalo v sodelovanju med Lekom, d. d, delom Novartisa, Fakulteto za matematiko in fiziko, Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani in Oddelkom za fiziko kondenzirane snovi na Institutu "Jožef Stefan" (*J. Coll. Int. Sci.*, 2020, DOI: 10.1016/j.jcis.2020.06.105).

Protimikrobne prevleke na osnovi nanožičk MoO₃

Zasnovali smo nov protimikrobni nanokompozit iz inertnega biokompatibilnega PVDF-HFP in v vodi topnega polimera PVP z vgrajenimi nanožicami MoO₃. Raztapljanje v vodi v koncentraciji 5 mg/ml zniža pH vrednost na 4,6 v 5 minutah. Protimikrobno aktivnost, ki smo jo proučevali v sodelovanju z Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani, smo razložili z dvostopenjskim delovanjem; v prvi fazi se MoO₃ raztopi, kar povzroči padec pH, ki nato sproži hidrolizo polimera PVP in sproščanje amonijeve soli. Popolna deaktivacija *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* in *Pseudomonas aeruginosa* je bila dosežena v 6 urah, deaktiviranje *Penicillium verrucosum* in *Pichia anomala* pa v 24 urah (*Journal of Nanomaterials*, 2020, DOI: 10.1155/2020/9754024).

Novi kvazi dvodimenzionalni kristali W_nO_{3n-1}

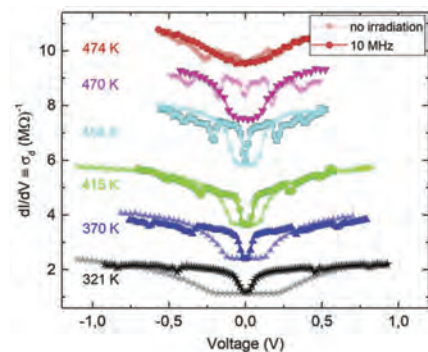
Sintetizirali smo nove kvazi dvodimenzionalne kristale volframovega oksida, ki nastajajo z epitaksialno rastjo na nanožicah W₁₉O₅₅. V posamezni ploščici smo prvič identificirali več stehiometričnih faz: W₁₈O₅₃, W₁₇O₅₀, W₁₆O₄₇, W₁₅O₄₄, W₁₄O₄₁ in W₉O₂₆. Strukturo smo razbrali neposredno iz visoko ločljivostnih elektronsko mikroskopskih posnetkov in modelirali z uporabo podatkov elektronske in rentgenske difrakcije. Ti plastni kristali predstavljajo novo vrsto polikristaliničnosti, pri kateri kristalografske strižne ravnine sprejmejo kisikove vrzeli in hkrati prispevajo k stabilnosti določene faze (*Nanoscale*, 2020, DOI: 10.1039/D0NR02014A).

Prostorsko urejanje valov gostote naboja v NbSe₃

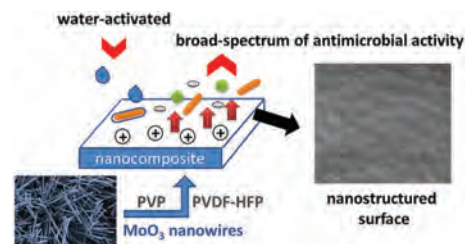
Urejanje dveh inkomenzurabilnih valov gostote naboja (CDW) v kvazi enodimenzionalni strukturi NbSe₃ smo proučevali s pomočjo nizkotemperaturne vrstične tunelske mikroskopije (PRB 102, 075442 (2020)). Večje (100) orientirane van der Waalove površine smo analizirali z uporabo enodimenzionalne Fourierjeve transformacije vzdolž trigonalnih prizmatičnih kolon. Postopek je omogočil nedvoumno razlikovanje med obema CDW-jema, ki modulirata posamezne kolone, in kvantitativno primerjavo amplitud modulacije vzdolž različnih kolon istega tipa. Rezultati kažejo na nastanek CDW nanodomen. Možnost izmenjave obeh CDW-jev vzdolž kolon, ki tvorijo simetrično povezane pare, povzroči razliko naboja, kar bi lahko bil možni izvor drsanja CDW-jev. Članek je bil objavljen v sodelovanju z raziskovalcem iz Kanade (*Physical Review B*, 2020, DOI: 10.1103/PhysRevB.102.075442).

Val z visoko gostoto naboja v monoklinični fazi NbS₃

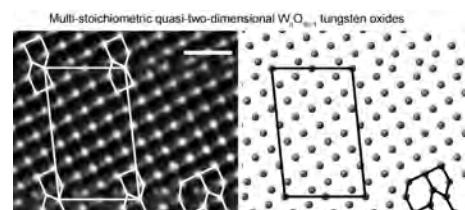
Poročali smo o visokotemperaturnih študijah električne prevodnosti monoklinične faze NbS₃ tipa-II (*J. Alloys Compd* 854, 157098 (2020)). Pokazalo se je, da je spojina stabilna do temperature T ≈ 550 K. Pri T_{p0} ≈ 450–475 K smo opazili stopničasto rast prevodnosti, kar je jasen dokaz, da je T_{p0} temperatura tretjega visokotemperaturnega CDW-ja. Sinhronizacija pri zmernih frekvencah 10–50 MHz prikazuje koherentno drsenje CDW-0. Kondenzirani naboji v tem CDW-ju pa kažejo na razmeroma visoko gostoto in hkrati izjemno majhno gibljivost. Njihova gibljivost se zdi nizka tudi v stanju enega delca, kar daje verodostojen namig o presenetljivi dielektrični temperaturni spremembi σ nad T_{p0}. Članek je bil objavljen v sodelovanju s skupinama iz Tajvana in Rusije (*Journal of Alloys and Compounds*, 2020, DOI: 10.1016/j.jallcom.2020.157098)



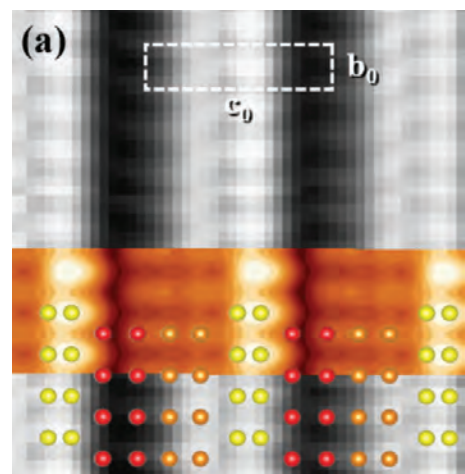
Slika 33: Temperaturna odvisnost krivulj I-V brez in z RF-obsevanjem



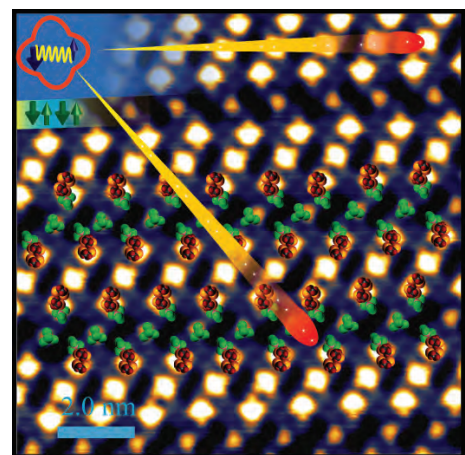
Slika 30: Shematski prikaz protimikrobne aktivacije nanokompozita PVDF-HFP/PVP/nanožičke MoO₃



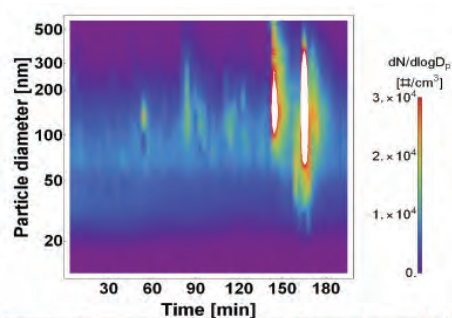
Slika 31: HRTEM-slika in simulacija strukturne faze W₁₆O₄₇ s pentagonalnimi in heksagonalnimi tuneli na kristalografskih strižnih ravninah. Merilo: 1 nm.



Slika 32: STM-slika površine NbSe₃, prikazana z vrhno plastjo Se atomov in DFT simulirano STM-sliko.



Slika 34: Hibridni red dveh osnovnih stanj, kjer so molekularne magnetne verige ugnedene v enoslojni organski superprevodnik.



Slika 35: Uporaba bakel in pirotehnike je med tekmo povzročila do 12-kratno povečanje številске koncentracije nanodelcev v zraku.

Spontano antiferomagnetno urejanje v enoplastnem organskem superprevodniku (BETS)₂GaCl₄

Izdelava natančno določenih in atomsko čistih mejnih površin med materiali različnih vrst je temeljnega pomena za načrtovanje novih funkcionalnosti in za proučevanje novih pojavov v fiziki kondenzirane snovi. Naša študija je bila osredotočena na medsebojno delovanje elektronske ureditve hibridne mešanice ugnezenih antiferomagnetnih molekularnih verig in superprevodnih molekularnih trakov v taki plasti. Rezultati nizkotemperaturne vrstične tunelske mikroskopije in spektroskopije sta pri temperaturah pod T_c pokazali odsotnost nizkih vibranskih in magnetnih ekscitacij, ki sicer prevladajo v visokotemperaturni fazi. To nakazuje na njihov kooperativen obstoj in možno renormalizacijo, potrebno za nastanek superprevodnosti v taki vrsti superprevodnikov. Članek je bil objavljen v sodelovanju s skupino na Univerzi Nihon v Tokiu (*Advanced Electronic Materials*, 2020, DOI: 10.1002/aelm.202000461).

Onesnaženje zraka z nanodelci med nogometno tekmo

Na derbiju med nogometnima kluboma NK Olimpija Ljubljana in NK Maribor marca 2019 v Stožicah smo med tekmo merili onesnaženost zraka z nanodelci. Navijaški skupini obeh ekip, Green Dragons in Viole Maribor, sta namreč kljub prepovedi prižigali bakle in pirotehnična sredstva v podporo svojima kluboma. Število nanodelcev z velikostjo od 30 nm do 300 nm v zraku se je ob prižigu bakel povečalo za 1200 %, igralci pa so vdihnili 300 % več delcev kot v manj onesnaženem okolju. Kemijska analiza je pokazala, da so bili poleg ogljika prisotni tudi elementi, ki so potencialno strupeni in se uporabljajo za barvne učinke ter kot gorivo: stroncij (rdeča barva), barij (zelená barva), kalij, magnezij in klor (*Atmospheric Environment*, 2020, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2020.117567).

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 in 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 oziroma klasičnih signalnih poti. Uvedli smo tudi metodo, ki omogoča spremljanje električnega polja v tumorjih pri zdravljenju rakavih obolenj z elektroporacijo, in nadalje

Kot prvi na svetu smo razvili in vitro model, ki brez uporabe testnih živali napove kronično vnetje zaradi vdihá nanodelcev, kar smo objavili v prestižni reviji *Advanced Materials*.

razvili metodo multiparametričnega slikanja z magnetno resonanco za karakterizacijo hrane in zdravil 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.

Epidemiološki dokazi kažejo, da vdihavanje onesnaženega zraka, vključno z nanodelci, prispeva k približno 4 milijonov smrtnih žrtev po vsem svetu. Še vedno pa ni znano, kateri nanodelci so za to odgovorni. V sodelovanju z Nacionalnim raziskovalnim centrom za delovno okolje (NRCWE) (Danska) smo pokazali, da so med več različnimi vrstami anataznih TiO₂ nanodelcev le nanocevke sprožile kronično vnetje pri miših [1].

Po našem odkritju leta 2019, da epiteljske celice na svoji površini pasivirajo nekatere nanomaterialne, kar zmanjšuje uničujoč učinek interakcij med nanomateriali in različnimi strukturami v celicah (npr. jedro, aktinski citoskelet, notranje membrane; vse opaženo z mikroskopijo STED), smo prvi na svetu razvili model, ki brez uporabe živali napove kronično vnetje, povzročeno z vdihom nanodelcev. Napoved temelji na zapletenem mehanizmu, ki je bil odkrit v okviru intenzivnih skupnih raziskav znotraj delovnega paketa, ki smo ga vodili v

okviru evropskega **Horizont 2020 projekta SmartNanoTox**, vrednega **8 milijonov evrov**. Mehanizem toksičnosti nanomaterialov temelji na treh ključnih dogodkih: 1) tvorjenje aglomeratov nanodelcev in biomolekul na površini celic pljučnega epitelijskega, 2) toksičnost delcev za makrofage in 3) celična signalizacija, pri čemer so vsi povezani v krog dogodkov. Delo, objavljeno v ugledni reviji *Advanced Materials* (IF 27, A⁺⁺) [2], je urednik posebej izpostavil (naslovnica poglavja – frontispiece) in se trenutno uvršča med **5 % najbolj uspešnih** rezultatov raziskav glede na Altmetric. Omenjeno ogromno skupno raziskavo sta vodila naša raziskovalca T. Koklič in J. Štrancar (dva od treh dopisnih avtorjev), **med soavtorji članka pa so tudi vodilni svetovni toksikologi** iz Nemčije, Francije, Danske, Kanade, Finske, Švedske, Irske in Združenega kraljestva. V sodelovanju z Univerzo v Oxfordu (VB) razvijamo napredne mikrospektroskopske metode za opis lokalnega molekularnega okolja. **Super ločljivi fluorescenčni korelacijski spektroskopiji (STED-FCS) smo izboljšali prilagodljivost** z vgradnjo hitrejše detekcijske elektronike [3]. Z vpeljavo na aberacije odporne oblike STED-žarka smo izboljšali zanesljivost meritev STED-FCS v 3D [4], s prilagodljivo optiko pa smo raziskovali difuzijske lastnosti molekul v zahtevnem celičnem okolju [5]. Raziskovali smo tudi nove probe za super ločljivo mikroskopsko tehniko RESOLFT [6]. **Za nadaljnje raziskave na področju naprednih mikrospektroskopij smo pridobili in začeli izvajati nov ARRS-projekt (J7-2596)** v sodelovanju z Laboratorijem za umetne vizualne spoznavne sisteme (VICOS) s Fakulteto za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani.

Izsledke raziskovalnega dela, ki smo ga opravili v okviru projekta ARRS Mikrospektroskopska karakterizacija in optimizacija učinka laserskih sunkov na očesni mrežnici (L7-7561), smo leta 2020 objavili v dveh znanstvenih publikacijah [7,8]. V njih poročamo o **zmogljivostih razvitega 2-fotonskega laserskega sistema** (Laboratorij za fotoniko in laserske sisteme (FOLAS), Fakulteta za strojništvo kot partner LBF) za **diagnostiko patologij in izvajanja terapije na mrežnici** ter zmogljivostih fluorescenčnega hiperspektralnega slikanja z uporabo napredne analize za proučevanje **dinamike koagulacije in oksigenacije krvi**, izvedeno na *ex-vivo* mrežnici. Obsežno delo na omenjenih projektih smo poleg publikacij predstavili v dodeljenem evropskem patentu (PCT/SI2018/050007, EP2018713384).

V okviru tekočega projekta ARRS (L2-9254) smo naš STED laserski sistem nadgradili z novo optično linijo za testiranje novorazvitega adaptivnega laserskega sistema (Laboratorij za fotoniko in laserske sisteme (FOLAS), Fakulteta za strojništvo kot partner LBF). Na *ex-vivo* mrežnici smo testirali in opredelili diagnostične in terapevtske zmogljivosti laserja, skupaj z novo razvitim algoritmom in konceptom učinkovite teranostike. Izsledke raziskave bomo objavili v letu 2021.

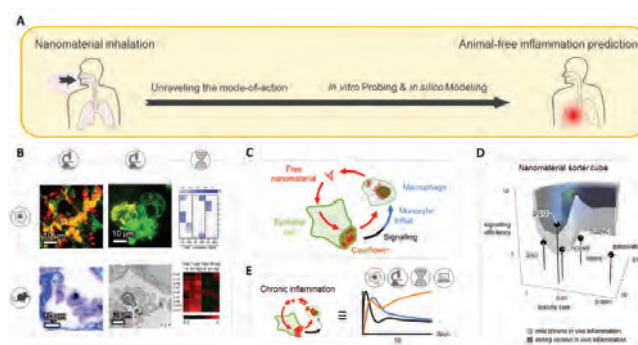
V okviru sodelovanja LBF z Laboratorijem za ogrevalno tehnologijo LTT, Fakulteta za strojništvo, na področju detekcije in analize temperaturne dinamike pri procesu mikrovrenja smo v letu 2020 izvedli nove raziskave. Za detekcijo temperature pri procesu mikrovrenja smo preizkusili različne kombinacije novorazvitih temperaturno občutljivih organskih in anorganskih molekul ali delcev. Na osnovi preliminarnih rezultatov smo vzpostavili novo sodelovanje z Oddelkom za napredne materiale (K9) za nadaljnje eksperimentalno delo v letu 2021.

Veliko dela smo namenili tudi tekočemu projektu Crossing Borders and Scales (CROSSING), osredotočenem na **napredno korelativno mikroskopijo (CM)** z uporabo najsodobnejših visoko ločljivih mikroskopskih in spektroskopskih tehnik, ki jih ponujata partnerski instituciji IJS in HZDR. Nadaljevanje raziskav vpliva nanomaterialov na relevantne biološke sisteme (model pljučnega epitelijskega, nevronska mreža) je pomembno prispevalo k izsledkom raziskave, objavljene v ugledni reviji [2], in tudi k boljšemu razumevanju molekularnih dogodkov v okviru toksikoloških študij. Preizkusili in začrtali smo nove napredne analitične pristope in smernice CM, dostopne na IJS in partnerskih institucijah, da bi v prihodnje še bolje razumeli mehanizme interakcij omenjenih kompleksnih bioloških sistemov.

V letu 2020 smo bili v Laboratoriju za biofiziko dejavni tudi v sklopu notranjih razpisov IJS. Oddali smo vlogo za vključitev laboratorija v prijavo Infrastrukturnega programa (IP) za obdobje 2022–2027. Na podlagi ekspertnega znanja in razpoložljive infrastrukture naprednih in multimodalnih optičnih mikroskopij smo v sodelovanju z nekaterimi oddelki IJS oddali vlogo za novi center, imenovan Center za napredne optične mikroskopije, ki bi bil del centra CEMM.

Spremljanje metamorfoze kranjske čebele (*Apis mellifera carnica*) z MR-mikroskopijo

V sodelovanju z Biotehniško fakulteto (BF UL) smo se že poleti 2018 lotili študije spremljanja metamorfoze kranjske čebele s sekvenčno MR-mikroskopijo. Študija je bila zahtevna, saj smo morali zagotoviti optimalne pogoje za razvoj čebele znotraj MR-magneta med slikanjem, ki je brez prestanka trajalo kar 14 dni za posamezen vzorec



Slika 36: a) Razvoj metode, ki lahko brez živalskih testov napove, ali bo vdih nanodelcev povzročil kronično vnetje; b) z uporabo naprednih mikroskopij in omik na in vivo ter in vitro sistemih smo najprej odkrili potek in mehanizem razvoja kroničnega vnetja po izpostavitvi nanodelcev; c) tako odkrite dogodke smo kavzalno povezali v mrežo dogodkov, ki je prikazana na poenostavljeni shemi; d) teoretičen model mreže dogodkov nam je omogočil napoved vnetja in posledično razvrstitev nanomaterialov v več ustreznih podskupin na podlagi treh merljivih parametrov; e) ko pomerimo te parametre v ustreznem in vitro sistemu, lahko za poljuben metaloksidni nanomaterial s pomočjo teoretičnega modela časovno in stroškovno učinkovito napovemo morebitno kronično vnetje brez testiranja na živalih.

čebele. Najprej smo izolirali posamezno celico z ličinko in jo nato slikali do razvoja odrasle čebele. V tem času je bilo s časovnim razmikom 4 ur posnetih približno 80 tridimenzionalnih slik z visoko ločljivostjo 80 mikrometrov. Posnete slike je bilo nato treba segmentirati, da smo lahko iz njih izluščili informacijo o časovnem spreminjanju prostornine različnih organov (prebavnega trakta, dihalnega sistema, medenega želodčka ...). S pomočjo strukturne analize slik z metodo gray level cooccurrence matrix smo lahko določili tudi transformacijo letalne mišice. Zaradi statistične dokazljivosti rezultatov smo slikanje izvedli na dveh vzorcih čebel. Rezultate MR-slik čebel smo preverili tudi s slikami rentgenske računalniške tomografije, posnetih na IJS, na odseku B1 ter tudi s histološko analizo, ki je bila opravljena na BF UL. Rezultate te študije smo objavili v ugledni reviji s področja biologije v članku Aleš Mohorič, Janko Božič, Polona Mrak, Kaja Tušar, Lin Chenyun, Ana Sepe, Urška Mikac, Georgy Mikhaylov, Igor Serša: In vivo continuous three-dimensional magnetic resonance microscopy : a study of metamorphosis in Carniolan worker honey bees (*Apis mellifera carnica*), *Journal of Experimental Biology*, Nov. 2020, vol. 223, iss. 21, 6 str., ilustr., ISSN 0022-0949, DOI: 10.1242/jeb.225250.

Nova metoda za izboljšanje razmerja signal/šum MR-slik

Razvili smo novo metodo, s katero lahko izboljšamo razmerje med signalom in šumom v MR-slikah. Metoda temelji na pojavu potujitve signala. Ta pri MR-slikanju nastopi, ko je vidno polje slikanja manjše od velikosti vzorca. Pojav vodi do popačitve MR-slike pri običajnih vzorcih, saj se deli vzorca zunaj vidnega polja preslikajo nazaj v sliko na nasprotni strani njihove prekoračitve vidnega polja, kar lahko vodi do njihovega motečega prekrivanja s sliko dela vzorca znotraj vidnega polja. Ugotovili smo, da lahko pri posebni vrsti vzorcev, to je pri periodičnih vzorcih, ta neželen pojav izkoristimo za konstruktivno superpozicijo potujitvenih signalov in s tem za ojačenje signala brez povečanja šuma, če te vzorce slikamo pri vidnem polju, enakem velikosti osnovne celice periodičnega vzorca. Metoda je bila sprva teoretično analizirana, nato preverjena na modelnem vzorcu v dveh dimenzijah, na koncu pa je bila predstavljena še uporaba te metode na primeru določanja vlažnosti tablet. Pri tem je NMR signal iz posamezne tablete premajhen, da bi lahko dobili sliko, s predstavljenimi metodo pa je to možno brez težav dobiti. Rezultati te študije so bili objavljeni v članku Igor Serša: Magnetic resonance microscopy of samples with translational symmetry with FOVs smaller than sample size, *Scientific reports*, 2021, vol. 11, 541-1-541-12, ISSN 2045-2322, DOI: 10.1038/s41598-020-80652-z.

Študij morfologije medialnega in ularnega živca

Na pobudo partnerjev Inštituta za anatomijo (MF UL) smo se lotili primerjalne študije, kjer tri radiološke metode primerjamo po njihovem diagnostičnem potencialu ločevanja finih struktur znotraj posameznih živčnih vlaken. Vzorci živčnih vlaken, v katerih smo hoteli iz njihovih radioloških slik natančno določiti število in velikost posameznih fasciklov, so bili izolirani od človeškega medialnega in ularnega živca. Uporabljene radiološke metode so bile: klinično MR-slikanje na 3T-sistemu (3T-MRI), visokoločljivo ultrazvočno slikanje (HRUS) in magnetnoresonančna mikroskopija (MRM) v polju 9.4 T. Slike teh treh metod smo primerjali še z referenčno histološko analizo metodo. Rezultati študije so pokazali, da ima izmed vseh treh radioloških metod največjo diagnostično moč MRM-slikanje, temu sledi HRUS, najslabše pa se je izkazal 3T-MRI. Rezultati te študije so bili objavljeni v vodilni reviji s področja radiologije v članku: Žiga Snoj, Igor Serša, Urša Matičič, Erika Cvetko, Gregor Omejec: Nerve fascicle depiction at MR microscopy and high-frequency US with anatomic verification, *Radiology*, 2020, vol. 297, no. 3, str. 1–3, ISSN 0033-8419, DOI: 10.1148/radiol.2020201910.

Razvoj MR kontrastnih sredstev na osnovi magnetoliposomov

Sodelovali smo pri karakterizaciji MR lastnosti nove vrste kontrastnih sredstev, ki so jih razvili na odseku K7, IJS. Gre za kontrastna sredstva na osnovi superparamagnetnih železovih nanodelcev, ki jih zaradi boljše biokompatibilnosti in terapevtskih možnosti vgradimo v dvoslojno membrano liposomov in tako dobimo magnetoliposome (ML). V študiji smo sprva merili NMR relaksacijske lastnosti različno koncentriranih vodnih raztopin ML. Temu so sledili še poskusi MR-slikanja z metodo T2 kartiranja na kulturi zdravih in rakastih (T24) urotelnih celic, ki smo jim dodali ML v različnih koncentracijah. V poskusih smo pokazali, da se ML izraziteje nakopičijo v rakastih celicah, MR signal teh celic je zato precej krajši (T2-NMR relaksacijski čas se močno skrajša) in s tem je omogočeno učinkovito ločevanje med zdravimi in rakastimi celicami. Izsledki te študije so objavljeni v članku: Nina Kostevšek, Calvin Cheung, Igor Serša, Mateja Erdani-Kreft, Ilaria Monaco, Mauro Comes Franchini, Janja Vidmar, Wafa Al-Jamal: Magneto-liposomes as MRI contrast agents : a systematic Study of different liposomal formulations, *Nanomaterials*, 2020, vol. 10, no. 5, str. 889-1-889-18, ISSN 2079-4991, DOI: 10.3390/nano10050889.

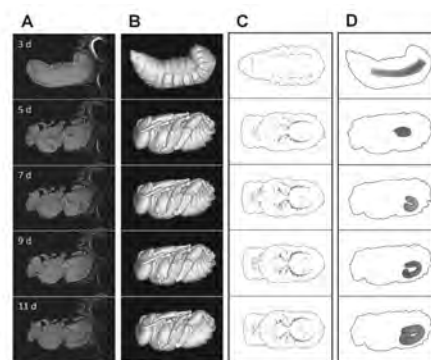
Proučevanje tablet z nadzorovanim sproščanjem zdravilnih učinkovin z MR-slikanjem

Proučevali smo vpliv različnih pH in mehanskih obremenitev, povzročenih s tokom tekočine na tvorjenje gelske plasti okoli tablet in na sproščanje pentoksifilina iz tablet ksantana. Uporabljena je bila biomodalna metoda, kjer je

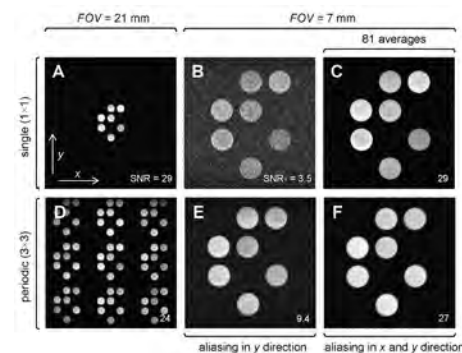
bilo MR-slikanje uporabljeno za spremljanje formiranja gelske plasti okoli tablet, odvzem vzorca medija, v katerem se je tableta raztapljala, pa je omogočal spremljanje sproščanja učinkovine iz tablet. Dobljeni rezultati so pokazali, da je v pH nevtralnem mediju (vodi) struktura gelske plasti šibkejša in manj odporna proti eroziji kot struktura plasti, dobljena v kislem mediju. Različne pH vrednosti medija so vplivale tudi na različne mehanizme sproščanja učinkovine iz tablet. Ta je bila pretežno erozijska v primeru nevtralnega medija in difuzijska v primeru kislega medija. Vpliv toka tekočin okoli tablet je bil pomemben pri erozijskem načinu sproščanja pri nevtralnem pH, medtem ko je bil njegov vpliv zanemarljiv v primeru difuzijskega načina sproščanja v kislem pH zaradi povečane kompaktnosti gelske plasti. Rezultati študije so bili objavljeni v članku: Mikac, U., Kristl, J.: Magnetic resonance methods as a prognostic tool for the biorelevant behavior of xanthan tablets, *Molecules*, 2020, vol. 25, no. 24, str. 1-12, ilustr. ISSN 1420-3049, DOI: 10.3390/molecules25245871.

V letu 2020 je Odsek F5 sodeloval s 113 partnerji iz Slovenije in tujine. Med njimi naj omenimo sodelovanje z naslednjimi institucijami:

1. BASF, Heidelberg, Nemčija
2. Ben Gurion University, Beersheba, Izrael
3. Chalmers University of Technology, Physics Department, Göteborg, Švedska
4. Clarendon Laboratory, Oxford, Velika Britanija
5. Centre national de la recherche scientifique, Laboratory de Marseille, Marseille, Francija
6. Centre national de la recherche scientifique, Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman, Thiais, Francija
7. Department of Chemistry, College of Humanities and Sciences, Nihon University, Tokio, Japonska
8. Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg, Nemčija
9. Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg, Nemčija
10. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lozana, Švica
11. Eidgenössische Technische Hochschule – ETH, Zürich, Švica
12. Elettra (Synchrotron Light Laboratory), Bazovica, Italija
13. European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francija
14. Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Leioa, Španija
15. Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Poznanj, Poljska
16. Florida State University, Florida, ZDA
17. Forschungszentrum Dresden Rossendorf, Dresden, Nemčija
18. Gunma National College of Technology, Maebaši, Japonska
19. High-Magnetic-Field Laboratory, Grenoble, Francija
20. High Magnetic Field Laboratory, Nijmegen, Nizozemska
21. High Magnetic Field Laboratory, Tallahassee, Florida, ZDA
22. Humboldt Universität Berlin, Institut für Biologie/Biophysik, Berlin, Nemčija
23. Ilie Murguescu Institute of Physical Chemistry of the Romanian Academy, Bukarešta, Romunija
24. International Human Frontier Science Program Organisation, Strasbourg, Francija
25. Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška
26. Institut za Teoretično fiziko univerze v Göttingenu, Göttingen, Nemčija
27. Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Sciences, Poznanj, Poljska
28. Institute of Electronic Materials Technology, Varšava, Poljska
29. Institut für Experimentalphysik der Universität Wien, Dunaj, Avstrija
30. Institut für Biophysik und nanosystemforschung OAW, Gradec, Avstrija
31. Institut za kristalografijo Ruske akademije znanosti, Moskva, Rusija
32. Instituto Superior Tecnico, Departamento de Fisica, Lizbona, Portugalska
33. International Center for Theoretical Physics, Trst, Italija
34. ISIS, Rutherford Appleton Laboratory, Didcot, Velika Britanija
35. A.F. Ioffe Physico-Technical Institute, Sankt Peterburg, Ruska federacija
36. Kavli Institute for Theoretical Physics, Santa Barbara, ZDA
37. King's College, London, Velika Britanija
38. Klinični center Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
39. Korea Basic Science Institute, Daejeon, Južna Koreja
40. Kyung Hee University of Suwon, Impedance Imaging Research Center, Seul, Južna Koreja



Slika 37: MR-slike metamorfoze kranjske čebele (*Apis mellifera carnica*), posnete v razmiku dveh dnevov: a) T_1 -obtežene magnetnoresonančne slike srednje rezine iz 3D seta slik; b) pripadajoče prostorsko upodobljene slike; c) pripadajoče slike segmentiranega dihalnega sistema in d) pripadajoče slike segmentiranega prebavnega trakta.



Slika 38: MR-slike testnega 2D periodičnega vzorca: (A-C) vzorec tvori samo osrednji objekt dimenzije osnovne celice 7 mm in (D-F) vzorec tvori devet identičnih objektov, urejenih v 3×3 matriko. (A, D) Ko je bil osrednji objekt slikan pri vidnem polju (FOV), enakem trikratniku dimenzije osnovne celice, je bil SNR 9-krat višji od primera (B), ko je bil ta objekt slikan pri FOV enakem osnovni celici. Pri slikanju 2D periodičnega vzorca s FOV, enakem osnovni celici, se SNR poveča glede na primer (B) za faktor: (E) 3-krat, ko je konstruktivna potujitev signala prisotna samo v fazni smeri, 1 in (F) 9-krat, ko je konstruktivna potujitev signala prisotna vzdolž obeh osi simetrije. (C) Sliki enakega SNR kot v primeru (F) je možno dobiti tudi z 81 povprečitvami signalov slike primera (B).

41. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Švedska
42. KMZ – CNC obdelava kovin in drugih materialov Zalar Miran s. p., Ljubljana, Slovenija
43. Liquid Crystal Institute, Kent, Ohio, ZDA
44. Max Planck Institut, Dresden, Nemčija
45. Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, ZDA
46. Merck KGaA, Darmstadt, Nemčija
47. MH Hannover, Hannover, Nemčija
48. National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Physics, Kijev, Ukrajina
49. National Center for Scientific Research Demokritos, Aghia Paraskevi Attikis, Grčija
50. National Institute for Research in Inorganic materials, Tsukuba, Japonska
51. Nuklearni Institut Vinča, Beograd, Srbija
52. Oxford University, Department of Physics, Department of Materials, Oxford, Velika Britanija
53. Paul Scherrer Institut, Villigen, Švica
54. Politecnico di Torino, Dipartimento di Fisica, Torino, Italija
55. Radbound University Nijmegen, Research Institute for Materials, Nijmegen, Nizozemska
56. Rwth Aachen University, Aachen, Nemčija
57. School of Physics, Hyderabad, Andhra Prades, Indija
58. SISSA, Trst, Italija
59. State College, Pennsylvania, ZDA
60. Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet, Reka, Hrvaška
61. Sveučilište u Zagrebu, Institut za fiziku, Zagreb, Hrvaška
62. Technical University of Catalonia, Barcelona, Španija
63. Tehnična Univerza Dunaj, Dunaj, Avstrija
64. The Geisel School of Medicine at Dartmouth, Hanover, ZDA
65. The Max Delbrück Center for Molecular Medicine in Berlin, Berlin, Nemčija
66. Tohoku University, Sendai, Japonska
67. Tokyo University, Bunkjo, Tokio, Japonska
68. University of Aveiro, Aveiro, Portugalska
69. Università di Pisa, Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Pisa, Italija
70. Université de Picardie Jules Verne, Amiens, Francija
71. Université de la Méditerranée, Marseille, Francija
72. University of Bristol, Bristol, Velika Britanija
73. University of California at Irvine, Beckman Laster Institute and Medical Clinic, Irvine, Kalifornija, ZDA
74. University of Durham, Durham, Velika Britanija
75. University of Duisburg, Duisburg, Nemčija
76. University of Innsbruck, Innsbruck, Avstrija
77. Universität Freiburg, Institut für Makromolekulare Chemie, Freiburg, Nemčija
78. University of Linz, Institute of Chemistry, Department of Physical Chemistry & Linz Institute of Organic Solar Cells, Linz, Avstrija
79. University of Leeds, Leeds, Velika Britanija
80. University of Loughborough, Loughborough, Velika Britanija
81. Universität Mainz, Geowissenschaften, Mainz, Nemčija
82. Université de Nice, Nica, Francija
83. Université Paris Sud, Pariz, Francija
84. University of Provence, Marseille, Francija
85. University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japonska
86. University of Utah, Department of Physics, Salt Lake City, Utah, ZDA
87. University of Waterloo, Department of Physics, Waterloo, Ontario, Kanada
88. Universität Regensburg, Regensburg, Nemčija
89. University of Zürich, Zürich, Švica
90. Univerza v Münchenu in MPQ, München, Nemčija
91. Univerza v Monsu, Mons, Belgija
92. Univerza v Pavii, Pavia, Italija
93. Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija
94. Univerza v Severni Karolini, Chapel Hill, ZDA
95. Univerza v Sisconsinu, Madison, ZDA
96. Wagenigen University, Laboratory of Biophysics, Wageningen, Nizozemska

97. Weizman Institute, Rehovot, Izrael
 98. Yonsei University, Seul, Južna Koreja
 kar je bistveno pripomoglo k uspešni izvedbi raziskav v letu 2020.

Najpomembnejše objave v letu 2020

1. Arh, T., Gomilšek, M., Prelovšek, P., Pregelj, M., Klanjšek, M., Ozarowski, A., Clark, S. J., Lancaster, T., Sun, W., Mi, J.-X., Zorko, A., Origin of magnetic ordering in a structurally perfect quantum kagome antiferromagnet, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, **125**, 2, 027203
2. Khuntia, P., Velázquez, M., Barthélemy, Q., Bert, F., Kermarrec, E., Legros, A., Bernu, B., Messio, L., Zorko, A., Mendels, P., Gapless ground state in the archetypal quantum kagome antiferromagnet $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$, *Nat. Phys.*, 2020, **16**, 4, 469–474
3. Hess, A. J., Poy, G., Jung-Shen, B. Tai, Žumer, S., Smalyukh, I. I., Control of light by topological solitons in soft chiral birefringent media, *Phys. Rev. X*, 2020, **10**, 3, 031042
4. Poy, G., Hess, A. J., Smalyukh, I. I., Žumer, S., Chirality-Enhanced Periodic Self-Focusing of Light in Soft Birefringent Media, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, **125**, 7, 077801
5. Strübing, T., Khosravanizadeh, A., Vilfan, A., Bodenschatz, E., Golestanian, R., Guido, I., Wrinkling Instability in 3D Active Nematics, *Nano Lett.*, 2020, **20**, 9, 6281–6288
6. Binysh, J., Kos, Ž., Čopar, S., Ravnik, M., Alexander, G. P., Three-Dimensional Active Defect Loops, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, **124**, 8, 088001
7. Massana-Cid, H., Ortiz-Ambriz, A., Vilfan, Tierno, P., Emergent collective colloidal currents generated via exchange dynamics in a broken dimer state, *Sci. Adv.*, 2020, **6**, 10, eaaz2257
8. Richter, D., Marinčič, M., Humar, M., Optical-resonance-assisted generation of super monodisperse microdroplets and microbeads with nanometer precision, *Lab Chip*, 2020, **20**, 4, 734–740
9. Campinho, P., Lamperti, P., Boselli, F., Vilfan, A., Vermot, J., Blood Flow Limits Endothelial Cell Extrusion in the Zebrafish Dorsal Aorta, *Cell Reports*, 2020, **31**, 2, 107505
10. Pirker, L., Višič, B., Škapin, D., Dražič, G., Kovača, J., Remškar, M., Multi-stoichiometric quasi-two-dimensional $\text{W}_n\text{O}_{3n-1}$ tungsten oxides, *Nanoscale*, 2020, **12**, 28, 15102–15114
11. Hassanién, A., Zhou, B., Kobayashi, A., Spontaneous Antiferromagnetic Ordering in a Single Layer of $(\text{BETS})_2\text{GaCl}_4$ Organic Superconductor, *Advanced Electronic Materials*, 2020, **6**, 10, 2000461
12. Kokot, H., Kokot, B., Sebastijanovič, A., Podlipec, R., Krišelj, A., Čotar, P., Pušnik, M., Umek, P., Pajk, S., Urbančič, I., Koklič, T., Štrancar, J., *et al.*, Prediction of chronic inflammation for inhaled particles: the impact of material cycling and quarantining in the lung epithelium, *Adv. Mater.*, 2020, **32**, 47, 2003913
13. Barbotin, A., Urbančič, I., Galiani, S., Eggeling, C., Booth, M. J., Background reduction in STED-FCS using a bi-vortex phase mask, *ACS Photonics*, 2020, **7**, 7, 1742–1753
14. Frawley, A., Wycisk, V., Xiong, Y., Galiani, S., Sezgin, E., Urbančič, I., Vargas Jentzsch, A., Leslie, K. G., Eggeling, Anderson, C., H. L., Super-resolution RESOLFT microscopy of lipid bilayers using a fluorophore-switch dyad, *Chem. Sci.*, 2020, **11**, 33, 8955–8960

Najpomembnejše objave v letu 2019

1. Gomilšek, M., Žitko, R., Klanjšek, M., Pregelj, M., Baines, C., Yuesheng, L., Zhang, Q., Zorko, A., Kondo screening in a charge-insulating spinon metal, *Nature Physics*, 2019, **15**, 754
2. Matavž, A., Benčan, A., Kovač, J., Chung, C. C., Jones, J. L., Trolrier-McKinstry, S., Malič, B., Bobnar, V., Additive manufacturing of ferroelectric-oxide thin-film multilayer devices, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2019, **11**, 45155
3. Senyuk, B., Aplinc, J., Ravnik, M., Smalyukh, I. I., High-order elastic multipoles as colloidal atoms, *Nature Communications*, 2019, **10**, 1825
4. Čopar, S., Aplinc, J., Kos, Ž., Žumer, S., Ravnik, M., Topology of three-dimensional active nematic turbulence confined to droplets, *Physical Review X*, 2019, **9**, 031051-1-031051-13
5. Pollard, J., Posnjak, G., Čopar, S., Mušević, I., Alexander, G. P., Point defects, topological chirality and singularity theory in cholesteric liquid-crystal droplets, *Physical Review X*, 2019, **9**, 021004-1-021004-19
6. Almeida, A. P., Canejo, J., Mur, U., Čopar, S., Almeida, P., Žumer, S., Godinho, M. H., Spotting plants' microfilament morphologies and nanostructures, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019, **117**, 13188-13193
7. Emeršič, T., Zhang, R., Kos, Ž., Čopar, S., Osterman, N., de Pablo, J. J., Tkalec, U., Sculpting stable structures in pure liquids, *Science Advances*, 2019, **5**, eaav4283

8. Sezgin, E., Schneider, F., Galiani, S., Urbančič, I., Waithe, D., Lagerholm, B., Christoffer, B., Eggeling, Ch., Measuring nanoscale diffusion dynamics in cellular membranes with super-resolution STED-FCS, *Nature protocols*, 2019, 14, 1054–1083
9. Steinkühler, J., Sezgin, E., Urbančič, I., Eggeling, Ch., Dimova, R., Mechanical properties of plasma membrane vesicles correlate with lipid order, viscosity and cell density, *Communications Biology*, 2019, 2, 337–1–337–8

Najpomembnejše objave v letu 2018

1. Janša, N., Zorko, A., Gomilšek, M., Pregelj, M., Krämer, K.W., Biner, D., Biffin, A., Rüegg, C., Klanjšek, M., Observation of two types of fractional excitation in the Kitaev honeycomb magnet, *Nature Physics*, 2018, 14, 786–790
2. Adler, P., Jeglič, P., Knaflič, T., Komelj, M., Arčon, D. *et al.*, Verwey-type charge ordering transition in an open-shell p-electron compound, *Science Advances*, 2018, 4, eaap7581
3. Gao, S., Vrtnik, S., Luzar, J. *et al.*, Dipolar spin ice states with a fast monopole hopping rate in CdEr₂X₄ (X=Se, S), *Physical Review Letters*, 2018, 120, 137201
4. Zagorodniy, Yu. O., Zalar B. *et al.*, Chemical disorder and ²⁰⁷Pb hyperfine fields in the magnetoelectric multiferroic Pb(Fe_{1/2}Sb_{1/2})O₃ and its solid solution with Pb(Fe_{1/2}Nb_{1/2})O₃, *Physical Review Materials*, 2018, 2, 014401
5. J. Dolinšek, Electronic transport properties of complex intermetallics, *Crystal growth of intermetallics*, Eds. P. Gille, Yu. Grin (Berlin: De Gruyter, 2018), 260-278
6. Pramanick, A., Dmowski, W., Egami, T. I., Setiadi Budisuharto, A., Weyland, F., Novak, N., Christianson, A., Borreguero, J. M., Abernathy, D., Jørgensen, M. R. V., Stabilization of Polar Nanoregions in Pb-free Ferroelectrics, *Physical Review Letters*, 2018, 120, 207603
7. Guillamat, P., Kos, Ž., Hardouin, J., Ignés-Mullol, J., Ravnik, M., Sagués, F. Active nematic emulsions, *Science Advances*, 2018, 4, 2375-2548
8. Urbančič, I., Garvas, M., Kokot, B., Majaron, H., Umek, P., Škarabot, M., Arsov, Z., Koklič, T., Čeh, M., Mušević, I., Štrancar, J., *et al.*, Nanoparticles can wrap epithelial cell membranes and relocate them across the epithelial cell layer, *Nano Letters*, 2018, 18, 5294-5305
9. Aničić, N., Vukomanović, M., Koklič, T., Suvorov, D. Fewer defects in the surface slows the hydrolysis rate, decreases the ROS generation potential, and improves the Non-ROS antimicrobial activity of MgO, *Small*, 2018, 14, 1800205
10. Santos, A. M., Urbančič, I., *et al.*, Capturing resting T cells: the perils of PLL, *Nature Immunology*, 2018, 19, 203–205

Patent

1. Luka Drinovec, Griša Močnik, Photo-thermal interferometer, EP3492905 (B1), European Patent Office, 29. 4. 2020; US10768088 (B2), US Patent Office, 8. 9. 2020

Nagrade in priznanja

1. dr. Matjaž Gomilšek: zlati znak Jožefa Stefana za znanstveni doktorat iz fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani z naslovom Kvantne spinske tekočine na geometrijsko frustriranih mrežah kagome, Ljubljana, Institut "Jožef Stefan"
2. prof. dr. Samo Kralj: Zoisovo priznanje za pomembne dosežke na področju fizike mehke snovi, Ljubljana

MEDNARODNI PROJEKTI

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Manjše storitve
dr. Polona Umek 2. Meritev z dvožarkovnim laserskim interferetrom
TDK Electronics GmbH & Co OG
prof. dr. Vid Bobnar 3. CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.
prof. dr. Janez Štrancar 4. COST CA15209; Evropska mreža za NMR relaksometrijo
COST Office
prof. dr. Tomaž Apih | <ol style="list-style-type: none"> 5. COST CA16109; Sprotno določanje kemijske sestave in virov finih aerosolov
COST Office
prof. dr. Griša Močnik 6. COST CA16218; Koherentne hibridne naprave na nanoskali za superprevodne kvantne tehnologije
COST Association AISBL
dr. Abdelrahim Ibrahim Hassanien 7. COST CA16221; Kvantne tehnologije z ultrahladnimi atomi
COST Association AISBL
dr. Peter Jeglič 8. COST CA17121; Korelirana multimodalna slikanja v znanostih o življenju
COST Association AISBL
prof. dr. Janez Štrancar |
|--|--|

9. COST CA17139; Evropska interdisciplinarna topološka akcija
COST Association AISBL
prof. dr. Slobodan Žumer
10. COST CA16202; Mednarodna mreža za spodbujanje merjenja in napovedovanja peščenih dogodkov
COST Association AISBL
prof. dr. Griša Močnik
11. COST CA9108 - HiSCALE; Visokotemperaturna superprevodnost za pospešitev prehoda energije
COST Association AISBL
dr. Abdelrahim Ibrahim Hassani
12. BIO-OPT-COMM; Optična komunikacija v živi nevronske mreži
HFSPO- International Human Frontier
doc. dr. Matjaž Humar
13. H2020 - SmartNanoTox; Pametna orodja za odkrivanje nano tveganj
European Commission
prof. dr. Janez Štrancar
14. H2020 - ENGIMA; Inženiring nanostruktur z ogromno magneto-piezoektrično in multikalorično funkcionalnostjo
European Commission
prof. dr. Zdravko Kutnjak
15. H2020 - Cell-Lasers; Celični laserji: Sklopitev med optičnimi resonancami in biološkimi procesi
European Commission
doc. dr. Matjaž Humar
16. Zaščita kulturne dediščine v prostorih - primer Leonardo da Vincijeve „Zadnje večerje“
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Griša Močnik
17. Z lipidi oviti nanodelci in aktivnost faktorja Xa
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
dr. Tilen Koklič
18. Študija nanoporoznih materialov za shranjevanje vodika
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Janez Dolinšek
19. Magnetrosonančna študija kandidatov spinskih tekočin
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Andrej Zorko
20. Napredni organski in anorganski tankoplastni kompoziti s povečanim dielektričnim in elektromehanskim odzivom
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Zdravko Kutnjak
21. Nova elektronska stanja izhajajoč iz sklopitve med magnetizmom in električno prevodnostjo v itinerantnih antiferomagnetih
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Denis Arčon
22. 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
5. Razvoj komponent za vzpostavitev nove evropske mreže za kvantno komunikacijo
dr. Peter Jeglič
6. Visokoločljiva optična magnetometrija s hladnimi cezijevimi atomi
dr. Peter Jeglič
7. Integrirani večkanalni umetni nos za zaznavanje sledov molekul v parni fazi
prof. dr. Igor Muševič
8. Fotonski kristali v celoti narejeni iz užitnih snovi
doc. dr. Matjaž Humar
9. Zaznavanje spinskih stanj v bližini površine kvantnih spinskih materialov
prof. dr. Denis Arčon
10. Napredni mehki nematokalorični materiali
doc. dr. Brigita Rožič
11. Multikalorično hlajenje
prof. dr. Zdravko Kutnjak
12. Optimizacija tehnik magnetno resonančnega slikanja za napoved uspeha trombolize
prof. dr. Igor Serša
13. Biointegrirani laserji za proučevanje živih organizmov
doc. dr. Matjaž Humar
14. Študij sil znotraj celic s pomočjo deformacij fotonskih kapljic
doc. dr. Matjaž Humar
15. Elektrokalorični elementi za aktivno hlajenje elektronskih vezij
prof. dr. Vid Bobnar
16. Napredne anorganske in organske tanke plasti z ojačenim električno induciranim odzivom
prof. dr. Vid Bobnar
17. Signalna pot z neugodnim izidom, ki vodi do ateroskleroze
dr. Tilen Koklič
18. Tekočekristalni kapljični laserji za senzoriko znotraj celic
Zuhail Kottoli Poyil, PhD.
19. Stabilizacija in destabilizacija spinskih tekočin zaradi perturbacij
prof. dr. Andrej Zorko
20. Fizika Majoranovih fermionov v magnetih Kitaeva
dr. Martin Klanjšek
21. Nova eksperimentalna metoda določitve kvantnih spinskih tekočin
prof. dr. Andrej Zorko
22. Topološka turbulenca v ograjenih kiralnih nematskih poljih
prof. dr. Miha Ravnik
23. Aktivna prevleka za zaščito pred elektromagnetnim sevanjem
dr. Matej Pregelj
24. Pametna nanospektroskopija molekularnih dogodkov pri nevrogenaciji zaradi nanodelcev
dr. Iztok Urbančič
25. Biološka zdravila: detektor tvorbe proteinskih delcev na osnovi tekočih kristalov
prof. dr. Miha Ravnik
26. Prostorsko in časovno oblikovanje laserske svetlobe za minimalno invazivne oftalmološke posege
prof. dr. Janez Štrancar
27. Feroelektrični keramični plastni elementi z načrtovano domensko strukturo za učinkovito zbiranje in za pretvorbo energije
prof. dr. Zdravko Kutnjak
28. Magnetno, električno in strižnonapetostno programiranje oblikovnega odziva v aktuatorjih na osnovi polimerno dispergiranih tekočekristalnih elastomerov
dr. Andraž Rešetič
29. GOSTOP: Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti
prof. dr. Janez Štrancar
30. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Igor Muševič

PROGRAMI

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

PROJEKTI

1. Senzorske tehnologije pri kontroli posegov v objekte kulturne dediščine
prof. dr. Janez Dolinšek
2. Elektroporacijske terapije z novimi visokofrekvenčnimi elektroporacijskimi pulzi
prof. dr. Igor Serša
3. Rekonstrukcija električne prevodnosti tkiv s tehnikami magnetne resonanc
prof. dr. Igor Serša
4. Fazni prehodi proti koordinaciji v večplastnih omrežjih
dr. Uroš Jagodič

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. L1-2607 Sofinanciranje L-projektov: Magnetno, električno in strižnonapetostno programiranje oblikovanega odziva v aktuatorjih na osnovi polimerno dispergiranih tekočekristalnih elastomerov
KMZ - Zalar Miran, s.p.
dr. Andraž Rešetič
2. Kafrakterizacija železove karboksimetilceluloze z mikroskopom na atomsko silo (AFM)
Lek, d. d.
prof. dr. Miha Škarabot
3. Karakterizacija železove karboksimaltoze z metodo elektronske paramagnetne resonance (EPR)
Lek, d. d.
prof. dr. Denis Arčon
4. AerOrbi - masni spektrometer z mehko fotoionizacijo
Aerosol, d. o. o.
prof. dr. Griša Močnik

OBISKI

1. Zouhair Hanani, Cadi Ayyad University, Marakeš, Maroko, 15. 11. 2019–15. 1. 2020
2. dr. Magdalena Wencka, Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Sciences, Poznan, Poljska, 15. 1.–31. 12. 2020
3. Toma Petrinović, Univerza v Zagrebu, Institut za fiziko, Zagreb, Hrvaška, 5.–14. 1. 2020
4. prof. dr. Tom Lancaster, Durham University, Durham, Velika Britanija, 12.–17. 1. 2020
5. dr. Junichi Fukuda, Univerza Kyushu, Fukuoka, Japonska, 12.–18. 1. 2020
6. dr. Lachezar Komitov, University of Gothenburg, Gothenburg, Švedska, 2.–7. 3. 2020
7. dr. Jampani Venkata Suba Rao, Univerza v Luksemburgu, Luksemburg, Luksemburg, 3. 9.–10. 10. 2020
8. dr. Bojana Višič, Institut za fiziko v Beogradu, Beograd, Srbija, 1.–10. 10. 2020
9. Nikolai Cyepurnyi, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Regensburg, Nemčija, 8.–31. 10. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

Predavanja v okviru Laboratorija za biofiziko F-5

1. dr. Matej Krajnc: On how Drosophila embryo gets dense, 30. 1. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. prof. dr. Tomaž Apih, konferenca NMR Relaxometry and Related Methods, Talin, Estonija, 17.–19. 2. 2020 (predavanje)
2. Tina Arh, mag. fiz., ISIS Neutron Training Course, Didcot, Velika Britanija, 10.–19. 3. 2020
3. prof. dr. Janez Dolinšek, konferenca TMS 2020 Annual Meeting & Exhibition, San Diego, Kalifornija, ZDA, 23.–27. 2. 2020 (vabljeni predavanja)
4. dr. Luka Drinovec, European Aerosol Conference 2020, 31. 8.–4. 9. 2020 (virtualno)
5. doc. dr. Anton Gradišek, konferenca NMR Relaxometry and Related Methods, Talin, Estonija, 17.–19. 2. 2020 (predavanje)
6. dr. Ibrahim Hassanien Abdelrahim, The 34th International Winterschool on Electronic Properties of Novel Materials, Kirchberg, Avstrija, 7.–14. 3. 2020 (predavanje)
7. dr. Peter Jeglič in Tadej Mežnaršič, mag. fiz., ICTP/SISSA Statistical Physical Seminar, Trst, Italija, 21. 2. 2020 (2 predavanji)

8. prof. dr. Samo Kralj, Institut for High Pressure, Varšava, Poljska, 5.–13. 2. 2020 (vabljeni predavanja)
9. prof. dr. Samo Kralj, The 21st International School on Condensed Matter Physics, 31. 8.–4. 9. 2020, virtualno (vabljeni predavanja)
10. prof. dr. Zdravko Kutnjak in dr. Brigita Rožič, konferenca Electronic Materials and Application 2020, Orlando, Florida, ZDA, 22.–24. 1. 2020 (3 predavanja)
11. Tadej Mežnaršič, mag. fiz., konferenca Quantum Optics 2020, Obergurgl, Avstrija, 23.–29. 2. 2020 (plakat)
12. dr. Andraž Rešetič, konferenca Multi-Functional Nano-Carbon Composite Materials Network, Slovenj Gradec, 23. 9. 2020 (predavanje)
13. dr. Anna Ryzhkova, SPIE Photonics West, San Francisco, Kalifornija, ZDA, 1.–6. 2. 2020 (vabljeni predavanja)
14. dr. Polona Umek, poletna šola 2020 EFCATS, Portorož, 15.–19. 9. 2020 (poster)
15. dr. Iztok Urbančič, konferenca Quantitative Bioimaging, Oxford, Velika Britanija, 6.–9. 1. 2020 (predavanje)
16. dr. Magdalena Wencka, XIII Szkoła Letnia Innowacji, 3. in 4. 9. 2020 (virtualno)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. doc. dr. Andrej Zorko: The Paul Scherrer Institute, Villigen, Švica, 22.–24. 1. 2020 (zasedanje komisije SmuS Advisory Committee)
2. doc. dr. Anton Gradišek: H2020 CrowdHEALTH, 3.–7. 2. 2020 (delovni sestanek)
3. doc. dr. Anton Gradišek: Univerza v Latviji, Riga, Latvija, 22.–24. 2. 2020 (delovni obisk)
4. prof. dr. Denis Arčon in Žiga Gosar, mag. fiz.: Univerza v Tohoku, Sendai, Japonska, 30. 1.–11. 2. 2020 (delovni obisk)
5. prof. dr. Denis Arčon in Žiga Gosar, mag. fiz.: Univerza v Krakovu, Krakov, Poljska, 19.–22. 7. 2020 (delovni obisk)
6. prof. dr. Igor Muševič: Raman Research Institute, Bangalore, Indija, 15. 12. 2019–20. 1. 2020 (gostujoči profesor)
7. prof. dr. Igor Muševič: Research Executive Agency, Bruselj, Belgija, 21.–24. 1. 2020 (ocenjevanje MSCA ITN 2020 projektov)
8. dr. Iztok Urbančič: Univerza v Oxfordu, Oxford, Velika Britanija, 10.–18. 1. 2020 (delovni obisk)
9. prof. dr. Janez Štrancar: SmartNanoTox, München, Nemčija, 30. 1. 2020 (delovni sestanek)
10. prof. dr. Samo Kralj: Institut for High Pressure, Varšava, Poljska, 5.–13. 2. 2020 (delovni obisk)
11. prof. dr. Tomaž Apih: NICPB, Talin, Estonija, 20. 2. 2020 (delovni sestanek)
12. prof. dr. Zdravko Kutnjak in dr. Brigita Rožič: University of South Florida, Tampa, Florida, ZDA, 25.–29. 1. 2020 (delovni obisk)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. prof. dr. Tomaž Apih
2. prof. dr. Denis Arčon*, znanstveni svetnik - pomočnik vodje oddelka
3. doc. dr. Zoran Arsov*
4. prof. dr. Vid Bobnar, znanstveni svetnik
5. prof. dr. Janez Dolinšek*, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
6. doc. dr. Anton Gradišek, 1. 9. 2020 *razporeditev v odsek E9*
7. dr. Alan Gregorovič
8. Abdelrahim Ibrahim Hassanien, doktor znanosti
9. doc. dr. Matjaž Humar
10. Venkata Subba Rao Jampani, PhD.
11. dr. Peter Jeglič
12. dr. Marjan Ješelnik*
13. dr. Martin Klanjšek
14. dr. Tilen Koklič
15. prof. dr. Samo Kralj*, znanstveni svetnik
16. prof. dr. Zdravko Kutnjak, znanstveni svetnik
17. dr. Mojca Urška Mikac
18. prof. dr. Griša Močnik*
19. doc. dr. Aleš Mohorič*
20. **prof. dr. Igor Muševič***, znanstveni svetnik - vodja oddelka
21. dr. Nikola Novak
22. dr. Andriy Nych
23. doc. dr. Stane Pajk*
24. doc. dr. Dušan Ponikvar*
25. dr. Matej Pregelj
26. prof. dr. Miha Ravnik*
27. prof. dr. Maja Remiškar, znanstveni svetnik
28. doc. dr. Brigita Rožič
29. prof. dr. Igor Serša
30. prof. dr. Miha Škarabot
31. prof. dr. Janez Štrancar, vodja raziskovalne skupine

32. doc. dr. Uroš Tkalec*
33. dr. Polona Umek
34. dr. Iztok Urbančič
35. dr. Herman Josef Petrus Van Midden
36. doc. dr. Andrej Vilfan
37. dr. Stanislav Vrtnik
38. *prof. dr. Boštjan Zalar, znanstveni svetnik - pomočnik vodje oddelka, 1. 12. 2020 razporeditev v odsek U1*
39. prof. dr. Aleksander Zidanšek
40. prof. dr. Andrej Zorko
41. dr. Erik Zupanič
42. prof. dr. Slobodan Žumer, znanstveni svetnik

Podoktorski sodelavci

43. dr. Matej Bobnar
44. dr. Maja Garvas
45. dr. Matjaž Gomilšek
46. dr. Uroš Jagodič
47. Zuhail Kottoli Poyil, PhD., Indija
48. *dr. Primož Koželj, začasna prekinitev 1. 7. 2019*
49. dr. Mitja Krnel
50. dr. Marta Lavrič
51. *dr. Janez Lužnik, odšel 1. 9. 2020*
52. dr. Maruša Mur
53. dr. Luka Pirker
54. dr. Rok Podlipec
55. *dr. Gregor Posnjak, začasna prekinitev 1. 8. 2019*
56. dr. Anja Pusovnik
57. dr. Andraž Rešetič
58. dr. Anna Ryzhkova
59. *dr. Aleksandar Savić, odšel 21. 3. 2020*
60. Saide Umerova, PhD.
61. dr. Jernej Vidmar*
62. dr. Bojana Višič
63. Tina Arh, mag. fiz.

64. Devid Črešnar, mag. fiz.
65. Nikita Derets, Bakalvr, Ruska federacija
66. Darja Gačnik, mag. fiz.
67. Žiga Gosar, mag. fiz.
68. Urška Gradišar Centa, mag. med. fiz.
69. Saša Harkai, mag. fiz.
70. Nejc Janša, M.Sc. (Physik), Nemčija
71. Vida Jurečič, mag. prof. pouč. fiz. in mat.
72. *Tilen Kraflič, univ. dipl. fiz., odšel 1. 7. 2020*
73. Hana Kokot, mag. fiz.
74. mag. Bojan Marin*
75. Matevž Marinčič, mag. fiz.
76. *dr. Aleksander Matauš, začasna prekinitev 19. 1. 2020*
77. Tadej Mežnaršič, mag. fiz.
78. Rok Peklar, mag. fiz.
79. Gregor Pirnat, mag. fiz.
80. Jaka Pišljarič, mag. fiz.
81. Anja Pogačnik Krajnc, mag. fiz.
82. Aleksandar Sebastijanovič, mag. mikrobiol.
83. Marion Antonia Van Midden, mag. fiz.
84. Rebeka Viltušnik, mag. inž. rad. tehnol.

Strokovni sodelavci

85. Andreja Bužan Bobnar, dipl. fiz. (UN)
86. dr. Luka Drinovec*
87. dr. Andreja Jelen
88. Boštjan Kokot, mag. fiz.
89. Ana Krišelj, mag. biokem.
90. Ivan Kvasič, univ. dipl. inž. el.
91. dr. Jože Luzar
92. Jaka Močivnik, dipl. inž. meh. (VS)

Tehniški in administrativni sodelavci

93. Sabina Gruden, dipl. ekon.
94. Dražan Ivanov
95. Janez Jelenc, dipl. inž. fiz.
96. Maša Kavčič, mag. medk. menedž.
97. Davorin Kotnik
98. Vesna Lopatič, mag. angl.
99. Silvano Mendizza
100. Peter Mihor
101. Janja Milivojevič
102. Ana Sepe, inž. fiz.
103. 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. Balder, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
5. BASF, Heidelberg, Nemčija
6. Ben Gurion University, Beersheba, Izrael
7. Centre national de la recherche scientifique, Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman, Thiais, Francija
8. Centre national de la recherche scientifique, Laboratory de Marseille, Marseille, Francija
9. Chalmers University of Technology, Physics Department, Göteborg, Švedska
10. Clarendon Laboratory, Oxford, Velika Britanija
11. CosyLab, d. d., Ljubljana, Slovenija
12. Department of Chemistry, College of Humanities and Sciences, Nihon University, Tokio, Japonska
13. Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg, Nemčija
14. Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg, Nemčija
15. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lozana, Švica
16. Eidgenössische Technische Hochschule – ETH, Zürich, Švica
17. Elettra (Synchrotron Light Laboratory), Bazovica, Italija
18. European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francija
19. Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Leioa, Španija
20. Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Poznanj, Poljska
21. Florida State University, Florida, ZDA
22. Forschungszentrum Dresden Rossendorf, Dresden, Nemčija
23. Gunma National College of Technology, Maebaši, Japonska
24. Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.
25. High Magnetic Field Laboratory, Nijmegen, Nizozemska
26. High Magnetic Field Laboratory, Tallahassee, Florida, ZDA
27. High-Magnetic-Field Laboratory, Grenoble, Francija
28. Humboldt Universität Berlin, Institut für Biologie/Biophysik, Berlin, Nemčija
29. Ilie Murgulescu Institute of Physical Chemistry of the Romanian Academy, Bukarešta, Romunija
30. Institut für Biophysik und nanosystemforschung OAW, Gradec, Avstrija
31. Institut für Experimentalphysik der Universität Wien, Dunaj, Avstrija
32. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
33. Institut za biofiziko, Medicinska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
34. Institut za kristalografijo Ruske akademije znanosti, Moskva, Rusija
35. Institut za teoretično fiziko univerze v Göttingenu, Göttingen, Nemčija
36. Institute of Electronic Materials Technology, Varšava, Poljska
37. Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Sciences, Poznanj, Poljska
38. Instituto Superior Tecnico, Departamento de Fisica, Lizbona, Portugalska
39. Instrumentation Technologies, d. d., Solkan, Slovenija
40. International Center for Theoretical Physics, Trst, Italija
41. International Human Frontier Science Program Organisation, Strasbourg, Francija
42. ISIS, Rutherford Appleton Laboratory, Didcot, Velika Britanija
43. Kavli Institute for Theoretical Physics, Santa Barbara, ZDA
44. Kimberly Clark, Atlanta, ZDA
45. King's College, London, Velika Britanija
46. Klinični center Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
47. KMZ Zalar Miran, s. p., CNC obdelava kovin in drugih materialov, Ljubljana, Slovenija
48. Korea Basic Science Institute, Daejeon, Južna Koreja
49. Krka, tovarna zdravil, d. d., Novo mesto, Slovenija
50. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Švedska
51. Kyung Hee University of Suwon, Impedance Imaging Research Center, Seul, Južna Koreja
52. L'Oreal, Pariz, Francija
53. Lek farmacevtska družba, d. d., Ljubljana, Slovenija
54. Liquid Crystal Institute, Kent, Ohio, ZDA
55. Lotrič Certificiranje, d. o. o., Železniki, Slovenija
56. LVL livarstvo in orodjarstvo, d. o. o., Kranj, Slovenija
57. Max Planck Institut, Dresden, Nemčija
58. Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, ZDA
59. Melamin kemična tovarna, d. d., Kočevje, Slovenija
60. Merck KGaA, Darmstadt, Nemčija
61. Metalurško-kemična industrija Celje, d. d., Celje, Slovenija
62. MH Hannover, Hannover, Nemčija
63. Ministrstvo za obrambo, Ljubljana, Slovenija
64. Nanotul, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
65. National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Physics, Kijev, Ukrajina
66. National Center for Scientific Research Demokritos, Aghia Paraskevi Attikis, Grčija
67. National Institute for Research in Inorganic materials, Tsukuba, Japonska
68. Nuklearni Institut Vinča, Beograd, Srbija
69. Optotek, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
70. Oxford University, Department of Physics, Department of Materials, Oxford, Velika Britanija
71. PAB Akrapović, Buzet, Hrvaška
72. Paul Scherrer Institut, Villigen, Švica
73. Politecnico di Torino, Dipartimento di Fisica, Torino, Italija
74. Radbound University Nijmegen, Research Institute for Materials, Nijmegen, Nizozemska
75. RLS Merilna tehnika, d. o. o., Žeja pri Komendi, Slovenija
76. Rwth Aachen University, Aachen, Nemčija
77. School of Physics, Hyderabad, Andhra Pradesh, Indija
78. SISSA, Trst, Italija
79. SRC systemske integracije, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
80. State College, Pennsylvania, ZDA
81. Stelar, Mede, Italija
82. Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet, Reka, Hrvaška
83. Sveučilište u Zagrebu, Institut za fiziku, Zagreb, Hrvaška
84. TDK Electronics GmbH & Co OG, Deutschlandsberg, Avstrija
85. Technical University of Catalonia, Barcelona, Španija
86. Tehnična univerza Dunaj, Dunaj, Avstrija
87. TELA merilni sistemi, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
88. The Geisel School of Medicine at Dartmouth, Hanover, ZDA
89. The Max Delbrück Center for Molecular Medicine in Berlin, Berlin, Nemčija
90. Tohoku University, Sendai, Japonska
91. Tokyo University, Bunkyo, Tokio, Japonska
92. UNCOSS, Bruselj, Belgija
93. Università di Pisa, Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Pisa, Italija
94. Universität Freiburg, Institut für Makromolekulare Chemie, Freiburg, Nemčija
95. Universität Mainz, Geowissenschaften, Mainz, Nemčija
96. Universität Regensburg, Regensburg, Nemčija
97. Université de la Méditerranée, Marseille, Francija
98. Université de Nice, Nica, Francija
99. Université de Picardie Jules Verne, Amiens, Francija
100. Université Paris Sud, Pariz, Francija
101. University of Aveiro, Aveiro, Portugalska
102. University of Bristol, Bristol, Velika Britanija
103. University of California at Irvine, Beckman Laster Institute and Medical Clinic, Irvine, Kalifornija, ZDA
104. University of Duisburg, Duisburg, Nemčija
105. University of Durham, Durham, Velika Britanija
106. University of Innsbruck, Innsbruck, Avstrija

107. University of Leeds, Leeds, Velika Britanija
 108. University of Linz, Institute of Chemistry, Department of Physical Chemistry & Linz Institute of Organic Solar Cells, Linz, Avstrija
 109. University of Loughborough, Loughborough, Velika Britanija
 110. University of Provence, Marseille, Francija
 111. University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japonska
 112. University of Utah, Department of Physics, Salt Lake City, Utah, ZDA
 113. University of Waterloo, Department of Physics, Waterloo, Ontario, Kanada
 114. University of Zürich, Zürich, Švica
 115. Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija
 116. Univerza v Monsu, Mons, Belgija
 117. Univerza v Münchenu in MPQ, München, Nemčija
 118. Univerza v Pavii, Pavia, Italija
 119. Univerza v Severni Karolini, Chapel Hill, ZDA
 120. Univerza v Siscosinu, Madison, ZDA
 121. Wagenigen University, Laboratory of Biophysics, Wageningen, Nizozemska
 122. Weizman Institute, Rehovot, Izrael
 123. Yonsei University, Seul, Južna Koreja
 124. Zavod RS za transfuzijsko medicino, Ljubljana, Slovenija
 125. Železarna Ravne, Ravne na Koroškem, Slovenija

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Geonhyeong Park, Simon Čopar, Ahram Suh, Minyong Yang, Uroš Tkalec, Dong Ki Yoon, "Periodic arrays of chiral domains generated from the self-assembly of micropatterned achiral lyotropic chromonic liquid crystal", *ACS central science*, 2020, **6**, 11, 1964-1970. [COBISS.SI-ID 28153859]
- Aurelien Barbotin, Iztok Urbančič, Silvia Galiani, Christian Eggeling, Martin J. Booth, "Background reduction in STED-FCS using a bi-vortex phase mask", *ACS photonics*, 2020, **7**, 7, 1742-1753. [COBISS.SI-ID 19322371]
- Abdou Hassanien, Biao Zhou, Akiko Kobayashi, "Spontaneous antiferromagnetic ordering in a single layer of (BETS)₂GaCl₄ organic superconductor", *Advanced electronic materials*, 2020, **6**, 10, 2000461. [COBISS.SI-ID 28479235]
- Rijeesh Kizhakidathazhath, Yong Geng, Venkata Subba R. Jampani, Cyrine Charni, Anshul Sharma, Jan P. F. Lagerwall, "Facile anisotropic deswelling method for realizing large-area cholesteric liquid crystal elastomers with uniform structural color and broad-range mechanochromic response", *Advanced functional materials*, 2020, **30**, 7, 1909537. [COBISS.SI-ID 22337539]
- Hana Kokot *et al.* (34 avtorjev), "Prediction of chronic inflammation for inhaled particles: the impact of material cycling and quarantining in the lung epithelium", *Advanced materials*, 2020, **32**, 47, 2003913. [COBISS.SI-ID 39713539]
- Honey Dawn C. Alas, Thomas Müller, Kay Weinhold, Sascha Pfeifer, Kristina Glojek, Asta Gregorič, Griša Močnik, Luka Drinovec, Francesca Costabile, Martina Ristorini, A. Wiedensohler, "Performance of microAethalometers: real-world field intercomparisons from multiple mobile measurement campaigns in different atmospheric environments", *Aerosol and air quality research*, 2020, **20**, 12, 2640-2653. [COBISS.SI-ID 28340995]
- Manos Anyfantakis, Venkata Subba R. Jampani, Rijeesh Kizhakidathazhath, Bernard P. Binks, Jan P. F. Lagerwall, "Responsive photonic liquid marbles", *Angewandte Chemie*, 2020, **59**, 43, 19260-19267. [COBISS.SI-ID 28712451]
- I. Antonyshyn *et al.* (11 avtorjev), "Micro-scale device—an alternative route for studying the intrinsic properties of solid-state materials: the case of semiconducting TaGeIr", *Angewandte Chemie*, 2020, **59**, 27, 11136. [COBISS.SI-ID 37114627]
- Anja Sadžak, Janez Mravljak, Nadica Maltar-Strmečki, Zoran Arsov, Goran Baranović, Ina Erceg, Manfred Kriechbaum, Vida Strasser, Jan Přibyl, Suzana Šegota, "The structural integrity of the model lipid membrane during induced lipid peroxidation: the role of flavonols in the inhibition of lipid peroxidation", *Antioxidants*, 2020, **9**, 5, 430. [COBISS.SI-ID 15647491]
- Ema Valentina Brovč, Stane Pajk, Roman Šink, Janez Mravljak, "Protein formulations containing polysorbates: are metal chelators needed at all?", *Antioxidants*, 2020, **9**, 5, 441. [COBISS.SI-ID 16128003]
- Itir Bakis Dogru-Yuksel, Mertcan Han, Gregor Pirnat, Emir Salih Magden, Erkan Senses, Matjaž Humar, Sedat Nizamoglu, "High-Q, directional and self-assembled random laser emission using spatially localized feedback via cracks", *APL photonics*, 2020, **5**, 10, 106105. [COBISS.SI-ID 32062723]
- Rok Podlpec, Jaka Mur, Jaka Petelin, Janez Štrancar, Rok Petkovšek, "Two-photon retinal theranostics by adaptive compact laser source", *Applied physics. A, Materials science & processing*, 2020, **126**, 6, 405. [COBISS.SI-ID 14993923]
- Urška Gabor, Damjan Vengust, Zoran Samardžija, Aleksander Matavž, Vid Bobnar, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Stabilization of the perovskite phase in PMN-PT epitaxial thin films via increased interface roughness", *Applied Surface Science*, 2020, **513**, 145787. [COBISS.SI-ID 33262887]
- Asta Gregorič, Luka Drinovec, Irena Ježek, Janja Vaupotič, Matevž Lenarčič, Domen Grauf, Longlong Wang, Maruška Mole, Samo Stanič, Griša Močnik, "The determination of highly time-resolved and source-separated black carbon emission rates using radon as a tracer of atmospheric dynamics", *Atmospheric chemistry and physics*, 2020, **20**, 22, 14139-14162. [COBISS.SI-ID 38712323]
- S. Vratolis *et al.* (18 avtorjev), "Comparison and complementary use of *in situ* and remote sensing aerosol measurements in the Athens Metropolitan Area", *Atmospheric environment*, 2020, **228**, 117439. [COBISS.SI-ID 33288999]
- Luka Pirker, Anton Gradišek, Bojana Višič, Maja Remškar, "Nanoparticle exposure due to pyrotechnics during a football match", *Atmospheric environment*, 2020, **233**, 117567. [COBISS.SI-ID 16262915]
- Luka Drinovec, Jean Sciare, Iasonas Stavroulas, Spiros Bezantakos, Michael Pikridas, Florin Unga, Chrysanthos Savvides, Bojana Višič, Maja Remškar, Griša Močnik, "A new optical-based technique for real-time measurements of mineral dust concentration in PM₁₀ using a virtual impactor", *Atmospheric measurement techniques*, 2020, **13**, 7, 3799-3813. [COBISS.SI-ID 22985475]
- Martin Rigler, Luka Drinovec, Gašper Lavrič, Athanasia Vlachou, Andre S. H. Prévôt, Jean-Luc Jaffrezo, Iasonas Stavroulas, Jean Sciare, Judita Burger, Irena Kranjc, Janja Turšič, Anthony D. A. Hansen, Griša Močnik, "The new instrument using a TC-BC (total carbon-black carbon) method for the online measurement of carbonaceous aerosols", *Atmospheric measurement techniques*, 2020, **13**, 8, 4333-4351. [COBISS.SI-ID 25335555]
- Bradley Visser, Jannis Röhrbein, Peter Steigmeier, Luka Drinovec, Griša Močnik, Ernest Weingartner, "A single-beam photothermal interferometer for *in situ* measurements of aerosol light absorption", *Atmospheric measurement techniques*, 2020, **13**, 12, 7097-7111. [COBISS.SI-ID 44630531]
- Aurélien Barbotin, Iztok Urbančič, Silvia Galiani, Christian Eggeling, Martin J. Booth, Erdinc Sezgin, "z-STED imaging and spectroscopy to investigate nanoscale membrane structure and dynamics", *Biophysical journal*, 2020, **118**, 10, 2448-2457. [COBISS.SI-ID 33312551]
- Ksenija Cankar, Jernej Vidmar, Lidija Nemeth, Igor Serša, "T2 mapping as a tool for assessment of dental pulp response to caries progression: An *in vivo* MRI study", *Caries Research*, 2020, **54**, 1, 24-35. [COBISS.SI-ID 3309179]
- Pedro Campinho, Paola Lamperti, Francesco Boselli, Andrej Vilfan, Julien Vermot, "Blood flow limits endothelial cell extrusion in the Zebrafish dorsal aorta", *Cell reports*, 2020, **31**, 2, 107505. [COBISS.SI-ID 33299751]
- Romana Cerc Korošec, Bojan Miljevič, Polona Umek, John Milan van der Bergh, Snezana B. Vučetić, Jonjaua Ranogajec, "Photocatalytic self-cleaning properties of Mo: TiO₂ loaded Zn-Al layered double hydroxide synthesised at optimised pH value for the application on mineral substrates", *Ceramics international*, 2020, **46**, 5, 6756-6766. [COBISS.SI-ID 1538459331]
- Soukainae Merselmiz *et al.* (14 avtorjev), "High energy storage efficiency and large electrocaloric effect in lead-free BaTi_{0.89}Sn_{0.11}O₃ ceramic", *Ceramics international*, 2020, **46**, 15, 23867-23876. [COBISS.SI-ID 20600579]

25. H. Zaitouni, L. Hajji, D. Mezzane, E. Choukri, Y. Gagou, K. Hoummada, A. Charai, A. Alimoussa, Brigita Rožič, M. El Marsi, Zdravko Kutnjak, "Structural, dielectric, ferroelectric and tuning properties of Pb-free ferroelectric $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{Ti}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_3$ ", *Ceramics international*, 2020, **46**, 17, 27275-27282. [COBISS.SI-ID 33040387]
26. Andrew T. 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*, 2020, **11**, 33, 8955-8960. [COBISS.SI-ID 25958659]
27. J. M. Hübner *et al.* (12 avtorjev), "In-Cage interactions in the clathrate superconductor $\text{Sr}_8\text{Si}_{46}$ ", *Chemistry: A European Journal*, 2020, **26**, 4, 830-838. [COBISS.SI-ID 33128999]
28. Paweł Wyżga, Igor Veremchuk, Matej Bobnar, Primož Koželj, Steffen Klenner, Rainer Pöttgen, Andreas Leithe-Jasper, Roman Gumeniuk, "Structural peculiarities and thermoelectric study of iron indium thiospinel", *Chemistry: A European Journal*, 2020, **26**, 23, 5245-5256. [COBISS.SI-ID 31852035]
29. Jože Luzar, Andreja Padovnik, Petra Štukovnik, Marjan Marinšek, Zvonko Jagličič, Violeta Bokan-Bosiljkov, Janez Dolinšek, "NMR spectroscopy-supported design and properties of air lime-white cement injection grouts for strengthening of historical masonry buildings", *Construction & building materials*, 2020, **250**, 118937. [COBISS.SI-ID 9109601]
30. Milan Ambrožič, Apparao Gudimalla, Charles Rosenblatt, Samo Kralj, "Multiple twisted chiral nematic structures in cylindrical confinement", *Crystals*, 2020, **10**, 7, 576. [COBISS.SI-ID 29663747]
31. Eva Klemenčič, Pavlo Kurioz, Milan Ambrožič, Charles Rosenblatt, Samo Kralj, "Annihilation of highly-charged topological defects", *Crystals*, 2020, **10**, 8, 673. [COBISS.SI-ID 27325443]
32. Primož Jozič, Aleksander Zidanšek, Robert Repnik, "Fuel conservation for launch vehicles: Falcon Heavy case study", *Energies*, 2020, **13**, 3, 660. [COBISS.SI-ID 25125640]
33. Kristina Glojek, Asta Gregorič, Griša Močnik, Andrea Cuesta-Mosquera, A. Wiedensohler, Luka Drinovec, Matej Ogrin, "Hidden black carbon air pollution in hilly rural areas: a case study of Dinaric depression", *European journal of geography*, 2020, **11**, 2, 105-122. [COBISS.SI-ID 45041923]
34. Mathias Kotsch, Yurii Prots, Alim Ormeci, Matej Bobnar, Frank R. Wagner, Anatolij Senyshyn, Yuri Grin, "From Zintl to Wade: Ba_3LiGa_5 : a structure pattern with pyramidal cluster chains $[\text{Ga}_5]_n^-$ ", *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2020, **2020**, 29, 2842-2849. [COBISS.SI-ID 36788483]
35. Ema Valentina Brovč, Janez Mravljak, Roman Šink, Stane Pajk, "Degradation of polysorbates 20 and 80 catalysed by histidine chloride buffer", *European journal of pharmaceuticals and biopharmaceuticals*, 2020, **154**, 236-245. [COBISS.SI-ID 24840195]
36. Ricardo Chagas, Pedro E. S. Silva, Susete N. Fernandes, Slobodan Žumer, Maria H. Godinho, "Playing the blues, the greens and the reds with cellulose-based structural colours", *Faraday discussions*, 2020, **223**, 247-260. [COBISS.SI-ID 24122627]
37. George Cordoyiannis, Marta Lavrič, Maja Trček, Vasileios Tzitzios, Ioannis Lelidis, George Nounesis, Matej Daniel, Zdravko Kutnjak, "Quantum dot-driven stabilization of liquid-crystalline blue phases", *Frontiers in physics*, 2020, **8**, 315. [COBISS.SI-ID 26722307]
38. Martin Gjoreski, Anton Gradišek, Borut Budna, Matjaž Gams, Gregor Poglajen, "Machine learning and end-to-end deep learning for the detection of chronic heart failure from heart sounds", *IEEE access*, 2020, **8**, 20313-20324. [COBISS.SI-ID 33111591]
39. Gizem Gültekin Várkonyi, Anton Gradišek, "Data protection impact assessment case study for a research project using artificial intelligence on patient data", *Informatica*, 2020, **44**, 4, 497-505. [COBISS.SI-ID 45281795]
40. Craig I. Hiley *et al.* (11 avtorjev), "Crystal structure and stoichiometric composition of potassium-intercalated tetracene", *Inorganic chemistry*, 2020, **59**, 17, 12545-12551. [COBISS.SI-ID 28202499]
41. Olga Sichevych, Sever Flipo, Alim Ormeci, Matej Bobnar, Lev G. Akselrud, Yurii Prots, Ulrich Burkhardt, Roman Gumeniuk, Andreas Leithe-Jasper, Yuri Grin, "Crystal structure and physical properties of the cage compound $\text{Hf}_2\text{B}_{2-2\delta}\text{Ir}_{5+\delta}$ ", *Inorganic chemistry*, 2020, **59**, 19, 14280-1489. [COBISS.SI-ID 36772867]
42. Mitja Krnal, Stanislav Vrtnik, Andreja Jelen, Primož Koželj, Zvonko Jagličič, Anton Meden, Michael Feuerbacher, Janez Dolinšek, "Speromagnetism and asperomagnetism as the ground states of the Tb-Dy-Ho-Er-Tm "ideal" high-entropy alloy", *Intermetallics*, 2020, **117**, 106680. [COBISS.SI-ID 32989479]
43. Apparao Gudimalla, Marta Lavrič, Maja Trček, Saša Harkai, Brigita Rožič, George Cordoyiannis, Sabu Thomas, Kaushik Pal, Zdravko Kutnjak, Samo Kralj, "Nanoparticle-stabilized lattices of topological defects in liquid crystals", *International journal of thermophysics*, 2020, **41**, 4, 51. [COBISS.SI-ID 33275175]
44. Zouhair Hanani *et al.* (14 avtorjev), "Enhanced dielectric and electrocaloric properties in lead-free rod-like BCZT ceramics", *Journal of advanced ceramics*, 2020, **9**, 2, 201-219. [COBISS.SI-ID 33283879]
45. Eric Navarrete, Carla Bittencourt, Polona Umek, Damien Cossement, Frank Güell, Eduard Llobet, "Tungsten trioxide nanowires decorated with iridium oxide nanoparticles as gas sensing material", *Journal of alloys and compounds*, 2020, **812**, 152156. [COBISS.SI-ID 32628519]
46. Paolo Paletti, Sara Fathipour, Maja Remškar, Alan Seabaugh, "Quantitative, experimentally-validated, model of MoS_2 nanoribbon Schottky field-effect transistors from subthreshold to saturation", *Journal of applied physics*, 2020, **127**, 6, 065705. [COBISS.SI-ID 33163815]
47. Marta Lavrič, George Cordoyiannis, Vasileios Tzitzios, Ioannis Lelidis, Samo Kralj, George Nounesis, Slobodan Žumer, Matej Daniel, Zdravko Kutnjak, "Blue phase stabilization by CoPt-decorated reduced-graphene oxide nanosheets dispersed in a chiral liquid crystal", *Journal of applied physics*, 2020, **127**, 9, 095101. [COBISS.SI-ID 33245735]
48. Lovro Fulanović, Andraž Bradeško, Nikola Novak, Barbara Malič, Vid Bobnar, "Relation between dielectric permittivity and electrocaloric effect under high electric fields in the $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -based ceramics", *Journal of applied physics*, 2020, **127**, 18, 184102. [COBISS.SI-ID 14687491]
49. Bouchra Asbani *et al.* (11 avtorjev), "Electrocaloric response in lanthanum-modified lead zirconate titanate ceramics", *Journal of applied physics*, 2020, **127**, 22, 224101. [COBISS.SI-ID 18632195]
50. Katja Klinar, Miguel Muñoz Rojo, Zdravko Kutnjak, Andrej Kitanovski, "Toward a solid-state thermal diode for room-temperature magnetocaloric energy conversion", *Journal of applied physics*, 2020, **127**, 23, 234101. [COBISS.SI-ID 19703299]
51. Rok Podlincec, Zoran Arsov, Tilen Koklič, Janez Štrancar, "Characterization of blood coagulation dynamics and oxygenation in *ex vivo* retinal vessels by fluorescence hyperspectral imaging (fHSI)", *Journal of biophotonics*, 2020, **13**, 8, e202000021. [COBISS.SI-ID 16418819]
52. Alan Gregorovič, "The many-body expansion approach to ab initio calculation of electric field gradients in molecular crystals", *The Journal of chemical physics*, 2020, **152**, 12, 124105. [COBISS.SI-ID 33280807]
53. Mitja Zidar, Petruša Rozman, Kaja Belko-Parkel, Miha Ravnik, "Control of viscosity in biopharmaceutical protein formulations", *Journal of colloid and interface science*, 2020, **580**, 308-317. [COBISS.SI-ID 23640579]
54. Muhammad Saqib, Janez Jelenc, Luka Pirker, Srečo D. Škapin, Lorenzo De Pietro, Urs Ramsperger, Alexandr Knápek, Ilona Müllerová, Maja Remškar, "Field emission properties of single crystalline W_5O_{14} and $\text{W}_{18}\text{O}_{49}$ nanowires", *Journal of electron spectroscopy and related phenomena*, 2020, **241**, 146837. [COBISS.SI-ID 32210727]
55. Stane Pajk, Damijan Knez, Urban Košak, Maja Zorovič, Xavier Brazzolotto, Nicolas Coquelle, Florian Nachon, Jacques-Philippe Colletier, Marko Živin, Jure Stojan, Stanislav Gobec, "Development of potent reversible selective inhibitors of butyrylcholinesterase as fluorescent probes", *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*, 2020, **35**, 1, 498-505. [COBISS.SI-ID 4869233]
56. Aleš Mohorič, Janko Božič, Polona Mrak, Kaja Tušar, Lin Chenyun, Ana Sepe, Urška Mikac, Georgy Mikhaylov, Igor Serša, "In vivo continuous three-dimensional magnetic resonance microscopy: a study of metamorphosis in Carniolan worker honey bees (*Apis mellifera carnica*)", *Journal of Experimental Biology*, 2020, **223**, 21, jeb225250. [COBISS.SI-ID 32334339]
57. Tomaž Apih, Alan Gregorovič, Veselko Žagar, Janez Seliger, "A rapid determination of nuclear quadrupole resonance frequencies using field-cycling magnetic resonance and frequency modulated RF excitations", *Journal of magnetic resonance*, 2020, **310**, 106635. [COBISS.SI-ID 33036583]
58. Jin Hyun Chang, Christian Baur, Jean-Marcel Ateba Mba, Denis Arčon, Gregor Mali, Dorothea Alwast, R. Jürgen Behm, Maximilian Fichtner, Tejs Vegge, Juan Maria Garcia-Lastra, "Superoxide formation in $\text{Li}_2\text{VO}_2\text{F}$ cathode material - a combined computational and experimental investigation of anionic redox activity", *Journal of materials chemistry. A, Materials for energy and sustainability*, 2020, **8**, 32, 16551-16559. [COBISS.SI-ID 24801283]
59. Zouhair Hanani *et al.* (12 avtorjev), "Structural, dielectric, and ferroelectric properties of lead-free BCZT ceramics elaborated by low-temperature hydrothermal processing", *Journal of materials science*.

- Materials in electronics*, 2020, **31**, 13, 10096–10104. [COBISS.SI-ID 15995907]
60. Soukainae Merselmiz *et al.* (14 avtorjev), "Enhanced electrical properties and large electrocaloric effect in lead-free $\text{Ba}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ ($x = 0$ and 0.02) ceramics", *Journal of materials science. Materials in electronics*, 2020, **31**, 19, 17018–17028. [COBISS.SI-ID 25899267]
 61. S. Ben Moumen *et al.* (13 avtorjev), "Structural, dielectric and magnetic studies of (0-3) type multiferroic $(1-x)\text{BaTi}_{0.8}\text{Sn}_{0.2}\text{O}_3 - (x)\text{La}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{MnO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) composite ceramics", *Journal of materials science. Materials in electronics*, 2020, **31**, 21, 19343–19354. [COBISS.SI-ID 29187843]
 62. Anastasiya Sedova, Bojana Višič, Daniele Vella, Victor Vega Mayoral, Christoph Gadermaier, Hanna Dodiuk, Samuel Kenig, Reshef Tenne, Raz Gvishi, Galit Bar, "Silica aerogels as hosting matrices for WS_2 nanotubes and their optical characterization", *Journal of Materials Science*, 2020, **55**, 18, 7612–7623. [COBISS.SI-ID 33316391]
 63. Urška Gradišar Centa, Petra Kocbek, Anna Belcarz, Srečo D. Škapin, Maja Remškar, "Polymer blend containing MoO_3 nanowires with antibacterial activity against *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228", *Journal of nanomaterials*, 2020, **2020**, 9754024. [COBISS.SI-ID 25285123]
 64. Stanislav Vrtnik *et al.* (12 avtorjev), "Anisotropic quantum critical point in the Ce_3Al system with a large magnetic anisotropy", *Journal of physics communications*, 2020, **4**, 10, 105016. [COBISS.SI-ID 37124099]
 65. Falk Schneider, Pablo Hernandez-Varas, B. Christoffer Lagerholm, Dilip Shrestha, Erdinc Sezgin, Roberti M. Julia, Giulia Ossato, Frank Hecht, Christian Eggeling, Iztok Urbančič, "High photon count rates improve the quality of super-resolution fluorescence fluctuation spectroscopy", *Journal of physics. D, Applied physics*, 2020, **53**, 16, 164003. [COBISS.SI-ID 33081127]
 66. Ana Milosavljević, Andriana Šolajić, Bojana Višič, Marko Opatič, Jelena Pešić, Yu Liu, Čedomir Petrović, Zoran V. Popović, Nenad Lazarević, "Vacancies and spin-phonon coupling in $\text{CrSi}_{0.8}\text{Ge}_{0.1}\text{Te}_3$ ", *Journal of Raman spectroscopy*, 2020, **51**, 11, 2153–2160. [COBISS.SI-ID 47144963]
 67. Maja Makarovič, Nicola Kanas, Andrej Zorko, Katarina Žiberna, Hana Uršič Nemevšek, D. R. Småbråten, S. M. Selbach, Tadej Rojac, "Tailoring the electrical conductivity and hardening in BiFeO_3 ceramics", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 15, 5483–5493. [COBISS.SI-ID 19939331]
 68. Peter Jeglič, Takehito Nakano, Tadej Mežnaršič, Denis Arčon, Mutsuo Igarashi, "Metallic state in rubidium-loaded low-silica X Zeolite", *Journal of the Physical Society of Japan*, 2020, **89**, 7, 073706. [COBISS.SI-ID 20035587]
 69. Robert Ławrowski, Luka Pirker, Keita Kaneko, Hiroki Kokubo, Michael Bachmann, Takashi Ikuno, Maja Remškar, Rupert Schreiner, "Field emission from nanotubes and flakes of transition metal dichalcogenides", *Journal of vacuum science and technology. B, Nanotechnology & microelectronics*, 2020, **38**, 3, 032801. [COBISS.SI-ID 33289255]
 70. Dmitry Richer, Matevž Marinčič, Matjaž Humar, "Optical-resonance-assisted generation of super monodisperse microdroplets and microbeads with nanometer precision", *Lab on a chip*, 2020, **20**, 4, 734–740. [COBISS.SI-ID 33209383]
 71. Yoshiko Takenaka, Miha Škarabot, Igor Muševič, "Nematic liquid-crystal necklace structure made by microfluidics system", *Langmuir*, 2020, **36**, 12, 3234–3241. [COBISS.SI-ID 47309059]
 72. Marta Lavrič, George Cordoyiannis, Vasileios Tzitzios, Samo Kralj, George Nounesis, Ioannis Lelidis, Heinz Amenitsch, Zdravko Kutnjak, "The effect of CoPt-coated reduced-graphene oxide nanosheets upon the Smectic-A to Smectic-C* phase transition of a chiral liquid crystal", *Liquid crystals*, 2020, **47**, 6, 831–837. [COBISS.SI-ID 32826151]
 73. Anna V. Ryzhkova, Pratibha Ramarao, Maryam Nikkhou, Igor Muševič, "Tunable ferroelectric liquid crystal microlaser", *Liquid crystals*, 2020, **47**, 7, 994–1003. [COBISS.SI-ID 47317763]
 74. Jaka Pišljari, Gregor Posnjak, Stane Pajk, Aljaž Godec, Rok Podlipic, Boštjan Kokot, Igor Muševič, "Comparison of STED, confocal and optical microscopy of ultra-short pitch cholesterics", *Liquid crystals*, 2020, **47**, 9, 1303–1311. [COBISS.SI-ID 33039655]
 75. S. I. Asiya, Kaushik Pal, Samo Kralj, Gharieb S. El-Sayyad, Fernando Gomes de Souza, T. Narayanan, "Sustainable preparation of gold nanoparticles via green chemistry approach for biogenic applications", *Materials today chemistry*, 2020, **17**, 100327. [COBISS.SI-ID 29611267]
 76. Lucija Krce, Matilda Šrung, Ana Maravič, Polona Umek, Krešimir Salamon, Nikša Krstulović, Ivica Aviani, "Bacteria exposed to silver nanoparticles synthesized by laser ablation in water: modelling *E. coli* growth and inactivation", *Materials*, 2020, **13**, 3, 653. [COBISS.SI-ID 33213991]
 77. Igor Serša, "Sequential diffusion spectra as a tool for studying time-dependent translational molecular dynamics: a cement hydration study", *Molecules*, 2020, **25**, 1, 68. [COBISS.SI-ID 33002279]
 78. Elena Maria Loi, Matjaž Weiss, Stane Pajk, Martina Gobec, Tihomir Tomašič, Roland J. Pieters, Marko Anderluh, "Intracellular hydrolysis of small-molecule O-linked N-acetylglucosamine transferase inhibitors differs among cells and is not required for its inhibition", *Molecules*, 2020, **25**, 15, 3381. [COBISS.SI-ID 24851459]
 79. Aleš Mohorič, Gojmir Lahajnar, Janez Stepišnik, "Diffusion spectrum of polymer melt measured by varying magnetic field gradient pulse width in PGSE NMR", *Molecules*, 2020, **25**, 24, 5813. [COBISS.SI-ID 42641411]
 80. Urška Mikac, Julijana Kristl, "Magnetic resonance methods as a prognostic tool for the biorelevant behavior of xanthan tablets", *Molecules*, 2020, **25**, 24, 5871. [COBISS.SI-ID 42432771]
 81. Tobias Strübing, Amir Khosravanizadeh, Andrej Vilfan, Eberhard Bodenschatz, Ramin Golestanian, Isabella Guido, "Wrinkling instability in 3D active nematics", *Nano letters*, 2020, **20**, 9, 6281–6288. [COBISS.SI-ID 28169475]
 82. Nina Kostevšek, Calvin C.L. Cheung, Igor Serša, Mateja Erdani-Kreft, Ilaria Monaco, Mauro Comes Franchini, Janja Vidmar, Wafa Al-Jamal, "Magneto-liposomes as MRI contrast agents: a systematic study of different liposomal formulations", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 5, 889. [COBISS.SI-ID 14045955]
 83. Sylwester Rzoska, Szymon Starzonek, Joanna M. Łoś, Aleksandra Drozd-Rzoska, Samo Kralj, "Dynamics and pretransitional effects in C_{60} fullerene nanoparticles and liquid crystalline dodecylcyanobiphenyl (12CB) hybrid system", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 12, 2343. [COBISS.SI-ID 47475971]
 84. Fengshan Zheng, Giulio Pozzi, Vadim Migunov, Luka Pirker, Maja Remškar, Marco Beleggia, Rafal E. Dunin-Borkowski, "Quantitative measurement of charge accumulation along a quasi-one-dimensional W_5O_{14} nanowire during electron field emission", *Nanoscale*, 2020, **12**, 19, 10559–10564. [COBISS.SI-ID 24364803]
 85. Luka Pirker, Bojana Višič, Srečo D. Škapin, Goran Dražič, Janez Kovač, Maja Remškar, "Multi-stoichiometric quasi-two-dimensional $\text{W}_5\text{O}_{3n-1}$ tungsten oxides", *Nanoscale*, 2020, **12**, 28, 15102–15114. [COBISS.SI-ID 24706563]
 86. Maomao Liu *et al.* (11 avtorjev), "Enhanced carrier transport by transition metal doping in WS_2 field effect transistors", *Nanoscale*, 2020, **12**, 33, 17253–17264. [COBISS.SI-ID 23616003]
 87. Simon Čopar, Žiga Kos, Tadej Emeršič, Uroš Tkalec, "Microfluidic control over topological states in channel-confined nematic flows", *Nature communications*, 2020, **11**, 59. [COBISS.SI-ID 3400804]
 88. Wassilios Papawassiliou *et al.* (15 avtorjev), "Resolving Dirac electrons with broadband high-resolution NMR", *Nature communications*, 2020, **11**, 1285. [COBISS.SI-ID 33263143]
 89. P. Khuntia, M. Velázquez, Q. Barthélémy, Fabrice Bert, E. Kermarrec, A. Legros, B. Bernu, L. Messio, Andrej Zorko, Philippe Mendels, "Gapless ground state in the archetypal quantum kagome antiferromagnet $\text{ZnCu}_2(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ ", *Nature physics*, 2020, **16**, 4, 469–474. [COBISS.SI-ID 33195047]
 90. L. J. Borrero-González, Selena Acosta, Carla Bittencourt, Maja Garvas, Polona Umek, L. A. O. Nunes, "Eu³⁺-doped titanium oxide nanoparticles for optical thermometry in the biological window", *Optical Materials*, 2020, **101**, 109770. [COBISS.SI-ID 28151811]
 91. Alexander Dubtsov, Saša Harkai, Dina V. Shmeliova, Sergey V. Pasechnik, Robert Repnik, Vladimir G. Chigrinov, Samo Kralj, "Electrically switchable polymer membranes with photo-aligned nematic structures for photonic applications", *Optical Materials*, 2020, **109**, 110296. [COBISS.SI-ID 30152195]
 92. Guilhem Poy, Slobodan Žumer, "Physics-based multistep beam propagation in inhomogeneous birefringent media", *Optics express*, 2020, **28**, 16, 24327–24342. [COBISS.SI-ID 24244739]
 93. S. I. Asiya, Kaushik Pal, Gharieb S. El-Sayyad, M. Abd Elkodous, Catherine Demetriades, Samo Kralj, Sabu Thomas, "Reliable optoelectronic switchable device implementation by CdS nanowires conjugated bent-core liquid crystal matrix", *Organic electronics*, 2020, **82**, 105592. [COBISS.SI-ID 25028104]
 94. Andraž Rešetič, Jerneja Milavec, Valentina Domenici, Blaž Zupančič, Alexej Bubnov, Boštjan Zalar, "Deuteron NMR investigation on orientational order parameter in polymer dispersed liquid crystal elastomers", *PCCP. Physical chemistry chemical physics*, 2020, **22**, 40, 23064–23072. [COBISS.SI-ID 33040131]
 95. Jernej Stare, Anton Gradišek, Janez Seliger, "Nuclear quadrupole resonance supported by periodic quantum calculations: a sensitive tool for precise structural characterization of short hydrogen bonds", *PCCP*.

- Physical chemistry chemical physics*, 2020, **22**, 47, 27681-27689. [COBISS.SI-ID 43022851]
96. Mitja Zidar, Gregor Posnjak, Igor Muševič, Miha Ravnik, Drago Kuzman, "Surfaces affect screening reliability in formulation development of biologics", *Pharmaceutical research*, 2020, **37**, 27. [COBISS.SI-ID 3403620]
97. S. Benyoussef, Y. EL. Amraoui, H. Ez-Zahraoui, D. Mezzane, Zdravko Kutnjak, Igor A. Luk'yanchuk, Mimoun El Marssi, "Mean field theory and Monte Carlo simulation of phase transitions and magnetic properties of a tridimensional Fe₇S₈ compound", *Physica scripta*, 2020, **95**, 4, 045803. [COBISS.SI-ID 17487107]
98. Tony Schenk, Nicolas Godard, Aymen Mahjoub, Stephanie Girod, Aleksander Matavž, Vid Bobnar, Emmanuel Defay, Sebastjan Glinšek, "Toward thick piezoelectric HfO₂-based films", *Physica status solidi. Rapid research letters*, 2020, **14**, 3, 1900626. [COBISS.SI-ID 32999463]
99. Janez Stepišnik, Carlos Mattea, Siegfried Stäpf, Aleš Mohorič, "Molecular velocity auto-correlations in glycerol/water mixtures studied by NMR MGSE method", *Physica. A, Statistical mechanics and its applications*, 2020, **553**, 124171. [COBISS.SI-ID 19363843]
100. Jack Binysh, Žiga Kos, Simon Čopar, Miha Ravnik, Gareth P. Alexander, "Three-dimensional active defect loops", *Physical review letters*, 2020, **124**, 8, 088001. [COBISS.SI-ID 3410788]
101. Tina Arh, Matjaž Gomilšek, Peter Prelovšek, Matej Pregelj, Martin Klanjšek, Andrzej Ozarowski, Stewart J. Clark, T. Lancaster, W. Sun, J.-X. Mi, Andrej Zorko, "Origin of magnetic ordering in a structurally perfect quantum kagome antiferromagnet", *Physical review letters*, 2020, **125**, 2, 027203. [COBISS.SI-ID 22120451]
102. Miha Ravnik, Jeffrey Christopher Everts, "Topological-defect-induced surface charge heterogeneities in nematic electrolytes", *Physical review letters*, 2020, **125**, 3, 037801. [COBISS.SI-ID 23706371]
103. Guilhem Poy, Andrew J. Hess, Ivan I. Smalyukh, Slobodan Žumer, "Chirality-enhanced periodic self-focusing of light in soft birefringent media", *Physical review letters*, 2020, **125**, 7, 077801. [COBISS.SI-ID 24983555]
104. Neha Topnani, Prutha Nagaraja, Igor Muševič, Pratibha Ramarao, "Fluorescence intermittency and spatial localization of core-shell quantum rod clusters in an inverse nematic gel", *Physical review materials*, 2020, **4**, 12, 126002. [COBISS.SI-ID 47313155]
105. Fanlong Meng, Antonio Ortiz-Ambriz, Helena Massana-Cid, Andrej Vilfan, Ramin Golestanian, Pietro Tierno, "Field synchronized bidirectional current in confined driven colloids", *Physical review research*, 2020, **2**, 1, 012025. [COBISS.SI-ID 33109287]
106. Saša Harkai, Bryce S. Murray, Charles Rosenblatt, Samo Kralj, "Electric field driven reconfigurable multistable topological defect patterns", *Physical review research*, 2020, **2**, 1, 013176. [COBISS.SI-ID 33256487]
107. T. J. Hicken *et al.* (14 avtorjev), "Magnetism and Néel skyrmion dynamics in GaV₂S_{8-y}Se_y", *Physical review research*, 2020, **2**, 3, 032001. [COBISS.SI-ID 24208387]
108. JungHyun Noh, Yiwei Wang, Hsin-Ling Liang, Venkata Subba R. Jampani, Apala Majumdar, Jan P. F. Lagerwall, "Dynamic tuning of the director field in liquid crystal shells using block copolymers", *Physical review research*, 2020, **2**, 3, 033160. [COBISS.SI-ID 28721667]
109. Jun-ichi Fukuda, Slobodan Žumer, "Lattice orientation of cholesteric blue phases in contact with surfaces enforcing unidirectional planar anchoring", *Physical review research*, 2020, **2**, 3, 033407. [COBISS.SI-ID 28475395]
110. Vishal P. Patil, Žiga Kos, Miha Ravnik, Jörn Dunkel, "Discharging dynamics of topological batteries", *Physical review research*, 2020, **2**, 4, 043196. [COBISS.SI-ID 36553987]
111. Tadej Mežnaršič, Rok Žitko, Tina Arh, Katja Gosar, Erik Zupanič, Peter Jeglič, "Emission of correlated jets from a driven matter-wave soliton in a quasi-one-dimensional geometry", *Physical review. A*, 2020, **101**, 3, 03160. [COBISS.SI-ID 33287463]
112. Tilen Knaflič *et al.* (15 avtorjev), "Spin-dimer ground state driven by consecutive charge and orbital ordering transitions in the anionic mixed-valence compound Rb₄O₆", *Physical review. B*, 2020, **101**, 2, 024419. [COBISS.SI-ID 33096231]
113. Mladen Horvatič, Martin Klanjšek, Edmond Orignac, "Direct determination of the Tomonaga-Luttinger parameter *K* in quasi-one-dimensional spin systems", *Physical review. B*, 2020, **101**, 22, 220406. [COBISS.SI-ID 19157251]
114. Žiga Gosar, Nejc Janša, Tina Arh, Peter Jeglič, Martin Klanjšek, H. F. Zhai, B. Lv, Denis Arčon, "Superconductivity in the regime of attractive interactions in the Tomonaga-Luttinger liquid", *Physical review. B*, 2020, **101**, 22, 220508. [COBISS.SI-ID 20318979]
115. Mirta Herak, Nikolina Novosel, Martina Dragičević, Thierry Guizouarn, Olivier Cadore, Helmuth Berger, Matej Pregelj, Andrej Zorko, Denis Arčon, "Magnetic-field-induced reorientation in the spin-density-wave and the spin-stripe phases of the frustrated spin-1/2 chain compound β - TeVO₄", *Physical review. B*, 2020, **102**, 2, 024422. [COBISS.SI-ID 23831555]
116. Izidor Benedičič, Nejc Janša, Marion Van Midden, Peter Jeglič, Martin Klanjšek, Erik Zupanič, Zvonko Jagličič, Petra Šutar, Peter Prelovšek, Dragan Mihailović, Denis Arčon, "Superconductivity emerging upon Se doping of the quantum spin liquid 1T - TaS₂", *Physical review. B*, 2020, **102**, 5, 054401. [COBISS.SI-ID 24393731]
117. Marion Van Midden, Herman J. P. van Midden, Albert Prodan, J. C. Bennett, Erik Zupanič, "Spatial ordering of the charge density waves in NbSe₃", *Physical review. B*, 2020, **102**, 7, 075442. [COBISS.SI-ID 28804355]
118. Matej Pregelj, Andrej Zorko, Denis Arčon, Martin Klanjšek, Oksana Zaharko, S. Krämer, Mladen Horvatič, A. Prokofiev, "Thermal effects versus spin nematicity in a frustrated spin-1/2 chain", *Physical review. B*, 2020, **102**, 8, 081104. [COBISS.SI-ID 24517123]
119. Feng-Shou Xiao *et al.* (16 avtorjev), "Magnetic order and disorder in a quasi-two-dimensional quantum Heisenberg antiferromagnet with randomized exchange", *Physical review. B*, 2020, **102**, 17, 174429. [COBISS.SI-ID 45976579]
120. Manuel Feig *et al.* (14 avtorjev), "Anisotropic superconductivity and quantum oscillations in the layered dichalcogenide TaSnS₂", *Physical review. B*, 2020, **102**, 21, 214501. [COBISS.SI-ID 44118019]
121. Andrew J. Hess, Guilhem Poy, Jung-Shen B. Tai, Slobodan Žumer, Ivan I. Smalyukh, "Control of light by topological solitons in soft chiral birefringent media", *Physical review. X*, 2020, **10**, 3, 031042. [COBISS.SI-ID 26693891]
122. Martina Oder, Tilen Koklič, Polona Umek, Rok Podlipcec, Janez Štancar, Martin Dobeč, "Photocatalytic biocidal effect of copper doped TiO₂ nanotube coated surfaces under laminar flow, illuminated with UVA light on *Legionella pneumophila*", *PLoS one*, 2020, **15**, 1, e0227574. [COBISS.SI-ID 4925562]
123. Erik Dovgan, Anton Gradišek, Mitja Luštrek, Mohy Uddin, Aldilas Achmad Nursetyo, Sashi Kiran Annavarajula, Yu-Chuan Li, Shabbir Syed-Abdul, "Using machine learning models to predict the initiation of renal replacement therapy among chronic kidney disease patients", *PLoS one*, 2020, **15**, 6, e0233976. [COBISS.SI-ID 18414851]
124. Zouhair Hanani *et al.* (12 avtorjev), "Thermally-stable high energy storage performances and large electrocaloric effect over a broad temperature span in lead-free BCZT ceramic", *RSC advances*, 2020, **10**, 51, 30746-30755. [COBISS.SI-ID 25819139]
125. Helena Massana-Cid, Antonio Ortiz-Ambriz, Andrej Vilfan, Pietro Tierno, "Emergent collective colloidal currents generated via exchange dynamics in a broken dimer state", *Science advances*, 2020, **6**, 10, eaaz2257. [COBISS.SI-ID 33262375]
126. Yunjiang Zhang *et al.* (14 avtorjev), "Substantial brown carbon emissions from wintertime residential wood burning over France", *Science of the total environment*, 2020, **743**, 140752. [COBISS.SI-ID 22976259]
127. Anna Tobler *et al.* (16 avtorjev), "Chemical characterization of PM_{2.5} and source apportionment of organic aerosol in New Delhi, India", *Science of the total environment*, 2020, **745**, 140924. [COBISS.SI-ID 23067395]
128. Žiga Kos, Miha Ravnik, "Field generated nematic microflows via backflow mechanism", *Scientific reports*, 2020, **10**, 1446. [COBISS.SI-ID 3408996]
129. Vijay Wadi, Kishore K. Jena, Kevin Haliqee, Brigita Rožič, Luka Cmok, Vasileios Tzitzios, Saeed M. Alhassan, "Scalable high refractive index polystyrene-sulfur nanocomposites via in situ inverse vulcanization", *Scientific reports*, 2020, **10**, 14924. [COBISS.SI-ID 28365827]
130. Shabbir Syed-Abdul, Rianda-Putra Firdani, Hee-Jung Chung, Mohy Uddin, Mina Hur, Jae Hyeon Park, Hyung Woo Kim, Anton Gradišek, Erik Dovgan, "Artificial intelligence based models for screening of hematologic malignancies using cell population data", *Scientific reports*, 2020, **10**, 4583. [COBISS.SI-ID 33270311]
131. Sushanth Reddy Amanaganti, Miha Ravnik, Jayasri Dontabhaktuni, "Collective photonic response of high refractive index dielectric metasurfaces", *Scientific reports*, 2020, **10**, 15599. [COBISS.SI-ID 29884163]
132. Neha Topnani, Gregor Posnjak, Prutha Nagaraja, Arkalekha Neogi, Igor Muševič, Pratibha Ramarao, "Self-assembled toron-like structures in inverse nematic gels", *Soft matter*, 2020, **16**, 12, 2933-2940. [COBISS.SI-ID 47311619]
133. Adam L. Susser, Saša Harkai, Samo Kralj, Charles Rosenblatt, "Transition from escaped to decomposed nematic defects, and vice versa", *Soft matter*, 2020, **16**, 20, 4814-4822. [COBISS.SI-ID 29628931]

134. Žiga Krajnik, Žiga Kos, Miha Ravnik, "Spectral energy analysis of bulk three-dimensional active nematic turbulence", *Soft matter*, 2020, **16**, 39, 9059-9068. [COBISS.SI-ID 27802627]
135. Tomaž Apih, Veselko Žagar, Janez Seliger, "NMR and NQR study of polymorphism in carbamazepine", *Solid State Nuclear Magnetic Resonance*, 2020, **107**, 101653. [COBISS.SI-ID 33235239]
136. Pernille H. Danielsen et al. (17 avtorjev), "Effects of physicochemical properties of TiO₂ nanomaterials for pulmonary inflammation, acute phase response and alveolar proteinosis in intratracheally exposed mice", *Toxicology and applied pharmacology*, 2020, **386**, 114830. [COBISS.SI-ID 33215271]
137. Ksenija Božinovič, Davor Nestić, Urška Gradišar Centa, Andreja Ambriović-Ristov, Ana Dekanič, Lenn de Bisschop, Maja Remškar, Dragomira Majhen, "In-vitro toxicity of molybdenum trioxide nanoparticles on human keratinocytes", *Toxicology*, 2020, **444**, 152564. [COBISS.SI-ID 28475907]
138. Manel Rodríguez Ripoll, Agnieszka Maria Tomala, Luka Pirker, Maja Remškar, "In-situ formation of MoS₂ and WS₂ tribofilms by the synergy between transition metal oxide nanoparticles and sulphur-containing oil additives", *Tribology letters*, 2020, **68**, 1, 41. [COBISS.SI-ID 33190951]
139. R. I. Martyniak, N. Muts, A. Horyn, Ya. Tokaychuk, Matej Bobnar, Lev G. Akselrud, R. E. Gladyshevskii, "Crystal structure and magnetic properties of (Cr_{0.34}Cu_{0.10}Ni_{0.56})₄Si", *Visnik L'vivs'kogo universitetu. Serija himična.*, 2020, **61**, 93-100. [COBISS.SI-ID 37334531]
140. Rodrigo Castillo, Walter Schnelle, Matej Bobnar, Raul Cardoso-Gil, Ulrich Schwarz, Yuri Grin, "Structural, magnetic and thermoelectric properties of hp-Mn₃Ge₅", *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 2020, **646**, 4, 256-262. [COBISS.SI-ID 37316611]
141. Paweł Wyżga, Igor Veremchuk, Matej Bobnar, Christoph Hennig, Andreas Leithe-Jasper, Roman Gumeniuk, "Ternary MIn₂S₄ (M = Mn, Fe, Co, Ni) thiospinels - crystal structure and thermoelectric properties", *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 2020, **646**, 14, 1091-1098. [COBISS.SI-ID 37241347]
142. Mitja Krnel, Primož Koželj, Stanislav Vrtnik, Andreja Jelen, Magdalena Wencka, Peter Gille, Janez Dolinšek, "Anisotropic electrical, magnetic, and thermal properties of In₃Ni₂ intermetallic catalyst", *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 2020, **646**, 14, 1099-1104. [COBISS.SI-ID 33251623]
143. Charan Krishna Nichenametla, Jesus Calvo, Stefan Riedel, Lukas Gerlich, Meike Hindenberg, Sergej Novikov, Alexander Burkov, Primož Koželj, R. Cardoso-Gil, Maik Wagner-Reetz, "Doping effects in CMOS-compatible CoSi thin films for thermoelectric and sensor applications", *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 2020, **646**, 14, 1231-1237. [COBISS.SI-ID 31862531]
144. Martin Juckel, Primož Koželj, Yurii Prots, Alim Ormeci, Ulrich Burkhardt, Andreas Leithe-Jasper, Eteri Svanidze, "Intermediate valence behavior of Yb₂Cu₃Al₈", *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 2020, **646**, 14, 1238-1243. [COBISS.SI-ID 31857411]
145. Julia-Maria Hübner, Wilder Carrillo-Cabrera, Raul Cardoso-Gil, Primož Koželj, Ulrich Burkhardt, Martin Etter, Lev G. Akselrud, Yuri Grin, Ulrich Schwarz, "High-pressure synthesis of SmGe₃", *Zeitschrift für Kristallographie. Crystalline materials*, 2020, **235**, 8/9, 333-339. [COBISS.SI-ID 46190083]
146. Ulrich Schwarz, Rodrigo Castillo, Julia-Maria Hübner, Aron Wosylus, Yurii Prots, Matej Bobnar, Yuri Grin, "The untypical high-pressure Zintl phase SrGe₆", *Zeitschrift für Naturforschung. B, A journal of chemical sciences*, 2020, **75**, 1/2, 209-216. [COBISS.SI-ID 37152003]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Zvonko Trontelj, Janez Pirnat, Vojko Jazbinšek, Janko Lužnik, Stanko Srčič, Zoran Lavrič, Samo Beguš, Tomaž Apih, Veselko Žagar, Janez Seliger, "Nuclear Quadrupole Resonance (NQR): a useful spectroscopic tool in pharmacy for the study of polymorphism", *Crystals*, 2020, **10**, 6, 450. [COBISS.SI-ID 17705475]
2. Pedro Campinho, Andrej Vilfan, Julien Vermot, "Blood flow forces in shaping the vascular system: a focus on endothelial cell behavior", *Frontiers in physiology*, 2020, **11**, 552. [COBISS.SI-ID 18358019]
3. Ema Valentina Brovč, Janez Mravljak, Roman Šink, Stane Pajk, "Rational design to biologics development: the polysorbates point of view", *International journal of pharmaceutics*, 2020, **581**, 119285. [COBISS.SI-ID 4899185]

KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVKI

1. Slobodan Žumer, "Electroshock tuning of photonic crystals", *Nature materials*, 2020, **19**, 1, 6-7. [COBISS.SI-ID 3400036]
2. Žiga Snoj, Igor Serša, Urša Matičič, Erika Cvetko, Gregor Omejec, "Nerve fascicle depiction at MR microscopy and high-frequency US with anatomic verification", *Radiology*, 2020, **297**, 3, 672-674. [COBISS.SI-ID 32560131]
3. Francesca Serra, Uroš Tkalec, Teresa Lopez-Leon, "Editorial: topological soft matter", V: *Topological soft matter*, (Frontiers research topics), Frontiers Media, 2020, 4-5. [COBISS.SI-ID 28064771]

STROKOVNI ČLANKI

1. Peter Jeglič, Erik Zupanič, Tadej Mežnaršič, "Ultrahladni atomi: kvantni valovi za tehnologije prihodnosti", *Alternator: misliti znanost*, 5. 3. 2020. [COBISS.SI-ID 33255207]
2. Luka Pirker, Anton Gradišek, "Virusu vstop prepovedan: kako nas maske ščitijo", *Alternator: misliti znanost*, 19. 11. 2020. [COBISS.SI-ID 38392835]
3. Linda Bitenc, Miha Ravnik, "Nevidnost", *Obzornik za matematiko in fiziko*, 2020, **67**, 4, 136-152. [COBISS.SI-ID 47251203]
4. Uroš Tkalec, Tadej Emeršič, "Strukturiranje toka anizotropne tekočine z lasersko pinceto", *Pomurska obzornica*, 2020, **7**, 12, 23-25. [COBISS.SI-ID 22642947]
5. Aleš Mohorič, "Privid", *Presek*, 2019/2020, **47**, 6, 29-31. [COBISS.SI-ID 22551811]
6. Mitja Štrukelj, Igor Serša, "Slikanje čebel z magnetnoresonančno mikroskopijo", *Slovenski čebelar*, 2020, **122**, 1, 14-15. [COBISS.SI-ID 1024507471]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. Sarangi Venkateshwarlu et al. (11 avtorjev), "Relaxor behavior and electrothermal properties of Sn- and Nb-modified (Ba, Ca)TiO₃ Pb-free ferroelectric", V: *The Fourth Annual JMR Issue to Promote Outstanding Research by Future Leaders in Materials Science*, (Journal of materials research **35** 8), 2020, 1017-1027. [COBISS.SI-ID 17664003]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Janez Štrancar, Špela Stres, "Regulated toxicity-testing: spinning out a company in a rapidly changing market", V: *13. ITTC, 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2020, 38-42. [COBISS.SI-ID 32523267]
2. Bojan Cestnik, Rebeka Kovačič Lukman, Andreja Abina, Andrej Flogie, Samo Repolusk, Maja Vičič Krabonja, Tanja Batkovič, Adem Kikaj, Ivan Boshkov, Nita Hasani, Maja Kurbus, Matevž Ogrinc, Jaka Progar, Nika Zagorc Okorn, Sabina Petek, Aleksander Zidanšek, "Development and implementation of a decision support expert system for monitoring sustainability-related competences at the secondary school", V: *15th SDEWES Conference, Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, September 1-5, 2020, Cologne, Germany*, Proceedings, SDEWES, 2020, 0681. [COBISS.SI-ID 33070851]
3. Aleksander Zidanšek, Tanja Batkovič, Uroš Puc, Andreja Abina, "Ground-penetrating radar measurements for cultural heritage", V: *15th SDEWES Conference, Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, September 1-5, 2020, Cologne, Germany*, Proceedings, SDEWES, 2020, 0684. [COBISS.SI-ID 33073411]
4. Andreja Abina, Uroš Puc, Aleksander Zidanšek, "Terahertz technology for the characterization of waste materials in construction", V: *15th SDEWES Conference, Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, September 1-5, 2020, Cologne, Germany*, Proceedings, SDEWES, 2020, 0696. [COBISS.SI-ID 33073923]
5. Tanja Batkovič, Bojan Cestnik, Aleksander Zidanšek, Andreja Abina, "Competence model for factories of the future", V: *2nd International Conference on Technologies & Business Models for Circular Economy*, Proceedings, Maribor Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, 2020, 159-173. [COBISS.SI-ID 16396035]
6. Anja Pusovnik, Miha Ravnik, "Controlling light with hyperbolic metamaterial director profiles", V: *SPIE OPTO, 1-6 February 2020, San*

- Francisco, California, United States, Proceedings, Emerging Liquid Crystal Technologies XV, (Proceedings of SPIE **11303**), SPIE, 2020, 113030B. [COBISS.SI-ID 3414884]
- Argyro Mavrogriorgou *et al.* (17 avtorjev), "CrowdHEALTH: an e-health big data driven platform towards public health policies", V: *ICT4AWE 2020, 6th Interational Conference on Information and Communication Technology for Aging Well and e-Health*, Proceedings, 2020. [COBISS.SI-ID 15144451]
 - Urban Mur, Miha Ravnik, "Numerical modeling of optical modes in nematic droplets", V: *SPIE Organic Photonics + Electronics 2020, 24 August-4 September 2020*, Proceedings, Liquid Crystals XXIV, (Proceedings of SPIE **11472**), SPIE, 2020, 114720U. [COBISS.SI-ID 27272195]
 - Gizem Gültekin Várkonyi, Anton Gradišek, "Data protection impact assessment - an integral component of a successful research project from the GDPR point of View", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 32-34. [COBISS.SI-ID 34233091]

SAMOSTOJNA ZNANSTVENA SESTAVKA ALI POGlavJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

- Stane Pajk, "Magnezij", V: *Minerali, vitamini in druge izbrane snovi*, Slovensko farmacevtsko društvo, 2020, 139-148 [COBISS.SI-ID 24951299]
- Darja Gačnik, Andreja Jelen, Stanislav Vrtnik, Primož Koželj, Mitja Krnel, Qiang Hu, Janez Dolinšek, "Superconductivity in high-entropy and medium-entropy alloys from the Ti-Zr-Nb-Sn-Hf-Ta system", V: *Reference module in materials science and materials engineering*, Elsevier, 2020. [COBISS.SI-ID 33253671]

STROKOVNA MONOGRAFIJA

- Lina Boljka *et al.* (37 avtorjev), *Bela knjiga o strokovnem varovanju okolja*, Institut "Jožef Stefan", 2020. [COBISS.SI-ID 304706304]

UNIVERZITETNA, VISOKOŠOLSKA ALI VIŠJEŠOLSKA UČBENIKA Z RECENZIJO

- Simon Čopar, Daniel Svenšek, Aleš Mohorič, Saša Prelovšek, *Rešene kolokvijske naloge iz klasične fizike*, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2020. [COBISS.SI-ID 31869443]
- Andrej Zorko, Miha Nemevšek, Nejc Košnik, Matic Lubej, *Rešene naloge iz moderne fizike*, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2020. [COBISS.SI-ID 23286531]

SREDNJEŠOLSKI, OSNOVNOŠOLSKI ALI DRUGI

UČBENIKI Z RECENZIJO

- Aleš Mohorič, Vito Babič, *Fisica 1: libro di testo di fisica per la prima classe del ginnasio e per gli istituti professionali*, Mladinska knjiga, 2020. [COBISS.SI-ID 39337987]

- Aleš Mohorič, Vito Babič, *Fizika 2: učbenik za fiziko v 2. letniku gimnazij in štiri letnih strokovnih šol*, Mladinska knjiga, 2020. [COBISS.SI-ID 14154755]
- Aleš Mohorič, Vito Babič, *Fizika 3: učbenik za fiziko v 3. letniku gimnazij in štiri letnih strokovnih šol*, Mladinska knjiga, 2020. [COBISS.SI-ID 14157315]

DRUGO UČNO GRADIVO

- Andrej Zorko, *Moderna fizika: izbor povzetkov in interaktivnih vsebin: študijsko gradivo*, Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, 2020. [COBISS.SI-ID 21669123]
- Uroš Tkalec, *Učno gradivo za vaje pri predmetu Modelska fizika: zgledi in rešene naloge*, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, 2020. [COBISS.SI-ID 25581059]
- Uroš Tkalec, *Učno gradivo za vaje pri predmetu Moderna fizika: razširjen in posodobljen izbor nalog*, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, 2020. [COBISS.SI-ID 25357059]

PATENTNA PRIJAVA

- Roman Šink, Ema Valentina Brovč, Stane Pajk, Janez Mravljak, *Stabilization of pharmaceutical compositions comprising polysorbate*, EP3714902 (A1), European Patent Office, 30. 09. 2020. [COBISS.SI-ID 31098115]

PATENT

- Luka Drinovec, Griša Močnik, *Photo-thermal interferometer*, EP3492905 (B1), European Patent Office, 29. 04. 2020; US10768088 (B2), US Patent Office, 8. 09. 2020. [COBISS.SI-ID 13352707]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

- Tilen Knaflič, *Kvantni magnetizem v molekularnih sistemih π -elektronov*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Denis Arčon). [COBISS.SI-ID 45783555]
- Jože Luzar, *Zasnova in lastnosti apnenno-cementnih gradbenih injekcijskih malt za utrjevanje objektov kulturne dediščine*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Janez Dolinšek). [COBISS.SI-ID 30524675]
- Luka Pirker, *Električne, optične in strukturne lastnosti nizko-dimenzionalnih materialov na osnovi volframa*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Maja Remškar). [COBISS.SI-ID 31357955]
- Anja Pusovnik, *Tok svetlobe v metamaterialih na osnovi nematskih tekočin*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Miha Ravnik). [COBISS.SI-ID 3412324]
- Mitja Zidar, *Analiza in napoved združevanja ter razgradnje proteinov v bioloških zdravilih*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Miha Ravnik). [COBISS.SI-ID 23998723]

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.

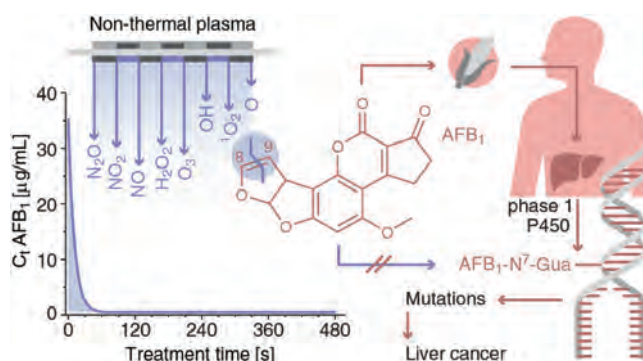


Vodja:
prof. dr. Uroš Cvelbar

Oddelek F6 je novonastala raziskovalna enota na IJS, ustanovljena v letu 2019. Glavne aktivnosti enote obsegajo med seboj povezana raziskovalna področja, kot so znanost o plinih in plinskih razelektrivah, plazemska nanoznanost, obdelava in sinteza nanomaterialov, plazemska kemija, plazemska elektrokemija in kataliza, plazemska biomedicina in biotehnologija, plinski senzori, raziskave poljske emisije v nanostrukturiranih materialih, optoelektronika, vakuumska znanost, razvoj vakuumskih sistemov, vakuumska termična izolacija in druga vzhajajoča področja, povezana z manipulacijo atomov in elektronov. Te raziskovalne teme povezujemo z namenom reševanja različnih problemov in izzivov na področju znanosti in tehnologije ter razvoja novih znanstvenih področij.

Na odseku F6 smo v letu 2020 raziskovali področje problematike, povezane z globalno onesnaženostjo hrane z mikotoksini, in iskali nove rešitve za odpravo te težave. Ker je bilo v preteklosti že pokazano, da se hladna plazma pri atmosferskem tlaku (ang.: cold atmospheric pressure plasma ali krajše CAP) lahko uporabi kot učinkovito orodje proti onesnaženju z mikotoksini, kot so aflatoksini, trihoteceni, fumonizini in zearalenon [*Toxins 11 (2019) 219*], ter prav tako uspešno inaktivira mikotoksigene plesni *Aspergillus flavus* [*Environmental Science & Technology 53 (2019) 1893-1904*], smo se v preteklem letu osredotočili predvsem na raziskovanje mehanizmov takšne plazemske razgradnje. Njihovo proučevanje je potekalo z uporabo površinske razelektrivne zračnih molekul (ang. surface barrier discharge – SBD), ki smo jo uporabili za razgradnjo modelnega mikotoksina aflatoksina B₁ (AFB₁), ki velja tudi za enega od najbolj potentnih naravnih karcinogenov [*Journal of Hazardous Materials 403 (2020) 123593*]. Kot že v preteklih raziskavah se je tudi tokrat izkazalo, da je takšna plazemska obdelava vodila do popolne razgradnje AFB₁ v manj kot 120 s izpostavitve plazmi. Učinkovitost CAP smo primerjali tudi s komercialno dostopnim izvorom UV-C-svetlobe in ga uporabili kot referenčni izvor. Izkazalo se je, da plazemska obdelava privede do občutno hitrejšje in učinkovitejše razgradnje AFB₁, z UV-C-obsevanjem smo namreč tudi po najdaljšem času izpostavitve (480 s) dosegli le 36-% zmanjšanje začetne koncentracije AFB₁. Na podlagi podatkov, pridobljenih iz meritev optične emisijske spektroskopije (OES) in Fourier-transformirane infrardeče spektroskopije (FTIR), smo ugotovili, da pri mehanizmih plazemske dekontaminacije igrajo najpomembnejšo vlogo plazemsko proizvedene kisikove in dušikove reaktivne vrste (ang.: reactive oxygen and nitrogen species – RONS). S pomočjo zelo natančnih analitičnih metod, kot sta visoko resolucijska masna spektrometrija (HRMS) in nuklearna magnetna resonanca, smo ugotovili, da se plazemsko povzročena razgradnja molekul AFB₁ ne glede na pogoje razelektrivne začne na mestu dvojne vezi med ogljikovima atomoma C8 in C9. To mesto je prav tako odgovorno za toksične učinke molekule AFB₁. Nadaljnja razgradnja pa steče v več smereh in vodi v nastanek štirih ključnih razpadnih produktov, ki so z daljšanjem časa izpostavitve prav tako popolnoma razpadli ali ostali prisotni le v sledovih. V raziskavi smo prav tako zaobjeli tudi preverjanje citotoksičnosti razpadlih produktov s testom MTS in genotoksičnosti s

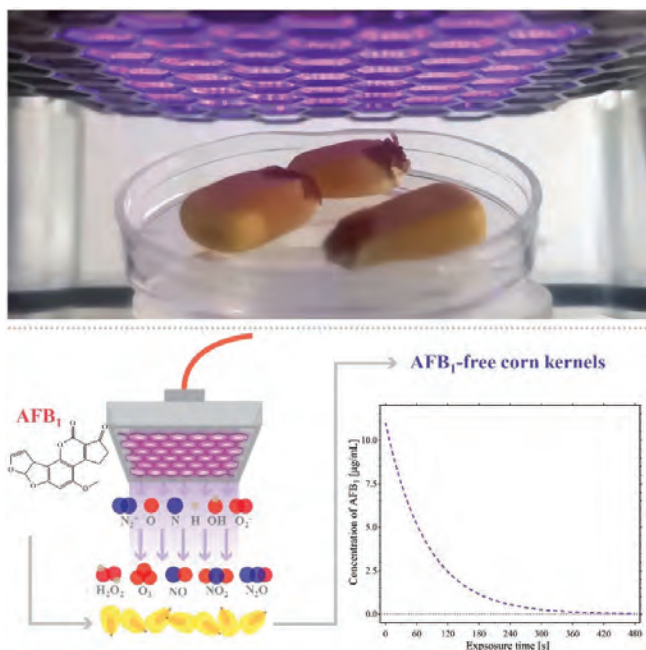
Od določitve mehanizmov plazemske razgradnje mikotoksinov do koraka bližje k uporabi plazme pri atmosferskem tlaku kot novega orodja za dekontaminacijo mikotoksinov.



Slika 1: CAP-razgradnja mikotoksina AFB₁ in opredelitev mehanizmov tega procesa



Slika 2: Dr. Nataša Hojnik, ki se ukvarja z raziskavami gliv in odstranjevanjem mikotoksinov v plazmi.



Slika 3: Dekontaminacija AFB₁ na koruznih zrnih z metodo CAP

(SEM) in mikroskopijo na atomsko silo (AFM) pa nista pokazali značilnih razlik med obdelanimi in neobdelanimi vzorci. Študija tako še dodatno potrjuje uporabnost metode CAP tako v znanstvenem kot tehnološkem smislu.

Raziskave fuzije in razumevanje interakcij vodikovih izotopov s fuzijo povezanih materialov

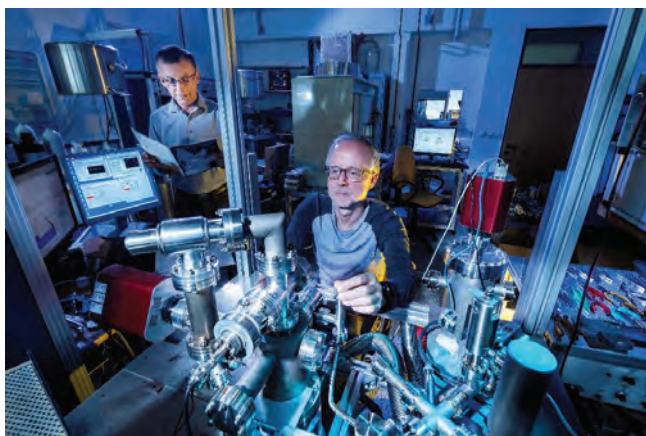
Člani odseka F6 so del EUROfusion konzorcija, ki deluje na področjih raziskav, povezanih s fuzijo v skladu s trenutnim načrtom za realizacijo prve fuzijske naprave za proizvodnjo energije. Poleg konzorcija EUROfusion, ki vključuje 30 raziskovalnih organizacij in univerz iz 26 držav, članic Evropske unije, Švice in Ukrajine, na tem področju raziskuje na tisoče znanstvenikov po vsem svetu. Trenutno je velik interes za te vrste raziskav prikazan s strani ITER-projekta, kjer prehajamo v fazo gradnje reaktorja in z njim povezanih pripadajočih podsoplov raziskav.

Naš trenutni raziskovalni program se osredotoča na interakcije vodikovih izotopov s strukturnimi materiali, uporabljenimi v fuzijski namene. Ko gre za fuzijske jedrske reakcije, je potrebna previdnost pri obravnavi neizrabljenega goriva in reakcijskih produktov. Pri izkoriščanju fuzijske energije je količina radioaktivnih materialov zelo majhna, a vendarle ni 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 okolico.

Zadrževanja tritija lahko dokaj točno napovem iz raziskav in eksperimentov, ki jih lahko izvajamo z lahkim vodikom in deuterijem, saj sta kemijsko podobna tritiju. Večji del raziskav tako poteka s tremi osnovnimi kovinami, ki tvorijo fuzijski reaktor: volframom, berilijem in avstenitnim nizkoogljčnim nerjavečim jeklom ITER-kakovosti. S termično desorpcijsko spektroskopijo so natančneje raziskali zadrževanje tritija v Be plasteh, ki se

deponirajo na stene v fuzijskih reaktorjih [*Fus. Eng. Des.* 150 (2020) 111365]. Povsem neraziskana je interakcija vodika z volframovimi oksidi, kar je relevanten detajl v primeru nenadnega vdora zraka v reaktor ob morebitni nesreči. Vroč volfram divertorja bi burno zreagiralo s kisikom, pri čemer pa ne znamo oceniti, ali je nastali oksid za tritij porozen ali zaporen. Z izvirnim eksperimentom smo pomerili permeacijo vodika skozi tanko plast volframa na Euroferu pred oksidacijo in takoj po njej. Pokazali smo, da je volframov oksid zelo zaporen, kar je zaželena lastnost, ki lahko nekoliko zavre prehod tritija v hladilni sistem. [*Journal of nuclear materials*, 548 (2021) 152860].

Divortor bo v naslednji generaciji reaktorjev verjetno deloval na drugačni osnovi kot v ITER. Med možnimi koncepti je že vrsto let privlačen divertor, v katerem tekoča kovina, ujeta v volframovi porozni nosilni strukturi, sproti odvaja toplotni tok v hladilni sistem, s čimer se površina tudi ob nestabilnosti plazme ne poškoduje. V raziskavi smo proučevali kositer, ki je zaradi tališča okoli 220 °C izjemno zanimiv kandidat za opisani koncept. Pri obstreljevanju kositra z atomarnim deuterijem smo ugotovili, da je večino deuterija dejansko nase vezal kositrov



Slika 4: Raziskovalca dr. Vincenc Nemanič in Marko Žumer, ki vodita eksperimenti s toplotno desorpcijo v ultra visokem vakuumu.

oksid, sam kositer pa je za devterij povsem inerten, čeprav smo lahko opazovali izjemno nizko koncentracijo, ~1 ppb D/Sn. [*Nuclear fusion* 21 (2021), 026009-1-026009-7].

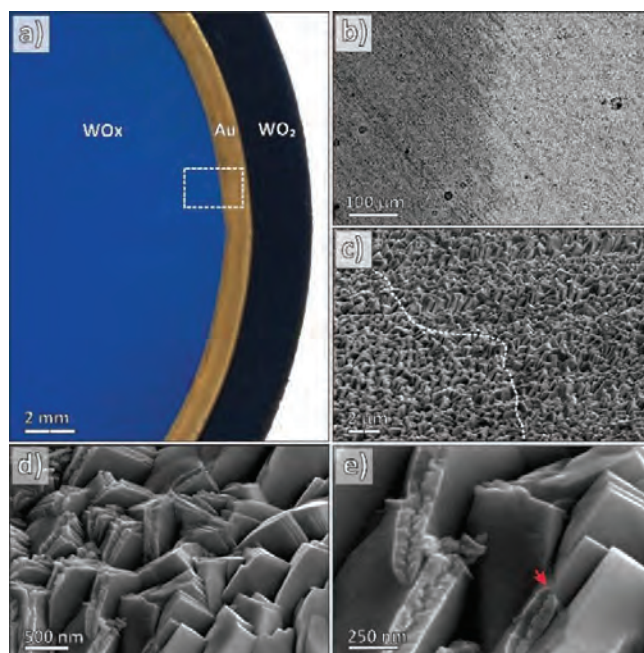
Poleg raziskav urejenih kristalnih struktur in strukturnih napak smo poseben poudarek namenili raziskovanju netipičnih površin in zunanjih stanj, ki so posledica: i) površin z napakami, kjer je porušena translacijska simetrija površine, ii) površin z adsorbiranimi molekulami, iii) stika med materiali (npr. kot polprevodnik oksid ali kot polprevodnik kovina) in iv) kontakta med trdno snovjo in tekočino. Raziskave teh pogojev in pojavov so možne z uporabo najsodobnejše raziskovalne opreme, ki je na voljo raziskovalcem na IJS, pa tudi v sodelovanju z mednarodno raziskovalno skupnostjo.

V preteklem letu smo svoje eksperimentalne ugotovitve povzeli v objavljenih člankih na več raziskovalnih področjih. Na področju kondenzirane snovi (materiali, kovine in polprevodniki) smo z uporabo fotogrametrije, elektronske mikroskopije, elektronske kristalografije in molekularne dinamične simulacije raziskali mehanizem nukleacije in kristalizacije kovinskega stekla, ki ga povzroča visokoenergijsko lasersko obsevanje (Development of BMG-B2 nanocomposite structure in HAZ during laser surface processing of ZrCuNiAlTi bulk metallic glasses [*Applied Surface Science* 505, 2020]). S kombinacijo eksperimentalnih raziskovalnih tehnik (ang.: grazing incidence X-ray diffraction, Ramanska spektroskopija, elektronska mikroskopija in ang.: grazing incidence small-angle X-ray scattering) smo raziskovali *in-situ* nastanek Ge kvantnih pik in njihovih polprevodniških lastnosti [*Vacuum* 179, 2020].

Sinteza, modifikacija in analiza nanodelcev so prav tako pomemben del funkcionalizacije nanomaterialov za namene senzorike. Eden od primerov so sitotiskane elektrode iz mešanice plazmotskih nanodelcev v kombinaciji z ogljikom za detekcijo toksičnih alg [*Biosensors & Bioelectronics* 154, 2020] ali za odkrivanje bakterij [*Sensors* 20, 2020]. Podobne nanostrukturirane elektrode smo razvili tudi za hiter in natančen nadzor kakovosti za odkrivanje hidrokinona (HQ) in drugih fenolnih spojin [*Microchemical Journal* 152, 2020].

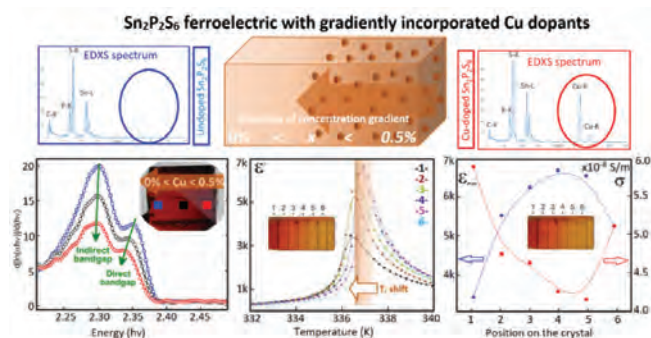
Poleg tega smo dokazali, da je mogoče optične, strukturne in elektronske lastnosti feroelektrikov, ki niso perovskitni, natančno prilagoditi s prilagoditvijo po sintezi. Prvič smo izvedli uspešno vključitev kovinskih dodatkov pri povišani temperaturi po sintezi v gostiteljsko strukturo Sn₂P₂S₆, znanemu kot dedek dihalogenidnih feroelektrikov s formulo M₂P₂X₆ (M = kovina in X = halogen). Na primeru Cu pokažemo, da bi lahko integracijo atomov dopata v glavnino že zraslega kristala preprosto nastavili na 0,5 at %, kar vpliva na strukturne, optične, vibracijske, električne in feroelektrične lastnosti. Termično razpršeni atomi bakra v razsutem stanju Sn₂P₂S₆ so v kovinskem stanju, kar povzroči večosno ekspanzijo enotne celice Sn₂P₂S₆ za 2–3,4 %. Opazili smo zmanjšanje energije med posrednimi in neposrednimi optičnimi prehodi v kombinaciji z majhnim utrjevanjem za zvočne in mehke optične vibracijske načine, ki izvirajo iz delne nadomestitve Sn s Cu v kristalni rešetki Sn₂P₂S₆. Podobno kot hidrostatični tlak strukturno vezan baker sproži majhen premik navzdol kritične temperature T_c. Prisotnost bakra bistveno vpliva na mazanje oblike feroelektričnih domen in na obnašanje dielektrične propustnosti. Realni del dielektrične konstante ε doseže svojo največjo vrednost pri vmesnih koncentracijah Cu 0 % < x < 0,5 %, kar je za 20 % povečanje glede na matično strukturo. Vgrajeni kovinski atomi povzročajo monotono širjenje feroelektričnih P-E zank vzdolž povečane smeri vsebnosti dopata. Povečanje električne prevodnosti pri višji koncentraciji Cu razkriva trend indukcije kovinsko podobnega vedenja.

Raziskave na tem področju so bile tudi lastnosti nadzora in oblikovanja prostih delovnih mest kisika v nanomaterialih, ki lahko omogočijo uravnavanje lastnosti materiala. To je bilo dokazano pri modifikacijah fotoluminescence na primeru nanomaterialov iz volframovega oksida. Substehiometrični volframovi oksidi (WO_x, 2 < x < 3) so kot nanomateriali pomembni polprevodniški nanodelčni materiali s široko uporabo v optoelektronskih napravah; nadzorna sprememba njihovih fizičnih lastnosti pa ostaja zahtevna naloga. Tu poročamo o alternativni



Slika 5: Površine oksidirane volframa med poskusom interakcije z vodikom

Naše atomske raziskave periodičnih in nesorazmernih kristalnih struktur nam ponujajo edinstven vpogled v temeljne mehanizme mehanskih, magnetnih, električnih, optičnih in toplotnih lastnosti kovin, oksidov, elektronske keramike in polprevodnikov.



Slika 6: Feroelektrik Sn₂P₂S₆ z gradientno vzgrajenimi Cu dopanti

zeleni sintezi hibridnih nanostruktur, sestavljenih iz faz WO_x in $ZnWO_4$ v etanolu s solvotermalnim postopkom, pri čemer sta ZnO in WCl_6 kot predhodnika. Rezultati kažejo, da nastanek $ZnWO_4$ vodi do strukturne pretvorbe WO_x iz nanodelcev v nanodelce zaradi učinka $ZnWO_4$ na bočno rast nanostruktur WO_x . Poleg tega površinska morfologija, prilagojena $ZnWO_4$ in transformaciji kristalne faze, povzroča različne emisije fotoluminiscenc (PL) iz čistih nanostruktur WO_x in hibridnih nanostruktur $WO_x/ZnWO_4$ zaradi povečanega števila prostih mest kisika.

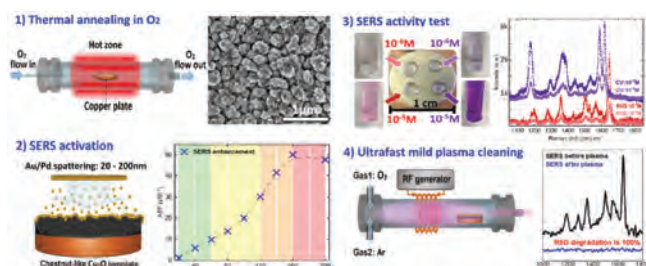
Oblikovanje plazmsonskih površin s plazemsko obdelavo

Nanoplazmoniki imajo v novih analitskih senzorjih pomemben potencial za hitro in zanesljivo prepoznavanje analitov v zelo majhnih količinah. Danes obstaja več uveljavljenih raziskovalnih smeri, pri katerih se plazmsonsko zaznavanje analitov pogosto uporablja, in sicer za spremljanje kakovosti hrane in vode, za zaznavo in prepoznavo virusov, patogenih bakterij in nevarnih toksinov, za terapevtske namene ter za odkrivanje eksplozivnih snovi za vojaško in civilno zaščito. Kombinacija vibracijske spektroskopije in površinske nanotehnologije je močno orodje za hitro in natančno določanje submolekularnih količin analitov. Izboljšanje signala, ki ga dosežemo z uporabo različnih kovinskih nanodelcev in nanostruktur, je mogoče znatno povečati zaradi učinka ojačitve elektromagnetnega polja. Lokalizirani površinski plazmsonski valovi, ki so odgovorni za ta pojav, spodbujajo absorpcijo svetlobe v nanometerskem prostoru in ustvarjajo točke z neverjetno ojačanim elektromagnetnim poljem blizu nanostrukturirane površine. Oblikovanje mreže teh vročih točk pa je močno odvisno od morfologije, velikosti in prostorske razporeditve plazmsonskih nanomaterialov. V optimalnih pogojih vzbujanja se interakcija med optično induciranim elektromagnetnim poljem v območju vroče točke in sondirnim analitom, pritrjenim na nanostrukturirano kovinsko podlago, znatno poveča za velikostni red od 10^6 do 10^{10} . Posledično je zaradi tega omogočeno hitro snemanje vibracijsko značilnih odtisov molekule pri interakciji že ene same molekule. Najnovejši pregled stanja razvoja nanoplazmoničnega zaznavanja z metodo površinsko ojačene Ramanove spektroskopije (SERS) in vpliv površinske morfologije na izboljšanje odziva površine smo objavili v zelo ugledni reviji [*Applied Physical Reviews*, 7 (3), 031307, 2020].

Učinkovitost plazmsonske podlage je na splošno zelo močno odvisna od značilnosti površinske morfologije.

Poleg tega pa so zanesljivost, robustnost in večkratna uporaba plazmsonskih podlag ključnega pomena za nadaljnji razvoj uporabe na področju biosenzorike, ki uporablja površinsko ojačano Ramanovo spektroskopijo (SERS). Takšne podlage namreč ponujajo edinstvene prednosti za ultrahitro in natančno prepoznavanje posameznih vrst molekul. Prav takšne 3D zelo stabilne podlage za plazmsonske biočipe smo izdelali s pomočjo toplotnega žarjenja bakrovih podlag v atmosferi kisika. S tem postopkom smo pripravili heterostrukture bakrovih oksidov CuO in Cu_2O . S prilagajanjem parametrov sinteze nam je uspelo pripraviti različno prilagojene strukture, ki so privedle do bistvenega izboljšanja učinkovitosti metode SERS. Ugotovili smo, da kostonju podoben bakrov oksid Cu_2O , prekrit s tankim nanosom 80 nm Au/Pd zlitine, zagotovi kar 3,7-kratno povečanje Ramanovega signala glede na podobno zrnato strukturo in dvakrat večje ojačanje kot struktura z nanožicami bakrovega oksida. Velik faktor izboljšanja $AEF \sim 5 \times 10^5$ kostonjevega Au/Pd @ Cu_2O čipa s kostonju podobno strukturo je tako eden od najučinkovitejših plazmsonskih substratov na osnovi bakrovega oksida. Odlikuje pa ga tudi izjemna odpornost na večkratno čiščenje podlage s plazmo, saj ima podlaga izjemno 100-odstotno samoobnovo v manj kot 1 minuti obdelave.

Raziskave so bile usmerjene v čiščenje vode, za biološke namene in tudi za pripravo nanostrukturiranih površin. V tem letu smo razvili in optimizirali tehniko sinteze in nanašanja atmosferskega plazemskega curka za nanodelce kovinskega oksida. S ciljem izboljšanja delovanja baterij in superkondenzatorjev smo se osredotočili na nanose vanadijevega pentoksida (V_2O_5). Ta prehodni kovinski oksid je zaradi svojih optoelektronskih lastnosti zelo zaželen na nekaterih industrijskih področjih, zlasti v katalizi, energetiki, medicini in vesoljski industriji, predvideva pa se, da se bo njegova uporaba v prihodnjem desetletju le še povečala. Razvita tehnika omogoča proizvodnjo čistih kristalnih nanodelcev s pretvorbo makropraška iste spojine. Nastali nanodelci kovinskega oksida so unimodalni in se med sintezo odložijo na izbrano podlago. Reformacija prahu na nanodelcih se izvaja tudi pri zelo nizki



Slika 7: Shema protokola za pripravo in testiranje plazmsonskih površin

Na oddelku F6 smo nadaljevali raziskave in razvoj plazem, ki nastanejo pri atmosferskem tlaku.



Slika 8: Doktorski študent Neelakandan M. Santhosh med operacijo avtomatskega plazmsonskega nanosa nanodelcev pri atmosferskem tlaku

temperaturi. Tako so ciljne podlage, kot je na primer plastika, tudi temperaturno občutljive. Metoda je učinkovita, preprosta in ponuja nadzor nad čistostjo in kristaliničnostjo nanodelcev. Zaradi tega je postopek zelo inovativen in primeren za uporabo v industrijskih procesih.

Plazemska priprava grafena in hibridnih nanomaterialov za shranjevanje energije

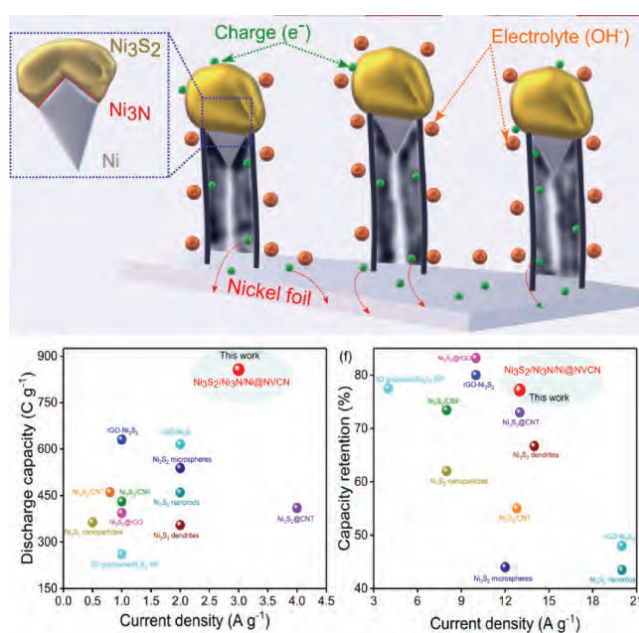
Na področju nanotehnologije nam je uspelo pripraviti različne hibridne nanostrukture Ni_3S_2 @ z ogljikom na kovinskih podlagah pri nizkem tlaku. V raziskanem primeru smo pripravili ogljikografenske nanocevice na podlagi iz niklja, ki so nadalje služile kot elektroda. Med njihovo rasto se je delec niklja, nanodelec iz podlage, pripel na vrh vsake nanocevice. Ker je nikelj dober katalizator, je to omogočilo uporabo elektrod v različnih elektrokemijskih postopkih. Svoje raziskave pa smo omejili na uporabo za elektrode v baterijah in superkondenzatorjih. Dodatna prednost teh sistemov sta tudi dober električni stik in velika gostota nanocevk, ki zagotavlja veliko površino. Da bi izboljšali elektrokemijsko delovanje v Li-ionskih baterijah, smo strukture še dodatno toplotno obdelali v plinu H_2S . S tem je na nanodelcih niklja na vrhu ogljikovih nanocevk nastala tanka plast Ni_3S_2 . Morfologija nanostruktur se je spremenila v strukturo, podobno brokoliju, kar je pomenilo, da se je površina še dodatno povečala, zaradi kemijskih lastnosti nikljevega sulfida pa je elektroda postala veliko bolj stabilna. To je baterijski elektrodi omogočilo visoko reverzibilno zmogljivost, dolgoročno stabilnost ciklanja in visoko reverzibilno zmogljivost pri visoki gostoti električnega toka.

Podoben pristop smo uporabili tudi pri pripravi elektrod za superkondenzatorje. V plazmi smo pripravili ogljikografenske nanocevice z nanodelci niklja. Nato pa smo elektrode modificirali z uporabo dušikove plazme, ki je omogočila prekritje niklja s tanko plastjo monokristalnega nikljevega nitrida (Ni_3N). Ta plast je popolnoma spremenila dinamiko koraka žveplanja, ki je sledil. V tem primeru je bila na vrhu ustvarjena gladka kristalna plast Ni_3S_2 . Na osnovi elektrokemijskih meritev je hibridna elektroda brez uporabe veziva izkazala najboljše elektrokemijske lastnosti med elektrodami na osnovi Ni_3S_2 . Elektrode so dosegle izjemno visoko specifično zmogljivost ($856,3\text{C g}^{-1}$ pri 3A g^{-1}), izjemno hitrost (zadrževanje $77,5\%$ pri 13A g^{-1}) in odlično ciklično stabilnost (83% zadrževanje po 4000 ciklih pri 13A g^{-1}) (slika 7, spodaj). To pomeni, da bi lahko imeli kondenzatorji, izdelani iz te elektrode, visoko zmogljivost za shranjevanje električne energije, polnili in praznili pa bi se pri visoki gostoti električnega toka in preživeli nešteto ciklov polnjenja in praznjenja.

Razvite metode smo zaščitili s patentnimi prijavitimi, znanstveni vidiki pa so objavljeni ali vloženi v objave v vodilnih znanstvenih revijah na tem področju. Baterije in superkondenzatorji za shranjevanje energije so izjemno pomembni za prehod na obnovljive vire energije in zeleno tehnologijo, ki jih izvajamo v okviru evropskega projekta H2020 FET-Open Pegasus.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

- Shvalya, V., Filipič, G., Zavašnik, J., Abulhalim, I., Cvelbar, U., Surface-enhanced Raman spectroscopy for chemical and biological sensing using nanoplasmonics: The relevance of interparticle spacing and surface morphology, *Applied Physics Reviews*, 2020, 7, 3, 031307
- Marath Santhosh, N., Filipič, G., Kovačević, E., Jagodar, A., Berndt, J., Strunskus, T., Kondo, H., Hori, M., Tatarova, E., Cvelbar, U., N-graphene nanowalls via plasma nitrogen incorporation and substitution: the experimental evidence, *Nano-micro letters*, 2020, 12, 1, 53-1-53-17
- Shvalya, V., Filipič, G., Vengust, D., Zavašnik, J., Modic, M., Abdulhalim, I., Cvelbar, U., Reusable Au/Pd-coated chestnut-like copper oxide SERS substrates with ultra-fast self-recovery, *Applied Surface Science*, 2020, 517, 146205
- Bundaleska, N., Zavašnik, J., Cvelbar, U., *et al.*, Prospects for microwave plasma synthesised N-graphene in secondary electron emission mitigation applications, *Scientific reports*, 2020, 10, 13013-1-13013-13
- Nemanič, V., Žumer, M., Porosnicu, C., Butoi, B., Alves, E., Mateus, R., Deuterium inventory determination in beryllium and mixed beryllium-carbon layers doped with oxygen, *Fusion engineering and design*, 2020, 150, 111365-1-111365-7



Slika 9: Shematski prikaz $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{Ni}_3\text{N}/\text{Ni}$ @NVCN kot naprednega elektrodnega materiala za superkondenzatorje (zgoraj); primerjava specifične zmogljivosti elektrod na osnovi Ni_3S_2 z $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{Ni}_3\text{N}/\text{Ni}$ @NVCN (spodaj levo) in primerjava zmogljivosti hitrosti elektrod na osnovi Ni_3S_2 z $\text{Ni}_3\text{S}_2/\text{Ni}_3\text{N}/\text{Ni}$ @NVCN

6. Song, X., Cvelbar, U., Stražar, P., Vossebein, L., Zille, A., Antimicrobial efficiency and surface interactions of quaternary ammonium compound absorbed on Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma treated fiber-based wiping materials, *ACS applied materials & interfaces*, 2020, 12, 1, 298-311
7. Shvalya, V., Zavašnik, J., Nasretdinova, V., Uršič Nemevšek, H., Kovač, J., Grabar, A. A., Kohutych, A. A., Molnar, A., Evans, D. R., Mihailović, D., Cvelbar, U., Sn₂P₂S₆ ferroelectrics customization by post-growth solid-state diffusion doping, *Journal of Materials Chemistry C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, 8, 29, 9975-9985

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Organizacija delavnice z naslovom Gaseous Electronics Symposium - GES3 (Simpozij plinske elektronike), Rogla, 2.-6. 2. 2020

Patent

1. Metod Kolar, Miran Mozetič, Ita Junkar, Alenka Vesel, Martina Modic, Karin Stana-Kleinschek, Method for immobilization of heparin on a polymeric material, EP2997984 (B1), European Patent Office, 3. 6. 2020

MEDNARODNI PROJEKTI

1. COST CA15114; Protimikrobne inovativne prevleke za preventivo infekcijskih bolezni (AMICI)
COST Office
prof. dr. Uroš Cvelbar
2. COST CA18113; Razumevanje in uporaba nizkega pH pri mikroorganizmih
COST Association AISBL
dr. Martina Modic
3. COST CA18116; Aniridia: Networking to Address an Unmet Medical, Scientific and Societal Challenge
COST Association AISBL
prof. dr. Uroš Cvelbar
4. COST CA19110; Uporaba plazme za pametno in vzdržljivo kmetijstvo
COST Association AISBL
dr. Martina Modic
5. H2020 - PEGASUS; Plazemsko podprta sinteza grafena in njegovih nanostruktur
European Commission
prof. dr. Uroš Cvelbar
6. H2020 - EUROfusion; Komponente v stiku s plazmo-1-IPH-FU, EUROfusion
European Commission
dr. Vincenc Nemanič
7. H2020 - EUROfusion; WPPFC-PEX-FU, WPPFC-PEX-FU, EUROfusion
European Commission
dr. Vincenc Nemanič
8. 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
9. Stresni oksidativni odziv mikrobnih biofilmov po izpostavitvi plazemskim reaktivnim vrstam
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
dr. Martina Modic
10. Priprava katalitične aktivnosti nanomaterialov s plazmo
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Uroš Cvelbar

11. Po grafenu - novi materiali na osnovi 2D in 3D grafena
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Uroš Cvelbar
12. Raziskovanje kovinskih in kovinsko-oksidsnih senzorskih zmožnosti
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
dr. Gregor Filipič

PROGRAMA

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

PROJEKTI

1. Plazemsko podprto zdravljenje ran in topikalni vnos molekul
prof. dr. Uroš Cvelbar
2. Novi visoko občutljivi in hitri senzorji za spremljanje kakovosti vode
prof. dr. Uroš Cvelbar
3. Plazemsko podprti prehodi in-situ
prof. dr. Uroš Cvelbar
4. Krojenje kristalne strukture nanomaterialov
prof. dr. Uroš Cvelbar
5. Plazemska dekontaminacija mikotoksinov in inaktivacija plesni v živilski industriji
dr. Martina Modic
6. Selektivna plazemska oksidacija zlitin FeCrAl za podaljšanje obratovalne dobe žarilnih svečk za dizelske motorje
dr. Vincenc Nemanič
7. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Uroš Cvelbar

OBISKI

1. Ivana Sremački, Univerza v Gentu, Belgija, 16. 6.-18. 7. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Gregor Filipič: Plasma & Wall potential, 17. 12. 2020

2. Martin Košček: Exploring oxide-to-sulfide transformations in one dimensional ultrathin copper oxide nanowires, 7. 9. 2020

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Uroš Cvelbar, Instituto De Medicina Molecular (IMM), Lizbona, Portugalska, 26.-29. 2. 2020 (sestanek delovne skupine)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. **prof. dr. Uroš Cvelbar, vodja odseka**
2. dr. Martina Modic
3. dr. Vincenc Nemanič
4. Vasył Shvalya, PhD.
5. doc. dr. Janez Zavašnik

Podoktorski sodelavci

6. dr. Gregor Filipič
7. dr. Nataša Hojnik

Mlajši raziskovalci

8. Martin Košiček, mag. kem.
9. *Petra Stražar, mag. inž. kem. inž., odšla 1. 11. 2020*
10. Marko Žumer, univ. dipl. fiz.

Strokovni sodelavci

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

Tehniški in administrativni sodelavci

13. *Ula Groznik, dipl. upr. ved (UN), 1. 4. 2020 razporeditev v odsek F7*
14. Urška Kisovec, mag. manag.

8. Institut za javno zdravje Črna gora, Podgorica, Črna gora
9. Institute Jean Lamour Nancy, Francija
10. KAIST, Daejeon, Južna Koreja
11. Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
12. Knauf Insulation, d. o. o., Škofja Loka, Slovenija
13. KhAI - Kharkiv Aviation Institute, National Aerospace University, Kharkov, Ukrajina
14. Kolektor Group, d. o. o., Idrija, Slovenija
15. Kolektor Sikom, d. o. o., Idrija, Slovenija
16. Mahatma Ghandi Univerza, Kerala, Indija
17. Max-Planck-Institute, Düsseldorf, Nemčija
18. NASA Ames Research Center, Mountain View, Kalifornija, ZDA
19. National Center For Scientific Research (NCRS) Demokritos, Atene, Grčija
20. National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Bukarešta, Romunija
21. Nanyang Univerza v Singapuru, Singapur
22. NATO, Bruselj, Belgija
23. Onkološki inštitut Ljubljana, Slovenija
24. Queensland Univerza za tehnologijo, Brisbane, Avstralija
25. Tehnična univerza na Dunaju, Dunaj, Avstrija
26. Univerza George Washington, Washington DC, ZDA
27. Univerza Tomaš Bata, Zlin, Češka
28. Univerza uporabnih znanosti Zuyd, Heerlen, Nizozemska
29. Univerza v Gentu, Gent, Belgija
30. Univerza v Liverpoolu, Liverpool, Velika Britanija
31. Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
32. Univerza v Louisvillu, Louisville, ZDA
33. Univerza v Nagoji, Nagoja, Japonska
34. Tehniška Univerza v Lizboni, Lizbona, Portugalska
35. Univerza v Sanghaju Jiao Tong, Sanghaj, Kitajska
36. Univerza v Ulstru, Belfast, Združeno kraljestvo
37. Univerza Texas A&M, Collage station, Teksas, ZDA
38. UPC Barcelona, Španija
39. Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana, Slovenija

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. AIST, Tsukuba, Japonska
2. Ben Gurion Univerza v Negevu, Izrael
3. Beti Metlika, d. d., Metlika, Slovenija
4. Inea, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
5. INP Greifswald, Greifswald, Nemčija
6. Institut za fiziko, Beograd, Srbija
7. Institut za fiziko, Zagreb, Hrvaška

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. A. I. Ribeiro, Martina Modic, Uroš Cvelbar, Gheorghe Dinescu, Bogdana Mitu, Anton Nikiforov, Christophe Leys, Iryna Kuchakova, A. Souto, Andrea Zille, "Atmospheric-pressure plasma spray deposition of silver/HMDSO nanocomposite on polyamide 6,6 with controllable antibacterial activity", *AATCC journal of research*, 2020, **7**, 3, 1-6. [COBISS.SI-ID 49501955]
2. Xinyu Song, Uroš Cvelbar, Petra Stražar, Lutz Vossebein, Andrea Zille, "Antimicrobial efficiency and surface interactions of quaternary ammonium compound adsorbed on Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma treated fiber-based wiping materials", *ACS applied materials & interfaces*, 2020, **12**, 1, 298-311. [COBISS.SI-ID 33252647]
3. R. Taherzadeh Mousavian, Janez Zavašnik, A. Heidarzadeh, M. Bahramyan, R. K. Vijayaraghavan, E. McCarthy, O. M. Clarkin, P. McNally, D. Brabazon, "Development of BMG-B2 nanocomposite structure in HAZ during laser surface processing of ZrCuNiAlTi bulk metallic glasses", *Applied Surface Science*, 2020, **505**, 144535. [COBISS.SI-ID 32840231]
4. Urška Trstenjak, Damjan Vengust, Zoran Samardžija, Aleksander Matavž, Vid Bobnar, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Stabilization of the perovskite phase in PMN-PT epitaxial thin films via increased interface roughness", *Applied Surface Science*, 2020, **513**, 145787. [COBISS.SI-ID 33262887]
5. Vasył Shvalya, Gregor Filipič, Damjan Vengust, Janez Zavašnik, Martina Modic, Ibrahim Abdulhalin, Uroš Cvelbar, "Reusable Au/Pd-coated chestnut-like copper oxide SERS substrates with ultra-fast self-recovery", *Applied Surface Science*, 2020, **517**, 146205. [COBISS.SI-ID 33289511]
6. Sandra Oloketuyi, Elisa Mazzega, Janez Zavašnik, Kingkan Pungjunum, Kurt Kalcher, Ario De Marco, Eda Mehmeti, "Electrochemical immunosensor functionalized with nanobodies for the detection of the toxic microalgae *Alexandrium minutum* using glassy carbon electrode modified with gold nanoparticles", *Biosensors & bioelectronics*, 2020, **154**, 112052. [COBISS.SI-ID 33144103]
7. Zoran M. Jovanović, Željko Mravik, Danica Bajuk-Bogdanović, Sonja Jovanović, Smilja Marković, Milica Vujković, Janez Kovač, Damjan Vengust, Snežana Uskoković-Marković, Ivanka Holclajtner-Antunović, "Self-limiting interactions in 2D-0D systems: a case study of graphene oxide and 12-tungstophosphoric acid nanocomposite", *Carbon*, 2020, **156**, 166-178. [COBISS.SI-ID 48601347]
8. Soukaine Merselmiz *et al.* (14 avtorjev), "High energy storage efficiency and large electrocaloric effect in lead-free BaTi_{0.89}Sn_{0.11}O₃ ceramic", *Ceramics international*, 2020, **46**, 15, 23867-23876. [COBISS.SI-ID 20600579]
9. Aleš Šoster, Janez Zavašnik, Paul O'Sullivan, Uroš Herlec, Barbara Potočnik Krajnc, Ladislav A. Palinkaš, Nina Zupančič, Matej Dolenc, "Geochemistry of Bashibos-Bajrambos metasedimentary unit, Serbo-Macedonian massif, North Macedonia: implications for age, provenance and tectonic setting", *Chemie der Erde*, 2020, **80**, 4, 125664. [COBISS.SI-ID 18539779]
10. Papa K. Amoah, Martin Košiček, Jesus Perez, Christopher E. Sunday, Stéphane Moreau, Uroš Cvelbar, "Broadband microwave signal dissipation in nanostructured copper oxide at air-film interface", *Electroanalysis*, 2020, **32**, 12, 2795-2802. [COBISS.SI-ID 29069571]
11. Špela Trafela, Janez Zavašnik, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, "Controllable voltammetric formation of a structurally disordered NiOOH/Ni(OH)₂ redox pair on Ni-nanowire electrodes for enhanced electrocatalytic formaldehyde oxidation", *Electrochimica Acta*, 2020, **362**, 137180. [COBISS.SI-ID 31863811]
12. Vincenc Nemanič, Marko Žumer, Corneliu Porosnicu, B. Butoi, E. Alves, R. Mateus, "Deuterium inventory determination in beryllium and mixed beryllium-carbon layers doped with oxygen", *Fusion engineering and design*, 2020, **150**, 111365. [COBISS.SI-ID 32830247]
13. Zouhair Hanani *et al.* (14 avtorjev), "Enhanced dielectric and electrocaloric properties in lead-free rod-like BCZT ceramics", *Journal of advanced ceramics*, 2020, **9**, 2, 201-219. [COBISS.SI-ID 33283879]

14. Vasyl Shvalya, Janez Zavašnik, Venera Nasretidinova, Hana Uršič Nemevšek, Janez Kovač, Alexander A. Grabar, Anton A. Kohutych, Alex Molnar, Dean R. Evans, Dragan Mihailović, Uroš Cvelbar, "Sn₂P₂S₆ ferroelectrics customization by post-growth solid-state diffusion doping", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, **8**, 29, 9975-9985. [COBISS.SI-ID 21037571]
15. B. B. Wang, X. X. Zhong, R. W. Shao, Y. A. Chen, Uroš Cvelbar, Kostya Ostrikov, "From nanoparticles to nanofilms: exploring effects of Zn addition for nanostructure modification and photoluminescence intensification of MoO_{3-x} nanomaterials", *Journal of physics. D, Applied physics*, 2020, **53**, 9, 095101. [COBISS.SI-ID 33252903]
16. B. B. Wang, X. X. Zhong, R. W. Shao, Y. A. Chen, Uroš Cvelbar, Kostya Ostrikov, "Effects of tungsten doping on structure and photoluminescence of MoO_{3-x} nanomaterials", *Journal of physics. D, Applied physics*, 2020, **53**, 41, 415109. [COBISS.SI-ID 24440835]
17. B. B. Wang, X. X. Zhong, C. L. He, B. Zhang, R. W. Shao, Vasyl Shvalya, Uroš Cvelbar, Kostya Ostrikov, "Controlling oxygen vacancies of WO_x suboxides by ZnWO₄ nanophase hybridization", *Materials science & engineering. B, Solid-state materials for advanced technology*, 2020, **262**, 114706. [COBISS.SI-ID 26935043]
18. Iryna Kuchakova *et al.* (12 avtorjev), "Atmospheric pressure plasma deposition of organosilicon thin films by direct current and radio-frequency plasma jets", *Materials*, 2020, **13**, 6, 1296. [COBISS.SI-ID 33269799]
19. Damjan Blažeka, Julio Car, Nikola Klobučar, Andrea Jurov, Janez Zavašnik, Andrea Jagodar, Eva Kovačević, Nikša Krstulović, "Photodegradation of methylene blue and rhodamine b using laser-synthesized ZnO nanoparticles", *Materials*, 2020, **13**, 19, 4357. [COBISS.SI-ID 30764547]
20. Neelakandan Marath Santosh, Aswathy Vasudevan, Andrea Jurov, Anja Korent, Petr Slobodian, Janez Zavašnik, Uroš Cvelbar, "Improving sensing properties of entangled carbon nanotube-based gas sensors by atmospheric plasma surface treatment", *Microelectronic engineering*, 2020, **232**, 111403. [COBISS.SI-ID 24268547]
21. Neelakandar Marath Santhosh, Gregor Filipič, Eva Kovačević, Andrea Jagodar, Johannes Berndt, Thomas Strunskus, Hiroki Kondo, Masaru Hori, Elena Tatarova, Uroš Cvelbar, "N-graphene nanowalls via plasma nitrogen incorporation and substitution: the experimental evidence", *Nano-micro letters*, 2020, **12**, 1, 53. [COBISS.SI-ID 33211943]
22. Ana Isabel Ribeiro *et al.* (12 avtorjev), "Effect of dispersion solvent on the deposition of PVP-silver nanoparticles onto DBD plasma-treated polyamide 6,6 fabric and its antimicrobial efficiency", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 4, 607. [COBISS.SI-ID 33282599]
23. Neelakandar Marath Santhosh, Aswathy Vasudevan, Andrea Jurov, Gregor Filipič, Janez Zavašnik, Uroš Cvelbar, "Oriented carbon nanostructures from plasma reformed resorcinol-formaldehyde polymer gels for gas sensor applications", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 9, 1704. [COBISS.SI-ID 26601219]
24. Shahzad Hussain *et al.* (12 avtorjev), "Low-temperature low-power PECVD synthesis of vertically aligned graphene", *Nanotechnology*, 2020, **31**, 395604. [COBISS.SI-ID 49479427]
25. Sabina Markelj, Thomas Schwarz-Selinger, Matic Pečovnik, W. Chromiński, Andreja Šestan, Janez Zavašnik, "Deuterium transport and retention in the bulk of tungsten containing helium: the effect of helium concentration and microstructure", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 10, 106029. [COBISS.SI-ID 29341187]
26. EUROfusion WP PFC Contributors, Antti Hakola *et al.*, "Effect of composition and surface characteristics on fuel retention in beryllium-containing co-deposited layers", *Physica scripta*, 2020, **2020**, t171, 014038. [COBISS.SI-ID 31840515]
27. Mimoza Naseska, Petra Šutar, Damjan Vengust, S. Tsuchiya, Miran Čeh, Dragan Mihailović, Tomaž Mertelj, "Orbitally driven insulator-metal transition in CuI₂S₄: temperature-dependent transient reflectivity study", *Physical review. B*, 2020, **101**, 16, 165134. [COBISS.SI-ID 27075075]
28. Ivana Sremački, Andrea Jurov, Martina Modic, Uroš Cvelbar, Lei Wang, Christophe Leys, Anton Nikiforov, "On diagnostics of annular-shape radio-frequency plasma jet operating in argon in atmospheric conditions", *Plasma sources science & technology*, 2020, **29**, 3, 035027. [COBISS.SI-ID 27314947]
29. Damjan Vengust, Mojca Vilfan, Aleš Mrzel, "Growth of carbon nanofibres on molybdenum carbide nanowires and their self-decoration with noble-metal nanoparticles", *Royal Society open science*, 2020, **7**, 9, 200783. [COBISS.SI-ID 30830851]
30. N. Bundaleska *et al.* (17 avtorjev), "Prospects for microwave plasma synthesized N-graphene in secondary electron emission mitigation applications", *Scientific reports*, 2020, **10**, 13013. [COBISS.SI-ID 24673539]
31. Petr Slobodian, Pavel Říha, Hiroki Kondo, Uroš Cvelbar, Robert Olejnik, Jiri Matyas, Makoto Sekine, "Transparent elongation and compressive strain sensors based on aligned carbon nanowalls embedded in polyurethane", *Sensors and actuators. A, Physical*, 2020, **306**, 111946. [COBISS.SI-ID 33274663]
32. Akhil Chandran Mukkattu Kuniyil, Janez Zavašnik, Željka Cvejić, Sohail Sarang, Mitar Simić, Vladimir V. Srdić, Goran M. Stojanović, "Performances and biosensing mechanisms of interdigitated capacitive sensors based on the hetero-mixture of SnO₂ and In₂O₃", *Sensors*, 2020, **20**, 21, 6323. [COBISS.SI-ID 36005379]
33. Hanuma Reddy Tiyyagura, Harinarayanan Puliyalil, Gregor Filipič, K. Chaitanya Kumar, Yasir Beeran Potta Thara, Rebeka Rudolf, Regina Fuchs-Godec, Mantravadi Krishna Mohan, Uroš Cvelbar, "Corrosion studies of plasma modified magnesium alloy in simulated body fluid (SBF) solutions", *Surface & coatings technology*, 2020, **385**, 125434. [COBISS.SI-ID 22992662]
34. Branko Pivac, Pavo Dubček, Jasna Dasović, H. Zorc, Sigrid Bernstorff, Janez Zavašnik, M. H. Wu, B. Vlahović, "Formation of isolated Ge nanoparticles in thin continuous Ge/SiO₂ multilayers", *Vacuum*, 2020, **179**, 109508. [COBISS.SI-ID 17626371]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Vasyl Shvalya, Gregor Filipič, Janez Zavašnik, Ibrahim Abdulhalim, Uroš Cvelbar, "Surface-enhanced Raman spectroscopy for chemical and biological sensing using nanoplasmonics: the relevance of interparticle spacing and surface morphology", *Applied physics reviews*, 2020, **7**, 3, 031307. [COBISS.SI-ID 28969731]

KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

1. Colum P. Dunne *et al.* (16 avtorjev), on behalf of the AMiCI Consortium "Antimicrobial coating innovations to prevent infectious disease: a consensus view from the AMiCI COST Action", *The Journal of hospital infection*, 2020, **105**, 2, 116-118. [COBISS.SI-ID 29260547]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Tina Radošević, Anja Černoša, Manca KovačViršek, Martina Kocijan, Damjan Vengust, Cene Gostinčar, Aleš Mihelič, Nina Gunde-Cimerman, Sašo Šturm, Matejka Podlogar, "Razgradnja tekstilnih mikroplastičnih vlaken s fotokatalizo in glivami", V: *Vodni dnevi 2020, 17.-18. september 2020, Rimske Toplice, Kongresni center Rimske terme*, zbornik referatov, Slovensko društvo za zaščito voda, 2020, 203-213. [COBISS.SI-ID 50533123]

PATENT

1. Metod Kolar, Miran Mozetič, Ita Junkar, Alenka Vesel, Martina Modic, Karin Stana-Kleinschek, *Method for immobilization of heparin on a polymeric material*, EP2997984 (B1), European Patent Office, 3. 06. 2020. [COBISS.SI-ID 28066343]

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 Inštituta "Jožef Stefan".



Vodja:
prof. dr. Dragan D. Mihailović

Eksperimentalne metode, ki jih uporabljamo, so temu ustrezno zelo različne, od femtosekundne laserske spektroskopije v območju od THz do XUV ter ultrahitrih električnih meritev v kombinaciji z različnimi optičnimi tehnikami, ki vključujejo tudi sintetično kemijo in rast tankih plasti z metodami, kot so MBE, ALD in EBE, do laserske študije biomedicinskih vzorcev, femtosekundnega tunelskega mikroskopa in magnetometrije.

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

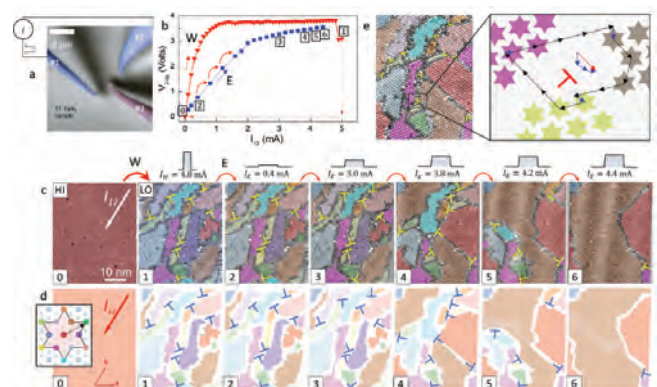
Raziskovalni dosežki sodelavcev odseka za kompleksne snovi so zato precej raznoliki in vključujejo pomembna znanstvena odkritja na različnih področjih.

Spominske naprave na podlagi konfiguracije naboja

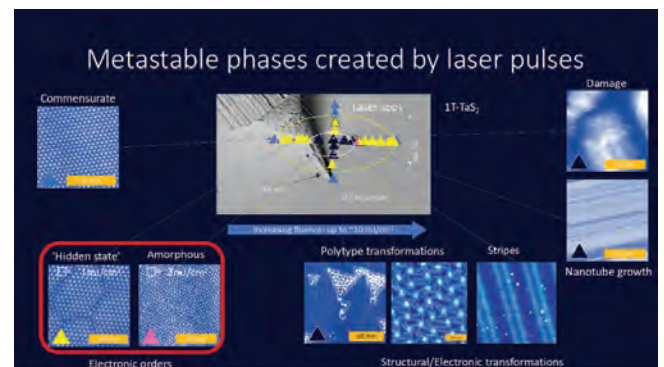
Superprevodniška elektronika in kvantne tehnologije bi lahko bile naslednji velik napredek v računalniški tehnologiji, vendar so trenutno raziskave na teh področjih otežene zaradi primanjkljaja primerne spominske naprave, ki bi bila energijsko učinkovita, ultrahitra, trajna in ki bi lahko delovala pri kriogenih temperaturah. Predstavljamo nov tip spominske naprave, ki bi zadostila tem potrebam in ki temelji na spremembi upornosti pri preklapljanju med različnimi stanji elektronske konfiguracije v dihalogenidu prenosne kovine $1T-TaS_2$. Take spominske naprave na podlagi konfiguracije naboja (charge configuration memory-CCM) delujejo vse do temperature 250 mK, lahko se jih pomanjša do dimenzij nekaj deset nanometrov in preživijo tudi več kot 10 milijonov preklopnih operacij. CCM-napravo se lahko proži s pikosekundnimi pulzi, kar pomeni, da jih je možno sklopiti in uporabljati z že obstoječimi superprevodniškimi vezji SFQ. Z uporabo večsondnega tunelskega mikroskopa (STM) smo raziskali mikroskopsko obnašanje CCM-naprave med delovanjem. Analiza slik razvoja polaronske konfiguracije (slika 1) pri povečevanju vzbujevalnega toka kaže na nastanek netrivialnih topoloških defektov, ki se izražajo kot dislokacije in so odgovorni za trajnost oz. nevolatilnost CCM-naprave. Rokopis je bil poslan v objavo v *Nature Electronics*.

Ultrahitra elektronska dinamika v kompleksnih sistemih

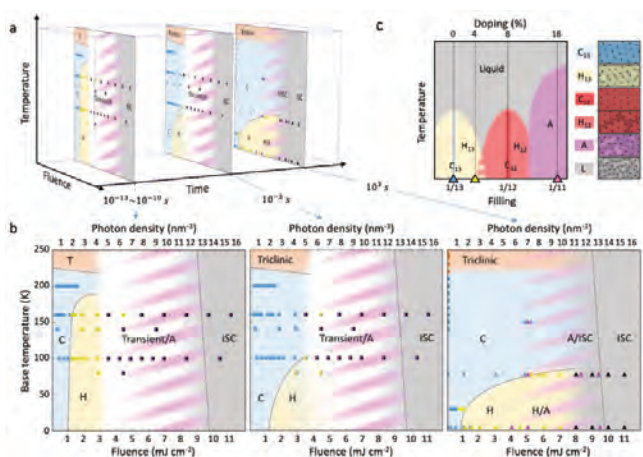
Metastabilna samoorganizirana elektronska stanja v kvantnih materialih so temeljnega pomena, saj lahko kažejo nove izvirajoče dinamične lastnosti, ki so uporabne za nove generacije senzorjev in spominskih elementov. Takšna stanja tipično nastanejo skozi fazne prehode pod neravnovesnimi pogoji (slika 2). Z uporabo časov ločljive spektroskopije in s femtosekundnimi optičnimi sunki kombinirano vrstično



Slika 1: Slika prikazuje eksperiment, izveden v STM. a) SEM-slika STM-konic in $1T-TaS_2$ vzorca v ozadju; b) napetostna-tokovna karakteristika za procesa pisanja (W) in brisanja (E); c, d) razvoj elektronske konfiguracije med delovanjem CCM-naprave; e) konstrukcija Burgerjevega vektorja.

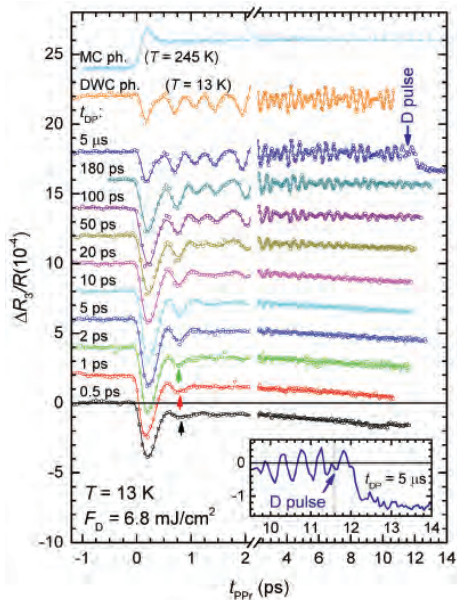


Slika 2: Metastabilne faze, ustvarjene s pomočjo femtosekundnih laserskih sunkov v dihalogenidu prehodne kovine. Material je vzbujeno znotraj STM mikroskopa (Omicron LP 4-probe). Vzbujeno področje je prikazano na sliki v sredini. Različne topološke faze so vzbujene z različnimi laserskimi intenzitetami.



Slika 3: Fazni diagram s časovno osjo. a) Shema časovnega poteka; b) podrobni fazni diagrami na različnih časovnih skalah. Trikotniki so rezultati STM-meritev, kvadrati pa časovno ločljive meritve reflektivnosti; c) fazni diagram iz simulacij. Podrobnosti so opisane v članku Ravnik et al., *Nat. Comm.* (2021).

Za fazne diagrame ponavadi pojmujeemo, da opisujejo ravnovesne faze. Prvič, v članku, objavljenem v *Nature Communications*, smo objavili neravnovesni fazni diagram, kjer je prikazan časovni potek evolucije različnih faz na zelo različnih časovnih skalah od femtosekund do minut.



Slika 4: Večsunkovna tranzientna reflektivnost kot funkcija zakasnitve med gonilnim in vzbujevalnim sunkom, t_{DP} . Pušica na krivulji, ki ustreza $t_{DP} = 5 \mu s$, kaže trenutek prihoda sledečega gonilnega sunka. Zgornji dve krivulji prikazujeta za primerjavo tranzientna odziva ravnovesnih faz.

tunelsko mikroskopijo smo kartirali časovni fazni diagram s temperaturo in fotonso gostoto kot kontrolnima parametroma na časovnih skalah v območju $10^{-13} \sim 10^3$ s.

Vpeljava časovne osi v fazni diagram nam omogoča sledenje časovnega razvoja procesov, ki nastanejo skozi različne mehanizme faznih prehodov in vodijo do metastabilnih izvirajočih stanj na različnih časovnih skalah. S tem se odpira pot za razumevanje kompleksnih urejevalnih procesov v metastabilnih materialih. Poročilo o delu bo izšlo v *Nature Communications* leta 2021.

V $CuIr_2S_4$ smo raziskovali vedenje tranzientne reflektivnosti prek nenavadnega tridimenzionalnega Peierlsovega faznega prehoda izolator-kovina. Pri nizkih temperaturah v tranzientnem odzivu izolatorskega prevladujejo koherentne mrežne oscilacije, ki se pojavijo zaradi zloma simetrije mreže v izolatorskem stanju in nenadoma izginejo, ko pride do prehoda v kovinsko stanje. Spektri koherentnih oscilacij so konsistentni z Ramanovimi spektri, objavljenimi v literaturi. Razpravljali smo tudi o izvoru oscilacij, ki so posledica zloma simetrije, ter relaksacijskih poteh, fotovzbujenih prek stanj defektov v reži. Rezultati so bili objavljeni v *Phys. Rev. B* 101, 165134 (2020).

Nizkotemperaturno stanje z zlomljeno simetrijo v $CuIr_2S_4$ je zanimivo tudi zaradi obstoja metastabilnega, z obsevanjem induciranege, neurejenega šibko prevodnega stanja. V tem okviru smo nadaljevali študij vpliva obsevanja z intenzivnimi femtosekundnimi optičnimi sunki z metodo večsunkovne optične časovno ločljive spektroskopije. Pokazali smo, da se strukturna koherenca nizkotemperaturnega stanja nad neko kritično vzbujevalno fluenco močno zmanjša na časovni skali, krajši od pikosekunde. Rezultat je strukturno nehomogeno prehodno stanje, ki vztraja desetine pikosekund, preden se sistem vrne v nizkotemperaturno neurejeno šibko prevodno stanje. Elektronska ureditev pa kaže prehodno

zapolnitev vrzeli pri znatno nižji vzbujevalni fluenci, kot je kritična. 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 podpikosekundni skali (dokaj neodvisno) zaradi fotoinduciranega Mottovega prehoda. Rokopis je bil poslan v objavo v *New Journal of Physics*.

V sodelovanju z odsekom F6 smo s spektroskopijo koherentnih optičnih fononov raziskovali vključevanje dopanta Cu v strukturo feroelektrika $Sn_2P_2S_6$. Vključevanje dopanta v kristale $Sn_2P_2S_6$ do koncentracije 0,5 % je zlahka dosegljivo, vpliva pa na strukturne, optične, vibracijske, električne in feroelektrične lastnosti. Termalno difundirani atomi bakra inducirajo multiosno ekspanzijo osnovne celice za 2–3,4 %. Opazili smo zmanjšanje energije med indirektnimi in direktnimi optičnimi prehodi v kombinaciji z majhnim povečanjem frekvenc akustičnih in mehkih optičnih načinov, ki so posledica delne substitucije Sn s Cu v kristalni mreži $Sn_2P_2S_6$. Rezultati so bili objavljeni kot del širše študije v *Mater. Chem. C* 8, 9975 (2020).

Teoretične raziskave na nanoskali

Z uporabo pristopa GGA+U smo raziskovali strukturne, elektronske in magnetne lastnosti heterostruktur $LaMnO_3/BaTiO_3$. Posebna pozornost je bila namenjena analizi heterostrukture, kjer je feroelektrična polarizacija v plasti $BaTiO_3$ orientirana pravokotno glede na $LaMnO_3$ substrat. Atomska in spinska gostota stanj sta bili izračunani v heterostrukturi $LaMnO_3/BaTiO_3$ pri različnih vsebnostih $BaTiO_3$. Ugotovili smo, da heterostruktura $LaMnO_3/BaTiO_3$ postane prevodna z znatno spinsko polarizacijo, kar nakazuje na feromagnetno urejenost meje med plastmi. Predlagan koncept feroelektričnega upravljanja feromagnetizma na meji med plastmi odpira možnosti za nove elektronske naprave. (*Mater. Res. Express*, 7, 055020 (2020)).

Predstavili smo kratek pregled nad teoretičnimi modeli za opis relaksacijskih procesov v kovinah, ki jih vzbudimo s kratkimi laserskimi sunki. Glavni poudarek je na opisu različnih procesov, ki se dogajajo po absorpciji laserskega sunka. Razglabljali smo o široko uporabljenem dvotemperaturnem modelu in imenovali potrebne



pogoje za upravičeno uporabo modela. Omenjeni so različni pristopi k reševanju Boltzmannovih kinetičnih enačb. Ugotovljeno je, da v primeru limite nizke vzburjenosti relaksacijo določijo fotovzbujeni elektroni z oddajanjem fotonov. Prav tako razglabljamo o možnosti določevanja elektronsko fononske konstante iz eksperimentov. (*Low Temp. Phys.* 46, 414 (2020)).

Obravnavali smo problem makroskopskega kvantnega tuneliranja (MKT) kot posledico mikroskopskih procesov v kvantnem sistemu. Raziskovali smo kvantno elektronsko rekonfiguracijsko dinamiko v dveh ujemajočih se udejanitvah: domenski relaksaciji v prototipičnem dvodimenzionalnem elektronsko urejenem kvantnem materialu in ustrezni simulaciji na kvantnem računalniku. Razumevanje kvantne večtelesne rekonfiguracije prek MKT razširi razumevanje raznolikih kvantnih kondenziranih snovi.

Raziskali smo kvantne interferenčne pojave koreliranih elektronov, ki so ujeti v enoplastnih kvantnih nanostrukturah, ustvarjenih s pomočjo femtosekundnega lasersko inducirane ohlajanja prek strukturnega politipnega prehoda prvega reda v plastovitem prehodno kovinskem dihalogenidnem materialu. Primerjava eksperimentov s teoretičnimi napovedmi obnašanja močno koreliranih elektronov razkrije dejstvo, da geometrija prostora, v katerega so elektroni ujeti, destabilizira Wigner/Mottovo osnovno stanje v obliki kristala, tako da nastane zmes itinerantnih in korelacijsko lokaliziranih stanj, prepletenih na skali 1 nm.

Z uporabo časovno ločljivih optičnih tehnik in femtosekundne pulzno vzbuditvene vrstične tunnelske mikroskopije (VTM) smo določili evolucijo metastabilnih stanj v kvazi dvodimenzionalnem dihalogenidu 1T-TaS₂ v odvisnosti od gostote fotonov in temperature na časovnih skalah v intervalu med 10⁻¹² in 10³ s.

Zrcaljene domene so eksperimentalno zelo redko najdene v istem kristalu in posledično zelo malo raziskane. Pred kratkim je bilo pokazano, da je možno z uporabo ultrahitrih laserskih sunkov na tankem vzorcu 1T-TaS₂ preklapljati med dvema zrcaljenima orientacijama nadrešetke. Ni jasno, ali je to eno- ali večplastni učinek kot tudi način urejanja in interakcije domen na mikroskopski ravni. Uporabili smo mikroskopski model, ki smo ga razvili za 1T-TaS₂ z namenom odkritja izvora različnih domenskih struktur, ki smo jih našli.

Poleg omenjenega dela smo objavili več člankov v okviru kolaboracij z drugimi laboratoriji, ki so razvidni iz bibliografije.

Nanomateriali

Optimizirali smo metodo za rast novega hibridnega materiala, sestavljenega iz ogljikovih nanovlaken (CNF), zrasih na molibdnih karbidnih nanožicah, in sicer z neposredno pretvorbo svežnjev nanožic Mo₆S₂I₈ s segrevanjem v mešanici etana, vodika in argona pri 700 °C. Hitro sproščanje atomov joda in žvepla, kontrolirano s hitrostjo segrevanja peči, najprej povzroči nastanek manjših molibdenovih delcev s premerom okoli 10 nm, ki se deloma odlepijo od površine nanožice. Ogljik iz etana se raztopi in nato difundira skozi ta zrna molibdena, dokler se na drugi strani zrna ne odloži v obliki grafita. Odlaganje ogljika in rast nanovlaken se nadaljujeta, dokler se ti molibdenovi nanodelci, ki služijo kot katalizator, ne pretvorijo v nekatalitični Mo₂C. Tipična nanovlakna, dobljena s to metodo, so dolga nekaj sto nanometrov in imajo premer 10–20 nm.

Pokazali smo, da rast nanovlaken ni odvisna od začetne morfologije nanožic: nanovlakna tako rastejo na posameznih svežnjih molibdno karbidnih nanožic, na gostih mrežah nanožic, naloženih na silicijev substrat, in na samostojnih folijah, sestavljenih iz nanožic. Ugotovili smo, da ogljikova nanovlakna ostajajo trdno pritrjena na nanožice tudi pri sulfurizaciji na 800 °C, kjer se Mo₂C nanožice pretvorijo v MoS₂. Metoda torej omogoča tudi izdelavo novega hibridnega materiala, sestavljenega iz nanožic MoS₂, gosto prekritih z ogljikovimi nanovlakni. Uporabljeni pristop ni omejen zgolj na rast ogljikovih nanovlaken in izdelavo hibridnih materialov na osnovi molibdenovega karbida, temveč omogoča tudi izdelavo drugih hibridnih materialov na osnovi molibdena. Poleg tega smo pokazali, da je mogoče pridobljene CNF preprosto okrasiti z nanodelci platine s premerom nekaj nanometrov neposredno iz vodne disperzije brez uporabe reducentov. S tem postopkom sinteze in dekoracije dobimo nove hibridne NW materiale na osnovi platine/CNF/molibdena, ki so obetaven material za široko paleto možnih prihodnjih aplikacij, vključno s senzoriko in katalizo. Delo je bilo objavljeno v reviji *R Soc Open Sci.*

Mehka snov

Nadaljevali smo z raziskavami nastavljenih optičnih uklonskih struktur na osnovi tekočih kristalov, ki so uvedeni v lasersko zapisano polimerno ogrodje (naš patent WO2015139353 (A1)). Teoretično smo analizirali delovanje magnetno nastavljenih optičnih mrežic, izdelanih na osnovi feromagnetnega tekočega kristala v tovrstnem ogrodju, kar je bilo objavljeno v *Polymers*, 12, 2355 (2020).



Slika 5: TEM-slika ogljikovih nanovlaken, zrasih na molibdno karbidnih nanožicah. (a) Nanožica, pokrita z vlakni; (b) posamezno ogljikovo nanovlakno z nanodelcem Mo₂C. SEM-slika hibridnega materiala.

V sodelovanju z Univerzo Nankai na Kitajskem smo raziskali postopek naključnega laserskega sevanja, generiranega v kiralnih tekočih kristalih, dopiranih z barvili. S koncentracijo kiralnega dopanta smo regulirali prepovedani pas holesterične tekočokristalne strukture, medtem ko smo neurejene mikrodomene tekočega kristala dosegli s hitrim ohlajanjem mešanice iz izotropne v holesterično fazo. Rezultati kažejo, da se prag za naključno lasersko sevanje močno zmanjša, če se pas za selektivni odboj tekočega kristala prekriva s fluorescenčnim vrhom dodanih molekul barvila in če rob pasu sočasno sovpa z valovno dolžino vzbujanja. Delo je bilo objavljeno v *Photonics Research*, 8, 642 (2020). V letu 2020 smo zaključili skupne raziskave medcelične komunikacije prek medceličnega mostu, ki nastane med obema hčerinskima celicama v končni fazi procesa citokineze. Rezultati tega dela so bili objavljeni v *Biophysical Journal*, 5, 1196 (2020). Poleg tega se je naše raziskovalno sodelovanje v letu 2020 razširilo na področje metamaterialov na osnovi grafena. Rezultati tega dela so bili objavljeni v *Optics express*, 28, 24772 (2020). Glavna ideja navedenega dela je bila patentirana tudi v kitajskem patentu (CN 107244669 A).

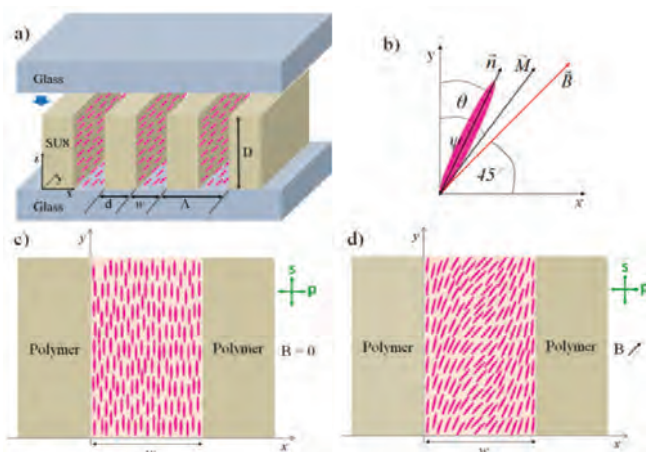
V sodelovanju s skupino J. Plavca s Kemijskega inštituta (KI) smo raziskali mehanizme tvorbe G-kvadrupleksov v DNA nukleotidih tipa GCn in GCnCG, kjer je $n = G2AG4AG2$, v prisotnosti ionov Na^+ . Ugotovili smo, da proučevani G-kvadrupleksi kažejo edinstvene kombinacije strukturnih elementov, med katerimi sta dva G-kvarteta, ena A(GGG)A heksada in en GCGC-kvartet. To znanje bomo uporabili kot osnovo za načrtovanje zaporedij DNA za nanotehnološke aplikacije, ki zahtevajo posebne lastnosti zvijanja in multimerizacije. Rezultati so bili objavljeni v *Nucleic Acids Research*, 48, 2749 (2020).

Nadaljevali smo s proučevanjem in razvojem suspenzij magnetnih nanoploščic v izotropnih topilih, ki pri dovolj veliki koncentraciji izkazujejo feromagnetno urejanje. V sodelovanju z raziskovalci z Univerze na Dunaju smo s kombinacijo simulacij molekularne dinamike in ozkokotnega rentgenskega sipanja raziskovali vpliv polidisperznosti magnetnih nanoploščic na strukturne lastnosti izotropne faze suspenzije ploščic. Pokazali smo, kako lahko polidisperznost v odsotnosti zunanjega magnetnega polja vodi do zmanjšanja orientacijskih in pozicijskih korelacij in hkrati omogoča prehod v nematiku podobno fazo, ki jo induciramo z zunanjim poljem (*Journal of Molecular Liquids* 312, 113293 (2020)). V sodelovanju z raziskovalci z Odseka za sintezo materialov (K8) smo proučevali nastanke poroznih prevlek iz Fe(III)-fosfonata, ki nastanejo na magnetnih nanoploščicah iz barijevega heksaferita (BHF). Tako nastali porozni nanomagnetni so močno občutljivi na zelo šibka magnetna polja (reda velikosti magnetnega polja Zemlje), kar je poglavitna prednost pred klasičnimi poroznimi nanomateriali in kovinskimi organofosfonskimi strukturami, ki izkazujejo le šibek magnetni odziv pri temperaturi nekaj kelvinov. Zaradi kombinacije poroznosti in intrinzične magnetne anizotropije BHF-ja jih na primer lahko uporabimo kot absorberje težkih kovin iz onesnaženih voda (*ACS Omega* 5 (23), 14086–14095 (2020)).

V sodelovanju s kolegi z Univerze v Yorku in Univerze v Leedsu, Velika Britanija, smo nadaljevali proučevanje

nove pahljačaste nematične faze, ki se pojavi v snoveh, zgrajenih iz močno polarnih molekul klinaste oblike. Pokazali smo tudi, da je fazni prehod iz nematične v pahljačasto nematično fazo feroelektrični-feroelastični fazni prehod, pri katerem fleksoelektrična sklopitev povzroči sočasno divergenco električne susceptibilnosti in nestabilnost na pahljačasto deformacijo. O tej raziskavi smo poročali v *Phys. Rev. Lett.* 124, 037801(2020), kjer je bil članek prepoznani kot bolj pomemben, saj so ga uredniki revije izbrali za Editors' Suggestion. Tej raziskavi je bil namenjen tudi članek v *Physics Today*. Predlagali smo tudi enotni fenomenološki model za opis zvojno upognjene (N_{TB}) in pahljačaste faze (N_S), ki temelji na opisu nematika s tenzorskim parametrom urejenosti Q . Obe fazi smo modelirali z enotno prosto energijo, ki vključuje člene, ki zlomijo degeneracijo med elastičnimi konstantami za upogibno in pahljačasto deformacijo, ter člen, ki opisuje fleksoelektrično sklopitev med divergenco tenzorja Q in električno polarizacijo. Dvojno upognjeno ali pahljačasto fazo dobimo, če spremenimo predznak v enem samem elastičnem parametru (*Phys. Rev. E* 101, 022704 (2020)).

V sodelovanju z raziskovalci z Odseka za fizikalno in organsko kemijo (K3) smo raziskovali dinamiko polimerizacije hibridnih sol-gel zaščitnih prevlek materiala AA7075-T6, namenjenega letalskim aplikacijam. Namen študije je bil določitev vpliva kopolimerizacijskega časa na strukturo in morfologijo hibridnega materiala, narejenega iz akrilatnih monomerov in siloksanske mreže. Rezultati so pokazali, da predlagana optimizirana prevleka lahko služi kot predpriprava za dolgotrajno korozijsko zaščito materiala AA7075-T6 (*Polymers* 12, 948 (2020)).



Slika 6: Magnetno nastavljiva optična uklonska mrežica. a) Shematska risba periodične strukture, sestavljene iz kanalov, napolnjenih s feromagnetnim tekočim kristalom (TK), ki so med seboj ločeni s polimernimi trakovi. Kvadri označujejo polimerne trakove, rožnati elipsoidi pa molekule TK. b) Lokalna usmeritev nematskega direktorja n in magnetizacije M pod vplivom zunanjega magnetnega polja B . (c) Shematska risba homogeno urejenega tekočega kristala med dvema polimernima trakovima pri $B = 0$. Ureditev vzdolž osi y povzroča površinska reliefna struktura, prisotna na bočnih stenah trakov. (d) Shematska risba reorientacije TK-molekul, ki jo povzroči zunanje magnetno polje, nagnjeno na 45° glede na os y . [D. Bošnjaković et al., *Polymers* 2020, 12, 2355]

Biomedicinska optika

Nadaljevali smo razvoj optičnih tehnik za biomedicinske aplikacije. Z združitvijo sunkovne fotothermalne radiometrije (SFTR; to so časovno razločene meritve lasersko inducirane modulacije infrardečega sevanja) in difuzne refleksijske spektroskopije (DRS) z numeričnim modelom razširjanja svetlobe v močno sipajočih bioloških tkivih smo razvili edinstven postopek za karakterizacijo človeške kože *in vivo*. Tak pristop omogoča neinvazivno določanje številnih fizioloških parametrov (npr. vsebnost in oksigenacijski nivo krvi v različnih plasteh kože), hkrati z debelino in sipalnimi lastnostmi povrhnjice in usnjice.

Ker pa je analiza signalov z iterativno optimizacijo numerično zelo intenzivna, smo razvili učinkovit napovedni model z uporabo strojnega učenja. Njegova uporaba pomembno skrajša računski čas, hkrati pa izboljša robustnost postopka in natančnost rezultatov. (Sodelovanje z Odsekom za tehnologije znanja, IJS) *Biomed. Opt. Express* **11**, 1679–1696, 2020.

Opisano metodologijo smo pozneje nadgradili za uporabo pri karakterizaciji laserskega odstranjevanja tetovaž in spremljanju zdravljenja podplutb pri prostovoljcih. Tako pridobljeno razumevanje sodelujočih dinamičnih procesov bi lahko pomembno prispevalo k optimizaciji postopka za odstranjevanja tetovaž in razvoju natančnejše metode za določanje časa poškodbe v sodni medicini. (*Proc. SPIE* vol. 11211, 112110X, 2020; *Sensors* **21**, 302, 2020)

Mikrofluidika

Raziskave na področju mikrofluidike potekajo v tesnem sodelovanju z Laboratorijem za eksperimentalno mehko snov na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Na osnovi uspešne analize toka v stranskih mikrofluidičnih kanalčkih smo razvili novo vrsto senzorjev mikrofluidičnih tokov. 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. Metodo smo predstavili v *IEEE Sensors Journal*.

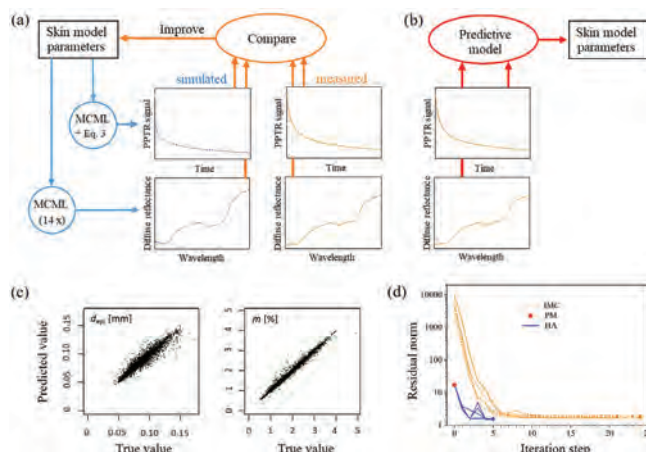
Drugo področje raziskav je bilo posvečeno manipulaciji nanodelcev v tekočinah. Pokazali smo uspešno premikanje delcev z optično vzbujenimi časovno spremenljivimi temperaturnimi gradienti. Krmiljenje lege laserskega žarka, ki vzorec lokalno segreje, omogoča natančno vzpostavitev termoforetičnega toka, ki prevlada nad naključnim difuznim gibanjem delca v tekočini. Tako ustvarimo past, v katero se delec ujame. Naša postavitev omogoča dinamično postavitev pasti, kar smo pokazali s hkratno manipulacijo dveh nanodelcev. Eksperiment smo podprli z numeričnim modelom in rezultate objavili v *Beilstein Journal of Nanotechnology*.

Tretje širše področje mikrofluidike obsega opazovanje dinamike delcev v tekočinah. V sodelovanju z industrijskimi partnerji razvijamo metode za proučevanje gibanja nanodelcev v tekočini, zbiranja delcev na gladini tekočine ali na meji z drugo snovjo. Različne eksperimentalne metode, ki smo jih pri tem razvili, ponujajo komplementarne rezultate, ki omogočajo hitro in preprosto kvantitativno analizo vzorcev, kar je posebej zanimivo za industrijsko uporabo. Poleg tega proučujemo gibanje magnetnih delcev v tekočinskih tokovih. Posledica gibanja je pojav magnetnega polja, ki ga lahko merimo, in pojav dvolomnosti, ki jo lahko opazujemo. Raziskave gibanja magnetnih delcev v tekočinah še potekajo.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Čopič, M., Mertelj, A., Q-tensor model of twist-bend and splay nematic phases, *Physical review. E*, 2020, **101**, 2, 022704-1-022704-6
2. Ugarteche, S. N., Cmok, L., Mandl, R. J., Fuente, M. Rosario de la, Drevenšek Olenik, I., Čopič, M., Mertelj, A., Ferroelectric-ferroelastic phase transition in a nematic liquid crystal, *Physical review letters*, 2020, **124**, 3, 037801-1-037801-6

Edinstveno metodo za neinvazivno karakterizacijo človeške kože in vivo smo nadgradili z uporabo tehnologij strojnega učenja. To je pomembno skrajšalo računski čas, obenem pa izboljšalo robustnost postopka in natančnost rezultatov.



Slika 7: Shematski prikaz določanja lastnosti človeške kože iz merskih podatkov s pomočjo: a) iterativne visokodimenzionalne optimizacije in b) napovednega modela (NM); c) rezultati testiranja NM s postopkom križne validacije (cross-validation) za dve od skupno 13 lastnosti kože (debelina povrhnjice, vsebnost melanina); d) inicializacija iterativne optimizacije (IMC) z rezultatom NM pomembno pospeši postopek in izboljša rezultate (modro).

Razvili smo neinvazivno metodo za merjenje tekočinskega toka v mikrofluidičnih vezjih, pri kateri hitrost tekočine določimo prek sekundarnih vzbujenih tokov v stranskih kanalčkih.

3. Gillmeister, K., Golež, D., Cheng-Tien, C., Bittner, N., Pavlyukh, Y., Berakdar, J., Werner, P., Widdra, W., Ultrafast coupled charge and spin dynamics in strongly correlated NiO, *Nature communications*, 2020, **11**, 4095-1-4095-9
4. Golež, D., Sun, Z., Murakami, Y., Georges, A., J. Millis, A., Nonlinear spectroscopy of collective modes in an excitonic insulator, *Phys. rev. lett.*, 2020, **125**, 25, 257601-1-257601-6
5. Naseska, M., Šutar, P., Vengust, D., Tsuchiya, S., Čeh, M., Mihailović, D., Mertelj, T., Orbitally driven insulator-metal transition in CuIr_2S_4 : temperature-dependent transient reflectivity study, *Physical review. B*, 2020, **101**, 16, 165134-1-165134-6
6. Conradson, S. D., Nasretdinova, V., *et al.*, Nonadiabatic coupling of the dynamical structure to the superconductivity in $\text{YSr}_2\text{Cu}_{2.75}\text{Mo}_{0.25}\text{O}_{7.54}$ and $\text{Sr}_2\text{CuO}_{3.3}$, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 2020, **117**, 52, 33099-33106
7. Pavc, D., Wang, B., Spindler, L., Drevenšek Olenik, I., Plavec, J., Šket, P., GC ends control topology of DNA G-quadruplexes and their cation-dependent assembly, *Nucleic acids research*, 2020, **48**, 5, 2749-2761
8. Verdel, N., Tanevski, J., Džeroski, S., Majaron, B., Predictive model for quantitative analysis of human skin using photothermal radiometry and diffuse reflectance spectroscopy, *Biomedical optics express*, 2020, **11**, 3, 1679-1696

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Nonequilibrium Dynamics and Ergodicity of Complex Quantum Systems, Krvavec, Slovenija, 14.-17. 12. 2020 (virtualno)

Patenta

1. Marko Kazič, Matjaž Lukač, Laser treatment head and laser system, EP2957323 (B1), European Patent Office, 23. 12. 2020
2. Xinzhen Zhang, Jingjun Xu, Bin Shi, Xiaodan Xu, Yang Liu, Mengxin Ren, Wei Cai, Qiang Wu, Irena Drevenšek Olenik, Processing method and processing system for laser-induced graphene micronano structure, CN107244669 (B), State Intellectual Property Office of the P.R.C., 25. 12. 2020

Nagrade in priznanja

1. dr. Igor Vaskivskiy: dobitnik direktorjevega sklada za projekt Laboratorij za 4D resonančno magnetno spektroskopijo, 20. 4. 2020
2. doc. dr. Alenka Mertelj: Mid Career Research Excellence Award, ILCS (The International Liquid Crystal Society) for discovery of both magnetic and electric polar order in nematic phase and new spatially modulated splay nematic phase that has macroscopic electric polarization, 2020
3. prof. dr. Dragan Mihailović, Damjan Svetin, Anže Mraz, Rok Venturini: zlata medalja na 18. mednarodni razstavi inovacij ARCA 2020 za poster z naslovom Innovative superconductor-based memory device and method for its operation, using a switchable resistive element suitable for superconducting computing – compatible with superconducting flex-quantum electronics, Zagreb, Hrvaška, 19. 10. 2020
4. prof. dr. Dragan Mihailović, Damjan Svetin, Anže Mraz, Rok Venturini: srebrna medalja: 1. virtualni sejum inovacij in podjetništva Sarajevo 2020 za tehnologijo Memory device and method for its operation, Startup studio Fundacije Mozaik in Sarajevo Business Forum (SBF), Bosna in Hercegovina, 24. 11. 2020

MEDNARODNI PROJEKTI

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 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 | <ol style="list-style-type: none"> 4. COST CA17140 - Nano2Clinic; Nanomedicina raka - od laboratorijskih raziskav do klinične uporabe
COST Association AISBL
prof. dr. Boris Majaron 5. H2020 - MAGNELIQ; Magneto-električna tekočina - Boljše zaznavanje
European Commission
doc. dr. Alenka Mertelj 6. Tekoče kristalne lastnosti oligonukleotidov DNK in RNK bogatih z gvanozinom
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik 7. Mikrostrukturiranje tekočih kristalov in manipulacija optičnega valovanja s fotorefraktivnimi materiali
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik 8. Preučevanje strukture in dinamike tekočih magnetov z metodama SAXS in SANS
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Alenka Mertelj |
|---|--|

9. Nastavljive optične uklonske strukture na osnovi tekočerkristalnih materialov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik
10. Novi tekočerkristalni materiali za uporabo v difrakcijskih optičnih elementih
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Irena Drevenšek Olenik
11. 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. Femtosekundna časovno-ločljiva vrstična tunelska mikroskopija kompleksnih snovi
prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović

2. Feromagnetne tekočine krmiljene z električnim poljem
doc. dr. Alenka Mertelj
3. Zaznavanje spinskih stanj v bližini površine kvantnih spinskih materialov
Petra Šutar, dipl. inž. kem. tehnol.
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. Razvoj optičnega gradualnega preklonika – OPTIGRAD
dr. Luka Cmok
10. SRIP ToP: Tovarne Prihodnosti
prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović
11. CMEM: Ultrahitri električni spominski element na osnovi vala gostote naboja za naslednjo generacijo računalništva
dr. Igor Vaskivskiy
12. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Dragan Dragoljub Mihailović

OBISKI

1. dr. Rinat Mamin, Zavoisky Physical-Technical Inst. of FIC KazanSC, Kazan, Rusija, 16. 1.-1. 2. 2020
2. Héloïse Orihuel, Marseille University, Marseille, Francija, 3. 2.-1. 8. 2020
3. prof. Toda Yasunori, Hokkaido University, Sapporo, Japonska, 20. 2.-4. 3. 2020
4. mag. Dejan Bošnjaković, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek, Hrvaška, 9. 3.-10. 3. 2020
5. dipl. ing. Inna Belyaeva, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, OTH Regensburg, Nemčija, 24. 7.-3. 8. 2020
6. Dominik Brandl, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, OTH Regensburg, Nemčija, 26. 8.-28. 9. 2020
7. prof. dr. Mikhail Chamonine, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, OTH Regensburg, Nemčija, 15. 9.-22. 9. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

Odsečni seminarji na F-7

1. dr. Vasył Shvalya, Odsek za plinsko elektroniko, Institut "Jožef Stefan", Influence of dopants on critical behavior of room-temperature ferroelectric Sn₂P₂S₆, 30. 1. 2020
2. dr. Andrej Petelin, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Cross-differential dynamic microscopy, 13. 2. 2020
3. Anže Mraz, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Charge Configuration Memory Devices, 20. 2. 2020
4. prof. dr. Toda Yasunori, Department of Applied Physics, Hokkaido University, Japan, Vortex mode generation from asigmatic semicon-ductor microcavity, 27. 2. 2020
5. Matjaž Ličen, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Overview of the new room-pressure Scanning electron microscope (SEM) at F6, 3. 9. 2020
6. doc. dr. Lea Spindler, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Self-assembly of DNA sequences GGGGCC associated with ALS and FTD diseases, 10. 9. 2020
7. Nina Verdel, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Characterization of human skin by combined photothermal radiometry and diffuse reflectance spectroscopy (PhD rehearsal), 17. 9. 2020
8. Bojan Ambrožič, CO-Nanocenter, Synthesis and Growth of Nanoparticles Using Liquid Cell Transmission Electron Microscopy Technique (PhD rehearsal), 24. 9. 2020
9. Patricija Hribar Boštjančič, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Phase behaviour of the suspensions based on magnetic nanoplatelets, 1. 10. 2020
10. Timi Babič, študent, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Synthesis and Decoration of Molybdenum Oxide Nanowires, 1. 10. 2020
11. Jaka Vodeb, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", How to fix a quantum computer?, 8. 10. 2020
12. dr. Nerea Sebastián, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", LIMA - Liquid Magnets: fundamental studies of ferromagnetic order in liquids, 15. 10. 2020
13. Gregor Jecl, CO-Nanocenter, Low temperature charge order in IrTe₂ - searching for superconductivity with ultrafast optical pulses, 22. 10. 2020
14. prof. dr. Irena Drevenšek Olenik, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Magnetically tunable surface properties of magnetoactive elastomers, 29. 10. 2020
15. doc. dr. Tomaž Mertelj, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Kinetics bottleneck during photoinduced ultrafast insulator-metal transition in 3D orbitally-driven Peierls insulator CuIr₂S₄, 5. 11. 2020

16. dr. Mojca Vilfan, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Animating students with animations and quizzes, 12. 11. 2020
17. prof. dr. Darja Lisjak, Odsek za sintezo materialov, Institut "Jožef Stefan", MAGNELIQ Magneto-Electric Liquid - to Sense Better, 19. 11. 2020
18. dr. Denis Golež, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", MultiQM: Multi-scale modeling of non-equilibrium quantum materials, 3. 12. 2020
19. prof. dr. Viktor Kabanov, Odsek za kompleksne snovi, Institut "Jožef Stefan", Adiabatic theory of the polaron spectral function, 10. 12. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Irena Drevenšek Olenik, Webinar on Materials Science & Nanotechnology, 19.-20. 10. 2020 (virtualno)
2. Denis Golež, Viktor Kabanov, Tomaž Mertelj, Dragan Mihailović, Anže Mraz, Mimoza Naseska, Jaka Vodeb, Nonequilibrium Dynamics and Ergodicity of Complex Quantum Systems, Krvavec, Slovenija, 14.-17. 12. 2020 (7) (virtualno)
3. Yaroslav Gerasimenko, Gregor Jecl, Dragan Mihailović, Tomaž Mertelj, Anže Mraz, Mimoza Naseska, Rok Venturini, Jaka Vodeb, Yevhenii Vaskivskiy, Igor Vaskivskiy, Gordon Research Seminar on Ultrafast Phenomena in Cooperative Systems, Barga, Italija, 1.-7. 2. 2020 (10)
4. Patricija Hribar Boštjančič, 12th IPSSC conference and 14th CMBE day, Ljubljana, Slovenija, 15. 5. 2020
5. Patricija Hribar Boštjančič, Slovenski kemijski dnevi 2020, Portorož, Slovenija, 16.-18. 9. 2020 (1)
6. Martina Knavs, Horizon Europe: A practical insight, Budimpešta, Madžarska, 12.-14. 2. 2020
7. Andrej Kranjec, Ultrafast Webinar Summer Series 2020, 7. 7.-11. 8. 2020 (virtualno)
8. Dragan Mihailović, Conference on Nanoequilibrium Superconductivity, CCQP of the Flatron Institute - Simons foundation, New York, ZDA, 12.-18. 1. 2020
9. Dragan Mihailović, Synergy Grant 2020 (SyG2020) Step 1 Panel Chair meeting, Bruselj, Belgija, 16.-20. 2. 2020 (udeležba na evalvacijskem srečanju)
10. Dragan Mihailović, 1st PSI Condensed Matter Summer Camp 2020, 17.-20. 8. 2020 (1) (virtualno)
11. Dragan Mihailović, Virtual SSRL/LCLS Users Meeting, Ranford University, ZDA, 28. 9.-9. 10. 2020 (1) (virtualno)
12. Boris Majaron, Nina Verdel, SPIE Photonics West BIOS, San Francisco, ZDA, 30. 1.-7. 2. 2020 (2)
13. Boris Majaron, Biophotonics Riga 2020, Riga, Latvija, 24.-25. 8. 2020 (virtualno)
14. Alenka Mertelj, generalna skupščina in podelitev častnih priznanj in nagrad ILCs, Lizbona, Portugalska, 29.-30. 7. 2020 (virtualno)
15. Damjan Svetin, Nanotechnology in nanoApplication, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija, 5.-6. 2. 2020
16. Mojca Vilfan, Digitalna univerza: Ali pedagogi izvajamo študij na daljavo ali študij v izrednih razmerah?, Ljubljana, Slovenija, 22. 5. 2020 (virtualno)
17. Jaka Vodeb, Qubits 2020, Kanada, 28.-30. 9. 2020 (1) (virtualno)
18. Jaka Vodeb, 2020 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE), Broomfield, Kolorado, 12.-16. 10. 2020 (virtualno)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Žiga Gregorin: Institut Laue-Langevin, Grenoble, Francija, 9.-14. 1. 2020 (meritno)
2. Luka Cmok: Department of Engineering, University of Cambridge, Cambridge, Združeno kraljestvo, 12.-17. 1. 2020 (delovni obisk)

3. Nerea Sebastián Ugarteche: Department of Applied Physics II of the University of the Basque Country, Bilbao, Španija, 8. 3.-9. 6. 2020 (raziskovalni obisk)
4. Andrej Kranjec: European School On Nanosciences & Nanotechnologies Université Grenoble Alpes, ESONN 2020, 24. 8.-4. 9. 2020 (udeležba na poletni šoli) (virtualno)
5. Rok Venturini: European School On Nanosciences & Nanotechnologies Université Grenoble Alpes, ESONN 2020, 24. 8.-4. 9. 2020 (udeležba na poletni šoli) (virtualno)

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, odšel 1. 9. 2020*
18. *dr. Iaroslav Gerasimenko, odšel 1. 3. 2020*
19. dr. Andrej Petelin*
20. dr. Igor Vaskivskyi
21. dr. Nina Verdel

Mlajši raziskovalci

22. Neža Golmajer Zima, mag. fiz.
23. Žiga Gregorin, mag. fiz.
24. Patricija Hribar Boštjančič, mag. kem.
25. Andrej Kranjec, univ. dipl. fiz.
26. *dr. Matjaž Ličen, odšel 1. 7. 2020*
27. Anže Mraz, mag. inž. el.
28. Mimoza Naseska, mag. fiz.
29. Yevhenii Vaskivskyi, Master, Ukrajina
30. Rok Venturini, mag. fiz.
31. Jaka Vodeb, mag. fiz.

Strokovni sodelavci

32. Davor Grabnar, dipl. inž. fiz. (VS)
33. Peter Medle Rupnik, dipl. inž. fiz. (VS)
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.

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, Šanghaj, Kitajska
37. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, 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. 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, CA, ZDA
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, Luksemburg
54. University of Tsukuba, Japonska
55. Wigner Centre for Science, Budimpešta, Madžarska
56. Zhejiang University, Department of Physics, Hangzhou, Kitajska

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Darja Lisjak, Patricija Hribar, Alenka Mertelj, Andraž Mavrič, Matjaž Valant, Janez Kovač, Hermina Hudelja, Andraž Kocjan, Darko Makovec, "Formation of Fe(III)-phosphonate coatings on barium hexaferrite nanoplatelets for porous nanomagnets", *ACS omega*, 2020, **5**, 23, 14086-14095. [COBISS.SI-ID 18142211]
- Urška Trstenjak, Damjan Vengust, Zoran Samardžija, Aleksander Matavž, Vid Bobnar, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Stabilization of the perovskite phase in PMN-PT epitaxial thin films via increased interface roughness", *Applied Surface Science*, 2020, **513**, 145787. [COBISS.SI-ID 33262887]
- Vasyl Shvalya, Gregor Filipič, Damjan Vengust, Janez Zavašnik, Martina Modic, Ibrahim Abdulhalin, Uroš Cvelbar, "Reusable Au/Pd-coated chestnut-like copper oxide SERS substrates with ultra-fast self-recovery", *Applied Surface Science*, 2020, **517**, 146205. [COBISS.SI-ID 33289511]
- Jošt Stergar, Natan Osterman, "Thermophoretic tweezers for single nanoparticle manipulation", *Beilstein journal of nanotechnology*, 2020, **11**, 1126-1133. [COBISS.SI-ID 24112387]
- Nina Verdel, Jovan Tanevski, Sašo Džeroski, Boris Majaron, "Predictive model for quantitative analysis of human skin using photothermal radiometry and diffuse reflectance spectroscopy", *Biomedical optics express*, 2020, **11**, 3, 1679-1696. [COBISS.SI-ID 33232423]
- Jošt Stergar, Rok Dolenc, Nika Kojc, Katja Lakota, Martina Perše, Matija Tomšič, Matija Milanič, "Hyperspectral evaluation of peritoneal fibrosis in mouse models", *Biomedical optics express*, 2020, **11**, 4, 1991-2006. [COBISS.SI-ID 3414372]
- Peter Naglič, Yevhen Zelinskyi, Luka Rogelj, Jošt Stergar, Matija Milanič, Jure Novak, Borut Kumperščak, Miran Bürmen, "Optical properties of PlatSil SiliGlass tissue-mimicking phantoms", *Biomedical optics express*, 2020, **11**, 7, 3753-3768. [COBISS.SI-ID 19976451]
- Fulin Xing, Songyue Qu, Junfang Liu, Jianyu Yang, Fen Hu, Irena Drevenšek Olenik, Leiting Pan, Jingjun Xu, "Intercellular bridge mediates Ca²⁺ signals between micropatterned cells via IP₃ and Ca²⁺ diffusion", *Biophysical journal*, 2020, **118**, 5, 1196-1204. [COBISS.SI-ID 3406180]
- Zoran M. Jovanović, Željko Mravik, Danica Bajuk-Bogdanović, Sonja Jovanović, Smilja Marković, Milica Vujković, Janez Kovač, Damjan Vengust, Snežana Uskoković-Marković, Ivanka Holclajtner-Antunović, "Self-limiting interactions in 2D-0D systems: a case study of graphene oxide and 12-tungstophosphoric acid nanocomposite", *Carbon*, 2020, **156**, 166-178. [COBISS.SI-ID 48601347]
- Soukaine Merselmiz *et al.* (14 avtorjev), "High energy storage efficiency and large electrocaloric effect in lead-free BaTi_{0.89}Sn_{0.11}O₃ ceramic", *Ceramics international*, 2020, **46**, 15, 23867-23876. [COBISS.SI-ID 20600579]
- Michael Schüller, Denis Golež, Yuta Murakami, Nikolaj Bittner, Andreas Hermann, Hugo U. R. Strand, Philipp Werner, Martin Eckstein, "NESSi: The Non-Equilibrium Systems Simulation package", *Computer physics communications*, 2020, **257**, 107484. [COBISS.SI-ID 46090243]
- Zouhair Hanani *et al.* (14 avtorjev), "Enhanced dielectric and electrocaloric properties in lead-free rod-like BCZT ceramics", *Journal of advanced ceramics*, 2020, **9**, 2, 201-219. [COBISS.SI-ID 33283879]
- Vasyl Shvalya, Janez Zavašnik, Venera Nasretdinova, Hana Uršič Nemevšek, Janez Kovač, Alexander A. Grabar, Anton A. Kohutych, Alex Molnar, Dean R. Evans, Dragan Mihailović, Uroš Cvelbar, "Sn₂P₂S₆ ferroelectrics customization by post-growth solid-state diffusion doping", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, **8**, 29, 9975-9985. [COBISS.SI-ID 21037571]
- Margaret Rosenberg, Žiga Gregorin, Patricija Hribar, Nerea Sebastián Ugarteche, Darja Lisjak, Sofia S. Kantorovich, Alenka Mertelj, Pedro A. Sánchez, "The influence of polydispersity on the structural properties of the isotropic phase of magnetic nanoplatelets", *Journal of molecular liquids*, 2020, **312**, 113293. [COBISS.SI-ID 18148099]
- Satoshi Tsuchiya, Tomaž Mertelj, Dragan Mihailović, Ju-ichi Jamada, Toda Yasunori, "Ultrafast carrier dynamics in an organic superconductor κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Br by spectrally resolved pump-probe spectroscopy", *Journal of superconductivity and novel magnetism*, 2020, **33**, 8, 2299-2303. [COBISS.SI-ID 33207847]
- Nejc Lukač, Blaž Tašič Muc, Matjaž Lukač, "High-temperature triggering of soft-tregeneration by Er:YAG Laser: review", *LAHA: journal of the Laser and Health Academy*, 2020, **2020**, 1, S3. [COBISS.SI-ID 32006183]
- Matjaž Lukač, Nejc Lukač, Matija Jezeršek, "Characteristics of bubble oscillations during laser-activated irrigation of root canals and method of improvement", *Lasers in surgery and medicine*, 2020, **52**, 9, 907-915. [COBISS.SI-ID 17039899]
- Viktor V. Kabanov, I. I. Piyanzina, Yu. V. Lysogorskiy, D. A. Tayurskii, Rinat F. Mamin, "Ab initio investigation of electronic and magnetic properties of antiferromagnetic/ferroelectric LaMnO₃/BaTiO₃ interface", *Materials research express*, 2020, **7**, 5, 055020. [COBISS.SI-ID 17518595]
- J. Li, Denis Golež, Philipp Werner, Martin Eckstein, "Superconducting optical response of photodoped Mott insulators", *Modern physics letters B*, 2020, **34**, 19, 2040054. [COBISS.SI-ID 46035971]
- Iryna Doroshenko, Yevhenii Vaskivskiy, Yelyzaveta Chernolevska, "Structural transformations in solid and liquid n-butanol from FTIR spectroscopy", *Molecular crystals and liquid crystals*, 2020, **697**, 1, 11-19. [COBISS.SI-ID 38288899]
- Konrad Gillmeister, Denis Golež, Chiang Cheng-Tien, Nikolaj Bittner, Yaroslav Pavlyukh, Jamal Berakdar, Philipp Werner, Wolf Widdra, "Ultrafast coupled charge and spin dynamics in strongly correlated NiO", *Nature communications*, 2020, **11**, 4095. [COBISS.SI-ID 46013187]
- Daša Pavc, Baifan Wang, Lea Spindler, Irena Drevenšek Olenik, Janez Plavec, Primož Šket, "GC ends control topology of DNA G-quadruplexes and their cation-dependent assembly", *Nucleic acids research*, 2020, **48**, 5, 2749-2761. [COBISS.SI-ID 3408740]
- Yang Liu *et al.* (12 avtorjev), "Multifunctional and tunable trigate graphene metamaterial with "Lakes of Wada" topology", *Optics express*, 2020, **28**, 17, 24772-24788. [COBISS.SI-ID 24739075]
- Matija Jezeršek, Nejc Lukač, Matjaž Lukač, Ana Tenji, Giovanni Olivi, Aleš Fidler, "Measurement of pressures generated in root canal during Er:YAG laser-activated irrigation", *Photobiomodulation, photomedicine, and laser surgery*, 2020, **38**, 10, 625-631. [COBISS.SI-ID 20391939]
- Shaohua Gao, Jiayi Wang, Wenhua Li, Xuanyi Yu, Xinzhen Zhang, Xiao Song, Andrey Iljin, Irena Drevenšek Olenik, Romano Anton Rupp, Jingjun Xu, "Low threshold random lasing in dye-doped and strongly disordered chiral liquid crystals", *Photonics research*, 2020, **8**, 5, 642-647. [COBISS.SI-ID 3418212]
- Nerea Sebastián Ugarteche, Luka Cmok, Richard J. Mandle, Maria Rosario de la Fuente, Irena Drevenšek Olenik, Martin Čopič, Alenka Mertelj, "Ferroelectric-ferroelastic phase transition in a nematic liquid crystal", *Physical review letters*, 2020, **124**, 3, 037801. [COBISS.SI-ID 33088039]
- Denis Golež, Zhiyuan Sun, Yuta Murakami, Antoine Georges, Andrew J. Millis, "Nonlinear spectroscopy of collective modes in an excitonic insulator", *Physical review letters*, 2020, **125**, 25, 257601. [COBISS.SI-ID 46028803]
- Nikolaj Bittner, Denis Golež, Martin Eckstein, Philipp Werner, "Photoenhanced excitonic correlations in a Mott insulator with nonlocal interactions", *Physical review. B*, 2020, **101**, 8, 085127. [COBISS.SI-ID 45999875]
- Mimoza Naseska, Petra Šutar, Damjan Vengust, S. Tsuchiya, Miran Čeh, Dragan Mihailović, Tomaž Mertelj, "Orbitally driven insulator-metal transition in CuIr₂S₄: temperature-dependent transient reflectivity study", *Physical review. B*, 2020, **101**, 16, 165134. [COBISS.SI-ID 27075075]
- Yuta Murakami, Denis Golež, Tatsuya Kaneko, Akihisa Koga, Andrew J. Millis, Philipp Werner, "Collective modes in excitonic insulators: effects of electron-phonon coupling and signatures in the optical response", *Physical review. B*, 2020, **101**, 19, 195118. [COBISS.SI-ID 46084867]
- Li Jiajun, Denis Golež, Giacomo Mazza, Andrew J. Millis, Antoine Georges, Martin Eckstein, "Electromagnetic coupling in tight-binding models for strongly correlated light and matter", *Physical review. B*, 2020, **101**, 20, 205140. [COBISS.SI-ID 46049283]
- Izidor Benedičič, Nejc Janša, Marion Van Midden, Peter Jeglič, Martin Klanjšek, Erik Zupanič, Zvonko Jagličič, Petra Šutar, Peter Prelovšek, Dragan Mihailović, Denis Arčon, "Superconductivity emerging upon Se doping of the quantum spin liquid 1T-TaS₂", *Physical review. B*, 2020, **102**, 5, 054401. [COBISS.SI-ID 24393731]

33. Riku Tuovinen, Denis Golež, Martin Eckstein, Michael A. Sentel, "Comparing the generalized Kadanoff-Baym ansatz with the full Kadanoff-Baym equations for an excitonic insulator out of equilibrium", *Physical review. B*, 2020, **102**, 11, 115157. [COBISS.SI-ID 46095363]
34. Li Jiajun, Denis Golež, Philipp Werner, " η -paired superconducting hidden phase in photodoped Mott insulators", *Physical review. B*, 2020, **102**, 16, 165136. [COBISS.SI-ID 46052867]
35. Nikolaj Bittner, Denis Golež, Martin Eckstein, Philipp Werner, "Effects of frustration on the nonequilibrium dynamics of photoexcited lattice systems", *Physical review. B*, 2020, **102**, 23, 235169. [COBISS.SI-ID 46002691]
36. Martin Čopič, Alenka Mertelj, "Q-tensor model of twist-bend and splay nematic phases", *Physical review. E*, 2020, **101**, 2, 022704. [COBISS.SI-ID 33233191]
37. Jonathan H. Fetherolf, Denis Golež, Timothy C. Berkelbach, "A unification of the holstein polaron and dynamic disorder pictures of charge transport in organic crystals", *Physical review. X*, 2020, **10**, 2, 021062. [COBISS.SI-ID 46007043]
38. Dejan Bošnjaković, Nerea Sebastián Ugarteche, Irena Drevenšek Olenik, "Magnetically tunable liquid crystal-based optical diffraction gratings", *Polymers*, 2020, **12**, 2355. [COBISS.SI-ID 33286147]
39. Peter Rodič, Romana Cerc Korošec, Barbara Kapun, Alenka Mertelj, Ingrid Milošev, "Acrylate-based hybrid sol-gel coating for corrosion protection of AA7075-T6 in aircraft applications: the effect of copolymerization time", *Polymers*, 2020, **12**, 4, 948. [COBISS.SI-ID 33305639]
40. Steven D. Conradson *et al.* (12 avtorjev), "Local lattice distortions and dynamics in extremely overdoped superconducting $\text{YSr}_2\text{Cu}_{2.75}\text{Mo}_{0.25}\text{O}_{7.54}$ ", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2020, **117**, 9, 4559-4564. [COBISS.SI-ID 33236775]
41. Steven D. Conradson, Theodore H. Geballe, Changqing Jin, Lipeng Cao, Gianguido Baldinozzi, Jack M. Jiang, Matthew J. Latimer, Oliver Mueller, "Local structure of $\text{Sr}_2\text{CuO}_{3.3}$, a 95 K cuprate superconductor without CuO_2 planes", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2020, **117**, 9, 4565-4570. [COBISS.SI-ID 33236519]
42. Steven D. Conradson *et al.* (13 avtorjev), "Nonadiabatic coupling of the dynamical structure to the superconductivity in $\text{YSr}_2\text{Cu}_{2.75}\text{Mo}_{0.25}\text{O}_{7.54}$ and $\text{Sr}_2\text{CuO}_{3.3}$ ", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2020, **117**, 52, 33099-33106. [COBISS.SI-ID 43427587]
43. Damjan Vengust, Mojca Vilfan, Aleš Mrzel, "Growth of carbon nanofibres on molybdenum carbide nanowires and their self-decoration with noble-metal nanoparticles", *Royal Society open science*, 2020, **7**, 9, 200783. [COBISS.SI-ID 30830851]
44. Meenu Murali, Hakam Agha, Aleš Mrzel, Giusy Scalia, "Difference in the interaction of nano-diameter rod and tubular particles with a disclination line in a nematic liquid crystal", *RSC advances*, 2020, **26**, 36, 21473-21480. [COBISS.SI-ID 19164163]
45. Vijay Wadi, Kishore K. Jena, Kevin Halique, Brigita Rožič, Luka Cmok, Vasileios Tzitzios, Saeed M. Alhassan, "Scalable high refractive index polystyrene-sulfur nanocomposites via in situ inverse vulcanization", *Scientific reports*, 2020, **10**, 14924. [COBISS.SI-ID 28365827]
46. Iryna Doroshenko, Yevhenii Vaskivskiy, Yelyzaveta Chernolevska, L. Meyliev, B. Kuyliev, "Molecular isomerization in n-propanol dimers", *Ukrainian journal of physics*, 2020, **65**, 4, 291-297. [COBISS.SI-ID 38284035]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Viktor V. Kabanov, "Electron-electron and electron-phonon relaxation in metals excited by optical pulse", *Low temperature physics*, 2020, **46**, 4, 414-419. [COBISS.SI-ID 33197095]

STROKOVNI ČLANKI

1. Nerea Sebastián Ugarteche, Alenka Mertelj, "Liquid crystals: the beautiful state of matter", *Alternator: misliti znanost*, 13 Avg. 2020. [COBISS.SI-ID 38039299]
2. Melani Potrč, Lea Spindler, "Določanje dimenzij kratkih DNK zaporedij z dinamičnim sipanjem svetlobe", *Dianoia*, 2020, **4**, 2, 105-111. [COBISS.SI-ID 29015299]

3. Kristjan Vuk Baliž, Andrej Lavrič, Anja Brelih, Matic Šinko, Peter Nimac, Tjaš Leghissa, Sebastjan Skrbinšek, Jure Pelhan, Irena Drevenšek Olenik, Matej Baša, Lovro Jevnikar, Borut Batagelj, Ajda Kozjek, Boštjan Batagelj, "Optični komunikacijski poskusi za interaktivno muzejsko okolje", *Elektrotehniški vestnik*, 2020, **87**, 1/2, 39-45. [COBISS.SI-ID 31232259]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Nina Verdel, Matjaž Lukač, Boris Majaron, "Characterization of tattoos in human skin using pulsed photothermal radiometry and diffuse reflectance spectroscopy", V: *SPIE BIOS, 1-6 February 2020, San Francisco, California, United States*, Proceedings, Photonics in dermatology and plastic surgery 2020, (Proceedings of SPIE **11211**), SPIE, 2020, 112110x. [COBISS.SI-ID 33219367]
2. Ana Marin, Nina Verdel, Boris Majaron, "Hemodynamics in traumatic bruises assessed by diffuse reflectance spectroscopy and photothermal radiometry", V: *SPIE BIOS, 1-6 February 2020, San Francisco, California, United States*, Proceedings, Photonics in dermatology and plastic surgery 2020, (Proceedings of SPIE **11211**), SPIE, 2020, 112110z. [COBISS.SI-ID 33219111]
3. Nina Verdel, Boris Majaron, "Objective noninvasive monitoring of laser tattoo removal in a human volunteer: a proof of principle study", V: *Third International Conference Biophotonics, 28 October 2020, Riga, Latvia*, Proceedings, (Proceedings of SPIE **11585**), SPIE, 2020, 115850a. [COBISS.SI-ID 35045891]
4. Tina Radošević, Anja Černoša, Manca Kovač Viršek, Martina Kocijan, Damjan Vengust, Cene Gostinčar, Aleš Mihelič, Nina Gunde-Cimerman, Sašo Šturm, Matejka Podlogar, "Razgradnja tekstilnih mikroplastičnih vlaken s fotokatalizo in glivami", V: *Vodni dnevi 2020, 17.-18. september 2020, Rimske Toplice, Kongresni center Rimske terme*, zbornik referatov, Slovensko društvo za zaščito voda, 2020, 203-213. [COBISS.SI-ID 50533123]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGAVLJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Nataša Vujica-Herzog, Borut Buchmeister, Lea Spindler, "Assessment of school and industrial noise: measurements vs personal perceptions", V: *DAAAM International scientific book 2020*, (DAAAM International scientific book **19**), DAAAM International, 2020, 33-48. [COBISS.SI-ID 37314307]

ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Martin Čopič, Mojca Vilfan, *Fotonika*, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2020. [COBISS.SI-ID 34035203]

PATENTA

1. Marko Kazič, Matjaž Lukač, *Laser treatment head and laser system*, EP2957323 (B1), European Patent Office, 23. 12. 2020. [COBISS.SI-ID 32229415]
2. Xinzhen Zhang, Jingjun Xu, Bin Shi, Xiaodan Xu, Yang Liu, Mengxin Ren, Wei Cai, Qiang Wu, Irena Drevenšek Olenik, *Processing method and processing system for laser-induced graphene micronano structure*, CN107244669 (B), State Intellectual Property Office of the P.R.C., 25. 12. 2020. [COBISS.SI-ID 40760067]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Matjaž Ličen, *Fotoregulacija urejanja molekul v tankih površinskih slojih*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Irena Drevenšek-Olenik). [COBISS.SI-ID 23962627]
2. Nina Verdel, *Karakterizacija človeške kože s kombinacijo fototermalne radiometrije in difuzne refleksijske spektroskopije*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Boris Majaron; somentor Matjaž Lukač). [COBISS.SI-ID 31664387]

Glavna področja našega dela so:

- **teoretična, eksperimentalna in uporabna reaktorska fizika**
- **fizika plazme**
- **nevtronski 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 fizijskih 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.

Cilj predlagane raziskave z naslovom *Občutljivost fizikalnih parametrov jedrskega reaktorja na termične jedrske podatke* je generirati podatke sipalnih presekov termičnih nevtronov in pripadajočih kovariančnih podatkov z natančno metodo, ki temelji na prvih principih, 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, katerih eksperti bodo pripomogli k uspešnemu začetku projekta. Delo na projektu poteka po začrtanem časovnem okvirju. Prvi rezultati projekta so pričakovani za leto 2021.

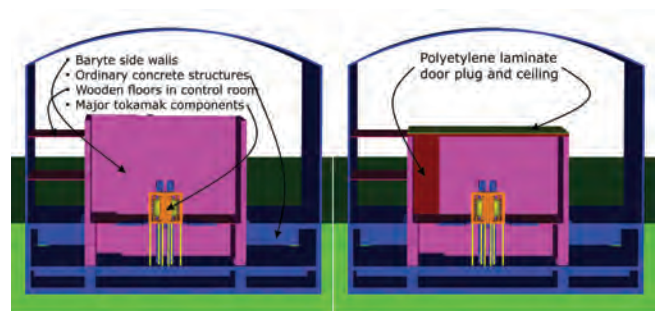
Cilj raziskave z naslovom *Napredne metode za analizo termičnih sipalnih presekov* je pridobiti podatke sipalnih presekov termičnih nevtronov za še neraziskane materiale, kot so uran-hidridna goriva, diamant, ter za konvencionalne moderatorje (npr. polietilen, polimetil metakrilat, teflon in grafit). 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 kodi Monte Carlo 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 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. Poleg tega smo vpleteni tudi v strategijo širjenja rezultatov med ciljnim občinstvom.

Cilj projekta z naslovom *Določanje in nadgradnja ščitenja tokamaka TCV* je bilo določiti zmanjšanje nevtronske doze znotraj zgradbe Tokamak à configuration variable ali Variable configuration tokamak (TCV), po dodajanju primerne materiala za ščitenje stropa in vrat. Analiza je bila razdeljena na tri dele. To je vključevalo primerjavo različnih materialov za ščitenje pri različnih debelinah v prvi fazi in učinek špranj v betonskih stenah v drugi fazi. Prva faza je pokazala prednosti uporabe materiala Shieldwex SWX201, boriranega polietilena in laminiranih materialov, ko so bili sestavljeni iz polietilena in boriranega polietilena. Analiza špranje je pokazala, da zanemarljivo vplivajo na skupno dozo za stenami. V tretji fazi smo nadgradili obstoječi model tokamaka TCV in



Vodja:
prof. dr. Luka Snoj



Slika 1: Osnovni in nadgrajeni računski model tokamaka TCV

naredili tako imenovani referenčni model, ki je bil uporabljen za preračune doze na specifičnih lokacijah znotraj hale. Projekt je bil uspešen, pri čemer bodo pridobljeni podatki uporabljeni za inženirsko osnovo za dejanske koncepte ščitjenja. Projekt je bil osnova za vzpostavljanje povezav s TCV za prihodnje raziskovalne aktivnosti.

Tudi v letu 2020 smo raziskovalci Odseka za reaktorsko fiziko ponudili podporo varnemu in ekonomičnemu obratovanju Nuklearne elektrarne Krško (NEK). Izvedli smo preliminarne projektne izračune za 32. cikel in ponudili podporo pri določitvi karakteristik svežega goriva. Opravljeno neodvisno strokovno mnenje je potrdilo, da z do 5-odstotnim povečanjem izgorelosti glede na ravnovesno izgorelost 18-mesečnega cikla, ki je bila uporabljena v varnostni analizi radioloških posledic projektne nezgode, ne bo presežen kriterij »več kot minimalno«, kot je opredeljen v smernicah NEI 96-07. V sklopu aplikativnega projekta ARRS (sofinancer NEK) *Razvoj metod za izračun nevtronskega polja v zadrževalnem hramu tlačnovodne jedrske elektrarne* smo izvedli kalibracijo parametrov in verifikacijo rezultatov pri pogojih HZP in HFP. Izvedli smo vrsto preračunov, s katerimi smo analizirali odziv detektorjev nuklearne instrumentacije.

V letu 2020 smo sodelovali pri projektu *Support for implementation and calculations in the SFDS project*, katerega primarni cilj je podpora Nuklearni elektrarni Krško pri načrtovanju in implementaciji suhega skladišča za izrabljeno gorivo. V dogovoru z NEK smo leta 2020 opravljali analize in izboljšave, s katerimi bomo izboljšali natančnost izračuna izvornega člena, hkrati pa zmanjšali negotovost prihodnjih izračunov jedrske sredice. V ta namen smo izračunali nove ISOLIB knjižice na podlagi jedrskih podatkov iz knjižic ENDF/B-VIII, JEFF-3.3 in JEFF-4T, iz katerih lahko preberemo sestavo izrabljenega goriva NEK, rezultate pa smo primerjali z ustaljenimi izračuni. Znotraj projekta SFDS smo v letu 2020 izvedli tudi nekaj posodobitev v izvorni kodi paketa CORD-2, s katerimi bomo lahko kodo lažje uporabljali z novejšimi prevajalniki, kot je gfortran.

V okviru mednarodnega projekta *E-SiCure2 – Izboljšanje varnosti na mejah in pristanišč*, 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 je razviti pikselizirane detektorje, ki bodo omogočali sočasno zaznavanje termičnih oz. hitrih nevtronov, nabitih delcev ter X in gama žarke. 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.

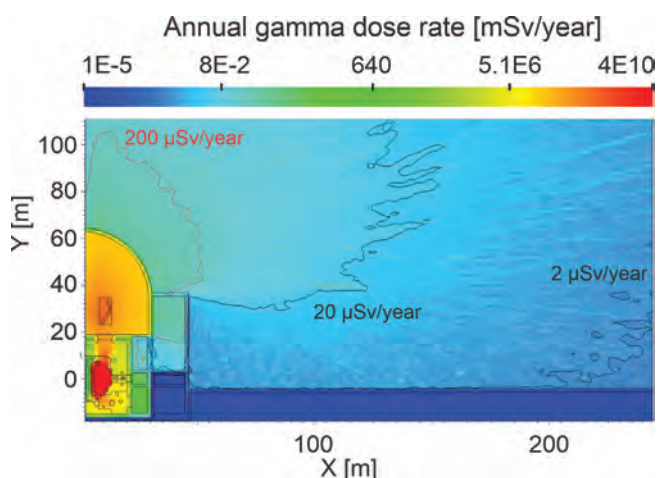
V letu 2020 smo zaključili projekt za francoski inštitut IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) kot del konzorcija z družbo IDOM. Pri projektu z naslovom *Izračuni aktivacije kovinskih šob gorivnih elementov* smo analizirali vsebnost radioizotopov, predvsem ⁶⁰Co, v šobah gorivnih elementov pri različnih scenarijih gorivnega cikla. Časovno odvisne izračune smo opravili s transportnim programom MCNP, pri čemer smo izdelali natančen model gorivnega elementa z zgornjo in spodnjo šobo.

Znotraj danega projekta smo preverili zgovalne izračune za primer lahkovodnega gorivnega elementa s programom SCALE 6.2. V treh fazah smo za gorivni element, ki vsebuje UO₂ oziroma MOX gorivo, opravili preračune z modulom ORIGEN, nato z 2D TRITON ter s 3-D KENO modelom, in preračune primerjali z referenčnimi preračuni, ki jih je dostavil IRSN.

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 2020 smo za potrebe testiranja izvedli dve eksperimentalni kampanji.

V letu 2020 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 fonskega izvora goriva gorivnih elementov PWR reaktorjev. Pri tem smo bili osredotočeni na občutljivostno in negotovostno analizo z uporabo različnih kod in modelov.

V letu 2020 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



Slika 2: Letne hitrosti gama doz v okolici fuzijskega reaktorja DEMO v času remonta: visoko aktiviran del plašča, premaknjen v zgornji del zgradbe.

(Avstrija) in BME (Madžarska). V letu 2020 smo sodelovali predvsem z WP3, katerega namen je zbiranje informacij o eksperimentalnih napravah in opremi, izobraževalnih aktivnostih in potencialnih uporabnikih ter izvedba SWOT-analize. Delo smo začeli v WP4, ki ga koordiniramo in katerega namen je izvajanje aktivnosti, 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 ravnih nevtronskega fluksa, t. j. do $1016 \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ki so dosegljive le ob pulzu reaktorja. Pri tem je nujna sposobnost sprotnega merjenja absolutne ravni fluksa nevtronov, ki se v času nekaj ms spremeni za 6–7 velikostnih redov. V letu 2020 smo izvedli serijo poskusnih meritev intenzitete Čerenkovega sevanja med pulziranjem kot alternativno in fizikalno neodvisno metodo merjenja odvisnosti moči reaktorja med pulziranjem ter aktivacijske meritve. V letu 2021 načrtujemo eksperimentalno kampanjo s sočasnimi meritvami signala miniaturnih fisiskih celic, intenzitete sevanja Čerenkova in aktivacijskih meritev.

Leta 2020 smo v sodelovanju s kolegi s CEA Cadarache začeli 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 (fisiskih in ionizacijskih celic, samonapajalnih nevtronskih detektorjev, aktivacijskih meritev in termoluminescenčnih dozimetrov) ter primerjava merskih rezultatov z rezultati simulacij po metodi Monte Carlo. Eksperimentalno kampanjo načrtujemo v sredini leta 2021.

V sodelovanju s CEA Cadarache smo nadaljevali načrtovanje meritev preseka za zajetje termičnih nevtronov v ^{241}Am . Opravili smo meritev aktivacije $^{242}\text{Am}/^{242}\text{Cm}$ v centralnem obsevalnem kanalu reaktorja TRIGA na IJS z uporabo vzorcev z nizko začetno aktivnostjo ^{241}Am , izdelanih na IJS. Določili smo optimalne začetne aktivnosti ^{241}Am vzorcev za eksperimentalno kampanjo v reaktorju TRIGA, ki bo obsegala obsevanja v različnih obsevalnih kanalih in bo predvidoma izvedena leta 2021.

V sodelovanju s CEA Cadarache smo analizirali benchmark eksperimente, ki so jih izvedli v Združenem kraljestvu v reaktorju NESTOR/Winfrith, v eksperimentalni napravi ASPIS. Poleg ASPIS Fe88 eksperimenta, ki je že dostopen v bazi podatkov SINBAD, smo sodelovali tudi pri analizi eksperimentov, ki še niso dostopni v tej bazi. Na IJS smo opravili preračune z Monte Carlo programom MCNP in knjižicami jedrskih podatkov ENDF/B-VIII.0, /B-VII, /B-VI, JENDL4.0u in JEFF3.3, medtem ko je skupina v CEA (A. Hajji) uporabila Monte Carlo program TRIPOLI4 in Serpent ter knjižice jedrskih podatkov JEFF-3.1.1, JEFF-3.2, ENDF/B-VIII, JENDL-4.0 in JEFF3.2 z opisom kotne odvisnosti sipanja nevtronov za Fe56 iz knjižice JENDL. Osredotočili smo se na razlog možnih vzrokov za manjše razlike v rezultatih analiz benchmark eksperimentov.

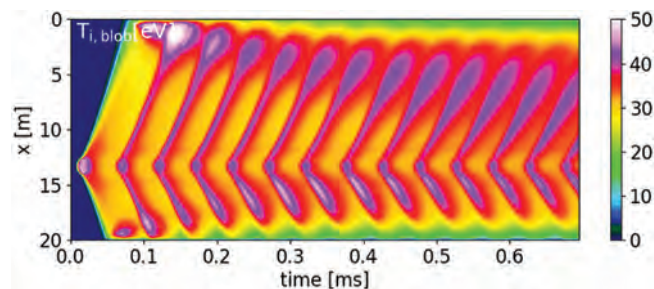
Na temo teh raziskav je M. Hajji septembra 2020 zaključil doktorsko dizertacijo z mešano zagovorno komisijo, v kateri je kot poročevalec sodeloval IJS (I. Kodeli).

Tudi v letu 2020 smo aktivno sodelovali v delovnih skupinah OECD/NEA International Reactor Physics Experiment Evaluation Project (IRPhEP) in International Criticality Safety Benchmark Evaluation Project (ICSBEP), kjer smo prispevali novo evalvacijo referenčnega eksperimenta, ki je vseboval plošče visoko obogatenega urana, moderirane in reflektirane z lucitom. Eksperiment, ki je pomemben za skladiščenje in transport urana, smo opravili ob asistenci kolegov iz ameriškega laboratorija Los Alamos National Laboratory, kjer je bil eksperiment tudi izveden. Predvidoma bo v *Zborniku* objavljen leta 2021.

Leta 2020 smo začeli sodelovati pri evropskem projektu SANDA. IJS sodeluje na več področjih, npr. pri razvoju in uporabi programov za občutljivostne in negotovostne analize, preračune benchmark eksperimentov ter uporabi obeh za validacijo in izboljšanje jedrskih podatkov.

Nadaljevali smo mednarodno sodelovanje pod vodstvom švedskih organizacij Vattenfall, SKB in SSB na področju karakterizacije izrabljenega jedrskega goriva. V tesnem sodelovanju z EC-JRC Geel in SCK • CEN smo opravili izračune v sklopu t. i. slepega testa, kjer smo neodvisno določili zakasnelo toploto nekaj izbranih gorivnih elementov. Skupna objava je v pripravi. Delo se bo še nadaljevalo v okviru NEA OECD.

V okviru sodelovanja z Mednarodno agencijo za atomsko energijo (IAEA) smo sodelovali pri evalvaciji jedrskih podatkov v okviru Mednarodne mreže evaluatorjev jedrskih podatkov INDEN <https://www-nds.iaea.org/INDEN/>. Januarja 2020 je izšla knjižnica nevtronskih dozimetrijskih podatkov IRDFF-II, ki je referenca za nevtronsko dozimetrijo. V tisku je tudi članek, ki opisuje evaluacije jedrskih podatkov za izotope kroma, pri čemer je bil v veliki meri razrešen eden od problemov v podatkih, zaradi katerih so se pojavljala velika odstopanja v reaktivnosti pri simulacijah reaktorskih referenčnih testnih primerov z veliko vsebnostjo kroma oziroma nerjavnega jekla.



Slika 3: Razvoj temperature filameta (v elektronvoltih), dobljen s PIC-MCC simulacijo vlaka filameta, ki vstopajo v odstrgano plast plazme v tokamaku. Pri $x = 0$ se nahaja notranji divertor, pri $x = 13 \text{ m}$ mesto vbrizgavanja filamentov in pri $x = 20 \text{ m}$ zunanji divertor. Naklon barvne sledi podaja ionsko zvočno hitrost. Padec temperature pri obeh divertorjih je posledica binarnih procesov, pri katerih pride do izmenjave naboja med ioni in nevtralnimi atomi. Nevtralni atomi se kopičijo pred divertorjem zaradi recikliranja ionov.

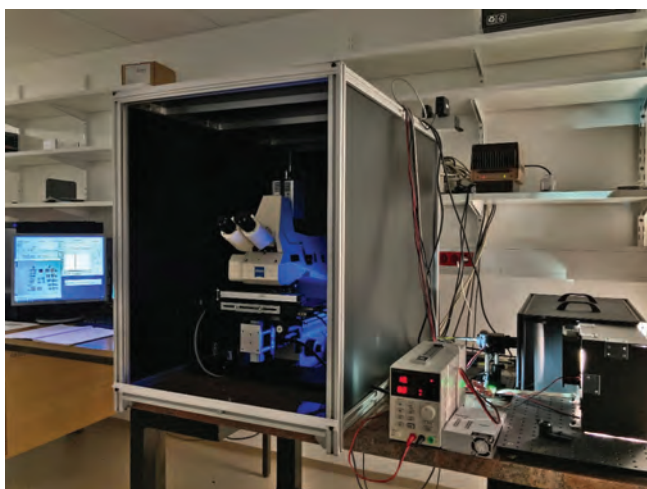
Med pandemijo virusa covid-19 se je povečala potreba po zaščitnih obraznih respiratorjih. Taki respiratorji so tipično namenjeni enkratni uporabi, vendar smo v kriznih razmerah morali poiskati alternativne rešitve. Ena možnost je ponovna uporaba, za katero potrebujemo metodo sterilizacije, ki je učinkovita in ne spremeni filtracijskih lastnosti respiratorja. V sodelovanju z drugimi odseki Instituta "Jožef Stefan" smo obravnavali možnosti sterilizacije z uporabo žarkov gama in elektronov z visoko energijo ter proučili povezavo med obsevanjem, filtracijskimi lastnostmi in površinskim nabojem respiratorja.

Ugotovili smo, da je ionizirajoče sevanje eden od primernih načinov razkuževanja, kadar proizvodnja mask ne more zadovoljiti potreb. Žarki gama in elektroni visoke energije prodirajo globoko v material, zato jih lahko uporabimo za sterilizacijo velike količine respiratorjev v kratkem času. Filtracijsko učinkovitost, ki se izgubi zaradi zmanjšanja površinskega naboja pri obsevanju z žarki gama in elektroni, lahko povrnemo s ponovnim nanosom naboja po obsevanju. Rezultate smo objavili v ugledni reviji *Journal of Membrane Science*.

Laboratorij za fiziko plazme, ki deluje znotraj odseka F-8, je bil tudi leta 2020 v celoti vključen v raziskave konzorcija EUROfusion. Udeleženi smo bili v številnih delovnih paketih (WP) v okviru raziskovalnega delovanja konzorcija. V delovnem paketu MST1 smo bili del mednarodne skupine, ki je raziskovala značilnosti filamentarnega transporta v tokamaku, ko obratuje v načinu visokega zadrževanja (H-mode). Filamentarni transport bo predvidoma glavni način transporta plazme v postrgani plasti prihodnjih tokamakov, npr. reaktorja DEMO. Poudarek je bil na scenarijih, ki so se razlikovali po načinu polnjenja z vzbujanjem devterija. Pomembno smo prispevali tudi s kinetičnimi delčnimi simulacijami (PIC), kjer smo uporabljali lasten simulacijski model za študijo vloge nevtralnih delcev v plazemskih transportnih procesih. Sodelovali smo tudi v WP MST2, kjer smo pomagali s simulacijami toplotnega odziva sondne glave NPH na plazemski toplotni tok. Sondna glava NPH naj bi bila prva naprava, ki bo zmožna hkrati meriti temperaturo elektronov in ionov na isti lokaciji. Poleg tega bo zaradi unikatne uporabe emisijske sonde v tokamaku zmožna tudi neposredne meritve plazemskega potenciala. Narejeni so bili zaključni izračuni ponavljajočega izpostavljanja sondne glave v tokamakih TCV in AUG. Naše delo pri projektu t. i. EUROfusion Enabling Research, naslovljenem Emitirajoči divertor, je vključevalo modeliranje obrnjenega plašča z uporabo analitičnega in delčnega simulacijskega modela, ki smo ju razvili sami. Izkazalo se je, da se modela dobro ujemata in lahko z njima ustrezno opišemo območja obstoja obrnjenega plašča. Nekateri modeli predvidevajo možnost pojava visokoemitirajočega divertorja v prihodnjih tokamakih, kar bi popolnoma spremenilo obnašanje plazme v postrgani plazmi in posledično obnašanje celotnega tokamaka. V sklopu projekta smo organizirali tudi manjšo mednarodno merilno kampanjo na naši linearni magnetizirani plazemski napravi. Z eksperimenti smo poskušali z uporabo eksterne gretnih površin poustvariti, kaj se dogaja v divertorju tokamaka, kadar imamo močno elektronsko emisijo. Nadaljnji eksperimenti so načrtovani za leto 2021. V sodelovanju z Univerzo v Sofiji in IPP.CR smo dokončali raziskave vpliva vpihanja nečistoč na energijsko porazdelitveno funkcijo elektronov (EEDF) v divertorju tokamaka COMPASS. Porazdelitvena funkcija ima velik vpliv na toplotne obremenitve površin, naša naloga pa je bila, da smo razvili model za izračun energijskega toka na divertor. Poleg tega smo prispevali tudi interpretacijo pojava pozitivnega plazemskega potenciala pred površino divertorja.

V letu 2020 smo sodelavci odseka F8 v sodelovanju s kolegi z več drugih evropskih inštitutov/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 ocenili možnost meritve karakteristik nevtronskega spektra za primer plazme TT. Najpomembnejši rezultati so bili primerjava izračunov z meritvami aktivacije vzorcev v JET med C38-DD kampanjo na položaju za dolgotrajna obsevanja vzorcev (angl. Long Term Irradiation Station (O-LTIS)). Rezultati so pokazali dobro ujemanje med izračunano in izmerjeno aktivacijo vzorcev, kar je dobro izhodišče za podobne analize v prihajajoči TT in DT kampanji na JET. Sodelavci odseka F8 so v letu 2020 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 2020 smo sodelovali na novem eksperimentu na FNG napravi v Frascatiju, Water Cooled Lithium Lead (WCLL) benchmarku. Benchmark eksperiment smo modelirali s pomočjo programa XSUN-2017/SUSD3D za transport, občutljivostne in negotovostne analize.



Slika 4: Laboratorij za medicinsko fiziko in mikroskopijo. Na sliki je hiperspektralni mikroskop s kontrolno elektroniko in izvorom enobarvne svetlobe lastne izdelave.

Občutljivostne in negotovostne analize omogočajo optimizacijo meritev ter oceno pričakovanih računskih negotovosti, na podlagi katerih lahko sklepamo na uporabnost meritev za izboljšanje osnovnih nuklearnih podatkov. Na podlagi občutljivostnih in negotovostnih analiz ter primerjave izmerjenih in izračunanih aktivnosti detektorjev v končni fazi sklepamo na kakovost nuklearnih podatkov.

V letu 2020 smo sodelovali na več sestankih OECD/NEA:

1. **Working Party on International Nuclear Data Evaluation Cooperation (WPEC) Subgroup 46 in Subgroup 47 (SG46, SG47).** Koordinator skupine WPEC SG47 na temo *Uporabe celotne baze eksperimentov SINBAD za preveritev jedrskih podatkov* je prof. dr. Ivan A. Kodeli z IJS. V letu 2020 smo organizirali dve srečanji, in sicer maja in decembra (<https://www.oecd-neo.org/science/wpec/sg47/>). Cilj skupine je nadaljnji razvoj SINBAD baze referenčnih eksperimentalnih podatkov. Merske negotovosti so pri teh eksperimentih tipično precej manjše od računskih negotovosti, kar nam ponuja povratne informacije o jedrskih podatkih in validacijo le-teh. Delo skupine se zaključilo leta 2021.
2. **Review Group Meeting IRPhE/ICSBEP/SINBAD** (oktober 2020)
3. Srečanje skupine EGRTS je februarja 2020 potekalo na temo nevtronskih transportnih preračunov in baze eksperimentalnih podatkov SINBAD
4. **Joint European Fission in Fusion File (JEFF):** sestanki potekajo 2-krat letno, na njih pa smo poročali o rezultatih dela na projektih EUROfusion ter o sodelovanju na evropski evalvaciji jedrskih podatkov JEFF. Leta 2020 je izšla tudi referenčna publikacija o JEFF-3.3 knjižici jedrskih presekov v mednarodni reviji *The European Physical Journal A*.

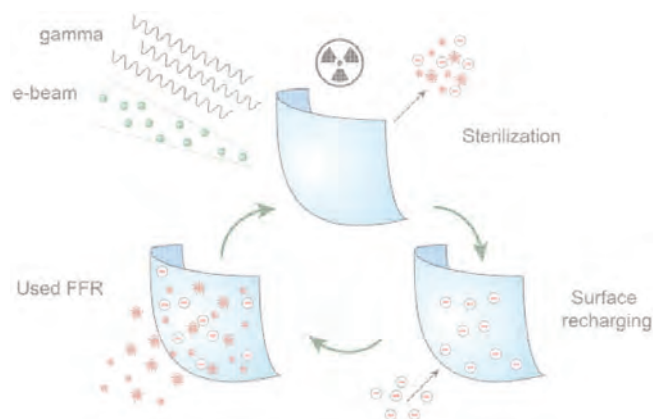
V letu 2020 smo uspešno končali projekt analize sevalnih doz zaradi nebne sija (skyshine) na demonstracijski fuzijski elektrarni DEMO. V okviru projekta smo določili vpliv nebne sija okoli elektrarne med obratovanjem, po zaustavitvi in med remontom, kjer je visoko aktiviran del plašča premaknjen v zgornji del zgradbe. Analize so bile opravljene s pomočjo hibridnih kod za transport nevtronskih delcev in programov, razvitih na IJS. Na podlagi opravljenih analiz smo potrdili, da je primarna debelina ščita ustrezna, pri čemer v nobenem primeru niso presežene mejne predpisane vrednosti doz na izbranih lokacijah. Z dodatno analizo variacije debeline ščita smo določili optimalno debelino ščita. Omenjene analize so pomemben del raziskav za optimizacijo dizajna bodočega fuzijskega reaktorja DEMO.

Sodelovali smo pri delu programske skupine Fuzijske tehnologije, ki je začela delovati 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 enajstih raziskovalcev v tej skupini prihajajo z odseka F8.

V letu 2020 smo nadaljevali **nevtronske analize** v podporo razvoja fuzijske elektrarne DEMO. Ta vpletenost je v prvi polovici leta potekala v okviru projekta EUROfusion Engineering Grant, po zaključku tega projekta pa v okviru EUROfusion nalog. Delo je vključevalo pripravo modelov in testiranje novih konfiguracij tokamaka DEMO. Poudarek je bil na izračunih gretja superprevodnih magnetov zaradi povišanega nevtronskega in gama polja v okolici reaktorja kot posledice integracije različnih sistemov. Analize so tako pokazale nekatere primerne konfiguracije sistemov in uporabne strategije ščitenja, ki bodo v prihodnjih letih uporabljene v novih modelih fuzijske elektrarne DEMO. Te analize so bile pomemben del priprav na pregled dela na razvoju reaktorja DEMO v sklopu zaključka predkonceptne faze, ki se je zaključila konec leta 2020.

V letu 2020 smo aktivno sodelovali v okviru projekta *JET3-NEXP streaming benchmark experiment*. Letos in prejšnje leto, 2019, je potekala tudi nova eksperimentalna kampanja v tako imenovanem DD načinu, ki bo služila za validacijo izračunov nevtronske fluence. Eksperiment se je ponovil s pomočjo termo-luminescentnih detektorjev in aktivacijskih folij. Izračuni nevtronske fluence in reakcijskih hitrosti so bili izvedeni s pomočjo hibridnih (Monte Calo/determinističnih) kod na več eksperimentalnih lokacijah znotraj zgradbe tokamaka. Med novo eksperimentalno kampanjo je bilo dodanih 6 merilnih položajev. Letos je IJS prispeval tudi ključno predanalizo za eksperimentalno kampanjo v TT in DT načinu. Eksperiment se bo izvedel v letu 2021 in 2022.

V letu 2020 smo še naprej sodelovali z inštitutom Culham Centre for Fusion Energy v Angliji prek napotitve podoktorskega raziskovalca na večletno delo v tujini. Tam je v letu 2020 nadaljeval opravljanje vloge odgovorne osebe za plazemske izračune s kodo TRANSP ter 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



Slika 5: Ionizirajoče sevanje je ena od primernih metod za sterilizacijo respiratorjev za enkratno uporabo v časih, ko proizvodnja ne more dohajati povpraševanja. Pokazali smo, da za sterilizacijo lahko uporabimo obsevanje z žarki gama in elektronskim snopom, če po obsevanju ponovno nanese površinski naboj.

z devterijevo in prvič po skoraj dvajsetih letih obratovanja JET tudi tritijevo plazmo. Z analizo eksperimentov s plazemsko transportno kodo TRANSP smo analizirali učinke plazemskega gretja na fuzijsko moč in nevtronski izsev, opravljali študije sinergističnih učinkov sistema za vbrizgavanje nevtronalnih delcev in radiofrekvenčnega gretja ter analizirali učinke hitrih ionov na stabilnost plazme. Med obratovanjem z devterijevo plazmo smo opravljali meritve aktivacije seta In, Al in Fe folij, s pomočjo katerih smo izvedli validacijo računske verige za realistično modeliranje nevtronskega izseva tokamaka JET.

Na področju **medicinske fizike** postaja novovzpostavljeno področje biomedicinske optike primarno področje raziskav. Na tem področju se je nadaljevalo delo na hiperspektralni mikroskopiji. Mikroskop smo spektralno in prostorsko okarakterizirali. Izvedene so bile prve študije na tkivnih fantomih in histoloških preparatih. Hiperspektralna mikroskopija je bila ključen del študentskega PKP projekta PoMIKRO, kjer so študenti fizike, medicine in računalništva z uporabo metod strojnega učenja razločevali različne vrste tumorskih in zdravih tkiv. Raziskovalno delo na področju hiperspektralne mikroskopije je vključeno v doktorsko delo mladega raziskovalca Jošta Stergarja, ki bo bistvena dognanja poročal v okviru svoje disertacije. Nadaljevali smo sodelovanje s kolegi Univerze na Reki na temo uporabe metod strojnega učenja za obdelavo hiperspektralnih slik.

Poleg tega smo nadaljevali raziskave na področjih, ki smo jim tradicionalno posvečali največ pozornosti: modeliranje, analiza slik pozitronske emisijske tomografije (PET) in slikovno vodeno zdravljenje raka. Zaključili smo propektivno študijo z imunoterapijo, ki smo jo izvedli v sodelovanju z Onkološkim inštitutom Ljubljana, kjer smo bolnike z metastatskim pljučnim rakom zdravili z anti-PD-1 imunoterapijo (pembrolizumab) in slikali z računalniško tomografijo (CT) ter fluorodeoksiglukozo (FDG) PET/CT pred zdravljenjem ter 1, 4, 10, 16 in 20 mesecev po zdravljenju. Ugotovili smo, da lahko na podlagi radiomske analize slik PET/CT že pred terapijo pravilno napovemo odziv bolnikov z 80-odstotno natančnostjo, kar je precej bolje od trenutnih standardov. O teh rezultatih smo objavili članek v znanstveni reviji.

Nadaljevali smo tudi modeliranje termičnega transporta za namen termografije v medicini. Na lani razvitem modelu prsta (na osnovi MR slike prsta, 15 različnih struktur) smo se ukvarjali predvsem z optimizacijo mreže, kar omogoča dinamične simulacije in posledično simuliranje šok testov (npr. segrevanja prsta po ohladitvi v mrzli vodi).

Tako kot vsa leta smo tudi letos tesno sodelovali z Univerzo v Wisconsinu, ZDA. Skupini sta v tem letu postali še bolj organizacijsko povezani (redni tedenski sestanki prek Zooma, interne recenzije člankov ...).

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Žohar, A., Lengar, I., Snoj, L., Analysis of water activation in fusion and fission nuclear facilities, *Fusion engineering and design*, 2020, **160**, 111828, 17 str.
2. Radulović, V., Jačimović, R., Pungerčič, A., Vavtar, I., Snoj, L., Trkov, A., Characterization of the neutron spectra in three irradiation channels of the JSI TRIGA reactor using the GRUPINT spectrum adjustment code, *Nuclear data sheets*, 2020, **167**, 61-75
3. Stergar, J., Dolenc, R., Kojc, N., Lakota, K., Perše, M., Tomšič, M., Milanič, M., Hyperspectral evaluation of peritoneal fibrosis in mouse models, *Biomedical optics express*, 2020, **11**, 4, 1991–2006
4. Naglič, P., Zelinskyi, Y., Rogelj, L., Stergar, J., Milanič, M., Novak, J., Kumperščak, B., Bürmen, M., Optical properties of PlatSil SiliGlass tissue-mimicking phantoms, *Biomedical optics express*, 2020, **11**, 7, 3753-3768
5. Valentinuzzi, D., Vrankar, M., Boc, N., Ahac, V., Zupančič, Ž., Unk, M., Škalič, K., Žagar, I., Studen, A., Simončič, U., Eickhoff, J. C., Jeraj, R., [¹⁸F]FDG PET immunotherapy radiomics signature (iRADIOMICS) predicts response of non-small-cell lung cancer patients treated with pembrolizumab, *Radiology and oncology*, 2020, **54**, 3, 285–294
6. Plompen, A. J. M., Cabellos, O., Saint-Jean, C. De, Fleming, M., Algora, A., Angelone, M., Archier, P., Bauge, E., Bersillon, O., Kodeli, I. A., Kos, B., Trkov, A., Žerovnik, G., *et al.*, The joint evaluated fission and fusion nuclear data library, JEFF-3.3, *European physical journal. A, Hadrons and nuclei*, 2020, **56**, 181, 108 str.
7. Kos, B., Sjostrand, H., Kodeli, I. A., Čufar, A., Drenik, A., Lengar, I., Štancar, Ž., Snoj, L., *et al.*, JET Contributors, Nuclear data uncertainty propagation in complex fusion geometries, *Journal of nuclear engineering*, 2020, **1**, 1, 63-69
8. Trkov, A., Griffin, P. J., Simakov, S. P., Greenwood, L. R., Zolotarev, K. I., Capote, R., Aldama, D. L., Chechev, V., Destouche, C., Kahler, A. C., Konno, C., Košťál, M., Majerle, M., Malambum, E., Ohta, M., Pronyaev, V. G., Radulović, V., Saton, S. ... Yashimas, H., IRDFF-II: A new neutron metrology library, *Nuclear Data Sheets*, 2020, **163**, 1–108

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Mednarodna konferenca 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe - NENE 2020, Portorož, 7. 9.–10. 9. 2020, organizator (konferenca v hibridnem formatu – to je osebno in na daljavo)

Nagrade in priznanja

1. Bor Kos: nagrada Best Poster Award za najboljši poster, Portorož, mednarodna konferenca 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe – NENE 2020, september 2020, poster z naslovom TCV Tokamak Neutron Shielding Assessment and Upgrade
2. Domen Kotnik: Prešernova nagrada Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani za magistrsko delo Validacija in praktična uporaba programa za transport nevtronov in fotonov ADVANTG
3. Andrej Žohar: nagrada Young Author Award za najboljši prispevek, Portorož, mednarodna konferenca 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe – NENE 2020, september 2020, prispevek z naslovom Water Activation Experiment and Calculations at JSI TRIGA Research Reactor

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. Strokovno izpopolnjevanje za g. Serhii Kuprianchuk (Ukraina), ICTP-IAEA Sandwich Training Educational program (STEP), 16.02.2019 - 16.05.2019
ICTP - Centro Internazionale di Fisica Teorica
prof. dr. Luka Snoj
5. 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
6. H2020 - EURAD; Evropski skupni program za obvladovanje radioaktivnih odpadkov
European Commission
dr. Vladimir Radulović
7. H2020 - ENEEP; Evropska jedrska eksperimentalna izobraževalna platforma
European Commission
dr. Vladimir Radulović
8. H2020 - SANDA; Določitev natančnih jedrskih podatkov za energetsko in neenergetsko uporabo
European Commission
prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
9. H2020 - ARIEL; Pospeševalniki in raziskovalni reaktorji za izobraževanje in učenje
European Commission
prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
10. H2020 - TOURR; Optimizacija uporabe raziskovalnih reaktorjev v Evropi
European Commission
prof. dr. Luka Snoj
11. H2020 - EUROfusion; Raziskovalna enota - vodenje in administracija RU-FU
European Commission
prof. dr. Luka Snoj
12. H2020 - EUROfusion; Enabling Research-2-FU
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; Izobraževanje-ED-FU
European Commission
prof. dr. Luka Snoj
15. H2020 - EUROfusion; JET Campaigns-JET1-2021-C40
European Commission
dr. Žiga Štancar
16. H2020 - EUROfusion; Kampanje srednje velikih tokamakov-MST1-FU
European Commission
dr. Jernej Kovačič
17. H2020 - EUROfusion; Preparation and Exploitation of Medium Size Tokamaks - WPMST2-FU
European Commission
dr. Jernej Kovačič
18. H2020 - EUROfusion; PMI-PPPT-2-FU: Nuclear data
European Commission
prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
19. H2020 - EUROfusion; Inženirski projekt: Jedrski analitik fuzijskih elektrarn - Modeliranje predlaganih konceptualnih zasnov komponent za DEMO, njihovo testiranje v reaktorskih pogojih in razvoj novih zasnovnih rešitev
European Commission
dr. Aljaž Čufar
20. Validacija naprednih multifizikalnih metod za modeliranje in simulacije jedrskih reaktorjev
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
dr. Vladimir Radulović
21. Uporaba referenčnih „benchmark“ eksperimentov za preveritev in izboljšanje nuklearnih podatkov
prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
22. Optimizacija konverterjev nevtronov za izboljšano delovanje detektorjev nevtronov na osnovi silicijevega karbida
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Luka Snoj
23. 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
24. Razvoj multifizikalnih orodij za preračune transporta plazme in nevtronov v modernih fuzijskih napravah
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
dr. Žiga Štancar
25. 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

PROGRAMI

1. Medicinska fizika
prof. dr. Robert Jeraj
2. Reaktorska fizika
prof. dr. Luka Snoj
3. Fuzijske tehnologije
prof. dr. Igor Lengar

PROJEKTI

1. Analiza jedrskega gretja v reaktorju
prof. dr. Luka Snoj
2. Določitev termičnega preseka za zajetje nevtrona v Am-241 s pomočjo aktivacijskih meritev v reaktorju TRIGA na IJS
dr. Gašper Žerovnik
3. Prispevek k izboljšanju nuklearnih podatkov s pomočjo visoko kakovostnih referenčnih „benchmark“ eksperimentov penetracije sevanja
prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
4. Absolutne radiacijske meritve pri zelo visokih ravnih nevtronskega fluksa med pulziranjem reaktorja
prof. dr. Igor Lengar
5. Elektrokalorični elementi za aktivno hlajenje elektronskih vezij
prof. dr. Luka Snoj

6. Napredne metode za analizo termičnih sipalnih presekov
prof. dr. Luka Snoj
7. Referenčni eksperiment za validacijo modeliranja odziva jedrske instrumentacije na nevtrone in žarke gama
dr. Vladimir Radulović
8. Občutljivost fizikalnih parametrov jedrskega reaktorja na termične jedrske podatke
prof. dr. Andrej Trkov
9. Razvoj metod za izračun nevtronskega polja v zadrževalnem hramu tlačnovodne jedrske elektrarne
prof. dr. Andrej Trkov
10. Stabilnost jedrskih reaktorjev pri obratovanju v načinu sledenja bremenu
prof. dr. Luka Snoj
11. Član mednarodnega odbora - IGOR LENGAR - Upravni odbor «Fusion for Energy - F4E»
prof. dr. Igor Lengar
12. Pogodba ICERR za sprejem osebja partnerskih institucij CEA v okviru programa Mednarodnega raziskovalnega centra za raziskovalne reaktorje, v raziskovalnih centrih v Saclay-u in Cadarache-u
prof. dr. Luka Snoj
13. Obsevanje glikolov
prof. dr. Luka Snoj
14. Obsevanja na reaktorju TRIGA
prof. dr. Luka Snoj
15. Kritičnost in transport nevtronov v reaktorski sredici
dr. Vladimir Radulović

16. MCNP simulacije predhodnega dizajna za nevtronsko ščitenje TCV
dr. Bor Kos
17. Obsevanje kapsul FI-TIMS na reaktorju TRIGA za 2020-2022
prof. dr. Luka Snoj
18. Obsevanje vzorcev z uporabo tehnologije za določan
prof. dr. Luka Snoj

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Izdelava neodvisnega strokovnega mnenja glede dokumenta „KRŠKO - Assessment of „Increased Cycle Burnup“ for Reload Safety Evaluation“: strokovno mnenje - preliminarna faza
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
doc. dr. Marjan Kromar
2. Optimizacija vlaganja v zabojnike za suho skladiščenje - SFDS
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
doc. dr. Marjan Kromar
3. Podpora pri pregledih in izračunih v projektu SFDS za 2020 in 2021
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
prof. dr. Luka Snoj
4. L2-2612 Sofinanciranje L-projekta: Stabilnost jedrskih reaktorjev pri obratovanju v načinu sledenja bremenu
GEN energija, d. o. o.
prof. dr. Luka Snoj

OBISKI

1. dr. Takihiro Makino, QST - National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, Takasaki, Anagawa, Japonska, 3. 2.-7. 2. 2020
2. Arran Plant, Lancaster University, Engineering Department, Lancaster, Anglija, 17. 2.-21. 2. 2020
3. dr. Aidan Reilly, United Kingdom Atomic Energy Authority, Abingdon, Anglija, 20. 2.-21. 2. 2020
4. dr. James P. Gunn, Institut de Recherches sur la Fusion Magnétique, Saint Paul Lez Durance, Francija, 24. 2.-6. 3. 2020
5. prof. Tsviatko K. Popov, Univerza v Sofiji St. Kliment Ohridski, Fakulteta za fiziko, Sofija, Bolgarija, 24. 2.-6. 3. 2020
6. dr. Daniel de A. M. Campolina, Nuclear Technology Development Centre, Belo Horizonte, MG, Brazilija, 7. 3.-3. 4. 2020 (gost je predčasno zaključil obisk zaradi epidemije covid-19)
7. Serhii Kupriianchuk, Institute for Safety Problems of NPPs, Ukraine's National Academy of Sciences, Kijev, Ukrajina, 7. 3.-7. 6. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

1. Aljaž Čufar, Tanja Goričanec, Ivan Aleksander Kodeli, Jernej Kovačič, Bor Kos, Domen Kotnik, Marjan Kromar, Igor Lengar, Anže Pungercič, Vladimir Radulović, Luka Snoj, Ingrid Švajger, Andrej Trkov, Bojan Žefran, Andrej Žohar, udeležba na konferenci Nuclear Energy for New Europe - NENE 2020, Portorož, 7.-10. 9. 2020 (13 prispevkov)
2. Ivan Aleksander Kodeli, udeležba na sestanku WPRS EGRTS, sodelovanje pri projektih EUROfusion in projektu CEA, NEA - Nuclear Energy Agency, Pariz, Francija, 19. 2.-25. 2. 2020
3. Ivan Aleksander Kodeli, Andrej Trkov, Gašper Žerovnik, udeležba na NEA 32nd WPEC Meetings, 11. 5.-15. 5. 2020 (virtualno)
4. Ivan Aleksander Kodeli, nadaljevalni sestanek na CEA projektu, CEA, Cadarache, Francija, 16. 9.-19. 9. 2020
5. Ivan Aleksander Kodeli, Bor Kos, Andrej Trkov, Gašper Žerovnik, udeležba na NEA Nuclear Data Week, 24. 11.-27. 11. 2020 (virtualno)
6. Domen Kotnik, Igor Lengar, Luka Snoj, Andrej Žohar, udeležba na konferenci 31st Symposium on Fusion Technology - SOFT 2020, 21. 9.-25. 9. 2020 (4 prispevki, virtualno)
7. Igor Lengar, udeležba na konferenci ANS 2020 Virtual Winter Meeting, 16. 9.-19. 9. 2020 (1 prispevek, virtualno)
8. Jan Malec, udeležba z vabilom na sestankih glede evaluacije podatkov, Mednarodna agencija za atomsko energijo, Dunaj, Avstrija, 5. 1.-17. 1. 2020
9. Matija Milanič, Urban Simončič, udeležba na konferenci APS March Meeting 2020, Denver, Colorado, ZDA, 2. 3.-6. 3. 2020 (3 prispevki, virtualno)
10. Vladimir Radulović, udeležba z vabilom na delovnem sestanku, Mednarodna agencija za atomsko energijo, Dunaj, Avstrija, 18. 2.-21. 2. 2020
11. Vladimir Radulović, delovni obisk na National Institutes for Quantum and Radiological Science - QST, Takasaki, Japonska, 15. 3.-17. 3. 2020
12. Luka Snoj, Ingrid Švajger, udeležba na European Research Reactor Conference Online 2020, 12. 10.-15. 10. 2020 (2 prispevka, virtualno)
13. Andrej Trkov, CSEWG 2020 Meeting (Cross Section Evaluation Working Group, USA), 30. 11.- 4. 12. 2020 (virtualno)
14. Damijan Valentinuzzi, udeležba na konferenci 7th Slovenian Pneumology, Allergology and Immunology Congress, 10. 12.-12. 12. 2020 (1 prispevek, virtualno)
15. Gašper Žerovnik, udeležba na 10th Serpent User Group Meeting, 27. 10.-30. 10. 2020 (1 prispevek, virtualno)

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Klemen Ambrožič: Testna predstavitev doktorata, 11. 5. 2020
2. Daniel de A. M. Campolina, Nuclear Technology Development Centre, Belo Horizonte, MG, Brazilija: Activities of the Nuclear Technology Development Centre in Brasil, 1. 4. 2020
3. Stefan Costea: Progress on the first fully-kinetic particle approach on transport and dynamics of filaments in the SOL plasma of tokamaks, 23. 6. 2020
4. Dušan Čalič: Uporaba metode Monte Carlo za izvedbo referenčnih preračunov sredice lahkovodnih reaktorjev, 12. 6. 2020
5. Sašo Džeroski: Artificial intelligence for science, 19. 11. 2020
6. James P. Gunn, Institut de Recherches sur la Fusion Magnétique, Saint Paul Lez Durance, Francija: Final design of ITER divertor: physics-based risk analysis, 5. 3. 2020
7. Domen Kotnik: Characterization of particle transport for shielding applications in large tokamaks, 10. 4. 2020
8. Serhii Kupriianchuk, Institute for Safety Problems of NPPs, Ukraine's National Academy of Sciences, Kijev, Ukrajina: Problems of modelling of fuel-containing materials in Shelter objects of Unit 4 of ChNPP, 12. 5. 2020
9. Takihiro Makino, QST - National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, Takasaki, Anagawa, Japonska: A Study of the Radiation Effects for the Space Use Semiconductor Devices in QST, 6. 2. 2020
10. Stefano Marciano: Personal presentation (BSc and MSc projects, hometown, university, etc.), 5. 10. 2020
11. Vladimir Radulović: E-SiCure 1 in E-SiCure 2 (Engineering Silicon Carbide for Border and Port Security) - predstavitev raziskovalnih projektov, 7. 12. 2020
12. Jošt Stergar, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana: Laboratorij za hiperspektralno mikroskopijo, 18. 2. 2020
13. Žiga Štancar: Overview of JET's experimental campaign and plasma modelling projects, 29. 5. 2020
14. Andrej Trkov: Aktivnosti s področja jedrskih podatkov na IAEA (2014-2020), 21. 4. 2020
15. Andrej Trkov: A New Paradigm on Plastic Waste, 13. 8. 2020
16. Ingrid Vavtar - Švajger: The impact of uncertainty in thermal scattering on nuclear reactor parameters, 9. 4. 2020
17. Gašper Žerovnik: Nuclear data requirements for LWR fuel depletion calculations, 19. 5. 2020

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Stefan Costea: Max-Planck Institute for Plasma Physics, Garching, Nemčija, 1. 3.-6. 3. 2020 (udeležba na eksperimentu EUROfusion MST1-T16 na tokamaku AUG)
2. Ivan Aleksander Kodeli, Culham Centre for Fusion Energy (CCFE), Abingdon, Oxfordshire, Velika Britanija, 1. 2.-31. 12. 2020 (raziskovalno delo v okviru projekta PMU, EUROfusion)
3. Žiga Štancar: Culham Centre for Fusion Energy (CCFE), Abingdon, Oxfordshire, Velika Britanija, 1. 1.-31. 12. 2020 (raziskovalno delo v okviru projekta EUROfusion Secondment -JET1)
4. Gašper Žerovnik, Joint Research Centre, Geel, Belgija, 1. 1.-31. 12. 2020 (podoktorsko usposabljanje)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. dr. Dušan Čalič
2. prof. dr. Tomaž Gyergyek*, znanstveni svetnik
3. prof. dr. Robert Jeraj, znanstveni svetnik
4. prof. dr. Ivan Aleksander Kodeli
5. doc. dr. Marjan Kromar
6. prof. dr. Igor Lengar
7. doc. dr. Matija Milanič*
8. dr. Vladimir Radulović
9. dr. Urban Simončič*
10. **prof. dr. Luka Snoj, vodja odseka**
11. prof. dr. Andrej Trkov, znanstveni svetnik
12. dr. Gašper Žerovnik

Podoktorski sodelavci

13. Stefan Costea, Master, Fizica, Romunija
14. dr. Aljaž Čufar
15. dr. Bor Kos
16. dr. Jernej Kovačič
17. *dr. Vid Merljak, odšel 21. 1. 2020*
18. dr. Žiga Štancar

Mlajši raziskovalci

19. *Klemen Ambrožič, mag. jedr. teh., odšel 16. 5. 2020*
20. Tanja Goričanec, mag. jedr. teh.
21. Domen Kotnik, mag. jedr. teh.
22. Jan Malec, mag. fiz.
23. Stefano Marciano, Msc.
24. Anže Pungertič, mag. jedr. teh.
25. Ingrid Švajger, mag. jedr. teh.
26. *dr. Damijan Valentinuzzi, odšel 2. 11. 2020*
27. Andrej Žohar, mag. jedr. teh.

Tehniški in administrativni sodelavci

28. Slavko Slavič, prof. mat.
29. Saša Škof, dipl. fin. mat. (UN)
30. 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, New York, 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. Ecole National Supérieure d'Informatique pour l'Industrie et l'entreprise (ENSIE), 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, Madrid, Španija
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. Domen Kotnik, Bor Kos, Dušan Čalič, Luka Snoj, "Use of ADVANTG to analyse skyshine γ -dose rates around a silo type LILW repository", *Annals of Nuclear Energy*, 2020, **145**, 107585. [COBISS.SI-ID 19179011]
2. Jan Malec, Dan Toškan, Luka Snoj, "PC-based JSI research reactor simulator", *Annals of Nuclear Energy*, 2020, **146**, 107630. [COBISS.SI-ID 20395011]
3. Marcella Cagnazzo *et al.* (16 avtorjev), "The European nuclear experimental educational platform (ENEPP) for education and training", *Atv. Internationale Zeitschrift für Kernenergie*, 2020, **65**, 5, 251-256. [COBISS.SI-ID 15714563]
4. Jošt Stergar, Rok Dolenc, Nika Kojc, Katja Lakota, Martina Perše, Matija Tomšič, Matija Milanič, "Hyperspectral evaluation of peritoneal fibrosis in mouse models", *Biomedical optics express*, 2020, **11**, 4, 1991-2006. [COBISS.SI-ID 3414372]
5. Peter Naglič, Yevhen Zelinskyi, Luka Rogelj, Jošt Stergar, Matija Milanič, Jure Novak, Borut Kumperščak, Miran Bürnen, "Optical properties of PlatSil SiliGlass tissue-mimicking phantoms", *Biomedical optics express*, 2020, **11**, 7, 3753-3768. [COBISS.SI-ID 19976451]
6. Tomislav Brodar, Luka Bakrač, Ivana Capan, Takeshi Ohshima, Luka Snoj, Vladimir Radulović, Željko Pastuović, "Depth profile analysis of deep level defects in 4H-SiC introduced by radiation", *Crystals*, 2020, **10**, 845-861. [COBISS.SI-ID 32100099]
7. A.J.M. Plompen *et al.* (80 avtorjev), "The joint evaluated fission and fusion nuclear data library, JEFF-3.3", *European physical journal. A, Hadrons and nuclei*, 2020, **56**, 181. [COBISS.SI-ID 22761219]
8. Ivan Aleksander Kodeli, Aljaž Čufar, "Validation of DT source term modelling in MCNP and MCUNED codes against SINBAD fusion benchmarks", *Fusion engineering and design*, 2020, **154**, 111542. [COBISS.SI-ID 52255747]
9. S. Garavaglia *et al.* (15 avtorjev), "EU DEMO EC equatorial launcher pre-conceptual performance studies", *Fusion engineering and design*, 2020, **156**, 111594. [COBISS.SI-ID 52251395]
10. Boštjan Končar, Martin Draksler, Jernej Kovačič, Bernd Sebastian Schneider, Codrina Ioniță, Tomaž Gyergyek, Cedric Kar-Wai Tsui, Roman Schrittwieser, "Analysis of thermal response of new diagnostic probe in TCV", *Fusion engineering and design*, 2020, **156**, 111744. [COBISS.SI-ID 14775043]
11. Aljaž Čufar, Christian Bachmann, T. Eade, D. Flammini, C. Gliss, Ivan Aleksander Kodeli, Domenico Marzullo, Giuseppe Mazzone, C. Vorpahl, A. Wilde, "Shielding concept and neutronic assessment of the DEMO lower remote handling and pumping ports", *Fusion engineering and design*, 2020, **157**, 111615. [COBISS.SI-ID 52247043]
12. Thomas Franke *et al.* (14 avtorjev), "The EU DEMO equatorial outboard limiter - design and port integration concept", *Fusion engineering and design*, 2020, **158**, 111647. [COBISS.SI-ID 52240387]
13. Andrej Žohar, Igor Lengar, Luka Snoj, "Analysis of water activation in fusion and fission nuclear facilities", *Fusion engineering and design*, 2020, **160**, 111828. [COBISS.SI-ID 20616195]
14. P. Spaeh, Christian Bachmann, R. Chavan, Aljaž Čufar, Thomas Franke, Dirk Strauss, Minh Quang Tran, "Structural pre-conceptual design studies for an EU DEMO equatorial EC port plug and its port integration", *Fusion engineering and design*, 2020, **161**, 111885. [COBISS.SI-ID 52235523]
15. Andrej Žohar, Anže Pungerčič, Klemen Ambrožič, Vladimir Radulović, Igor Lengar, Luka Snoj, "Analysis of irradiation experiments with activated water radiation source at the JSI TRIGA Research Reactor", *Fusion engineering and design*, 2020, **161**, 111946. [COBISS.SI-ID 24970243]
16. R. Worrall, Bethany Colling, M. R. Gilbert, E. Litherland-Smith, C. R. Nobs, L. W. Packer, C. Wilson, Andrej Žohar, "The development, testing and comparison of unfolding methods in SPECTRA-UF for neutron spectrometry", *Fusion engineering and design*, 2020, **161**, 112038. [COBISS.SI-ID 33881859]
17. Boštjan Končar, Oriol Costa Garrido, Martin Draksler, A. Herrmann, Jernej Kovačič, Codrina Ioniță, Roman Schrittwieser, "Analysis of thermal and structural responses of a new diagnostic probe to repeated exposure in ASDEX upgrade tokamak", *Fusion engineering and design*, 2020, **161**, 112047. [COBISS.SI-ID 35267331]
18. Adrien Gruel, Klemen Ambrožič, Christophe Destouches, Vladimir Radulović, A. Sardet, Luka Snoj, "Gamma-heating and Gamma flux measurements in the JSI TRIGA Reactor: results and prospects", *IEEE transactions on nuclear science*, 2020, **67**, 4, 559-567. [COBISS.SI-ID 13526019]
19. Bor Kos, Henrik Sjostrand, Ivan Aleksander Kodeli and JET Contributors, "Nuclear data uncertainty propagation in complex fusion geometries", *Journal of nuclear engineering*, 2020, **1**, 1, 63-69. [COBISS.SI-ID 41490947]
20. Andrej Trkov *et al.* (24 avtorjev), "IRDFF-II: A new neutron metrology library", *Nuclear data sheets*, 2020, **163**, 1-108. [COBISS.SI-ID 33122087]
21. Vladimir Radulović, Radojko Jačimović, Anže Pungerčič, Ingrid Vavtar, Luka Snoj, Andrej Trkov, "Characterization of the neutron spectra in three irradiation channels of the JSI TRIGA reactor using the GRUPINT spectrum adjustment code", *Nuclear data sheets*, 2020, **167**, 61-75. [COBISS.SI-ID 25625091]
22. the ASDEX Upgrade Team, the TCV Team and the EUROfusion MST1 Team, Nicola Vianello *et al.*, "Scrape-off layer transport and filament characteristics in high-density tokamak regimes", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 1, 016001. [COBISS.SI-ID 32922407]
23. V.G. Kiptily *et al.* (16 avtorjev) and JET Contributors, "Excitation of elliptical and toroidal Alfvén Eigenmodes by ^3He -ions of the MeV-energy range in hydrogen-rich JET plasmas", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 11, 112003. [COBISS.SI-ID 17920003]
24. Yevgen Kazakov *et al.* (22 avtorjev) and JET Contributors, "Plasma heating and generation of energetic D ions with the 3-ion ICRF + NBI scenario in mixed H-D plasmas at JET-ILW", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 11, 112013. [COBISS.SI-ID 27118595]
25. Massimo Nocente *et al.* (47 avtorjev) and JET Contributors, "Generation and observation of fast deuterium ions and fusion-born alpha particles in JET D-3He plasmas with the 3-ion radio-frequency heating scenario", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 12, 124006. [COBISS.SI-ID 32095235]
26. Ivana Capan, Tomislav Brodar, Yuichi Yamazaki, Yuya Oki, Takeshi Ohshima, Yoji Chiba, Yasuto Hijikata, Luka Snoj, Vladimir Radulović, "Influence of neutron radiation on majority and minority carrier traps in n-type 4H-SiC", *Nuclear instruments & methods in physics research. Section B, Beam interactions with materials and atoms*, 2020, **478**, 224-228. [COBISS.SI-ID 23350019]
27. Vladimir Radulović *et al.* (11 avtorjev), "Silicon carbide neutron detector testing at the JSI TRIGA reactor for enhanced border and port security", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment*, 2020, **972**, 164122. [COBISS.SI-ID 16684803]
28. Gregor Kramberger, Klemen Ambrožič, U. Gürer, Bojan Hiti, H. Karacali, Igor Mandić, E. Yilmaz, O. Yilmaz, Marko Zavrtanik, "Development of MOS-FET dosimeters for use in high radiation fields", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment*, 2020, **978**, 164283. [COBISS.SI-ID 21159939]
29. Tomaž Gyergyek, Jernej Kovačič, Iñaki Gómez Alonso, James Paul Gunn, Stefan Costea, Miran Mozetič, "Kinetic model of an inverted sheath in a bounded plasma system", *Physics of plasmas*, 2020, **2**, 023520. [COBISS.SI-ID 12898644]
30. the COMPASS team and the EUROfusion MST1 Team, Miglena Dimitrova *et al.*, "Impact of impurity seeding on the electron energy distribution function in the COMPASS divertor region", *Plasma physics and controlled fusion*, 2020, **62**, 12, 125015. [COBISS.SI-ID 39256323]
31. Klemen Ambrožič, Luka Snoj, "JSIR2S code for delayed radiation simulations: Validation against measurements at the JSI TRIGA reactor", *Progress in Nuclear Energy*, 2020, **129**, 103498. [COBISS.SI-ID 27529731]
32. Anže Pungerčič, Dušan Čalič, Luka Snoj, "Computational burnup analysis of the TRIGA Mark II research reactor fuel", *Progress in Nuclear Energy*, 2020, **130**, 103536. [COBISS.SI-ID 37000963]
33. Damijan Valentinuzzi *et al.* (12 avtorjev), "[^{18}F]FDG PET immunotherapy radiomics signature (iRADIOMICS) predicts response of non-small-cell lung cancer patients treated with pembrolizumab", *Radiology and oncology*, 2020, **54**, 3, 285-294. [COBISS.SI-ID 24723203]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Damijan Valentinuzzi, Robert Jeraj, "Computational modelling of modern cancer immunotherapy", *Physics in Medicine & Biology*, 2020, **65**, 24tr01. [COBISS.SI-ID 44293379]

STROKOVNI ČLANEK

1. Eva Rebec, Urban Simončič, Matej Perovnik, "Parkinsonizmi in medicinsko slikanje", *Življenje in tehnika*, 2020, **71**, 11, 68-75. [COBISS.SI-ID 38842371]

OBJAVLJENA ZNANSTVENA PRISPEVKA NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. J. Y. Ferrandis, O. Gatsa, P. Combette, D. Fourmentel, Christophe Destouches, Vladimir Radulović, Luka Snoj, "Acoustic instrumentation of the new generation of MTR: effect of nuclear radiation on modified Bismuth Titanate piezoelectric elements", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04012. [COBISS.SI-ID 33098535]
2. Luka Snoj *et al.* (22 avtorjev), "Radiation hardness studies and detector characterisation at the JSI TRIGA reactor", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04031. [COBISS.SI-ID 13466115]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Iñaki Gómez Alonso, Anej Valič, Tomaž Gyergyek, Stefan Costea, Jernej Kovačič, "Particle-in-cell simulations of an inverted sheath", V: *21st International Summer School on Vacuum, Electron and Ion Technologies, 23-27 September 2019, Sozopol, Bulgaria*, Proceedings, (Journal of Physics: Conference Series **1492**), IOP Publishing, 2020, 012004. [COBISS.SI-ID 17998083]
2. Bor Kos, Theodora Vasilopoulou, Scott W. Mosher, Ivan Aleksander Kodeli, Robert E. Grove, Jonathan Naish, Barbara Obryk, Rosaria Villari, Paola Batistoni and JET Contributors, "Analysis of DD, TT and DT neutron streaming experiments with the ADVANTG code", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 02003. [COBISS.SI-ID 33100583]
3. Aljaž Čufar *et al.* (13 avtorjev) and JET Contributors, "Detailed reproduction of the neutron emission from the compact DT neutron generator used as an in-situ 14 MeV calibration neutron source at JET", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 02005. [COBISS.SI-ID 33161255]
4. Tanja Goričanec, Domen Kotnik, Žiga Štancar, Luka Snoj, Marjan Kromar, "Predicting ex-core detector response in a PWR with Monte Carlo neutron transport methods", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 03007. [COBISS.SI-ID 33102375]
5. Andrej Žohar, Anže Pungertič, Klemen Ambrožič, Vladimir Radulović, Anže Jazbec, Sebastjan Rupnik, Igor Lengar, Luka Snoj, "Conceptual design of irradiation facility with 6 MeV and 7 MeV gamma rays at the JSI TRIGA Mark II research reactor", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04014. [COBISS.SI-ID 33099559]
6. Igor Lengar, Sebastjan Rupnik, Andrej Žohar, Vid Merljak, Marjan Kromar, Luka Snoj, "Usage of multiple fission cells for neutron flux measurements during rod-insertion method", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings,

- (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04024. [COBISS.SI-ID 33102887]
7. Ingrid Vavtar, Anže Pungertič, Luka Snoj, "Utilisation of JSI TRIGA pulse experiments for testing of nuclear instrumentation and validation of transient models", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04027. [COBISS.SI-ID 33103143]
8. Anže Jazbec, Bor Kos, Vladimir Radulović, Klemen Ambrožič, Luka Snoj, "Determination of backscattered neutrons/gammas from open beam port of a research reactor", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04032. [COBISS.SI-ID 13470467]
9. Klemen Ambrožič, D. Fourmentel, H. Carcreff, Vladimir Radulović, Luka Snoj, "Computational support on the development of nuclear heating calorimeter detector design", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04033. [COBISS.SI-ID 13473795]
10. Klemen Ambrožič, Klaudia Malik, B. Obryk, Luka Snoj, "JSI TRIGA neutron and gamma field characterization by TLD measurements", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04034. [COBISS.SI-ID 13476867]
11. Vladimir Radulović *et al.* (11 avtorjev), "E-SiCure collaboration project: silicon carbide material studies and detector prototype testing at the JSI TRIGA reactor", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 07007. [COBISS.SI-ID 33099815]
12. A. G. Plant, V. Najdanović-Visak, M. J. Joyce, Luka Snoj, Anže Jazbec, "Producing useful chemicals using a nuclear reactor", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 09003. [COBISS.SI-ID 33103399]
13. Bor Kos, R. E. Grove, Ivan Aleksander Kodeli, "From CAD to Nuclear Data S/U for Shielding Applications", V: *ANS Annual meeting 2020*, Proceedings, (Transactions of the American Nuclear Society **122** 1), ANS, 2020, 625-628. [COBISS.SI-ID 26643715]
14. Ingrid Vavtar, Dušan Čalič, Anže Pungertič, Luka Snoj, "Evaluation of approximation and uncertainties in theoretical models describing pulse mode operation", V: *RRFM 2020, European Research Reactor Conference*, Proceedings, ENS, 2020. [COBISS.SI-ID 37015299]
15. Andrej Trkov, D. E. Cullen, Daniel Aldama, "On the self-shielding in the unresolved resonance range", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 201. [COBISS.SI-ID 48839171]
16. Anže Pungertič, Valerio Mascolino, Alireza Haghighat, Luka Snoj, "Extension of RAPID for TRIGA reactor real-time 3D burnup calculations", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 202. [COBISS.SI-ID 48841219]
17. Marjan Kromar, Bojan Kurinčič, "Comparison of the ENDF/B-VII.0, ENDF/B-VII.1, ENDF/B-VIII.0 and JEFF-3.3 libraries for the nuclear design calculations of the NPP Krško with the CORD-2 system", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 203. [COBISS.SI-ID 48842755]
18. Tanja Goričanec, Andrej Trkov, Klemen Ambrožič, Luka Snoj, Marjan Kromar, "Effect of nuclear data libraries on PWR ex-core detector response", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 206. [COBISS.SI-ID 48847107]
19. Ingrid Vavtar, Andrej Trkov, Luka Snoj, "Methodology for thermal neutron scattering cross sections determination", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 207. [COBISS.SI-ID 48849155]
20. Valerio Mascolino, Alireza Haghighat, Vladimir Radulović, Luka Snoj, "Experimental validation of RAPID based on JSI TRIGA reactor dosimetry", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 209. [COBISS.SI-ID 48852995]

21. Luka Štrubelj, Dušan Čalič, Klemen Debelak, "3D reactor core numerical simulation", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 210. [COBISS.SI-ID 48854787]
 22. Anže Pungertič, Luka Snoj, "Evaluation of angular burnup in the JSI TRIGA fuel element", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 211. [COBISS.SI-ID 48856835]
 23. Klemen Ambrožič, V. Lamirand, Sebastian Hübner, M. Hursin, Adolfo Rais, O. Pakari, A. Laureau, P. Frajtag, C. Fiorina, A. Pautz, "Noise analysis techniques of in-core modulation experiments for the European project CORTEX", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 212. [COBISS.SI-ID 48864003]
 24. Anže Mihelčič, Anže Pungertič, Luka Snoj, "Modelling of OPEN100 reactor with Serpent-2", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 218. [COBISS.SI-ID 48867331]
 25. Tanja Goričanec, Sebastjan Rupnik, Anže Jazbec, Luka Snoj, "On the optimisation of large sample in-core irradiation channel in the JSI TRIGA reactor", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 301. [COBISS.SI-ID 48870403]
 26. Andrej Žohar, Vladimir Radulović, Anže Jazbec, Igor Lengar, Sebastjan Rupnik, Luka Snoj, "Water activation experiments and calculations at JSI TRIGA research reactor", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 302. [COBISS.SI-ID 48874499]
 27. Anže Jazbec, Sebastjan Rupnik, Vladimir Radulović, Jan Malec, Andraž Verdir, Marko Rosman, Borut Smodiš, Luka Snoj, "Jožef Stefan Institute TRIGA research reactor activities in the period from September 2019 - August 2020", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 304. [COBISS.SI-ID 48880643]
 28. Vladimir Radulović, Ingrid Vavtar, Igor Lengar, L. Barbot, G. De Izarra, M. Cargnelutti, D. Bisiach, "Feasibility of reactor pulse operation at the JSI TRIGA reactor for nuclear instrumentation detector testing at very high neutron flux levels", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 305. [COBISS.SI-ID 48883971]
 29. Domen Kotnik, Bor Kos, Igor Lengar, "Use of ADVANTG to analyse skyshine dose rates around DEMO", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 501. [COBISS.SI-ID 48887555]
 30. Bor Kos, Henri Weisen, Patrick Blanchard, Jérémie Dubray, Basil Duval, Duccio Testa, Matteo Vallar, Luka Snoj, "TCV Tokamak neutron shielding assessment and upgrade", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 503. [COBISS.SI-ID 48889859]
 31. Igor Lengar, Andrej Žohar, Domen Kotnik, "Transport calculations in circular symmetric geometries - Application to fusion tokamak sector models", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 512. [COBISS.SI-ID 49054723]
 32. Ivan Aleksander Kodeli, "20 Years of Slovenian neutronics activities within EU fusion programme", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 515. [COBISS.SI-ID 49056259]
 33. Andrej Trkov, Luka Snoj, Stane Merše, Johannes Teun van Elteren, Blaž Likozar, "A new paradigm on plastic waste (plastics - the problem or the solution)", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 601. [COBISS.SI-ID 49060611]
 34. I. Tsitsimpelis, A. West, Anže Jazbec, Luka Snoj, B. Lennox, Philippe A. Martin, M. J. Joyce, "Remote radiation inspection of Jožef Stefan Institute TRIGA Mark II reactor using a mobile robotic platform", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 608. [COBISS.SI-ID 49072643]
 35. Robert Bernat, Ivana Capan, Zoran Ereš, Vladimir Radulović, Klemen Ambrožič, Luka Snoj, Takahiro Makino, Takeshi Ohshima, Željko Pastuović, Adam Sarbutt, "Optimization of 4H-SiC neutron detector efficiency for enhanced border and port security", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 609. [COBISS.SI-ID 49078019]
 36. A. G. Plant, V. Najdanović-Visak, M. J. Joyce, Bor Kos, Anže Jazbec, Luka Snoj, "In-situ acid generation to catalyse solketal production from glycerol using ionizing irradiation from a TRIGA reactor", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1108. [COBISS.SI-ID 49079811]
 37. Jan Malec, Luka Snoj, "Teaching of reactor physics using a real-time research reactor simulator during COVID-19 induced lockdown", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1603. [COBISS.SI-ID 49085443]
 38. B. Vrban *et al.* (16 avtorjev), "Concept of education and training provided by the European nuclear experimental educational platform (ENEPP)", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1607. [COBISS.SI-ID 49088515]
- ## STROKOVNI MONOGRAFIJI
1. P. Schillebeeckx *et al.* (11 avtorjev), *A non-destructive method to determine the neutron production rate of a sample of spent nuclear fuel under standard controlled area conditions*, (JRC Tehnical report EUR 30379 EN), European Commission, 2020. [COBISS.SI-ID 32089091]
 2. O. Cabellos *et al.* (15 avtorjev), *Improving nuclear data accuracy of the Am²⁴¹ capture cross-section*, NEA, 2020. [COBISS.SI-ID 24023043]
- ## DRUGO UČNO GRADIVO
1. Bor Kos, *Adjoint transport equation: predavanje v okviru predmeta Fizika fizijskih reaktorjev*, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2020. [COBISS.SI-ID 52261635]
 2. Marjan Kromar, *Časovno odvisno dogajanje v reaktorju in njegovo upravljanje: Predavanja v okviru predmeta Osnove jedrskih energetskih sistemov*, Fakulteta za energetiko, Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko, 2020. [COBISS.SI-ID 45640707]
 3. Marjan Kromar, *Jedrski energetski sistemi, jedrski reaktor - gorivo in gorivni cikel: Predavanja v okviru predmeta Osnove jedrskih energetskih sistemov*, Fakulteta za energetiko, Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko, 2020. [COBISS.SI-ID 45639171]
 4. Marjan Kromar, *Nuclear core design calculations: Predavanje v okviru predmeta Fizika fizijskih reaktorjev*, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, Fakulteta za matematiko in fiziko, 2020. [COBISS.SI-ID 45634819]
 5. Marjan Kromar, *Osnove atomske in jedrske fizike: Predavanja v okviru predmeta Osnove jedrskih energetskih sistemov*, Fakulteta za energetiko, Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko, 2020. [COBISS.SI-ID 45636355]
- ## DOKTORATI IN MENTORSTVO
1. Klemen Ambrožič, *Karakterizacija polja žarkov gama v reaktorju IJS TRIGA: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Luka Snoj). [COBISS.SI-ID 16825859]
 2. Anže Jazbec, *Izračun nevtronskega in gama doznega polja znotraj reaktorske hale reaktorja TRIGA Mark II na IJS: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Luka Snoj). [COBISS.SI-ID 49249795]
 3. Bor Kos, *Uporaba hibridnih metod za transport nevtronov in analizo občutljivosti: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Ivan A. Kodeli; somentor Scott W. Mosher). [COBISS.SI-ID 3411300]
 4. Damijan Valentinuzzi, *Fizikalni modeli imunoterapije: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Robert Jeraj). [COBISS.SI-ID 31081475]

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 narasli tako po zahtevnosti kot stroških, in sicer tako, da 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 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 izvajamo 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, 183 institucij iz 38 držav),
- BELLE II na asimetričnem trkalniku elektronov in pozitronov KEK-B v KEK, Tsukuba (750 znanstvenikov, 101 institucija iz 22 držav).
- V okviru naprednih projektov (Advanced Grant) Evropskega raziskovalnega sveta (ERC) je bil odobren projekt FAIME, pri katerem bomo uporabljali detektor BELLE II.

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 km². Raziskave na tem področju izvajamo skupaj s kolegi z Univerze v Novi Gorici.

Podrobnejše poročilo po dejavnostih v letu 2020, pri čemer smo se osredotočili na prispevek naših raziskovalcev:

ATLAS pri Velikem hadronskem trkalniku (LHC) v CERN-u

V zadnjih dveh letih poteka v CERN-u nadgradnja Velikega hadronskega trkalnika LHC in nadgradnja detektorjev na njem, kar nam daje potrebni čas za analizo do zdaj zajetih podatkov. 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⁻¹ 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 bili prvič 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 pričakovanih prelomnih dogodkov, vzporedno s pripravo na zajem novih



Slika 1: Prikaz dogodka trka z največjo izmerjeno multipliciteto pljuskov v naboru izbranih dogodkov, ki ustrezajo signalu dolgih kaskadnih razpadov para gluinov. Dogodek je bil zabeležen v detektorju ATLAS 23. oktobra 2016 in vsebuje 16 pljuskov, označenih s stožci. Rumeni kvadri predstavljajo energijo v lokaliziranih gruclah, izmerjenih v kalorimetru po odštetem sumu.

V analiziranih podatkih so bili prvič zaznani redki razpadi Higgsovega bozona ($H \rightarrow \mu\mu$, $H \rightarrow Z\gamma$), za dokončno potrditev meritev pa bo potrebnih še več podatkov.

podatkov. V letu 2020 je kolaboracija ATLAS objavila več kot 70 znanstvenih člankov v najuglednejših mednarodnih revijah, s čimer se je število vseh objavljenih člankov kolaboracije povečalo na 970, 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 in s tem preprečil morebitne poškodbe najbolj občutljivih notranjih delov spektrometra ATLAS. RADMON meri doze, ki jih prejmejo različni deli notranjega detektorja spektrometra ATLAS. Veliko bolj zapleten detektor DBM, ki smo ga sestavili med zadnjo zaustavitvijo in prvič uporabili v letu 2015, je sestavljen iz diamantnih pCVD senzorjev in čipov z aktivnimi elementi (piksli) velikosti $250 \times 50 \mu\text{m}^2$. Sistema za zajemanje podatkov in analizo podatkov detektorja DBM sta bila preizkušena med zadnjim obdobjem zajemanja podatkov, kjer smo pokazali, da lahko DBM prispeva k meritvi luminoznosti.

Nadgradnja detektorja ATLAS

V letu 2020 se je LHC pripravjal na naslednje obdobje zajemanja podatkov Run 3, ki se bo začelo leta 2022 in bo trajalo predvidoma dve leti. Za tem bo sledila večja nadgradnja pospeševalnika LHC za visoko luminoznost (High Luminosity LHC ali HL-LHC), ki bo začel obratovati leta 2027. Do takrat 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 povsem novega sistema za monitoriranje in nadzor žarkov, za katerega smo že razvili bralni čip, odporen na sevalne poškodbe, ki bo povezan s senzorji iz diamantov Pcvd, ki bodo segmentirani v različno velike aktivne blazinice. Trenutno smo v fazi verifikacije radiacijske odpornosti posameznih komponent in načrtovanja končne sheme sistema.

V letu 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 majhnim ojačenjem LGAD (slika 2), o čemer pričajo publikacije [5-10]. 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 koristnost dodanih primesi ogljika za njihovo sevalno trdnost. S primesmi ogljika se namreč zmanjša upad začetnih primesi bora z obsevanjem. S tehniko TCT smo sistematsko določili učinkovito razdaljo med posameznimi elektrodami v večkanalnih senzorjih.

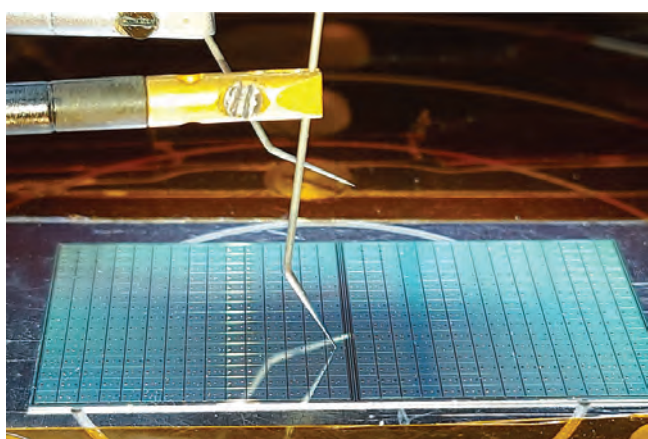
Kot prvi smo natančno proučili vpliv časa popuščenja na delovanje detektorjev in pokazali, da so sevalne poškodbe senzorjev LGAD neodvisne od fluksa nevtronov.

V letu 2020 je kolaboracija ATLAS začela sestavljati komponente za nadgradnjo notranjega detektorja za sledenje delcev Inner Tracker (ITk), kjer bomo kot senzorje uporabili mikropasovne silicijeve detektorje. Predvideno je, da bomo v prvi fazi sestavili približno 5 % komponent, kar predstavlja predserijsko izdelavo. Naša skupina sodeluje v postopku zagotovitve kakovosti senzorjev. Na reaktorskem centru v Podgorici bomo 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 merimo odziv senzorjev s pomočjo vira Sr90 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.

Poleg razvoja senzorjev smo se v sodelovanju s podjetjem Elgoline, d. o. o., priključili razvoju posebnih večplastnih fleksibilnih tiskanih vezij, ki bodo služili povezavi senzorjev s periferno bralno elektroniko in napajanjem za HGTD.

Visoko zrnati detektor časa (High Granularity Timing Detector) bo del nadgradnje eksperimenta ATLAS. Senzorji za HGTD temeljijo na tehnologiji silicijevih detektorjev z majhnim ojačenjem (LGAD). S tehniko TCT smo sistematsko določili učinkovito razdaljo med posameznimi elektrodami v večkanalnih LGAD.



Slika 2: Večkanalni detektor (15 x 30 blazinic) LGAD za HGTD, s katerim je mogoče doseči časovno ločljivost 25 ps in krajevno ločljivost $375 \mu\text{m}$ za hitre nabite delce med testiranjem.

Prvi prototipi so bili izdelani pred koncem leta 2020. Z Elgoline, d. o. o., sodelujemo tudi pri razvoju in izdelavi fleksibilnih vezij velikih dimenzij za ITk. Na Odseku za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev smo v sodelovanju z Univerzo v Oxfordu razvili robota (slika 3), s katerim bomo testirali fleksibilna vezja velikih dimenzij. V podjetju Elgoline iz Cerknice bodo 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 proizvodnega procesa.

V ITk bo vgrajen nov sistem za sprotno merjenje integriranih doz (RadMon). V letu 2020 smo izdelali prototip vezja na keramiki, izvajali meritve za izbor senzorjev za meritve ionizacijske doze (RadFET) in pripravili načrte za izdelavo bralne elektronike.

Belle in Belle II na asimetričnem trkalniku elektronov in pozitronov KEKB v KEK

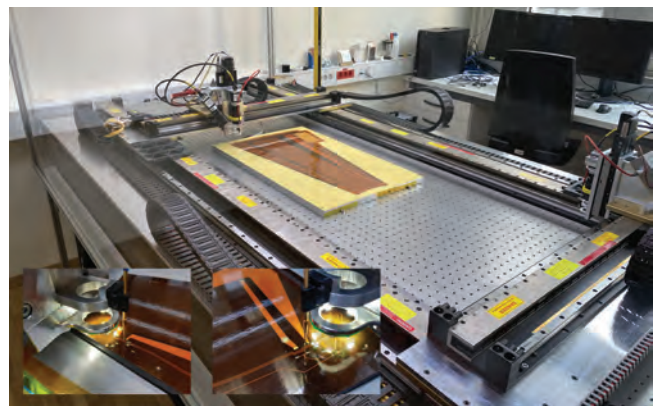
Sodelavci odseka so nadaljevali dejavnosti pri eksperimentih Belle in Belle II na trkalniku elektronov in pozitronov KEKB oz. SuperKEKB v Tsukubi na Japonskem. Osnovna motivacija obeh eksperimentov, ki spadata v eksperimentalne napore na t. i. obzorju natančnosti, je iskanje procesov in delcev, ki niso zajeti v standardnem modelu (SM) interakcij in jih nazivamo s skupnim imenom Nova fizika (NF). Eksperimenti na obzorju natančnosti izvajajo izjemno natančne meritve in rezultate primerjajo s podobno natančnimi teoretičnimi napovedmi v okviru SM. To je danes 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 antismovjo v vesolju.

Detektor Belle je zaključil zajemanje podatkov v letu 2010, številne analize teh pa še potekajo. Med najodmevnejšimi rezultati mednarodne skupine v letu 2020 je iskanje morebitnega novega bozona Z' [11] (slika 4). V razširitvah SM bi bil ta delec lahko odgovoren za opažena neujemanja med napovedmi SM in meritvami razpadov $B \rightarrow K^{(*)} \ell^+ \ell^-$, lahko pa bi tudi sestavljal temno snov.

Drug odmeven rezultat mednarodne skupine v letu 2020 je bil nov eksperimentalni preizkus univerzalnosti različnih leptonov (e, μ, τ) z meritvijo razpadov $B \rightarrow D^* \tau \nu$ [12]. Pri meritvi smo enega od obeh mezonov B , ki nastaneta v procesu $e^+e^- \rightarrow Y(4S) \rightarrow B\bar{B}$, rekonstruirali prek semileptonskega razpada $B \rightarrow X_c \ell \nu$ (kjer je X_c kakršenkoli hadron, sestavljen iz kvarka c). To omogoča določitev energije in gibalne količine tudi drugega mezona B , pri katerem iščemo razpade v $D^* \tau \nu$ (τ pri tem razpade v nabiti delec in enega ali več nevtrinov). Kljub vsaj dvema nedetekiranim nevtrinom v končnem stanju je tako vseeno mogoče popolnoma rekonstruirati te razpade in primerjati njihovo pogostost s pogostostjo razpadov $B \rightarrow D^* \mu \nu$ in $B \rightarrow D^* e \nu$.

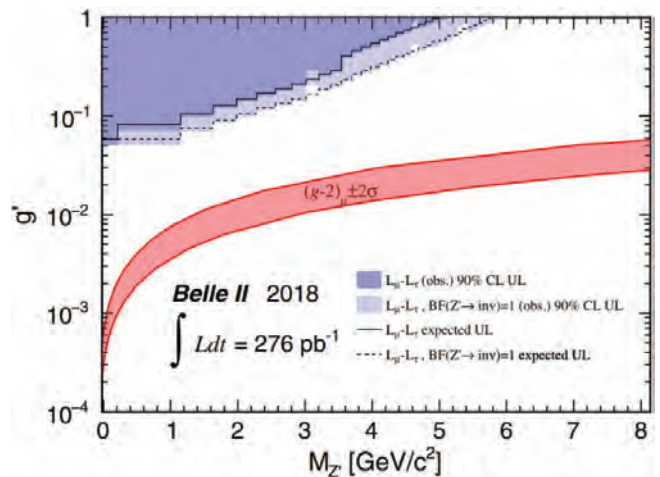
Najodmevnejši rezultat skupine Belle II v letu 2020 je bila metoda meritve integrirane luminoznosti zabeleženih podatkov [13]. Natančno poznavanje integrirane luminoznosti (L) je pomembno, saj ta prek zveze $N = L\sigma$ določa količino dogodkov določenega tipa (N) ob poznavanju sipalnega preseka za proces (σ). Detekcija in rekonstrukcija procesov z natančno znanim sipalnim presekom – v primeru publikacije [13] gre za sipanje Bhabha in dvofotonske procese – omogoča določanje integrirane luminoznosti.

V okviru naprednih projektov (Advanced Grant) Evropskega raziskovalnega sveta (ERC) je bil odobren projekt FAIME. Pri njem bomo natančno merili lastnosti razpadov mezonov B , pri katerih nastajajo nabiti leptoni, in poskušali potrditi ali ovreči preliminarne rezultate meritve, ki kažejo, da se leptoni tau pod določenimi pogoji obnašajo nekoliko drugače kot mioni in elektroni. Če bodo natančnejše meritve potrdile te prve rezultate, bo to pomenilo veliko revolucijo v fiziki osnovnih delcev in nasploh v našem razumevanju narave. Pomembna komponenta spektrometra Belle II, ki bo odločilna pri izvedbi projekta FAIME, so detektorji za identifikacijo nabitih delcev (slika 5). Pri njihovem razvoju,



Slika 3: Na sliki sta vidni dve premični testni postaji, sestavna dela robota, s katerima robot vzpostavi električni kontakt z vezjem in izmeri njegove lastnosti ter odkrije morebitne nepravilnosti.

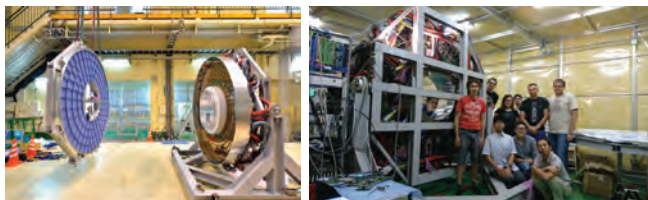
V razširitvah SM bi bil lahko bozon Z' odgovoren za opažena neujemanja med napovedmi SM in meritvami razpadov $B \rightarrow K^{(*)} \ell^+ \ell^-$, lahko pa bi tudi sestavljal temno snov.



Slika 4: Območje v parametrski ravnini mase hipotetičnega bozona Z' ($M_{Z'}$) in njegove sklopitvene konstante z leptoni μ in τ (g'), ki je z verjetnostjo 95 % izključeno na podlagi meritve [11]. Rdeče območje, ki še ni eksperimentalno izključeno, omogoča razlago t. i. anomalije magnetnega dipolnega momenta mionov.

V okviru naprednih projektov (Advanced Grant) Evropskega raziskovalnega sveta (ERC) je bil odobren projekt FAIME pod vodstvom akad. prof. dr. Petra Križana.

V projektu FAIME bomo proučili, ali se leptoni tau pod določenimi pogoji obnašajo nekoliko drugače kot mioni in elektroni, kar bi pomenilo veliko revolucijo v fiziki osnovnih delcev in nasploh v našem razumevanju narave.



Slika 5: Detektor obročev Čerenkova z aerogelom kot sevalcem med sestavljanjem. Levo: fotone Čerenkova, ki jih nabiti delci izsevajo v štiri centimetre debeli plasti aerogela, zaznamo z velikim detektorjem fotonov, sestavljenim iz 420 hibridnih fotosenzorjev. Desno: slovensko-japonska ekipa ob hrbtni strani detektorja z bralno elektroniko in množico elektronskih povezav.



Slika 6: Slika kaže enega izmed 1600 Čerenkovih detektorjev Observatorija Pierre Auger. V ozadju se vidi komunikacijski stolp, ki skrbi za zajem in prenos podatkov. Mreža detektorjev prekriva površino 3000 km².

zaznavamo, prav tako tudi globina interakcijske točke znotraj atmosfere odstopa od pričakovane za smiselno sestavo 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 scintilacijskega polja dosežemo lažje razločevanje med elektromagnetno in mionsko komponento pljuska. K meritvam kompozicije pa bo pripomogla tudi nova bralna elektronika Čerenkovih detektorjev.

Center za distribuirano računanje

V letu 2020 je računski center SiGNET Tier-2 obratoval z 8000 jedri in 45PB shranjevalnega prostora. Računske in shranjevalne kapacitete so bile namenjene predvsem produkciji in analizi podatkov pri eksperimentu ATLAS ter produkciji pri eksperimentu Belle II. Manjši del kapacitet so uporabljali sodelavci z Instituta "Jožef Stefan" in zunanji sodelavci. V distribuirano računanje WLCG sta transparentno vključena večnamenski računski center NSC na Institutu "Jožef Stefan" in računski center ARNES. Novi prototipni računski center HPC.RIVR.UM na Univerzi v Mariboru je bil dodan v infrastrukturo grid pod okriljem SLING. Odsek F9 sodeluje pri dejavnostih EuroHPC, leta 2020 je sodeloval pri izvedbi razpisa

za EuroHPC superračunalnik Vega, ki se gradi na IZUM v Mariboru in bo začel obratovati marca 2021. Odsek F9 sodeluje tudi v konzorciju Leonardo, ki bo upravljal enega od treh velikih sistemov EuroHPC na Cineci v Bologni. SiGNET Tier-2 je polnopravni član mednarodnih organizacij EGI/InSPIRE, wLGC in Nordugrid in je sodeloval pri številnih projektih za podporo in načrtovanje računske infrastrukture ter pri razvoju, distribuciji in vzpostavitvi distribuirane infrastrukture.

pripravi in analizi podatkov je imela že do zdaj odločilno vlogo raziskovalna skupina z IJS, Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani ter Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Mariboru.

Pierre Auger

Observatorij Pierre Auger je bil zgrajen z namenom zaznavanja visokoenergijskih kozmičnih žarkov, pod katerimi razumemo subatomske delce z energijami nad 10^{18} eV. Tovrstni delci v zemeljski atmosferi interagirajo z atomi in tako povzročijo nastanek sekundarnih delcev, ki jih imenujemo atmosferski pljusek. Če hočemo oceniti izvor, energijo in tip primarnega delca, je treba izmeriti lastnosti pljuska. 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, ki je v provinci Mendoza v Argentini, zato obsega površino 3000 km².

Observatorij Pierre Auger uporablja dve komplementarni tehniki zaznave atmosferskih pljuskov. Na poti skozi atmosfero sekundarni delci vzbujajo molekule dušika. Pri relaksaciji ti 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 (slika 6).

Kolaboracija Pierre Auger je izmerila strmo upadanje energijskega spektra nad 10^{20} eV [14]. Dušenje fluksa pri visokih energijah danes razlagamo z interakcijo delcev z mikrovalovnim prasevanjem (tako imenovani GZK-efekt). Kljub temu pa je bilo dokazano, 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 poizkusi integracije LHC-rezultatov v meritve observatorija so pokazale precejšnje razhajanje, saj je število mionov, ki jih dobimo pri simulaciji Monte Carlo, temelječi na dosedanjih meritvah, precej manjše, kot jih

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 smo za ATLAS v letu 2020 izvedli več obsežnih meritev z osiromašenimi CMOS-detektorji, in sicer s prototipom RD50-MPW2. Ta čip smo razvili v okviru kolaboracije RD50. Tehnologija je primerna za izvedbo monolitnih detektorjev za okolja z velikimi dozami sevanja (slika 7) in za aplikacije, kjer je treba čim bolj zmanjšati količino materiala v detektorju. Osiromašeni CMOS omogoča tudi hitro zbiranje naboja [15], kar omogoča dobro časovno ločljivost, ki postaja vse bolj pomembna pri vseh vrstah aplikacij.

Izvedli smo obsežne meritve odvisnosti učinkovite prostorske koncentracije naboja od prejete fluence z metodo E-TCT [16], iz katere smo izmerili zmanjševanja koncentracije plitkih akceptorskih primesi (bora) s fluenco pri različnih začetnih koncentracijah bora. Izmerili smo tudi obnašanje prostorskega naboja in toka glede na čas pri 60 °C. Postavili smo sistem za E-TCT-meritve z aktivnimi CMOS-strukturami na čipu RD50-MPW2.

Naša skupina se ukvarja z razvojem silicijevih detektorjev za naslednjo generacijo hadronskih trkalnikov (npr. FCC – Future Circular Collider). Delo na tem področju zajema meritve odziva detektorjev po obsevanju s hadroni do ekstremnih fluenc, to je do 10^{17} n/cm² in več. V letu 2020 smo dopolnili obsežne sistematske meritve zbiranja naboja s tankimi planarnimi detektorji, obsevanimi do 10^{17} n/cm², in rezultate objavili v [17] (slika 8).

Pri razvoju diamantnih detektorjev so člani skupine sodelovali pri študijah vplivov obsevanja s protoni in nevtroni na detektorje iz polikristaliničnih ali monokristaliničnih umetnih diamantov [18]. V letu 2020 smo nadaljevali meritve tranzientov, ki jih povzročimo z uporabo dvo- (in več) fotonске absorpcije svetlobe v diamantu in tako izmerimo odziv po prostornini detektorja.

V letu 2020 smo v okviru bilateralnega projekta z Institutom NürDAM, Bolu, Turčija razvili, testirali in pokazali primernost dozimetrom MOS-FET, izdelanih pri partnerju za uporabo v eksperimentu ATLAS [19].

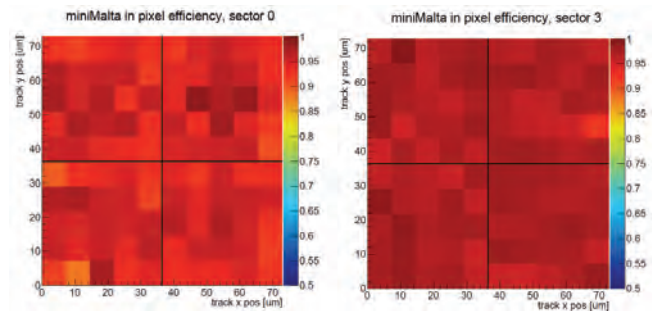
Fotonski detektorji

V letu 2020 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 sevalno obremenitev, predvsem zaradi toka nevtronov. V okviru te aktivnosti smo kot pridruženi tehnični člani kolaboracije LHCb vzpostavili sodelovanje z raziskovalnimi skupinami z Univerze v Barceloni in Fundacije Bruno Kessler iz Trenta.

Detektorji za uporabo v medicini

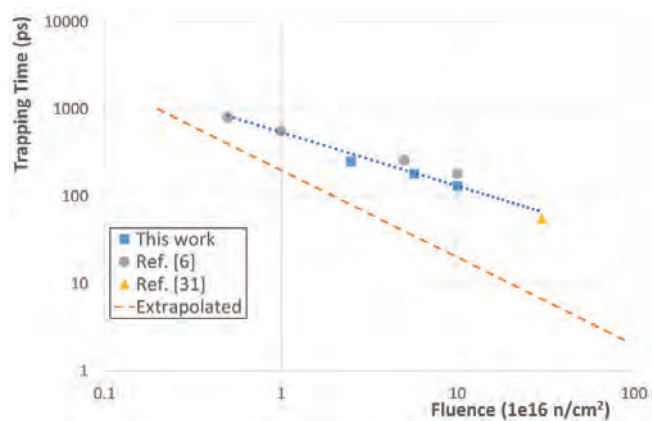
Eksperimentalna fizika delcev stremi k razvoju in obvladovanju najsodobnejše tehnologije. Inovacije, ki izhajajo iz naših laboratorijev, se lahko koristno prenesejo tudi na druga področja.

Medicinska fizika je uspešen primer, kjer uvajamo napredek na področju fotodetektorjev in bralne elektronike, da bi izboljšali detektorsko tehnologijo pri pozitronski emisijski tomografiji (PET) in pri meritvah fluorescence. Na podlagi naših izkušenj pri načrtovanju in uvajanju detektorjev Čerenkove svetlobe v eksperimentalni fiziki delcev smo razvili nov detektor PET, ki temelji na hitrem zaznavanju Čerenkovih fotonov. Leta 2020 smo izdelali dva večkanalna



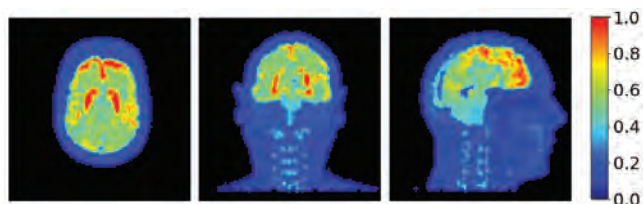
Slika 7: Učinkovitosti CMOS matrike 4 blazinic na čipu Mini-MALTA po obsevanju z 10^{15} n/cm² na reaktorju TRIGA. Na desni je matrika s prilagojeno strukturo nižje dopirane n-plasti v blazinici, ki vidno izboljša učinkovitost po obsevanju. Meritev je bila narejena v testnem žarku na sinhrotronu ELSA na Univerzi v Bonnu v Nemčiji (iz [15]).

Naša skupina se ukvarja z razvojem silicijevih detektorjev za naslednjo generacijo trkalnikov (FCC – Future Circular Collider).



Slika 8: Meritev efektivnega časa zajetja prostih nosilcev v siliciju, ki smo ga obsevali z nevtroni do ekstremnih fluenc (iz [17]). Meritve kažejo veliko odstopanje od vrednosti, ki jih napoveduje ekstrapolacija od meritev pri nizkih fluencah.

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 sevalno obremenitev zaradi toka nevtronov.



Slika 9: Pozitronska emisijska tomografija čedalje bolj prodira na področje medicinske diagnostike. Z uporabo ultra hitrih detektorjev za anihilacijske žarke gama lahko pokrijemo le del prostorskega kota, slike, ki jih dobimo s takimi sistemi, pa so posem primerljive slikam z danes uporabljenih aparatov. Za načrtovanje novih aparatov uporabljamo računalniške simulacije, s katerimi lahko slikamo digitalne fantome. Na sliki je prikazana rekonstruirana metabolna aktivnost v človeški glavi v treh projekcijah, ki jo dobimo z uporabo takega ultrahitrega tomografa z omejenim zornim poljem.

Leta 2020 smo uspešno zaključili projekt EU ATTRACT, s katerim smo izdelali prototip ultrahitrega sistema za merjenje življenjske dobe fluorescence. Razvoj je pritegnil prve potencialne uporabnike v biologiji in farmacevtski proizvodnji.

modula, ki temeljita na zaznavanju teh promptnih fotonov, integrirana z elektroniko s hitrim odčitavanjem. Dobra časovna informacija o preletu žarkov gama pri pozitronski tomografiji močno pripomore k izboljšanju rekonstruirane slike. Razvoj detektorjev PET dopolnjujemo z naprednimi fizikalnimi simulacijami in razvojem algoritmov za rekonstrukcijo slike (slika 9). Naše izkušnje igrajo osrednjo vlogo pri projektu razvoja detektorjev PET naslednje generacije, ki temeljijo na napredni geometriji in izkoriščajo odlično časovno ločljivost. Smo pobudniki sodelovanja z Univerzo v Barceloni, Fundacijo Bruno Kessler, Univerzo Davies v Kaliforniji in Univerzo Harvard.

Detektorska tehnologija je prav tako ključna pri merjenju življenjskega časa fluorescence. Leta 2020 smo uspešno zaključili projekt EU ATTRACT, s katerim smo izdelali prototip ultrahitrega sistema za merjenje življenjske dobe fluorescence. Razvoj je pritegnil prve potencialne uporabnike v biologiji in farmacevtski proizvodnji. Za nadgradnjo sistema smo prejeli tudi sredstva iz Inovacijskega sklada Centra za prenos tehnologij in inovacij na Institutu "Jožef Stefan".

Prav tako sodelujemo s CSIC/IFIC, Valencia, Španija in Državno univerzo Ohio iz Columbusa, Ohio, ZDA pri razvoju detektorjev z visoko krajevno ločljivostjo in njihovo uporabo pri slikanju PET z delnim financiranjem v okviru bilateralnega projekta med Slovenijo in ZDA. S tem nadaljujemo trud v smeri premostitve vrzeli med senzorstvi z velikim izkoristkom, ki so del običajnih detektorjev PET, in sondami z ločljivostjo,

boljšo od enega milimetra, ter sinhronim delovanjem, ki bi hkrati omogočalo izvrstno krajevno ločljivost v izbranem področju, pri tem pa ne bi motilo zajemanja podatkov v standardnem obroču PET.

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 za druge eksperimente v fiziki delcev.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Aad, G., *et al.* (ATLAS Collaboration), Search for magnetic monopoles and stable high-electric charge objects in 13 TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, 124, 3, 031802
2. Aad, G., *et al.* (ATLAS Collaboration), Measurement of azimuthal anisotropy of muons from charm and bottom hadrons in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, 124, 8, 082301
3. Aad, G., *et al.* (ATLAS Collaboration), Search for heavy Higgs bosons decaying into two tau leptons with the ATLAS detector using pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, 125, 5, 1051801
4. Aad, G., *et al.*, (ATLAS Collaboration), Search for electroweak production of charginos and sleptons decaying into final states with two leptons and missing transverse momentum in $\sqrt{s}=13$ TeV pp collisions using the ATLAS detector, *The European physical journal C*, 2020, 80, 2, 123
5. Kramberger, G., *et al.*, Annealing effects on operation of thin Low Gain Avalanche Detectors, *JINST*, 2020, 15, 8, p08017
6. Mazza, S., Kramberger, G., *et al.*, Properties of FBK UFSDs after neutron and proton irradiation up to 6×10^{15} neq/cm², *JINST*, 2020, 15, T04008
7. Jin, Y., Kramberger, G., *et al.*, Experimental Study of Acceptor Removal in UFSD, *Nucl. Instr. & Meth.*, 2020, A 983, 164611
8. Yang, X., Kramberger, G., *et al.*, Layout and performance of HPK prototype LGAD sensors for the High-Granularity Timing Detector, *Nucl. Instr. & Meth.*, 2020, A 980, 164379
9. Shi, X., Kramberger, G., *et al.*, Radiation campaign of HPK prototype LGAD sensors for the High-Granularity Timing Detector (HGTD), *Nucl. Instr. & Meth.*, 2020, A 979, 164382
10. Padilla, R., Kramberger, G., *et al.*, Effect of deep gain layer and Carbon infusion on LGAD radiation hardness, *JINST*, 2020, 15, P10003
11. Adachi, I., *et al.* (Belle II Coll.), Search for an Invisibly Decaying Z' Boson at Belle II in $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^- (e^+\mu^+)$ Plus Missing Energy Final States, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, 124, 14, 141801

12. Caria, G., *et al.* (Belle Coll.), Measurement of R(D) and R(D*) with a Semileptonic Tagging Method, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, **124**, 16, 161803
13. Abudinen, F., *et al.* (Belle II Coll.), Measurement of the integrated luminosity of the Phase 2 data of the Belle II experiment, *Chinese Phys. C*, 2020, **44**, 2, 021001
14. Aab, A., *et al.* (The Pierre Auger Collaboration), Features of the Energy Spectrum of Cosmic Rays above 2.5×10^{18} eV Using the Pierre Auger Observatory, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, **125**, 12, 121106
15. Dyndal, M., *et al.*, Mini MALTA : radiation hard pixel designs for small-electrode monolithic CMOS sensors for the High Luminosity LHC, *JINST*, 2020, **15**, 2, p02005
16. Klanner, R., *et al.*, Determination of the electric field in highly-irradiated silicon sensors using edge-TCT measurements, *Nucl. Instr. & Meth. A*, 2020, **951**, 162987
17. Mandić, I., *et al.*, Measurements with silicon detectors at extreme neutron fluences, *JINST*, 2020, **15**, 11, p11018
18. Băni, L., *et al.* (RD42 collaboration), A study of the radiation tolerance of CVD diamond to 70 MeV protons, fast neutrons and 200 MeV pions, *Sensors*, 2020, **20**, 22, 6648
19. Kramberger, G., *et al.*, Development of MOS-FET dosimeters for use in high radiation fields, *Nucl. Instr. & Meth. A*, 2020, **978**, 164283

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Od vizij k stvarnosti – protonska terapija za zdravljenje raka v Sloveniji, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija, 23. 1. 2020
2. Noč ima svojo moč, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija, 27. 11. 2020 (virtualno)

Nagrade in priznanja

1. prof. dr. Andrej Filipčič, prof. dr. Marko Zavrtnik: Zoisova nagrada za vrhunske dosežke pri raziskavah kozmičnih delcev ekstremnih energij, Ljubljana, Slovenija, Odbor Republike Slovenije za podelitev nagrad in priznanj za izjemne dosežke v znanstvenoraziskovalni in razvojni dejavnosti
2. prof. dr. Danilo Zavrtnik: Blinčeva nagrada za življenjsko delo s področja za dolgoletne mednarodno prepoznane dosežke v fiziki

MEDNARODNI PROJEKTI

1. COST CA16108 - VBSCan; Koordinacija in strukturiranje dejavnosti o sipanju vektorskih bozonov
COST Office
prof. dr. Borut Paul Kerševan
2. COST VBSCan; Koordinacija in strukturiranje dejavnosti o sipanju vektorskih bozonov
COST Association AISBL
prof. dr. Borut Paul Kerševan
3. H2020 - AIDA-2020; Napredne Evropske infrastrukture za detektorje na pospeševalnikih
European Commission
prof. dr. Marko Mikuž
4. H2020 - JENNIFER2; Japonsko - evropska mreža za eksperimentalne raziskave na področju nevtrinov in obzorja natančnosti
European Commission
prof. dr. Rok Pestotnik
5. H2020 - ATTRACT; Sistem za zajem življenjskega časa fluorescence v realnem času
European Commission
dr. Rok Dolenc
6. H2020 - FAIME; Anomalije v fiziki okusov z naprednimi identifikacijskimi metodami
European Commission
prof. dr. Peter Križan
7. Izdelava in kvalifikacija dozimetrom NürFET za uporabo v nuklearnih reaktorjih
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
dr. Gregor Kramberger
8. 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
9. 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 Zavrtnik
2. Eksperimentalna fizika osnovnih delcev
prof. dr. Marko Mikuž

PROJEKTI

1. Novi detektorji in tehnike daljinskega zaznavanja atmosferskih lastnosti za polja Čerenkovih teleskopov
prof. dr. Marko Zavrtnik
2. Napredni detektor za pozitronsko tomografijo z meritvijo časa preleta
prof. dr. Samo Korpar
3. Osiromašeni senzorji CMOS za nadgradnjo sledilnikov v detektorju ATLAS in bodočih trkalnikih
prof. dr. Marko Mikuž
4. Napredne metode za identifikacijo hadronov pri eksperimentu Belle II
prof. dr. Peter Križan
5. Razvoj prostorsko občutljivega detektorja časa v eksperimentu ATLAS
dr. Gregor Kramberger
6. Član mednarodnega odbora - Marko Mikuž - Finančni nadzorni odbor (Resources Review Board) mednarodne kolaboracije ATLAS pri Evropski organizaciji za jedrske raziskave CERN
prof. dr. Marko Mikuž
7. Član mednarodnega odbora - Marko Mikuž - Evropski odbor za prihodnje pospeševalnike (ECFA) in sestanke PECFA/RECFA
prof. dr. Marko Mikuž
8. Načrtovanje, dobava in kontrola kakovosti fleksibilno-klasičnih hibridnih vezij
prof. dr. Marko Mikuž
9. Obsevanja v jedrskem reaktorju TRIGA
prof. dr. Vladimir Cindro

OBISKI

1. Matthew Franks, Univerza v Liverpoolu, Velika Britanija, 9. 8.–14. 8. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. prof. dr. Boštjan Golob: Status of European Particle Physics Strategy Update, 7. 1. 2020
2. Anja Novosel, asistentka: Search for New Physics in rare D^0 decays to invisible, 22. 10. 2020
3. Luka Senekovič, mladi raziskovalec: Improvement of particle identification method for the Aerogel RICH of the Belle II spectrometer, 6. 11. 2020
4. dr. Andrej Seljak: Hawaii's postdoc experience, 27. 11. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Rok Dolenc, American Physical Society April Meeting 2020, Washington, DC, ZDA, 18. 4.–21. 4. 2020 (1) (virtualno)
2. Vladimir Cindro, Alissa Howard, Gregor Kramberger, Igor Mandić, The 37th RD50 Workshop, Zagreb, Hrvaška, 18. 11.–20. 11. 2020 (3) (virtualno)
3. Bojan Hiti, 37th RD50 Workshop Zagreb, Hrvaška, 18. 11.–20. 11. 2020 (virtualno)
4. Andrej Gorišek, 5th International Conference on Particle Physics and Astrophysics, Moskva, Rusija, 5. 10.–9. 10. 2020 (virtualno)
5. Andrej Lozar, 13. Konferenca o prenosu tehnologij, CTT-IJS, Ljubljana, Slovenija, 8. 10. 2020 (virtualno)
6. Andrej Lozar, The 3rd KMI School: Machine Learning in Particle and Astrophysics, Nagoja, Japonska, 16. 11.–20. 11. 2020 (virtualno)
7. Peter Križan EDIT, Hamburg, Nemčija, 19. 2.–23. 2. 2020 (1),

8. Peter Križan, Instr2020, Novosibirsk, Rusija, 24. 2.–28. 2. 2020 (1)
9. Peter Križan, APS April Meeting, 18. 4.–21. 4. 2020, (1) (virtualno)
10. Peter Križan, LHCb Week, Ženeva, Švica, 7. 9. 2020 (1) (virtualno)
11. Dejan Lesjak, HEPiX Autumn 2020 Online workshop, 12. 10.–16. 10. 2020 (virtualno)
12. Dejan Lesjak, EGI Conference 2020, Amsterdam, Nizozemska 2. 11.–5. 11. 2020 (virtualno)
13. Marko Mikuž, Vladimir Cindro, Igor Mandić, TREDI2020: 15th Trento Workshop on Advanced Silicon Radiation Detectors, Dunaj, Avstrija, 17. 2.–19. 2. 2020 (1)
14. Marko Mikuž, 40th International Conference on High Energy Physics, ICHEP 2020, Praga, Češka, 28. 7.–6. 8. 2020 (1) (virtualno)
15. Rok Pestotnik, 19th IPPOG collaboration meeting, IPPOG, 7. 5.–9. 5. 2020 (1) (virtualno)
16. Rok Pestotnik, ATTRACT – Igniting the Deep Tech Revolution, Ženeva, Švica, 22. 9. 2020 (virtualno)
17. Rok Pestotnik, 13th International Technology Transfer Conference, Ljubljana, Slovenija, 8. 10.–9. 10. 2020 (1) (virtualno)
18. Rok Pestotnik, 20th IPPOG collaboration meeting, IPPOG, 2. 12.–4. 12. 2020 (1) (virtualno)
19. Andrej Seljak, Samo Korpar; konferenca IEEE/NSS, 31. 10.–7. 11. 2020, Boston, ZDA (2) (virtualno)

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)
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)
3. Andrej Studen (Ohio State University, Columbus, Ohio, ZDA)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. doc. dr. Marko Bračko*
2. prof. dr. Vladimir Cindro, znanstveni svetnik - pomočnik vodje odseka
3. prof. dr. Andrej Filipič
4. prof. dr. Boštjan Golob*, znanstveni svetnik
5. dr. Andrej Gorišek
6. prof. dr. Borut Paul Kerševan*, znanstveni svetnik
7. prof. dr. Samo Korpar*, znanstveni svetnik
8. dr. Gregor Kramberger
9. prof. dr. Peter Križan*, znanstveni svetnik
10. dr. Boštjan Maček
11. doc. dr. Igor Mandić, pomočnik vodje odseka
12. **prof. dr. Marko Mikuž***, znanstveni svetnik - vodja odseka
13. prof. dr. Rok Pestotnik
14. doc. dr. Tomaž Podobnik*
15. prof. dr. Marko Starič, znanstveni svetnik
16. doc. dr. Andrej Studen*
17. prof. dr. Marko Zavrtanik, znanstveni svetnik
18. prof. dr. Danilo Zavrtanik*, znanstveni svetnik
19. doc. dr. Dejan Zontar*

Podoktorski sodelavci

20. dr. Rok Dolenc*
21. dr. Bojan Hiti
22. dr. Andrej Seljak
23. dr. Luka Šantelj

Mlajši raziskovalci

24. Dania Consuegra Rodriguez, M.Sc.
25. Alissa Shirley-Ann Howard, M.Sci., Združeno kraljestvo
26. Blaž Leban, mag. fiz.

27. Andrej Lozar, mag. med. fiz.
28. Jakob Novak, mag. fiz.
29. *dr. Tadej Novak, odšel 1. 10. 2020*
30. Anja Novosel, mag. fiz.
31. Leonardo Benjamin Rizzuto
32. Luka Senekovič, mag. fiz.

Tehniški in administrativni sodelavci

33. Andreja Butina Calič, mag. posl. ved
34. Jurij Eržen
35. Dejan Lesjak
36. 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., Podkrajnik, Cerknica
4. FERMILAB, Chicago, ZDA
5. KEK – High Energy Accelerator Research Organization, Tsukuba, Japonska
6. Kolaboracija ATLAS (174 institucij)
7. Kolaboracija Belle (62 institucij)
8. Onkološki Inštitut, Ljubljana
9. Pierre Auger Observatory, Argentina (94 institucij)
10. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
11. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Ljubljana
12. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor
13. Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica
14. Uprava RS za varstvo pred sevanji, Ministrstvo za zdravje, Ljubljana

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Cosmic-ray anisotropies in right ascension measured by the Pierre Auger Observatory", *The Astrophysical Journal*, 2020, **891**, 2, 142. [COBISS.SI-ID 5614587]
2. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "A search for ultra-high-energy neutrinos from TXS 0506+056 using the Pierre Auger Observatory", *The Astrophysical Journal*, 2020, **902**, 2, 105. [COBISS.SI-ID 33300227]
3. Jošt Stergar, Rok Dolenc, Nika Kojc, Katja Lakota, Martina Perše, Matija Tomšič, Matija Milanič, "Hyperspectral evaluation of peritoneal fibrosis in mouse models", *Biomedical optics express*, 2020, **11**, 4, 1991-2006. [COBISS.SI-ID 3414372]
4. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "A 3-year sample of almost 1,600 elves recorded above South America by the Pierre Auger Cosmic-Ray Observatory", *Earth and space science*, 2020, **7**, 4, e2019EA000582. [COBISS.SI-ID 5605371]
5. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Performance of electron and photon triggers in ATLAS during LHC Run 2", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 1, 47. [COBISS.SI-ID 30646019]
6. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Measurement of long-range two-particle azimuthal correlations in Z-boson tagged pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ and 13 TeV", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 1, 64. [COBISS.SI-ID 30637827]
7. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Transverse momentum and process dependent azimuthal anisotropies in $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV $p + Pb$ collisions with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 1, 73. [COBISS.SI-ID 31051779]
8. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for electroweak production of charginos and sleptons decaying into final states with two leptons and missing transverse momentum in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions using the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 2, 123. [COBISS.SI-ID 30643715]
9. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for light long-lived neutral particles produced in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV and decaying into collimated leptons or light hadrons with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 5, 450. [COBISS.SI-ID 31067651]
10. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the transverse cross-section and lepton differential distributions in $e\mu$ dilepton events from pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 6, 528. [COBISS.SI-ID 30652931]
11. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the transverse momentum distribution of Drell-Yan lepton pairs in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 7, 616. [COBISS.SI-ID 31059715]
12. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for direct production of electroweakinos in final states with one lepton, missing transverse momentum and a Higgs boson decaying into two b -jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 8, 691. [COBISS.SI-ID 30649603]
13. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for a scalar partner of the top quark in the all-hadronic $t\bar{t}$ plus missing transverse momentum final state at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 8, 737. [COBISS.SI-ID 31065347]
14. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Direct measurement of the muonic content of extensive air showers between 2×10^{17} and 2×10^{18} eV at the Pierre Auger Observatory", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 8, 751. [COBISS.SI-ID 25929219]
15. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Measurements of top-quark pair spin correlations in the $e\mu$ channel at $\sqrt{s} = 13$ TeV using pp collisions in the ATLAS detector", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 8, 754. [COBISS.SI-ID 30161923]
16. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurements of the Higgs boson inclusive and differential fiducial cross sections in the $4l$ decay channel at $\sqrt{s} = 13$ TeV", *European physical journal. C, Particles and fields.*, 2020, **80**, 9, 942. [COBISS.SI-ID 53790467]
17. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Determination of jet calibration and energy resolution in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV using the ATLAS detector", *European physical journal. C, Particles and fields.*, 2020, **80**, 12, 1104. [COBISS.SI-ID 53792771]
18. M. Grossi, Jakob Novak, Borut Paul Kerševan, D. Reuzzi, "Comparing traditional and deep-learning techniques of kinematic reconstruction for polarization discrimination in vector boson scattering", *The European physical journal. C*, 2020, **80**, 1144. [COBISS.SI-ID 43642883]
19. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for heavy diboson resonances in semileptonic final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *European physical journal. C, Particles and fields.*, 2020, **80**, 12, 1165. [COBISS.SI-ID 53794563]
20. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Search for magnetically-induced signatures in the arrival directions of ultra-high-energy cosmic rays measured at the Pierre Auger Observatory", *Journal of cosmology and astroparticle physics*, 2020, **2020**, 6, 17. [COBISS.SI-ID 20180483]
21. BELLE II Collaboration, F. Abudinén *et al.*, "Measurement of the integrated luminosity of the Phase 2 data of the Belle II experiment", *Chinese physics C*, 2020, **44**, 2, 021001. [COBISS.SI-ID 55116547]
22. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Fluctuations of anisotropic flow in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 1, 051. [COBISS.SI-ID 29425155]
23. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the $Z(\rightarrow l^+l^-)\gamma$ production cross-section in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 1, 054. [COBISS.SI-ID 29575171]
24. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Measurement of J/ψ production in association with a W^\pm boson with pp data at 8 TeV", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 1, 095. [COBISS.SI-ID 29413379]
25. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of differential cross sections for single diffractive dissociation in $\sqrt{s} = 8$ TeV pp collisions using the ATLAS ALFA spectrometer", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 2, 042. [COBISS.SI-ID 29422083]
26. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for new resonances in mass distributions of jet pairs using 139 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 3, 145. [COBISS.SI-ID 29416963]
27. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of isolated-photon plus two-jet production in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 3, 179. [COBISS.SI-ID 29577219]
28. Belle Collaboration, K. Chilikin *et al.*, "First search for the $\eta_{c2}(1D)$ in B decays at Belle", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 5, 034. [COBISS.SI-ID 16951043]
29. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for squarks and gluinos in final states with same-sign leptons and jets using 139 fb^{-1} of data collected with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 6, 046. [COBISS.SI-ID 29408003]
30. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Combination of the W boson polarization measurements in top quark decays using ATLAS and CMS data at $\sqrt{s} = 8$ TeV", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 7, 044. [COBISS.SI-ID 28827395]
31. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for the $HH \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$ process via vector-boson fusion production using proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 7, 108. [COBISS.SI-ID 29205507]
32. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Observation of the associated production of a top quark and a Z boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 7, 124. [COBISS.SI-ID 29202179]
33. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Combination of the W boson polarization measurements in top quark decays using ATLAS and CMS data at $\sqrt{s} = 8$ TeV", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 8, 051. [COBISS.SI-ID 28823043]
34. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Performance of the missing transverse momentum triggers for the ATLAS detector during Run-2 data taking", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 8, 080. [COBISS.SI-ID 29212675]
35. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for dijet resonances in events with an isolated charged lepton using $\sqrt{s} = 13$ TeV proton-proton collision data collected by the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 8, 151. [COBISS.SI-ID 28830467]
36. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurements of inclusive and differential cross-sections of combined $t\bar{t}\gamma$ and $tW\gamma$ production in the

- $e\mu$ channel at 13 TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 9, 049. [COBISS.SI-ID 29211139]
37. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for direct production of electroweakinos in final states with missing transverse momentum and a Higgs boson decaying into photons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *The journal of high energy physics*, 2020, **2020**, 10, 005. [COBISS.SI-ID 53813763]
 38. M. Dyndal *et al.* (44 avtorjev), "Mini MALTA: radiation hard pixel designs for small-electrode monolithic CMOS sensors for the High Luminosity LHC", *Journal of instrumentation*, 2020, **15**, 2, p02005. [COBISS.SI-ID 33215783]
 39. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "ATLAS data quality operations and performance for 2015-2018 data-taking", *Journal of instrumentation*, 2020, **15**, 4, p04003. [COBISS.SI-ID 31229699]
 40. Gregor Kramberger, Vladimir Cindro, Alissa Howard, Žan Kljun, Igor Mandić, Marko Mikuž, "Annealing effects on operation of thin low gain avalanche detectors", *Journal of instrumentation*, 2020, **15**, 8, p08017. [COBISS.SI-ID 38989571]
 41. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Studies on the response of a water-Cherenkov detector of the Pierre Auger Observatory to atmospheric muons using an RPC hodoscope", *Journal of instrumentation*, 2020, **15**, 9, p09002. [COBISS.SI-ID 28071171]
 42. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Performance of the ATLAS muon triggers in Run 2", *Journal of instrumentation*, 2020, **15**, 9, p09015. [COBISS.SI-ID 31231491]
 43. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Performance of the upgraded PreProcessor of the ATLAS Level-1 calorimeter trigger", *Journal of instrumentation*, 2020, **2020**, 15, 11, p11016. [COBISS.SI-ID 53816323]
 44. Igor Mandić, Vladimir Cindro, Andrej Gorišek, Bojan Hiti, Gregor Kramberger, Marko Mikuž, Marko Zavrtanik, Petra Skomina, S. Hidalgo, Giulio Pellegrini, "Measurements with silicon detectors at extreme neutron fluences", *Journal of instrumentation*, 2020, **15**, 11, p11018. [COBISS.SI-ID 38988035]
 45. Robert Klanner, Gregor Kramberger, Igor Mandić, Marko Mikuž, Marko Milovanović, J. Schwandt, "Determination of the electric field in highly-irradiated silicon sensors using edge-TCT measurements", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment*, 2020, **951**, 162987. [COBISS.SI-ID 32855847]
 46. Samo Korpar, Peter Križan, "Solid state single photon sensors for the RICH application", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment*, 2020, **970**, 163804. [COBISS.SI-ID 50992131]
 47. Gregor Kramberger, Klemen Ambrožič, U. Gürer, Bojan Hiti, H. Karacali, Igor Mandić, E. Yilmaz, O. Yilmaz, Marko Zavrtanik, "Development of MOS-FET dosimeters for use in high radiation fields", *Nuclear instruments and methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment*, 2020, **978**, 164283. [COBISS.SI-ID 21159939]
 48. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for magnetic monopoles and stable high-electric-charge objects in 13 TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2020, **124**, 3, 031802. [COBISS.SI-ID 30158083]
 49. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of azimuthal anisotropy of muons from charm and bottom hadrons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2020, **124**, 8, 082301. [COBISS.SI-ID 30158851]
 50. Belle Collaboration, P. Katrenko *et al.*, "Observation of the radiative decays of $Y(1S)$ to χ_{c1} ", *Physical review letters*, 2020, **124**, 12, 122001. [COBISS.SI-ID 51404547]
 51. Belle Collaboration, Ichiro Adachi *et al.*, "Search for an invisibly decaying Z' boson at Belle II in $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-(e^\pm\mu^\mp)$ plus missing energy final states", *Physical review letters*, 2020, **124**, 14, 141801. [COBISS.SI-ID 50516739]
 52. Belle Collaboration, G. Caria *et al.*, "Measurement of $R(D)$ and $R(D^*)$ with a semileptonic tagging method", *Physical review letters*, 2020, **124**, 16, 161803. [COBISS.SI-ID 51309571]
 53. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the Lund jet plane using charged particles in 13 TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2020, **124**, 22, 222002. [COBISS.SI-ID 30154755]
 54. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for Higgs Boson decays into a Z Boson and a light hadronically decaying resonance using 13 TeV pp collision data from the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2020, **125**, 2, 027801. [COBISS.SI-ID 53781251]
 55. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Search for heavy Higgs bosons decaying into two tau leptons with the ATLAS detector using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV", *Physical review letters*, 2020, **125**, 5, 1051801. [COBISS.SI-ID 29815811]
 56. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "CP properties of Higgs boson interactions with top quarks in the $t\bar{t}H$ and tH processes using $H \rightarrow \gamma\gamma$ with the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2020, **125**, 6, 061802. [COBISS.SI-ID 30157059]
 57. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Features of the energy spectrum of cosmic rays above 2.5×10^{18} eV using the Pierre Auger Observatory", *Physical review letters*, 2020, **125**, 12, 121106. [COBISS.SI-ID 29158403]
 58. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Dijet resonance search with weak supervision using $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions in the ATLAS detector", *Physical review letters*, 2020, **125**, 13, 131801. [COBISS.SI-ID 53782275]
 59. Belle Collaboration, F. Abudinén *et al.*, "Search for axionlike particles produced in e^+e^- Collisions at Belle II.", *Physical review letters*, 2020, **125**, 16, 161806. [COBISS.SI-ID 50515971]
 60. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of the azimuthal anisotropy of charged-particle production in Xe+Xe collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.44$ TeV with the ATLAS detector", *Physical review. C*, 2020, **101**, 2, 024906. [COBISS.SI-ID 29580547]
 61. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Combined measurements of Higgs boson production and decay using up to 80 fb^{-1} of proton-proton collision data at $\sqrt{s} = 13$ TeV collected with the ATLAS experiment", *Physical review. D*, 2020, **101**, 1, 012002. [COBISS.SI-ID 33199143]
 62. Belle Collaboration, M. T. Prim *et al.*, "Search for $B^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$ and $B^+ \rightarrow \mu^+ N$ with inclusive tagging", *Physical review. D*, 2020, **101**, 3, 032007. [COBISS.SI-ID 51408643]
 63. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Search for direct stau production in events with two hadronic τ -leptons in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector", *Physical review. D*, 2020, **101**, 3, 032009. [COBISS.SI-ID 29794819]
 64. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Searches for electroweak production of supersymmetric particles with compressed mass spectra in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector", *Physical review. D*, 2020, **101**, 5, 052005. [COBISS.SI-ID 29811203]
 65. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Measurement of soft-drop jet observables in pp collisions with the ATLAS detector at $\sqrt{s} = 13$ TeV", *Physical review. D*, 2020, **101**, 5, 052007. [COBISS.SI-ID 29582339]
 66. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Search for long-lived neutral particles produced in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV decaying into displaced hadronic jets in the ATLAS inner detector and muon spectrometer", *Physical review. D*, 2020, **101**, 5, 052013. [COBISS.SI-ID 29797635]
 67. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for chargino-neutralino production with mass splittings near the electroweak scale in three-lepton final states in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector", *Physical review. D*, 2020, **101**, 7, 072001. [COBISS.SI-ID 29814019]
 68. Belle Collaboration, R. Seidl *et al.*, "Update of inclusive cross sections of single and pairs of identified light charged hadrons", *Physical review. D*, 2020, **101**, 9, 092004. [COBISS.SI-ID 16815875]
 69. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for long-lived, massive particles in events with a displaced vertex and a muon with large impact parameter in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *Physical review. D*, 2020, **102**, 3, 032006. [COBISS.SI-ID 29585411]
 70. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Measurement of the cosmic-ray energy spectrum above 2.5×10^{18} eV using the Pierre Auger Observatory", *Physical review. D*, 2020, **102**, 6, 062005. [COBISS.SI-ID 29155587]
 71. Belle Collaboration, M. Nayak *et al.*, "Measurement of the charm-mixing parameter y_{CP} in $D^0 \rightarrow K_S^0 \omega$ decays at Belle", *Physical review. D*, 2020, **102**, 7, 071102. [COBISS.SI-ID 51412995]
 72. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for Higgs boson decays into two new low-mass spin-0 particles in the $4b$ channel with the ATLAS detector using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV", *Physical review. D*, 2020, **102**, 11, 112006. [COBISS.SI-ID 53784579]
 73. Dania Consuegra, Samo Korpar, Peter Križan, Rok Pestotnik, Gašper Razdevšek, Rok Dolenc, "Simulation study to improve the performance of a whole-body PbF_2 Cherenkov TOF-PET scanner", *Physics in Medicine & Biology*, 2020, **65**, 5, 055013. [COBISS.SI-ID 33261351]
 74. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Searches for lepton-flavour-violating decays of the Higgs boson in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2020, **800**, 135069. [COBISS.SI-ID 33155879]

75. ATLAS Collaboration, M. Aaboud *et al.*, "Combination of searches for Higgs boson pairs in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2020, **800**, 135103. [COBISS.SI-ID 33155623]
76. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for displaced vertices of oppositely charged leptons from decays of long-lived particles in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2020, **801**, 135114. [COBISS.SI-ID 33160231]
77. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Search for non-resonant Higgs boson pair production in the $bb\bar{v}v$ final state with the ATLAS detector in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV", *Physics letters. Section B*, 2020, **801**, 135145. [COBISS.SI-ID 33160487]
78. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Z boson production in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV measured by the ATLAS experiment", *Physics letters. Section B*, 2020, **802**, 135262. [COBISS.SI-ID 29009923]
79. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Evidence for electroweak production of two jets in association with a Z γ pair in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2020, **803**, 135341. [COBISS.SI-ID 29006851]
80. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Z boson production in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV measured by the ATLAS experiment", *Physics letters. Section B*, 2020, **805**, 135426. [COBISS.SI-ID 29032707]
81. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "Measurement of azimuthal anisotropy of muons from charm and bottom hadrons in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2020, **807**, 135595. [COBISS.SI-ID 29036547]
82. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "A search for the Z γ decay mode of the Higgs boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2020, **809**, 135754. [COBISS.SI-ID 29038083]
83. ATLAS Collaboration, G. Aad *et al.*, "A search for the Z γ decay mode of the Higgs boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector", *Physics letters. Section B*, 2020, **812**, 135754. [COBISS.SI-ID 53810947]
84. Belle Collaboration, Masanobu Yonenaga *et al.*, "Performance evaluation of the aerogel RICH counter for the Belle II spectrometer using early beam collision data", *Progress of theoretical and experimental physics: PTEP*, 2020, **2020**, 9, 093h01. [COBISS.SI-ID 27478019]
85. Damijan Valentinuzzi *et al.* (12 avtorjev), "[¹⁸F]FDG PET immunotherapy radiomics signature (iRADIOMICS) predicts response of non-small-cell lung cancer patients treated with pembrolizumab", *Radiology and oncology*, 2020, **54**, 3, 285-294. [COBISS.SI-ID 24723203]
86. Lukas Bani *et al.* (120 avtorjev), on behalf of the RD42 Collaboration, "A study of the radiation tolerance of CVD diamond to 70 MeV protons, fast neutrons and 200 MeV pions", *Sensors*, 2020, **20**, 22, 6648. [COBISS.SI-ID 38992387]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "Reconstruction of events recorded with the surface detector of the Pierre Auger Observatory", *Journal of instrumentation*, 2020, **15**, 10, p10021. [COBISS.SI-ID 36634115]
2. Paul Lecoq *et al.* (22 avtorjev), "Roadmap toward the 10 ps time-of-flight PET challenge", *Physics in medicine & biology*, 2020, **65**, 21, 21RM01. [COBISS.SI-ID 50541827]
3. AUGER Collaboration, A. Aab *et al.*, "The Pierre Auger Observatory and its upgrade", *Science reviews*, 2020, **1**, 4, 8-33. [COBISS.SI-ID 36636163]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. Luka Snoj *et al.* (22 avtorjev), "Radiation hardness studies and detector characterisation at the JSI TRIGA reactor", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), edpsciences, 2020, 04031. [COBISS.SI-ID 13466115]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Rok Pestotnik *et al.* (29 avtorjev), "Front-end electronics of the Belle II aerogel ring imaging detector", V: *RICH 2018, 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors, July 29-August 4, 2018, Moscow, Russia*, Proceedings, (Nuclear instruments and methods in physics research A **952**), 2020, 161711. [COBISS.SI-ID 33032999]

2. Rok Pestotnik *et al.* (29 avtorjev), "Calibration of the Belle II aerogel ring imaging detector", V: *RICH 2018, 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors, July 29-August 4, 2018, Moscow, Russia*, Proceedings, (Nuclear instruments and methods in physics research A **952**), 2020, 161800. [COBISS.SI-ID 33033511]
3. H. Kindo *et al.* (28 avtorjev), "Initial performance of the Aerogel RICH detector of the Belle II experiment", V: *RICH 2018, 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors, July 29-August 4, 2018, Moscow, Russia*, Proceedings, (Nuclear instruments and methods in physics research A **952**), 2020, 162252. [COBISS.SI-ID 33032487]
4. Masanobu Yonenaga *et al.* (32 avtorjev), "Performance and commissioning of HAPDs in the Aerogel RICH counter", V: *RICH 2018, 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors, July 29-August 4, 2018, Moscow, Russia*, Proceedings, (Nuclear instruments and methods in physics research A **952**), 2020, 162264. [COBISS.SI-ID 33033255]
5. Rok Dolenc, Samo Korpar, Peter Križan, Rok Pestotnik, "Efficiency of a Cherenkov based PET module with an array of SiPMs", V: *RICH 2018, 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors, July 29-August 4, 2018, Moscow, Russia*, Proceedings, (Nuclear instruments and methods in physics research A **952**), 2020, 162327. [COBISS.SI-ID 33032743]
6. S. Tamachika *et al.* (28 avtorjev), "Development of alignment algorithm for Belle II Aerogel RICH counter", V: *RICH 2018, 10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors, July 29-August 4, 2018, Moscow, Russia*, Proceedings, (Nuclear instruments and methods in physics research A **952**), 2020, 162337. [COBISS.SI-ID 33032231]
7. Longlong Wang, Samo Stanič, William Eichinger, Xiaoquan Song, Marko Zavrtanik, "Polarization Raman lidar for atmospheric monitoring in the Vipava valley", V: *ILRC 29, The 29th International Laser Radar Conference, June 24-28, 2019, Hefei, Anhui Province, China*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **237**), EDP Sciences, 2020, 02029. [COBISS.SI-ID 21972483]
8. Rok Dolenc, Andrej Seljak, "Real-time Fluorescence Lifetime Acquisition System (RFLAS)", V: *ATTRACT online conference: igniting the deep tech revolution, 22-23 Sep. 2020*, Proceedings, 2020. [COBISS.SI-ID 33756163]
9. Rok Pestotnik, "Use of Cherenkov light in TOF-PET", V: *FATA 2019, International workshop Fast Timing Applications for Nuclear Physics and Medical Imaging, 3-5 September, 2019, Acireale, Spain*, Proceedings, (Il Nuovo cimento C **43** 1), 18. [COBISS.SI-ID 19852035]
10. Rok Pestotnik, Rok Dolenc, Andrej Seljak, Matej Mrak, "Real-time fluorescence lifetime acquisition system", V: *13. ITTC, 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020)*, zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2020, str. 33-37. [COBISS.SI-ID 78932739]
11. L. Burmistrov *et al.* (32 avtorjev), "Belle II aerogel RICH detector", V: *The 15th Vienna Conference on Instrumentation 2019, February 18-22, 2019, Vienna, Austria*, Proceedings, (Nuclear instruments and methods in physics research A **958**), 2020, 162232. [COBISS.SI-ID 33217575]
12. E. J. Schioppa *et al.* (28 avtorjev), "Measurement results of the MALTA monolithic pixel detector", V: *The 15th Vienna Conference on Instrumentation 2019, February 18-22, 2019, Vienna, Austria*, Proceedings, (Nuclear instruments and methods in physics research A **958**), 2020, 162404. [COBISS.SI-ID 33241895]

DRUGO UČNO GRADIVO

1. Tomaž Podobnik, *Matematična orodja v fiziki: zapiski predavanj*, 2020. [COBISS.SI-ID 17050115]
2. Tomaž Podobnik, *Uvod v fiziko: zapiski predavanj*, 2020. [COBISS.SI-ID 17047811]
3. Rok Dolenc, *Vaje pri predmetu Eksperimentalna fizika osnovnih delcev*, 2020. [COBISS.SI-ID 53200131]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Bojan Hiti, *Sevalna odpornost detektorjev CMOS za nadgradnjo notranjega sledilnika ATLAS: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Igor Mandič). [COBISS.SI-ID 3418724]
2. Tadej Novak, *Iskanje težkih leptonov v gugalničnem mehanizmu tipa III z detektorjem ATLAS na trkalniku LHC: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Borut Paul Kerševan). [COBISS.SI-ID 32414467]

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. Znaten 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.



Vodja:

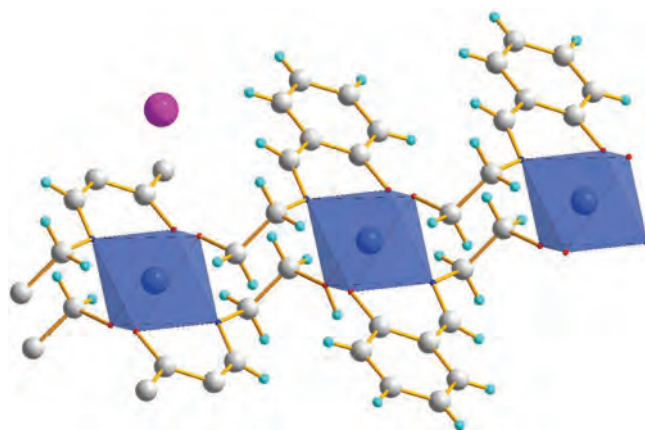
doc. dr. Gašper Tavčar

Z reakcijami plinastih, tekočih ali trdnih fluoridov z UV obsevanimi mešanici O_2/F_2 in z reakcijami trdnih oksidov z UV obsevanim F_2 (ali mešanici O_2/F_2) v tekočem brezvodnem HF smo pri sobni temperaturi raziskali možnost priprave spojin $O_2M^III F_4$ ($M = B, Fe, Co, Ag$), $O_2M^IV F_5$ ($M = Ti, Sn, Pb$), $(O_2)_2M^IV F_6$ ($M = Ti, Ge, Sn, Pb, Pd, Ni, Mn$), $O_2M^IV F_9$ ($M = Sn$), $O_2M^V F_6$ ($M = As, Sb, Au, Pt$), $O_2M^V F_{11}$ ($M = Pt$), $O_2M^VI F_7$ ($M = Se$), $(O_2)_2M^VI F_8$ ($M = Mo, W$) in $O_2M^VII F_8$ ($M = I$). Poleg že znanih spojin O_2BF_4 , O_2MF_6 ($M = As, Sb, Au, Pt$), O_2GeF_5 in $(O_2)_2(Ti_7F_{30})$ so bile sintetizirane tudi nove spojine, kot sta $O_2GeF_5 \cdot HF$, $\alpha-O_2Sn_2F_9$ (1-D), ter HF-solvatirana in nesolvatirana oblika $\beta-O_2Sn_2F_9$ (2-D). Z rentgensko difrakcijo na monokristalih so bile določene njihove kristalne strukture. Anionski deli kristalnih struktur v novih spojinah nastanejo s spajanjem oktaedričnih enot MF_6 ($M = Ge, Sn$). Anionski del v kristalni strukturi $O_2GeF_5 \cdot HF$ je sestavljen iz neskončnih verig $([GeF_5]^-)_\infty$, kjer si oktaedri GeF_5 delijo ogljišča. V kristalni strukturi $\alpha-O_2Sn_2F_9$ (1-D) so prisotni polimerni $([Sn_2F_9]^-)_\infty$ anioni. Vsak je zgrajen iz dveh vzporednih neskončnih verig, sestavljenih iz enot SnF_6 . Vsaka enota SnF_6 ene verige je prek mostovnega fluorovega atoma povezana z eno enoto SnF_6 druge verige. Določitev kristalne strukture $[O_2][Sn_2F_9] \cdot 0,9HF$ je razkrila, da anionski del sestavljajo dvodimenzionalne valovite plasti $([Sn_2F_9]^-)_\infty$. Vsaka plast $([Sn_2F_9]^-)_\infty$ vsebuje tako šest- kot sedemkoordinirane atome Sn(IV), ki so med seboj povezani z mostovnimi fluorovimi atomi. Pripravili smo tudi novo, bolj kompleksno $[O_2]^-$ sol, kot je $O_2[Hg(HF)]_4[SbF_6]_9$. V kristalni strukturi so atomi Hg prek enot SbF_6 povezani v 3-D mrežo. Poskusi priprave analognih klorovih O_2^+ spojin (npr. O_2TiCl_5 in O_2MCl_6 ($M = Nb, Sb$)) so bili neuspešni.

S postopkom neposredne sinteze, oksidativnega raztapljanja manganovega prahu v prisotnosti Schiffove baze (SB), amonijeve soli in kisika v zraku smo pripravili družino osmih polimernih manganovih(III) kompleksov. Glavna strukturna značilnost spojin, glede na rezultate rentgenske strukturne analize, je enodimenzionalna polimerna struktura. V večini primerov so kationske verige in anioni povezani med seboj z elektrostatičnimi interakcijami in vodikovimi vezmi. V enem primeru pa so polimeri sestavljeni iz nevtralnih enot. Spojine smo karakterizirali tudi z elektronsko paramagnetno resonanco. Raziskavo smo nadgradili tudi s pomočjo *ab-initio* CASSCF- in DFT-kalkulacij. Raziskave so potekale v sodelovanju z raziskovalnimi skupinami iz Ukrajine, Francije in ZDA.

Sodelavcu Instituta "Jožef Stefan" doc. dr. Maticu Lozinšku je kot edinemu Slovencu v letu 2020 uspelo pridobiti 5-letni projekt na razpisu Evropskega raziskovalnega sveta za raziskovalce, ki začnejo samostojno raziskovalno kariero. ERC Starting Grant, European Research Council, Challenging the Oxidation-State Limitations of the Periodic Table via High-Pressure Fluorine Chemistry – HiPeR-F, 2021–2026. Projekt HiPeR-F se bo osredotočal na raziskave kemijskih reakcij s fluorom pod izredno visokim tlakom – od 10.000 barov do več kot 100.000 barov. Element fluor, ki ga zaradi svoje izjemne reaktivnosti lahko imenujemo kar tiger periodnega sistema, bo pod ekstremnimi pogoji

Slika 2: ERC Starting Grant – HiPeR-F, raziskave kemijskih reakcij s fluorom pod izredno visokim tlakom



Slika 1: Del kristalne strukture $C_{18}H_{20}N_2O_4Mn$, objavljeno v Cryst. Growth Des. 2020, 20, 1491–1502

Sodelavcu odseka doc. dr. Maticu Lozinšku je v letu 2020 uspelo pridobiti projekt na razpisu Evropskega raziskovalnega sveta za raziskovalce na začetku kariere (ERC Starting Grant) v višini 2,37 milijona evrov.



European Research Council
Established by the European Commission



Slika 3: JFC abstract - High fluorine content in superfoods, objavljeno v *Journal of Fluorine Chemistry*, 2020, vol. 234

elektrolita. Omeniti velja tudi pregledne članke za revijo *Structural Chemistry*, pri katerih je kratkemu povzetku članka dodan termokemijski komentar, predlagane pa so tudi smernice za nadaljnje raziskave. V okviru delne prenove analiznega laboratorija smo laboratorij opremili z instrumentom za atomsko emisijsko spektrometrijo z induktivno sklopljeno plazmo in sistemom za mikrovalovni razklop vzorcev.

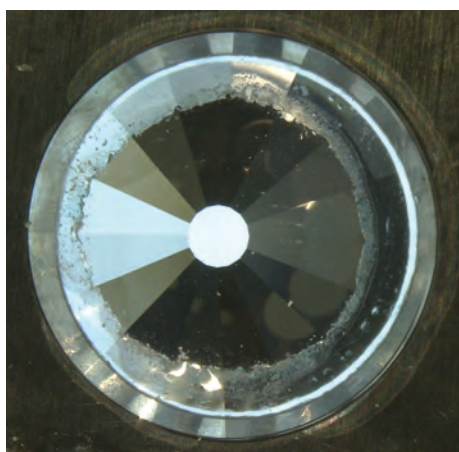
V skladu z načeli krožnega gospodarstva smo začeli raziskovati uporabo sekundarnih virov surovin – predelave odpadne žlindre iz reciklaže svinčeno-kislinskih baterij. Ta kljub učinkovitemu procesu predelave še vedno vsebuje

precejšno količino svineca skupaj z drugimi uporabnimi materiali, ki ostanejo v njej po predelavi. Skupaj z drugimi raziskovalnimi skupinami bomo poskušali prečistiti in v procesu ponovno uporabiti svinec, železo in antracit.

Raziskave s področja tehnoloških rešitev za boljše izrabo sekundarnih virov surovin

Na področju upravljanja z industrijskimi tveganji smo v letu 2020 raziskovali in objavili dela na področju uvajanja varne uporabe utekočinjenega zemeljskega plina (UZP) za pogon ladij (Evropski projekt SUPER-LNG), razmerij med stili vodenja in sistemi obvladovanja varnosti v industrijskih organizacijah ter odpornosti in zaščite občutljivih industrijskih obratov (kritične infrastrukture) pred fizičnimi, kibernetnimi, tehnološkimi nevarnostmi ter ekstremnimi naravnimi pojavi (Evropski projekt InfraStress). Dodatno smo raziskovali odziv industrijskih organizacij na izbruh pandemije covid-19, vezano 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.

Velja 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 s šolami, tako z osnovnimi kot srednjimi, zanimanje pa je tudi v vrtcih. V obliki tečajev ali zgolj z obiski omogočamo učencem eksperimentiranje in odkrivanje lastnosti snovi. Atraktivne kemijske poskuse pa smo v letu 2020 predstavili kar prek spleta v okviru Festivala Igraj se z mano in Slovenskega festivala znanosti. Z delavnicami Šole eksperimentalne kemije smo se predstavili v nekaterih osnovnih šolah in delavnicah v okviru organiziranih počitniških varstev tudi z neposredno izvedbo. 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 in Tehniški muzej Slovenije ter Nacionalni inštitut za biologijo) je v ta namen sooblikoval projekt Noč ima svojo moč. V preteklem letu smo zadnji petek v novembru v sklopu tega projekta organizirali in izvedli vrsto aktivnosti, zaradi okoliščin pa so te potekale prek spleta. Kljub okoliščinam menimo, da so bili cilji projekta doseženi.



Slika 4: Diamantno nakovalo za študij snovi pod visokim tlakom

omogočil preizkušanje omejitev, ki trenutno veljajo v kemiji. Gre torej za združitev dveh specializiranih eksperimentalnih in tudi ekstremnih področij raziskav – študij snovi pod izjemno visokimi pritiski in raziskave ekstremne kemijske reaktivnosti. Pričakujemo lahko, da če nam bo uspelo preseči eksperimentalne ovire in težave, ki jih prinaša rokovanje z najbolj reaktivnim halogenom pod visokimi tlaki, bo to vodilo do odkritij, ki bodo vplivala in razširila naše razumevanje periodnega sistema elementov.

V nekaterih vrstah superhrane rastlinskega izvora smo določili celotno vsebnost fluora, ki je bila v osmih od petnajstih primerov (16–373 µg/g) bistveno višja od vsebnosti fluora v rastlinah z neonesnaženih območij (10 µg/g). Vnos takšne hrane lahko bistveno pripomore k dnevni vnosu fluora, ki zato lahko tudi preseže primeren dnevni vnos.

Sodelovali smo pri raziskavi vpliva staranja anodnega elektrolita na njegovo sestavo, ki ga uporabljamo za pripravo nanocevk TiO₂. Ugotovili smo, da se je dolžina nanocevk TiO₂ zmanjšala s starostjo elektrolita zaradi njegove nižje prevodnosti in da je za TiO₂ filme s primerljivimi fotokatalitskimi aktivnostmi potrebna kontinuirana regeneracija anodnega

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. D. Kurzydłowski, S. Kobayakov, Z. Mazej, S. B. Pillai, B. Chakraborty, P.K Jha, Unexpected persistence of cis-bridged chains in compressed AuF_3 , *Chemical Communications*, 2020, 56, 36, 4902–4905
2. Z. Mazej, E. A. Goreschnik, X-ray crystal structures of α - and β - $\text{O}_2\text{Sn}_2\text{F}_9$, $\text{O}_2\text{Sn}_2\text{F}_9 \cdot 0.9\text{HF}$, $\text{O}_2\text{GeF}_5 \cdot \text{HF}$, and $\text{O}_2[\text{Hg}(\text{HF})_4(\text{SbF}_6)_9]$, *Inorganic Chemistry*, 2020, 59, 3, 2092–2103
3. O. Stetsiuk, N. Plyuta, N. Avarvari, E. A. Goreschnik, V. N. Kokozay, S. R. Petrušenko, A. Ozarowski, Mn(III) chain coordination polymers assembled by salicylidene-2-ethanolamine schiff base ligands: synthesis, crystal structures, and HFEP study, *Crystal Growth & Design*, 2020, 20, 3, 1491–1502
4. Z. Mazej, Noble-gas chemistry more than half a century after the first report of the noble-gas compound, *Molecules*, 2020, 25, 13, 3014-1-3014-18
5. D. Štepec, G. Tavčar, M. Ponikvar-Svet, Surprisingly high fluorine content in some exotic superfoods, *Journal of Fluorine Chemistry*, 2020, 234, 109521-1-109521-6

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Melita Tramšek, Noč ima svojo moč 2020 na Institutu "Jožef Stefan", 27. 11. 2020, Ljubljana, Slovenija

Patent

1. Tomasz Gilewski, Piotr Polczyński, Jakub Gawraczyński, Rafał Jurczakowski, Piotr J. Leszczyński, Wojciech Grochala, Zoran Mazej, Silver (II) sulfate (VI) hydrate and method to synthesize it, PL234672 (B1), Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskie, 31. 3. 2020

MEDNARODNI PROJEKTI

1. 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
2. H2020 - NOCMOC; Noč ima svojo moč
European Commission
dr. Melita Tramšek
3. Visokotlačna strukturna študija hidratiranih kovinskih soli superšibkega (B12F12)²⁻ aniona
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Matic Lozinšek

PROGRAM

1. Anorganska kemija in tehnologija
doc. dr. Gašper Tavčar

PROJEKTI

1. Iskanje visoko temperaturne superprevodnosti in eksotičnega magnetizma v fluorido argentatih(II)
doc. dr. Matic Lozinšek
2. Uporaba sekundarnih svinčevih žlinder kot vir sekundarnih surovin za pridobivanje svinca
doc. dr. Gašper Tavčar
3. Vrednotenje ukrepov za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov v industriji
dr. Robert Kocjančič
4. SUPER-LNG: Podpora trajnostni uporabi utekočinjenega zemeljskega plina (UZP) v pomorskem prometu
prof. dr. Marko Gerbec
5. PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)
doc. dr. Gašper Tavčar
6. Vrednotenje ukrepov za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov v industriji
dr. Robert Kocjančič

VEČJE NOVO POGODBENO DELO

1. L1-2608 sofinanciranje L-projekta : Uporaba sekundarnih svinčevih žlinder kot vir sekundarnih surovin za pridobivanje svinca
TH Re-MINING, d. d.
doc. dr. Gašper Tavčar

OBISKI

1. prof. dr. Simon Parsons; kolokvij na IJS, School of Chemistry and Centre for Science at Extreme Conditions, The University of Edinburgh, Edinburgh, Velika Britanija, od 4. 2. 2020 do 7. 2. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. prof. dr. Simon Parsons; kolokvij na IJS z naslovom; High pressure and the molecular solid state/Visoki tlaki in molekularna trdna snov, 5. 2. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH IN STROKOVNIH ZBOROVANJIH

1. Marko Gerbec, Udeležba na projektne sestanku, Cork, Irska, 4. 1.-7. 1. 2020
2. Gašper Tavčar, Sodelovanje na projektu bogatenja rud, Abidjan, Slonokoščena obala, 14. 1.-17. 1. 2020

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 Tramšek

Mlajši raziskovalci

10. Jan Gnidovec, mag. kem.
11. Evelin Gruden, mag. kem.
12. David Levovnik, mag. inž. teh. var.
13. *Dona Štepec, univ. dipl. kem., odšla 1. 5. 2020*
14. *Žiga Zupanek, univ. dipl. kem., odšel 1. 5. 2020*

Strokovni sodelavci

15. mag. Tine Oblak
16. mag. Tomaž Ogrin

Tehniški in administrativni sodelavci

17. Peter Frkal, mag. ekotehnol.
18. Pero Kolobaric
19. Robert Moravec
20. Mira Zupancič

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

Domače

1. ACRONI, Jesenice
2. ARSO, Ljubljana
3. Istrabenz Plini, d. o. o., Koper
4. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Ljubljana
5. Ministrstvo za delo, družino, socialne zadeve in enake možnosti, Ljubljana
6. Ministrstvo za obrambo, Ljubljana
7. Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana
8. RACI, Ljubljana
9. Circular Change platforma, Ljubljana
10. Giacomelli media, Ljubljana
11. Inštitut WCycle, Maribor
12. Syntech, d. o. o., Ljubljana
13. Slovenska znanstvena fundacija, Ljubljana
14. Talum, d. d., Kidričevo
15. GEORIS, Ljubljana
16. Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko, Ljubljana
17. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana
18. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana
19. Kemijski inštitut, Ljubljana
20. Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica

Tuje

21. Andalusian Institute of Technology, Sevilla, Španija
22. Bergische Universitaet Wuppertal, Nemčija
23. Colorado State University, Fort Collins, Kolorado, ZDA
24. Humboldt-Universität zu Berlin, Nemčija
25. Georg-August-Universität, Göttingen, Nemčija
26. Moscow State University, Chemistry Department, Moskva, Rusija
27. Univerzitet Sv. Cirila i Metoda, Skopje, Makedonija
28. University of Maryland, Baltimore, ZDA
29. University of Warsaw, Varšava, Poljska
30. Ivan Franko University, Lviv, Ukrajina
31. McMaster University, Hamilton, Kanada
32. Veissmann Francija, Faulquemont, Francija
33. Sortech, Halle, Nemčija
34. University of Namur, Namur, Belgija
35. Lomonosov Moscow State University, Moskva, Rusija
36. Florida State University, Florida, ZDA
37. The University of Edinburgh, Edinburg, Združeno kraljestvo
38. Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB-CSIC), Bellaterra, Katalonija, Španija
39. Luke – Natural Resources Institute Finland, Finska

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Andrii A. Fedorchuk, Evgeny A. Goresnik, Yurii Slyvka, Marian G. Mys'kiv, "Cu(I) arylsulfonate π -complexes with 3-allyl-2-thiohydantoin: the role of the weak interactions in structural organization", *Acta chimica slovenica*, 2020, **67**, 4, 1148-1154. [COBISS.SI-ID 43381763]
2. Dominik Kurzydowski, Serhiy Kobaykov, Zoran Mazej, Sharad Babu Pillai, Brahmananda Chakraborty, Prafulla K. Jha, "Unexpected persistence of *cis*-bridged chains in compressed AuF₃", *Chemical communications*, 2020, **56**, 36, 4902-4905. [COBISS.SI-ID 13881091]
3. Yurii Slyvka, Andrii Fed'ko, Evgeny A. Goresnik, Marian G. Mys'kiv, "Synthesis and crystal structure of a new heteroligand copper(I) π -complex [Cu₂(C₉H₉N₃)₄Cl₆(ClO₄)₂(EtOH)₂] based on 1-allyl-1H benzotriazole", *Chemistry of metals and alloys*, 2020, **13**, 8-13. [COBISS.SI-ID 40772355]
4. Oleh Stetsiuk, Narcis Plyuta, Narcis Avarvari, Evgeny A. Goresnik, Vladimir N. Kozozay, Svitlana R. Petrušenko, Andrzej Ozarowski, "Mn(III) chain coordination polymers assembled by salicylidene-2-ethanolamine schiff base ligands: synthesis, crystal structures, and HFEP study", *Crystal growth & design*, 2020, **20**, 3, 1491-1502. [COBISS.SI-ID 33253159]
5. Piotr Połczyński, Rafał Jurczakowski, Zoran Mazej, Łukasz Dobrzycki, Adam Grzelak, Wojciech Grochala, "Electrosynthesis of unique Ag^{II} fluoride quantum antiferromagnets in anhydrous HF", *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2020, **2020**, 33, 3151-3157. [COBISS.SI-ID 26769411]
6. Zoran Mazej, Evgeny A. Goresnik, "X-ray crystal structures of α - and β -O₂Sn₂F₉, O₂Sn₂F₉ · 0.9HF, O₂GeF₅ · HF, and O₂[Hg(HF)]₄(SbF₆)₉", *Inorganic chemistry*, 2020, **59**, 3, 2092-2103. [COBISS.SI-ID 33138471]
7. Dona Štepec, Gašper Tavčar, Maja Ponikvar-Svet, "Surprisingly high fluorine content in some exotic superfoods", *Journal of fluorine chemistry*, 2020, **234**, 109521. [COBISS.SI-ID 26498819]
8. Evgeny A. Goresnik, Zoran Mazej, "Crystal structures of isotopic ASb₂F₁₁ (A = Rb⁺, Tl⁺, O₂⁺) and β -NH₄Sb₂F₁₁, and the crystal structure of the low-temperature α -NH₄Sb₂F₁₁", *Journal of fluorine chemistry*, 2020, **236**, 109587. [COBISS.SI-ID 23112195]
9. Andrii Vakulka, Evgeny A. Goresnik, Marko Jagodič, Zvonko Jagličič, Zvonko Trontelj, "Tetrahydrated bis(ethylenediamine)copper(II) sulfate: Crystal structure, Raman spectrum and magnetic susceptibility", *Journal of molecular structure*, 2020, **1210**, 128002. [COBISS.SI-ID 13385475]
10. Luka Suhadolnik, Živa Marinko, Maja Ponikvar-Svet, Gašper Tavčar, Janez Kovač, Miran Čeh, "Influence of anodization-electrolyte aging on the photocatalytic activity of TiO₂ nanotube arrays", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2020, **124**, 7, 4073-4080. [COBISS.SI-ID 33110055]
11. Juan D. Forero-Saboya, Matic Lozinšek, Alexandre Ponrouch, "Towards dry and contaminant free Ca(BF₄)₂-based electrolytes for Ca plating", *Journal of power sources advances*, 2020, **6**, 100032. [COBISS.SI-ID 27877379]
12. Fatwa F. Abdi Abdi *et al.* (12 avtorjev), "Toward the synthesis, fluorination and application of N-graphyne", *RSC advances*, 2020, **10**, 66, 40019-40029. [COBISS.SI-ID 36451843]

PREGLEDNA ZNANSTVENA ČLANKA

1. Zoran Mazej, "Noble-gas chemistry more than half a century after the first report of the noble-gas compound", *Molecules*, 2020, **25**, 13, 3014. [COBISS.SI-ID 21255939]
2. Maja Ponikvar-Svet, Diana N. Zeiger, Joel F. Liebman, "Interplay of thermochemistry and Structural Chemistry: the journal (volume 30, 2019, issues 1-2) and the discipline", *Structural chemistry*, 2020, **31**, 2, 841-850. [COBISS.SI-ID 33263399]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA

KONFERENCI

1. Olga Aneziris, Marko Gerbec, Ioanna Koromila, Zoe Nivolianitou, Francesco Pilo, Francesco Salzano, "Risk assessment for LNG storage and bunkering at ports", V: *ESREL 2020 PSAM15, the 30th European Safety and Reliability Conference and 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, 01-05 November 2020, Venice, Italy*, E-proceedings, 2020. [COBISS.SI-ID 51725315]
2. David Levovnik, Marko Gerbec, "Role of leadership types in managers' commitment to safety", V: *ESREL 2020 PSAM15, the 30th European Safety and Reliability Conference and 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, 01-05 November 2020, Venice, Italy*, E-proceedings, 2020. [COBISS.SI-ID 39930371]
3. Marko Gerbec, Olga Aneziris, "Uncertainties in failure rates of LNG bunkering risk assessment", V: *ESREL 2020 PSAM15, the 30th European Safety and Reliability Conference and 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, 01-05 November 2020, Venice, Italy*, E-proceedings, 2020. [COBISS.SI-ID 51725571]
4. Tomaž Ogrin, Ferdinand Deželak, "Vetne elektrarne niso za Slovenijo", V: *Ljudje in okolje, 7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek F, Institut "Jožef Stefan", 2020, 28-32. [COBISS.SI-ID 34864643]

STROKOVNA MONOGRAFIJA

1. Lina Boljka *et al.* (37 avtorjev), *Bela knjiga o strokovnem varovanju okolja*, Institut "Jožef Stefan", 2020. [COBISS.SI-ID 304706304]

PATENT

1. Tomasz Gilewski, Piotr Połczyński, Jakub Gawraczyński, Rafał Jurczakowski, Piotr J. Leszczyński, Wojciech Grochala, Zoran Mazej, *Silver (II) sulfate (VI) hydrate and method to synthesize it*, PL234672 (B1), Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskie, 31. 03. 2020. [COBISS.SI-ID 29699367]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Dona Štepec, *Določitev fluora v nekaterih vzorcih hrane in okoljskih vzorcih*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Maja Ponikvar-Svet). [COBISS.SI-ID 46821123]
2. Žiga Županek, *Reakcije Lewisovih kislin pete skupine z nitrili in imidazolijevimi spojninami*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Gašper Tavčar). [COBISS.SI-ID 46828803]

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.

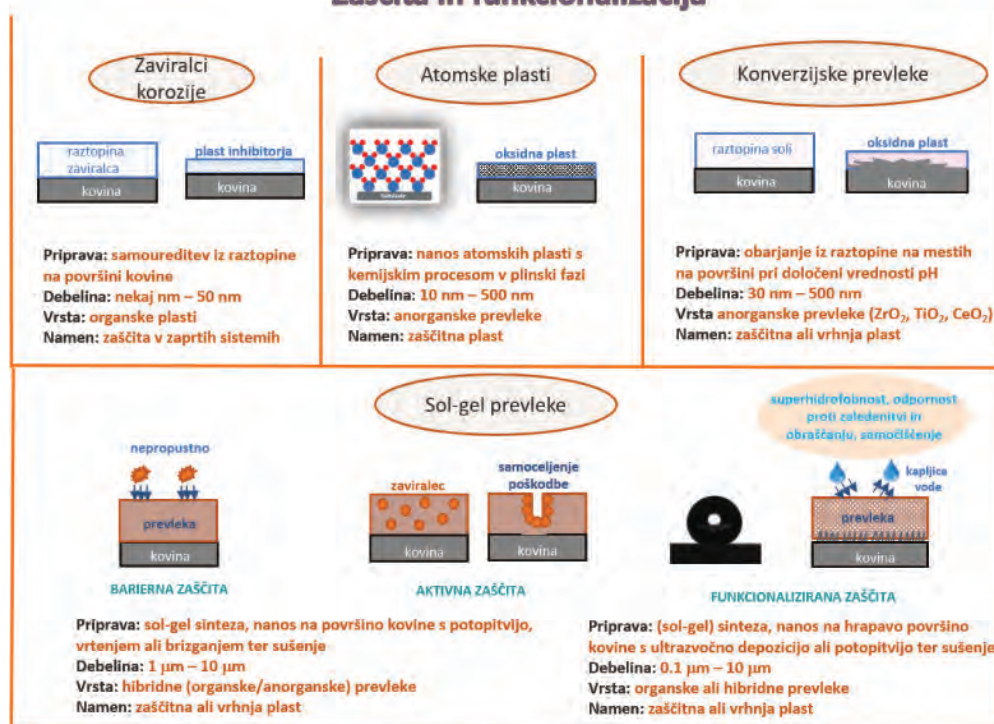


Vodja:
prof. dr. Ingrid Milošev

Korozija je zelo razširjen pojav z velikimi gospodarskimi in okoljskimi vplivi. Stroški škode zaradi korozije so po vsem svetu ocenjeni na 2,5 bilijona EUR na leto. Zaradi ogromnih stroškov je zato zaščita 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 prometa, gradbeništva, strojev in elektronike, postavljajo zahteve po razvoju učinkovitih, trajnostnih in okolju prijaznih premazov, ki imajo hkrati dodatne funkcionalne značilnosti. Naše raziskovalno delo na področju zaščite pred korozijo je namenjeno vsem glavnim površinskim obdelavam, kot so uporaba zaviralcev korozije, konverzijske prevleke, organske in anorganske prevleke (slika 1). Zlasti je pomembna zaščita glavnih skupin kovin in zlitin, ki so danes nepogrešljive. Te vključujejo lahke kovine (Al) ter energetsko učinkovite (Cu) in infrastrukturne (Fe in Zn) kovine. Lahke aluminijeve zlitine in sodobna visoko trdna jekla se uporabljajo v različnih aplikacijah, zlasti v transportni industriji, kjer je velika potreba po zmanjšanju teže vozil in posledično zmanjšanju emisij v okolje. Jekla in zlitine na osnovi bakra so nepogrešljivi materiali na področju infrastrukture, gradbeništva itd.

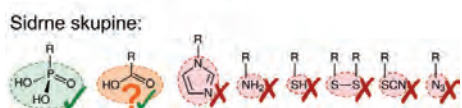
V našem laboratoriju preiskujemo vse zgoraj omenjene alternative (slika 1) in jih celo kombiniramo med seboj, npr. sol-gel prevleke in zaviralce korozije, da se doseže ne samo zaščitna bariera, temveč tudi aktivna zaščita, kjer prevleka učinkovito zaščiti tudi področja, kjer pride do poškodbe (raze). Za zaščito pred korozijo uvajamo tudi sodobne metodologije, kot je nanos atomskih plasti (angl. atomic layer deposition, ALD).

Zaščita in funkcionalizacija



Slika 1: Različne vrste protikorozijske zaščite in funkcionalizacije materialov

Vrsta sidrne skupine organske molekule je ključnega pomena za adsorpcijo na Al. Med preiskovanimi sidrnimi skupinami fosfonska skupina tvori stabilne adsorbirane plasti, medtem ko jih karboksilna skupina tvori le za dolge alkilne verige. Druge sidrne skupine ne kažejo opazne adsorpcijske afinitete in ustrezne spojine so neučinkovite za zaviranje korozije Al.



Slika 2: Arhטיפska struktura preiskovanih zaviralcev korozije je sestavljena iz reaktivne sidrne skupine in alkilne hrbtenice. Stabilnost adsorbirane organske plasti je odvisna od oprijema sidrne skupine na površino in bočne kohezije med molekulskimi verigami. Med preiskovanimi sidrnimi skupinami fosfonska skupina tvori zaščitne adsorbirane plasti na površini Al ne glede na dolžino alkilne verige, medtem ko je karboksilna skupina sposobna tvoriti takšne plasti le za dolge alkilne verige. Druge sidrne skupine ne kažejo opazne adsorpcijske afinitete, ustrezne spojine pa so neučinkovite za zaviranje korozije Al.

Tudi konceptualno nekaj tako preprostega, kot je adsorpcija elektronegativnih atomov na površinah kovin, kjer se iz očitnih razlogov pričakujejo odbojne lateralne interakcije, lahko privede do nepričakanega vedenja, na primer do navidezno privlačnih interakcij med adsorbiranimi anioni.



Nadaljnjo pozornost smo namenili *n*-alkil karboksilnim kislinam (KK), ki lahko tvorijo zaščitne adsorbirane plasti le, če je karboksilna skupina pritrjena na dovolj dolgo alkilno hrbtenico. Z molekulskim modeliranjem na osnovi DFT smo sistematično proučili vlogo tipa adsorpcije, molekulske zasedenosti površine, nagibnega kota alkilne verige in dolžine alkilne verige na dveh modelih hidroksilirane oksidirane aluminijeve površine. Obravnavali smo tako navadno adsorpcijo kot adsorpcijo prek kondenzacijskega mehanizma. Pokazali smo, da je mogoča tvorba bidentatne vezave KK na površino samo na mestih, kjer manjka skupina OH, medtem ko je na popolnoma hidroksilirani površini mogoč le monodentaten način vezave. Jakost adsorpcije KK je odvisna od adhezije med karboksilno glavo in površino ter od lateralnih interakcij med alkilnimi verigami. Interakcija med karboksilno glavo in površino je v glavnem neodvisna od dolžine alkilne verige, medtem ko so lateralne interakcije proporcionalne številu C atomov v alkilni verigi. Posledično se adsorpcija stabilizira za približno 1 eV/molekulo pri polni enoslojni pokritosti površine, ko se dolžina alkilne verige poveča za 2 na 18 C atomov.

Modelirali smo tudi začetno stopnjo oksidacije in pasivizacije površin kovin. V tem okviru smo s pomočjo DFT-izračunov sistematično proučili adsorpcijo štirih različnih elektronegativnih

Slika 3: Shematsko prikazani prevladujoči scenariji lateralnih interakcij med adsorbiranimi elektronegativnimi atomi na površinah kovin. Na s-kovinah negativni atomi bodisi povzročijo prestrukturiranje površine bodisi prodrejo pod površino. Na d-kovinah so lateralne interakcije med adsorbiranimi atomi odbojne, medtem ko so na p-kovinah te interakcije lahko navidezno privlačne.

Velik preboj v razumevanju mehanizma zaviranja korozije z organskimi molekulami smo dosegli 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 (angl. density functional theory, DFT). Rezultat tega pristopa je bolj racionalna in ekološko usmerjena uporaba kemikalij, kar je v skladu z direktivami Evropske unije o trajnostnem razvoju in krožnem gospodarstvu.

Integrativni pristop k protikorozijski zaščiti

Ena izmed težav, ki ovira bolj racionalno načrtovanje novih superiornih zaviralcev korozije, je pomanjkljivo razumevanje, kako vrsta kovine in molekulska struktura organske spojine vplivata na učinkovitost zaviranja korozije. Da bi preseglili to pomanjkljivost, smo uvedli sinergijski pristop, ki vsebuje tri ravni: (1) anorgansko ali organsko sintezo, (2) elektrokemijsko in površinskoanalizno eksperimentalno karakterizacijo ter (3) molekulsko modeliranje in simulacije na osnovi teorije gostotnega funkcionala.

V tem okviru smo raziskali več organskih spojin kot zaviralcev korozije. Gre za organske spojine, katerih molekulske strukture so sestavljene iz reaktivne sidrne skupine in alkilne hrbtenice. Z integriranim pristopom, ki vključuje korozijske, elektrokemijske in površinskoanalizne eksperimente ter molekulsko modeliranje, smo obravnavali vpliv sidrne skupine in verige alkilne hrbtenice na delovanje organskih spojin kot zaviralcev korozije za aluminij. Raziskanih je bilo devet različnih sidrnih skupin (azid, imidazol, tiocianat, amino, disulfid, tiol ter fosfonska, karboksilna in benzojska kislina) in dve različni alkilni verigi (oktil in oktadecil). Naša študija je jasno pokazala, da so protikorozijske in superhidrofobne lastnosti odvisne od sidrne skupine, ki določa oprijem na površino, in od molekulske hrbtenice, ki je odgovorna za lateralne kohezijske interakcije (slika 2). Morfologijo in kemijsko sestavo zaščitnih plasti smo proučevali z uporabo vrstične elektronske mikroskopije, rentgenske fotoelektronske spektroskopije in masne spektrometrije sekundarnih ionov (angl. ToF SIMS). Raziskali smo elektrokemijske in dolgoročne potopne lastnosti v 0,5 M NaCl. Z izračuni na osnovi metode DFT smo modelirali adsorpcijo izbranih sidrnih skupin na hidroksilirani oksidirani površini aluminija. Rezultati, pridobljeni z integrativnim pristopom, so omogočili identifikacijo sidrnih skupin, ki lahko tvorijo zaščitne adsorbirane plasti na površini Al, ne glede na dolžino alkilne verige (fosfonske kisline), tistih, ki so sposobne tvoriti takšne plasti le za dolge alkilne verige (karboksilne kisline), in tistih, ki sploh ne morejo tvoriti adsorbiranih plasti in zato niso učinkoviti zaviralci korozije.

atomov na 70 površinah 44 elementarnih kovin. Pokazali smo, da tudi nekaj tako konceptualno preprostega, kot je adsorpcija elektronegativnih atomov na kovinskih površinah, kjer se iz očitnih razlogov pričakuje odbojne lateralne interakcije, lahko privede do nepričakanega vedenja, kot so navidezno privlačne interakcije med adsorbiranimi anioni. S pomočjo razvitega modela smo razložili izvor presenetljivih lateralnih interakcij med elektronegativnimi adsorbiranimi atomi, ki smo jih opazili na nekaterih površinah kovin. Opažene lateralne interakcije lahko razvrstimo v tri različne skupine (slika 3): 1) lateralne interakcije so odbojne, kar je tipičen primer in se pojavlja na skoraj vseh kovinah prehoda. 2) Lateralne interakcije so netipične, tj. privlačne ali zanemarljive – te se pojavijo na p-kovinah in Mg. 3) Adsorbirani atomi inducirajo prestrukturiranje površine, kar stabilizira konfiguracijo z nizko pokritostjo in tako prepreči netipične lateralne interakcije. Ta primer se pojavlja pretežno na s-kovinah.

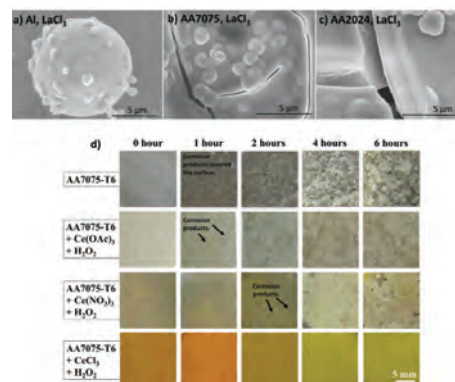
Protikorozijska zaščita in funkcionalizacija materialov

Konverzijske prevleke lahko opredelimo kot prevleke, ki nastanejo s pretvorbo iz topne soli v rahlo topen ali netopen oksid in/ali hidroksid, ki se obori bodisi po celotni površini kovine bodisi pri intermetalnih delcih (angl. IMPs). Ti so elektrokemijsko bolj plemeniti glede na okoliško matrico in so mesta, kjer poteka redukcija kisika. Konverzijske prevleke na osnovi soli redkih zemelj, cirkonija ali titana so pomembna raziskovalna smer pri iskanju novih protikorozijskih zaščit. Prevleke na osnovi cerija in lantana so bile nanese iz raztopine soli CeCl_3 in LaCl_3 na treh podlagah na osnovi aluminija: Al, AA2024-T3 in AA7075-T6. Namen je bil raziskati učinek temperature pretvorbe, časa pretvorbe in dodatka vodikovega peroksida. Nato so bile prevleke, pripravljene pod različnimi pogoji, analizirane glede na korozijske lastnosti v 0,1 M NaCl, morfologijo, topografijo in sestavo. Morfologijo in sestavo prevlek smo analizirali z uporabo vrstične elektronske mikroskopije s spektroskopijo energijske porazdelitve rentgenskih žarkov (angl. SEM/EDS) in rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (angl. XPS). Na slikah 4a-c so podane reprezentativne slike SEM za prevleke na osnovi La. Odpornost proti koroziji, morfologija, sestava in homogenost prevlek so bili v veliki meri odvisni od parametrov v konverzijski kopeli in vrste podlage. Najbolj odporne proti koroziji so bile prevleke na osnovi Ce, pripravljene z 1-urno deposicijo pri 60 °C v konverzijski kopeli, ki je vsebovala CeCl_3 in H_2O_2 . Prevleka na osnovi La ne doseže primerjalne odpornosti, če se nanese pod enakimi pogoji. Morfologija prevlek se je gibala od posameznih depositov do debelih, razpokanih prevlek z nodularno morfologijo. Prevleke na osnovi Ce vsebujejo pretežno Ce(IV) hidroksid, kadar nastanejo z dodatkom H_2O_2 . Prevleke na osnovi La so vsebovale La(III) hidroksid, pomešan z Al(III) hidroksidom.

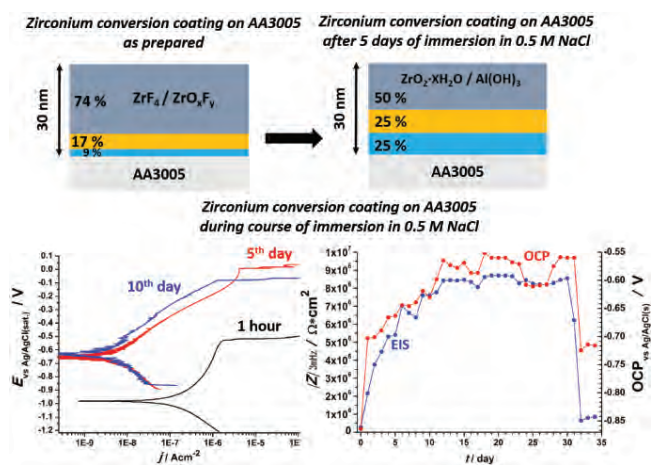
Pripravili smo tudi cerijeve prevleke v konverzijski kopeli z 0,05 M cerijeve soli in 0,25 M vodikovega peroksida pri sobni temperaturi. Uporabljene so bile različne cerijeve soli: Ce(III) acetat, Ce(III) nitrat in Ce(III) klorid (slika 4d). Postopku pretvorbe iz Ce^{3+} v Ce^{4+} smo sledili z UV-vis spektroskopijo, deposiciji cerijevih prevlek na površini zlitine pa z merjenjem potenciala odprtega kroga. Pri raziskovanju korozijskih lastnosti neprevlečenih in prevlečenih vzorcev smo uporabili merjenje linearne polarizacijske upornosti in elektrokemijske potenciodinamske krivulje v raztopini 0,1 M NaCl. Poleg tega je bilo izvedeno testiranje v slani korozijski komori. Rezultati so pokazali, da sta pretvorba oziroma odpornost nastale prevleke proti koroziji odvisni od vrste cerijeve soli in časa pretvorbe v kopeli. Najbolj kompaktna in enakomerna prevleka je bila narejena iz raztopine Ce(III) acetata, boljše zaščita pa je bila pridobljena v raztopinah nitrata in zlasti klorida zaradi debelejših prevlek (slika 4d). Izbrane cerijeve konverzijske prevleke so pokazale sposobnost zaščite AA7075-T6 v zmerno rigoroznih korozivnih pogojih. Prevleke je relativno preprosto pripraviti, so cenovno ugodne in okolju sprejemljive.

Cirkonijeve konverzijske prevleke (angl. ZrCC) so bile pripravljene na zlitini aluminij-mangan AA3005 z 10-minutno potopitvijo v 200 ppm kopeli H_2ZrF_6 pri sobni temperaturi. Potenciodinamske polarizacijske krivulje in elektrokemijski impedančni spektri so bili izmerjeni do 10 oziroma 40 dni v 0,5 M raztopini NaCl. Mikrostruktura karakterizacija vzorcev je bila izvedena z uporabo SEM/EDS-analize, XPS in masno spektrometrijo merjenja časa preleta sekundarnih ionov (angl. ToF-SIMS), fokusno ionsko žarkovno mikroskopijo (angl. FIB) in transmisijsko elektronsko mikroskopijo (TEM). Prevleka je imela trislojno strukturo z debelino 200 nm v bližini IMPs in 30 nm daleč od teh na matriksu prevleke (slika 5).

Cirkonijeve konverzijske prevleke ponujajo dobro protikorozijsko zaščito aluminijevih zlitin in celo izkazujejo sposobnost samotesnjenja. Stopnja zaščite je odvisna od vrste zlitine.



Slika 4: SEM-posnetki lantanovih konverzijskih prevlek na (a) aluminiju, (b) aluminijevi zlitini 7075 in (c) aluminijevi zlitini 2024. Konverzija je potekala 1 uro pri 60 °C v kopeli 0,01 M LaCl_3 in 0,13 M H_2O_2 . (d) Vzorci aluminijevе zlitine 7075 s cerijevimi konverzijskimi prevlekami in brez njih po testiranju v slani korozijski komori.

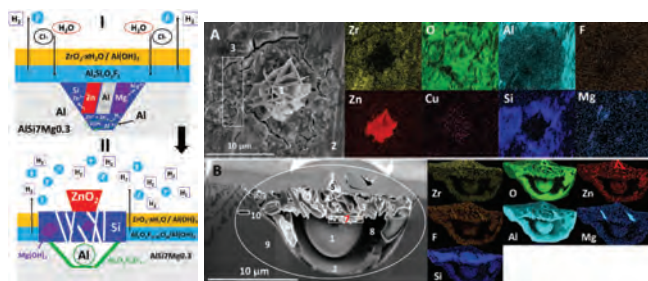


Slika 5: Shematski prikaz strukture cirkonijeve konverzijske prevleke, nanese na aluminijevu zlitino AA3005 pred potopitvijo v 0,5 M NaCl in po njej (zgoraj). Prevleka zaradi sproščanja fluorida in tvorbe Al(III) hidroksida kaže sposobnost samotesnjenja. Potenciodinamske polarizacijske krivulje (levo) ter impedanca in potencial odprtega kroga (desno) so podani v funkciji časa potopitve v 0,5 M NaCl (spodaj).

Po 5-dnevni potopitvi v 0,5 M raztopini NaCl se celotna debelina prevleke ni spremenila, spremenili pa so se delež posamezne plasti, mikrostruktura in sestava oziroma je prišlo do transformacije ZrF_4/ZrO_xF_y v $ZrO_2 \cdot 1,2H_2O(s)$ in tvorbe $Al(OH)_3$ v zgornjem sloju ZrCC. V spodnji plasti je potekala depozicija Mn. Debelina zgornje plasti se je zmanjšala, srednja in zlasti spodnja pa sta se povečali. Po potopitvi v NaCl se je nad in okoli (Mn, Fe) IMP tvoril t. i. klobuk, sestavljen pretežno iz ZrO_2 , z majhno količino Al. Pri daljšem času so se pore okoli IMP napolnile z gosto plastjo aluminijevega oksida, kar je povzročilo pasivizacijo. Hkrati se je koncentracija fluora zmanjšala, kisika pa povečala, zlasti v srednji in spodnji plasti ZrCC. Elektrochemijske meritve so pokazale, da se je korozijska odpornost ZrCC na AA3005 med potopitvijo v raztopino NaCl izboljševala. Predlagali smo, da lahko Mn iz AA3005 skupaj z Zr iz ZrCC sprožita samotesnenje in aktivno zaščito pred korozijo znotraj prevleke z vgradnjo v spodnjem delu pretvorbene prevleke. Zdi se, da je korozijska učinkovitost ZrCC enaka ali boljša v primerjavi s kromatnimi konverzijskimi prevlekami. To so zelo obetavni rezultati in zato smo predlagali, da bi prihodnje formulacije ZrCC morale vsebovati Mn.

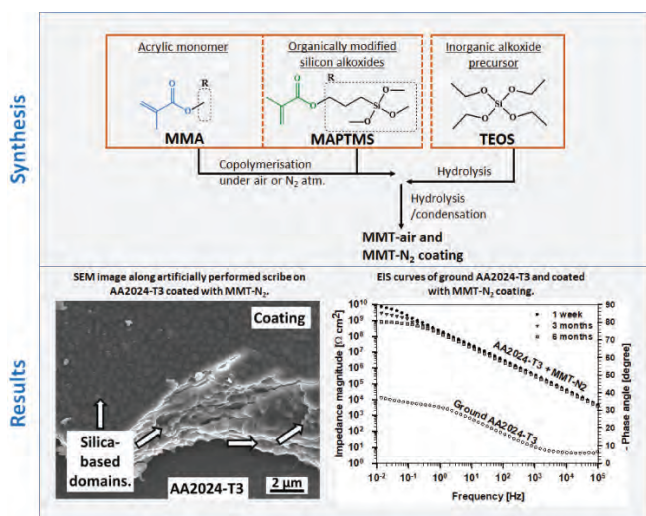
Mehanizem tvorbe ZrCC smo proučevali tudi na drugih aluminijevih zlitinah. Za zlitino AlSi7Mg0,3 je elektrochemijska karakterizacija pokazala izboljšanje korozijske odpornosti v prvih štirih dneh potopitve v 0,5 M NaCl. Temu sledi pojav jamičaste korozije, kar se kaže v padcu vrednosti impedance pri 3 mHz, $|Z_{3mHz}|$. Vendar se je pri daljši potopitvi vrednost $|Z_{3mHz}|$ povrnila na $1,5 \cdot 10^6 \Omega cm^2$ in ostala na tej vrednosti do konca potopitve. To vedenje

kaže, da ZrCC na zlitini AlSi7Mg0,3 izkazuje aktivno zaščito pred korozijo. Predlagali smo mehanizem samotesnenja in aktivne korozijske zaščite (slika 6). Zaradi por v prevleki lahko elektrolit prodira v ZrCC ter doseže IMP-delce in Si-kristalite, kjer se začne proces korozije. Na teh območjih poteka razvoj H_2 in alkalnost narašča. Najbolj šibka mesta so tista, ki so bogata z Zn (Al-Mg-Zn). Na teh mestih je korozija bolj izražena in vodi do selektivnega raztapljanja Zn, Mg in Al, kar povzroči razpokanje prevleke na površini. Obenem se Zr in Si lahko vgradi v konverzijsko plast na stenah jamic, sestavljeno pretežno iz aluminijevega oksida. Iz tega sklepamo, da imata Si in Zr lahko vlogo pri stabilizaciji aluminijevega oksida in preprečevanju njegovega raztapljanja. Večina ZrCC prevleke zaradi samotesnenja ni bila izpostavljena jamičasti koroziji. Ioni OH^- in $H_2(g)$ so se premaknili proti zunanji fazni meji z elektrolitom, kar je povzročilo sproščanje ionov F^- iz prevleke in pretvorbo ZrF_4/ZrO_xF_y v $ZrO_2 \cdot xH_2O(s)$. V elektrolitu so ioni F^- uravnoteženi z ioni Na^+ . Analiza ToF-SIMS je pokazala, da je mogoče ione F^- izmenjati tudi z ioni Cl^- in jih vključiti v strukturo prevleke. Domnevamo, da bi lahko hkrati z reakcijo sproščanja vodika pri nizkem pH znotraj jamice prišlo do raztapljanja Si/SiO₂ v prisotnosti ionov F^- ; Si se lahko raztopi iz Si-kristalov in/ali IMP-delcev in vpliva na izboljšanje korozijske odpornosti ZrCC z nastankom $SiO_2 \cdot 2H_2O$ v prvih štirih dneh potopitve v 0,5 M NaCl.



Slika 6: (levo) Shematski prikaz samotesnilnega mehanizma cirkonijeve konverzijske prevleke, nanešene na zlitino AlSi7Mg0,3 med potopitvijo v 0,5 M NaCl. (desno) SEM-posnetka (a) površine in (b) preseka ter EDS mapping cirkonijeve konverzijske prevleke na AlSi7Mg0,3 po 5 dneh potopitve v 0,5 M raztopini NaCl.

Lastnosti akrilatnih prevlek na osnovi polisiloksana je mogoče izboljšati z optimizacijo parametrov kopolimerizacije, to je časa in pravilne izbire plinske atmosfere, med metilmetakrilatom (MMA) in 3-metakriloksiopropil trimetoksisilanom (MAPTMS).



Slika 7: Sinteza in karakterizacija sol-gel hibridne prevleke na osnovi akrilata za zaščito aluminijeve zlitine AA2024

Cirkonijeve konverzijske prevleke, pripravljene v kopeli z 200 ppm H_2ZrF_6 pri optimalnih časih konverzije, so bile nanesene tudi na aluminijeve zlitine serij AA1xxx do AA7xxx. Elektrochemijsko vedenje in samotesnilne sposobnosti prevlek smo proučevali z elektrochemijsko impedančno spektroskopijo med petdnevno potopitvijo v 0,5 M NaCl. Vse prevleke so imele dvoslojno strukturo s povprečno debelino v območju 30–60 nm, razen prevleke, nanesene na zlitino AA2024, ki je imela enoslojno strukturo z debelino 12 nm. Prevleke so zagotavljale odlično zaščito pred korozijo in samotesnenje, kadar so bile nanesene na AA3005, AAA356.0, in zelo dobro protikorozijsko zaščito za AA380.0, AA5754 in AA1050A. Po drugi strani pa te prevleke niso zagotavljale ustreznih korozijskih zaščit za AA2024 in AA7075. Rezultati so bili obravnavani v smislu vloge IMP-delcev pri določanju lastnosti konverzijske prevleke. Glavni razlog za slabo korozijsko zaščito na zlitini AA7075 je bil, da je bila vsebnost Zn v matriksu previsoka (5,81 mas.%). Tudi pri ZrCC-A356.0 in ZrCC-380.0, ki vsebujeta bistveno nižjo vsebnost Zn (0,07 oz. 1,2 mas.%), je prišlo do razvoja jamičaste korozije na območjih, bogatih z Zn. Pravilna predhodna obdelava površine AA7075 pred nanosom ZrCC bi lahko bistveno izboljšala delovanje ZrCC. Optimalna predobdelava za AA7075 mora odstraniti ali pasivirati z Zn bogate IMP-delce na površini zlitine pred nanosom ZrCC.

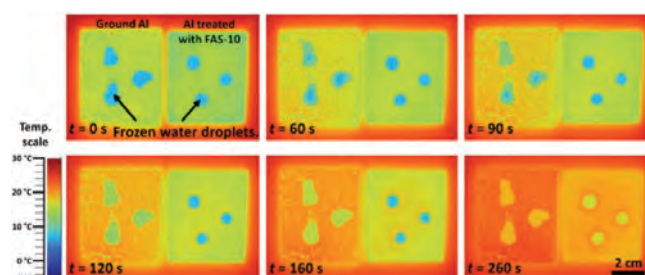
Zelo pomemben del naših raziskav obsega različne hibridne sol-gel prevleke, namenjene zaščiti aluminijevih zlitin ali jekla v kloridnem okolju. Trenutno v našem laboratoriju preiskujemo več vrst prevlek. Polisiloksanse prevleke MMT so prevleke na osnovi akrilata, ki združujejo 3-metakriloksipropil-trimetoksilan (MAPTMS), kopolimeriziran z metil-metakrilatom (MMA) in hidroliziran s tetraetil-ortosilikatom (TEOS) (slika 7). Proučevali smo optimizacijo postopka kopolimerizacije hibridne akrilatne prevleke z namenom doseganja dolgotrajne protikorozijske zaščite AA2024-T3. Sinteza sola je bila ovrednotena na različnih stopnjah z uporabo Fourierjeve infrardeče spektroskopije (FTIR) v realnem času, večjedrske spektroskopije z magnetno resonanco ter gelne permeacijske kromatografije. Po nanosu na podlago AA2024-T3 in sušenju so bile lastnosti prevleke še ovrednotene s kontaktnim profilometrom in FIB/SEM/EDS-analizo. Učinkovitost protikorozijske zaščite je bila ocenjena v 0,1 M raztopini NaCl z uporabo elektrokemijske impedančne spektroskopije in slane korozijske komore. Rezultati so pokazali, da reakcija, izvedena v dušikovi atmosferi, poveča stopnjo kopolimerizacije akrilatnih skupin, kar ima za posledico večjo molekulsko maso tvorjenega kopolimera. Po sušenju sta oba sol-gela oblikovala homogene, ~4 µm debele prevleke, ki so zagotavljale odlične barierne lastnosti. Ko pa je prevleka sintetizirana v dušikovi atmosferi, je prevleka zagotovila boljše dolgoročno odpornost proti koroziji, ki je po 6 mesecih potopitve v 0,1 M raztopino NaCl dosegla vrednost impedance skoraj 1 GΩ cm². Odlična odpornost proti koroziji je bila potrjena tudi v slani korozijski komori, kjer je prevleka, pripravljena v atmosferi N₂, ostala nespremenjena več kot 500 ur.

Poleg atmosfere kopolimerizacije smo proučevali tudi učinek časa kopolimerizacije. Reakcije, ki so potekale med pripravo, smo spremljali z uporabo FTIR v realnem času, metodo dinamičnega sipanja svetlobe (DLS) in gelno permeacijsko kromatografijo. Ocenili smo viskoznost raztopine in tudi izmerili termično stabilnost s termogravimetrično analizo. Optimalna temperatura za reakcijo kondenzacije je bila določena s pomočjo visokotlačne diferenčne dinamične kalorimetrije. Po nanosu na površino aluminijeve zlitine AA7075-T6 so bili morfologija, topografija, sestava in debelina prevleke ovrednoteni s SEM/EDS-analizo. Korozijske lastnosti so bile preizkušene v razredčeni Harrisonovi raztopini (3,5 g/L (NH₄)₂SO₄ in 0,5 g/L NaCl) z uporabo elektrokemijske impedančne spektroskopije. Kopolimerizacija MMA in MAPTMS v trajanju štirih ur je bila optimalna za pripravo 1,4 µm debele prevleke, ki je izkazovala odlične barierne lastnosti ($|Z_{10\text{ mHz}}| \approx 1\text{ G}\Omega\text{ cm}^2$) celo po treh mesecih izpostavljenosti korozivnemu mediju.

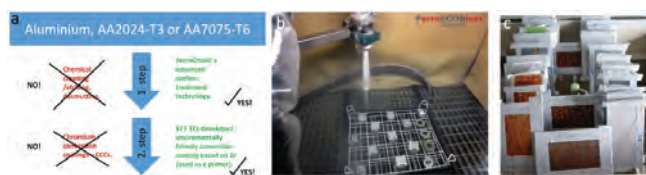
Polisiloksanse hibridne sol-gel prevleke na osnovi akrilata so bile sintetizirane z uporabo dveh različnih prekurzorjev, t. j. metil- ali etil-metakrilata (MMA ali EMA). Hipoteza je bila, da bi dodatna alkilna skupina lahko vplivala na kemijske lastnosti in posledično na korozijske lastnosti. Sinteza sola je potekala v dveh korakih, pri čemer je vsak vključeval MMA ali EMA. Nastali sol, siloksan- (poli (metil metakrilat-co-MAPTMS)) ali siloksan- (poli (etil metakrilat-co-MAPTMS)), smo nanесли na aluminijevo zlitino AA7075-T6, čemur je sledila karakterizacija glede kemijske strukture in sestave, omočljivosti, adhezije in odpornosti proti koroziji v 0,1 M raztopini natrijevega klorida. Prevleke so bile podobne v smislu površinske topografije, omočljivost prevleke z EMA pa je pokazala 6° večji kot v primerjavi s prevleko MMA. Elektrokemijski impedančni spektri, merjeni v raztopini NaCl, so pokazali, da obe prevleki delujeta kot bariera za zaščito podlage, ampak ima prevleka z EMA boljše zaščitne lastnosti po 2 mesecih potopitve. Adhezijski testi so potrdili najvišjo stopnjo oprijema na podlago za obe prevleki. Testiranje v slani korozijski komori je pokazalo odlično zaščito pred korozijo, saj so prevleke ostale nepoškodovane po več kot 600 urah.

Sol-gel metodologija ponuja številne možnosti za sintezo prevlek z različnimi funkcionalnimi lastnostmi. Ena izmed njih je hidrofobnost, ki je nato osnova za aplikacije, kot sta samočiščenje in odpornost proti zaledenitvi, oziroma upočasnitev taljenja. Kombinacijo postopka kemijskega jedkanja površine kovine v raztopini FeCl₃, čemur sledi nanos plasti s potopitvijo v etanolno raztopino 1H, 1H, 2H, 2H-perfluorodeciltrietoksilana, smo uporabili za pripravo hierarhične površinske topografije in kemijske vezave molekul silana na površini aluminija. Karakterizacija neobdelane in obdelane površine aluminija je bila izvedena s pomočjo kontaktnega profilometra, optične tenziometrije, SEM/EDS- in XPS-analize. Poleg tega smo ovrednotili dinamične značilnosti, ki so osnova za odskočni učinek in učinek samočiščenja. Za oceno lastnosti zaledenitve je bila uporabljena termična infrardeča kamera (slika 8). Nano-/mikrostrukturirana jedkana aluminijasta površina, modificirana s perfluoroalkil silanskim filmom, je pokazala superhidrofobnost in dinamiko odbijanja vodne kapljice. Taka površina izkazuje tudi učinkovito samočistilno sposobnost trdnih onesnaževal, pa tudi lastnosti protizaledenitve oziroma zakasnitve taljenja.

V letu 2020 smo intenzivno sodelovali z industrijskimi partnerji v okviru programa Micro Grant KET4CP (ang. Key Enabling Technology for Clean Production) v programu Obzorje 2020. Pri projektu *Napredna okolju prijazna površinska obdelava aluminija in aluminijevih zlitin, ki se uporabljajo v letalski industriji* smo skupaj s podjetjem FerroČrtalič in inštitutom Joanneum Research iz Avstrije raziskali možnost



Slika 8: Posnetki procesa taljenja zmrznjene kapljice na nemodificirani in modificirani površini po različnih časih. Taljenje kapljice, ki je bila zmrznjena na -15 °C in potem izpostavljena sobni temperaturi, smo spremljali s termično infrardečo kamero.



Slika 9: (a) Namen projekta KET4CP je bil uveljavitev alternativnega čiščenja površine kovine v postopek protikorozijske zaščite; (b) čiščenje s suhim ledom, ki ga izvaja podjetje FerroČrtalič, namesto kemijskega čiščenja; (c) testiranje vzorcev jekla, ki so prekriti s prevlekami, ki ne vsebujejo izocianatov. Prevleke smo razvili v sodelovanju s podjetjem Chemcolor; d. o. o.

uporabe alternativnih predobdelav namesto kemične predobdelave. Inovativna tehnološka rešitev je v tehnologijo predobdelave uvedla mikrokovanje in čiščenje s suhim ledom za izboljšanje mehanskih lastnosti. Te tehnologije so poceni, preproste za uporabo in nenevarne za okolje ter pri novih postopkih zmanjšujejo odvisnost surovin (slika 9). Pokazali smo, da navedene tretmaje lahko uporabimo tudi kot predobdelavo pred nanosom konverzijskih prevlek. Uporabljene materiale je mogoče reciklirati in ponovno uporabiti v sistemu. Razvita tehnološka rešitev lahko čezmejno vpliva na druga proizvodna podjetja, s čimer se poveča njihova konkurenčnost in zmanjša nastajanje onesnaževanja. Skupaj s podjetjem Gabrijel Aluminium, d. o. o., in Iberijskim laboratorijem za nanotehnologijo

(INL) iz Portugalske smo sodelovali pri projektu *Izvajanje postopka površinske obdelave za tesnjenje aluminija za izboljšanje protikorozijskih lastnosti*. Cilj je bil raziskati nove rešitve za eloksiranje in tesnjenje. Anodizacija je ena od najpogostejše uporabljenih površinskih predobdelav različnih aluminijevih zlitin. Zaradi številnih okoljskih omejitev uporabe kromatnih premazov postaja tehnologija anodizacije zanimiva za številne trge. Na formulacijo predobdelave vplivajo strožji okoljski predpisi EU (npr. REACH) in standardi preskusov trajnosti (ISO 9227). Poleg tega bo nadaljnji razvoj okolju sprejemljivejšega in učinkovitejšega postopka eloksiranja spodbudil površinsko predobdelavo za izboljšano zaščito pred korozijo v avtomobilski industriji.

Pri projektu *Nova tehnološka rešitev za izdelavo prevlek na osnovi poliuretana brez izocianatov, ki se uporabljajo za zaščito pred korozijo različnih kovin* smo skupaj s podjetjem Chemcolor, d. o. o., in Bay Zoltán Nonprofit Ltd. iz Madžarske razvili nove alternative na osnovi organsko spremenjenih silanskih prekursorjev. Trg poliuretanske tehnologije je za proizvajalce zelo pomemben. Na formulacijo prevleke vplivajo strožji predpisi o hlapnih organskih kemikalijah (angl. VOS) in izocianat. Poleg tega bo nadaljnji razvoj trdnejših snovi, nizko viskoznih smol in sušilnih snovi, skupaj z večjimi zmogljivostnimi lastnostmi, poganjal industrijo poliuretanov. Trenutni sistemi prevlek/premazov pogosto vsebujejo okolju in človeku nevarne kemikalije. Primer takih kemikalij so izocianati, ki jih dodajamo v številne sisteme premazov, da dosežemo končno polimerizacijo med funkcionalnimi skupinami (slika 9). Dandanes je izziv priprava "zelenih", neporoznih prevlek brez izocianatov. Z zamenjavo izocianatov z ustrežno alternativo bo proizvodni postopek čistejši in zmanjšalo se bo onesnaževanje okolja. Vpliv bistveno izboljšane tehnologije je dvojni: (i) okoljski zaradi uporabe okolju prijaznih sušilnih sredstev in (ii) ekonomski zaradi možnosti za povečanje prodaje "bolj zelenega" končnega izdelka.

Organska sinteza novih spojin

Odkrili smo, da N-halosukcinimidi v substehiometrijskih količinah (1–7 mol. %) aktivirajo celo vrsto alkoholov in tako omogočijo in pospešijo nukleofilno substitucijo hidroksilne funkcionalne skupine z različnimi nukleofili. Tako je mogoče pod zelo milimi reakcijskimi pogoji v ciljnih molekulah tvoriti nove vezi C–C, C–O, C–N in C–halogen. Najboljše rezultate smo dosegli z N-jodosukcinimidom in benzilnimi alkoholi, reakcije pa potekajo tudi pod pogoji brez uporabe topil.

Odkritje smo bolj obširno ovrednotili na primeru direktnega spajanja alkoholov in C-nukleofilov in na ta originalni način uvedli novo vez C–C v tarčno molekulo alkohola. Kot zelo primerni C-nukleofili so se pokazale molekule z elektronsko bogato dvojno vezjo C=C, kot so 1,1-difenil eteni ali 1,3-dikarbonili, ki so elektronsko zelo bogati na položaju C-2.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

- Milošev, I., Zimerl, D., Carrière, Ch., Zanna, S., Seyeux, A., Iskra, J., Stavber, S., Chiter, F., Poberžnik, M., Costa, D., Kokalj, A., Marcus, P., The effect of anchor group and alkyl backbone chain on performance of organic compounds as corrosion inhibitors for aluminum investigated using an integrative experimental-modeling approach, Editor's Choice, *J. Electrochem. Soc.*, 2020, **167**, 6, 061509
- Šekularac, G., Milošev, I., Electrochemical behavior and self-sealing ability of zirconium conversion coating applied on aluminum alloy 3005 in 0.5 M NaCl solution, *J. Electrochem. Soc.*, 2020, **167**, 2, 021509
- Poberžnik, M., Chiter, F., Milošev, I., Marcus, P., Costa, D., Kokalj, A., DFT study of n-alkyl carboxylic acids on oxidized aluminium surfaces: From standalone molecules to self-assembled-monolayers, *Appl. Surf. Sci.*, 2020, **525**, 146156
- Rodič, P., Lekka, M., Andreatta, F., Fedrizzi, L., Milošev, I., The effect of co-polymerization on the performance of acrylate-based hybrid so-gel coating for corrosion protection of AA2024-T3, *Prog. Org. Coat.*, 2020, **147**, 105701
- Rodič, P., Kapun, B., Panjan, M., Milošev, I., Easy and fast fabrication of self-cleaning and anti-icing perfluoroalkyl silane film on aluminium, *Coatings*, 2020, **10**, 3, 234

6. Poberžnik, M., Kokalj, A., Surprising lateral interactions between negatively charged adatoms on metal surfaces, *J. Phys. Chem. Lett.*, 2020, 11, 17, 7122–7126

Nagrade in priznanja

1. Matjaž Dlouhy, prva nagrada za najboljši poster z naslovom Adsorption of imidazole on Cu (111), covered with corrosion-important species na 26. letnem srečanju Slovenskega kemijskega društva Slovenski kemijski dnevi 2020, 16.–18. september 2020
2. dr. Klara Čebular, Krkina nagrada 2020 za doktorsko disertacijo z naslovom Pretvorbe kisikovih funkcionalnih skupin v organskih molekulah ob prisotnosti molekularnega joda in/ali N-halo spojin

MEDNARODNI PROJEKTI

1. KET4CP Projekt – Ferročrtalič
Ferročrtalič, d. o. o.
prof. dr. Ingrid Milošev
2. KET4CP Projekt – Gabrijel Aluminium
Gabrijel Aluminium, d. o. o.
dr. Peter Rodič
3. KET4CP Projekt – Chemcolor
Chemcolor, d. o. o.
dr. Peter Rodič
4. COST CA17126: Razumevanje in modeliranje intenzivnih elektronskih vzbujanj
COST Association AISBL
prof. dr. Anton Kokalj
5. 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
6. H2020 - MAMI; Magnetizem in mikrohidrodinamika
European Commission
prof. dr. Ingrid Milošev

PROGRAMA

1. Kemija za trajnostni razvoj
dr. Peter Rodič (vodja dela programa na IJS)
2. Napredni materiali za nizkoogljično in trajnostno družbo
prof. dr. Ingrid Milošev (vodja dela programa na IJS)

PROJEKTI

1. Modulacija encima kompleksa poliketid sintaze v zgodnjih in poznih stopnjah biosinteze tetraciklinskih antibiotikov
dr. Peter Rodič
2. Multidisciplinarni pristop k razvoju novega, večfunkcijskega heterogenega katalizatorja za učinkovito pretvorbo H₂ in CO₂ plinskih mešanic v dodatke gorivom in nadomestke
prof. dr. Anton Kokalj
3. Fotokatalitsko čiščenje vode - razvoj pritrjenih katalizatorjev in kompaktnih reaktorskih sistemov
dr. Peter Rodič
4. COIN DESC: Deskriptorji inhibicije korozije in selektivnega raztapljanja
prof. dr. Anton Kokalj

OBISKI

1. dr. Emilie Gaudry, Institut Jean Lamour, University of Lorraine, Nancy, Francija, 3. 2.–5. 2. 2020
2. dr. Thiago Trevizam Dorini, Institut Jean Lamour, University of Lorraine, Nancy, Francija, 3. 2.–14. 2. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Ana Kraš: Rust modification by the formation of a protective layer of nontoxic corrosion inhibitors on steel, 21. 1. 2020
2. Emilie Gaudry: Catalytic properties of Al-TM intermetallics: insight from DFT, 4. 2. 2020
3. Thiago Trevizam Dorini: Electronic properties of a series of ultrathin aperiodic oxide films derived from ABO₃ perovskites on Pt(111), 14. 2. 2020
4. Ana Kraš: Conversion coatings based on inorganic oxides as contemporary, environmentally friendly corrosion protection, 14. 2. 2020
5. Tjaša Pavlovčič: Inhibicija korozije aluminijeve zlitine z dodatkom vanadata in molibdata v kloridno raztopino, 6. 7. 2020
6. Dževad Kozlić: New insights into corrosion inhibition of copper and aluminium, and degradation of polymeric film formed by binary mixture of 2-mercaptobenzimidazole and octylphosphonic acid in 0.5 M NaCl, 29. 7. 2020
7. Ivan Spajčić: Protection of biomedical stainless steel and titanium by ALD single and multi-layered films made of Al₂O₃ and HfO₂, 3. 9. 2020
8. Damir Hamulić: The effect of various methacrylate monomers on anti-corrosion and anti-fouling properties, 15. 9. 2020

9. Nikolina Lešič: Electrochemical behaviour of NdFeB and SmFeN magnets and their metal components in different electrolytes, 23. 9. 2020
10. Matjaž Dlouhy: Effect of small co-adsorbates on the adsorption of azoles on Cu(111), 23. 9. 2020
11. Lea Gašparič: Obravnava vodikovih vezi med kovinskimi hidroksidi in organskimi molekularmi z molekularnim modeliranjem, 16. 11. 2020
12. Žan Gostečnik: Uporaba HPLC, GC in UV-VIS pri raziskavah korozije, 7. 12. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH IN STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Rodič, P., Gostečnik, Ž., Mukaetov, B., Kapun, B., Dlouhy, M., Kokalj, A., Milošev, I.: 26. Slovenski kemijski dnevi, Portorož, Slovenija, 16.–18. 9. 2020
2. Dlouhy, M., Kokalj, A.: 12. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in 14. dan mladih raziskovalcev (Konferenca KMBO), 15. 5. 2020, virtualno
3. Spajčić, I., Milošev, I.: EUROCORR2020, 7.–11. 9. 2020, virtualno
4. Lešič, N., Milošev, I.: H2020 MSC ITN MAMI meeting, 1.–2. 7. 2020, virtualno

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. dr. Urša Tiringir: Tehniška univerza v Delftu, Delft, Nizozemska, 1. 10. 2018–30. 9. 2020 (podoktorsko izpopolnjevanje)
2. dr. Matic Poberžnik, CNR-IOM (Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto Officina dei Materiali, Trst, Italija, 1. 6. 2020–1. 6. 2022 (podoktorsko izpopolnjevanje)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. prof. dr. Anton Kokalj
2. **prof. dr. Ingrid Milošev, znanstvena svetnica - vodja odseka**
3. dr. Peter Rodič

Podoktorski sodelavci

4. dr. Matic Poberžnik
5. dr. Gavriilo Šekularac
6. *dr. Urša Tiringir, odšla 2. 12. 2020*

Mlajši raziskovalci

7. Matjaž Dlouhy, mag. kem.
8. *Damir Hamulić, mag. kem., odšel 1. 7. 2020*

9. Ana Kraš, mag. appl. chem., R. Hrvaška
 10. Nikolina Lešič, mag. chem., R. Hrvaška
 11. Ivan Spajčić, mag. inž. kemijskog inženjerstva, R. Hrvaška
- Strokovni sodelavci**
12. Lea Gašparič, mag. kem.
 13. Barbara Kapun, dipl. inž. kem. tehnol.
 14. Dževad Kozlica, Msc.

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
2. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
3. Univerza v Novi Gorici, Laboratorij za raziskavo materialov
4. Ortopedska bolnišnica Valodoltra, Ankaran
5. Kemijski inštitut, Ljubljana
6. Center odličnosti ClPKeBiP, Ljubljana
7. Center odličnosti Nanocenter
8. Talum, d. d., Kidričevo
9. Helios, d. d., Količevo
10. Trimio, d. o. o., Trebnje
11. Hidria, d. o. o., Ljubljana
12. Kolektor Group, d. o. o., Idrija
13. Alkemika, d. o. o., Celje

14. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, Piran
15. Chemcolor, Sevnica
16. Jub, d. o. o., Dol pri Ljubljani
17. Gabrijel Aluminium, Grosuplje
18. University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Zagreb, Hrvaška
19. CNR-IOM DEMOCRITOS National Simulation Center, Trst, Italija
20. SISSA/ISAS - International School for Advanced Studies, Trst, Italija
21. CNR, Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari, Milano, Italija
22. University of Udine, Polytechnic Department of Engineering and Architecture, Italija
23. University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Srbija
24. University of Belgrade, Faculty of Physical Chemistry, Srbija
25. University of Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Department of Materials Science and Engineering, Nemčija
26. The Ohio University, Fontana Corrosion Center, Columbus, ZDA
27. Hasselt University, Institute for Materials Research, Hasselt, Belgija
28. National University of Mar del Plata, INTEMA, Conicet, Argentina
29. Universidad Nacional de Cordoba, Cordoba, Argentina
30. Universitat Politècnica de Catalunya, Department of Physics, Barcelona, Španija
31. Delft University of Technology, Materials Science and Engineering, Nizozemska
32. CNRS, Chemie ParisTech, PSL University, Institut de Recherche de Chimie Paris, Francija
33. Eötvös Loránd University, Budimpešta, Madžarska
34. Institut Jean Lamour & Université de Lorraine, Francija
35. Bay Zoltán Nonprofit Ltd. for Applied Research LTD, Budimpešta, Madžarska
36. Joanneum Research Materials, Niklasdorf, Avstrija

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Marjan Bele *et al.* (12 avtorjev), "Increasing the oxygen-evolution reaction performance of nanotubular titanium oxynitride-supported Ir nanoparticles by a strong metal-support interaction", *ACS Catalysis*, 2020, **10**, 22, 13688-13700. [COBISS.SI-ID 36706819]
2. Vesna Ribič, Aleksander Rečnik, Matej Komelj, Anton Kokalj, Zorica Branković, Mario V. Zlatović, Goran Branković, "New inversion boundary structure in Sb-doped ZnO predicted by DFT calculations and confirmed by experimental HRTEM", *Acta Materialia*, 2020, **199**, 633-648. [COBISS.SI-ID 26023939]
3. Anton Kokalj, Hadi Behzadi, Razieh Farahati, "DFT study of aqueous-phase adsorption of cysteine and penicillamine on Fe(110): role of bond-breaking upon adsorption", *Applied Surface Science*, 2020, **514**, 145896. [COBISS.SI-ID 33297703]
4. Matic Poberžnik, Fatah Chiter, Ingrid Milošev, Philippe Marcus, Dominique Costa, Anton Kokalj, "DFT study of *n*-alkyl carboxylic acids on oxidized aluminum surfaces: from standalone molecules to self-assembled-monolayers", *Applied Surface Science*, 2020, **525**, 146156. [COBISS.SI-ID 33297959]
5. Damir Hamulić, Peter Rodič, Matic Poberžnik, Marjan Jereb, Janez Kovač, Ingrid Milošev, "The effect of the methyl and ethyl group of the acrylate precursor in hybrid silane coatings used for corrosion protection of aluminium alloy 7075-T6", *Coatings*, 2020, **10**, 2, 172. [COBISS.SI-ID 33189671]
6. Peter Rodič, Barbara Kapun, Matjaž Panjan, Ingrid Milošev, "Easy and fast fabrication of self-cleaning and anti-icing perfluoroalkyl silane film on aluminium", *Coatings*, 2020, **10**, 3, 234. [COBISS.SI-ID 33256743]
7. Gavrilo Šekularac, Janez Kovač, Ingrid Milošev, "Prolonged protection, by zirconium conversion coatings, of AlSi7Mg0.3 aluminium alloy in chloride solution", *Corrosion Science*, 2020, **169**, 108615. [COBISS.SI-ID 12855299]
8. Barbara Volarič, Anca Mazare, Sannakaisa Virtanen, Ingrid Milošev, "The effect of deposition parameters on the properties of CeCl₃ and LaCl₃ conversion coatings deposited on three Al-based substrates", *Corrosion*, 2020, **76**, 1, 18-38. [COBISS.SI-ID 33134887]
9. Matic Poberžnik, Anton Kokalj, "Surprising lateral interactions between negatively charged adatoms on metal surfaces", *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 2020, **11**, 17, 7122-72126. [COBISS.SI-ID 25650435]
10. Gavrilo Šekularac, Ingrid Milošev, "Electrochemical behavior and self-sealing ability of zirconium conversion coating applied on aluminum alloy 3005 in 0.5 M NaCl solution", *Journal of The Electrochemical Society*, 2020, **167**, 2, 021509. [COBISS.SI-ID 33134631]

11. Ingrid Milošev *et al.* (12 avtorjev), Editor's choice - "The effect of anchor group and alkyl backbone chain on performance of organic compounds as corrosion inhibitors for aluminum investigated using an integrative experimental-modeling approach", *Journal of The Electrochemical Society*, 2020, **167**, 6, 061509. [COBISS.SI-ID 33300519]
12. Gavrilo Šekularac, Janez Kovač, Ingrid Milošev, "Comparison of the electrochemical behaviour and self-sealing of zirconium conversion coatings applied on aluminium alloys of series 1xxx to 7xxx", *Journal of The Electrochemical Society*, 2020, **167**, 11, 111506. [COBISS.SI-ID 24382467]
13. Peyman Taheri, Ingrid Milošev, Mats Meeusen, Barbara Kapun, Paul White, Anton Kokalj, Arjan Mol, "On the importance of time-resolved electrochemical evaluation in corrosion inhibitor-screening studies", *npj Materials Degradation*, 2020, **4**, 12. [COBISS.SI-ID 13459971]
14. Peter Rodič, Romana Cerc Korošec, Barbara Kapun, Alenka Mertelj, Ingrid Milošev, "Acrylate-based hybrid sol-gel coating for corrosion protection of AA7075-T6 in aircraft applications: the effect of copolymerization time", *Polymers*, 2020, **12**, 4, 948. [COBISS.SI-ID 33305639]
15. Peter Rodič, Maria Lekka, Francesco Andreatta, Lorenzo Fedrizzi, Ingrid Milošev, "The effect of copolymerisation on the performance of acrylate-based hybrid sol-gel coating for corrosion protection of AA2024-T3", *Progress in Organic Coatings*, 2020, **147**, 105701. [COBISS.SI-ID 18247939]
16. Peter Rodič, Ingrid Milošev, "Corrosion resistance of cerium-conversion coatings formed from cerium(III) salts on aluminium alloy 7075-T6", *Studia Universitatis Babeş-Bolyai. Chemia*, 2020, **65**, 3, 227-244. [COBISS.SI-ID 33048835]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Dirk Lützenkirchen-Hecht, Damir Hamulić, Ralph Wagner, Ingrid Milošev, "EXAFS investigations of cobalt electrodeposition", V: *XAFS2018, 17th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure, 22-27.07, 2018, Kraków, Poland*, Proceedings, (Radiation physics and chemistry **175**), 2020, 108113. [COBISS.SI-ID 32659495]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Gavrilo Šekularac, *Korozija in protikorozijska zaščita aluminijevih zlitin s konverzijskimi prevlekami na osnovi cirkonija*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Ingrid Milošev). [COBISS.SI-ID 26986755]

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 in prevodni oksidi. Poudarek raziskav je na kreiranju lastnosti s sintezo na nano-, mikro- in makroravni. Raziskujemo tudi osnove procesov za pripravo senzorjev tlaka, keramičnih mikroelektromehanskih sistemov (MEMS) in fleksibilne elektronike.

Na področju okolju prijaznih piezoelektrikov brez svinca smo nadaljevali raziskave keramike na osnovi kalijevega natrijevega niobata ($K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$, KNN), ki bi lahko nadomestile učinkovite piezoelektrike na osnovi svinca. Poudarek je bil na kontroli kemijske homogenosti keramike KNN z vrsto dopantov kot ključne lastnosti za doseganje ponovljivih funkcijskih lastnosti.

Nadaljevali smo raziskave polikristaliničnega $BiFeO_3$. V sodelovanju z raziskovalci Odseka za nanostrukturne materiale (IJS) in Kemijskega inštituta smo eksperimentalno dokazali dinamično povezavo med električno prevodnostjo domenskih sten v $BiFeO_3$ s kopičenjem defektov p-tipa na domenski steni pod električnim poljem. Pokazali smo tudi, da hitrost ohlajanja vpliva na kopičenje defektov na stenah in s tem posledično na njihovo lokalno strukturo in prevodnost [slika 1].

Polarizacija keramike $BiFeO_3$ je težavna predvsem zaradi visoke električne prevodnosti in visokega koercitivnega polja. Da bi razumeli polarizacijo $BiFeO_3$, smo v sodelovanju s kolegi iz Avstralije (Univerza New South Wales), Kitajske (Univerza Tsinghua) in Norveške (norveška univerza za znanost in tehnologijo) izvedli in situ strukturo rentgensko difrakcijsko analizo. Med polarizacijo pri visokih električnih poljih smo opazili zanimiv obratnosorazmeren časovni trend v deformaciji kristalne rešetke znotraj posameznih domen in preklapljanja domenskih sten. Pojav smo pripisali prevodnim domenskim stenam, ki povzročijo prerazporeditev notranjih električnih polj v zrnih keramične matrice. S študijo smo pojasnili mehanizme deformacije na mikrometrski ravni in s tem predlagali optimiziran način polarizacije $BiFeO_3$.

Eksperimentalne študije na keramiki $BiFeO_3$, modificirani s kobaltovimi ioni, so razkrile podrobnosti feroelektričnega utrjevanja tega perovskita. Gre za dva različna mehanizma utrjevanja, povezana z i) učinki pripenjanja domenskih sten na kompleksih defektov s kisikovimi vrzeli, za katere je znano, da kontrolirajo utrjevanje akceptorsko dopiranega $Pb(Zr,Ti)O_3$ (PZT) in ii) manj pogostim načinom pripenjanja domenskih sten, do katerega pride, ko se točkasti defekti, kot so elektronske vrzeli, kopičijo znotraj domenskih sten. Mehanizem (i) ima prevladujočo vlogo pri odzivu $BiFeO_3$, ko je ta v močnem električnem polju, medtem ko ima mehanizem (ii) ključno vlogo pri piezoelektričnem odzivu $BiFeO_3$ v šibkem polju. Naboji, ki so prisotni na domenskih stenah, vodijo do povečanja piezoelektričnega odziva $BiFeO_3$, kar je v nasprotju z obnašanjem, ki je značilno za PZT. To se zgodi zaradi prerazporeditve notranjih polj v različnih zrnih polikristalinične matrice, ki jo sproži migracija naboja vzdolž domenskih sten. Pojav učinkovito poveča prispevek domenskih sten v zrnih, v katerih se polje poveča. Rezultati pojasnjujejo večletno dilemo okrog piezoelektričnega odziva $BiFeO_3$.

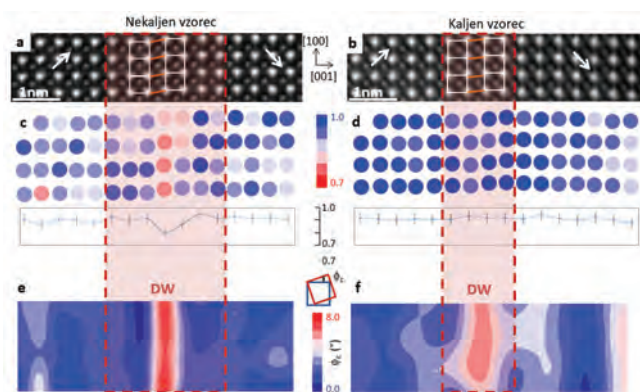
V sodelovanju s kolegi z norveške univerze za znanost in tehnologijo ter iz Nacionalnega inštituta za raziskave in razvoj tehnološke fizike, Iasi, Romunija, smo raziskali magnetne lastnosti multiferoične keramike $Bi_{0.88}Gd_{0.12}FeO_3$. Z mikroskopom na atomsko silo s piezoelektričnim (PFM) in magnetnim (MFM) modulom smo potrdili intrinzično multiferoičnost v perovskitni fazi, saj smo zaznali soobstoj feroelektričnih/feroelastičnih in feromagnetnih domen. Nadalje smo odkrili, da po segrevanju pri 1000 °C vzorec začne izkazovati močno magnetno histerezo z visoko



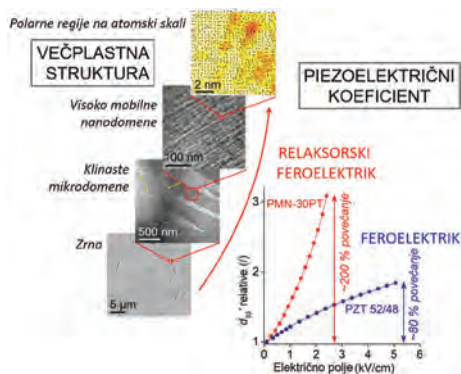
Vodja:

prof. dr. Barbara Malič

V reviji Nature Communications smo objavili raziskavo, v kateri smo eksperimentalno dokazali dinamično povezavo med električno prevodnostjo domenskih sten v $BiFeO_3$ s kopičenjem defektov p-tipa na domenskih stenah pod električnim poljem.



Slika 1: Atomska struktura domenskih sten (DS) v kaljenem in nekaljenem $BiFeO_3$. HAADF-STEM slika 109° DS v (a) nekaljenem in (b) kaljenem $BiFeO_3$ (c, d) pripadajoča porazdelitev normaliziranih intenzitet Bi atomskih kolon in profil intenzitet prek DS, (e, f) porazdelitev napetosti prek DS, predstavljen kot deformacijski kot osnovne celice (φ). Področje DS je označeno z rdečo prekinjeno črto. Puščice v (a, b) kažejo smer premika Fe atoma iz centra Bi osnovne celice, z rdečo črto so označene daljše razdalje med Bi atomskimi kolonami.



Slika 2: V relaksorski feroelektrični keramiki PMN-xPT smo izmerili izredno visok nelinearni piezoelektrični odziv, ki razkriva mehanizem mehčanja materiala. Odziv odraža visoko mobilnost sten nanodomene kot posledico polarnih skupkov na atomski skali in distorzij kristalne mreže, značilnih za relaksorje.

magnetizacijo. Omenjeni pojav nastane zaradi razpada perovskitne faze v sekundarno fazo, bogato z železom. Tako smo potrdili velik pomen termične priprave vzorca in termodinamske stabilnosti posameznih faz za magnetne lastnosti keramike $\text{Bi}_{0.88}\text{Gd}_{0.12}\text{FeO}_3$.

V sodelovanju s kolegi s Tehniške univerze v Darmstadtu, Nemčija, smo pripravili in karakterizirali piezoelektrično keramiko, ki vsebuje svinec $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})\text{O}_3$, z velikostjo zrn v območju med 3,9 in 10,4 μm . Zmanjšanje velikosti zrn je spremljalo znižanje elektromehanskih lastnosti, merjenih pri poljih, višjih od koercitivnega, in zvišanje dielektričnosti keramike. PFM-analiza je pokazala povišano lokalno koercitivno napetost blizu meje zrn. Omenjene razlike so najverjetneje posledica napetosti v keramiki, ki so prisotne blizu meje zrn, kar vodi do zmanjšane dinamike domenskih sten.

Kljub številnim predlaganim modelom in različnim razlagam je izvor visoke piezoelektričnosti v relaksorskih feroelektrikih na osnovi svinca, kot je $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PMN-PT), še vedno odprto vprašanje. S sodobnim analitičnim pristopom in široko paleto keramičnih sestav PMN-PT nam je uspelo razložiti vlogo t. i. nizkofrekvenčnih domenskih sten v piezoelektričnem in dielektričnem odzivu PMN-PT. Visoka mobilnost tovrstnih sten je tesno povezana s strukturnim relaksorskim neredom, zato njihova dinamika prevladuje v monoklinskih sestavah PMN-PT, ki so bogate s PMN. Novi mehanizem odpira obilo možnosti za oblikovanje lastnosti visoko zmogljive piezoelektrične keramike s t. i. relaksorskim neredom [slika 2].

V sodelovanju s kolegi z Odseka za fiziko trdne snovi, IJS, in Tehniške univerze v Darmstadtu, Nemčija, smo proučili povezavo med dielektričnostjo in elektrokalorično (EC) spremembo temperature (ΔT_{EC}) v $(1-x)\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-xPbTiO}_3$ (PMN-100xPT, $x = 0, 0,05, \text{ in } 0,10$). S povečanjem vsebnosti PT pri danem električnem polju (E) se je povišala tako temperatura, pri kateri je dielektričnost najvišja, kot temperatura, pri kateri je ΔT_{EC} največja. Vrh dielektričnosti je vedno pri višji temperaturi od temperature z največjo ΔT_{EC} . Poleg tega temperaturna razlika med obema maksimuma postopno narašča z naraščajočim električnim poljem. Slednje je še posebno opazno nad električnim poljem, pri katerem pride do pojava feroelektrične faze. Rezultate smo razložili v okviru faznega diagrama električno polje-temperatura relaksorskih sistemov. Temperatura maksimuma dielektričnosti samo

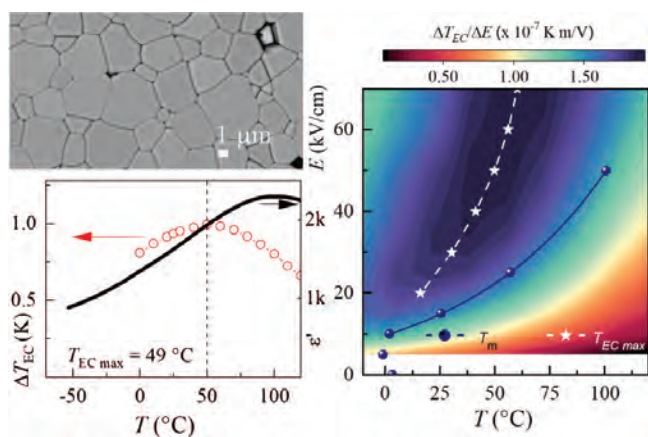
približno ustreza temperaturi, pri kateri je elektrokalorična odzivnost ($\Delta T_{\text{EC}}/\Delta E$) največja [slika 3].

Nadaljevali smo s pripravo in študijem novih enofaznih multiferoičnih in multikaloričnih keramičnih materialov na osnovi $\text{Pb}(\text{Fe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})\text{O}_3$. Trdne raztopine $\text{Pb}(\text{Fe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})\text{O}_3\text{-BiFeO}_3$ (PFN-BFO) omogočajo povezavo med nizkotemperaturnimi strukturnimi faznimi prehodi materiala PFN in visokotemperaturnimi faznimi prehodi materiala BFO, torej prilagajanje njihovih multiferoičnih lastnosti. Z mehanokemijsko aktivacijo kovinskih oksidov, ki ji je sledila termična obdelava surovcev, smo pripravili več sestav $(1-x)\text{PFN-xBFO}$ ($x = 0-0,5$). Dodajanje BFO k PFN je privedlo do okrepljenega relaksorsko-feroelektričnega obnašanja, ki smo ga sistematično proučili s pomočjo makroskopskih in lokalnih tehnik karakterizacije [slika 4]. Sistem PFN-BFO poleg obetavnih relaksorsko-feroelektričnih lastnosti izkazuje tudi magnetne lastnosti. Med proučevanimi sestavami sta v 0,8PFN-0,2BFO obe feroični anomaliji pri sobni temperaturi, kar ga uvršča med prve tovrstne enofazne multiferoike. Nadalje smo pokazali, da pripravljene materiali izkazujejo tudi multikalorične lastnosti. Z načrtnim dopiranjem 0,8PFN-0,2BFO z Gd in Mn ioni nam je uspelo pripraviti material, ki izkazuje soobstoj do sedaj največjih elektrokaloričnih in magnetokaloričnih odzivov.

V sodelovanju z raziskovalci iz Kanade (Univerza McMaster in Univerza v Sherbrooku) in ZDA (Nacionalni laboratorij Oak Ridge) smo izvedli obsežno študijo pod- in nadstehiometrično dopiranih kupratnih superprevodnikov $\text{La}_{1.6-x}\text{Nd}_{0.4}\text{SrCuO}_4$. Raziskali smo strukturne in superprevodne fazne prehode, ki potekajo v odvisnosti od temperature in koncentracije vrzeli, p , ter predlagali posodobljen fazni diagram temperatura-dopiranje za $\text{La}_{1.6-x}\text{Nd}_{0.4}\text{SrCuO}_4$. Poleg tega smo ugotovili tudi, da so v tem sistemu strukturne in kritične točke psevdovrzel dobro ločene, podobno kot v matični spojini $\text{La}_{1-x}\text{SrCuO}_4$.

Raziskave so obsegale tudi študij dvojnega perovskita $\text{La}_2\text{LiMoO}_6$. V študiji, izvedeni s sodelavci iz ZDA (Nacionalni laboratorij Oak Ridge,

Izsledke raziskav elektromehanskega odziva relaksorskih feroelektrikov smo objavili v reviji Advanced Functional Materials. Študija razkriva edinstven dinamični odziv tovrstnih relaksorskih materialov na zunanje električno polje, katerega vzrok je kompleksna strukturiranost materiala v smislu nereda na atomski ravni in hierarhičnega zloga feroelektričnih domen, kar močno vpliva na mobilnost domenskih sten.



Slika 3: Povezava med dielektričnostjo (ϵ) in elektrokalorično (EC) spremembo temperature (ΔT_{EC}) v keramiki $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (PMN). Levo: mikrostruktura PMN (zgoraj) in temperaturna odvisnost ϵ (@10 kHz) in ΔT_{EC} pri električnem polju 50 kV/cm, kjer je razvidno, da je maksimum dielektričnosti (T_m) pri višji temperaturi kot maksimum ΔT_{EC} . Desno: EC odziv ($\Delta T_{\text{EC}}/\Delta E$) v okviru faznega diagrama električno polje-temperatura.

Univerza v Tennesseeju) in Kanade (Univerza McMaster in Univerza v Winnipegu), smo pojasnili osnovno magnetno stanje tega materiala. Ugotovili smo, da je, v nasprotju z drugimi Mo^{5+} dvojnimi perovskiti, $\text{La}_2\text{LiMoO}_6$ prvi primer, ki kaže **antiferomagnetno** urejanje dolgega dosega s T_N , ki znaša 18 K, kar dokazujejo magnetni Braggovi vrhovi. Te razlike je mogoče razložiti na podlagi koordinacijskih poliedrov Mo-O, ki določajo naravo orbitalnega urejanja.

Hibridni **organsko-anorganski feroelektriki**, kot je tetrametilamonijev bromotrikloroferat ($\text{N}(\text{CH}_3)_4[\text{FeBrCl}_3]$), se obetajo kot naslednja generacija funkcijskih materialov za senzoriko in v napravah za pridobivanje mehanske, toplotne in drugih oblik energije iz okolja. Čeprav je struktura t. i. plastičnih kristalov znana, so njihove feroelektrične in elektromehanske lastnosti še povsem neraziskane. V sodelovanju s skupino z norveške univerze za znanost in tehnologijo v Trondheimu smo nedavno poročali o funkcijskih lastnostih plastičnih kristalov $\text{N}(\text{CH}_3)_4[\text{FeBrCl}_3]$. Podatki kažejo na klasičen feroelektrični odziv s prispevkom električne prevodnosti, ki ga opazimo v polarizacijskih zankah, merjenih pri nizkih frekvencah električnega polja. Izrazita odvisnost mehanskega odziva od frekvence in števila vzbujevalnih ciklov nakazuje na prispevek pripenjanja domenskih sten, ki jih povzročajo točkaste napake. Študija je pokazala potrebo po nadaljnjih raziskavah kemije defektov v tej obetavni skupini hibridnih materialov.

V sodelovanju z Odsekom za plinsko elektroniko (IJS) smo s PFM raziskali feroelektrično domensko strukturo v nedopiranem in z bakrom dopiranim monokristalu $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$. V obeh primerih smo odkrili nekaj sto nanometrov velike domene. V nedopiranem vzorcu so imele domene romboedrično obliko, v dopiranem vzorcu pa smo odkrili domene nepravilnih oblik. S PFM smo izmerili tudi lokalne histerezne zanke, ki so nakazovale dobro zmožnost preklopa feroelektričnih domen v obeh tipih monokristalov.

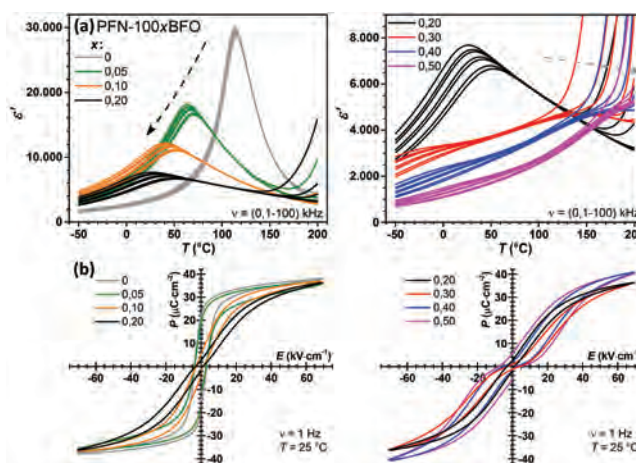
V sodelovanju z Inštitutom za multidisciplinarne raziskave z Univerze v Beogradu, Srbija, smo proučevali vpliv dopiranja s stroncijem na fazno sestavo, mikrostrukturo in funkcijske lastnosti **tankih plasti natrijevega kalijevega niobata**. Plasti na platiniziranih silicijevih podlagah smo pripravili s sintezo iz raztopin. Dopiranje s stroncijem (0,5, 1 mol%) je prispevalo k fino zrnati in gosti mikrostrukturi ter k izboljšanju feroelektričnih lastnosti tankih plasti v primerjavi z nedopiranimi vzorci. Nizek tok puščanja dopiranih plasti je prispeval k velikemu lokalnemu piezoelektričnemu odzivu ($d_{33} \sim 110$ pm/V), ki smo ga izmerili s PFM modulom mikroskopa na atomsko silo, in nasičenim lokalnim histereznim zankam.

Raziskave piezoelektričnih debelih plasti smo izvedli v sodelovanju z raziskovalci z GREMAN/CNRS/Univerze v Toursu, Francija. Raziskovali smo **metodo elektroforetskega nanosa (EPD) okolju prijaznih debelih plasti** ($\text{K}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{Sr}_{0,99}\text{Nb}_{0,005}\text{O}_3$ (KNNSr) na metaliziranih keramičnih podlagah za uporabo v piezoelektričnih zbiralnikih energije. Z naraščajočo temperaturo sintranja v zraku ali v kisiku so se dielektrične, fero- in piezoelektrične lastnosti debelih plasti izboljšale. Plasti KNNSr debeline 28 μm , ki smo jih pripravili s sintranjem pri 1100 °C 2 uri v kisiku, so imele povprečni sklopitveni faktor k_t 40%, kar je primerljivo z vrednostmi, ki jih izkazuje volumenska keramika z enako nominalno sestavo.

Nadaljevali smo pripravo debeloplastnih struktur na osnovi $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ s piezoelektričnim **brizgalnim tiskanjem**, ki predstavlja računalniško nadzorovano, cenovno ugodno in okolju prijazno tehnologijo oblikovanja. S prilagajanjem površinske napetosti, viskoznosti in omočljivosti vodnih suspenzij ter pogojev tiskanja smo pripravili homogene plasti z dimenzijami 4 mm × 4 mm na metaliziranih keramičnih podlagah. Po sintranju pri 850 °C je imela 15 μm debela plast z relativno gostoto 86 % povprečni sklopitveni faktor k_t 46 %, kar je primerljivo z vrednostjo k_t volumenske keramike.

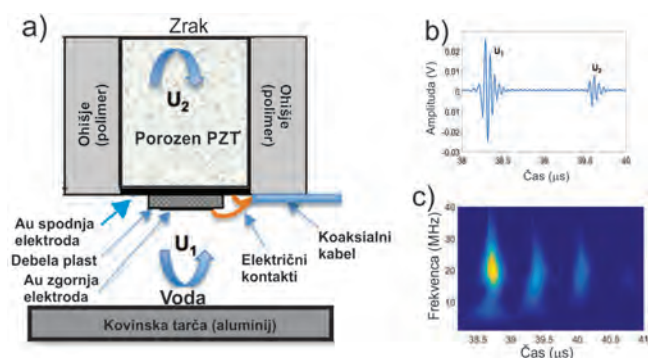
Skupaj smo izdelali prototip miniaturnega visokofrekvenčnega ultrazvočnega pretvornika in razvili metodo za merjenje akustičnih lastnosti dušilca v vodi v frekvenčnem območju od 15 do 25 MHz. Prvi smo tudi poročali o tej učinkoviti metodi. Pretvornik je sestavljen iz debele plasti PZT in zlate elektrode, ki sta nanešena na dušilec s sitotiskom. Dušilec smo izdelali iz porozne keramike PZT z metodo organskega dodatka in heterokoagulacije. Pokazali smo, da ima dušilec s 30-% poroznostjo in okroglimi porami premera 10 μm koeficient dušenja α 33 dB/mm pri 19 MHz, kar je trikrat višja vrednost od podatkov v literaturi. Keramika z visoko vrednostjo α učinkovito duši ultrazvočno valovanje, zaradi česar je debelina dušilca in s tem tudi velikost pretvornika, primerne za medicinske preiskave, manjša [slika 5].

Dosežek Inovativni pristopi h kontroli funkcijskih odzivov multiferoikov je bil uvrščen v izbor Odlični v znanosti 2020, Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Je rezultat kolegov z Odseka za elektronsko keramiko, Odseka za fiziko trdne snovi, Odseka za nanostrukturne materiale (IJS), Kemijskega inštituta ter kolegov iz Poljske in Amerike.



Slika 4: $\text{Pb}(\text{Fe}_{0,5}\text{Nb}_{0,5})\text{O}_3$ - BiFeO_3 (PFN-BFO) trdna raztopina (a) temperaturna in frekvenčna odvisnost realnega dela dielektrične konstante, (b) P-E histerezne zanke

Prof. dr. Barbara Malič je prejela Zoisovo nagrado za vrhunske dosežke na področju raziskav elektrokaličnih keramičnih materialov.



Slika 5: a) Shematičen prikaz merjenja akustičnih lastnosti ultrazvočnega pretvornika pri frekvencah nad 10 MHz; b) časovni odziv (signala U_1 in U_2) in c) valovna transformacija

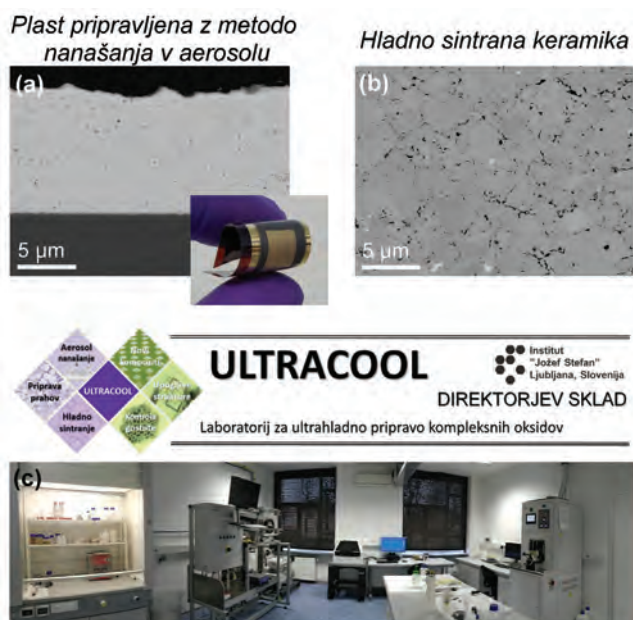
V preteklem letu sta se uspešno zaključila evropska projekta KET4CP, v katerih smo razvijali nove izdelke in tehnologije za slovenska podjetja.

Metoda nanosa debelih plasti v aerosolu je omogočila izvedbo evropskega projekta KET4CP (*Key Enabling Technologies for Clean Production*) Alternativni proces za pripravo kovinskih elektrod na keramičnih elektronskih komponentah, v katerem smo sodelovali z industrijskim partnerjem Stelem, d. o. o., in madžarskim inštitutom Bay Zoltán.

V projektu KET4CP Razvoj novega, čistega procesa priprave keramičnih senzorjev tlaka smo s partnerjema KEKO Oprema in Hahn-Schickard, Nemčija, načrtovali, razvili in uspešno testirali keramične senzorske elemente z območjem delovanja do 500 °C. V primerjavi s konvencionalnimi senzorskimi elementi na osnovi korundne keramike uporaba tehnologije in materialov LTCC (Low-Temperature Co-fired Ceramic) omogoča bolj čist proces izdelave senzorjev, ki poteka pri nižji temperaturi, z manjšo porabo materialov in manj onesnaževanja okolja.

Pri projektu KET4CP Izdelava nevidnih plastnih struktur na osnovi cenovno ugodnih prosojnih prevodnih oksidov iz raztopin s sitotiskom sodelujemo z RC eNeM iz Slovenije in Inštitutom za fiziko trdnega stanja iz Latvije. Proučujemo postopke za pripravo tankih plasti na osnovi cinkovega oksida na steklu, nanešenih iz raztopin z metodo vrtenja in sitotiska.

Najpomembnejše objave v preteklem letu



Slika 6: Uspešno opremljen in testiran Ultracool laboratorij za hladno pripravo funkcijskih materialov, subvencioniran s sredstvi direktorjevega sklada. (a) Gosta keramična plast na upogljivi podlagi, pripravljena z metodo nanašanja s curkom aerosola, (b) multiferroična keramika BiFeO_3 pripravljena z metodo hladnega sintranja, (c) panoramska slika laboratorija.

- Otoničar, Mojca, Bradeško, Andraž, Fulanovič, Lovro, Kos, Tomaž, Uršič Nemevšek, Hana, Benčan, Andreja, Cabral, Matthew, Henriques, Alexandra, Jones, Jacob L., Riemer, Lukas, Damjanovič, Dragan, Dražič, Goran, Malič, Barbara, Rojac, Tadej, Connecting the multiscale structure with macroscopic response of relaxor ferroelectrics, *Advanced functional materials*, 2020, 30, 52, 2006823
- Benčan, Andreja, Dražič, Goran, Uršič Nemevšek, Hana, Makarovič, Maja, Komelj, Matej, Rojac, Tadej, Domain-wall pinning and defect ordering in BiFeO_3 probed on the atomic and nanoscale, *Nature communications*, 2020, 11, 1762-1-1762-8
- Prah, Uroš, Dragomir, Mirela, Rojac, Tadej, Benčan, Andreja, Broughton, Rachel, Chung, Ching-Chang, Jones, Jacob L., Sherbondy, Rachel, Brennecke, Geof, Uršič Nemevšek, Hana, Strengthened relaxor behavior in $(1-x)\text{Pb}(\text{Fe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})\text{O}_3\text{xBiFeO}_3$, *Journal of materials chemistry C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, 8, 10, 3452-3462
- Kučer, Danjela, Bustillo, Julien, Bakarič, Tina, Drnovšek, Silvo, Lethieq, Marc, Levassort, Franck, Acoustic properties of porous lead zirconate titanate backing for ultrasonic transducers, *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control*, 2020, 67, 8, 1656-1666
- Fulanovič, Lovro, Bradeško, Andraž, Novak, Nikola, Malič, Barbara, Bobnar, Vid, Relation between dielectric permittivity and electrocaloric effect under high electric fields in the $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -based ceramics, *Journal of applied physics*, 2020, 127, 18, 184102-1-184102-7

Nagrade in priznanja

1. Andreja Benčan Golob, Andraž Bradeško, Mirela Dragomir, Goran Dražič, Maja Makarovič, Barbara Malič, Uroš Prah, Tadej Rojac, Hana Uršič Nemevšek: dosežek Inovativni pristopi h kontroli funkcijskih odzivov multiferoikov je bil uvrščen v izbor Odlični v znanosti ARRS 2020, Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije
2. Mirela Dragomir: pečat odličnosti za projektno prijavo QMAT – Iskanje kvantnih stanj snovi s kemijo pod ekstremnimi pogoji, Evropska komisija
3. Barbara Malič: Zoisova nagrada za vrhunske dosežke na področju raziskav elektrokaličnih keramičnih materialov, Vlada Republike Slovenije

MEDNARODNI PROJEKTI

1. Manjše storitve - tuji naročniki
prof. dr. Barbara Malič
2. Laboratorijske meritve
TDK Electronics GmbH & Co OG
prof. dr. Barbara Malič
3. Električne meritve
TDK Electronics GmbH & Co OG
prof. dr. Tadej Rojac
4. Laboratorijske meritve
TDK Electronics GmbH & Co OG
prof. dr. Andreja Benčan Golob
5. Meritve z mikroskopom na atomsko silo
TDK Electronics GmbH & Co OG
doc. dr. Hana Uršič Nemevšek
6. Hladno sintranje kompleksnih oksidnih materialov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
dr. Mojca Otoničar
7. Absorberji sončnih celic na osnovi feroelektrikov z ozkim prevodnim pasom; sinteza in karakterizacija
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Hana Uršič Nemevšek
8. Stabilnost medpovršin piezoelektričnih keramičnih oksidov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Tadej Rojac
9. Okolju prijazne piezoelektrične deloplastne 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
10. Razumevanje vpliva velikosti na lastnosti antiferoelektričnih materialov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
dr. Mojca Otoničar
11. Multiferoiki za uporabo v hladilnih sistemih na osnovi trdne snovi
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Hana Uršič Nemevšek
12. Sinteza, struktura in lastnosti okolju prijaznih piezoelektričnih nanodelcev z različno morfologijo površin
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Andreja Benčan Golob
13. Visokotlačna sinteza in karakterizacija izbranih feroikov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
dr. Kristian Radan
14. Gojenje kristalov in magnetne lastnosti dvojnih perovskitov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
dr. Mirela Dragomir
15. Porozne relaksor-feroelektrične plasti brez svinca za shranjevanje energije
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Hana Uršič Nemevšek
16. Tanke plasti okolju prijaznih feroelektrikov za zbiranje energije in za shranjevanje energije
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Barbara Malič
17. 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
18. Načrtovanje mikrostrukture in lastnosti piezoelektrikov brez svinca za zbiranje energije
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Barbara Malič

19. 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

PROGRAM

1. Elektronska keramika, nano, 2D in 3D strukture
prof. dr. Barbara Malič

PROJEKTI

1. Multikalorično hlajenje
doc. dr. Hana Uršič Nemevšek
2. Elektrokalični elementi za aktivno hlajenje elektronskih vezij
prof. dr. Barbara Malič
3. Napredne anorganske in organske tanke plasti z ojačenim električno induciranim odzivom
prof. dr. Barbara Malič
4. Iskanje visoko temperaturne superprevodnosti in eksotičnega magnetizma v fluorido argentatih(II)
dr. Mirela Dragomir
5. Oblikovanje funkcionalnosti feroelektrikov brez svinca in inženiringom domenskih sten
prof. dr. Andreja Benčan Golob
6. Hladno sintranje multifunkcijskih elektronskih komponent
dr. Mojca Otoničar
7. Načrtovanje tankih plasti relaksorskih feroelektrikov za piezoelektrične aplikacije in shranjevanje energije
prof. dr. Tadej Rojac
8. Feroelektrični keramični plastni elementi z načrtovano domensko strukturo za učinkovito zbiranje in za pretvorbo energije
prof. dr. Barbara Malič
9. SRIP ToP: Tovarne Prihodnosti
prof. dr. Barbara Malič
10. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Barbara Malič
11. Študijski obisk Oane Andree Condurache na univerzi AI CUZA, Iasi, Romunija - Funkcionalna karakterizacija keramike na osnovi kalijevega natrijevega niobata (KNN) in keramike na osnovi bizmutovega ferita (BFO)
Oana Andreea Condurache, master fizica, Romunija

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Razvoj proizvodnih (čistih) tehnologij za izdelavo keramičnih senzorjev Stelem, d. o. o., Žužemberk
doc. dr. Hana Uršič Nemevšek
2. Razvoj proizvodnih (čistih) tehnologij za izdelavo keramičnih senzorjev Keko - Oprema, d. o. o., Žužemberk
prof. dr. Barbara Malič
3. Priprava nevidnih struktur na osnovi cenovno ugodnih prosojnih prevodnih oksidov iz raztopin z metodo sitotiska
Razvojni center eNeM Novi Materiali, d. o. o.
prof. dr. Danjela Kuščer Hrovatin

OBISKI

1. Kristijan Kovačić, Bjelovar University of Applied Sciences, Bjelovar, Hrvatska, 16. 9. 2019–13. 3. 2020
2. Anja Mirjanić, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Bosna in Hercegovina, 17. 10. 2019–30. 11. 2020
3. prof. dr. Dragan Damjanovic, École polytechnique fédérale de Lausanne – EPFL, Lozana, Švica, 5.–11. 1. 2020
4. dr. Marco Deluca, Materials Center Leoben Forschung GmbH, Leoben, Avstrija, 9.–11. 1. 2020
5. Vignaswaran Kaliyaperumal Veerapandiyar, Materials Center Leoben Forschung GmbH, Leoben, Avstrija, 9.–11. 1. 2020
6. Konstantin Rokas, University of Ioannina, Ioannina, Greece, 13. 1.–13. 3. 2020
7. Gianni Ferrero, Meggitt Sensing Systems, Kvistgaard, Danska, 13. 1.–16. 3. 2020 ter 1.–27. 10. 2020
8. Mustafa Çağrı Bayir, Gebze Technical University, Department of Materials Science and Engineering, Kocaeli, Turčija, 3. 2. 2020–12. 3. 2020
9. Katharina Schuldt, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Nemčija, 7.–12. 3. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. prof. dr. Dragan Damjanovic, École polytechnique fédérale de Lausanne – EPFL, Lozana, Švica: Emergence of electro-mechanical response in halides and oxide, 8. 1. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

1. Andreja Benčan Golob, Oana Andreea Condurache, Uroš Prah, Kristian Radan, Slovenski kemijski dnevi 2020, Portorož, 16.–18. 9. 2020 (4)
2. Andreja Benčan Golob, QUORUM-2, the on-line conference on oxide electronics, 12. 11. 2020 (vabljeni predavanje, virtualno)
3. Oana Andreea Condurache, Sabi W. Konsago, Mojca Otoničar, Kristian Radan, Samir Salmanov, Matej Šadl, Electroceramics XVII, Darmstadt, Nemčija, 24.–27. 8. 2020 (6, virtualno)
4. Mirela Dragomir, 13th Frolie Goats High-Pressure Diffraction workshop, Poznan, Poljska, 4.–5. 5. 2020 (virtualno)
5. Mirela Dragomir, 2020 ESS (European Spallation Source) and ILL (Institut Laue Langevin) European Users Meeting, Grenoble, Francija, 23.–25. 9. 2020 (virtualno)
6. Mirela Dragomir, 2020 ESS-ILL Topical Workshop on Chemistry and Magnetism, Grenoble, Francija, 13. 10. 2020 (virtualno)
7. Mirela Dragomir, Lia Šibav, 13th Canadian Powder Workshop (CPDW13), Saskatchewan, Kanada, 26.–30. 10. 2020 (virtualno)
8. Kostja Makarovič, spletni simpozij: Senzorji 4.0 (vabljeni predavanje)
9. Uroš Prah, Kristian Radan, Hana Uršič Nemevšek, IEEE IFCS 2020 ISAF 2020 Virtual Conference, Keystone, Kolorado, ZDA, 19.–23. 7. 2020 (3, virtualno)
10. Kristian Radan, 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 8. 10. 2020 (vabljeni predavanje, virtualno)
11. Mojca Otoničar, EMA 2020, Orlando, Florida, ZDA (virtualno, vabljeni predavanje)
12. Hana Uršič Nemevšek, Workshop Recent Advances in Nanoscience and It's Applications, 27.–28. 7. 2020 (virtualno)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. prof. dr. Andreja Benčan Golob
2. prof. dr. Goran Dražič*, znanstveni svetnik
3. prof. dr. Danjela Kuščer Hrovatin
4. **prof. dr. Barbara Malič, znanstveni svetnik - vodja odseka**
5. dr. Mojca Otoničar
6. prof. dr. Tadej Rojac
7. doc. dr. Hana Uršič Nemevšek

Podoktorski sodelavci

8. dr. Andraž Bradeško, odšel 1. 7. 2020
9. dr. Mirela Dragomir
10. dr. Kostja Makarovič*
11. dr. Kristian Radan

Mlajši raziskovalci

12. Matic Belak Vivod, mag. kem.
13. Oana Andreea Condurache, master fizika, Romunija
14. Sabi William Konsago, Msc., Rusija
15. *Maja Makarovič, mag. nan., odšla 9. 11. 2020*
16. dr. Uroš Prah
17. Samir Salmanov, Msc., Rusija
18. Matej Šadl, mag. nan.
19. Lia Šibav, mag. kem.
20. Katarina Žiberna, mag. kem.

Strokovni sodelavci

21. Silvo Drnovšek, dipl. inž. kem. tehnol.
22. Brigita Kmet, dipl. inž. kem. tehnol.
23. *Marija Šebjan Pušenjak, dipl. ekon. (VS), odšla 1. 10. 2020*

Tehniški in administrativni sodelavci

24. Tina Ručigaj Korošec, univ. dipl. soc.

Opomba

* delna zaposlitev na IJS

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Adam Mickiewicz University, Poznań, Poljska
2. Alexandru Ioan Cuza University (A.I. Cuza), Dielectric, Ferroelectric and Multiferoic Materials Department, Iași, Romunija
3. Associazione Festival della Scienza, Genova, Italija
4. BioSense Institute, Novi Sad, Srbija
5. Bjelovar University of Applied Sciences, Bjelovar, Hrvatska
6. Brown University, Providence, Rhode Island, ZDA
7. Cadi Ayyad University, Marakeš, Maroko
8. Carinthia University of Applied Sciences, Beljak, Avstrija
9. Center odličnosti NAMASTE, Ljubljana, Slovenija

10. Center odličnosti VESOLJE, Ljubljana, Slovenija
11. Centrale Supélec, Université Paris-Saclay, Paris, Francija
12. Colorado School of Mines, Golden, Colorado, ZDA
13. École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lozana, Švica
14. European Organization for Nuclear Research CERN, Ženeva, Švica
15. Frantsevich Institute for Problems of Materials Science NAS of Ukraine, Kijev, Ukrajina
16. Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Department of Materials Science and Engineering, Erlangen, Nemčija
17. Institut für Elektronenmikroskopie und Nanoanalytik – Zentrum für Elektronenmikroskopie (FELMI TU Graz), Gradec, Avstrija
18. Institut za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu, Odelek za nauku o materijalima (IMSI UB), Beograd, Srbija
19. Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd, Srbija
20. Institute for Materials Science, University of Duisburg-Essen, Essen, Nemčija
21. Institute for Technical Physics and Materials Science, Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Science, Budimpešta, Madžarska
22. Institute of Physics of the Czech Academy of Science, Praga, Češka
23. Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Sciences, Poznań, Poljska
24. KEKO – Oprema, d. o. o., Žužemberk, Slovenija
25. Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
26. Knauf Insulation, d. o. o., Škofja Loka, Slovenija
27. Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Luxembourg, Luksemburg
28. Materials Center Leoben Forschung GmbH (MCL), Leoben, Avstrija
29. McMaster University, Hamilton, Ontario, Kanada
30. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, Slovenija
31. Meggitt Sensing Systems, Meggitt A/S, Kvistgård, Danska
32. Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija
33. Murata Manufacturing Co., Ltd, Kyoto, Japonska
34. Nonprofit Ltd for Applied Research, Budimpešta, Madžarska
35. North Carolina State University (NCSSU), Materials Science and Engineering Department, Raleigh, Severna Karolina, ZDA
36. Norwegian University of Science and Tehnology (NTNU), Department of Materials Science and Engineering, Trondheim, Norveška
37. Osaka Prefecture University – Graduate School of Engineering, Department of Physics and Electronics, Osaka, Japonska
38. Penn State University, Materials Research Center, State College, Pensilvanija, ZDA
39. PI Ceramic GmbH, Lederhose, Nemčija
40. Purdue University, West Lafayette, Indiana, ZDA
41. Razvojni center Novi materiali, d. o. o., Zagorje ob Savi, Slovenija
42. Shanghai University, Department of Electronic Information Materials, Šanghaj, Kitajska
43. Shizuoka University, Research Institute of Electronics, Department of Engineering, Graduate School of Integrated Science and Technology, Hamamatsu, Japonska
44. Steklarna Hrastnik, družba za proizvodnjo steklenih izdelkov, d. o. o., Hrastnik, Slovenija
45. Stelem, d. o. o., Žužemberk, Slovenija
46. TDK Electronics GmbH & Co OG, Deutschlandsberg, Avstrija
47. Technical University of Denmark (DTU), Kongens Lyngby, Danska
48. Technische Universität Darmstadt (TUDA), Darmstadt, Nemčija
49. Tsinghua University, School of Materials Science and Engineering, Peking, Kitajska
50. Université François-Rabelais Tours, Gremen CNRS, Tours, Francija

51. University of Applied Sciences, Department of Mechatronics, Bjelovar, Hrvatska
 52. University of Aveiro (UA), Aveiro, Portugalska
 53. University of Duisburg-Essen, Essen, Nemčija
 54. University of Latvia, Institute of Solid State Physics, Riga, Latvija
 55. University of New South Wales, Sydney, Avstralija

56. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana, Slovenija
 57. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
 58. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
 59. Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za naravoslovje, Nova Gorica, Slovenija
 60. VARS, podjetje za proizvodnjo varistorja in sklopov, d. o. o., Ljubljana, Slovenija

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Lovro Basioli *et al.* (13 avtorjev), "Ge quantum dots coated with metal shells (Al, Ta, and Ti) embedded in alumina thin films for solar energy conversion", *ACS applied nano materials*, 2020, **3**, 9, 8640-8650. [COBISS.SI-ID 29280515]
- Tomasz Kosmala, Nicolas Bibent, Moulay Tahar Sougrati, Goran Dražič, Stefano Agnoli, Frédéric Jaouen, G. Granozzi, "Stable, active, and methanol-tolerant PGM-free surfaces in an acidic medium: electron tunneling at play in Pt/FeNC hybrid catalysts for direct methanol fuel cell cathodes", *ACS catalysis*, 2020, **10**, 14, 7475-7485. [COBISS.SI-ID 21161987]
- Marjan Bele *et al.* (12 avtorjev), "Increasing the oxygen-evolution reaction performance of nanotubular titanium oxynitride-supported Ir nanoparticles by a strong metal-support interaction", *ACS catalysis*, 2020, **10**, 22, 13688-13700. [COBISS.SI-ID 36706819]
- Mojca Otoničar *et al.* (14 avtorjev), "Connecting the multiscale structure with macroscopic response of relaxor ferroelectrics", *Advanced functional materials*, 2020, **30**, 52, 2006823. [COBISS.SI-ID 32051715]
- Petar Djinović, Alenka Ristić, Tadej Žumbar, Venkata D. B. C. Dasireddy, Mojca Rangus, Goran Dražič, Margarita Popova, Blaž Likozar, Nataša Zabukovec Logar, Nataša Novak Tušar, "Synergistic effect of CuO nanocrystals and Cu-oxo-Fe clusters on silica support in promotion of total catalytic oxidation of toluene as a model volatile organic air pollutant", *Applied catalysis. B, Environmental*, 2020, **268**, 118749. [COBISS.SI-ID 40413445]
- Lisha Liu, Tadej Rojac, Justin A. Kimpton, Julian Walker, Maja Makarovič, Jing-Feng Li, John E. Daniels, "Poling-induced inverse time-dependent microstrain mechanisms and post-poling relaxation in bismuth ferrite", *Applied physics letters*, 2020, **116**, 12, 122901. [COBISS.SI-ID 33277991]
- Lukas Riemer, Chu Kanghyun, Li Yang, Hana Uršič Nemevšek, Andrew J. Bell, Brahim Dkhil, Dragan Damjanović, "Macroscopic polarization in the nominally ergodic relaxor state of lead magnesium niobate", *Applied physics letters*, 2020, **117**, 10, 102901. [COBISS.SI-ID 27803395]
- Andraž Šuligoj, Alenka Ristić, Goran Dražič, Albin Pintar, Nataša Zabukovec Logar, Nataša Novak Tušar, "Bimetal Cu-Mn porous silica-supported catalyst for Fenton-like degradation of organic dyes in wastewater at neutral pH", *Catalysis today*, 2020, **358**, 270-277. [COBISS.SI-ID 6808602]
- Soukaine Merselmiz *et al.* (14 avtorjev), "High energy storage efficiency and large electrocaloric effect in lead-free BaTi_{0.89}Sn_{0.11}O₃ ceramic", *Ceramics international*, 2020, **46**, 15, 23867-23876. [COBISS.SI-ID 20600579]
- Stanislav Kurajica, Ivana Katarina Munda, Goran Dražič, Vilko Mandić, Katarina Mužina, Lubos Bauer, G. Matijašič, "Manganese-doped, hydrothermally-derived ceria: the occurrence of birnessite and the distribution of manganese", *Ceramics international*, 2020, **46**, 18b, 29451-29458. [COBISS.SI-ID 18360323]
- Darko Makovec, Goran Dražič, Sašo Gyergyek, Darja Lisjak, "A new polymorph of strontium hexaferrite stabilized at the nanoscale", *CrystEngComm*, 2020, **22**, 42, 7113-7122. [COBISS.SI-ID 48586243]
- Ruggero Vigliaturo, Alessandra Marengoni, Erica Bittarello, Ileana Pérez-Rodríguez, Goran Dražič, Reto Gieré, "Micro- and nano-scale mineralogical characterization of Fe(II)-oxidizing bacterial stalks", *Geobiology*, 2020, **18**, 5, 606-618. [COBISS.SI-ID 18262275]
- Xiaohui Huang *et al.* (10 avtorjev), "Lactobacillus strains treatment on commercial packaging paper as preliminary study for extending the shelf-life of chicken meat", *HSOA journal of biotech research & biochemistry*, 2020, **3**, 1, 007. [COBISS.SI-ID 21048579]
- Danjela Kuščer, Julien Bustillo, Tina Bakarič, Silvo Drnovšek, Marc Lethiecq, Franck Levassort, "Acoustic properties of porous lead zirconate titanate backing for ultrasonic transducers", *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control*, 2020, **67**, 8, 1656-1666. [COBISS.SI-ID 33285671]
- Lovro Fulanović, Andraž Bradeško, Nikola Novak, Barbara Malič, Vid Bobnar, "Relation between dielectric permittivity and electrocaloric effect under high electric fields in the Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃-based ceramics", *Journal of applied physics*, 2020, **127**, 18, 184102. [COBISS.SI-ID 14687491]
- Maja Makarovič, Mustafa Çağrı Bayir, Hana Uršič Nemevšek, Andraž Bradeško, Tadej Rojac, "Domain wall conductivity as the origin of enhanced domain wall dynamics in polycrystalline BiFeO₃", *Journal of applied physics*, 2020, **128**, 6, 064104. [COBISS.SI-ID 25026051]
- Manuel Gesù Del Duca, Jaka Tušek, Angelo Maiorino, Lovro Fulanović, Andraž Bradeško, Uroš Plaznik, Barbara Malič, Ciro Aprea, Andrej Kitanovski, "Comprehensive evaluation of electrocaloric effect and fatigue behavior in the 0.9Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃-0.1PbTiO₃ bulk relaxor ferroelectric ceramic", *Journal of applied physics*, 2020, **128**, 10, 104102. [COBISS.SI-ID 31087619]
- Marta Pedrosa, Eliana S. Da Silva, Luisa M. Pastrana-Martinez, Goran Dražič, Polycarpos Falarase, Joaquim Luís Faria, José Luís Figueiredo, Adrián M. T. Silva, "Hummers' and Brodie's graphene oxides as photocatalysts for phenol degradation", *Journal of colloid and interface science*, 2020, **567**, 243-255. [COBISS.SI-ID 20286979]
- Julian Walker, Rany Miranti, Susanne Linn Skjærvø, Tadej Rojac, Tor Grande, Mari-Ann Einarsrud, "Super-coercive electric field hysteresis in ferroelectric plastic crystal tetramethylammonium bromotrichloroferrate(III)", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, **8**, 9, 3206-3216. [COBISS.SI-ID 33143847]
- Uroš Prah, Mirela Dragomir, Tadej Rojac, Andreja Benčan, Rachel Broughton, Ching-Chang Chung, Jacob L. Jones, Rachel Sherbondy, Geof Brennecke, Hana Uršič Nemevšek, "Strengthened relaxor behavior in (1-x)Pb(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃-xBiFeO₃", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, **8**, 10, 3452-3462. [COBISS.SI-ID 33157415]
- Vasyl Shvalya, Janez Zavašnik, Venera Nasretdinova, Hana Uršič Nemevšek, Janez Kovač, Alexander A. Grabar, Anton A. Kohutych, Alex Molnar, Dean R. Evans, Dragan Mihailović, Uroš Cvelbar, "Sn₂P₂S₆ ferroelectrics customization by post-growth solid-state diffusion doping", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, **8**, 29, 9975-9985. [COBISS.SI-ID 21037571]
- Uroš Prah, Magdalena Wencka, Tadej Rojac, Andreja Benčan, Hana Uršič Nemevšek, "Pb(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃ - BiFeO₃-based multicalorics with room-temperature ferroic anomalies", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, **8**, 32, 11282-11291. [COBISS.SI-ID 25927939]
- Omeir Khalid, Tim Weber, Goran Dražič, Igor Djerdj, Herbert Over, "Mixed Ru_xIr_{1-x}O₂ oxide catalyst with well-defined and varying composition applied to CO oxidation", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2020, **124**, 34, 18670-18683. [COBISS.SI-ID 27918083]
- Stanislav Kurajica, Ivana Katarina Munda, F. Brleković, Katarina Mužina, Goran Dražič, Juraj Šipušič, M. Mihaljevič, "Manganese-doped ceria nanoparticles grain growth kinetics", *Journal of solid state chemistry*, 2020, **291**, 121600. [COBISS.SI-ID 25823235]
- Neamul Hayet Khansur, Udo Eckstein, Matej Šadl, Hana Uršič Nemevšek, Kyle Grant Webber, "Fabrication of porous thick films using room-temperature aerosol deposition", *Journal of the American Ceramic Society*, 2020, **103**, 1, 43-47. [COBISS.SI-ID 32629799]
- Hugo Mercier, Franck Levassort, Hana Uršič Nemevšek, Danjela Kuščer, "Microstructure evolution and electromechanical properties of (K,Na)NbO₃-based thick films", *Journal of the American Ceramic Society*, 2020, **103**, 12, 6677-6689. [COBISS.SI-ID 33296167]
- Jan Schultheiß, Stefano Checchia, Hana Uršič Nemevšek, Till Frömling, John E. Daniels, Barbara Malič, Tadej Rojac, Jurij Koruza, "Domain wall-grain boundary interactions in polycrystalline Pb(Zr_{0.7}Ti_{0.3})O₃ piezoceramics", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 12, 3965-3973. [COBISS.SI-ID 13021187]

28. Maja Makarovič, Nicola Kanas, Andrej Zorko, Katarina Žiberna, Hana Uršič Nemevšek, D. R. Småbråten, S. M. Selbach, Tadej Rojac, "Tailoring the electrical conductivity and hardening in BiFeO₃ ceramics", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 15, 5483-5493. [COBISS.SI-ID 19939331]
29. Vinko Grm, Daniela Zavec Pavlinič, Goran Dražič, "Tkanina s kompozitno prevleko na osnovi ogljikovih nanocevk za segrevanje avtomobilskih sedežev", *Materiali in tehnologije*, 2020, **54**, 6, 761-768. [COBISS.SI-ID 45290499]
30. Ivan Marič, Goran Dražič, Goran Štefanič, Krešo Zadro, Marijan Gotič, Tanja Jurkin, "Characterization of radiolytically synthesized ferroxhyte and oxidized magnetite nanoparticles", *Materials characterization*, 2020, **159**, 110038. [COBISS.SI-ID 6750490]
31. Stanislav Kurajica, Katarina Mužina, Goran Dražič, Gordana Matijašič, Marina Duplančič, Vilko Mandić, Martina Župančič, Ivana Katarina Munda, "A comparative study of hydrothermally derived Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn doped ceria nanocatalysts", *Materials chemistry and physics*, 2020, **244**, 122689. [COBISS.SI-ID 6781210]
32. Marija Tkalečević, Marijan Gotič, Lovro Basioli, Martina Lihter, Goran Dražič, Sigrid Bernstorff, Tomislav Vuletić, Maja Mičetić, "Deposition of thin alumina films containing 3D ordered network of nanopores on porous substrates", *Materials*, 2020, **13**, 13, 2883. [COBISS.SI-ID 23036931]
33. Daniel Knez, Goran Dražič, Sandeep Kumar Chaluvadi, Pasquale Orgiani, Stefano Fabris, Giancarlo Panaccione, Giorgio Rossi, Regina Ciancio, "Unveiling oxygen vacancy superstructures in reduced anatase thin films", *Nano letters*, 2020, **20**, 9, 6444-6451. [COBISS.SI-ID 27003395]
34. Lovro Basioli, Marija Tkalečević, Iva Bogdanović-Radović, Goran Dražič, Peter Nadazdy, Peter Siffalovic, Krešimir Salamon, Maja Mičetić, "3D networks of Ge quantum wires in amorphous alumina matrix", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 7, 1363. [COBISS.SI-ID 23302659]
35. Ivan Marič, Nataša Šjaković Vujičić, Anđela Pustak, Marijan Gotič, Goran Štefanič, Jean-Marc Grenèche, Goran Dražič, Tanja Jurkin, "Rheological, microstructural and thermal properties of magnetic poly(ethylene oxide)/iron oxide nanocomposite hydrogels synthesized using a one-step gamma-irradiation method", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 9, 1823. [COBISS.SI-ID 29304835]
36. Ivalina Trendafilova, Andraž Šuligoj, Alenka Ristić, Nigel Van de Velde, Goran Dražič, Mojca Opresnik, Nataša Zabukovec Logar, Albin Pintar, Nataša Novak Tušar, "Evolution of surface catalytic sites on bimetal silica-based fenton-like catalysts for degradation of dyes with different molecular charges", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 12, 2419. [COBISS.SI-ID 42597379]
37. Luka Pirker, Bojana Višič, Srečo D. Škapin, Goran Dražič, Janez Kovač, Maja Remškar, "Multi-stoichiometric quasi-two-dimensional W_nO_{3n-1} tungsten oxides", *Nanoscale*, 2020, **12**, 28, 15102-15114. [COBISS.SI-ID 24706563]
38. Andreja Benčan, Goran Dražič, Hana Uršič Nemevšek, Maja Makarovič, Matej Komelj, Tadej Rojac, "Domain-wall pinning and defect ordering in BiFeO₃ probed on the atomic and nanoscale", *Nature communications*, 2020, **11**, 1762. [COBISS.SI-ID 33296423]
39. Anca Mihaly Cozmata et al. (14 avtorjev), "Impact of packaging properties on the physical-chemical-microbiological-sensory characteristics of Ricotta cheese during storage", *Packaging technology & science*, 2020, **33**, 1, 27-37. [COBISS.SI-ID 6714138]
40. Chiara Bigi et al. (19 avtorjev), "Distinct behavior of localized and delocalized carriers in anatase TiO₂ (001) during reaction with O₂", *Physical review materials*, 2020, **4**, 2, 025801. [COBISS.SI-ID 6795802]
41. Mirela Dragomir, Adam A. Aczel, Christopher Wiebe, Joey A. Lussier, Paul A. Dube, John E. Greedan, "Magnetic ground state of La₂LiMoO₆: a comparison with other Mo⁵⁺ (S=1/2) double perovskites", *Physical review materials*, 2020, **4**, 10, 104406. [COBISS.SI-ID 32285699]
42. Mirela Dragomir, Qianli Ma, J. Patrick Clancy, Amirreza Ataei, Paul A. Dube, Sudarshan Sharma, Ashfia Huq, Hanna Dabkowska, Louis Taillefer, B. D. Gaulin, "Materials preparation, single-crystal growth, and the phase diagram of the cuprate high-temperature superconductor La_{1.6-x}Nd_{0.4}Sr_xCuO₄", *Physical review materials*, 2020, **4**, 11, 114801. [COBISS.SI-ID 35831555]
43. Katarina Vojisavljević, Tanja Vrabelj, Hana Uršič Nemevšek, Barbara Malič, "Effects of strontium doping on microstructure and functional properties of solution-derived potassium sodium niobate thin films", *Processing and application of ceramics*, 2020, **14**, 3, 231-141. [COBISS.SI-ID 26357763]
44. Zouhair Hanani et al. (12 avtorjev), "Thermally-stable high energy storage performances and large electrocaloric effect over a broad temperature span in lead-free BCZT ceramic", *RSC advances*, 2020, **10**, 51, 30746-30755. [COBISS.SI-ID 25819139]
45. Raquel A. Fernandes, Marija J. Sampaio, Goran Dražič, Joaquim Luís Faria, Cláudia G. Silva, "Efficient removal of parabens from real water matrices by a metal-free carbon nitride photocatalyst", *Science of the total environment*, 2020, **716**, 135346. [COBISS.SI-ID 6748186]
46. Julian Walker, Anja Mirjanić, Uroš Prah, Matej Šadl, Oana Condurache, Andreja Benčan, Tadej Rojac, Marian Grigoras, Hana Uršič Nemevšek, "Magnetic contributions in multiferroic gadolinium modified bismuth ferrite ceramics", *Scripta materialia*, 2020, **188**, 233-237. [COBISS.SI-ID 23735811]
47. Erika Švara Fabjan, Peter Nadrah, Anja Ajdovec, Matija Tomšič, Goran Dražič, Matjaž Mazaj, Nataša Zabukovec Logar, Andrijana Sever Škapin, "Colorimetric cutoff indication of relative humidity based on selectively functionalized mesoporous silica", *Sensors and actuators. B, Chemical*, 2020, **316**, 128138. [COBISS.SI-ID 2570599]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

- Angelja Kjara Surca, Goran Dražič, Mohor Mihelčič, "Spectroelectrochemistry in the investigation of sol-gel electrochromic V₂O₅ films", *Journal of sol-gel science and technology*, 2020, **95**, 3, 587-598. [COBISS.SI-ID 27086339]

OBJAVLJENA ZNANSTVENA PRISPEVKA NA KONFERENCI

- Federica Benes, Mirela Dragomir, Barbara Malič, Marco Deluca, "Chemical solution deposition of Ba_xSr_{1-x}TiO₃ thin films for energy storage applications", V: *nanoFIS 2020, 4th International Conference Functional Integrated nanoSystems*, Proceedings, (Proceedings **56** 1), MDPI, 2020, 9. [COBISS.SI-ID 42000131]
- Kostja Makarovič, "Sodelovanje z Institutom Jožef Stefan", V: *Keko Oprema: 1960, 1995, 2020: zbornik ob 25. letnici*, Keko - Oprema, 2020, 34-35. [COBISS.SI-ID 45117699]

SAMOSTOJNA ZNANSTVENA SESTAVKA ALI POGLAVJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

- Barbara Malič, Mojca Otoničar, Kristian Radan, Jurij Koruza, "Lead-free piezoelectric ceramics", V: *Reference module in materials science and materials engineering*, Elsevier, 2020. [COBISS.SI-ID 24449539]
- Danjela Kuščer, "Screen printing", V: *Reference module in materials science and materials engineering*, Elsevier, 2020. [COBISS.SI-ID 33314599]

DRUGO UČNO GRADIVO

- Hana Uršič Nemevšek, *Atomic force microscope, introduction to nanosciences and nanotechnologies*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2020. [COBISS.SI-ID 19754499]
- Hana Uršič Nemevšek, *Atomic force microscopy and related techniques, advanced topics in nanosciences and nanotechnologies*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2020. [COBISS.SI-ID 43526659]
- Hana Uršič Nemevšek, *Lokalne električne, elektromehanske in termične lastnosti senzorskih naprav (2020)*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2020. [COBISS.SI-ID 32295171]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

- Vinko Grm, *Razvoj pametnega tekstila za segrevanje na osnovi kompozita z ogljikovimi nanocevkami*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Goran Dražič; somentor Daniela Zavec Pavlinič). [COBISS.SI-ID 35475971]
- Maja Makarovič, *Kemija defektov in utrjevanje feroelektrične bizmutferitne keramike dopirane s kobaltom*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Tadej Rojac; somentor Sverre Magnus Selbach). [COBISS.SI-ID 51504899]
- Hugo Mercier, *Debele plasti na osnovi kalijevega natrijevega niobata, pripravljene z elektroforetskim nanosom za piezoelektrično zbiranje energije*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Danjela Kuščer; somentor Franck Levassort). [COBISS.SI-ID 29829123]
- Uroš Prah, *Kombinirani elektrokalični in magnetokalični pojavi v enofaznih multiferroikih*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Hana Uršič Nemevšek; somentor Tadej Rojac). [COBISS.SI-ID 38745347]

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 in okolje. Interdisciplinarnost raziskovalne skupine odseka s komplementarnimi bazičnimi in aplikativnimi znanji v kombinaciji z najsodobnejšimi 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.



Vodja:
prof. dr. Sašo Šturm

Magnetni materiali

Za prehod v energetsko učinkovito in nizkoogljično družbo do leta 2050, t. i. evropski Green deal, ki ima za cilj zmanjšati toplogredne emisije za 80 %, so učinkoviti trajni magneti na osnovi redkih zemelj (Nd-Fe-B) kot osnovni konstituenti novih zelenih tehnologij ključnega pomena. Vendar pa so slednji predmet političnoekonomskih manipulacij in za EU prepoznani kot kritični. Tako z raziskavami doprinašamo predvsem na področjih snovanja in izdelave novih magnetov Nd-Fe-B z izboljšanimi magnetnimi lastnostmi iz surovin kot tudi recikliranih odsluženih magnetov ter raziskujemo nove ekonomsko in okoljsko nesporne poti njihove reciklaže v smeri EU vzdržnosti. Razvili smo nov postopek recikliranja trajnih magnetov Nd-Fe-B, ki omogoča hkratno selektivno pridobivanje redkih zemelj in prehodnih kovin z velikim zmanjšanjem porabe energije in obremenjevanjem okolja, saj deluje v zaprti zanki, tako da ne proizvaja odpadkov. Članek je bil objavljen v reviji *Green Chemistry* in je rezultat nedavno končanega projekta ITN-MSCA-DEMETER (Training Network for the Design Recycling of Rare-Earth Permanent Magnet Motors and Generators in Hybrid and Full Electric Vehicles).

Magnetne lastnosti trajnih magnetov Nd-Fe-B, obdelanih s Tb, smo raziskali s podrobno mikrostrukturno študijo v prispevku o mikrostrukturnih vpogledih v povečanje koercitivnosti s Tb obdelanih sintetiziranih magnetov Nd-Fe-B, kjer smo določili najnižjo koncentracijo Tb in za kar 30 % zvišanje koercitivnosti magneta, ki smo ga objavili v reviji *Journal of Alloys and Compounds* (IF = 4,650). Pridobljeni rezultati utirajo pot za inženirske študije meja zrn, ki jih lahko uporabimo za povečanje koercitivnosti magnetov Nd-Fe-B, uporabnih v elektromotorjih in generatorjih za e-mobilnost in zeleno energijo.

Nadalje smo razvili nov postopek za izdelavo sintranih magnetov Nd-Fe-B. Pristop temelji na hitrem zgoščevanju magnetnih prahov s pomočjo Joulovega gretja. Kratki časi procesiranja, ki so reda velikosti nekaj minut, učinkovito preprečijo rast in grobljenje zrn med sintranjem, kar lahko pripelje do izboljšanja magnetnih lastnosti. Z namenom zmanjšanja porabe kritičnih elementov težkih redkih zemelj smo pripravili večkomponentne magnete, ki vsebujejo področja z različno kemijsko sestavo. V ta namen smo uporabili prej omenjen pristop hitrega zgoščevanja. Nadalje smo uporabili hitro sintranje tudi za izdelavo vroče deformiranih magnetov Nd-Fe-B z dobrimi magnetnimi lastnostmi, kot so koercitivnost 1327 kAm^{-1} , remanentna magnetizacija $1,27 \text{ T}$ in energijski produkt 310 kJm^{-3} , kar smo dosegli pri nizkih T in časih sintranja. Rezultati raziskav so bili objavljeni v reviji *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (IF = 2,717) v treh prispevkih.

Leta 2020 smo uspešno vstopili v novo shemo financiranja raziskav pod okriljem EIT RawMaterials, ki deluje znotraj Evropskega inštituta za inovacije in tehnologijo. Pridobili smo mednarodni projekt INSPIRES (INtelligent and Sustainable Processing of Innovative Rare-Earth magnets), ki se ukvarja z vzdržno oskrbo z redkimi zemljami znotraj EU s pomočjo radikalnih inovacij pri recikliranju trajnih magnetov, pri čemer se osredotočamo na gospodinjske aparate na koncu življenjske dobe. INSPIRES bo optimiziral metode v industrijskem merilu za trajnostno pridobivanje in recikliranje ter uporabil reciklirane magnete v novih motorjih.

Nadaljevali smo raziskovalno delo v okviru evropskega projekta SUSMAGPRO (Sustainable Recovery, Reprocessing and Reuse of Rare Earth Magnets in a European Circular Economy), katerega glavni cilj je trajnostno zbiranje, predelava in ponovna uporaba trajnih magnetov na osnovi redkih zemelj v evropskem krožnem gospodarstvu. Cilj projekta je razviti dobavno verigo za recikliranje magnetov z redkimi zemljami v Evropski uniji in

Uredniški odbor priznane revije Green Chemistry (IF = 9,346) je članek avtorjev XU, Xuan in sodelavcev Učinkovita reciklirna metoda sočasnega pridobivanja redkih zemelj in kovin prehoda iz trajnih magnetov na osnovi sistema Nd-Fe-B izbral kot enega od najbolj vročih člankov v letu 2020.

prikazati njihovo učinkovito ponovno uporabo v več panogah. V multidisciplinarnem konzorciju SUSMAGPRO je 20 evropskih industrijskih in akademskih partnerjev, vsak s svojo ekspertizo na področju trajnih magnetov, trajnostne predelave in recikliranja, kar zajema celotno verigo vrednosti, od zbiranja magnetov na koncu življenjske dobe do proizvajalcev visokotehnoloških izdelkov.

V okviru evropskega projekta MaXycle (A novel circular economy for sustainable RE-based magnets), ki ga tudi koordiniramo, smo nadaljevali raziskave, pri katerih razvijamo in potrjujemo sistematičen pristop za premagovanje težav, ki trenutno ovirajo uspešno krožno gospodarstvo magnetov tipa Nd-Fe-B v industrijskem obsegu. Projekt sestavlja konzorcij akademskih in industrijskih partnerjev iz treh držav in se financira iz instrumenta ERA-NET Cofund za surovine (ERA MIN 2) v okviru Obzorja 2020. Že prvi rezultati so pokazali, da bo recikliranje magnetov, ki jih pridobimo iz odpadnih elektronskih naprav, tako imenovani magneti EOL (End of life), velik izziv, ker zaradi

razlike v sestavi magnetov in prevlek ni mogoče razviti enotne poti recikliranja. Magneti EOL, ki nimajo zabeležene zgodovine proizvodnje, so najbolj problematični, saj jih je treba pred recikliranjem natančno analizirati. V tem oziru projekt MaXycle vzpostavlja enoten sistem označevanja magnetov za učinkovito recikliranje.

V okviru raziskovalnega dela za industrijskega partnerja, tovarno Kolektor, d. d., smo se osredotočili na: (i) izboljšanje koercivnosti NdFeB magnetnih prahov, proizvedenih z metodo hitrega kaljenja litine (melt-spinning), ki se uporabljajo za vezane magnetne, in (ii) razvoj postopka zaščitne prevleke z uporabo različnih materialov za preprečevanje korozije v agresivnih medijih. Oba projekta smo končali z doseženimi cilji. Koercitivnost izhodnih prahov smo uspešno povečali za več kot 15 % in postopek zaščitili s patentom. Določili smo tudi protokol za najučinkovitejšo zaščito prahov Nd-Fe-B, občutljivih na vlago in kisik, z uporabo optimiranih tankih zaščitnih plasti. Izboljšanje koercivnosti smo dosegli z dodatkom zlitine Nd-Cu z nizko temperaturo tališča in z vzpostavitvijo posebnega protokola toplotne obdelave. Za pilotni test smo izdelali večjo količino zaščitenega prahu, in sicer 6 kilogramov. Rezultati so bili odlični in bodo preneseni v obsežno proizvodnjo. Končne analize so pokazale, da magnetni prah, prekrit s tanko zaščitno plastjo, po dveh mesecih korozijskega testa skoraj ni izgubil magnetnih lastnosti, površinska trdota prevlečenih prahov pa je manjša od trdote neprevlečenih prahov. To pomeni, da se obraba orodja zaradi tanke prevleke ne poveča. Korozijska odpornost v demineralizirani vodi pri 85 °C je bila bistveno izboljšana tudi pri plastomagnetih, izdelanih v pilotnem eksperimentu.

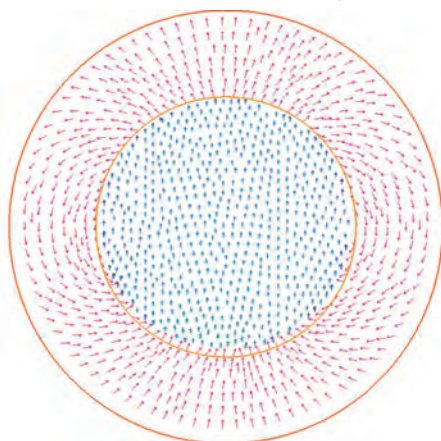
V sodelovanju s podjetjem Magneti Ljubljana, d. d., smo nadaljevali nacionalni projekt Učinkovita reciklaža brusnega blata pri proizvodnji $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ magnetov za gospodarstvo brez odpadkov, kjer proučujemo nove načine recikliranja magnetnih ostružkov t. i. brusnega blata na osnovi Sm-Co. Trenutni rezultati kažejo na zmožnost popolne reciklaže brusnega blata s postopki pretaljevanja.

Dodajalne tehnologije omogočajo proizvodnjo magnetov poljubnih oblik in namagnetnosti, ki jih načrtujemo s pomočjo reševanja inverznega problema magnetostatike. Pri tem si pomagamo z metodama adjungiranega stanja in končnih elementov (slika 1).

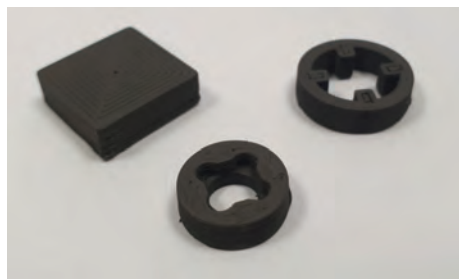
V okviru ARRS-projekta Razvoj večkomponentnih trajnih magnetov kompleksnih oblik z uporabo napredne tehnologije 3D-tiskanja razvijamo večkomponentne trajne magnetne kompleksnih oblik z aditivno proizvodnjo za podjetje Kolektor, d. d. Cilj je povečati moč elektromotorja z novimi oblikami magnetov in uporabo različnih materialov v enem samem magnetu. Ta zapletena oblika bo natisnjena z najsodobnejšo metodo izdelave 3D-objektov z uporabo filamentov. Prvo leto smo testirali različne polimere in magnetne prahove, da smo dobili najboljši faktor polnjenja filamentov, ki ga je mogoče še uporabiti za 3D-tiskanje (slika 2). Uspešno smo natiskali magnetne materiale različnih velikosti in sestave. Naslednji korak je tiskanje magnetov z usmerjenimi delci in izdelava popolnoma gostih kovinskih 3D tiskanih delov z odstranitvijo polimera in sintranja. Prvi testi usmerjanja delcev med tiskanjem so pokazali obetavne rezultate.

Leta 2020 smo končali uspešno izveden evropski projekt AMPHIBIAN (Anisometric permanent hybrid magnets based on inexpensive and non-critical materials) z zaprtjem administrativnih del (poročil) in konsolidacijo rokopisov, povezanih z raziskovalno dejavnostjo projekta. V reviji *Journal of Physics D: Applied Physics* ($IF = 3,169$) sta bila poslana dva raziskovalna in en pregledni rokopis (dva sprejeta in en v pregledu).

Vzporedno smo začeli tudi raziskovalne dejavnosti na področju mehanskega utrjevanja feritnih keramičnih magnetov. Tukaj smo se uprli na uspešno metodo utrjevanja inženirske keramike z uporabo celuloznih nanovlaknen (CNF), razvitih v sodelovanju s kolegi iz Materials Science Institute (CSIC) iz Madrida. Ker je zgoščevanje eden od pomembnih korakov pri pripravi



Slika 1: Izračunan profil namagnetnosti (rdeča) za Haalbachov valj, znotraj katerega je gostota magnetnega polja homogena. Primerjava med zahtevanim (modra) in izračunanim (zeleno) poljem.



Slika 2: 3D tiskani magneti, izdelani z metodo tiskanja s filamentom. Delci so bili med tiskanjem usmerjeni z zunanji magnetnim poljem.

sintranih magnetov, smo raziskovali tudi različne možnosti priprave gostih magnetov na podlagi feritov. Ena od obetavnih tehnik, ki se je izkazala kot primerna za feritne magnetne, je sintranje z intenzivnim toplotnim sevanjem (SITR).

Kompleksne intermetalne zlitine

V okviru Mednarodnega raziskovalnega laboratorija, ki je bil letos preoblikovan v Mednarodni raziskovalni projekt *IRP PAC2 Push-Pull AlloyS and Complex Compounds: from bulk properties to surface functions*, nadaljujemo raziskave na področju zlitin push-pull, ki so del kompleksnih kovinskih zlitin s poudarkom na njihovi pripravi, lastnostih in potencialni uporabi.

Proučevali smo ternarni sistem Al-Cr-Sc. Motivacija za izbiro tega ternarnega sistema je bila razviti visoko trdno zlitino, ki temelji na dobri toplotni obstojnosti in odpornosti proti koroziji. Uspešno smo sintetizirali novo ternarno fazo Al-Cr-Sc s stehiometrijo $\text{Al}_{6,4}\text{Cr}_{1,6}\text{Sc}_4$, ki pripada družini Lavesovih faz, s protipno MgZn_2 heksagonalno P63/mmc strukturo in s prostorsko skupino 194. Natančna kristalografska analiza ternarne faze je pokazala določen razpon trdne topnosti elementov, ki je bil nadalje raziskan s pomočjo vrstične preseвне elektronske mikroskopije z uporabo visokokotnega obročastega detektorja za opazovanje vzorca v temnem polju (HAADF-STEM) in v kombinaciji s simulacijami posnetkov HAADF-STEM na podlagi predvidenega strukturnega modela (slika 3).

V okviru raziskav kompozitnih materialov z nizko adhezijo in visoko trdnostjo smo raziskovali kompozitne materiale s polimerno matrico, ojačano s kvazikristalnim prahom Al-Cu-Fe-B. Preiskovali smo kompozit, sestavljen iz kvazikristalov (QC) in polimernega polilitalamida (PPA). QC imajo nizko površinsko energijo, nizek koeficient trenja, visoko trdoto, dobro odpornost proti oksidaciji in koroziji, nizko toplotno in električno prevodnost, visoko odpornost proti obrabi, nelepljive lastnosti in zmanjšano omočljivost. Njihova slaba lastnost je to, da so krhki pri sobni temperaturi. PPA se uvršča v skupino visokotemperaturnih inženjerskih polimerov in je kemično odporen, žilav in toplotno stabilen. Preliminarne študije so pokazale, da dodajanje QC v polimerno matrico neposredno vpliva na linearno povečanje zlomne trdnosti kompozita. Nadalje so raziskava trdote po Vickersu različnih kompozitnih materialov pokazale, da sorazmerno majhna količina QC v polimerni matrici nima pomembnega vpliva na celokupno trdoto kompozita, vendar postane pomembna, ko v sistem dodamo večje količine QC, na primer 20 vol.% QC.

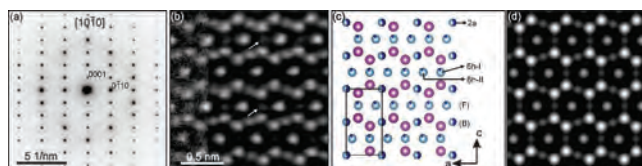
Strukturni materiali

V okviru evropskega fuzijskega programa EUROfusion smo nadaljevali raziskave kompozitov volfram-volframov karbid ($\text{W-W}_2\text{C}$) in volframovega karbida brez veziv (WC) za uporabo v demonstracijski fuzijski elektrarni DEMO. Sestava in postopek priprave kompozitnih materialov $\text{W-W}_2\text{C}$ 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 (ang. high heat flux test – HHFT).

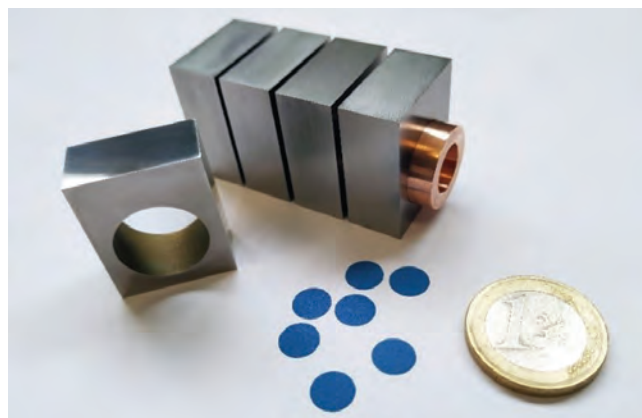
Na podlagi obetavnih termomehanskih lastnosti in HHFT, določenih v prejšnjem obdobju, je bila za izdelavo testnih monoblokov divertorja izbrana sestava W-11WC (slika 4). Kompozitni monobloki bodo v nadaljevanju spojeni na hladilno strukturo iz CuCrZr ter podvrženi HHFT preskusom v aktivno hlajenem modelu divertorja.

Senzorji

Na področju elektrokemijske detekcije HCHO v alkalnih medijih smo izdelali številne receptorske elemente različnih oblik in dimenzionalnosti (1D nanožice in 2D tanki filmi) na osnovi Ni ter z različno kemijsko in kristalno strukturo površinskih komponent. V preteklem letu smo podrobno raziskali njihov katalitični vpliv na elektrokemijsko oksidacijo HCHO ter pojasnili mehanizme za vsak posamezen receptorski element. Rezultati študij so bili objavljeni v priznanih revijah *Applied Surface Science* ($IF = 6,182$) in *Eletrochimica Acta* ($IF = 6,126$). Fundamentalne raziskave so pokazale, da je oksidacija HCHO v alkalnem mediju zelo učinkovita ob uporabi Ni nanožic kot receptorski elementi. Ker so se slednje izkazale kot potencialni kandidat za razvoj inovativnega HCHO senzorja, smo v sodelovanju s strokovnjakom s področja elektrotehnike izdelali miniaturizirano senzorsko platformo z vgrajenimi Ni nanožicami in merilnim vezjem s podporo za brezžično (t. i. WiFi) komunikacijo. S študijami smo

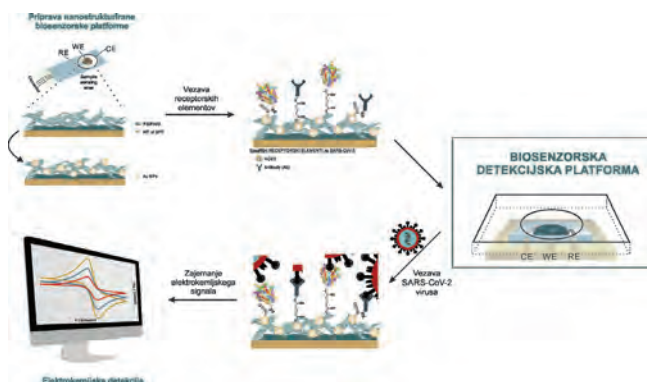


Slika 3: TEM-raziskava ternarne Lavesove faze: (a) analiza SEAD z ustrezno (b) atomsko razrešeno sliko HAADF-STEM. (c) Projekcija atomskega modela ternarne Lavesove faze v $[1010]$ conski osi s pripadajočo in (d) izračunano sliko HAADF-STEM.



Slika 4: W-11WC monobloki, pripravljeni s postopkom sintranja s pulzirajočim električnim tokom in oblikovani z žično erozijo.

Razvijamo nove, zanesljive biosenzorske platforme (slika 5) z visoko občutljivostjo in selektivnostjo za hitro elektrokemijsko detekcijo SARS-CoV-2 in njegovih mutacij v vzorcih sline. Razvoj biosenzorskih platform ne bo omejen zgolj na zaznavanje SARS-CoV-2, temveč bodo te s preprosto in hitro modifikacijo uporabne za zaznavanje številnih drugih patogenov.



Slika 5: Shematski prikaz SARS-CoV-2 detekcije z uporabo elektrokemijske biosenzorske platforme

Ukvarjamo se z razvojem receptorskih elementov za detekcijo toksičnih organskih snovi, kot so formaldehid (HCHO) (nacionalni projekt L2-8182), akrilamid (AA) (nacionalni projekt J2-1739) in benzendiolov.

pokazali, da je razvita senzorska platforma uporabna ne le za detekcijo HCHO iz standardnih raztopin, ampak hkrati omogoča zaznavanje HCHO v pitni vodi. Za vse te zgoraj omenjene fundamentalne in aplikativne raziskave je dr. Špela Trafela prejela nagrado L'Oréal-UNESCO za ženske v znanosti 2020.

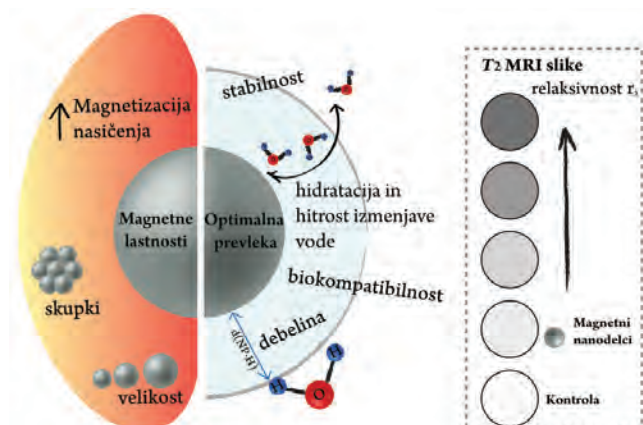
Polianilin je prevodni polimer, ki se mu se ob kemijski spremembi spremeni električna upornost, kar ga uvršča med pogosto uporabljene materiale v senzoriki. Omenjen material elektrokemijsko sintetiziramo na komercialne sitotiskane elektrode in nadalje proučujemo za uporabo kot uporovni senzor plina amonijaka. S pomočjo novejših naprav za sočasno izvajanje UV-vis spektroskopije in elektrokemije (spektroelektrokemija) smo prvič podrobno proučili dogajanje med polimerizacijo. Rezultate smo objavili v reviji *Journal of the Electrochemical Society* (*IF* = 3,721). V sodelovanju z odsekom za atmosfersko znanost in okoljsko inženirstvo (Institut Mines-Télécom (IMT)) v Douaiu, Francija, smo uspešno združili naš elektrokemijski sistem (elektrokemijsko polimeriziran PANI na sitotiskano elektrodo) z njihovim znanjem o zaznavanju plinov s pomočjo uporovnih meritev. Rezultat dela je preprosta in direktna konstrukcija NH₃ senzorja iz PANI sitotiskane elektrode, pretvorjene v dvoelektrodni sistem, primeren za uporabne meritve. Proučili smo odzive na vlago, njegovo stabilnost in zaznavanje prisotnosti NH₃ pri 70-% relativni vlažnosti. Kljub preprostem sistemu, brez prisotnosti kompleksnih dodatkov in nanomaterialov, smo dosegli nizko detekcijsko limito (23 ppb). Rezultati sodelovanja so objavljeni v članku v odprto dostopni reviji *Sensors* (*IF* = 3,275).

Začeli smo razvijati nove receptorske elemente za detekcijo benzendiolov, kot so katekol, resorcinol in hidrokinon. Namen je razviti miniaturne, prenosni senzor, ki bo hkrati selektivno zaznal vse tri analite v vodi in pozneje tudi v zraku.

Materiali za zdravje in čisto okolje

V sodelovanju s Queen's University Belfast, Združeno kraljestvo, in Medicinsko fakulteto Univerze v Ljubljani smo razvili **temperaturno občutljive liposome** za imuno- in kemoterapijo ter slikanje z magnetno resonanco (MRI). Raziskovali smo učinek blokade PD1 na terapevtsko učinkovitost novih temperaturno občutljivih liposomov z enkapsuliranim doksorubicinom. Citotoksičnost naših nanonosilcev in fototermično aktivirano sproščanje zdravila smo ocenili *in vitro*. Nato je bilo z uporabo fluorescenčnega slikanja in MRI ocenjeno sproščanje zdravila *in vivo* ter kopičenje nanonosilcev v tumorjih in drugih organih. Nazadnje je bila terapevtska učinkovitost blokade PD1 v kombinaciji s fototermično aktivacijo sproščanja doksorubicina iz magneto-liposomov v CT26 tumorskem modelu ovrednotena s spremljanjem rasti tumorja, sproščanja citokinov in infiltracije imunskih celic v tumorsko tkivo. 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 magnetoliposomi, ki sprostito zdravilo po aktivaciji z lasersko svetlobo, ker lahko tak večfunkcionalen nanosistem občutno izboljša kemo- ali fototermično terapijo in MRI vodeno dostavo zdravil. Ta študija je trenutno v drugem krogu revizije v *Journal of Controlled Release* (*IF* = 7,870).

Ne samo na področju zdravljenja, velik korak naprej smo naredili tudi v diagnostiki. Na področju slikanja z magnetno resonanco (MRI) obstaja velika potreba po razvoju novih, bolj učinkovitih in varnejših kontrastnih sredstev. Večina že odobrenih za klinično uporabo je bila umaknjena s trga zaradi varnostnih ali finančnih razlogov. Zato smo zastavili obširno študijo, kjer smo pripravili magnetne liposome s številnimi formulacijami, tj. liposome, ki vsebujejo superparamagnetne nanodelce na osnovi železovega oksida, in testirali njihovo kontrastno učinkovitost za MRI. Ugotovili smo, da enkapsulacija nanodelcev v liposome drastično izboljša njihovo kontrastno učinkovitost (do 42-krat) zaradi ugodnih



Slika 6: Relaksivnost r_2 in s tem kontrastno učinkovitost superparamagnetnih nanodelcev kot kontrastnih sredstev za slikanje z magnetno resonanco lahko povečamo bodisi z izboljšavo magnetnih lastnosti ali z optimizacijo prevleke.

interakcij med vodo, ki jo vizualiziramo v MRI, in lipidno prevleko. Prav tako je *in vitro* študija pokazala izboljšano selektivnost magnetnih liposomov v primerjavi s prostimi nanodelci. Rakave celice so namreč internalizirale visoko koncentracijo liposomov, medtem ko je bila njihova vsebnost v normalnih celicah minimalna. To pomeni bistveno lažje razlikovanje med zdravimi in rakavimi celicami na MRI-sliki (slika 7). V primeru prostih nanodelcev je stopnja internalizacije pri obeh vrstah celičnih linij podobna in je diagnostika otežena. Ta študija je bila objavljena v reviji *Nanomaterials* ($IF = 4,324$). Poleg tega je bil v reviji *Magnetochemistry* ($IF = 1,947$) objavljen pregledni članek z naslovom *A Review on the Optimal Design of Magnetic Nanoparticle-Based T2 MRI Contrast Agents*, kjer smo razpravljali o dejavnikih, ki vplivajo na izboljšanje kontrastne učinkovitosti magnetnih nanodelcev (slika 6).

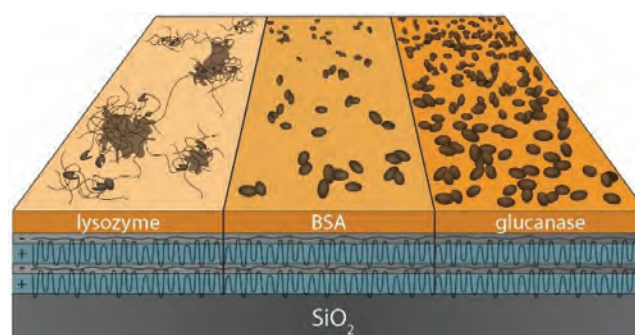
V sodelovanju z Zdravstveno fakulteto Univerze v Ljubljani smo proučevali adhezijske značilnosti patogenov. Osredotočili smo se na materiale, ki se uporabljajo vsakodnevno v prehrabni industriji in v kuhinjah, ter na specializirane večplastne prevleke, ki bodisi uničijo bodisi omejujejo oprijem bakterij. *E. coli*, *P. aeruginosa* in *C. jejuni* so bile izbrane kot testne bakterije, saj so najpogostejši onesnaževalci, ki se prenašajo s hrano in se držijo kuhinjskih površin (keramika, teflon). Izkazalo se je, da je hidrofobna narava teflona odločilna za oprijemljivost bakterij (*International Journal of Food Microbiology*, $IF=3,451$). Študija, ki smo jo objavili v *Biofoulingu* ($IF = 2,351$), je združila bakterijsko oprijemljivost z različno mehansko obdelanimi jeklenimi substrati. Dokazali smo, da površinske nepravilnosti vplivajo na točko adhezije bakterij in sposobnost ustvarjanja biofilma. Poleg tega smo proučili, kako ročno pomivanje posode in prekomerna uporaba detergenta vodita do povečanih količin ostankov na posodi in lahko povzročita dolgoročne neželene učinke na naše zdravje in okolje, kar je bilo objavljeno v *Environmental Chemistry Letters* ($IF = 5,849$). Ocenili smo tudi sposobnost adhezije bakterij v večplastnih polielektrolitskih plasteh, ki se zaključujejo z beljakovinami, in pokazalo se je, da v primeru lizocimske končne plasti pride do lize – torej razgradnje, medtem ko pri BSA in glukanziji prevladujejo specifične interakcije protein-bakterija (slika 7). Študija je bila objavljena v reviji *International Journal of Adhesion and Adhesives* ($IF = 2,671$).

Končni cilj predlagane študije v okviru ARRS-projekta *Razgradnja tekstilne mikroplastike iz odpadnih vod v gospodinjstvu* je odstraniti mikroplastična vlakna, ki se sproščajo iz odtokov običajnih pralnih strojev. Uporabljamo postopke razgradnje, tako da bodo vlakna ob sprostitvi neškodljiva in ekološko neproblematična. Fotokatalizator TiO_2 je bil uspešno uporabljen za fotokatalitsko razgradnjo mikroplastike, vendar so študije še v začetni fazi raziskav. Dobljeni rezultati so pokazali, da posamezna PP-vlakna postajajo bolj hrapava, PET-vlakna so se dodatno razslojila in deformirala, PA-vlakna pa so se enakomerno stanjšala za skoraj 50 odstotkov. Razgradnjo, ki je močno inicializirana na površini, smo dokazali s pomočjo specializiranega vrstičnega elektronskega mikroskopa, ki deluje v območju relativno visokih parcialnih tlakov (ESEM). Kemične spremembe smo zaznali tudi z Ramanovo spektroskopijo. Prvi uspešni poskusi so bili opravljeni in podrobno razloženi na Vodnih dnevih 2020 in na konferenci 5th Green and Sustainable Chemistry. V okviru tekočega sodelovanja z Biotehniško fakulteto UL v okviru ARRS-projekta *Razgradnja plastike s poliektremotolerantnimi glivami* smo pokazali, da se tudi nekatere vrste gliv, na primer *Pleurostoma* sp. in *Coniochaeta* sp., razraščajo na sintetičnih vlaknih, pri čemer je plastika edini vir ogljika v našem rastnem gojišču (slika 8), posledica je degradacija plastike.

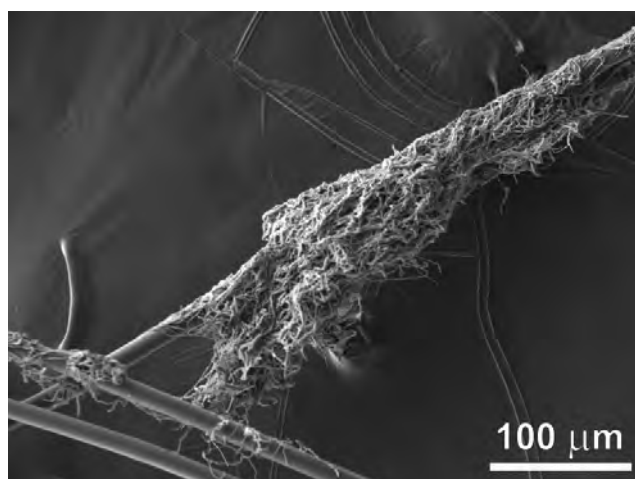
Biomateriali

V letu 2020 smo kot partnerji v ARRS-projektu nadaljevali raziskave priprave svilnega fibroina kot hormonskega nosilca v sodelovanju z Veterinarsko fakulteto Univerze v Ljubljani. 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 prvi poskusi in vivo na živalih. Znanje procesiranja biomaterialov v razne nosilce bo uporabljeno tudi v letu 2020 odobrenem ARRS raziskovalnem projektu z naslovom *Napredni 3D celični modeli: Premostitev vrzeli med in vitro in in vivo poskusnimi sistemi (hep3DGenTox)*, ki ga bomo kot sodelujoča organizacija izvajali skupaj z Oddelkom za genetsko toksikologijo in biologijo raka Nacionalnega inštituta za biologijo.

Skupina biomaterialov je svojo ekspertizo znanj o bioaktivnih steklih in biokeramičnih cementnih polnilih na osnovi kalcijevih silikatov uspešno uporabila v okviru še enega odobrenega ARRS-projekta z naslovom



Slika 7: Shematski prikaz adhezije bakterij na polielektrolitskih slojih s prevlekami lizocima, BSA in glukanzijo.

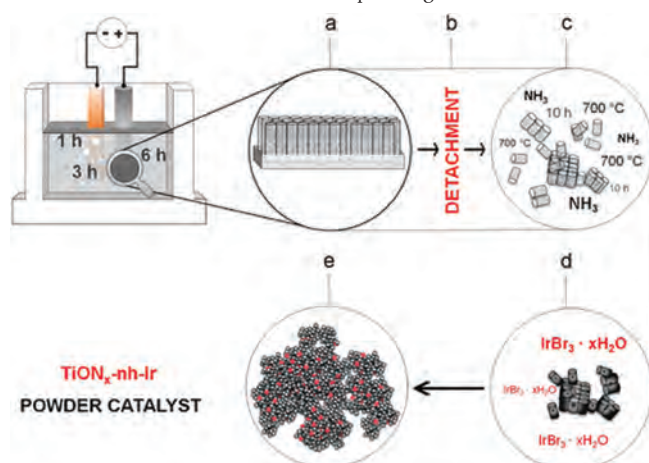


Slika 8: PET-vlakno, preraščeno s *Coniochaeta* sp.

Postradiacijski karies pri bolnikih z rakom glave in vratu: Etiologija in preventiva, ki ga bomo kot sodelujoča organizacija izvajali skupaj z Univerzitetnim kliničnim centrom Ljubljana. Namen projekta je boljše razumevanje mehanizmov nastanka globokih kariesnih lezij pri bolnikih z rakom, ki prejmejo terapijo z obsevanjem. Poleg tega bomo z razumevanjem vzroka fizikalno-kemijskih sprememb v anorganskem in organskem delu sklenine in zobovine lahko razvili bakterične nanostrukturne biomateriale na osnovi kalcijevih silikatov za preprečitev procesov demineralizacije (karies) in sprožitev remineralizacije.

Kataliza

Na področju fotoelektro katalize smo v sklopu anodizacije fleksibilne titanove folije nadaljevali raziskave titanove folije in faktorjev, ki vplivajo na rast trdno vezanih TiO_2 nanocevk. Anodizirali smo 6 različnih debelin titanove folije, testirali njihovo fotokatalitično aktivnost, adhezijo TiO_2 nanocevk na podlago in preverjali vpliv staranja elektrolita. Uspešno smo določili faktorje, ki omogočajo izdelavo fleksibilnega katalizatorja za razgradnjo hlapnih organskih snovi in težko razgradljivih organskih onesnažil iz vode in zraka.



Slika 9: Postopek priprave $\text{TiON}_x\text{-nh-Ir}$ substrata v obliki prahu/imobiliziranega filma. (a) Anodna oksidacija titanove folije, (b) odstranitev TiO_2 nanocevk s substrata, (c) žarjenje TiO_2 nanocevk v atmosferi amonijaka, (d) nanašanje Ir in mletje TiON_x nanocevk ter (e) končni $\text{TiON}_x\text{-nh-Ir}$ katalizator v obliki prahu.

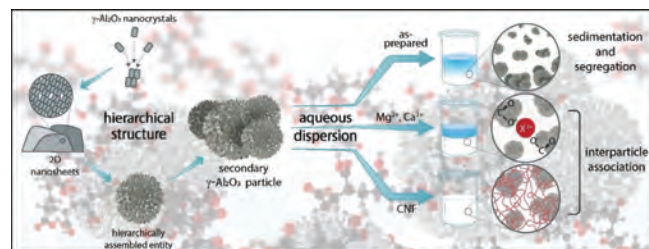
V sodelovanju s Kemijskim inštitutom smo pri dveh raziskavah na področju katalize TiO_2 nanocevk, ki smo ju pripravili z anodno oksidacijo, tretirali v amonijaku na povišani temperaturi in pripravili substrat TiO_xN_y v obliki imobiliziranega filma in/ali prahu. Na substrat/prah z veliko površino smo nanosili Ir nanodelce (slika 9) in raziskali učinkovitost katalizatorja pri procesu elektrokatalitične cepitve vode. Rezultati so pokazali zelo visoko aktivnost in stabilnost tako pripravljenih katalizatorjev za reakcijo nastanka kisika v kislem mediju (slika 8). Zelo pomembne in izvirne dosežke na tem področju smo objavili v dveh znanstvenih člankih v eminentni reviji *ACS Catalysis* (*IF* = 12,350).

Proti koncu raziskovalnega leta smo zasnovali projekt Avtomatiziranega laboratorija za avtonomno robotsko procesiranje in karakterizacijo novih materialov. S tem projektom bomo v prihodnjih letih vzpostavili nov način izvajanja eksperimentov in vpeljali nov pristop raziskovanja, saj bodo dobljeni rezultati bolj zanesljivi, bolj ponovljivi in hitrejši. Tako bomo lahko odpravili nekatere pomanjkljivosti trenutnih preiskav pri razvoju materialov. Tovrsten pristop pa bo omogočil tudi bolj poglobljeno in učinkovito interpretacijo pridobljenih rezultatov pri raziskavah osnovnih zakonitosti materialov.

Inženirska keramika

Spontano hidrolizo prahu AlN smo izkoristili za hitro, preprosto in čisto sintezno pot za pripravo hierarhično urejenega, nanokristaliničnega, mezoporoznega aluminijevega oksida (MA), ki ga sestavljajo mikrometrski snopi aglomeriranih 2D-nanoploščic. Del raziskav v okviru doktorske disertacije vsebuje študij dispergiranja in reološkega obnašanja vodnih suspenzij z visoko vsebnostjo prahu MA. Cilj je bila priprava suspenzij, ki bi vsebovale hierarhično urejene delce $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ visoke specifične površine, sposobnih kljubovanja sedimentaciji in segregaciji. Dodatek divalentnih kationov (Mg^{2+} in Ca^{2+}) ali celuloznih nanovlaknen (CNF) je sprožil nastanek različnih meddelčnih interakcij, ki so omejile ali celo popolnoma preprečile segregacijo in sedimentacijo suspenzije (slika 10). Delo je bilo objavljeno v vodilni znanstveni reviji s področja keramičnih materialov *Journal of the European Ceramic Society* (*IF* = 4,495). Priprava takšnih suspenzij je pomemben korak pri izdelavi naprednih, poroznih keramičnih materialov za katalizo in adsorpcijo.

Z izkoriščanjem hidrolize AlN pridobljene hierarhične strukture MA so bile uporabljene v študiji, objavljeni v ugledni znanstveni reviji *Green Chemistry* (*IF* = 9,480), v interdisciplinarni raziskavi med Odsekom za sintezo materialov (IJS) ter v sodelovanju z Odsekom za katalizo in reakcijsko inženirstvo Kemijskega inštituta. Članek prikaže možnost uporabe ciljanega segrevanja magnetnih delcev v AC magnetnem polju kot izvoru energije, potrebne za učinkovitejšo reakcijo/pretvorbo furfurala v furfuralni alkohol, kot v primerjavi s konvencionalnim segrevanjem katalizatorja.



Slika 10: Ilustracija predlaganega mehanizma hierarhičnega sestavljanja nanokristalov $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ v sekundarne delce MA ter pregled mehanizmov, uporabljenih za preprečevanje sedimentacije in segregacije.

Na področju dentalne keramike smo tradicionalno vpleteni v raziskave z itrijem dopirane cirkonijeve oksidne (3Y-TZP) dentalne keramike. V letu 2020 smo v sodelovanju z zagonskim podjetjem Vall-cer, d. o. o., zaključili raziskavo, v kateri smo preverjali vpliv kontinuiranega 500 ur trajajočega mehanskega trkanja (med stresanjem) koreninskih zatičev 3Y-TZP na razvoj podpovršinskih mikrostrukturnih sprememb keramike,

ki vplivajo na mehansko trdnost. Pokazali smo, da se je s časom stresanja znižala površinska hrapavost zatičev, pri čemer so se zrna sploščila ali deloma odluščila. Opažena podpovršinska spremenjena mikrostruktura, ki je bila debela 6 mikrometrov, je vsebovala zaostale tlačne napetosti, zaradi katerih se je trdnost vzorčne populacije zatičev sistematično povečala. Delo je bilo objavljeno v vodilni reviji s področja keramičnih materialov *Journal of the European Ceramic Society* ($IF = 4,495$).

Funkcionalna keramika: polprevodniška keramika na osnovi ZnO (varistorji, termoelektriki)

Na področju oksidnih termoelektričnih materialov razvijamo keramiko na osnovi ZnO tipa n za pridobivanje električne energije iz toplote pri srednjih in visokih temperaturah. V središču naših raziskav je vpliv mejnih površin, kot so meje med zrni in posebne inverzne meje v zrnih na prenos naboja in toplote. Razumevanje teh fenomenov je bistveno za izboljšanje električne prevodnosti (σ) ob ohranjenem visokem Seebeckovem koeficientu (S) in zmanjšanje toplotne prevodnosti. Cilj je od spodaj navzgor inženiring strukture in mikrostrukture keramike na osnovi ZnO z bistveno izboljšanimi termoelektričnimi lastnostmi. V skladu s tem smo proučevali vpliv izhodnega prahu ZnO, dopiranega v zelo majhnih količinah nekaj at.% z izbranimi elementi, kot so Al, In in Co, ter različnih pogojev in metod sintranja na termoelektrične lastnosti. Z National Institute for Materials Science (NIMS, Tsukuba, Japonska) smo sodelovali pri študiji, ki je pokazala, da prah poroznih agregatov iz Al dopiranih nanodelcev ZnO omogoča pripravo keramike ZnO z bistveno izboljšanimi termoelektričnimi lastnostmi. Takšen nanoprah ZnO je bil sintetiziran z novo in preprosto metodo reakcije na mejnih površinah (metoda dvojne emulzije). Zgoščevanje takšnega prahu z uporabo metode SPS omogoča izdelavo keramike z izrazito zmanjšano strukturno toplotno prevodnostjo zaradi znatno zmanjšane velikosti zrn ZnO, vključkov finih nanodelcev, bogatih z Al, in nanoporoznosti. Zaradi povečanega donorskega dopiranja zrn ZnO z Al^{3+} pa se izboljšata tudi električna prevodnost (σ) in faktor moči ($PF = \sigma S^2$) keramike. V sodelovanju z NIMS smo nadaljevali raziskave o vplivu dopiranja z magnetnim elementom, kot je Co, na strukturne, mikrostrukturne in termoelektrične lastnosti keramike ZnO, dopirane z Al. Rezultati so pokazali, da se električna prevodnost in faktor moči keramike povečata za približno 50 % že z dodatkom 0,25 at.% Co. Dodatki Co do 0,5 at.% Co povečajo toplotno prevodnost, z večjimi dodatki Co pa se ta zmanjša. Poleg tega smo v sodelovanju z laboratorijem CRISMAT (Caen, Francija) začeli proučevati vpliv finega nanopraha ZnO, z velikostjo delcev 20–30 nm, in bolj grobega prahu ZnO, z velikostjo delcev približno 200 nm, na razvoj mikrostrukture in termoelektrične lastnosti keramike ZnO, dopirane z do 4 at.% Al in z do 1,5 at.% In.

V sodelovanju s Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Science – SICCAS smo nadaljevali študij keramike ZnO s posebnimi električnimi lastnostmi. Naše prejšnje študije so pokazale, da klasično sintranje v redukativni atmosferi in sintranje s pomočjo pulzirajočega električnega toka (SPS) v vakuumu preprečita nastanek elektrostatskih Schottkijevih barier na mejah zrn in močno povečata trdnost donatorskih dodatkov, kot je Al v zrnih ZnO. Posledica povečane koncentracije in gibljivosti nosilcev naboja je več velikostnih redov višja električna prevodnost (σ). Zaradi povečane defektnosti strukture, ob povečani koncentraciji točkovnih napak v zrnih ZnO, pa se znatno zmanjša strukturna temperaturna prevodnost. Študije so tudi pokazale, da sicer žarjenje takšne keramike na zraku res močno zmanjša njeno električno prevodnost in s tem tudi faktor moči, ker nastanejo Schottkyjeve bariere na mejah zrn, vendar pa je njen faktor moči še vedno 8-krat večji kot pri keramiki, pripravljeni samo s sintranjem na zraku. Rezultati so potrdili prednosti takšnega dvostopenjskega sintranja keramike na osnovi ZnO za termoelektrične aplikacije. Nadaljnje študije so bile namenjene oceni vpliva žarjenja v zraku na morebitno zmanjšanje trdne topnosti Al v ZnO in njegovi precipitaciji v zrnih ali na mejah zrn, na stopnjo defektnosti strukture in spremembe mikrostrukture ter posledično na toplotno prevodnost keramike, ki je bila sicer klasično sintrana v redukativni atmosferi, ali s SPS v vakuumu. V sodelovanju s SICCAS smo nadaljevali tudi raziskave in razvoj novega tipa varistorske keramike na osnovi ZnO, ki ima zelo preprosto kemično sestavo in je brez standardnih varistorskih dopantov, kot sta oksida Bi (problem nastanka tekoče faze in izhlapevanje med sintranjem) in Pr (drag) ter nekaterih drugih (Cr, Ni).

Cilj sodelovanja s podjetjem Bourns je izboljšanje tokovnonapetostnih (I-U) lastnosti in temperaturne stabilnosti večplastnih varistorjev na podlagi ZnO. V sodelovanju s Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani in podjetjem VARSİ proučujemo vpliv obdelave površine keramike na njene lastnosti.

Mineralogija

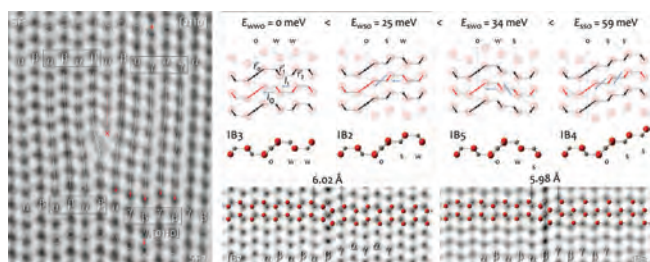
V prejšnjem letu začeto sodelovanje z Oddelkom za litosferske raziskave Univerze na Dunaju v okviru mednarodnega projekta FWF-ARRS GInA: *Vključki mineralov v granatih od makroskopskega do atomarnega nivoja – odpiranje petrogenetskega arhiva* ter mednarodnega projekta FWF-RFBR MiMa: *Fe-Ti oksidni vključki in magnetizem oceanskega gabra* je bilo usmerjeno v eksperimentalne raziskave petroloških vzorcev. Načrtovani obiski so bili zaradi izbruha koronavirusa močno okrnjeni, delo je bilo opravljeno z minimalnimi stiki. Razen uvodnega sestanka v januarju so bila vsa nadaljnja izvedena prek spleta. Sodelovanje z dr. Pavlom Gavryushkinom z univerze v Novosibirsku smo okrepili z obstoječim sodelovanjem z akad. prof. Mihályjem Pósfaiemom z Univerze v Veszpremu. Cilj trilateralnega sodelovanja je **obravnavati teoretične in strukturne vidike aragonitnega problema**.

Samourejanje: Naše raziskave na tem izjemno perspektivnem področju nanotehnologije so bile usmerjene na nenavadno translacijo rutilnih vlaken, razvitih na rutilnih substratih, ki jih ni mogoče pojasniti s preprosto epitaksialno rastjo. V ta namen smo konstruirali modele stičnih površin med rutilnimi vlakni za virtualne *ab-initio* eksperimente, namenjene reševanju te problematike. Na preprostih površinah konvergenca ni bilo, za tvorbo vodikovih vezi med -OH ligandi pa je bila razdalja med vlakni prevelika. Zato smo konstruirali kompleksnejše modele s prisotnostjo nedisociirane vode na površinah, kar bolje simulira eksperimentalne razmere. DFT optimizacija stičnih površin je pokazala, da pride v primeru eksperimentalno opaženih stikov do tvorbe -OH₂ in -OH ligandov na površinah rutila in kislih H₃O⁺ ionov v mediju, medtem ko v primeru površin brez zamika voda ostane nedisociirana, kar neposredno kaže na to, da opažene translacije povzročajo kisli medij. Naše raziskave dajejo temeljni vpogled v mehanizme procesov samourejanja na atomarni ravni.

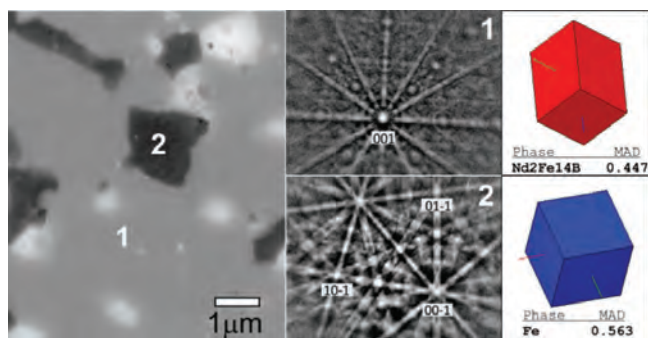
Polprevodniki: Sodelovanje z dr. Ildiko Cora z Inštituta za tehnično fiziko in znanost o materialih z madžarske akademije znanosti v Budimpešti na *in-situ* TEM študiji faznih transformacij v Ga₂O₃ je rezultiralo v kakovostni skupni objavi v reviji *Acta Materialia* (IF = 7,656). Delo smo opravili v okviru slovensko-madžarskega dvostranskega projekta (*Characterization of structural defects in semiconductor ZnO films grown by atomic layer deposition (ALD)*). Kvantno-kemijske in visokoločljive raziskave stabilnosti in tvorbe kemijsko induciranih ploskovnih napak v kristalih, v sodelovanju z Inštitutom za multidisciplinarne raziskave v Beogradu, so v tem letu privedle do še ene vrhunske publikacije v *Acta Materialia* (IF = 7,656). V delu pokažemo, kako *ab-initio* izračune uporabimo za izvedbo virtualnih eksperimentov s sposobnostjo napovedovanja in natančnega reproduciranja

neperiodičnih strukturnih elementov, kot so posebne meje, ki določajo lastnosti materialov. S kombinacijo atomističnega modeliranja, izračunov v okviru teorije gostotnih funkcionalov in HRTEM-analize smo dobili nov temeljni vpogled v strukturo in stabilnost bazalnih inverznejih mej (IB) v Sb₂O₃-dopiranem ZnO. DFT-analiza stabilnosti modelov IB je nepričakovano napovedala, da je najstabilnejši model, ki prej v tem sistemu ni bil znan, in da je splošno sprejeti model IB, ki ga je naša skupina identificirala leta 2001, drugi najbolj stabilen. Rezultat smo preverili s sistematično HRTEM-analizo vzorcev ZnO, dopiranih s Sb₂O₃, ki je potrdila teoretično napovedani model. Nadalje smo pokazali, da lahko energije sestavnih segmentov zloga uporabimo za napovedovanje energij IB različnih translacijskih stanj brez potrebe po dodatnih *ab-initio* izračunih (slika 11). Naša študija je dober primer uspešnega povezovanja teoretičnih z eksperimentalnimi raziskavami, tj. kvantnokemijskega modeliranja z visokoločljivostno elektronsko mikroskopijo. Pridobljene strukturne informacije so tako ključne pri reševanju odprtih vprašanj, povezanih z vlogo IB pri transportu elektronov, razsipanjem fononov, še nepojasnjeno prevodnostjo p-tipa v ZnO, afiniteto dopantov za tvorbo IB in njihovimi mehanizmi nastanka, medtem ko odlično ujemanje med teorijo in eksperimentom odpira povsem novo perspektivo za napovedovanje lastnosti iz osnovnih načel. Raziskava povezuje dve plati istega fenomena ter premošča znanja teoretikov in eksperimentalcev, ki komunicirajo na različnih osnovah, kot navdih za sodelovanje v reševanju temeljnih problemov pri načrtovanju materialov.

Raziskave razvoja mikrostrukture in električnih lastnosti varistorske keramike na podlagi SnO₂ smo zaključili z objavo še dveh člankov v reviji Journal of the European Ceramic Society (IF = 4,495).



Slika 11: SF kot pripravljalna faza tvorbe IB (levo). DFT-analiza kationskih zlogov na IB kaže, da termodinamično stabilnejše strukture vključujejo manj kubičnih vezi (zgoraj). Dve stabilni strukturi IB v Sb₂O₃-dopiranem ZnO: obstoječa (IB₂), poznana iz kvantitativne HRTEM študije inverznejih mej Rečnika in sodelavcev iz leta 2001, in nova, stabilnejša struktura IB (IB₃), predvidena z DFT-analizo. Obe IB-strukturi soobstajata in smo ju tudi eksperimentalno potrdili (Ribič et al. *Acta Materialia* (2020)).



Slika 12: Korelativna mikroanaliza FEGSEM-EBSD materiala NdFeB z označeno matrično fazo Nd₂Fe₁₄B (1) in sekundarno fazo α-Fe (2) z ustreznimi vzorci EBSD, orientacijami osnovnih celic in identifikacijo faz.

Analitska elektronska mikroskopija

Za mikrostrukturno karakterizacijo materialov uporabljamo napredno korelativno mikroskopijo, ki pomeni združeno in optimalno uporabo več analitskih mikroskopskih metod ter vključuje: vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM/FEGSEM), kvalitativno in kvantitativno elementno elektronsko mikroanalizo (EPMA) z energijsko-disperzijsko (EDXS) in valovno-disperzijsko (WDXS) spektroskopijo rentgenskih žarkov, elektronsko difrakcijo povratno sipanih elektronov (EBSD) ter komplementarno svetlobno-optično mikroskopijo (LOM) in tipalno mikroskopijo na atomsko silo (AFM) (slika 12).

Z optimizirano korelativno mikroskopijo smo preiskovali raznovrstne materiale, kot so: keramični termoelektriki, varistorska keramika, kompleksne kovinske zlitine in kvazikristali, permanentni magnetni materiali na podlagi Nd-Fe-B in Sm-Fe-Co, abrazivni materiali.

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 preseвне elektronske mikroskopije, kot so spektroskopija izgub energije elektronov (EELS), visokoločljivostna vrstična presečna elektronska mikroskopija (STEM, HAADF-STEM) in mehanska priprava vzorcev za presečno elektronsko mikroskopijo.

Raziskovalna skupina Odseka za nanostrukturne materiale je z delom svojega raziskovalnega in razvojnega programa tudi 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

V okviru projekta *Mikrostrukturne preiskave abraziivnih materialov* z industrijskim partnerjem WEILER Abrasives, d. o. o., Zreče smo preiskovali inovativne kompozitne abrazive, namenjene razvoju in izdelavi izboljšanih rezalnih in brusilnih orodij s podaljšano življenjsko dobo.

Izobraževanje in promocija znanosti

Sodelavci odseka smo že osmo leto sodelovali pri aktivnostih promocije znanosti v sklopu projekta Znanost na cesti (ZnC). Leto 2020 je bilo posebno, saj smo zaradi ukrepov proti covidu-19 del predavanj izvedli prek spleta, del pa v živo iz Atrija ZRC in Knjižnice v Kranju. Skupaj smo izvedli kar 13 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 2020. Na njem je sodelovalo 100 dijakov z 20 gimnazij in srednjih šol iz vse Slovenije.

Člani oddelka so nadalje 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. Letni sestanek LIA PACS2: International Associated Laboratory; Push-Pull Alloys and Complex Compounds: from bulk properties to surface functions, 5. 11. 2020 (soorganizatorji, virtualno)
2. 12. konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana (MPŠ) in 14. Dan mladih raziskovalcev KMBO, 15. 5. 2020 (virtualno, soorganizatorji)

Patent

1. Paul J. McGuinness, Marko Soderžnik, Kristina Žagar, Andraž Kocjan, Spomenka Kobe, Method of manufacturing fully dense Nd-Fe-B magnets with enhanced coercivity and gradient microstructure, EP2869311 (B1), European Patent Office, 24. 6. 2020

Nagrade in priznanja

1. **dr. Špela Trafela** je prejemnica nacionalne štipendije L'Oréal-UNESCO za ženske v znanosti 2020. Nagrado je prejela za odličnost fundamentalnih in aplikativnih raziskav na področju razvoja nanostrukturiranih senzorskih platform za elektrokemijsko detekcijo formaldehida v alkalnih medijih na osnovi redoks sistema $\text{Ni}(\text{OH})_2/\text{NiOOH-Ni}$.
2. Po prejetju Krkine nagrade 2019 za nalogo Coloidal silver in dental products sta dijakinji Laura Drašler in Ula Dragman z gimnazije Vič pod mentorstvom prof. Alenke Mozer (gim. Vič) in **Anje Korent (IJS, K7)** nalogo prijavili na razpis za GENIUS Olympiad 2020. Raziskovalna naloga se je uvrstila v finale tekmovanja. Naloga predstavlja proučevanje vsebnosti koloidnega srebra v dentalnih produktih, kot so zobna pasta, ustna vodica in zobna ščetka. Kupljeni so bili komercialni izdelki z vsebnostjo srebra, ki sta jih dijakinji proučevali v laboratorijih K7, IJS.

Konzorcij ESTEEM je pridobil že tretji projekt INFRAIA H2020 (ESTEEM3). Član odseka je v okviru projekta ESTEEM3 koordinator za izvajanje NA (networking activities) aktivnosti.

3. Uredniški odbor priznane revije Green Chemistry je članek avtorjev Xuana Xuja, Saša Šturma, Zorana Samardžije, Janeza Ščančarja, Katarine Markovič, Kristine Žužek Rožman, vsi z Instituta "Jožef Stefan", *Učinkovita reciklirna metoda sočasnega pridobivanja redkih zemelj in kovin prehoda iz trajnih magnetov na osnovi sistema Nd-Fe-B* izbral kot enega od najbolj vročih člankov v letu 2020. Članek je rezultat projekta ITN-MSCA-DEMETER z naslovom Mreža usposabljanja na temo oblikovanja in recikliranja trajnih magnetov na osnovi redkih zemelj iz ter v motorje in generatorje za nova hibridna vozila na električni pogon [2015–2019].
4. Vodja Odseka za nanostrukturne materiale **prof. dr. Sašo Šturm** je bil avgusta 2020 kot član izbran v izvršni odbor Evropskega združenja mikroskopistov (European Microscopy Society – EMS). Združenje je krovna organizacija, ki združuje vsa nacionalna društva za mikroskopijo. Prof. dr. Saša Šturma je predlagal izvršni odbor Slovenskega društva za mikroskopijo (SDM) in tako je bil prvič izbran slovenski predstavnik v izvršni odbor EMS.

MEDNARODNI PROJEKTI

1. K7, CTT - ID Creations; Prave in obveznosti v zvezi z razvojem, uporabo in komercializacijo hidrotermalno sintetiziranih prevlek iz TiO₂ na kovinskih ortopedskih in zobnih vsadkih
ID Creations Oy
prof. dr. Saša Novak Krmpotič
2. Sintranje v plazmi magnetov na osnovi redkih zemelj za uporabo v električnih napravah
ABB Switzerland Ltd
prof. dr. Spomenka Kobe
3. COST CA17140 - Nano2Clinic; Nanomedicina raka - od laboratorijskih raziskav do klinične uporabe
COST Association AISBL
dr. Nina Kostevšek
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 - EUROfusion; Komponente v stiku s plazmo-1-IPH-FU, EUROfusion
European Commission
prof. dr. Saša Novak Krmpotič
7. H2020 - EUROfusion; Materials-PPPT-FU
European Commission
prof. dr. Saša Novak Krmpotič
8. H2020 - EUROfusion; Izobraževanje-ED-FU
European Commission
prof. dr. Saša Novak Krmpotič
9. 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
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

PROGRAMI

1. Nanostrukturni materiali
prof. dr. Sašo Šturm
2. Keramični in komplementarni materiali za napredne inženirske in biomedicinske aplikacije
doc. 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
doc. dr. Andraž Kocjan
8. Razgradnja plastike s poliektremotolerantnimi glivami
dr. Matejka Podlogar
9. Modulacija polifenolnega profila v sadju s trajnostnimi fizikalnimi poobiralnimi postopki
dr. Anže Abram
10. Nizko cenovni nanostrukturirani senzorji na osnovi sito tiskanih elektrod za analizo kemijo s katalitsko povišano občutljivostjo
prof. dr. Kristina Žužek Rožman
11. Nanostrukturne raziskave difuzijsko kontroliranih procesov med topotaksialnimi faznimi transformacijami v mineralih tipa rutil-korund
prof. dr. Aleksander Rečnik
12. Izboljšanje zanesljivosti monolitne dentalne keramike iz cirkonijevga 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
dr. Kristina Žagar Soderžnik
15. Oblikovanje funkcionalnosti feroelektrikov brez svinca in inženiringom domenskih sten
doc. dr. Matej Andrej Komelj
16. UV senzorni nanodelci vgrajeni v PA vlakna
prof. dr. Spomenka Kobe
17. Učinkovita reciklaža brusnega blata pri proizvodnji Sm₂Co₁₇ magnetov za gospodarstvo brez odpadkov
prof. dr. Kristina Žužek Rožman
18. Razvoj večkomponentnih trajnih magnetov kompleksnih oblik z uporabo napredne tehnologije 3D tiskanja
prof. dr. Spomenka Kobe
19. Razgradnja tekstilne mikroplastike iz odpadnih vod v gospodinjstvu
dr. Matejka Podlogar
20. Novi pretočni fotoelektrokatalitski reaktorji za razgradnjo farmacevtikov v odpadnih vodah
prof. dr. Miran Čeh
21. SRIP ToP: Tovarne Prihodnosti
dr. Kristina Žagar Soderžnik

22. RECEMENT: Ponovna proizvodnja (surovin) in izrabljenih izdelkov za ponovno uporabo v cementu / betonu
prof. dr. Sašo Šturm
23. MaXycle: Novo krožno gospodarstvo za trajnostne magnete na osnovi redkih zemelj
prof. dr. Spomenka Kobe
24. Manjše storitve za tujino
dr. Zoran Samardžija
25. Zunanje servisne usluge
doc. dr. Andraž Kocjan

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Izvedba meritev VSM, XRD, TEM in CoNiP
RLS Merilna Tehnika, d. o. o.
prof. dr. Sašo Šturm
2. L2-2614 Sofinanciranje projekta: Novi pretočni fotoelektrokatalitski reaktorji za razgradnjo farmacevtikov v odpadnih vodah
ARHEL, projektiranje in inženiring, d. o. o.
prof. dr. Miran Čeh
3. Karakterizacija površin in strukture obdelanih keramičnih materialov
Univerza v Ljubljani
prof. dr. Slavko Bernik

OBISKI

1. Laia Alfonso, Marina Salord Fiol in Maria Fernandez, University of Barcelona, Barcelona, Španija, 16. 9. 2019–16. 1. 2020
2. dr. Vincent Fournie, Institut Jean Lamour, Nancy, Francija, 21.–26. 1. 2020
3. dr. Gerlinde Habler, Ge Bian, Olga Ageeva, Taisia Alifirova, Victoria Kohn, Rainer Abart, Thomas Griffiths, University of Vienna, Dunaj, Avstrija, 22.–31. 1. 2020
4. dr. Miguel Bernal in dr. Jon Ustarroz, Université Libre de Bruxelles, Bruselj, Belgija, 2.–9. 2. 2020
5. dr. Goran Branković, Univerza v Beogradu, Beograd, Srbija, 11.–14. 2. 2020
6. dr. Thomas Schrefl, Danube University Krems, Krems an der Donau, Avstrija, 13.–14. 2. 2020
7. prof. dr. Stoja Rešković, Zavod za mehaničko metalurgijo, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, Hrvaška, 24. 2. 2020
8. Büşra Günhan, Kütahta Dumlupınar University, Kütahta, Turčija, 14. 1.–16. 3. 2020
9. Vesna Ribič, Univerza v Beogradu, Beograd, Srbija, 1. 2.–31. 12. 2020
10. dr. Sophie Legeai, Institut Jean Lamour, University of Lorraine, Francija, 5.–7. 3. 2020
11. Milan Vukšić, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška, 1. 3.–6. 4. 2020
12. doc. dr. Aleš Omerzu, Univerza v Rijeki, Reka, Hrvaška, 7. 7. 2020
13. Milan Vukšić, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška, 28. 6.–26. 7. 2020
14. Lana Staver, Zdravstvena fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija, 5.–7. 8. 2020
15. Andrea Delgado López, Gran Via de les Corts Catalanes, Barcelona, Španija, 1. 10.–31. 12. 2020
16. dr. Richard Wheeler, Edinburgh Scientific, Edinburgh, Škotska, 3. 9. 2020
17. Tomaž Bojko in dr. Cy Su, Keko-Varicon družba za proizvodnjo in razvoj elektronskih komponent, d. o. o., Žužemberk, Slovenija, 23. 9. 2020
18. Tina Zajc Benda, RIS Manager, EIT RawMaterials Innovation Hub CLC East Sp. z o. o., Wrocław, Poljska, 14. 10. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Nina Kostevšek, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Nanoparticle-based magnetic resonance imaging contrast agents, 12. 2. 2020
2. dr. Petra Jenuš, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Ferrite-based magnets: taking a glance beyond the state of the art; 1. 6. 2020
3. dr. Luka Suhadolnik, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Anodic oxidation: a synthesis process with vast potential for materials processing and applications, 5. 11. 2020
4. prof. dr. Slavko Bernik, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: Challenges in development of ZnO-based ceramics as thermoelectric material, 19. 11. 2020
5. dr. Špela Trafela, Odsek za nanostrukturne materiale, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana: The development of electrochemical biosensor for SARS-CoV-2 virus detection, 17. 12. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Miran Čeh, Kristina Žagar Soderžnik, udeležba na projektne sestanku ESTEEM3: General Assembly Meeting ESTEEM3, Toulouse, Francija, 27.–29. 1. 2020
2. Miran Čeh, udeležba na zaključnem sestanku projekta Study of the beginning of plastic flow of metals during cold deformation, Metalurška fakulteta, Sisak, Hrvaška, 12. 2. 2020
3. Jean-Marie Dubois, Spomenka Kobe, poslovni sestanek na Univerzi na Dunaju, Dunaj, Avstrija, 23. 2. – 1. 3. 2020
4. Hermina Hudelja, Andraž Kocjan, 2.–3. 4. 2020, predavanje na Winter Workshop 2020 in vabljeno predavanje na The 44th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites; ICACC, Daytona Beach, Florida, ZDA, 24.–28. 1. 2020
5. Aljaž Ivekovič, Andraž Kocjan, sestanek v IKTS Fraunhofer, Dresden, Nemčija, 24.–26. 2. 2020

6. Aljaž Ivekovič, delovni sestanek v Nanotesla institutu – razvojni center nanotehnologij na področju magnetnih materialov in kompozitov, Obrtna cona Logatec, 15. 9. 2020
7. Aljaž Ivekovič, Saša Novak Krmpotič, letni sestanek projekta EUROfusion WPMAT, 26.–27. 10. 2020 (virtualno)
8. Petra Jenuš, Saša Novak Krmpotič, udeležba na sestanku SFA, Reaktorski center IJS, Podgorica, 6. 2. 2020
9. Fevzi Kafexhiu, poslovni sestanek v podjetju Magneti Ljubljana, d. d., Stegne, 25. 11. 2020
10. Fevzi Kafexhiu, Monika Kušter, letni sestanek LIA PACS2: International Associated Laboratory; Push-Pull Alloys and Complex Compounds: from bulk properties to surface functions, Nancy, Francija, 5. 11. 2020 (virtualno)
11. Fevzi Kafexhiu, Webinar W3: Pyrometallurgy, 19. 11. 2020 (virtualno)
12. Fevzi Kafexhiu, REIA webinar on scaling rare earth for a sustainable world, 17. 12. 2020 (virtualno)
13. Spomenka Kobe, Sašo Šturm, Tomaž Tomše, projektne sestaneke s partnerji iz ABB Switzerland Ltd., Baden-Dättwil, Švica, 13.–15. 1. 2020
14. Spomenka Kobe, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, delovni obisk v podjetju Kolektor Group, d. o. o., Idrija, 7. 1. 2020
15. Spomenka Kobe, ocenjevanje projektov H2020, Bruselj, Belgija, 21.–25. 1. 2020
16. Spomenka Kobe, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, delovni sestanek na Geološkem zavodu Slovenije, Ljubljana, 28. 1. 2020
17. Spomenka Kobe, sestanek v okviru projekta H2020 SUSMAGPRO: Sustainable Recovery, Reprocessing and Reuse of Rare-Earth Magnets in a Circular Economy, 15. 2. 2020 (virtualno)
18. Spomenka Kobe, sestanek v okviru projekta H2020 SUSMAGPRO: Sustainable Recovery, Reprocessing and Reuse of Rare-Earth Magnets in a Circular Economy, 4. 6. 2020 (virtualno)
19. Spomenka Kobe, sestanek v okviru projekta MaXycle: A novel circular economy for sustainable RE-based magnets (ERA-MIN2), 26. 10. 2020 (virtualno)
20. Spomenka Kobe, sestanek v okviru projekta H2020 SUSMAGPRO: Sustainable Recovery, Reprocessing and Reuse of Rare-Earth Magnets in a Circular Economy in Webinar, 2. 11. 2020 (virtualno)
21. Spomenka Kobe, sestanek v okviru projekta H2020 SUSMAGPRO: Sustainable Recovery, Reprocessing and Reuse of Rare-Earth Magnets in a Circular Economy (PMC), 3. 12. 2020 (virtualno)
22. Matej Kocen, The 29th International conference Nuclear Energy for New Europe; NENE 2020, Portorož, 7.–10. 9. 2020
23. Matej Kocen, The 31st Symposium on Fusion Technology; SOFT2020 (plakat), 20.–25. 9. 2020 (virtualno)
24. Andraž Kocjan, delovni sestanek Young Ceramists Network: ECeRS, Birmingham, Velika Britanija, 5.–9. 2. 2020
25. Andraž Kocjan, delovni sestanek Young Ceramists Network: ECeRS, Porto, Portugalska, 5.–6. 3. 2020
26. Matic Korent, delovni obisk v podjetju Kolektor Group, d. o. o., PE. Logatec, 4. 3. 2020
27. Nina Kostevšek, The 2nd International conference on nanomaterials applied to life sciences; NALS 2020, Madrid, Španija, 28. 1.–2. 2. 2020
28. Nina Kostevšek, COST Action Training School: NMR Relaxometry and MRI Contrast Agents, 22.–24. 4. 2020 (virtualno)
29. Nina Kostevšek, The 13th International Technology Transfer Conference (predavanje), 8.–9. 10. 2020 (virtualno)
30. Nina Kostevšek, Sorour Semsari Parapari, Kristina Žagar Soderžnik, SCS Annual Meeting 2020, Portorož, 16.–18. 9. 2020
31. Nina Kostevšek, EARTO Working Group Meeting, Emerging Technologies for Healthcare (predavanje), 3. 9. 2020 (virtualno)
32. Kaja Križman, Ipeknaz Özden, The 1st YCN webinar: How to get published in scientific journals, European Ceramic Society (ECeRS), 19. 11. 2020 (virtualno)
33. Kaja Križman, Conference: Paving the Future of Regenerative Medicine with Advanced Cell Therapies, FFA, Tehnološki park Ljubljana, 16. 12. 2020 (virtualno)
34. Monika Kušter, Benjamin Podmiljšak, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, delovni sestanek s podjetjem RLS Merilna tehnika, d. o. o., Komenda, 17. 1. 2020
35. Monika Kušter, delovni sestanek na Fakulteti za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec, 9. 6. 2020
36. Monika Kušter, delovni sestanek v Nanotesla institutu – razvojni center nanotehnologij na področju magnetnih materialov in kompozitov, Obrtna cona Logatec, 22. 7. 2020
37. Monika Kušter, Workshop on Personal skills for team work, 2. 12. 2020 (virtualno)

38. Monika Kušter, Fevzi Kafexhiu, ECMEAC Days, European Integrated Center for the Development of Metallic Alloys & Compounds, 7.–10. 12. 2020 (virtualno)
39. Živa Marinko, 12. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in 14. Dan mladih raziskovalcev KMBO, 15. 5. 2020 (virtualno)
40. Živa Marinko, 2020 EFCATS Summer School, Portorož, 15.–19. 9. 2020
41. Živa Marinko, Miran Čeh, Luka Suhadolnik, delovni sestanek s podjetjem Arhel, d. o. o., Žeje pri Komendi, 24. 9. 2020
42. Ipeknaz Özden, Young Ceramists Additive Manufacturing Forum (yCAM) 2020, (poster), 28.–30. 10. 2020 (virtualno)
43. Ipeknaz Özden, Nanoe Webinar- Benchmark of ceramic AM technologies, 6. 5. 2020 (virtualno)
44. Ipeknaz Özden, 3Dnatives Webinar-The Benefits of Ceramics for AM Applications, 9. 6. 2020 (virtualno)
45. Benjamin Podmiljšak, gospodarsko srečanje slovenskih in slovaških podjetij, Bratislava, Slovaška, 21.–22. 7. 2020
46. Benjamin Podmiljšak, vabljen predavanje na 7. Simpoziju o e-mobilnosti, Ljubljana, 20.–22. 10. 2020 (virtualno)
47. Aleksander Rečnik, sestanek na projektu Garnet host – mineral inclusion systems from macroscopic to atomic scale: Opening the petrogenetic archive (GInA), 2. 12. 2020 (virtualno)
48. Luka Suhadolnik, delovni sestanek s podjetjem Roboteh, d. o. o., Šentjur, 13. 11. 2020
49. Sorour Semsari Parapari, Sašo Šturm, The 26th Annual Meeting of the Slovenian Chemical Society, Portorož, 16.–18. 9. 2020 (virtualno)
50. Sašo Šturm, predavanje na The 12th Asia-Pacific Microscopy Conference; APMC-2020, Hyderabad, Indija, 2.–8. 2. 2020
51. Sašo Šturm, delovni obisk v podjetju Kolektor Group, d. o. o., PE Logatec, 8. 1. 2020
52. Sašo Šturm, delovni sestanek v ITEM, d. o. o., Ljubljana, 6. 1. 2020
53. Sašo Šturm, Sorout Semsari Parapari, udeležba na projektnem sestanku RECEMENT: Re-generating (raw) materials and end-of-life products for re-use in Cement/Concrete, Istanbul, Turčija, 14. 12. 2020
54. Tomaž Tomše, delovni sestanek s partnerji iz ABB Switzerland Ltd., Baden-Dättwil, Švica, 16.–22. 2. 2020
55. Špela Trafela, sprejem pri županu občine Podlehnik za osvojen izjemen dosežek Ženske v znanosti, Podlehnik, 11. 9. 2020
56. Anubhav Vishwakarma, VDSP-ESI Winter School 2020 on Machine Learning in Physics, Dunaj, Avstrija, 9.–15. 2. 2020
57. Kristina Žagar Soderžnik, projektni sestanek v podjetju Bosch Rexroth, d. o. o., Črnuče, 2. 10. 2020
58. Kristina Žagar Soderžnik, 4th International Conference nanoFIS 2020 – Functional Integrated nano Systems! Gradec, Avstrija, 2.–4. 11. 2020 (virtualno)
59. Kristina Žužek Rožman, predavanje na konferenci CMD2020GEFES, 31. 8.–4. 9. 2020 (virtualno)
60. Kristina Žužek Rožman, predavanje na 13. Mednarodni konferenci o prenosu tehnologij, Ljubljana, 8. 10. 2020 (virtualno)
61. Kristina Žužek Rožman, Spomenka Kobe, udeležba na poslovnem sestanku ESEIA, 17.–18. 11. 2020 (virtualno)
18. Complutense University of Madrid, Madrid, Španija
19. CSIC, Institute for Ceramic and Glass, Institute of Material Science, and the Rocasolano Physical Chemistry Institute, Madrid, Španija
20. Department of Engineering Sciences and Mathematics, Luleå University of Technology, Luleå, Švedska
21. Department of Materials and Environmental Chemistry, Univerza v Stockholmu, Stockholm, Švedska
22. Domel, d. o. o., Železniki
23. DTU Mekanik: Institut for Mekanisk Teknologi, Lyngby, Danska
24. Energetika Ljubljana, d. o. o., Ljubljana
25. Ernst Ruska-Centre for Microscopy and Spectroscopy, Jülich, Nemčija
26. ETI Elektroelement, d. d., Izlake
27. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Nemčija
28. General Numerics Research Lab e.V., Berlin, Nemčija
29. Gorenje, gospodinjski aparati, d. d., Velenje
30. Hungarian Academy of Sciences, Institute for Technical Physics and Materials Science, Centre for Energy Research, Budimpešta, Madžarska
31. Institut für Anorganische Chemie, Universität Bonn, Bonn, Nemčija
32. Institute of Chemical Technologies and Analytics, Vienna University of Technology, Dunaj, Avstrija
33. Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM), Madrid, Španija
34. Institut for Energiteknikk (IFE), Physics Department, Kjeller, Norveška
35. Institut für Festkörper und Werkstofforschung – IFW, Dresden, Nemčija
36. Institut Jean Lamour, Ecole des Mines de Nancy, Nancy, Francija
37. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
38. Inštitut za kovinske materiale in tehnologije – IMT, Ljubljana
39. Institut za multidisciplinarne studije, Beograd, Srbija
40. IOM-CNR Laboratorio TASC, Trst, Italija
41. IRNAS, Inštitut za razvoj naprednih aplikativnih sistemov, Rače, Slovenija
42. International Center for Theoretical Physics – ICTP, Trst, Italija Iskra Zaščite, d. o. o., Ljubljana
43. Jeol Ltd., Tokio, Japonska
44. Jeol USA, Inc., Boston, MA, ZDA
45. Katedra za stomatološko protetiko, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani
46. Keko Varicon in Keko-Oprema, Žužemberk
47. Kemijski inštitut, Ljubljana
48. Kolektor, d. o. o., Idrija
49. Kolektor Magma, d. o. o., Ljubljana
50. Kolektor Nanotesla Institut, d. o. o., Ljubljana
51. Laboratoire CRISMAT/ENSICAEN, Caen, Francija
52. Lithoz, Dunaj, Avstrija
53. LTH Castings, d. o. o., Škofja Loka
54. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana
55. Magneti, d. d., Ljubljana, Ljubljana
56. Max Baermann GmbH, Bergisch Gladbach, Nemčija
57. Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart, Nemčija
58. Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf, Nemčija
59. Mustafa Kemal University, Arts & Science Faculty, Physics Department, Hatay, Turčija
60. National Institute for Materials Physics – NIMP, Bukarešta, Romunija
61. National Institute of Standards and Technology – NIST, Surface and Microanalysis Science Division, Gaithersburg, Maryland, ZDA
62. National Institute for Materials Science NIMS, Research Center for Magnetic and Spintronic Materials, Tsukuba, Japan
63. Nuclear Research And Consultancy Group – NRG, Petten, Nizozemska
64. Petroceramics S.p.A., Bergamo, Italija
65. Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana
66. Razvojni center eNeM Novi materiali, d. o. o., Zagorje ob Savi
67. Rudnik svinca in cinka Mežica v zapiranju, d. o. o., Mežica
68. Rudnik živega srebra Idrija v zapiranju, d. o. o., Idrija
69. Sabanci Üniversitesi, Istanbul, Turčija
70. Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Šanghaj, Kitajska
71. Slovaška akademija znanosti, Košice, Slovaška
72. Soboljev inštitut za geologijo in mineralogijo, Sibirskaja veja ruske akademije znanosti, Novosibirsk, Rusija
73. SWATYCOMET, d. o. o., Maribor
74. Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, Izrael
75. Technische Universiteit Delft, Technische Natuurwetenschappen, Kavli Institute of Nanoscience, Delft, Nizozemska
76. Technische Universität Dresden, Institute of Structure Physics, Triebenberg Laboratory, Dresden, Nemčija
77. Technische Universität Graz, Zentrum für Elektronenmikroskopie, Gradec, Avstrija
78. TISICS Ltd, Farnborough, Velika Britanija
79. Turistični rudnik in muzej Podzemlje Pece, d. o. o., Mežica
80. Universidad de Cadiz, Facultad de Ciencias, Puerto Real, Cadiz, Španija
81. Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, Španija
82. Universität Wien, Department of Lithospheric Research, Dunaj, Avstrija
83. Université de Montpellier, Géosciences Montpellier, Montpellier, Francija
84. Université Paris Sud, Laboratoire de Physique des solides, Orsay, Francija
85. Universiteit Antwerpen, Antwerpen, Belgija
86. University of Birmingham, School of Metallurgy and Materials, Birmingham, Velika Britanija

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Luka Suhadolnik, podoktorsko izobraževanje na INSTM, Univerza v Trstu, INSTM; The National Interuniversity Consortium of Materials Science and Technology, Univerza v Trstu, Trst, Italija, 30. 11. 2020–15. 11. 2021

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Aarhus University, Department of Chemistry and iNano, Aarhus, Danska
2. ABB Switzerland, Baden-Dättwil, Švica
3. AdParticles, Madrid, Španija
4. Akron, d. o. o., Medvode
5. Akademija znanosti Češke republike, Institut za teoretično in uporabno mehaniko, Oddelek za biomehaniko, Praga, Češka republika
6. Anadolu University, Department of Materials Science and Engineering, Eskişehir, Turčija
7. Animacel biotehnologija, d. o. o., Ljubljana
8. Arhel, d. o. o., Ljubljana
9. Aqua Viva, d. o. o., Radomlje
10. BIA Separations, d. o. o., Ljubljana
11. Center for Electrochemical Technologies – CIDETEC, New Materials Department, Donostia-San Sebastian, Španija
12. Central Glass and Ceramic Research Institute, Kolkata, Indija
13. Centre d'Elaboration de Matériaux et d'Etudes Structurales, CEMES-CNRS, Toulouse, Francija
14. Cinkarna, Metalurško kemična industrija Celje, d. d., Celje
15. CNR, Institute for the Chemistry of OrganoMetallic Compounds (ICCOM) and the Institute of Materials for Electronics and Magnetism (IMEM), Parma, Italija
16. College of William and Mary, Williamsburg, ZDA
17. Colorado School of Mines, Metallurgical and Materials Engineering Department, Golden, Kolorado, ZDA
18. Complutense University of Madrid, Madrid, Španija
19. CSIC, Institute for Ceramic and Glass, Institute of Material Science, and the Rocasolano Physical Chemistry Institute, Madrid, Španija
20. Department of Engineering Sciences and Mathematics, Luleå University of Technology, Luleå, Švedska
21. Department of Materials and Environmental Chemistry, Univerza v Stockholmu, Stockholm, Švedska
22. Domel, d. o. o., Železniki
23. DTU Mekanik: Institut for Mekanisk Teknologi, Lyngby, Danska
24. Energetika Ljubljana, d. o. o., Ljubljana
25. Ernst Ruska-Centre for Microscopy and Spectroscopy, Jülich, Nemčija
26. ETI Elektroelement, d. d., Izlake
27. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Nemčija
28. General Numerics Research Lab e.V., Berlin, Nemčija
29. Gorenje, gospodinjski aparati, d. d., Velenje
30. Hungarian Academy of Sciences, Institute for Technical Physics and Materials Science, Centre for Energy Research, Budimpešta, Madžarska
31. Institut für Anorganische Chemie, Universität Bonn, Bonn, Nemčija
32. Institute of Chemical Technologies and Analytics, Vienna University of Technology, Dunaj, Avstrija
33. Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM), Madrid, Španija
34. Institut for Energiteknikk (IFE), Physics Department, Kjeller, Norveška
35. Institut für Festkörper und Werkstofforschung – IFW, Dresden, Nemčija
36. Institut Jean Lamour, Ecole des Mines de Nancy, Nancy, Francija
37. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
38. Inštitut za kovinske materiale in tehnologije – IMT, Ljubljana
39. Institut za multidisciplinarne studije, Beograd, Srbija
40. IOM-CNR Laboratorio TASC, Trst, Italija
41. IRNAS, Inštitut za razvoj naprednih aplikativnih sistemov, Rače, Slovenija
42. International Center for Theoretical Physics – ICTP, Trst, Italija Iskra Zaščite, d. o. o., Ljubljana
43. Jeol Ltd., Tokio, Japonska
44. Jeol USA, Inc., Boston, MA, ZDA
45. Katedra za stomatološko protetiko, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani
46. Keko Varicon in Keko-Oprema, Žužemberk
47. Kemijski inštitut, Ljubljana
48. Kolektor, d. o. o., Idrija
49. Kolektor Magma, d. o. o., Ljubljana
50. Kolektor Nanotesla Institut, d. o. o., Ljubljana
51. Laboratoire CRISMAT/ENSICAEN, Caen, Francija
52. Lithoz, Dunaj, Avstrija
53. LTH Castings, d. o. o., Škofja Loka
54. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana
55. Magneti, d. d., Ljubljana, Ljubljana
56. Max Baermann GmbH, Bergisch Gladbach, Nemčija
57. Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart, Nemčija
58. Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf, Nemčija
59. Mustafa Kemal University, Arts & Science Faculty, Physics Department, Hatay, Turčija
60. National Institute for Materials Physics – NIMP, Bukarešta, Romunija
61. National Institute of Standards and Technology – NIST, Surface and Microanalysis Science Division, Gaithersburg, Maryland, ZDA
62. National Institute for Materials Science NIMS, Research Center for Magnetic and Spintronic Materials, Tsukuba, Japan
63. Nuclear Research And Consultancy Group – NRG, Petten, Nizozemska
64. Petroceramics S.p.A., Bergamo, Italija
65. Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana
66. Razvojni center eNeM Novi materiali, d. o. o., Zagorje ob Savi
67. Rudnik svinca in cinka Mežica v zapiranju, d. o. o., Mežica
68. Rudnik živega srebra Idrija v zapiranju, d. o. o., Idrija
69. Sabanci Üniversitesi, Istanbul, Turčija
70. Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Šanghaj, Kitajska
71. Slovaška akademija znanosti, Košice, Slovaška
72. Soboljev inštitut za geologijo in mineralogijo, Sibirskaja veja ruske akademije znanosti, Novosibirsk, Rusija
73. SWATYCOMET, d. o. o., Maribor
74. Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, Izrael
75. Technische Universiteit Delft, Technische Natuurwetenschappen, Kavli Institute of Nanoscience, Delft, Nizozemska
76. Technische Universität Dresden, Institute of Structure Physics, Triebenberg Laboratory, Dresden, Nemčija
77. Technische Universität Graz, Zentrum für Elektronenmikroskopie, Gradec, Avstrija
78. TISICS Ltd, Farnborough, Velika Britanija
79. Turistični rudnik in muzej Podzemlje Pece, d. o. o., Mežica
80. Universidad de Cadiz, Facultad de Ciencias, Puerto Real, Cadiz, Španija
81. Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, Španija
82. Universität Wien, Department of Lithospheric Research, Dunaj, Avstrija
83. Université de Montpellier, Géosciences Montpellier, Montpellier, Francija
84. Université Paris Sud, Laboratoire de Physique des solides, Orsay, Francija
85. Universiteit Antwerpen, Antwerpen, Belgija
86. University of Birmingham, School of Metallurgy and Materials, Birmingham, Velika Britanija

87. University of Cambridge, Department of Materials Science and Metallurgy, Cambridge, Velika Britanija
88. University of East Anglia, School of Pharmacy, Norwich, Velika Britanija
89. University of Oxford, Department of Materials, Oxford, Velika Britanija
90. University of Pannonia, Veszprem, Madžarska
91. University of Science and Technology – AGH-UST, Interfaculty Laboratory for Electron Microscopy, Krakow, Poljska
92. University of Sheffield, Department of Electronic and Electrical Engineering & Kroto Centre for High Resolution Imaging and Analysis, Sheffield, Velika Britanija
93. University of Zagreb, Center for Research and Transfer of Knowledge in Biotechnology, Zagreb, Hrvaška
94. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana
95. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
96. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Katedra za farmacevtsko tehnologijo, Ljubljana
97. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana
98. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana
99. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Tribologija in površinska nanotehnologija – TINT, Ljubljana
100. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana
101. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Inštitut za biologijo celice, Ljubljana
102. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor
103. Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, Srbija
104. Ustna Medicina, d. o. o., Ljubljana
105. VARSI, d. o. o., Ljubljana
106. Vall-cer, d. o. o., Ljubljana
107. WattsUp Power AS, Hvidovre, Danska
108. Zavod za gradbeništvo, Ljubljana
12. prof. dr. Aleksander Rečnik, znanstveni svetnik
13. dr. Zoran Samardžija
14. **prof. dr. Sašo Šturm, vodja odseka**
15. *doc. dr. Janez Zavašnik, 1. 5. 2020 razporeditev v odsek F6*
16. dr. Kristina Žagar Soderžnik
17. prof. dr. Kristina Žužek Rožman

Podoktorski sodelavci

18. dr. Anže Abram
19. dr. Maja Antanasova*
20. dr. Nataša Drnovšek*
21. *dr. Vanja Jordan, odšla 23. 11. 2020*
22. dr. Fevzi Kafexhiu
23. dr. Nina Kostevšek
24. Sorour Semsari Parapari, Msc.
25. dr. Luka Suhadolnik
26. dr. Tomaž Tomše
27. dr. Špela Trafela

Mlajši raziskovalci

28. Giulia Della Pelle, Msc.
29. Hermina Hudelja, mag. kem.
30. Matej Kocen, mag. kem.
31. Matic Korent, mag. inž. kem. inž.
32. Anja Korent, mag. nan.
33. Abhilash Krishnamurthy, Msc., Nemčija
34. Monika Kušter, mag. inž. metal. in mater.
35. Živa Marinko, mag. mol. biol.
36. Ipeknaz Özden, Msc., Turčija
37. Patrick Seleš, Msc., Hrvaška
38. Sara Tominc, univ. dipl. inž. kem. tehnol.
39. Anubhav Vishwakarma, Msc., Indija
40. *dr. Xuan Xu, odšel 26. 1. 2020*

Strokovni sodelavci

41. Sabina Cintauer, dipl. ekon.
42. Sanja Fidler, univ. dipl. kom.
43. Kaja Križman, mag. ind. farm.
44. Tina Radošević, dipl. inž. geol. (UN)
45. dr. Boris Saje*

Tehniški in administrativni sodelavci

46. Darko Eterović
47. Tomislav Pustotnik

Opomba

* delna zaposlitev na IJS

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. doc. dr. Andraž Kocjan
8. doc. dr. Matej Andrej Komelj
9. prof. dr. Saša Novak Krmpotič, znanstveni svetnik
10. dr. Matejka Podlogar
11. dr. Benjamin Podmiljšak

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Marjan Bele *et al.* (12 avtorjev), "Increasing the oxygen-evolution reaction performance of nanotubular titanium oxynitride-supported Ir nanoparticles by a strong metal-support Interaction", *ACS catalysis*, 2020, **10**, 22, 13688-13700. [COBISS.SI-ID 36706819]
- Darja Lisjak, Patricija Hribar, Alenka Mertelj, Andraž Mavrič, Matjaž Valant, Janez Kovač, Hermina Hudelja, Andraž Kocjan, Darko Makovec, "Formation of Fe(III)-phosphonate coatings on barium hexaferrite nanoplatelets for porous nanomagnets", *ACS omega*, 2020, **5**, 23, 14086-14095. [COBISS.SI-ID 18142211]
- Tjaša Matjašič, Tanja Dreo, Zoran Samardžija, Oliver Bajt, Tjaša Kanduč, Tatjana Simčič, Nataša Mori, "Preliminarni poskusi kolonizacije različnih tipov plastike z mikroorganizmi iz aktivnega blata", *Acta biologica slovenica: ABS*, 2020, **63**, 1, 45-61. [COBISS.SI-ID 26885379]
- Ildikó Cora, Zsolt Fogarassy, Roberto Fornari, Matteo Bosi, Aleksander Rečnik, B. Pécz, "In situ TEM study of and $\kappa \rightarrow \beta$ and $\kappa \rightarrow \gamma$ phase transformations in Ga_2O_3 ", *Acta materialia*, 2020, **183**, 216-227. [COBISS.SI-ID 32887335]
- Vesna Ribič, Aleksander Rečnik, Matej Komelj, Anton Kokalj, Zorica Branković, Mario V. Zlatović, Goran Branković, "New inversion boundary structure in Sb-doped ZnO predicted by DFT calculations and confirmed by experimental HRTEM", *Acta materialia*, 2020, **199**, 633-648. [COBISS.SI-ID 26023939]
- Tine Malgaj, Andraž Kocjan, Peter Jevnikar, "The effect of firing protocols on the resin-bond strength to alumina-coated zirconia ceramics", *Advances in applied ceramics*, 2020, **119**, 516, 267-275. [COBISS.SI-ID 34446553]
- Klaus Sonnleitner, Christian Huber, Iulian Teliban, Spomenka Kobe, Boris Saje, Daniel Kagerbauer, Michael Reissner, Christian L. Lengauer, Martin Groenefeld, Dieter Suess, "3D printing of polymer-bonded anisotropic magnets in an external magnetic field and by a modified production process", *Applied physics letters*, 2020, **116**, 9, 092403. [COBISS.SI-ID 16733187]
- R. Taherzadeh Mousavian, Janez Zavašnik, A. Heidarzadeh, M. Bahramyan, R. K. Vijayaraghavan, E. McCarthy, O. M. Clarkin, P. McNally, D. Brabazon, "Development of BMG-B2 nanocomposite structure in HAZ during laser surface processing of ZrCuNiAlTi bulk metallic glasses", *Applied Surface Science*, 2020, **505**, 144535. [COBISS.SI-ID 32840231]
- Urška Trstenjak, Damjan Vengust, Zoran Samardžija, Aleksander Matavž, Vid Bobnar, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Stabilization of the perovskite phase in PMN-PT epitaxial thin films via increased interface roughness", *Applied Surface Science*, 2020, **513**, 145787. [COBISS.SI-ID 33262887]
- Vasyl Shvalya, Gregor Filipič, Damjan Vengust, Janez Zavašnik, Martina Modic, Ibrahim Abdulhalin, Uroš Cvelbar, "Reusable Au/Pd-coated chestnut-like copper oxide SERS substrates with ultra-fast self-recovery", *Applied Surface Science*, 2020, **517**, 146205. [COBISS.SI-ID 33289511]
- D. Dubaux, Emilie Chaudry, Marie-Cécile de Weerd, Sašo Šturm, Matejka Podlogar, Jaafar Ghanbaja, S. Migot, Vincent Fournée, M. Sicot, Julian Ledieu, "Metastable Al-Fe intermetallic stabilised by epitaxial relationship", *Applied Surface Science*, 2020, **533**, 147492. [COBISS.SI-ID 26021891]
- Sandra Oloketuyi, Elisa Mazzega, Janez Zavašnik, Kingkan Pungjunum, Kurt Kalcher, Ario De Marco, Eda Mehmeti, "Electrochemical immunosensor functionalized with nanobodies for the detection of the toxic microalgae *Alexandrium minutum* using glassy carbon electrode modified with gold nanoparticles", *Biosensors & bioelectronics*, 2020, **154**, 112052. [COBISS.SI-ID 33144103]
- Živa Marinko, Luka Suhadolnik, Zoran Samardžija, Janez Kovač, Miran Čeh, "The influence of a surface treatment of metallic titanium on the photocatalytic properties of TiO_2 nanotubes grown by anodic oxidation", *Catalysts*, 2020, **10**, 7, 803. [COBISS.SI-ID 24239107]
- Luka Suhadolnik, David Bajec, Dušan Žigon, Miran Čeh, Blaž Likozar, "Continuous photo-electro-catalytic synthesis of bio-based adipic acid with reaction kinetics modelling", *Chemical engineering & technology*, 2020, **43**, 2, 375-379. [COBISS.SI-ID 32877095]
- Aleš Šoster, Janez Zavašnik, Paul O'Sullivan, Uroš Herlec, Barbara Potočnik Krajnc, Ladislav A. Palinkaš, Nina Zupančič, Matej Dolenc, "Geochemistry of Bashibos-Bajrambos metasedimentary unit, Serbo-Macedonian massif, North Macedonia: implications for age, provenance and tectonic setting", *Chemie der Erde*, 2020, **80**, 4, 125664. [COBISS.SI-ID 18539779]
- Sorour Semsari Parapari, Jean-Marcel Ateba Mba, Elena Tchernychova, Gregor Mali, Iztok Arčon, Gregor Kapun, Mehmet Ali Gülgün, Robert Dominko, "Effects of a mixed O/F ligand in the Tavorite-type LiVPO_4O structure", *Chemistry of materials*, 2020, **32**, 1, 262-272. [COBISS.SI-ID 5566971]
- Ljiljana Spasojević, Sandra Bučko, Davor Kovačević, Klemen Bohinc, Jasmina Jukić, Anže Abram, Josip Požar, Jaroslav Katona, "Interactions of zein and rosin nanoparticles with natural polyanion gum arabic", *Colloids and surfaces. B, Biointerfaces*, 2020, **196**, 111289. [COBISS.SI-ID 24977411]
- Martina Oferice, Xuan Xu, Kristina Žužek Rožman, Sašo Šturm, Koen Binnemans, "Image analysis data for the study of the reactivity of the phases in Nd-Fe-B magnets etched with HCl-saturated Cyphos IL 101: data in brief article template", *Data in brief*, 2020, **32**, 106203. [COBISS.SI-ID 28468995]
- Špela Trafela, Janez Zavašnik, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, "Controllable voltammetric formation of a structurally disordered $\text{NiOOH}/\text{Ni}(\text{OH})_2$ redox pair on Ni-nanowire electrodes for enhanced electrocatalytic formaldehyde oxidation", *Electrochimica Acta*, 2020, **362**, 137180. [COBISS.SI-ID 31863811]
- Mojca Bavcon Kralj, Anja Fortuna, Anže Abram, Polonca Trebše, "Dish handwashing: an overlooked source of contamination", *Environmental chemistry letters*, 2020, **18**, 1, 181-185. [COBISS.SI-ID 5664107]
- Xuan Xu, Sašo Šturm, Zoran Samardžija, Janez Ščančar, Katarina Marković, Kristina Žužek Rožman, "A facile method for the simultaneous recovery of rare-earth elements and transition metals from Nd-Fe-B magnets", *Green chemistry*, 2020, **22**, 5, 1105-1112. [COBISS.SI-ID 33069351]
- Sašo Gyergyek, Andraž Kocjan, Miha Grilc, Blaž Likozar, Brigita Hočevar, Darko Makovec, "Hierarchical Ru-bearing alumina/magnetic iron-oxide composite for the magnetically heated hydrogenation of furfural", *Green chemistry*, 2020, **22**, 18, 5978-5983. [COBISS.SI-ID 25023491]
- Raymond V. Rivera Virtudazo, Bhuvanesh Srinivasan, Quansheng Guo, Rudder Wu, Toshiaki Takei, Yuta Shimasaki, Wada Hiroaki, Kazuyuki Kuroda, Slavko Bernik, Takao Mori, "Improvement in the thermoelectric properties of porous networked Al-doped ZnO nanostructured materials synthesized via an alternative interfacial reaction and low-pressure SPS processing", *Inorganic chemistry frontiers*, 2020, **7**, 21, 4118-4132. [COBISS.SI-ID 29766659]
- Pascal Boulet *et al.* (11 avtorjev), "Crystalline and electronic structures of the $\text{Al}_{1+x}\text{V}_2\text{Sn}_{2-x}$ ($x = 0.19$) intermetallic compound", *Inorganic chemistry*, 2020, **59**, 1, 360-366. [COBISS.SI-ID 33000743]
- Klemen Bohinc, Jerca Bajuk, Lucija Jukić, Anže Abram, Martina Oder, Karmen Godič Torkar, Peter Raspor, Davor Kovačević, "Bacterial adhesion capacity of protein-terminating polyelectrolyte multilayers", *International journal of adhesion and adhesives*, 2020, **103**, 102687. [COBISS.SI-ID 25856771]
- Anamarija Zore, Katja Bezek, Mojca Jevšnik, Anže Abram, Valentina Runko, Irena Sliškovič, Peter Raspor, Davor Kovačević, Klemen Bohinc, "Bacterial adhesion rate on food grade ceramics and Teflon as kitchen worktop surfaces", *International journal of food microbiology*, 2020, **332**, 108764. [COBISS.SI-ID 20404739]
- Blaž Leskovar, Zoran Samardžija, Maja Koblar, Iztok Naglič, Boštjan Markoli, "Development of an Al-Mn-Si-based alloy with an improved quasicrystalline-forming ability", *JOM: The journal of minerals, metals and materials society*, 2020, **72**, 4, 1533-1539. [COBISS.SI-ID 1819231]
- Tomaž Tomšič, Zoran Samardžija, Lavinia Scherf, Reto Kessler, Spomenka Kobe, Kristina Žužek Rožman, Sašo Šturm, "A spark-plasma-sintering approach to the manufacture of anisotropic Nd-Fe-B permanent magnets", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2020, **502**, 166504. [COBISS.SI-ID 33111335]
- Matic Korent, Matej Komelj, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, Spomenka Kobe, Kristina Žagar, Marko Soderžnik, "Magnetic properties and microstructure evolution of hot-deformed Nd-Fe-B magnets produced by low-pressure spark-plasma sintering", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2020, **515**, 167279. [COBISS.SI-ID 24431363]

30. Vasyil Shvalya *et al.* (11 avtorjev), "Sn₂P₂S₆ ferroelectrics customization by post-growth solid-state diffusion doping", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, **8**, 29, 9975-9985. [COBISS.SI-ID 21037571]
31. Carlo Burkhardt, Antje Lehmann, Benjamin Podmiljšak, Spomenka Kobe, "A systematic classification and labelling approach to support a circular economy ecosystem for NdFeB-type magnet", *Journal of materials science and engineering. B.*, 2020, **10**, 7/8, 125-133. [COBISS.SI-ID 30449923]
32. Luka Suhadolnik, Živa Marinko, Maja Ponikvar-Svet, Gašper Tavčar, Janez Kovač, Miran Čeh, "Influence of anodization-electrolyte aging on the photocatalytic activity of TiO₂ nanotube arrays", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2020, **124**, 7, 4073-4080. [COBISS.SI-ID 33110055]
33. Stanislav Vrtnik *et al.* (12 avtorjev), "Anisotropic quantum critical point in the Ce₃Al system with a large magnetic anisotropy", *Journal of physics communications*, 2020, **4**, 10, 105016. [COBISS.SI-ID 37124099]
34. Awais Ikram, Muhammad Farhan Mehmood, Richard Stuart Sheridan, Muhammad Awais, Allan Walton, Anas Eldosouky, Sašo Šturm, Spomenka Kobe, Kristina Žužek Rožman, "Particle size dependent sinterability and magnetic properties of recycled HDDR Nd-Fe-B powders consolidated with spark plasma sintering", *Journal of Rare Earths*, 2020, **38**, 1, 90-99. [COBISS.SI-ID 32562983]
35. Anja Korent, Kristina Žagar, Sašo Šturm, Kristina Žužek Rožman, "A correlative study of polyaniline electropolymerization and its electrochromic behavior", *Journal of the Electrochemical Society*, 2020, **167**, 10, 106504. [COBISS.SI-ID 17994755]
36. Armin Hrnjič, Francisco Ruiz-Zepeda, Miran Gaberšček, Marjan Bele, Luka Suhadolnik, Nejc Hodnik, Primož Jovanovič, "Modified floating electrode apparatus for advanced characterization of oxygen reduction reaction electrocatalysts", *Journal of the Electrochemical Society*, 2020, **167**, 16, 166501. [COBISS.SI-ID 39249411]
37. Sara Tominc, Aleksander Rečnik, Slavko Bernik, Matjaž Mazaj, Nina Daneu, "Charge compensation and electrical characteristics of Ta₂O₅-doped SnO₂ - CoO ceramics", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 2, 355-361. [COBISS.SI-ID 32686887]
38. Sirous Khabbaz Abkenar, Andraž Kocjan, Zoran Samardžija, Mattia Fanetti, Arzu Coşgun Ergene, Sašo Šturm, Meltem Sezen, Cleve Ouyang, "Effect of sintering and boron content on rare earth dopant distribution in long afterglow strontium aluminate", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 12, 4129-4139. [COBISS.SI-ID 24960771]
39. Andraž Kocjan, Anže Abram, Aleš Dakskobler, "Impact strengthening of 3Y-TZP dental ceramic root posts", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 14, 4765-4773. [COBISS.SI-ID 13556739]
40. Sara Tominc, Aleksander Rečnik, Slavko Bernik, Matjaž Mazaj, Matjaž Spreitzer, Nina Daneu, "Microstructure development in (Co,Ta)-doped SnO₂-based ceramics with promising varistor and dielectric properties", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 15, 5518-5522. [COBISS.SI-ID 13414147]
41. Jelena Vukašinić *et al.* (15 avtorjev), "The structural, electrical and optical properties of spark plasma sintered BaSn_{1-x}SbxO₃ ceramic", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 15, 5566-5575. [COBISS.SI-ID 25280771]
42. Jelena Macan, Maja Doutour Sikirić, Marco Deluca, Raúl Bermejo, Carmen Baudin, Milivoj Plodinec, Krešimir Salamon, Miran Čeh, Andreja Gajović, "Mechanical properties of zirconia ceramics biomimetically coated with calcium deficient hydroxyapatite", *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 2020, **111**, 104006. [COBISS.SI-ID 26158851]
43. Krunoslav Juraić *et al.* (11 avtorjev), "Modelling of simultaneously obtained small and wide angle synchrotron-radiation scattering depth profiles of ordered titania nanotube thin films", *Materials chemistry and physics*, 2020, **140**, 122155. [COBISS.SI-ID 18991875]
44. Marko Soderžnik, Bojan Ambrožič, Kristina Žagar, Matic Korent, "Limits of grain boundary engineering in nanocrystalline Nd-Fe-B melt-spun ribbons", *Materials letters*, 2020, **264**, 127338. [COBISS.SI-ID 33044263]
45. Awais Ikram, Muhammad Awais, Richard Stuart Sheridan, Allan Walton, Spomenka Kobe, Franci Pušavec, Kristina Žužek Rožman, "Limitations in the grain boundary processing of the recycled HDDR Nd-Fe-B system", *Materials*, 2020, **13**, 16, 3528. [COBISS.SI-ID 25316867]
46. Damjan Blažeka, Julio Car, Nikola Klobučar, Andrea Jurov, Janez Zavašnik, Andrea Jagodar, Eva Kovačević, Nikša Krstulović, "Photodegradation of methylene blue and rhodamine b using laser-synthesized ZnO nanoparticles", *Materials*, 2020, **13**, 19, 4357. [COBISS.SI-ID 30764547]
47. Fevzi Kafexhiu, Bojan Podgornik, Darja Feizpour, "Tribological behavior of As-cast and aged AlCoCrFeNi_{2.1} CCA", *Metals*, 2020, **10**, 2, 208. [COBISS.SI-ID 1547434]
48. Awais Ikram, Muhammad Awais, Richard Stuart Sheridan, Allan Walton, Spomenka Kobe, Franci Pušavec, Kristina Žužek Rožman, "Spark plasma sintering as an effective texturing tool for reprocessing recycled HDDR Nd-Fe-B magnets with lossless coercivity", *Metals*, 2020, **10**, 3, 418. [COBISS.SI-ID 33278247]
49. Ana Kračun, Fevzi Kafexhiu, Franc Tehovnik, Bojan Podgornik, "Effective casting technique of nano-particles alloyed austenitic stainless steel", *Metals*, 2020, **10**, 10, 1287. [COBISS.SI-ID 32476163]
50. Fevzi Kafexhiu, Jaka Burja, "Evaluation of Stationary Creep Rate in Heat-Affected Zone of Martensitic 9-12 % Cr Steels", *Metals*, 2020, **10**, 12, 1612. [COBISS.SI-ID 40709123]
51. Neelakandan Marath Santosh, Aswathy Vasudevan, Andrea Jurov, Anja Korent, Petr Slobodian, Janez Zavašnik, Uroš Cvelbar, "Improving sensing properties of entangled carbon nanotube-based gas sensors by atmospheric plasma surface treatment", *Microelectronic engineering*, 2020, **232**, 111403. [COBISS.SI-ID 24268547]
52. Martina Kocijan, Lidija Čurković, Tina Radošević, Matejka Podlogar, "Photocatalytic degradation of organic pollutant using TiO₂/rGO nanocomposites under simulated sunlight", *Nanomaterials science & engineering*, 2020, **2**, 4, 162-169. [COBISS.SI-ID 43523843]
53. Nina Kostevšek, Calvin C.L. Cheung, Igor Serša, Mateja Erdani-Kreft, Ilaria Monaco, Mauro Comes Franchini, Janja Vidmar, Wafa Al-Jamal, "Magneto-liposomes as MRI contrast agents: a systematic study of different liposomal formulations", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 5, 889. [COBISS.SI-ID 14045955]
54. Neelakandan Marath Santhosh, Aswathy Vasudevan, Andrea Jurov, Gregor Filipič, Janez Zavašnik, Uroš Cvelbar, "Oriented carbon nanostructures from plasma reformed resorcinol-formaldehyde polymer gels for gas sensor applications", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 9, 1704. [COBISS.SI-ID 26601219]
55. Andreja Benčan, Goran Dražič, Hana Uršič Nemevšek, Maja Makarovič, Matej Komelj, Tadej Rojac, "Domain-wall pinning and defect ordering in BiFeO₃ probed on the atomic and nanoscale", *Nature communications*, 2020, **11**, 1762. [COBISS.SI-ID 33296423]
56. Sabina Markelj, Thomas Schwarz-Selinger, Matic Pečovnik, W. Chromiński, Andreja Šestan, Janez Zavašnik, "Deuterium transport and retention in the bulk of tungsten containing helium: the effect of helium concentration and microstructure", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 10, 106029. [COBISS.SI-ID 29341187]
57. Tilen Knaflič *et al.* (15 avtorjev), "Spin-dimer ground state driven by consecutive charge and orbital ordering transitions in the anionic mixed-valence compound Rb₄O₆", *Physical review. B*, 2020, **101**, 2, 024419. [COBISS.SI-ID 33096231]
58. Mimoza Naseska, Petra Šutar, Damjan Vengust, S. Tsuchiya, Miran Čeh, Dragan Mihailović, Tomaž Mertelj, "Orbitally driven insulator-metal transition in CuIr₂S₄: temperature-dependent transient reflectivity study", *Physical review. B*, 2020, **101**, 16, 165134. [COBISS.SI-ID 27075075]
59. N. Bundaleska *et al.* (17 avtorjev), "Prospects for microwave plasma synthesized N-graphene in secondary electron emission mitigation applications", *Scientific reports*, 2020, **10**, 13013. [COBISS.SI-ID 24673539]
60. Akhil Chandran Mukkattu Kuniyil, Janez Zavašnik, Željka Cvejić, Sohail Sarang, Mitar Simić, Vladimir V. Srdić, Goran M. Stojanović, "Performances and biosensing mechanisms of interdigitated capacitive sensors based on the hetero-mixture of SnO₂ and In₂O₃", *Sensors*, 2020, **20**, 21, 6323. [COBISS.SI-ID 36005379]
61. Božo Skela, Bojan Podgornik, Marko Sedlaček, Fevzi Kafexhiu, "Influence of microstructure and mechanical properties of hot work tool steel on wear resistance subjected to high-stress wear conditions", *Tribology letters*, 2020, **68**, 58. [COBISS.SI-ID 1582250]
62. Branko Pivac, Pavo Dubček, Jasna Dasović, H. Zorc, Sigrid Bernstorff, Janez Zavašnik, M. H. Wu, B. Vlahović, "Formation of isolated Ge nanoparticles in thin continuous Ge/SiO₂ multilayers", *Vacuum*, 2020, **179**, 109508. [COBISS.SI-ID 17626371]
63. Bojan Podgornik, Fevzi Kafexhiu, A. Nevasad, E. Badisch, "Influence of surface roughness and phosphate coating on galling resistance of medium-grade carbon steel", *Wear*, 2020, **446-447**, 203180. [COBISS.SI-ID 1547690]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Vasyl Shvalya, Gregor Filipič, Janez Zavašnik, Ibrahim Abdulhalim, Uroš Cvelbar, "Surface-enhanced Raman spectroscopy for chemical and

biological sensing using nanoplasmonics: the relevance of interparticle spacing and surface morphology", *Applied physics reviews*, 2020, 7, 3, 031307. [COBISS.SI-ID 28969731]

- Nina Kostevšek, "A review on the optimal design of magnetic nanoparticle-Based T₂ MRI contrast agents", *Magnetochemistry*, 2020, 6, 1, 11. [COBISS.SI-ID 33264423]
- Adrian Ionut Nicoara, Alexandra Elena Stoica, Mirijam Vrabec, Nastja Rogan Šmuc, Sašo Šturm, Cleva Ow-Yang, Mehmet Ali Gülgün, Zeynep Basaran Bundur, Ion Ciuca, Stefan Vasile, "End-of-life materials used as supplementary cementitious materials in the concrete industry", *Materials*, 2020, 8, 13, 1954. [COBISS.SI-ID 33314855]

STROKOVNI ČLANEK

- Benjamin Podmiljšak, Kristina Žužek Rožman, Spomenka Kobe, Sašo Šturm, "Recycling end-of-life permanent magnets - urban mining", *Mineral resources in Slovenia ...*, 2020, 7. [COBISS.SI-ID 49540355]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

- Kristina Žužek Rožman, Xuan Xu, Spomenka Kobe, Tomaž Tomše, Benjamin Podmiljšak, Sašo Šturm, "Rare earth-based permanent magnets: a proposed way to the circular economy", V: *13. ITTC, 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2020, 29-32. [COBISS.SI-ID 34425347]
- Anja Korent, Kristina Žagar, Kristina Žužek Rožman, "In-situ spectroelectrochemical study of conductive polyaniline forms for sensor applications", V: *nanoFIS 2020, 4th International Conference Functional Integrated nanoSystems*, Proceedings, (Proceedings 56 1), MDPI, 2020, 32. [COBISS.SI-ID 44702723]
- Patrik Tarfila, Boštjan Končar, Matej Tekavčič, Saša Novak, Petra Jenuš, Matej Kocen, "Preliminary simulation of actively cooled divertor monoblock made of W-based composite", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 508. [COBISS.SI-ID 46905347]
- Tina Radošević, Anja Černoša, Manca Kovač Viršek, Martina Kocijan, Damjan Vengust, Cene Gostinčar, Aleš Mihelič, Nina Gunde-Cimerman, Sašo Šturm, Matejka Podlogar, "Razgradnja tekstilnih mikroplastičnih vlaken s fotokatalizo in glivami", V: *Vodni dnevi 2020, 17.-18. september 2020, Rimske Toplice, Kongresni center Rimske terme*, zbornik referatov, Slovensko društvo za zaščito voda, 2020, 203-213. [COBISS.SI-ID 50533123]

DRUGO UČNO GRADIVO

- Andraž Kocjan, *Dispersion and stability of ceramic powders in liquids*, Univerza v Ljubljani, Medicinska Fakulteta, 2020. [COBISS.SI-ID 24336899]
- Andraž Kocjan, *Fazni diagrami in uvod v dentalne zlitine*, Univerza v Ljubljani, Medicinska Fakulteta, 2020. [COBISS.SI-ID 24339203]
- Andraž Kocjan, *Korozija*, Univerza v Ljubljani, Medicinska Fakulteta, 2020. [COBISS.SI-ID 24339715]
- Aljaž Ivekovič, *Mehanske lastnosti keramike*, Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehnična fakulteta, 2020. [COBISS.SI-ID 48660227]
- Andraž Kocjan, *Obdelava keramičnih prahov: študijsko gradivo za predmet Keramika*, Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehnična fakulteta, 2020. [COBISS.SI-ID 37998083]
- Andraž Kocjan, *Sintranje keramike*, Mednarodna Podiplomska Šola Jožefa Stefana, 2020. [COBISS.SI-ID 40443395]
- Andraž Kocjan, *Uvod v dentalne keramične materiale in procesiranje*, Univerza v Ljubljani, Medicinska Fakulteta, 2020. [COBISS.SI-ID 24340227]
- Andraž Kocjan, *Uvod v v znanost o materialih. 1. del*, Univerza v Ljubljani, Medicinska Fakulteta, 2020. [COBISS.SI-ID 24337667]
- Andraž Kocjan, *Uvod v v znanost o materialih. 2. del*, Univerza v Ljubljani, Medicinska Fakulteta, 2020. [COBISS.SI-ID 24338435]

PATENTNA PRIJAVA

- Simon Reinhard, Jačim Jačimovič, Lorenz Herrmann, Tomaž Tomše, *Permanent magnet with inter-grain heavy-rare-earth element, and method of producing same*, US2020143963 (A1), US Patent Office, 7. 05. 2020. [COBISS.SI-ID 21752579]

PATENT

- Paul J. McGuinness, Marko Soderžnik, Kristina Žagar, Andraž Kocjan, Spomenka Kobe, *Method of manufacturing fully dense Nd-Fe-B magnets with enhanced coercivity and gradient microstructure*, EP2869311 (B1), European Patent Office, 24. 06. 2020. [COBISS.SI-ID 27437351]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

- Bojan Ambrožič, *In situ sinteza in rast nanodelcev v tekočinski celici presevnega elektronskega mikroskopa*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Sašo Šturm). [COBISS.SI-ID 33240323]
- Sorour Semsari Parapari, *Fluorination of vanadium oxy-phosphates for high-energy cathode materials of li-ion batteries*: doktorska disertacija, Sabanci, 2020 (mentor Mehmet Ali Gulgun; sommentor Robert Dominko). [COBISS.SI-ID 33284391]
- Špela Trafela, *Razvoj nanostrukturiranih receptorskih elementov za detekcijo formaldehida v alkalnih medijih na osnovi redoks sistema Ni(OH)₂ NiOOH-N*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Kristina Žužek Rožman). [COBISS.SI-ID 33267751]

Glavna dejavnost Odseka za sintezo materialov je sinteza različnih naprednih, predvsem oksidnih magnetnih, polprevodnih in optičnih materialov. V ospredju so nanostrukturirani materiali, kot so magnetne tekočine, funkcionalizirani nanodelci za uporabo v biomedicini, večnamenski nanokompoziti, magnetni nanosi ter fluorescentni materiali.

Velik del raziskav na Odseku za sintezo materialov je posvečen sintezi nanodelcev. Sintezo majhnih nanodelcev anorganskih materialov s kompleksno sestavo in kristalno strukturo lahko izrabimo za odkrivanje novih spojin. Glede na Ostwaldovo stopenjsko pravilo se namreč pogosto nukleirajo različni metastabilni polimorfi, preden nastane termodinamsko stabilna faza. Taki polimorfi lahko ostanejo stabilni, dokler so prisotni v obliki majhnih nanodelcev in ima metastabilna faza nižjo površinsko energijo od stabilne faze. Metastabilni polimorfi so v resnici nekateri med tehnološko najpomembnejšimi nanomateriali, kot so na primer fotokatalitski anatatsni nanodelci in magnetni maghemitni nanodelci. Čeprav pojav metastabilnih polimorfov ni omejen na preproste okside, pa o njih še niso poročali v primeru zmesnih oksidov s kompleksno kristalno strukturo. Naše sistematične raziskave nastanka dveh tipov zmesnih oksidov, magnetnih heksaferitov ($AFe_{12}O_{19}$, A = Ba, Sr, Ca) in feroelektričnih Aurivilliusovih bizmutovih titanatov ($Bi_4Ti_3O_{12}$) med njihovo hidrotermalno sintezo pa so potrdile velik potencial novih metastabilnih polimorfov pri odkrivanju novih nanomaterialov.

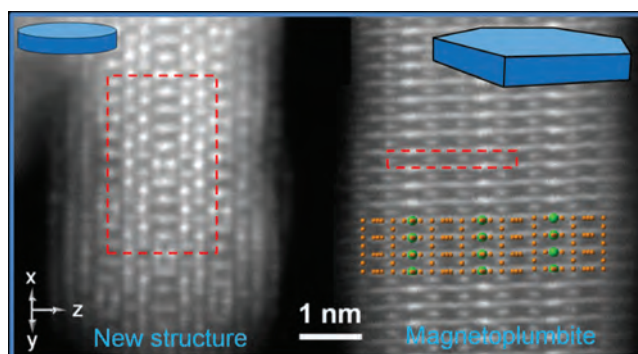
Hidrotermalna sinteza heksaferitnih nanoploščic je že dolgoletna tema naših raziskav. Zaradi velike enoosne magnetne anizotropije z lahko osjo magnetizacije prečno na ploščico izkazujejo nanoploščice barijevega heksaferita izjemne magnetne lastnosti. V preteklosti so že omogočile razvoj novih materialov, kot so feromagnetne tekočine, mehki magneto-elektriki in magneto-optični kompoziti. Za uporabo v medicini pa barijev heksaferit ni optimalen material, saj vsebuje potencialno strupen barij. Hidrotermalno metodo lahko uporabimo tudi za sintezo za medicino primernejših nanoploščic stroncijevega heksaferita, vendar pa se njihove lastnosti ne morejo kosati z lastnostmi barijevega analoga. Sistematična raziskava nastanka nanoploščic z uporabo konvencionalnih metod (TEM, XRD) ni pokazala znatnih razlik med obema analogoma. Različna mehanizma nastanka sta se pokazala šele, ko smo strukturo nanoploščic analizirali z vrstično-presevnim mikroskopom pri atomski ločljivosti (ARM). Barijev heksaferit nastane z reakcijami med barijevimi in železovimi hidrosidi pri temperaturah pod $80\text{ }^\circ\text{C}$ v obliki majhnih nanoploščic, širokih manj kot 20 nm. Njihovo strukturo lahko opišemo s segmentom SRS* njihove heksagonalne magnetoplumbitne snovne celice RSR^*S^* (S.G.: P63/mmc, $a = 5.88\text{ \AA}$, $c = 23.05\text{ \AA}$), pri čemer je R heksagonalni strukturni blok ($BaFe_6O_{11}$)²⁻ in S kubični blok (Fe_8O_8)²⁺. S pretirano rastjo nad temperaturo $150\text{ }^\circ\text{C}$ se začne debelina nanoploščic stopenjsko povečevati z dodajanjem segmentov RS k njihovi začetni strukturi. Tudi stroncijev heksaferit nastane v obliki zelo majhnih nanoploščic (2–5 nm debelih in več deset nm širokih), vendar je analiza z ARM pokazala, da imajo povsem drugačno strukturo kot nanoploščice barijevega heksaferita. Nanoploščice stroncijevega heksaferita izkazujejo nenavadno kompleksno kristalno strukturo z zelo veliko heksagonalno osnovno celico ($a = 56,6\text{ \AA}$, $c = 18,0\text{ \AA}$) (slika 1). S pretirano rastjo nad $160\text{ }^\circ\text{C}$ male nanoploščice prekristalizirajo in nastanejo večje nanoploščice z ravnotežno magnetoplumbitno strukturo. Nova struktura se transformira v magnetoplumbit, tudi če nanoploščice segrevamo pri temperaturah nad $500\text{ }^\circ\text{C}$. Nova struktura očitno predstavlja metastabilni polimorf, stabiliziran pri nanovelikosti. Razliko v razvoju strukture obeh heksaferitnih analogov smo povezali z njuno termodinamsko stabilnostjo. Stabilnost heksaferitov $AFe_{12}O_{19}$ se zmanjšuje z manjšanjem velikosti iona A: analog Ba je stabilnejši od analoga Sr, medtem ko analog Ca nastane le ob stabilizaciji z drugimi ioni, kot sta La^{3+} in Co^{2+} . Vpliv termodinamske stabilnosti heksaferitnih analogov na hidrotermalni nastanek nanoploščic smo sistematično raziskali za različne kombinacije ionov A in različnih substituentov.

Nov metastabilni polimorf smo našli tudi pri sistematični analizi nastanka bizmutovega titanata ($Bi_4Ti_3O_{12}$) med hidrotermalno sintezo. Bizmutov titanat izkazuje Aurivilliusovo strukturo, ki jo lahko ponazorimo z



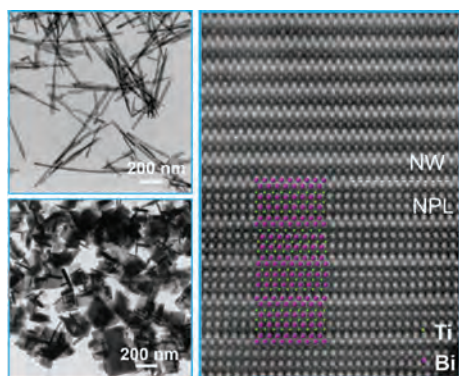
Vodja:

prof. dr. Darko Makovec

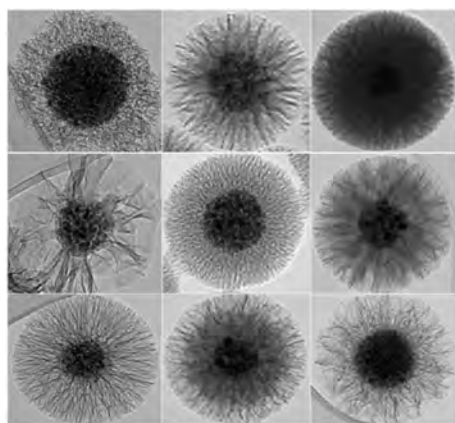


Slika 1: Posnetki HAADF STEM nanoploščic stroncijevega heksaferita. Leva slika: nanoploščica z novo strukturo, desna slika: nanoploščica po pretirani rasti z magnetoplumbitno strukturo.

Odkrili smo nove polimorfe zmesnih oksidov s kompleksno kristalno strukturo: stroncijev heksaferit in bizmutov titanat.



Slika 2: Posnetka nanožic TEM (levo zgoraj) in nanoploščic (levo spodaj) bizmutovega titanata. Slika na desni je posnetek HAADF STEM topotaktične transformacije iz nove strukture nanožice (NW) v Aurivilliusovo strukturo, ki je značilna za nanoploščice (NPL).



Slika 3: Posnetki superparamagnetnih nanoskupkov TEM, prevlečenih s plastjo silicijevega dioksida različnih morfologij.

Razvoj magnetnih nanostruktur; nanoskupkov in nanoverig, prekritih s porozno plastjo amorfne silicijevega oksida za ciljano dostavo zdravilnih učinkovin.

pogosto izkorišča kooordinativna vez. Zelo močne koordinativne vezi so znane med površinskimi kovinskimi ioni in nekaterimi organskimi zvrstmi (npr. karboksilati, sulfonati, fosfonati). Izmed teh tvorijo fosfonati najmočnejše vezi, še posebej s trivalentnimi kovinskimi ion, kot so npr. Fe^{3+} in lanthanoidi. V naši študiji smo primerjali štiri različne fosfonske kisline za prevleko površin nanoploščic barijevega heksaferita. Razlikujejo se po funkcionalnosti (mono-, di- in tetrafosfonska kislina) in polarnosti (od zelo polarne in popolnoma vodotopne do nepolarne in netopne v vodi). Amorfne prevleke, debeline nekaj nanometrov, nastanejo pri različnih sinteznih pogojih (koncentracija liganda, temperatura, pH, čas) iz vseh štirih fosfonskih kislin. Debelejše prevleke z visoko poroznostjo in specifično površino $600\text{--}700\text{ m}^2/\text{g}$ (primerljivo s kovinsko-organskimi mrežami) smo nanесли z uporabo mono- in difosfonskih kislin z omejeno topnostjo v vodi. V nasprotju s tem sta polarna in nepolarna monofosfonska kislina tvorili goste dvosloje na površinah nanoploščic. Nastanek poroznih prevlek smo razložili z delnim raztapljanjem jedrnih nanoploščic in obarjanjem porozne fosfonatne plasti na njihovi površini. Novi porozni hibridni materiali, sestavljeni iz magnetno anizotropnega jedra, prevlečenega s porozno fosfonatno prevleko z veliko aktivnimi mesti (npr. $-\text{OH}$, $\text{P} = \text{O}$, $\text{P} - \text{O}$, $= \text{NH}^+$), so bili učinkoviti pri odstranjevanju težkih kovin iz vode. Študijo smo izvedli v sodelovanju z Odsekom za kompleksno snov (dr. Alenka Mertelj), Odsekom za nanostrukturne materiale (dr. Andraž Kocjan), Odsekom za fizikalno in organsko kemijo (dr. Anton Kokalj), Odsekom za tehnologijo površin in optoelektroniko (dr. Janez Kovač) ter Univerzo v Novi Gorici (prof. Iztok Arčon, prof. Matjaž Valant).

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. Pokazali smo, da je treba za stabilizacijo feromagnetnih

izmenjavanjem plasti $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ s perovskitnimi plastmi $(\text{Bi}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10})^{2-}$ vzdolž pseudotetragonalne osi c. Zaradi svoje plastovite strukture rastejo nanodelci bizmutovega titanata preferenčno v smereh a-b, tako da nastanejo pravokotne nanoploščice z velikimi površinami, vzporednimi s kristalnimi ravninami (001). Bizmutov titanat pa so sintetizirali tudi v obliki drugačnih nanostruktur, vključno z 1-D nanokristali, kot so nanožice. Mi smo ugotovili, da nanožice vedno nastanejo v začetni stopnji hidrotermalne sinteze bizmutovega titanata. Glede na eksperimentalne pogoje (npr. koncentracijo NaOH) pa se med sintezo transformirajo v nanoploščice ali pa ostanejo v produktu. Analiza z ARM je pokazala, da nanožice ne izkazuje Aurivilliusove strukture bizmutovega titanata, ampak drugačno strukturo, ki še ni bila opisana. S segrevanjem nad $500\text{ }^\circ\text{C}$ se nova struktura nanožic topotaktično transformira v ravnotežno Aurivilliusovo strukturo (slika 2). Nanožice so torej nov polimorf bizmutovega titanata. Neposredno opazovanje domenske strukture s TEM je pokazalo, da so nanožice verjetno feroelektrične. Raziskave se nadaljujejo.

Za uporabo nanodelcev in za njihovo spajanje v kompozitne materiale je ključnega pomena obvladovanje njihovih površinskih lastnosti. Površinske lastnosti nanodelcev lahko spreminjamo z nanosom anorganskih prevlek in/ali z vezavo različnih funkcionalizacijskih molekul na njihovo površino.

V letu 2020 smo dokončali raziskavo nanašanja prevlek iz amorfne silicijevega dioksida z velikimi, radialno usmerjenimi porami (slika 3). Za nanos mezoporoznih plasti na različne magnetne jedrne nanodelce smo uporabili nov pristop, temelječ na uporabi mehkih templatov. Jedrni nanodelci so se med seboj razlikovali po velikosti (od 3 nm do mikrometra), obliki (sferična, podolgovata, ploščata) in magnetnih lastnostih (permanentno magnetni, superparamagnetni). Razvita metoda omogoča preprost nanos prevlek, pri katerih lahko načrtujemo obliko in velikost v območju med okoli 5 nm in 40 nm . Uporabili smo jo za sintezo različnih magnetnih nanostruktur. Prilagodljivost metode smo prikazali z nanosom različnih plasti na posamezne superparamagnetne nanodelce železovega oksida, njihove skupke (slika 3), nanoverige (verigam podobne aglomerate iz skupkov nanodelcev) in tudi na permanentno magnetne heksaferitne nanoploščice. Metodo lahko torej uporabimo v splošnem za nanos dobro definiranih mezoporoznih plasti na zelo različne jedrne nanodelce. Rezultate smo objavili v reviji *ACS Applied Materials & Interfaces* (IF = 8.758).

Razen z anorganskimi prevlekami pa lahko površinske lastnosti nanodelcev uravnavamo tudi z vezavo različnih funkcionalizacijskih molekul na njihovo površino. Plast molekul mora biti na površino nanodelcev vezana kovalentno, da se med uporabo ne desorbira ali izmenja z drugimi molekulami, prisotnimi v mediju. Kot alternativa kovalentni vezavi, ki ni možna med ionskimi anorganskimi površinami in organskimi molekulami, se za površinsko funkcionalizacijo

pogosto izkorišča kooordinativna vez. Zelo močne koordinativne vezi so znane med površinskimi kovinskimi ioni in nekaterimi organskimi zvrstmi (npr. karboksilati, sulfonati, fosfonati). Izmed teh tvorijo fosfonati najmočnejše vezi, še posebej s trivalentnimi kovinskimi ion, kot so npr. Fe^{3+} in lanthanoidi. V naši študiji smo primerjali štiri različne fosfonske kisline za prevleko površin nanoploščic barijevega heksaferita. Razlikujejo se po funkcionalnosti (mono-, di- in tetrafosfonska kislina) in polarnosti (od zelo

tekočin v alkoholih nanoploščice elektrostatsko stabilizirati z dinamično dvojno plastjo površinsko aktivnih molekul. Pogoj za njihovo stabilnost je možnost dinamične prerazporeditve površinskih molekul med površino nanoploščic in topilom. Posledično so nepolarni ferofluidi, ki so sterično stabilizirani, stabilni le pri omejenih koncentracijah nanoploščic, tj. pod kritično koncentracijo za feromagnetno sklopitev. Teoretično študijo teh vidikov suspenzij smo izpeljali v sodelovanju z Univerzo na Dunaju, Avstrija in Univerzo Ural Federal iz Ekaterinburga, Rusija.

Iz naših raziskav, povezanih z magnetnimi tekočinami in nanoploščicami barijevega heksaferita, so se razvile nove raziskovalne usmeritve. 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 ravnin. Ena od študij v okviru projekta Seal of Excellence Večnamenske Janusove nanoploščice (vodja dr. Jelena Papan) je povezana z razvojem magneto-fotonskih Janusovih nanoploščic s pripenjanjem zlatih nanodelcev na eno od površin heksaferitnih nanoploščic. Študija se osredotoča na možnost uporabe »Pickering« emulzij za sintezo teh kompleksnih nanomaterialov. Po optimizaciji emulgiranja in hibridizacije smo pripravili prve Janusove nanoploščice heksaferit – zlato. Letos sta se začela še dva projekta. Nacionalni projekt v sodelovanju s Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani je osredotočen na razvoj tehnologije hibridizacije za izdelavo Janusovih magneto-električnih nanoploščic na osnovi nanosa nanoploščic barijevega heksaferita na trdni podlagi. Enojna plast nanoploščic bo omogočila njihovo hibridizacijo s polarnimi ligandi samo na eni bazalni površini. V drugem projektu FET-OPEN MAGNELIQ sodelujemo z Univerzo v Mariboru, CNR Trst, Italija, Češko akademijo znanosti in podjetjem Prensilia, Pisa, Italija, pri razvoju magnetno-električne tekočine na osnovi magnetno-električnih Janusovih nanoploščic.

Nadaljevali smo raziskave skupkov superparamagnetnih nanodelcev železovega oksida, t. i. nanoskupkov. Nanoskupke razvijamo za uporabe, ki temeljijo na manipulaciji delcev z zunanjim magnetnim poljem. Izkoriščanje magnetne vodljivosti nanoskupkov omogoča širok nabor uporab, kot so magnetna dostava zdravil, magnetno izločanje težkih kovin iz vode in celo izločanje fosfopeptidov iz lizatov rakavih celic za njihovo nadaljnjo analizo. V okviru slednjega smo pokazali uporabo nanoskupkov v proteomiki. Magnetno izločene fosfopeptide smo analizirali z metodo NanoHPLC-MS/MS z visoko selektivnostjo do 90 %. V interdisciplinarni raziskavi smo sodelovali z raziskovalci z različnih institucij v Italiji in na Portugalskem (Univerza Sapienza v Rimu, Univerza v Trstu, Univerza v Salentu, Lecce, Univerza v Aveiru). Rezultati so bili objavljeni v reviji *Nano Research* (IF = 8,18).

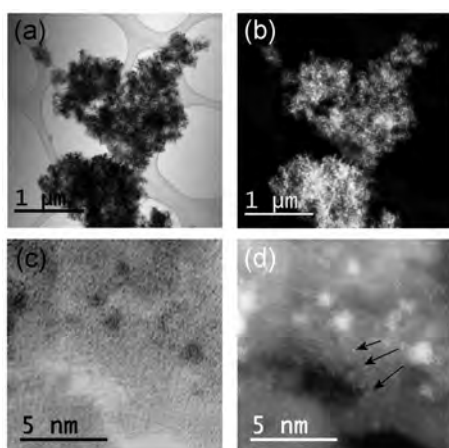
V sodelovanju z raziskovalci s Fakultete za farmacijo Univerze v Ljubljani (prof. Petra Kocbek) smo nadaljevali raziskave magnetnih sistemov za dostavo zdravil. Nanoskupke smo prevlekli s plastjo silicijevega dioksida z velikimi, radialno usmerjenimi porami (slika 3). Pore v silicijevem dioksidu omogočajo nalaganje aktivne farmacevtske molekule, medtem ko jedro magnetnih delcev zagotavlja magnetno vodenje dostavnega sistema do ciljanih tkiv. Raziskave se nadaljujejo.

Leta 2020 smo v sodelovanju z raziskovalci z Univerze v Rigi, Latvija (prof. Dmitrij Zablocki in prof. Mihail M. Maiorov) zaključili dve raziskavi o magneto-reologiji magnetnih tekočin. Proučevali smo magneto-reološke lastnosti in strukturne prehode v novih vodnih koloidnih suspenzijah magnetnih nanoskupkov, ki so bile razvite za biomedicinsko uporabo. Prvič smo sistematično proučevali območje srednjih jakosti magnetnih sklopitev, ki so med sklopitvami, značilnimi za magnetne tekočine in magneto-reološke suspenzije. S hibridnimi numeričnimi simulacijami hidrodinamičnih interakcij smo pridobili popolno strukturno informacijo, medtem ko je analiza brezdimenzionalnih parametrov pokazala splošno obnašanje in s tem potrdila uporabnost metodologije pri širokem naboru magnetnih suspenzij.

Nadaljevali smo raziskovanje uporabe gretja magnetnih nanoskupkov v izmeničnem magnetnem polju (AMF). Segrevanje skupkov magnetnih nanodelcev, prevlečenih z ogljikom ali aluminijevim oksidom, smo testirali pri sintezi katalizatorjev in v katalizi. Obe vrsti magnetnih nanoskupkov smo pripravili s termično obdelavo prekurzorjev. Prekurzorje smo sintetizirali: i.) s hidrotermalno karbonizacijo ogljikovih hidratov (za nanoskupke, prevlečene z ogljikom) ali ii.) s hidrolizo AlN v koloidni suspenziji superparamagnetnih nanodelcev železovega oksida (za nanoskupke, prevlečene z aluminijevim oksidom).

Kot dokaz koncepta smo segrevanje v AMF uporabili za redukcijo Ru³⁺ in Ni²⁺ pri sintezi bimetalnega nanokatalizatorja na osnovi nanodelcev Ru in Ni. Magnetne nanoskupke, prevlečene z aluminijevim oksidom, smo impregnirali z vodno raztopino ionov Ru³⁺ in Ni²⁺. Impregnirane posušene nanoskupke smo izpostavili AMF v statični atmosferi H₂. Lokalizirano sproščanje toplote je povzročilo homogeno nukleacijo nanodelcev Ru (velikosti približno 2 nm) in atomarnih skupkov Ni izključno na površini nanoskupkov (slika 4). V primerjavi s klasično redukcijo s segrevanjem se je čas za sintezo nanokatalizatorjev, torej čas, potreben za popolno redukcijo Ru in Ni, skrajšal s približno 5 ur na 10 minut. Tudi čas, potreben za segrevanje in ohlajanje, se je precej skrajšal, saj ostane temperatura reakcijskega medija precej nižja kot temperatura površine nanoskupkov. V sodelovanju z Odsekom za katalizo in reakcijsko inženirstvo s Kemijskega inštituta (dr. Blaž Likozar in dr. Miha Grilc) smo opravili preliminarna testiranja katalitske učinkovitosti nanoskupkov.

Uporaba segrevanja skupkov magnetnih nanodelcev v izmeničnem polju pri sintezi katalizatorjev in v katalizi.



Slika 4: Posnetki BF ((a) in (c)) in HAADF ((b) in (d)) STEM nanokatalizatorja RuNi/Al₂O₃. Skupki atomov Ni so označeni s puščicami.

V sodelovanju z isto raziskovalno skupino s Kemijskega inštituta smo proučevali tudi uporabo nanoskupkov v katalizi ob segrevanju z AMF. Nanoskupki, prevlečeni z ogljikom ali aluminijevim oksidom z veliko specifično površino, so imeli na površini nanesene katalitske nanodelce Ru, velike približno 2 nm. Nanoskupke, prevlečene z ogljikom, smo uporabili pri hidrogeniranju levulinjske kisline. Hidrogeniranje je potekalo že pri sorazmerno majhnih amplitudah AMF. V dveh urah je pretvorba levulinjske kisline dosegla skoraj 100 %, selektivnost za gamavalerolakton pa je znašala 90 %. Pri uporabi konvencionalnega ogrevanja kot vira energije za hidrogeniranje je bila reakcijska hitrost znatno nižja. To kaže, da se površina katalizatorja v AMF ogreje do zelo visoke temperature. Za boljše razumevanje procesa smo uporabili modeliranje mikrokinetike vpletenih reakcij. Ta je pokazala, da je začetna reakcijska hitrost pri uporabi magnetnega segrevanja znatno višja kot pri uporabi konvencionalnega segrevanja. Ocenjena površinska temperatura katalizatorja znaša med 200 °C in 250 °C, temperatura medija pa zgolj 120 °C. Predstavljena analiza nam dobro pojasni eksperimentalno ugotovljena dejstva in omogoča optimizacijo procesa. Po štirih ciklih recikliranja sta pretvorba in selektivnost ostala praktično nespremenjena, kar kaže na dobro stabilnost katalizatorja.

Frustrirani Lewisovi pari (FLP) so spojine, pri katerih Lewisova kislina in baza zaradi steričnih ovir ne moreta tvoriti klasičnega adukta. Znani so molekularni primeri in nekaj trdnih spojin. Spojine so zanimive, ker lahko energija frustracije aktivira majhne molekule, kot so H₂, CO in CO₂, kar je običajno možno le s plemenitimi kovinami ali v redkih primerih s kovinami prehoda. V sodelovanju z univerzo v Bernu (prof. Ulrich Aschauer), Odsekom za nanostrukturirane materiale (dr. Andraž Kocjan), Odsekom za anorgansko kemijo in tehnologijo (dr. Gašper Tavčar in dr. Tomaž Skapin) ter našimi sodelavci s Kemijskega inštituta raziskujemo vpliv površinske kislosti aluminijevega oksida/fluorida in strukture adsorbirane Lewisove baze na možnost tvorbe površinsko frustriranih Lewisovih parov in njihovo aktivnost pri hidrogeniranju. Teoretični izračuni jakosti električnega polja med adsorbiranim trifenilfosfinom in kationom Al³⁺ v fluoridu so pokazali, da je polje zaradi prenosa naboja med molekulo in površino razmeroma majhno (sistem izgubi nekaj svojega značaja FLP). Rezultati kažejo, da disociacija H₂ ni spontana, ampak zgolj olajšana. Razlog za prenos naboja je najverjetneje premajhen kot stožca liganda trifenilfosfina (<180 °), kar pomeni, da molekula ni dovolj sterično ovirana, da bi na površini aluminijevega fluorida ustvarila frustriran Lewisov par. Trenutno raziskujemo (eksperimentalno in teoretično) sterično bolj ovirane molekule, kot je tri-terc-butilfosfin.

Nadaljevali smo tudi raziskave fluorescentnih nanomaterialov. Fluorescentni nanodelci z energijsko pretvorbo navzgor (UCNP) se uporabljajo v različnih optičnih elementih, raziskujemo pa jih tudi kot možne biomarkerje za medicinsko diagnostiko. Po našem odkritju, da se UCNP na osnovi fluoridov (npr. z lantanoidi dopirani fluoridi, kot sta LnF₃ in NaYF₄) znatno raztapljajo v bioloških medijih, smo se osredotočili na preprečevanje/zmanjšanje njihovega raztapljanja. Proučevali smo učinkovitost nekaterih fosfonatnih prevlek pri zaščiti UCNP-jev pred raztapljanjem. Pokazali smo pomemben vpliv pogojev priprave gostih fosfonatnih prevlek. Vse izbrane fosfonatne prevleke lahko zmanjšajo raztapljanje UCNP-jev za več kot 50 %, če med postopkom nanašanja uporabljamo zmerno segrevanje. To je posledica učinkovitejše vezave fosfonatnih kislin s površinskimi ioni redkih zemelj prek hitrejšje reakcije kondenzacije. UCNP, prevlečeni z gostimi fosfonatnimi prevlekami, so pokazali tudi izboljšanje preživetja celic v primerjavi z neobdelanimi UCNP. Poleg tega smo študirali tudi učinkovitost zaščite UCNP s prevlekami, izdelanimi iz amfifilnega polimera, poli(maleinski anhidrid-alt-1-oktadecena) (PMAO), samega ali dodatno zamreženega z bis(heksametilen tri-aminom)(BHMT). Pokazali smo, da PMAO sam zagotavlja boljše zaščito UCNP-jev pred raztapljanjem kot katerakoli od preučevanih fosfonatnih prevlek in da naknadno zamreženje z BHMT ne prinese bistvenega izboljšanja. To pomeni, da je hidrofobna plast v PMAO predstavljala učinkovito pregrado, ki preprečuje difuzijo molekul vode in drugih topnih vrst na/s površino/e UCNP-jev v vodni medij. 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).

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 BaTiO₃). Dimenzijske spremembe pri fazni transformaciji v neprevodni fazi privedejo do prekinitev povezav v prevodni fazi in s tem do anomalije PTK.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Gyergyek, Sašo, Kocjan, Andraž, Grilc, Miha, Likožar, Blaž, Hočevar, Brigita, Makovec, Darko, Hierarchical Ru-bearing alumina/magnetic iron-oxide composite for the magnetically heated hydrogenation of furfural, *Green chemistry*, 2020, 22, 18, 5978–5983

- Goršak, Tanja, Drab, Mitja, Križaj, Dejan, Jeran, Marko, Lyubomirova Genova, Julia, Kralj, Slavko, Lisjak, Darja, Kralj-Iglič, Veronika, Iglič, Aleš, Makovec, Darko, Magneto-mechanical actuation of barium-hexaferrite nanoplatelets for the disruption of phospholipid membranes, *Journal of colloid and interface science*, 2020, 579, 508-519
- Tadić, Marin, Milošević, Irena, Kralj, Slavko, Hanžel, Darko, Barudžija, Tanja, Motte, Laurence, Makovec, Darko, Surface-induced reversal of a phase transformation for the synthesis of ϵ - Fe_2O_3 nanoparticles with high coercivity, *Acta materialia*, 2020, 188, 16-22

MEDNARODNI PROJEKTI

- COST CA18132; Funkcionalni gliko-nanomateriali za razvoj diagnostike in ciljne terapije COST Association AISBL
doc. dr. Slavko Kralj
- H2020 - BeMAGIC; Magneto-elektriki po 2020: Izobraževalni program o energetsko učinkovitih magneto-električnih nanomaterialih za sodobne tehnologije informatike in varovanja zdravja
European Commission
prof. dr. Darja Lisjak
- H2020 - MAGNELIQ; Magneto-električna tekočina - Boljše zaznavanje
European Commission
prof. dr. Darja Lisjak

PROGRAM

- Sodobni magnetni in večnamenski materiali
prof. dr. Darko Makovec

PROJEKTI

- Anizotropni magnetni nanodelci za magneto-mehansko zdravljenje raka
prof. dr. Darko Makovec
- Feromagnetne tekočine krmiljene z električnim poljem
prof. dr. Darja Lisjak
- Večnamenske Janusove nanoploščice
Jelena Papan, PhD.
- Tekoči magneti: temeljne raziskave feromagnetnega urejanja v tekočinah
prof. dr. Darja Lisjak
- Tehnologija površinsko selektivne hibridizacije za magneto-električne hibride
prof. dr. Darja Lisjak
- SRIP ToP: Tovarne Prihodnosti
prof. dr. Darko Makovec
- Pogodba o uporabi opreme
doc. dr. Sašo Gyergyek

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- Jelena Papan: odsečni seminar MultiJanus nanoplatelets, 26. 11. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Slavko Kralj, Sebastjan Nemeč, II. Symposium of Young Researchers on Pharmaceutical Technology, Biotechnology and Regulatory Science, Szeged, 23.-24. 1. 2020, Madžarska, (2)
- Slavko Kralj, 16èmes Journées Cancéropôle Grand Sud-Ouest, Montpellier (virtualno), 24.-27. 11. 2020, Francija, (1)
- Slavko Kralj, Sebastjan Nemeč, NALS 2020, 2nd International Conference on Nanomaterials Applied to Life Sciences, Madrid, 29.-31. 1. 2020, Španija, (1)
- Darja Lisjak, Sebastjan Nemeč, Jelena Papan, Slovenski kemijski dnevi 2020, Portorož, 16.-18. 9. 2020, (3)
- Sebastjan Nemeč, Nanotechnology and nanoApplication Workshop, Ljubljana (virtualno), 5.-6. 2. 2020, (1)
- Sebastjan Nemeč, 12. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in 14. dan mladih raziskovalcev (Konferenca KMBO), Ljubljana (virtualno), 15. 5. 2020, (1)
- Igor Zajc, Electroceramics XVII Conference, Darmstadt (virtualno), 24.-28. 8. 2020, Nemčija, (1)

SODELAVCI

Raziskovalci

- doc. dr. Sašo Gyergyek
- doc. dr. Slavko Kralj
- prof. dr. Darja Lisjak, znanstveni svetnik
- prof. dr. Darko Makovec, znanstveni svetnik v. d. vodje odseka**
- dr. Igor Zajc, strokovni sekretar odseka

Podoktorski sodelavci

- Jelena Papan, PhD., Srbija

Mlajši raziskovalci

- Sebastjan Nemeč, mag. farm.
- Žiga Ponikvar, mag. kem.

Tehniški in administrativni sodelavci

- Bernarda Anželak, univ. dipl. inž. kem. inž.
- Tamara Matevc, univ. dipl. lit. komp. in fil.

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

- Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung (BAM), Berlin, Nemčija
- Budapest University of Technology and Economics, Budimpešta, Madžarska
- CNRS-IPBS, Toulouse, Francija
- École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lozana, Švica
- Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, Švica
- Institut Catala de Nanociencia i Nanotecnologia, Barcelona, Španija
- Institute of Nuclear Sciences Vinča, Beograd, Srbija

- Institute of Physics ASCR, Praga, Češka
- Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC, Madrid, Španija
- IMDEA Nanoscience, Madrid, Španija
- InoVine, d. o. o.
- Kemijski inštitut, Ljubljana
- Lek, d. d., Mengeš
- Medical University of Graz, Gradec, Avstrija
- Murata Manufacturing Co. Oddelek za razvoj materialov, Kjoto, Japonska
- Missouri University of Science and Technology, Rolla, ZDA
- Nanos Scientifcaea, Ljubljana
- Optacore, d. o. o., Ljubljana
- STELM, d. o. o., Žužemberk
- Technische Universitaet Dresden, Nemčija
- Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, Španija
- Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, Španija
- University of Cyprus, Nicosia, Ciper
- University of Southern Denmark, Odense, Danska
- Univerza v Ljubljani, Biotehnična fakulteta, Ljubljana
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Ljubljana
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
- Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana
- Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Ljubljana
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor
- Universita di Trieste, Trst, Italija
- Univerza v Novi Gorici

35. University of Twente, Enschede, Nizozemska
36. University Paris, Nanomaterials group in the CSPBAT Laboratory, Pariz, Francija
37. University of Sydney, Key Centre for Polymers and Colloids, Sydney, Avstralija
38. Université de Strasbourg, Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg, Strasbourg, Francija
39. VTT Chemical Research Centre of Finland Espoo & Tampere, Tampere, Finska
40. CNR, Istituto Officina dei Materiali, Trst, Italija
41. University of Turku, Turku, Finska
42. University of Hull, Hull, Velika Britanija
43. Department of Chemistry and Biochemistry, University of Bern, Švica
44. Češka akademija znanosti, Češka republika
45. Prensilia, SRL, Italija
46. Tehnična univerza Chalmers, Švedska

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Slavko Kralj *et al.* (12 avtorjev), "Heterochirality and halogenation control Phe-Phe hierarchical assembly", *ACS nano*, 2020, **14**, 12, 16951-16961. [COBISS.SI-ID 44115459]
2. Darja Lisjak, Patricija Hribar, Alenka Mertelj, Andraž Mavrič, Matjaž Valant, Janez Kovač, Hermina Hudelja, Andraž Kocjan, Darko Makovec, "Formation of Fe(III)-phosphonate coatings on barium hexaferrite nanoplatelets for porous nanomagnets", *ACS omega*, 2020, **5**, 23, 14086-14095. [COBISS.SI-ID 18142211]
3. Marin Tadić, Irena Milošević, Slavko Kralj, Darko Hanžel, Tanja Barudžija, Laurence Motte, Darko Makovec, "Surface-induced reversal of a phase transformation for the synthesis of ϵ -Fe₂O₃ nanoparticles with high coercivity", *Acta materialia*, 2020, **188**, 16-22. [COBISS.SI-ID 33152807]
4. Sebastjan Nemeč, Slavko Kralj, Claire Wilhelm, Hasan Abou-Hassan, Marie-Pierre Rols, Jelena Kološnjaj Tabi, "Comparison of iron oxide nanoparticles in photothermia and magnetic hyperthermia: effects of clustering and silica encapsulation on nanoparticles' heating yield", *Applied sciences*, 2020, **10**, 20, 7322. [COBISS.SI-ID 33328899]
5. Damijan Miklavčič, Vitalij Novickij, Matej Kranjc, Tamara Polajžer, Saša Haberl Meglič, Tina Batista Napotnik, Rok Romih, Darja Lisjak, "Contactless electroporation induced by high intensity pulsed electromagnetic fields via distributed nanoelectrodes", *Bioelectrochemistry*, 2020, **132**, 107440. [COBISS.SI-ID 32990759]
6. Ana María Fernández García, Roy Lavendomme, Slavko Kralj, Marina Kurbasic, Ottavia Bellotto, Maria C. Cringoli, Sabrina Semeraro, Antonella Bandiera, Rita De Zorzi, Silvia Marchesan, "Self-assembly of an amino acid derivative into an antimicrobial hydrogel biomaterial", *Chemistry: A European Journal*, 2020, **26**, 8, 1880-1886. [COBISS.SI-ID 33008423]
7. Dmitry Zablotsky, Slavko Kralj, Mikhail M. Maiorov, "Features of magnetorheology of biocompatible chain-forming ferrofluids with multi-core magnetic nanoparticles: experiment and simulation", *Colloids and surfaces. A, Physicochemical and Engineering Aspects*, 2020, **603**, 125079. [COBISS.SI-ID 21015811]
8. Darko Makovec, Goran Dražić, Sašo Gyergyek, Darja Lisjak, "A new polymorph of strontium hexaferrite stabilized at the nanoscale", *CrystEngComm*, 2020, **22**, 42, 7113-7122. [COBISS.SI-ID 48586243]
9. Sašo Gyergyek, Andraž Kocjan, Miha Grilc, Blaž Likozar, Brigita Hočevar, Darko Makovec, "Hierarchical Ru-bearing alumina/magnetic iron-oxide composite for the magnetically heated hydrogenation of furfural", *Green chemistry*, 2020, **22**, 18, 5978-5983. [COBISS.SI-ID 25023491]
10. Matjaž Kristl, Nermin Sinanović, Sašo Gyergyek, Janja Kristl, "Sonochemical synthesis, characterization and photocatalytic activity of Bi₂Mo₃O₁₂", *Inorganic chemistry communications*, 2020, **112**, 107699. [COBISS.SI-ID 22858262]
11. Tanja Barudžija, Marija Perović, Marko Bošković, Nikola Cvjetičanin, Sašo Gyergyek, Miodrag Mitrić, "Magnetic memory effect in hollandite-type α -K_xMnO₂ monocrystalline nanorods", *Journal of alloys and compounds*, 2020, **820**, 153406. [COBISS.SI-ID 33288231]
12. Tanja Goršak, Mitja Drab, Dejan Križaj, Marko Jeran, Julia Lyubomirova Genova, Slavko Kralj, Darja Lisjak, Veronika Kralj-Iglič, Aleš Iglič, Darko Makovec, "Magneto-mechanical actuation of barium-hexaferrite nanoplatelets for the disruption of phospholipid membranes", *Journal of colloid and interface science*, 2020, **579**, 508-519. [COBISS.SI-ID 20924163]
13. Jovana Periša, Željka M. Antić, Chong-Geng Ma, Jelena Papan, Dragana Jovanović, Miroslav D. Dramićanin, "Pesticide-induced photoluminescence quenching of ultra-small Eu³⁺-activated phosphate and vanadate nanoparticles", *Journal of materials science & technology*, 2020, **38**, 197-204. [COBISS.SI-ID 33078055]
14. Margaret Rosenberg, Žiga Gregorin, Patricija Hribar, Nerea Sebastián Ugarteche, Darja Lisjak, Sofia S. Kantorovich, Alenka Mertelj, Pedro A. Sánchez, "The influence of polydispersity on the structural properties of the isotropic phase of magnetic nanoplatelets", *Journal of molecular liquids*, 2020, **312**, 113293. [COBISS.SI-ID 18148099]
15. Dmitry Zablotsky, Slavko Kralj, Guntars Kitenbergs, Mikhail M. Maiorov, "Relating magnetization, structure and rheology in ferrofluids with multi-core magnetic nanoparticles", *Journal of non-Newtonian fluid mechanics*, 2020, **278**, 104248. [COBISS.SI-ID 33153063]
16. Jelena Aleksić, Tanja Barudžija, Dragana Jugović, Miodrag Mitrić, Marko Bošković, Zvonko Jagličić, Darja Lisjak, Ljiljana Kostić, "Investigation of structural, microstructural and magnetic properties of Yb_xY_{1-x}F₃ solid solutions", *The Journal of physics and chemistry of solids*, 2020, **142**, 109449. [COBISS.SI-ID 33274151]
17. Svetlana P. Jovanović *et al.* (11 avtorjev), "Graphene quantum dots as singlet oxygen producer or radical quencher: the matter of functionalization with urea/thiourea", *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*, 2020, **109**, 110539. [COBISS.SI-ID 33077799]
18. Tiziano Carlomagno, Maria C. Cringoli, Slavko Kralj, Marina Kurbasic, Paolo Fornasiero, Paolo Pengo, Silvia Marchesan, "Biocatalysis of D,L-peptide nanofibrillar hydrogel", *Molecules*, 2020, **25**, 13, 2995. [COBISS.SI-ID 21118979]
19. Susy Piovesana, Daniel Iglesias, Manuel Melle-Franco, Slavko Kralj, Chiara Cavaliere, Michele Melchionna, Aldo Laganà, Anna L. Capriotti, Silvia Marchesan, "Carbon nanostructure morphology templates nanocomposites for phosphoproteomics", *Nano research*, 2020, **13**, 2, 380-388. [COBISS.SI-ID 33010983]
20. Sašo Gyergyek, Darja Lisjak, Miloš Beković, Miha Grilc, Blaž Likozar, Marijan Nečemer, Darko Makovec, "Magnetic heating of nanoparticles applied in the synthesis of a magnetically recyclable hydrogenation nanocatalyst", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 6, 1142. [COBISS.SI-ID 19176451]
21. Aleksandra R. Zarubica, Radomir Ljupković, Jelena Papan, Ivana Vukoje, Slavica Porobić, S. Phillip Ahrenkiel, Jovan Nedeljković, "Visible-light-responsive Al₂O₃ powder: photocatalytic study", *Optical Materials*, 2020, **106**, 110013. [COBISS.SI-ID 45353475]
22. Suzana Samaržija-Jovanović, Vojislav Jovanović, Branka Petković, Tijana Jovanović, Gordana Marković, Slavica Porobić, Jelena Papan, Milena Marinović Cincović, "Hydrolytic, thermal, and UV stability of urea-formaldehyde resin/thermally activated montmorillonite nanocomposites", *Polymer composites*, 2020, **41**, 9, 3575-3584. [COBISS.SI-ID 45330179]
23. Katja Vasić, Željko Knez, Elizaveta A. Konstantinova, Alexander Kokorin, Sašo Gyergyek, Maja Leitgeb, "Structural and magnetic characteristics of carboxymethyl dextran coated magnetic nanoparticles: from characterization to immobilization application", *Reactive & functional polymers*, 2020, **148**, 104481. [COBISS.SI-ID 22930198]
24. Afroditi Petropoulou, Slavko Kralj, Xenofon Karagiorgis, Ioanna Savva, Emiliós Loizides, Myrofora Panagi, Theodora Krasia-Christoforou, Christos Riziotis, "Multifunctional gas and pH fluorescent sensors based on cellulose acetate electrospun fibers decorated with rhodamine B-functionalised core-shell ferrous nanoparticles", *Scientific reports*, 2020, **10**, 367. [COBISS.SI-ID 33069607]
25. Ottavia Bellotto, Slavko Kralj, Rita De Zorzi, Silvano Geremia, Silvia Marchesan, "Supramolecular hydrogels from unprotected dipeptides: a comparative study on stereoisomers and structural isomers", *Soft matter*, 2020, **16**, 44, 10151-10157. [COBISS.SI-ID 28646915]

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 kontrolo 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

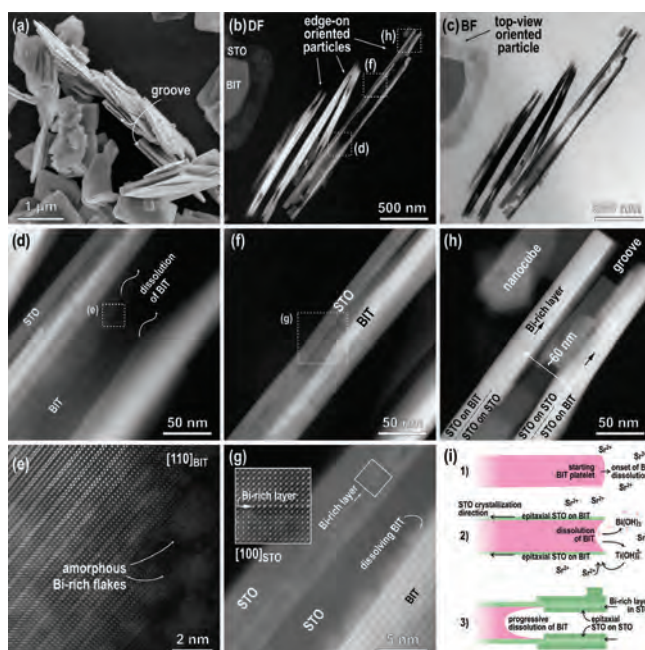
Pri načrtovanju perovskitnih fotokatalizatorjev v okviru projekta SunToChem M-era.Net smo se osredotočili na študij hidrotermalne epitaksialne rasti SrTiO_3 na nanoploščicah $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. Natančno razumevanje mehanizma nastanka $\text{SrTiO}_3/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ kompozitnih nanoploščic ima širši pomen za načrtovanje dvodimenzionalnih (2D/2D) nanoheterostruktur. Predvideva se, da tesen stik na večji medfazni površini med dvema polprevodniškima materialoma omogoča hitrejši prenos naboja in tudi večjo stabilnost 2D/2D nanoheterostruktur ter s tem boljše fotokatalitske lastnosti. Ker pri epitaksialni rasti pod hidrotermalnimi pogoji nastane tesna kemijska povezanost med obema polprevodnikoma, je to obetaven pristop za pripravo novih učinkovitih heterostrukturiranih fotokatalizatorjev. Pri načrtovanju tovrstnih heterostruktur je pomembno upoštevati tako značilnosti strukture elektronskih pasov kot ujemanje kristalnih struktur obeh polprevodnikov. Slednje je ključno za uspešno epitaksialno rast. V primeru $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ in SrTiO_3 smo potrdili dobro strukturno ujemanje v orientacijskem razmerju $[001]\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12} \parallel [100]\text{SrTiO}_3$; $\{110\}\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12} \parallel \{100\}\text{SrTiO}_3$, s podobnimi razdaljami med ravninami $\{110\}\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (0,3842 nm) in $\{100\}\text{SrTiO}_3$ (0,3905 nm). Eksperimentalni pogoji za epitaksialno rast so bili določeni na osnovi termodinamskih zakonitosti za nastanek SrTiO_3 . Z analizo začetnih $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, $\text{SrTiO}_3/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ in končnih SrTiO_3 ploščic s pomočjo naprednih metod preseвне elektronske mikroskopije smo natančno določili mehanizem epitaksialne rasti do atomskega nivoja. Nanoploščice $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ pri tej reakciji predstavljajo vir $\text{Ti}(\text{OH})_6^{2-}$ in hkrati tudi podlago za epitaksialno rast SrTiO_3 . Ploščice $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ se hitreje raztapljajo iz lateralne smeri, medtem ko poteka epitaksialna rast SrTiO_3 na obeh z bizmutovim oksidom zaključenih bazalnih ploskvah $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ploščic. Med napredovanjem obeh reakcij (raztapljanja in epitaksialne rasti) SrTiO_3 postopno nadomešča z lateralne smeri $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, ki je prisoten v jedru heterostrukturirane ploščice. Vrhnja monoatomska plast bizmutovega oksida, na kateri se začne rast SrTiO_3 , ostane vključena v nastale SrTiO_3 ploščice. Mehanizem epitaksialne rasti je prikazan na sliki 1.

Slika 1: (a) SEM in (b-h) STEM slike heterostrukturiranih ploščic $\text{SrTiO}_3/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (STO/BIT) (predvsem pravokotno usmerjene ploščice in stanjšane do elektronske prosojnosti) po 1 uri reakcije pri 200 °C (6-M NaOH, Sr/Ti = 12). (b) Slike v temnem (DF) in (c) svetlem polju (BF), ki prikazujejo (večinoma) ploščice vzdolž roba. (d) DF osrednjega dela ploščice (plast SrTiO_3 in delno raztopljeni $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ znotraj utora). (e) Slika visoke ločljivosti (HR) območja, označenega v (d), ki prikazuje razpad $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. (f) Dodatna slika v DF območja med osrednjim delom in robom ploščice. (g) Povečano območje s slike (f), ki prikazuje raztapljanje $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ in nastalega SrTiO_3 z vgrajeno plastjo, bogato z Bi (HR-slika v insertu). (h) DF-slika roba ploščice z dvema vzporednima ploščicama SrTiO_3 z vgrajeno monoatomsko plastjo, bogato z Bi. (i) Shematsko prikazani procesi reakcije od $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ do SrTiO_3 , kot so rekonstruirani iz rezultatov STEM, predstavljeni v b-h (vir: ACS Applied Materials & Interfaces, 13 (2021) 370-381).



Vodja:
doc. dr. Matjaž Spreitzer

Ugotovili smo, da ploščice $\text{SrTiO}_3/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ brez kakršnihkoli sokatalizatorjev pod vplivom simulirane sončne svetlobe omogočajo nastanek znatno večjih količin H_2 kot posamezna materiala in komercialni SrTiO_3 . Izboljšanje fotokatalitske aktivnosti nanoheterostruktur $\text{SrTiO}_3/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ smo razložili na osnovi elektronske pasovne strukture SrTiO_3 in $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$.



Zaradi bolj negativnega položaja prevodnega pasu (E_{CB}) in Fermijevega nivoja (E_F) $SrTiO_3$ pride pri izenačitvi E_F na stičišču $SrTiO_3/Bi_4Ti_3O_{12}$ do prenosa elektronov od $SrTiO_3$ do $Bi_4Ti_3O_{12}$, ki tako ob stiku pridobita pozitivni oz. negativni naboj. Pri fotokatalitskem procesu tako nastalo interno električno polje povzroči, da se s svetlobo vzbujeni elektroni iz E_{CB} $Bi_4Ti_3O_{12}$ rekombinirajo z vrzeli v valenčnem pasu (E_{VB}) $SrTiO_3$, kar ohrani s svetlobo vzbujene elektrone v E_{CB} $SrTiO_3$ in vrzeli v E_{VB} $Bi_4Ti_3O_{12}$, pri čemer prvi omogočajo redukcijo H^+ do H_2 , medtem ko slednje povzročijo oksidacijo metanola. S tem mehanizmom (t. i. direktne Z-scheme) lahko razložimo izboljšane fotokatalitske lastnosti nanoheterostruktur $SrTiO_3/Bi_4Ti_3O_{12}$. Natančno razumevanje reakcijskega mehanizma za nastanek $SrTiO_3/Bi_4Ti_3O_{12}$ ploščic razširja možnost uporabe pristopa hidrotermalne epitaksialne rasti za pripravo drugih 2D/2D heterostrukturiranih fotokatalizatorjev.

Velik poudarek naših raziskav je bil na integraciji funkcionalnih oksidov s silicijem s pomočjo tehnike pulznega laserskega nanašanja. Proučevali smo mehanizme tvorbe silikatne plasti na meji med tanko plastjo $SrTiO_3$ (STO) in silicijem. Tvorba takšne plasti ni zaželeno, ker onemogoča prenos električnega naboja prek meje STO-Si in s tem omejuje uporabo tega sistema materialov v določenih aplikacijah. Ugotovili smo, da se s ponavljanjem žarjenja z namenom zgoščevanja in kristalizacije plasti STO postopoma povečuje debelina mejne silikatne plasti do vrednosti 1,2–1,9 nm. Po drugi strani pa širjenje silikatne plasti ne vpliva bistveno na kakovost sloja STO – kristalografska analiza s pomočjo tehnike XRD z virom sinhrotronske svetlobe je pokazala, da so plasti STO debeline ~3,7 nm dobro urejene, enofazne in omogočajo epitaksijo debelejših plasti STO, kar smo potrdili z dodatnimi eksperimenti. XRD-preiskave so pokazale tudi, da tanke plasti STO pretežno izkazujejo kubično osnovno celico z volumnom, rahlo večjim, kot je volumen osnovne celice monokristalov STO. Povečanje volumna osnovne celice kaže na prisotnost kisikovih praznin v plasti STO, ki so posledica nanašanja plasti v inertni atmosferi. Rezultati raziskav nam bodo pomagali pri dodatni optimizaciji postopka za rast tankih plasti STO na siliciju.

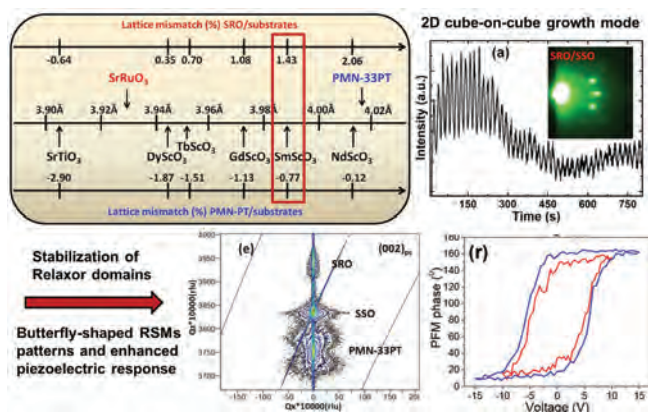
Na Institutu Peter Grünberg (PGI-7), Forschungszentrum Jülich je bil v sklopu podoktorskega usposabljanja dr. Urške Trstenjak opravljen del raziskav na področju sinteze tankih plasti HfO_2 . HfO_2 je material, ki izkazuje zanimive električne lastnosti, hkrati pa je kompatibilen z uveljavljenimi procesi v industriji elektronike. Namen našega dela je bil proučiti rast tankih plasti HfO_2 , pripravljenih s pulznim laserskim nanašanjem, na amorfni substratih, prevlečenih z grafenom. Za razliko od konvencionalne priprave epitaksialnih tankih plasti neposredno na kristaliničnih substratih se pri sintezi na grafenu plast na substrat veže prek van der Waalsovih vezi, kar omogoča sproščanje napetosti brez nastanka dislokacij. V prvi fazi raziskav smo se osredotočili na preprečevanje oksidacije grafena pri nanosu oksidne plasti. Ugotovili smo, da je uporaba dvojne plasti grafena najučinkoviteje ohranila integriteto grafenskih plasti. Drugo najpomembnejšo vlogo pa je imela plinska atmosfera med nanašanjem, pri čemer je nanos HfO_2 v relativno visokem tlaku Ar veliko boljše zaščitil grafen v primerjavi z nanosom v UHV pogojih,

kar pripisujemo znižanju kinetične energije delcev iz plazme, ki je vodila do zmanjšanja mehanskih deformacij grafena. Ugotovili smo, da ima grafen ključno vlogo pri uspešni kristalizaciji HfO_2 na substratih SiO_2 . Prav tako smo ugotovili, da HfO_2 na grafenu raste v termodinamsko stabilni monoklinski fazi. S spreminjanjem pogojev nanašanja pa smo vplivali na kristalografsko teksturo plasti.

Uporaba visokega tlaka Ar zniža kinetično energijo plazemskih delcev in posledično zmanjša mehanske deformacije v plasti grafena.

Nadaljevali smo s preučevanjem rasti in funkcionalnih lastnosti relaksorskih feroelektričnih tankih plasti $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-PbTiO_3$ (PMN-PT). Zlasti nas je zanimal učinek epitaksialne napetosti v tankih plasteh z debelino < 100 nm. Naš glavni cilj je bila priprava visokokakovostnih plasti PMN-PT, ki omogočajo proučevanje vpliva dvoosne napetosti na razvoj domenskih struktur ter posledičnega piezoelektričnega in feroelektričnega odziva.

Heterostrukture 0,67PMN-0,33PT/(20 nm) $SrRuO_3$ (PMN-33PT/SRO) smo pripravili s pulznim laserskim nanašanjem na oksidnih monokristalih $SrTiO_3$ (STO) z dobro definirano površino in $ReScO_3$ (Re = Dy, Tb, Gd, Sm in Nd) (RSO) substratih (z vrednostjo krivulje zibanja < 0,05°). Ti substrati omogočajo uporabo širokega spektra tlačnih deformacij na plasteh PMN-33PT od -2,90 % (podlaga STO) do -0,10 % (podlaga NSO). Z namenom, da se izognemo primanjkljaju svinca in magnezija ter nastanku piroklornih faz, smo za pripravo stehiometričnih tankih plasti PMN-33PT uporabljali tarče s presežno količino PbO in MgO (20 in 10 mol %). Z uporabo odbojne visokoenergijske difrakcije elektronov (RHEED) smo *in situ* spremljali kristalno strukturo nanešene plasti in s tem nadzorovali epitaksialno rast; najprej za rast SRO na STO ali RSO, nato pa za rast PMN-33PT na SRO/STO ali SRO/RSO. Analiza RHEED in rentgenska difrakcija z visoko ločljivostjo (HR-XRD) sta potrdili visokokakovostne epitaksialne enofazne tanke plasti z gladkimi 2D-površinami. S kombinacijo HR-XRD kartiranja recipročnega prostora (RSM) in HR-STEM smo na podlagah DSO,



Slika 2: Načrtovanje napetosti v epitaksialnih plasteh PMN-33PT razkriva difrakcijski vzorec v obliki metulja za blago napete plasti, kar dokazuje stabilizacijo relaksorskih nanodomov.

TSO, GSO in SSO prikazali prisotnost popolnoma napete heterostrukture PMN-33PT/SRO brez napak, ki potrjujejo, da obe tanki plasti rastejo po načelu kocke na kocko. Poleg tega je analiza RSM pokazala razvoj difrakcijskega vzorca iz oblike metulja (pri plasteh pod nizko napetostjo), ki dokazuje stabilizacijo relaksorskih domen, v obliko diska (pri plasteh pod visoko napetostjo), ki je prisotna pri plasteh z močno tetragonalno deformacijo (slika 2). Amplitudni in fazni signal PFM analize na tankih plasteh PMN-33PT potrujeta relaksorsko obnašanje za deformacije pod ~1,13 %, medtem ko smo pri večjih deformacijah (~1,9 %) opazili nepravilno oblikovane polarizirane feroelektrične domene. Zanimivo je, da PFM histerezne zanke pri PMN-33PT heterostrukturah na substratih SSO (stanje deformacije ~0,8 %) izkazujejo približno dvakrat višjo koercitivnost v primerjavi s podlagama GO in NSO. Dobljeni rezultati kažejo, da so domenske strukture PMN-33PT heterostruktur občutljive na tlačno deformacijo, kar nam v prihodnosti lahko služi kot učinkovit pristop za prilagajanje in izboljšanje funkcionalnih lastnosti relaksorskih feroelektrikov.

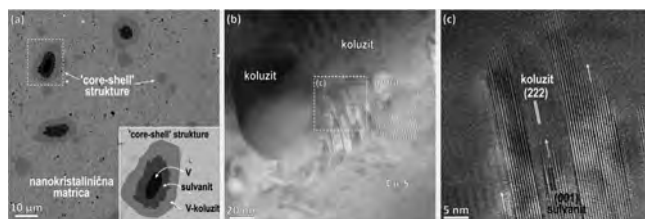
V sodelovanju s CRISMAT-CNRS (Caen, Francija) smo raziskovali termoelektrične materiale na osnovi naravnega minerala koluzita s kompleksno kristalno strukturo. Spojina spada v nov razred okolju prijaznih bakrovih sulfidov na osnovi surovin, ki so v naravi na voljo v velikih in ekonomsko dostopnih količinah. Za sintezo smo uporabili mehanokemijsko sintezo v kombinaciji s sintranjem v iskreči plazmi (SPS). Ta pristop vodi v nastanek strukturnih napak na različnih ravneh, od nanometrskga do mikrometrskga, ki vključujejo lokalne strukturne nehomogenosti na Sn strukturnih mestih do nanometrskih vključkov in z V bogate strukture jedro-lupina (slika 3a). Raziskali smo mehanizem rekristalizacije od vhodnih elementov do končne faze (koluzita) pri različnih temperaturah sintranja. Analize so pokazale, da kovinski vanadij najprej reagira z okoliškimi bakrovimi sulfidi v z vanadijem bogat sulvanit Cu_3VS_4 , ki predstavlja prehodno fazo pri reakciji do končnega koluzita (slika 3b). Nadaljnji difuzijski procesi vodijo v nastanek prehodnega koluzita, ki vsebuje presežek V in primanjkljaj Sn- s kemijsko sestavo okoli $Cu_{26}V_4Sn_4S_{32}$, v kateri je razmerje V: Sn okoli 1: 1 ter nadalje v končni V-Sn-koluzit, $Cu_{26}V_2Sn_6S_{32}$ (slika 3c). Zaradi pospešenega zgoščevanja med SPS sintranjem so v zrnih koluzita prisotne strukturne napake, ki močno vplivajo na sipanje fononov, zaradi česar ima material zelo nizko toplotno prevodnost. Strukturne nehomogenosti vplivajo tudi na višjo koncentracijo nosilcev naboja in njihove efektivne mase ter s tem izboljšanje električnega transporta, kar vodi do sinergijskega izboljšanja tako električnih kot toplotnih lastnosti. Rezultati analiz, ki so bile izvedene v okviru temeljnega nacionalnega raziskovalnega projekta J1-9177, so objavljeni v reviji *Acta Materialia*.

Na področju raziskav faznih ravnotežij v ternarnih oksidnih sistemih, kjer se tvorijo nove spojine oziroma trdne raztopine z izraženimi električnimi lastnostmi, smo določili visokotemperaturno fazno ravnotežje v sistemu $La_2O_3-TiO_2-Nb_2O_5$ in ga podali v obliki faznega diagrama. V sistemu se tvori vrsta trdnih raztopin na osnovi že znanih spojin in ena nova trdna raztopina. Obseg topnosti trdnih raztopin smo določali s sistematsko pripravo vzorcev in njihovo nadaljnjo analizo. V sistemu smo tudi identificirali novo spojino in ji določili sestavo. Dvofazne keramike na osnovi enega podsistema izkazujejo zelo dobre mikrovalovne dielektrične lastnosti, ki jih lahko prilagajamo s spreminjanjem relativne vsebnosti posamezne komponente in pri določeni sestavi dosežemo temperaturno neodvisne dielektrične lastnosti.

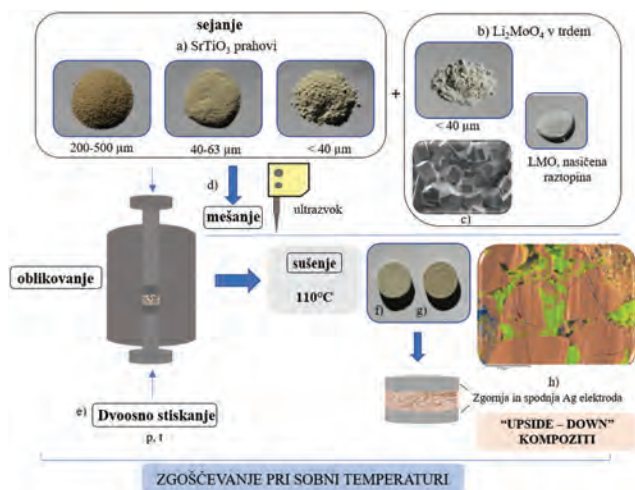
Naše raziskave na področju tehnološko uporabnih materialov s poudarjenimi dielektričnimi lastnostmi pa so zajemale tudi keramične kompozite na osnovi $Li_2MoO_4-SrTiO_3$ (LMO-ST). Njihova priprava temelji na metodi zgoščevanja pri sobni temperaturi (RTF), ki predstavlja alternativo časovno in energetsko zahtevnemu visokotemperaturnemu sintranju keramike (slika 4). LMO-ST kompoziti temeljijo na visokem razmerju polnila ST, skupaj z ustreznim vezivom LMO. Med stiskanjem pri sobni temperaturi in sušenjem pri 110 °C začne vezivo kristalizirati na površini delcev ST, kar jih dodatno fizikalno poveže in zmanjša celokupno poroznost ($p_{rel} = 84\%$). Rezultati dielektričnih meritev v nizkofrekvenčnem območju (1 MHz) izkazujejo vrednosti dielektrične konstante (ϵ_r) med 65 in 78 ter dielektrične izgube ($\tan \delta$) med 0,002 in 0,05. Prav te lastnosti pritegnejo veliko pozornosti pri uporabi LMO-ST kompozitov v industriji elektrokeramike.

Za zdravje ljudi je cink (Zn) 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

Strukturne nehomogenosti vplivajo na močno sipanje fononov in višjo koncentracijo nosilcev naboja, kar vodi do sinergijskega izboljšanja tako električnih kot toplotnih lastnosti.



Slika 3: (a) Z vanadijem bogata jedro-lupina zrna po SPS sintranju na 600 °C. (b) Prehodna cona med bakrovim sulfidom prek sulvanita v koluzit. (c) Orientirana rekristalizacija sulvanita v koluzit.



Slika 4: Procesna shema zgoščevanja LMO-ST kompozitov po RTF-metodi

cinkov glukonat običajno odloži k preostalim smetem na deponijo. To povzroča prekomerni dotok cinkovih ionov v okolje in posledično lahko onespособi tla, vpliva na rast rastlin in povzroči veliko škodo ljudem in živalim. V želji, da zmanjšamo onesnaževanje okolja in zapravljanje virov cinka, smo raziskali recikliranje odpadnega cinkovega glukonata kot vir za pripravo fotokatalitičnih ZnO nanostruktur. V tipični sintezi smo teflonsko posodo z vodno raztopino cinkovega glukonata zaprli v avtoklav in hidrotermalno reagirali pri 180 °C/12h. Nastalo črno suspenzijo smo spirali, centrifugirali in posušili do črnega prahu, ki smo ga žgali pri 500 °C. XRD-analiza je pokazala, da žgani prah sestoji iz ZnO-wurzitne spojine z velikostjo delcev 45 nm. Preiskava praha z elektronskim vrstičnim mikroskopom (SEM) pa je razkrila, da gre za precej večje sferične delce ZnO, sestavljene iz nanodelcev, prepletenih z votlo strukturo. Da taka struktura omogoča dobro fotokatalitično aktivnost, smo dokazali z analizo hitrosti razgradnje barvila metil modro pod vplivom UV-svetlobe, ki je po 90 minutah pokazala 50-% razgradnjo barvila.

Antibakterijski in piezoelektrični biokompatibilni materiali

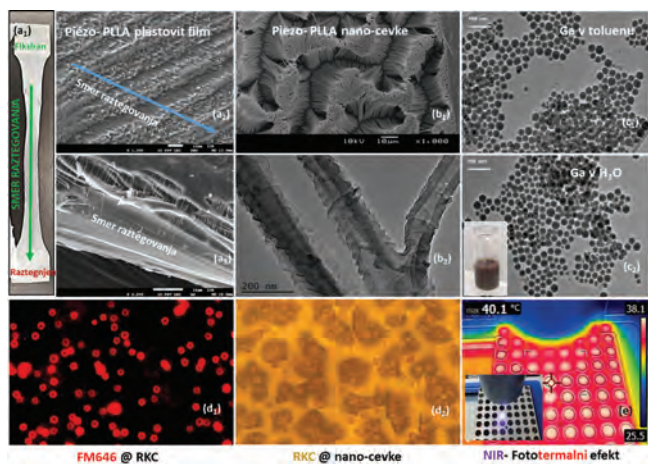
Z namenom razvoja novih orodij, uporabnih v regenerativni medicini in tkivnem inženiringu, oblikujemo nove biomateriale s poudarkom na dveh področjih: inovativnih organskih piezoelektrikov in protimikrobnih nanostruktur.

V okviru projekta Elektrostimulatorji z vizualno detekcijo mehanske deformacije in napetosti: inovativni piezoelektrični biomateriali za elektrostimulirano celično rast v sodelovanju s partnerji iz ETH iz Švice razvijamo biokompatibilne in biološko razgradljive organske piezoelektrične plasti, namenjene pospeševanju celične proliferacije. V ta namen smo optimizirali dva pristopa tvorbe plasti: raztegotvanje in namakanje nosilca. Raztegotvanje omogoča tvorbo poli-l-laktidne (PLLA) piezoelektrične plasti z večplastno strukturo (slika 5a). Plasti, ki so potopljene v tekoče celično gojišče, se ob delovanju ultrazvoka mehansko deformirajo in ob tem generirajo napetostni signal. Opazili smo, da se zaradi hidrofilne površine biodegradacija teh plasti začne kot površinska erozija, zaradi česar plasti v simuliranih fizioloških pogojih ohranijo svoje mehanske in piezoelektrične lastnosti dlje časa. Metoda namakanja nosilca zagotavlja nanoteksturirane PLLA-plasti, ki vsebujejo poravnane nanocevkke s premerom približno 100 nm (slika 5b). Z uporabo metode XRD in Raman s polarizirano svetlobo na posameznih nanocevkah smo potrdili, da sta za piezoelektričnost plasti ključni kristalizacija in molekularna orientacija. Med piezostimulacijo je bila potrjena antibakterijska lastnost pri obeh vrstah plasti, plastovitih in nanostrukturiranih. Kombinacija piezoelektričnosti in nanoteksturiranosti v primeru nanocevk še dodatno prispeva k njihovi protimikrobni učinkovitosti. V nasprotju z učinkom na bakterijske celice in zagotavljanjem antibakterijskih lastnosti piezoelektrične PLLA plasti ne sprožijo

Optimalno funkcionalizacijo, ki je preprečila agregacijo delcev in nadaljnjo rast v vodnem mediju, smo dosegli z zamenjavo oleinske kisline z dopaminskimi ligandi.

hemolize in poškodb rdečih krvnih celic (RKC) živalskega izvora. To smo dokazali z obarvanjem RKC-membrane po piezostimulaciji, ki ne kaže prisotnosti mehanskih poškodb, saj je neprepustno barvilo FM 646 ostalo le na zunanji strani celične membrane (slika 5d).

Nadaljevali smo tudi raziskave in razvoj novih protimikrobnih nanomaterialov. V okviru projekta Okolju prijazen protimikrobni material za tekstil z izboljšanimi lastnostmi skupaj s Centrom za prenos tehnologije (CTT) sodelujemo z madžarskim podjetjem Innowear-tex, kot proizvajalcem protimikrobnega tekstila, in portugalskim Inštitutom za industrijski razvoj tekstila (CITEVE). Skupaj sodelujemo pri razvoju in testiranju prototipa tekstila, ki vsebuje protimikrobne delce na osnovi funkcionaliziranega zlata, ki so bili razviti in patentirani v našem laboratoriju. Poleg tega smo delali na pripravi stabilnih vodnih koloidnih raztopin monodisperznih galijevih nanodelcev z različnimi velikostmi in površinskimi ligandi, da bi podrobno raziskali njihove antibakterijske lastnosti. Začenši s sintezo termične razgradnje, ki daje monodisperzne nanodelce Ga z oleinsko kislino na površini, smo z različnimi postopki izmenjave ligandov spremenili površinske lastnosti iz hidrofobnih v hidrofilne (slika 5c). Optimalne rezultate smo dosegli z zamenjavo oleinske kisline z dopaminskimi ligandi (slika 5c prikazuje morfologijo in stabilnost delcev v vodi). Raziskali smo vpliv infrardečega (NIR) laserskega obsevanja na lokalno segrevanje dopiranega kobaltovega ferita in njegovega kompozita s funkcionaliziranimi nanodelci zlata, da bi povečali njihovo protimikrobno aktivnost s fototermičnim učinkom (slika 5e). Nove delce Ga nameravamo vključiti v nadaljnje protimikrobne študije, zlasti kot novo platformo, ki omogoča fototermično protimikrobno aktivnost.



Slika 5: Piezo-PLLA plasti v obliki večplastne strukture (a_{1-3}) in nanocevk ($b_{1,2}$). Nanodelci galija: od hidrofobnih (c_1 v toluenu) do hidrofilnih (c_2 stabilna suspenzija v vodi). Rdeče krvne celice (RKC), označene s FM646 (neprepustna čez celično steno) (d_1), in RKC na površini nanocevk (d_2). Z NIR laserjem obsevani nanodelci in posledično segrevanje (e).

Toplotnoizolacijski materiali

Izolacijski materiali močno vplivajo na energetske učinkovitost stavb, ki predstavljajo kar 40 % vse porabljene energije v EU. Uporaba odpadnih surovin in manj energetske intenzivnih procesov sta pomembna trenda v znanstvenih raziskavah, katerih cilj je zmanjšati vpliv industrije na okolje.

Skladno s trendi smo raziskovali uporabo odpadnega embalažnega stekla v proizvodnji penjenega stekla, kjer pa je zaradi slabe stabilnosti stekla (nagnjenost h kristalizaciji) težko dobiti izdelek dobre kakovosti. Z analizo DSC in XRD smo raziskali kristalizacijo embalažnega odpadnega stekla in opazili kompleksno kristalizacijo z ločevanjem več kristalnih faz. Stabilnost stekla se izboljša, če se steklo ponovno stali in postane podobno stabilnosti vzorčnega natrij-kalcij-silikatnega stekla, pripravljenega iz kemikalij tehnične kakovosti. Kljub temu odpadno embalažno steklo ostaja neprimerno za proizvodnjo penjenega stekla, zato smo z namenom preprečenja kristalizacije preizkusili različne dodatke. Postopek kristalizacije nam je uspelo zavreti z izbiro ustreznih talilnih sredstev (B_2O_3 ali boraks) v kombinaciji z zaviralcem kristalizacije Al_2O_3 . Analiza XRD je pokazala, da se je vsebnost kristalov zaradi omenjenih dodatkov zmanjšala pod 15 % in te rezultate potrjuje tudi analiza DSC. Meritve toplotne prevodnosti na sintranih vzorcih odpadnega stekla so pokazale očitno zmanjšanje toplotne prevodnosti zaradi zmanjšane kristalizacije. Na podlagi pridobljenega znanja o postopku kristalizacije smo testirali penilne mešanice s talilnimi dodatki in opazili najboljše rezultate ob uporabi B_2O_3 . Zaprta poroznost pen se je pričakovano zmanjšala zaradi manjše vsebnosti kristalinične faze, vendar gostote ni bilo mogoče zmanjšati na primerno nizke vrednosti. Zato smo nadaljevali z razvojem recepta za penjenje z zmernim zmanjševanjem vsebnosti B_2O_3 in uvajanjem fosfatov z namenom zmanjšanja viskoznosti in površinske napetosti. To je privedlo do obetavnih rezultatov, na podlagi katerih se bomo sedaj osredotočili na pripravo večjih vzorcev za karakterizacijo toplotnih in mehanskih lastnosti.

Tako kot odpadno steklo lahko tudi uporaba vodnega stekla zmanjša vpliv proizvodnje penjenega stekla na okolje, hkrati pa ohranja visokokakovosten izdelek, za katerega je značilna nizka toplotna prevodnost. Vodno steklo je dobro znan in pogosto uporabljen dodatek za proizvodnjo penjenega stekla. Vendar pa so mehanizmi penjenja z vodnim steklom slabo raziskani, in čeprav obstaja splošno sprejeta teorija, ta ni podprta z eksperimentalnimi dokazi (slika 6). Z uporabo odpadnega panelnega katodnega stekla (CRT) smo se osredotočili na razkrivanje mehanizmov penjenja stekla z vodnim steklom. Analizirali smo obnašanje penilne mešanice CRT in vodnega stekla med segrevanjem s pomočjo segrevalne mikroskopije (HSM) in termo-gravimetrije v povezavi z masno spektroskopijo (TG/MS). Atmosfero znotraj zaprtih por penjenega stekla smo analizirali s plinsko kromatografijo (GC/MS), ki je pokazala, da je prevladujoči plin CO_2 . Rezultati kažejo občutljivost penilne mešanice na atmosferski CO_2 , ki reagira s hidrirano plastjo stekla in tvori karbonate. Novonastali karbonati se pri povišanih temperaturah razgradijo in tvorijo CO_2 , ki je gonilna sila ekspanzije. Poleg tega lahko postopek penjenja nadziramo tako, da nadzorujemo stopnjo, do katere poteče reakcija med hidrirano plastjo stekla in CO_2 . Ugotovili smo, da je to mogoče doseči s sušenjem penilne mešanice, torej s sprostitvijo nizektemperaturne vode. Prihodnje raziskave bodo osredotočene na uporabnost novorazkritih mehanizmov za trajnostno proizvodnjo penjenega stekla.

Projekti

V okviru projekta M-ERA-NET: SunToChem raziskovalci Instituta "Jožef Stefan" (JSI), Instituta za fiziko trdne snovi, Univerze v Latviji (ISSP-UL) in Odseka za kemijsko inženirstvo Nacionalne Univerze iz Tajvana (CHE-NTU) združujejo najnovejše znanje na področju načrtovanja morfologije delcev (JSI), teoretičnih izračunov (FP) in fotokatalitskih meritev (CHE-NTU), da bi pripravili učinkovite perovskitne fotokatalizatorje za tvorbo H_2 s cepitvijo vode. Glavni namen projekta je natančna kontrola karakteristik delcev, kot so vrste izpostavljenih ploskev, zaključki, kristalni defekti (kisikove vrzeli) mezokristaliničnost, heterostrukturiranost in feroelektričnost za povečanje fotokatalitske učinkovitosti na osnovi boljše ločitve nosilcev naboja in absorpcije svetlobe. Financira: M-ERA.NET European transnational agency. Koordinator: dr. Marjeta Maček Kržmanc.

Aplikativni projekt **Kompoziti mineralne volne z izboljšanimi izolacijskimi lastnostmi** je usmerjen v razvoj novega postopka priprave kompozitov mineralne volne z znižano toplotno prevodnostjo. Teoretične kalkulacije toplotne prevodnosti kompozitov smo eksperimentalno preverili in potrdili velik potencial novih kompozitov. Pri meritvah mehanskih lastnosti se je pokazalo, da bodo potrebne dodatne spremembe površinskih lastnosti, če želimo doseči ustrezne lastnosti kompozitov. Površinske lastnosti kompozita smo modificirali s temperaturnimi in kemijskimi postopki. Rezultati so razkrili, da uporaba vode v zmernih do večjih količinah negativno vpliva na mehanske in izolacijske lastnosti kompozitov. Zato smo raziskave usmerili v raziskovanje suhega procesiranja, s

Optimizacija nove sestave, ki vsebuje kombinacijo talilnih sredstev in zaviralca kristalizacije, nas je vodila do obetavnih rezultatov.



Slika 6: Večji dodatek vodnega stekla omogoča doseganje enakih ekspanzij pri nižjih temperaturah, kar ugodno vpliva na energetske zahtevnosti proizvodnje.

čimer smo na koncu dosegli najboljše rezultate tako mehanskih kot izolacijskih lastnosti. Suho procesiranje je tudi najprimernejše za vključitev v obstoječo industrijsko proizvodnjo. Financira: Agencija Republike Slovenije za raziskovanje. Koordinator: Jakob König.

SIOX je temeljni raziskovalni projekt, osredotočen na izkoriščanje bogatih lastnosti oksidov in njihovih heterostruktur, ki na področju oksidne elektronike obetajo izjemne izboljšave. Za implementacijo oksidne elektronike pa je treba oksidne materiale epitaksialno povezati s silicijevo platformo, in sicer z uporabo tehnologije, ki je industrijsko sprejemljiva. Razvoj te tehnologije je glavni cilj projekta SIOX. Financira: M-ERA.NET European transnational agency. Koordinator: doc. dr. Matjaž Spreitzer.

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Letni sestanek partnerjev mednarodnega projekta M.ERA-NET SunToChem: Načrtovanje perovskitnih fotokatalizatorjev za nastanek H₂ s cepitvijo H₂O pod vplivom sončne svetlobe, 11. 6. 2020 in 9. 12. 2020 (virtualno)
2. Uvodni sestanek partnerjev mednarodnega projekta Elektrostimulatorji z vizualno detekcijo mehanske deformacije in napetosti: inovativni piezoelektrični biomateriali za elektrostimulirano celično rast, 15. 9. 2020 (virtualno)
3. Uvodni sestanek partnerjev mednarodnega projekta KET4Clean Production: Environmentally friendly antimicrobial material for textile with improved properties, 21. 9. 2020 (virtualno)
4. Letni sestanek partnerjev mednarodnega projekta M.ERA-NET SIOX: Načrtovanje integracije oksidov s silicijem z uporabo pulznega laserskega nanašanja, 20. 7. 2020 (virtualno)

Nagrade in priznanja

1. Heli Jantunen: Yushan Scholar Award, Yushan, Tajvan, Ministry of Education (MOE), ROC Taiwan, Ultra-low temperature co-firing ceramics
2. Matjaž Spreitzer, Srečo Škapin: Srebrno priznanje GZS za inovacijo TCG Autoskimm, Maribor, GZS, Razvoj avtomatskega postopka posnemanja žlindre za zmanjšanje izgub aluminija in zagotavljanje ponovljive kakovosti taline
3. Matjaž Spreitzer, Srečo Škapin: Srebrno priznanje GZS za inovacijo Novi super lahki in super trdi inženirski materiali, Maribor, GZS, Razvoj laboratorijsko verificirane sintezne poti za pridobivanje lahkih, super trdnih naprednih materialov na osnovi Al-Mg-B-Ti
4. Matjaž Spreitzer: Zgodba o uspehu – ENPIEZO, Avstrija, Mreža M-era.Net, Innovative Surfaces, Coatings and Interfaces: Enabling technology for high-quality piezoMEMS
5. Danilo Suvorov, Srečo Škapin, Marija Vukomanović: Posebna nagrada za inovacije v gospodarstvu, Ljubljana, Center za prenos tehnologij in inovacij IJS, Contact-based, leaching-free antimicrobial textile Silver-free, wearable germ protection
6. Marija Vukomanović: Zgodba o uspehu v okviru KETGate projekta, Interreg Central Europe, Ljubljana, Center za prenos tehnologij in inovacij IJS, Development of products based on nanofibers with potential antimicrobial effect for various applications

MEDNARODNI PROJEKTI

1. Raziskovanje spojin NdDyCoCuFe na osnovi redkih zemelj
Urban Mining Company
doc. dr. Matjaž Spreitzer
2. COST CA I7140: Nanozdravila proti raku - od laboratorijskih raziskav do klinične uporabe (NANO2CL)
COST Association AISBL
doc. ddr. Marija Vukomanović
3. Načrtovanje stehiometrije epitaksialnih tankih plasti PMN-PT
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Matjaž Spreitzer

PROGRAM

1. Sodobni anorganski materiali in nanotehnologije
doc. 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. Piezoelektrični biomateriali za regeneracijo s pomočjo elektro-stimulacije
doc. ddr. Marija Vukomanović
4. Nanostrukturne raziskave difuzijsko kontroliranih procesov med topotaksialnimi faznimi transformacijami v mineralih tipa rutil-korund
doc. dr. Nina Daneu
5. Načrtovanje oksidov na siliciju za elektroniko prihodnosti
doc. dr. Matjaž Spreitzer
6. Vključki v granatih od makroskopskega do atomarnega nivoja: Odpiranje petrogenetskega arhiva
doc. dr. Nina Daneu
7. Načrtovanje napetosti in domenskih struktur v epitaksialnih tankih plasteh relaksorskih feroelektrikov
doc. dr. Matjaž Spreitzer

8. Elektrostimulatorji z vizualno detekcijo mehanske deformacije in napetosti: inovativni piezoelektrični biomateriali za elektro-stimulirano celično rast
doc. ddr. Marija Vukomanović
9. Načrtovanje tankih plasti relaksorskih feroelektrikov za piezoelektrične aplikacije in shranjevanje energije
doc. dr. Matjaž Spreitzer
10. Kompozitna izolacija na osnovi mineralne volne z izboljšanimi izolacijskimi lastnostmi
dr. Jakob König
11. KETGATE: Dostop srednjeevropskih MSP do infrastrukture ključnih tehnologij Key Enabling Technologies, KET - Sprožitev novega transnacionalnega ekosistema KET inovacij
doc. dr. Matjaž Spreitzer
12. PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)
doc. ddr. Marija Vukomanović
13. SRIP ToP: Tovarne Prihodnosti
doc. dr. Matjaž Spreitzer
14. Kontrola kristalizacije v steklastih materialih za toplotno izolacijo
dr. Sonja Smiljanić
15. HarvEnPiez: Inovativni nanomateriali in strukture za piezoelektrične zbiralnike energije
dr. Marjeta Maček Kržmanc
16. SIOX: Načrtovanje in sinteza silicijevih oksidnih vmesnih plasti s pulzno lasersko depozicijo
doc. dr. Matjaž Spreitzer
17. SunTo Chem: Načrtovanje perovskitnih fotokatalizatorjev za nastanek H₂ s cepitvijo H₂O pod vplivom sončne svetlobe
dr. Marjeta Maček Kržmanc
18. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
doc. dr. Matjaž Spreitzer
19. XRD analize
doc. dr. Matjaž Spreitzer
20. Studijski obisk Nina Kuzmić v Oulu na Finskem - Nizkotemperaturno zgoščevanje keramike na osnovi stroncij titanata, od maja do junija 2020
Nina Kuzmić, mag. inž. kem. inž.
21. KET4CLEAN-INNOWEAR-TEX; Stroški storitve K9 na primeru KET4CLEAN PRODUCTION-INNOWEAR-TEX
doc. dr. Matjaž Spreitzer

OBISKI

1. dr. Manal Benyoussef, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (LPMC), Amiens, Francija, 27. 1.–13. 3. 2020 in 1. 6.–30. 9. 2020
2. dr. Taisia Alifirova, Department of Lithospheric Research, University of Vienna, Avstrija, 19. 7.–24. 7. 2020

Gostujoči raziskovalci

3. dr. Saswati Santra, Indian Institute of Science, Bangalore, Indija, 15. 2.–31. 8. 2020
4. dr. Jamal Belhadi, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (LPMC), Amiens, Francija, 1. 3. 2019–29. 2. 2020
5. dr. Sonja Smiljanić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, Srbija, 1. 6. 2019–31. 3. 2022

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Jamal Belhadi: Strain engineering in epitaxial relaxor ferroelectric Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃ thin films, 15. 1. 2020
2. David Fabijan, dipl. inž. fiz.: Capacitance measurements, 5. 2. 2020
3. dr. Sonja Smiljanić: Control of crystallization in glass materials for thermal insulation, 26. 2. 2020
4. Damjan Vengust, mag. nan.: Tip-enhanced Raman spectroscopy: principles, practice, and applications to nanospectroscopic imaging of 2D materials, 11. 3. 2020
5. Uroš Hribar, mag. inž. kem. inž.: The mechanism of glass-foaming with water glass, 21. 9. 2020
6. Damjan Vengust, mag. nan.: PLA and LDA methods for data processing, 5. 10. 2020
7. Nina Kuzmić, mag. inž. kem. inž.: Room temperature fabrication of upside-down strontium titanate composites, 19. 10. 2020
8. doc. dr. Srečo Škapin: High-temperature phase relations in the ternary La₂O₃-TiO₂-Nb₂O₅ system, 2. 11. 2020

SODELAVCI

Raziskovalci

1. doc. dr. Nina Daneu
2. Heli Maarit Jantunen, PhD., Finska, znanstveni svetnik
3. Zoran Jovanović, odšel 5. 1. 2020
4. dr. Jakob König
5. dr. Gertjan Koster
6. dr. Špela Kunej
7. dr. Marjeta Maček Kržmanc
8. **doc. dr. Matjaž Spreitzer, vodja odseka**
9. prof. dr. Srečo Davor Škapin, znanstveni svetnik
10. dr. Marija Vukomanović

Podoktorski sodelavci

11. Jamal Belhadi, PhD., Francija
12. dr. Sonja Jovanović, odšla 5. 1. 2020
13. dr. Mario Kurtjak
14. Sonja Smiljanić, PhD., Srbija
15. dr. Urška Trstenjak

Mlajši raziskovalci

16. Petruša Borštnar, mag. inž. geol.
17. Alja Čontala, mag. kem.
18. Uroš Hribar, mag. inž. kem. inž.

9. doc. dr. Nina Daneu: Morphology of multiple twins in SnO₂-based ceramics doped with Co- and Nb-oxide revealed by Electron BackScatter Diffraction, 16. 11. 2020
10. Tjaša Parkelj Potočnik, mag. fiz.: Pulsed laser deposition of SrTiO₃ on Si: The SrTiO₃-Si interface, 7. 12. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Jamal Belhadi, Tjaša P. Potočnik, Matjaž Spreitzer, Urška Trstenjak: Electroceramics XVII conference 2020, 24.–28. 8. 2020 (4) (virtualno)
2. Nina Kuzmić: Sintering of Ceramics Short Course 2020, 12.–22. 10. 2020 (1) (virtualno)
3. Matjaž Spreitzer: MRS Fall Meeting & Exhibit 2020, 27. 11.–4. 12. 2020 (1) (virtualno)
4. Matjaž Spreitzer: Materials Science & Technology 2020 (MS&T20), 2.–6. 11. 2020 (1) (virtualno)
5. Matjaž Spreitzer: Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symposium & IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics 2020, 19.–23. 7. 2020 (1) (virtualno)
6. Matjaž Spreitzer: MRS Spring Meeting & Exhibit 2020, Phoenix, ZDA, 12.–17. 4. 2020 (1) (virtualno)
7. Matjaž Spreitzer: Electronic Materials and Applications 2020 (EMA 2020), Orlando, ZDA, 22.–24. 1. 2020 (1)
8. Marija Vukomanović: 11th World Biomaterials Congress 2020 (WBC 2020), Glasgow, Škotska, 19.–25. 2. 2020 (1) (virtualno)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Urška Trstenjak: Peter Grünberg Institut (PGI) – Forschungszentrum Jülich, Jülich, Nemčija, 1. 8. 2019–31.7. 2020

19. Nina Kuzmić, mag. inž. kem. inž.
20. Tjaša Parkelj Potočnik, mag. fiz.
21. Lea Udovč, mag. inž. kem. inž.

Strokovni sodelavci

22. David Fabijan, dipl. inž. fiz.
23. Tina Radošević, dipl. inž. geol. (UN)
24. Damjan Vengust, mag. nan.

Tehniški in administrativni sodelavci

25. Vesna Butinar, mag. posl. ved
26. 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 Solidos, 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 Rogaska, d. d., Rogaska Slatina
29. Stiftelsen SINTEF, Trondheim, Norveška
30. TAB Tovarna akumulatorskih baterij, d. d., Mežica
31. Technical University Iasi, Iasi, Romunija
32. Tokyo Institute of Science, Tokio, Japonska
33. Trimo, 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. Binbin Chen *et al.* (11 avtorjev), "Integration of single oriented oxide superlattices on silicon using various template techniques", *ACS applied materials & interfaces*, 2020, **12**, 38, 42925-42932. [COBISS.SI-ID 45567491]
2. Phu T. P. Le, Johan E. ten Elshof, Gertjan Koster, "Shape control of $\text{Ca}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ nanosheets: paving the way for monolithic integration of functional oxides with CMOS", *ACS applied nano materials*, 2020, **3**, 9, 9487-9493. [COBISS.SI-ID 47510019]
3. Matej Baláž, Michal Goga, Michal Hegedus, Nina Daneu, Mária Kováčová, L'udmila Tkáčiková, L'udmila Balážová, Martin Bačkor, "Bio-mechanochemical solid-state synthesis of silver nanoparticles with antibacterial activity using lichens", *ACS sustainable chemistry & engineering*, 2020, **8**, 37, 13945-13955. [COBISS.SI-ID 26855683]
4. José Alberto Padrón Navarta, Fabrice Barou, Nina Daneu, "Twinning in SnO_2 -based ceramics doped with CoO and Nb_2O_5 : morphology of multiple twins revealed by electron backscatter diffraction", *Acta crystallographica. Section B, Structural science, crystal engineering and materials*, 2020, **76**, 5, 875-883. [COBISS.SI-ID 29775107]
5. Martin B. Østergaard, Manlin Zhang, Xiaomei Shen, Rasmus R. Petersen, Jakob Koenig, Peter D. Lee, Yuanzheng Yue, Biao Cai, "High-speed synchrotron X-ray imaging of glass foaming and thermal conductivity simulation", *Acta materialia*, 2020, **189**, 85-92. [COBISS.SI-ID 20600323]
6. Gabin Guérou, Christophe Couder, Abdelhamid Bourhim, Oleg I. Lebedev, Nina Daneu, Florian Appert, Jean Juraszek, Pierre Lemoine, Lorraine Segreto, Emmanuel Guilmeau, "A scalable synthesis route for multiscale defect engineering in the sustainable thermoelectric quaternary sulfide $\text{Cu}_{26}\text{V}_2\text{Sn}_6\text{Sb}_{32}$ ", *Acta materialia*, 2020, **195**, 229-239. [COBISS.SI-ID 16799747]
7. Phu Tran Phong Le *et al.* (20 avtorjev), "Tailoring vanadium dioxide film orientation using nanosheets: a combined microscopy, diffraction, transport, and soft X-ray in transmission study", *Advanced functional materials*, 2020, **30**, 1, 1900028. [COBISS.SI-ID 45774851]
8. Vivien M. Kiyek, Yorick A. Birkhölzer, Yury Smirnov, Martin Ledinsky, Zdenek Remes, Jamo Momand, Kooi Bart J., Gertjan Koster, Guus Rijnders, Monica Morales-Masis, "Single-source, solvent-free, room temperature deposition of black γ - CsSn_3 films", *Advanced materials interfaces*, 2020, **7**, 11, 2000162. [COBISS.SI-ID 47513347]
9. Binbin Chen *et al.* (18 avtorjev), "Strain-engineered metal-to-insulator transition and orbital polarization in nickelate superlattices integrated on silicon", *Advanced materials*, 2020, **32**, 50, 2004995. [COBISS.SI-ID 45587459]
10. Jordi Antoja-Lleonart, Silang Zhou, Kit de Hond, Sizhao Huang, Gertjan Koster, Guus Rijnders, Beatriz Noheda, "Atomic layer deposition of SiO_2 - GeO_2 multilayers", *Applied physics letters*, 2020, **117**, 4, 041601. [COBISS.SI-ID 45533443]
11. Jun Wang, Nicolas Gauquelin, Mark Huijben, Jo Verbeeck, Guus Rijnders, Gertjan Koster, "Metal-insulator transition of SrVO_3 ultrathin films embedded in SrVO/SrTiO_3 superlattices", *Applied physics letters*, 2020, **117**, 13, str.133105-133105-5. [COBISS.SI-ID 46644227]
12. Urška Trstenjak, Damjan Vengust, Zoran Samardžija, Aleksander Matavž, Vid Bobnar, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Stabilization of the perovskite phase in PMN-PT epitaxial thin films via increased interface roughness", *Applied Surface Science*, 2020, **513**, 145787. [COBISS.SI-ID 33262887]
13. Vasil Shvalya, Gregor Filipič, Damjan Vengust, Janez Zavašnik, Martina Modic, Ibrahim Abdulhalin, Uroš Cvelbar, "Reusable Au/Pd-coated chestnut-like copper oxide SERS substrates with ultra-fast self-recovery", *Applied Surface Science*, 2020, **517**, 146205. [COBISS.SI-ID 33289511]
14. Zoran M. Jovanović, Željko Mravik, Danica Bajuk-Bogdanović, Sonja Jovanović, Smilja Marković, Milica Vujković, Janez Kovač, Damjan Vengust, Snežana Uskoković-Marković, Ivanka Holclajtner-Antunović, "Self-limiting interactions in 2D-0D systems: a case study of graphene oxide and 12-tungstophosphoric acid nanocomposite", *Carbon*, 2020, **156**, 166-178. [COBISS.SI-ID 48601347]
15. Soukaine Merselmiz *et al.* (14 avtorjev), "High energy storage efficiency and large electrocaloric effect in lead-free $\text{BaTi}_{0.89}\text{Sn}_{0.11}\text{O}_3$ ceramic", *Ceramics international*, 2020, **46**, 15, 23867-23876. [COBISS.SI-ID 20600579]
16. Maruša Borštnar, Nina Daneu, Sabina Dolenc, "Phase development and hydration kinetics of belite-calcium sulfoaluminate cements at different curing temperatures", *Ceramics international*, 2020, **46**, 18B, 29421-29428. [COBISS.SI-ID 15041027]
17. Maja Ivanič, Goran Durn, Srečo D. Škapin, Ivan Sondi, "Size-related mineralogical and surface physicochemical properties of the mineral particles from the recent sediments of the Eastern Adriatic Sea", *Chemosphere*, 2020, **249**, 126531. [COBISS.SI-ID 43132163]
18. Jakob Koenig, Alberto Lopez-Gil, Paula Cimavilla-Roman, Miguel A. Rodriguez-Perez, Rasmus R. Petersen, Martin B. Østergaard, Niels Iversen, Yuanzheng Yue, Matjaž Spreitzer, "Synthesis and properties of open- and closed-porous foamed glass with a low density", *Construction & building materials*, 2020, **247**, 118574. [COBISS.SI-ID 21040131]
19. Zouhair Hanani *et al.* (14 avtorjev), "Enhanced dielectric and electrocaloric properties in lead-free rod-like BCZT ceramics", *Journal of advanced ceramics*, 2020, **9**, 2, 201-219. [COBISS.SI-ID 33283879]
20. Evan Smith, Srečo D. Škapin, Rick Ubic, "Correlative models for oxygen vacancies in perovskites", *Journal of alloys and compounds*, 2020, **836**, 155475. [COBISS.SI-ID 43134723]
21. Lin Li, Zhaoliang Liao, Le Minh Nguyen, Raymond J. E. Hueting, Dirk J. Gravesteijn, Evert P. Houwman, Guus Rijnders, Gertjan Koster, "Epitaxial growth of full range of compositions of $(111)\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ on GaN", *Journal of crystal growth*, 2020, **538**, 125620. [COBISS.SI-ID 45763331]
22. Muhammad Saqib, Janez Jelenc, Luka Pirker, Srečo D. Škapin, Lorenzo De Pietro, Urs Ramsperger, Alexandr Knápek, Ilona Müllerová, Maja Remškar, "Field emission properties of single crystalline W_5O_{14} and $\text{W}_{18}\text{O}_{49}$ nanowires", *Journal of electron spectroscopy and related phenomena*, 2020, **241**, 146837. [COBISS.SI-ID 32210727]
23. Verena Göswein, Carla Rodrigues, José D. Silvestre, Fausto Freire, Guillaume Habert, Jakob Koenig, "Using anticipatory life cycle

- assessment to enable future sustainable construction", *Journal of industrial ecology*, 2020, **24**, 1, 178-192. [COBISS.SI-ID 32341287]
24. Matjaž Spreitzer, Dejan Klement, Ricardo Juan Egoavil Escobar, Jo Verbeeck, Janez Kovač, Anže Založnik, Gertjan Koster, Gustaaf Van Tendeloo, Danilo Suvorov, Guus Rijnders, "Growth mechanism of epitaxial SrTiO₃ on a (1x2) + (2x1) reconstructed Sr(1/2 ML)/Si(001) surface", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2020, **8**, 2, 518-527. [COBISS.SI-ID 32836647]
 25. Maya Davydovna Glinchuk, R. O. Kuzian, Yu. O. Zagorodniy, I. V. Kondakova, V. M. Pavlikov, M. V. Karpec, M. M. Kulik, Srečo D. Škapin, L. P. Yurchenko, Valentin V. Laguta, "Room-temperature ferroelectricity, superparamagnetism and large magnetoelectricity of solid solution PbFe_{1/2}Ta_{1/2}O₃ with (PbMg_{1/3}Nb_{2/3}O₃)_{0.7}(PbTiO₃)_{0.3}", *Journal of Materials Science*, 2020, **55**, 4, 1399-1413. [COBISS.SI-ID 33100071]
 26. Urška Gradišar Centa, Petra Kocbek, Anna Belcarz, Srečo D. Škapin, Maja Remškar, "Polymer blend containing MoO₃ nanowires with antibacterial activity against *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228", *Journal of nanomaterials*, 2020, **2020**, 9754024. [COBISS.SI-ID 25285123]
 27. Alexander Karamanov, Sonja V. Smiljanić, Emilia Karamanova, Srđan D. Matijašević, Jelena D. Nikolić, Veljko V. Savić, Snežana R. Grujić, "Sintering, crystallization and foaming of La₂O₃ · SrO · 5B₂O₃ glass powders: effect of the holding time", *Journal of non-crystalline solids*, 2020, **544**, 120168. [COBISS.SI-ID 45473539]
 28. Gertjan Koster, Dave H. A. Blank, Guus Rijnders, "Oxygen in complex oxide thin films grown by pulsed laser deposition: a perspective", *Journal of superconductivity and novel magnetism*, 2020, **33**, 205-212. [COBISS.SI-ID 46949891]
 29. Ru-Pan Wang *et al.* (10 avtorjev), "Saturation and self-absorption effects in the angle-dependent 2p3d resonant inelastic X-ray scattering spectra of Co³⁺", *Journal of synchrotron radiation*, 2020, **27**, 979-987. [COBISS.SI-ID 46961411]
 30. Sara Tominc, Aleksander Rečnik, Slavko Bernik, Matjaž Mazaj, Nina Daneu, "Charge compensation and electrical characteristics of Ta₂O₅-doped SnO₂-CoO ceramics", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 2, 355-361. [COBISS.SI-ID 32686887]
 31. Peter Baláž, Emmanuel Guilmeau, Nina Daneu, Oleksandr Dobrozhan, Matej Baláž, Michal Hegedus, Tristan Barbier, Marcela Achimovičová, Mária Kaňuchová, Jaroslav Briančin, "Tetrahedrites synthesized via scalable mechanochemical process and spark plasma sintering", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 5, 1922-1930. [COBISS.SI-ID 33042215]
 32. Sara Tominc, Aleksander Rečnik, Slavko Bernik, Matjaž Mazaj, Matjaž Spreitzer, Nina Daneu, "Microstructure development in (Co,Ta)-doped SnO₂-based ceramics with promising varistor and dielectric properties", *Journal of the European ceramic society*, 2020, **40**, 15, 5518-5522. [COBISS.SI-ID 13414147]
 33. Marija B. Babić, Marija Vukomanović, Martin Štefanič, Jasmina Nikodinović-Runić, SImonida Lj. Tomić, "Controlled curcumin release from hydrogel scaffold platform based on 2-hydroxyethyl methacrylate/gelatin/alginate/Iron(III) oxide", *Macromolecular chemistry and physics*, 2020, **221**, 20, 2000186. [COBISS.SI-ID 32290819]
 34. Peter Baláž *et al.* (12 avtorjev), "Enhanced thermoelectric performance of chalcopyrite nanocomposite via co-milling of synthetic and natural minerals", *Materials letters*, 2020, **275**, 128107. [COBISS.SI-ID 20367619]
 35. Marcela Achimovičová, E. Tóthová, Nina Daneu, Erika Dutková, A. Zubrik, Martin Fabián, "Simple preparation and properties of surface-modified mechanochemically synthesised copper sulphide semiconductor", *Materials science and technology*, 2020, **36**, 12, 1257-1262. [COBISS.SI-ID 31867651]
 36. Martina Kocijan, Lidija Čurković, Tina Radošević, Matejka Podlogar, "Photocatalytic degradation of organic pollutant using TiO₂/rGO nanocomposites under simulated sunlight", *Nanomaterials science & engineering*, 2020, **2**, 4, 162-169. [COBISS.SI-ID 43523843]
 37. Mária Kováčová, Nina Daneu, L'udmila Tkáčiková, Radovan Búreš, Erika Dutková, Martin Stahorský, Zdenka Lukáčová Bujňáková, Peter Baláž, "Sustainable one-step solid-state synthesis of antibacterially active silver nanoparticles using mechanochemistry", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 11, 2119. [COBISS.SI-ID 34064643]
 38. Luka Pirker, Bojana Višić, Srečo D. Škapin, Goran Dražič, Janez Kovač, Maja Remškar, "Multi-stoichiometric quasi-two-dimensional W_nO_{3n-1} tungsten oxides", *Nanoscale*, 2020, **12**, 28, 15102-15114. [COBISS.SI-ID 24706563]
 39. Wenbo Wang *et al.* (12 avtorjev), "Magnetic domain engineering in SrRuO₃ thin films", *npj quantum materials*, 2020, **5**, 73. [COBISS.SI-ID 46641923]
 40. Ahmed S. M. Ismail *et al.* (18 avtorjev), "Direct observation of the electronic states of photoexcited hematite with ultrafast 2p3d X-ray absorption spectroscopy and resonant inelastic X-ray scattering", *PCCP. Physical chemistry chemical physics*, 2020, **22**, 5, 2685-1692. [COBISS.SI-ID 45757443]
 41. Vladimir Rajić *et al.* (12 avtorjev), "Bifunctional catalytic activity of Zn_{1-x}Fe_xO toward the OER/ORR: seeking an optimal stoichiometry", *PCCP. Physical chemistry chemical physics*, 2020, **22**, 38, 22078-22095. [COBISS.SI-ID 43138819]
 42. Jun Wang, Minh Nguyen, Nicolas Gauquelin, Johan Verbeeck, Minh Thanh Do, Gertjan Koster, Guus Rijnders, Evert P. Houwman, "On the importance of the work function and electron carrier density of oxide electrodes for the functional properties of ferroelectric capacitors", *Physica status solidi. Rapid research letters*, 2020, **14**, 3, 1900520. [COBISS.SI-ID 46945027]
 43. Binbin Chen *et al.* (13 avtorjev), "Thermal-strain-engineered ferromagnetism of LaMnO₃/SrTiO₃ heterostructures grown on silicon", *Physical review materials*, 2020, **4**, 2, 024406. [COBISS.SI-ID 14858499]
 44. Laura Bégon-Lours, Martijn Mulder, Pavan Nukala, Sytze de Graaf, Yorick A. Birkhölzer, Kooi Bart J., Beatriz Nohedá, Gertjan Koster, Guus Rijnders, "Stabilization of phase-pure rhombohedral HfZrO₄ in pulsed laser deposited thin films", *Physical review materials*, 2020, **4**, 4, 043401. [COBISS.SI-ID 47517187]
 45. A. E. M. Smink, Y. A. Birkhölzer, J. van Dam, F. J. G. Roesthuis, Guus Rijnders, H. Hilgenkamp, Gertjan Koster, "Mapping unit-cell thickness variations in thin films by post-deposition reflection high-energy electron diffraction", *Physical review materials*, 2020, **4**, 8, 083806. [COBISS.SI-ID 46637827]
 46. T. Wijnands, Evert P. Houwman, Gertjan Koster, Guus Rijnders, Mark Huijben, "Numerical modeling of the plasma plume propagation and oxidation during pulsed laser deposition of complex oxide thin films", *Physical review materials*, 2020, **4**, 10, 103803. [COBISS.SI-ID 46639363]
 47. Mimoza Naseska, Petra Šutar, Damjan Vengust, S. Tsuchiya, Miran Čeh, Dragan Mihailović, Tomaž Mertelj, "Orbitally driven insulator-metal transition in Cu₂S₄: temperature-dependent transient reflectivity study", *Physical review. B*, 2020, **101**, 16, 165134. [COBISS.SI-ID 27075075]
 48. Nadežda Stanković, Marko Nikolić, Branislav Jelenković, Nina Daneu, Jelena Maletaškić, Marija Prekajski Đorđević, Branko Matović, "Luminescence properties of Eu³⁺ activated Y₂MoO₆ powders calcined at different temperatures", *Processing and application of ceramics*, 2020, **14**, 1, 71-76. [COBISS.SI-ID 33285927]
 49. Damjan Vengust, Mojca Vilfan, Aleš Mrzel, "Growth of carbon nanofibres on molybdenum carbide nanowires and their self-decoration with noble-metal nanoparticles", *Royal Society open science*, 2020, **7**, 9, 200783. [COBISS.SI-ID 30830851]
 50. Zoran M. Jovanović, Nicolas Gauquelin, Gertjan Koster, Juan Rubio-Zuazo, Philippe Ghosez, Johan Verbeeck, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Simultaneous heteroepitaxial growth of SrO (001) and SrO (111) during strontium-assisted deoxidation of the Si (001) surface", *RSC advances*, 2020, **10**, 52, 31261-31270. [COBISS.SI-ID 45579523]
 51. Abhimanyu Rana, Chuan Liu, Gertjan Koster, Hans Hilgenkamp, "Resistive switching studies in VO₂ thin films", *Scientific reports*, 2020, **10**, 3293. [COBISS.SI-ID 46958595]
 52. M. T. Do, Nicolas Gauquelin, Le Minh Nguyen, J. Wang, Jo Verbeeck, F. Blom, Gertjan Koster, Evert P. Houwman, Guus Rijnders, "Interfacial dielectric layer as an origin of polarization fatigue in ferroelectric capacitors", *Scientific reports*, 2020, **10**, 7310. [COBISS.SI-ID 46635779]

OBJAVLJENI STROKOVNI PRISPEVEK NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. R. Zhou *et al.* (11 avtorjev), "Polarization effects in ferroelectric gate AlGaIn/GaN high electron mobility transistors", V: *ISPSD 2020, 32nd International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs, September 13-18, 2020*, Proceedings, IEEE, 2020, 329-332. [COBISS.SI-ID 46955779]

OBJAVLJENA ZNANSTVENA PRISPEVKA NA KONFERENCI

1. Katja Traven, Mark Češnovar, Srečo D. Škapin, Vilma Ducman, "Evaluation of fly ash-based alkali activated foams at room and elevated temperatures", V: *2nd International Conference on Technologies & Business Models for Circular Economy*, Proceedings, Maribor Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, 2020, 23-34. [COBISS.SI-ID 16695299]
2. Tina Radošević, Anja Černoša, Manca Kovač Viršek, Martina Kocijan, Damjan Vengust, Cene Gostinčar, Aleš Mihelič, Nina Gunde-Cimerman, Sašo Šturm, Matejka Podlogar, "Razgradnja tekstilnih mikroplastičnih

vlaklen s fotokatalizo in glivami", V: *Vodni dnevi 2020, 17.-18. september 2020, Rimske Toplice, Kongresni center Rimske terme*, zbornik referatov, Slovensko društvo za zaščito voda, 2020, 203-213. [COBISS.SI-ID 50533123]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Janvit Teržan, *Delna oksidacija propena z molekularnim kisikom na katalizatorjih CuO_x/SiO₂, modificiranih z alkalijskimi kovinami*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Matjaž Spreitzer; somentor Petar Djinović). [COBISS.SI-ID 47628803]

ODSEK ZA BIOKEMIJO, MOLEKULARNO IN STRUKTURNO BIOLOGIJO

B-1

Raziskovalne aktivnosti sodelavcev odseka so v glavnem osredotočene na študije fiziološke vloge proteaz in njihovih endogenih inhibitorjev v normalnih in patoloških pogojih, na mehanizem njihovega delovanja in regulacije ter na njihove preostale lastnosti in strukturo. Ker je mehanizem delovanja proteaz na molekularni ravni samo delno razumljen, saj poznamo samo del fizioloških substratov za omejeno število proteaz, ostaja na tem področju še veliko dela.

Raziskave proteaz so se v zadnjem desetletju močno povečale, največ zaradi hitrega razvoja novih tehnologij, kot so kvantitativna proteomika, slikanje *in vivo* ter povečana uporaba živalskih 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 razumevanja, da so proteaze ključne molekule za signalizacijo. Njihova katalitska aktivnost je natančno regulirana, in sicer prek aktivacije zimogenov in z endogenimi proteinskimi inhibitorji. Kakršnokoli neravnovesje v regulaciji proteaz lahko pripelje do patoloških stanj, kot so avtoimunske bolezni, rak, srčno-žilne, nevrološke in nevrodegenerativne bolezni. Tako so proteaze zelo pomembne tarče za razvoj terapevtikov.

V študijah o raku smo pokazali, da lizomorfni detergent L-levcil-levcin metil ester (LLOMe) vpliva na celično smrt, njegov vpliv pa je odvisen od ravni aktivnosti katepsina C. Pokazali smo, da z izbitjem gena za stefin B primarne mišje celice raka dojke postanejo bolj občutljive na celično smrt, ne da bi to vplivalo na sproščanje katepsinov. Nasprotno pa hkratna odstranitev katepsinov B in L ščiti mišje embrionalne fibroblaste pred celično smrtjo. Vendar pa se zdi, da ta spojina ni primerna kot učinkovina za zdravljenje raka, saj zaradi izredne občutljivosti monocitov na LLOMe obstaja tveganje za sistemsko toksičnost (Kavčič in sod., 2020).

Kot vemo iz študij na živalskih modelih raka, lahko specifične inhibitorje proteaz uporabimo za tarčno dostavo zdravil. Potrdili smo že, da lahko selektivno tarčimo katepsine z liposomi, konjugiranimi s stefinom A tako *in vitro* kot *in vivo*. Prav tako smo pokazali potencial tega pristopa za diagnostiko in zdravljenje raka. V zadnjem letu smo zbrali spoznanja iz teh študij v preglednem članku (Vizovišek in sod., 2020), kjer smo podali strokovno mnenje o potencialu cisteinskih katepsinov kot terapevtskih tarč v vnetnih procesih in povezanih boleznih. Opisali smo direktno tarčenje katepsinov in njihovo posredno uporabo v diagnostiki. Tarčenje cisteinskih katepsinov še ni bilo uporabljeno v kliniki – ta neuspeh pripisujemo različnim stranskim učinkom in/ali pomanjkanju ustreznih biomarkerjev. To področje se zdaj razvija tudi v smer diagnostičnega slikanja, aktivacije zdravilnih učinkovin in konjugatov zdravila s protitelesi za tarčno dostavo zdravil. Prihodnost je v izboljšanih molekularnih orodjih in terapevtskih konceptih, ki bodo našli široko območje uporabe v diagnostiki in terapiji.

V nadaljevanju naših študij specifičnosti proteaz smo proteomsko okarakterizirali cisteinske proteaze gingipaine, ki povzročajo periodontitis (Hočevár in sod., 2020). Gingipaina HRgpA in RgpB sta specifična za Arg, medtem ko je Kgp gingipain specifičen za Lys. Skupaj lahko cepijo velik nabor proteinov in pomembno prispevajo k razvoju periodontitisa. Da bi boljše razumeli molekularne mehanizme razgradnje tkiva dlesni, smo opazovali proteolizo z gingipainom, ki poteka na celični površini človeških epiteljskih celic dlesni [telomerazni imortalizirani gingivalni keratinociti (TIGK)]. Z masno spektrometrijo smo raziskali celoten šedom/degradom površinskih proteinov celic TIGK z več vrstami *P. gingivalis*, ki se razlikujejo v ekspresiji gingipainov in z očiščenimi gingipaini. To je bila prva globalna proteomska analiza gingipainov na celični membrani. Večina identificiranih substratov gingipaina so bile molekule, ki sodelujejo pri celični adheziji, kar nakazuje, da bi gingipaini lahko povzročali poškodbo tkiva s cepitvijo medceličnih kontaktov, kar bi vodilo v odcepitev celic in posledično v anoikis, posebno obliko programirane celične smrti.

V preglednem članku (Biasizzo in Kopitar Jerala, 2020) smo razpravljali o povezavi med inflamatom NLRP3 in avtofagijo. Inflamatom NLRP3 je namreč citosolni večproteinski kompleks, ki inducira vnetje in piroptotsko celično smrt kot odgovor tako na patogene kot na endogene aktivatorje. To vodi do nastanka inflamatomskega kompleksa, kar sproži aktivacijo kaspaze 1, čemur sledi cepitev in sproščanje proinflammatoryh citokinov. Pretirana aktivacija NLRP3 inflamasoma lahko prispeva k razvoju vnetnih boleznih in raka. Avtofagija je znotrajcelični proces bistvenega pomena, ki reciklira in odstrani poškodovane proteine in organele ter uniči znotrajcelične patogene. Nepravilno delovanje avtofagije lahko vodi do bolezni s povečanim vnetjem in prekomerno aktivacijo inflamasoma NLRP3. Avtofagija tako služi kot glavni regulator inflamatomov, saj se s tem procesom lahko odstrani aktivatorje inflamasoma NLRP3 ali njegove komponente in citokine ter tako zmanjša aktivacijo inflamasoma.

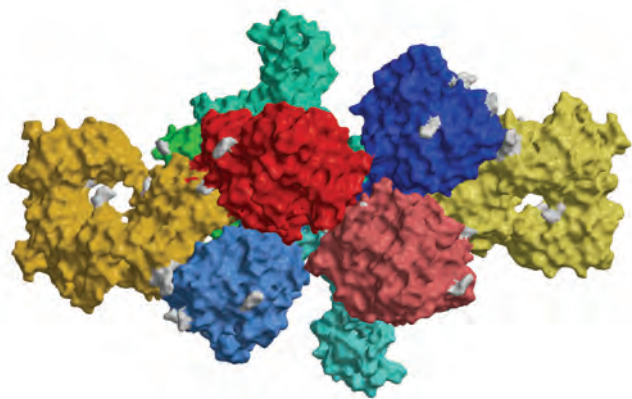


Vodja:

prof. ddr. Boris Turk

V sodelovanju z Joelom Selkriгом in Athanasiosom Tymasom (EMBL Heidelberg, Nemčija) smo poročali, da se pri okužbi z bakterijo *Salmonella enterica Typhimurium* lizosomalni cisteinski katepsini razmeščajo v zunajcelični prostor in v jedro. V Tymasovem laboratoriju so uporabili proteomski pristop, da so selektivno določili količino novo sintetiziranih proteinov gostitelja med okužbo. Ugotovili so, da je aktivnost katepsinov v jedru potrebna za piroptotsko celično smrt prek nekanonične poti aktivacije inflammasoma. Tako farmakološka inhibicija katepsinov kot tudi usmerjanje katepsinskega inhibitorja stefina B v jedro sta zavrla celično smrt, povzročeno z okužbo *S. enterica Typhimurium*. Prav tako smo pokazali, da je inhibicija katepsinov zmanjšala izražanje gasdermina D, ki je ključen protein piroptotske celične smrti (Sekrig in sod., 2020).

Poleg cisteinskih katepsinov naša skupina raziskuje tudi različne vidike njihovih endogenih inhibitorjev, steffinov in cistatinov. Stefini nam na primer služijo kot modelni proteini za raziskave zvižanja in agregacije proteinov. Tako smo določili učinek polifenolov in vitamina C ter nekaterih drugih antioksidantov na proteinsko agregacijo (Jahič in sod., 2020). Polifenoli, kot je kurkumin, inhibirajo proteinsko agregacijo, kar morda razloži njihovo nevroprotektivno vlogo, saj pride v nevrodegenerativnih boleznih do napačnega zvitja in agregacije. Amiloidogeni protein stefin B nam služi kot prototip amiloidogenih proteinov, raziskujemo pa tudi njegovo morebitno vlogo pri tvorjenju por v membrane. V ta namen sodelujemo z biofiziki (Laboratorij prof. Štrancarja) in se z visoko ločljivo mikroskopijo nadejamo videti proteinske oligomere v interakciji s celičnimi membranami.



Slika 1: Tiroglobulin je dimerna molekula, sestavljena iz dveh polipeptidnih verig. Na sliki je prikazana površina, obarvana glede na regije, in sicer N-terminalna (modra), jedro (svetlo modra), krilo (zelena), roka (rumena), C-terminalna (rdeča). Verigi se razlikujeta v barvnem kontrastu, ena ima jasne barve, druga pa zabrisane.

Najpomembnejše delo, ki je pripeljalo do določitve 3D strukture človeškega tiroglobulina – prekursorja ščitničnih hormonov, ki so ključnega pomena za rast, razvoj in nadzor metabolizma pri vretenčarjih –, smo opravili v sodelovanju s skupino Jana Loeweja z MRC v Cambridgeu, Združeno kraljestvo (Coscia in sod., 2020). S krioelektronsko mikroskopijo smo določili strukturo celotnega človeškega tiroglobulina z resolucijo približno 3,5 Å. Identificirali smo vse hormonogenske tirozinske pare v strukturi in jih potrdili z uporabo mestnospecifične mutageneze ter testov produkcije hormonov *in vitro* s človeškim tiroglobulinom, izraženim v celični liniji HEK293T. Naša analiza je razkrila, da so bližina tirozinov, njihova fleksibilnost in izpostavljenost topilu ključne lastnosti hormonogenskih mest. Reakcijska mesta smo prenesli s tiroglobulina na konstruirani tirozinski par donor-akceptor v nesorodnem bakterijskem maltoza-vezavnem proteinu, kar je privedlo do hormonske produkcije, ki je po učinkovitosti primerljiva s tiroglobulinsko. Naša raziskava tako doprinaša osnovo za nadaljnje razumevanje produkcije in regulacije ščitničnih hormonov.

Poleg tega je skupina za strukturno biologijo določila več struktur bakterijskih encimov, kar lahko doprinese k razvoju novih antibakterijskih učinkovin. V iskanju novih tarč za zdravila pri človeškem patogenu *S. aureus* smo tako raziskovali peptidoglikan N-acetilglukozaminidaze, katere struktura je sestavljena iz dveh domen in tvori režo z aktivnim mestom v obliki črke V. Združeni vpogledi iz kristalnih struktur, podprti z mestnospecifično mutagenezo, modeliranjem in molekulske dinamiko, so nam omogočili, da smo pojasnili mehanizem vezave substratov pri encimih SagB in AtLA-gI. Ta mehanizem zahteva zdrs domene iz odprte oblike, ki jo vidimo v njihovih kristalnih strukturah, v zaprto obliko, kamor se vežejo polisaharidni substrati. Menimo, da morata biti ti dve hidrolazi nenavadno fleksibilni, da lahko cepita rigidno strukturo bakterijske celične stene (Pintar in sod., 2020). Druga tarča je bil protein SecA, ena glavnih komponent splošnega bakterijskega sekrecijskega sistema. Ta protein je ATPaza, ki sklopi hidrolizo nukleotidov s translokacijo proteinov. Nekateri gram pozitivni patogeni imajo še drugi paralog – protein SecA2, ki izvažata drugačen nabor substratov, in sicer večinoma faktorje virulence. Da bi določili lastnosti, po katerih se SecA2 razlikuje od drugih encimov SecA, smo določili kristalno strukturo SecA2 iz *Clostridioides difficile*, ki je pomemben bolnišnični patogen, v apo in ATP- γ -S-vezani obliki (Lindič in sod., 2020).

Poleg opisanih projektov sodelujemo tudi z mnogimi drugimi raziskovalnimi skupinami tako v Sloveniji kot v tujini (Nemčija, Madžarska, Hrvaška, Poljska, Združeno kraljestvo, Nizozemska, Japonska in ZDA).

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Kavčič, N., Butinar, M., Sobotič, B., Hafner Česen, M., Petelin, A., Bojič, L., Zavašnik-Bergant, T., Bratovš, A., Reinheckel, T., Turk, B., Intracellular cathepsin C levels determine sensitivity of cells to leucyl-leucine methyl ester-triggered apoptosis, *FEBS journal*, 2020, **287**, 23, 5148-5166
2. Selkrig, J., Li, N., Hausmann, A., Mangan, M. S. J., Zietek, M., Mateus, A., Bobonis, J., Sueki, A., Imamura, H., El Debs, B., Sigismondo, G., Florea, B. I., Overkleef, H. S., Kopitar-Jerala, N., Turk, B., Beltrao, P., Savitski, M.

- M., Latz, E., Hardt, W. D., Krijgsveld, J., Typas, A., Spatiotemporal proteomics uncovers cathepsin-dependent macrophage cell death during Salmonella infection, *Nature Microbiology*, 2020, 5, 1119-1133
3. Coscia, F., Taler-Verčič, A., Chang, V. T., Sinn, L., O'reilly, F. J., Izoré, T., Renko, M., Berger, I., Rappsilber, J., Turk, D., Löwe, J., The structure of human thyroglobulin, *Nature*, 2020, 578, 627-630

Patenta

1. Stephen James Moore, Margaret Thy Luu Nguyen, Daniel Robert Hostetter, Olga Vasiljeva, Jeanne Grace Flandez, Substrates of matrix metalloproteinase and other cleavable moieties and methods of use thereof, AU2014324884 (B2), Australian Patent Office, 26. 3. 2020
2. James William West, Li Mei, Stephen James Moore, Margaret Thy Luu Nguyen, Daniel Robert Hostetter, Olga Vasiljeva, Jason Sagert, Jonathan Terrett, Anti-PDL1 antibodies, activatable anti-PDL1 antibodies, and methods of use thereof, US10669339 (B2), US Patent Office, 2. 6. 2020

MEDNARODNI PROJEKTI

- Dobava DPPI encima in plačilo licenčnine
Prozymex A/S
prof. dr. Dušan Turk
- COST CA 15203; Mapiranje mitohondrijev: Evolucija-Starost-Spol-Življenjski stil-Okolje
COST Office
prof. dr. Nataša Kopitar - Jerala
- COST CA15124; NEUBIAS - Nova mreža evropskih analitikov bioloških slik za napredek pri zajemanju slik v bioznanostih
COST Office
doc. dr. Tina Zavašnik Bergant
- COST CA15214; Integrativna akcija za multidisciplinarnе študije celičnih strukturnih mrež
COST Office
prof. dr. Nataša Kopitar - Jerala
- Vloga cistatinov pri nevroinflamaciji
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Nataša Kopitar - Jerala
- Molekularno genetski bioznačevalci in mehanizmi neodzivnosti na biološko zdravljenje z anti-TNF bolnikov s kroničnimi imunskimi boleznimi
prof. dr. Boris Turk
- Strukturni vpogled v mehanizem tvorbe površine bakterije *Clostridium difficile*
prof. dr. Dušan Turk
- Inhibicija prenove celične stene *Staphylococcus aureus*
prof. dr. Dušan Turk
- Vloga legumaina pri infekciji in vnetju
prof. dr. Marko Fonovič
- Vloga cisteinskih katapsinov pri aktivaciji komplementa pri raku
prof. dr. Boris Turk
- Kako Gram-pozitivni patogeni preprečijo delovanje E-kadherina
prof. dr. Boris Turk
- Neinvazivna diagnostika pri raku na osnovi katapsinov
prof. dr. Boris Turk
- Človeški katapsin F: nenavadna cisteinska proteaza udeležena v nevrodegeneraciji
prof. dr. Veronika Stoka
- PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)
prof. dr. Boris Turk
- Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Boris Turk
- Lisosomalne proteinaze pri semaforin signaliziranju in celični polarnosti
prof. dr. Boris Turk

PROGRAMA

- Strukturna biologija
prof. dr. Dušan Turk
- Proteoliza in njena regulacija
prof. dr. Boris Turk

PROJEKTI

- Preprečevanje rezistence tumorskih celic na antiproteazno terapijo z inhibitorji katapsina X
prof. dr. Boris Turk

VEČJI NOVI POGODBENI DELI

- Sodelovanje na področju kvantifikacija celičnih proteinov s proteomsko LC-MS/MS analizo
Lek, d. d.
prof. dr. Marko Fonovič
- Proteomske analize
prof. dr. Marko Fonovič

OBISKI

- Nora Diéguez Martínez, Barcelona University (UAB), Barcelona, Španija, 13. 1.-14. 3. 2020
- Gian Pietro Pietri, Univerza na Reki, Reka, Hrvaška, 3.-10. 10. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

Na odseku imamo redne tedenske seminarje, na katerih raziskovalci poročajo o svojem delu.

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Nataša Kopitar-Jerala, 7. Slovenski pulmološki, alergološki in imunološki kongres, 10.-12. 12. 2020 (1) (virtualno)

- Nataša Lindič, Aleksandra Usenik, 7th International C. difficile Symposium (ICDS 2020), 30. 9.- 4. 11. 2020 (1) (virtualno)
- Jure Loboda, Livija Tušar, Dan biomolekularnih znanosti, 24. 9. 2020 (1) (virtualno)
- Sara Pintar, 3rd Bacterial Cell Biology Conference, Nassau, Bahami, 26.- 29. 2. 2020 (1)
- Veronika Stoka, TransSYS Online Training School, 22.- 27. 11. 2020 (virtualno)
- Veronika Stoka, Springer Nature Experiments: How to find the protocols and methods you need for your research, 4. 12. 2020 (virtualno)
- Veronika Stoka, Cancers. Epigenetic and Metabolic Alterations in the Tumor Microenvironment I, 15. 12. 2020 (virtualno)
- Veronika Stoka, Cancers. Epigenetic and Metabolic Alterations in the Tumor Microenvironment II, 16. 12. 2020 (virtualno)
- Veronika Stoka, Signaling and Metabolic Cross-talk in the Tumor Microenvironment, 18. 12. 2020 (virtualno)
- Eva Žerovnik, 4. Ulm Meeting 'Biophysics of Amyloid Formation, Ulm, Nemčija, 17.- 20. 2. 2020
- Eva Žerovnik, Protein Homeostasis in Health and Disease, 11.-14. 11. 2020 (1) (virtualno)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Nežka Kavčič: International Centre for Generic Engineering and Biotechnology (ICGEB), Trst, Italija, od 1. 10. 2020 (podoktorsko izpopolnjevanje)
2. Jure Loboda: Elettra-Synchrotron Light Laboratory, Italija, 13. 10. 2020 (meritve)
3. Matej Novak: Elettra-Synchrotron Light Laboratory, Italija, 13. 10. 2020 (meritve)

4. Boris Turk: University of Uppsala, Uppsala, Švedska, 11.–14. 2. 2020 (delovni obisk)
5. Dušan Turk: Research Centre of the Helmholtz Association, Hamburg, Nemčija, 29. 1.–12. 2. 2020 (meritve)
6. Dušan Turk: Research Centre of the Helmholtz Association, Hamburg, Nemčija, 15. 9.–7. 10. 2020 (meritve)
7. Aleksandra Usenik: Elettra-Synchrotron Light Laboratory, Italija, 13. 10. 2020 (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. Andrej Šali, doktor znanosti, 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. Andreja Bratovš
13. dr. Katarina Karničar
14. dr. Nežka Kavčič
15. dr. Nataša Lindič
16. dr. Georgy Mikhaylov
17. *dr. Sara Pintar, odšla 1. 8. 2020*
18. dr. Jure Pražnikar*
19. *dr. Vida Putzdar, upokojitev 16. 1. 2020*
20. *dr. Ajda Taler-Verčič*, odšla 1. 10. 2020*
21. dr. Aleksandra Usenik
22. dr. Robert Vidmar

Mlajši raziskovalci

23. Monika Biasizzo, mag. biokem.
24. Ana Ercegovič Rot, mag. lab. biomed.
25. Marija Grozdanič, master fizik. kemije, R Srbija
26. Urban Javoršek, mag. biokem.
27. Matej Kolarič, mag. biokem.
28. Jure Loboda, mag. farm.
29. Petra Matjan Štefin, dr. vet. med.
30. Matej Novak, mag. farm.
31. Tilen Sever, mag. mol. funkc. biol.
32. Mojca Trstenjak Prebenda, univ. dipl. kem.
33. Eva Vidak, mag. biokem.
34. Miki Zarič, mag. mol. funkc. biol.

Strokovni sodelavci

35. Marinka Horvat, univ. dipl. bioteh.
36. Andreja Sekirnik, univ. dipl. kem.
37. Ivica Štefe, univ. dipl. kem.

Tehniški in administrativni sodelavci

38. Maja Orehek, univ. dipl. etn. in antr. kult.
39. Dejan Pelko
40. 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 Investigacion Principe Felipe, Valencia, Španija
4. Commissariat a l'Energie 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 Zürich, Zürich, Švica
19. Universitat Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Valles, Španija
20. University of Lund, Lund, Švedska

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Miha Bahun, Marko Šnajder, Dušan Turk, Nataša Poklar Ulrih, "Insights into the maturation of pennisin, a subtilisin-like protease from the hyperthermophilic archaeon *Aeropyrum pernix*", *Applied and environmental microbiology*, 2020, **86**, 17, e00971-20. [COBISS.SI-ID 21292035]
2. Magali Humbert *et al.* (18 avtorjev), "Assessing autophagy in archived tissue or how to capture autophagic flux from a tissue snapshot", *Biology*, 2020, **9**, 3, 59. [COBISS.SI-ID 33275431]
3. Danique Giesen, Linda N. Broer, Marjolijn N. Lub-de Hooge, Irina Popova, Bruce Howng, Margaret Nguyen, Olga Vasiljeva, Elisabeth G. de Vries, Martin Pool, "Probody therapeutic design of 89Zr-CX-072 promotes accumulation in PD-L1-expressing tumors compared to normal murine lymphoid tissue", *Clinical cancer research*, 2020, **26**, 15, 3999-4009. [COBISS.SI-ID 24417283]
4. Sara Pintar, Jure Borišek, Aleksandra Usenik, Andrej Perdih, Dušan Turk, "Domain sliding of two *Staphylococcus aureus* N-acetylglucosaminidases enables their substrate-binding prior to its catalysis", *Communications biology*, 2020, **3**, 178. [COBISS.SI-ID 33308455]
5. Nežka Kavčič, Miha Butinar, Barbara Sobotič, Maruša Hafner Česen, Ana Petelin, Lea Bojič, Tina Zavašnik-Bergant, Andreja Bratovš, Thomas Reinheckel, Boris Turk, "Intracellular cathepsin C levels determine sensitivity of cells to leucyl-leucine methyl ester-triggered apoptosis", *FEBS journal*, 2020, **287**, 23, 5148-5166. [COBISS.SI-ID 66218499]
6. Katarina Hočevar, Matej Vizovišek, Alicia Wong, Joanna Lubos-Kozielec, Marko Fonovič, Barbara Potemba, Richard J. Lamont, Jan Potempa, Boris Turk, "Proteolysis of gingival keratinocyte cell surface proteins by gingipains secreted from *Porphyromonas gingivalis* - proteomic insights into mechanisms behind tissue damage in the diseased gingiva", *Frontiers in microbiology*, 2020, **11**, 722. [COBISS.SI-ID 30467843]
7. Beáta Róka, Pál Tod, Tamás Kaucsár, Matej Vizovišek, Robert Vidmar, Boris Turk, Marko Fonovič, Gábor Szénási, Péter Hamar, "The acute phase response is a prominent renal proteome change in sepsis in mice", *International journal of molecular sciences*, 2020, **21**, 1, 200. [COBISS.SI-ID 30444803]
8. Pál Tod, Beáta Róka, Tamás Kaucsár, Krisztina Szatmári, Matej Vizovišek, Robert Vidmar, Marko Fonovič, Gábor Szénási, Péter Hamar, "Time-dependent miRNA profile during septic acute kidney injury in mice", *International journal of molecular sciences*, 2020, **21**, 15, 5316. [COBISS.SI-ID 30398979]
9. Nataša Lindič, Jure Loboda, Aleksandra Usenik, Robert Vidmar, Dušan Turk, "The structure of *clostridioides difficile* SecA2 ATPase exposes regions responsible for differential target recognition of the SecA1 and SecA2-dependent systems", *International journal of molecular sciences*, 2020, **21**, no 17, 6153. [COBISS.SI-ID 29419267]
10. Anja Krajnc, Aljaž Gaber, Brigita Lenarčič, Miha Pavšič, "The central region of testican-2 forms a compact core and promotes cell migration", *International journal of molecular sciences*, 2020, **21**, 24, 9413. [COBISS.SI-ID 42261507]
11. Aleš Mohorič, Janko Božič, Polona Mrak, Kaja Tušar, Lin Chenyun, Ana Sepe, Urška Mikac, Georgy Mikhaylov, Igor Serša, "In vivo continuous three-dimensional magnetic resonance microscopy: a study of metamorphosis in Carniolan worker honey bees (*Apis mellifera carnica*)", *Journal of Experimental Biology*, 2020, **223**, 21, jeb225250. [COBISS.SI-ID 32334339]
12. Francesca Coscia, Ajda Taler-Verčič, Veronica T. Chang, Ludwig Sinn, Francis J. O'Reilly, Thierry Izoré, Miha Renko, Imre Berger, Juri Rappsilber, Dušan Turk, Jan Löwe, "The structure of human thyroglobulin", *Nature*, 2020, **578**, 627-630. [COBISS.SI-ID 34720985]
13. Joel Selkrig *et al.* (21 avtorjev), "Spatiotemporal proteomics uncovers cathepsin-dependent macrophage cell death during Salmonella infection", *Nature microbiology*, 2020, **5**, 1119-1133. [COBISS.SI-ID 24208643]
14. Alma Jahič, Magda Tušek-Žnidarič, Sara Pintar, Selma Berbič, Eva Žerovnik, "The effect of three polyphenols and some other anti-oxidant substances on amyloid fibril formation by human cystatin C", *Neurochemistry International*, 2020, **140**, 104806. [COBISS.SI-ID 26233859]
15. Katja Bezek, Ana Petelin, Jure Pražnikar, Esther Nova, Noemi Redondo, Marcos Ascensión, Zala Jenko Pražnikar, "Obesity measures and dietary parameters as predictors of gut microbiota phyla in healthy individuals", *Nutrients*, 2020, **12**, 9, 2695. [COBISS.SI-ID 27489283]
16. Olga Vasiljeva, Elizabeth Menendez, Margaret Nguyen, Charles S. Craik, W. Michael Kavanaugh, "Monitoring protease activity in biological tissues using antibody prodrugs as sensing probes", *Scientific reports*, 2020, **10**, 5894. [COBISS.SI-ID 24419843]
17. Sabine Bernegger *et al.* (16 avtorjev), "A novel FRET peptide assay reveals efficient *Helicobacter pylori* HtrA inhibition through zinc and copper binding", *Scientific reports*, 2020, **10**, 10563. [COBISS.SI-ID 30406147]
18. Klemen Bučar, Jeanne Malet, Luca Stabile, Jure Pražnikar, Stefan Seeger, Matjaž Žitnik, "Statistics of a sharp GP2Y low-cost aerosol PM sensor output signals", *Sensors*, 2020, **20**, 23, 6707. [COBISS.SI-ID 40691715]
19. Marin Chomet, Maxime Schreurs, Margaret Nguyen, Bruce Howng, Ruth Villanueva, Michael Krimm, Olga Vasiljeva, Guus A. M. S. van Dongen, Danielle J. Vugts, "The tumor targeting performance of anti-CD166 Probody drug conjugate CX-2009 and its parental derivatives as monitored by ⁸⁹Zr-immuno-PET in xenograft bearing mice", *Theranostics*, 2020, **10**, 13, 5815-5828. [COBISS.SI-ID 24419331]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Bernarda Majc, Tilen Sever, Miki Zarič, Barbara Breznik, Boris Turk, Tamara Lah Turnšek, "Epithelial-to-mesenchymal transition as the driver of changing carcinoma and glioblastoma microenvironment", *Biochimica et biophysica acta. BBA, Molecular cell research*, 2020, **1867**, 10, 118782. [COBISS.SI-ID 21291011]
2. Aljaž Gaber, Brigita Lenarčič, Miha Pavšič, "Current view on EpCAM structural biology", *Cells*, 2020, **9**, 6, 1361. [COBISS.SI-ID 17857539]
3. Matej Vizovišek, Eva Vidak, Urban Javoršek, Georgy Mikhaylov, Andreja Bratovš, Boris Turk, "Cysteine cathepsins as therapeutic targets in inflammatory diseases", *Expert opinion on therapeutic targets*, 2020, **24**, 6, 573-588. [COBISS.SI-ID 28906499]
4. Monika Biasizzo, Nataša Kopitar-Jerala, "Interplay between NLRP3 inflammasome and autophagy", *Frontiers in immunology*, 2020, **11**, 591803. [COBISS.SI-ID 34284803]
5. Ajda Taler-Verčič, Marko Golčnik, Aljoša Bavec, "The structure and function of paraoxonase-1 and its comparison to paraoxonase-2 and -3", *Molecules*, 2020, **25**, 24, 5980. [COBISS.SI-ID 43242755]

STROKOVNI ČLANEK

1. Eva Žerovnik, "Vloga celičnih membran pri okužbi, pomnoževanju in sproščanju koronavirusa hudega akutnega dihalnega sindroma 2 (SARS-CoV-2)", *eSinapsa: spletna revija za znanstvenike, strokovnjake in nevroznanstvene navdušence*, 2020, 18. [COBISS.SI-ID 26238723]

PATENTA

1. Stephen James Moore, Margaret Thy Luu Nguyen, Daniel Robert Hostetter, Olga Vasiljeva, Jeanne Grace Flandez, *Substrates of matrix metalloproteinase and other cleavable moieties and methods of use thereof*, AU2014324884 (B2), Australian Patent Office, 26. 03. 2020. [COBISS.SI-ID 31659047]
2. James William West, Li Mei, Stephen James Moore, Margaret Thy Luu Nguyen, Daniel Robert Hostetter, Olga Vasiljeva, Jason Sagert, Jonathan Terrett, *Anti-PDL1 antibodies, activatable anti-PDL1 antibodies, and methods of use thereof*, US10669339 (B2), US Patent Office, 02. 06. 2020. [COBISS.SI-ID 31657255]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Andreja Bratovš, *Tarčenje tumorskega mikrookolja z nanodelci za zdravljenje in diagnostiko*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Olga Vasiljeva; somentor Boris Turk). [COBISS.SI-ID 24825347]
2. Katarina Hočevar, *Vloga zunajceličnih cisteinskih proteaz pri procesiranju membranskih proteinov*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Boris Turk). [COBISS.SI-ID 32520707]

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

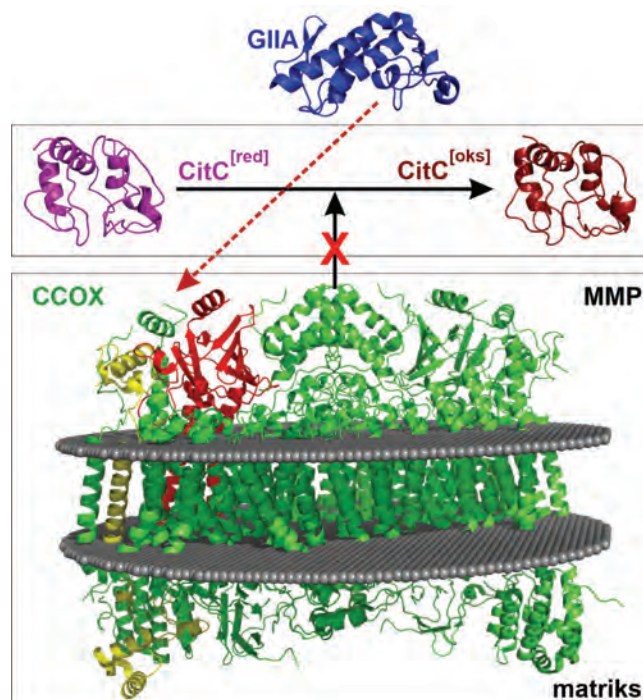
Ena od naših tradicionalnih raziskovalnih tem na področju toksinologije je proučevanje molekulskih mehanizmov toksičnega delovanja sekretornih fosfolipaz A₂ (sPLA₂), ki so v živalskih strupih. Še posebej smo osredotočeni na tiste, ki so presinaptično nevrotoksični (β-nevrotoksini). Znanje, ki ga pridobimo s proučevanjem toksičnih sPLA₂, nam pomaga bolje razumeti patofiziološko vlogo ortolognih sesalskih sPLA₂, na primer prispevek slednjih pri razvoju neurodegenerativnih bolezni, kot je Alzheimerjeva (AD).

V tem letu smo nadaljevali s karakterizacijo interakcije amoditoksina (Atx), nevrotoksične sPLA₂ kačjega strupa, z njenim mitohondrijskim receptorjem, citokrom c-oksidozo (CCOX), in sicer z namenom, da bi poglobili razumevanje zastrupitve motoričnega nevrona z Atx in osvetlili patofiziološko vlogo sesalske sPLA₂ skupine IIA (GIIA), ortologa Atx, v tem celičnem organelu. Pripravili smo rekombinantni AtxA, podganjo GIIA in njune encimsko neaktivne mutante D49S ter sintetizirali njihove nanogold- in Alexa-derivate. Z uporabo takšnih molekulskih orodij smo zasledovali celično razmeščanje sPLA₂ z elektronsko in fluorescenčno konfokalno mikroskopijo ter potrdili njihov vstop (internalizacijo) v celice PC12. S heterolognim kompeticijskim eksperimentom smo zasledili, da podganja GIIA le v manjšem obsegu tekmuje z vezavo Atx, označenega z izotopom ¹²⁵I (¹²⁵I-Atx), na podenoto II mitohondrijskega encima CCOX. Skladno z omenjenim pri poskusu označevanja prašičjih mitohondrijskih membran z ¹²⁵I-GIIA ni prišlo do označitve CCOX-podenote II, temveč nekega drugega proteina velikosti 20 kDa. Oba pridobljena rezultata kažeta, da je vezavno mesto za GIIA na encimskem kompleksu CCOX sicer drugačno od tistega za Atx, a se obe vezavni mesti verjetno delno prekrivata. Glede na navidezno molekulsko maso GIIA-vezavnega proteina bi lahko šlo za podenoto IV encima CCOX, ki je tudi v stiku s podenoto II v celotnem encimskem kompleksu. Pokazali smo, da GIIA inhibira aktivnost CCOX tako *in vitro* kot *ex vivo* na rezinah podganjih možganov. Na tej osnovi predpostavljamo, da je fiziološka vloga GIIA med drugim tudi regulacija produkcije ATP v mitohondrijih (slika 1). V patofizioloških pogojih, npr. pri AD, je izražanje GIIA značilno povišano in so poškodbe mitohondrijev živčnih celic zelo podobne tistim, ki jih vidimo pri mitohondrijih v živčnih končičih, zastrupljenih z Atx. Poskušamo ugotoviti, kakšna je povezava med interakcijo GIIA s CCOX in degeneracijo mitohondrijev, kar bi bilo lahko zelo pomembno za zgodnjo diagnostiko AD in tudi njeno poznejše zdravljenje.

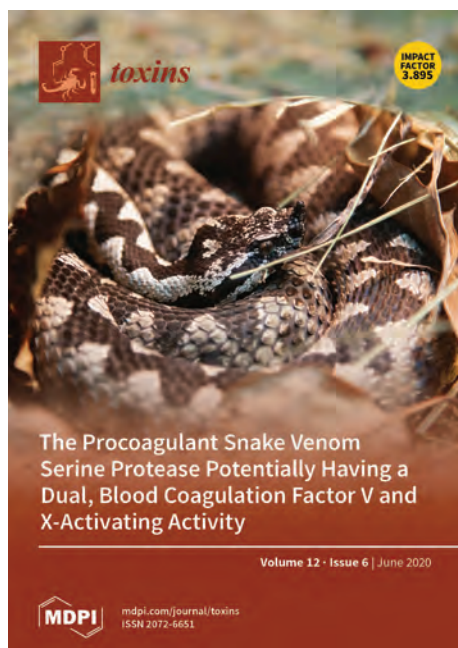
Pripravili smo tudi niz rekombinantnih človeških sPLA₂, in sicer GV in GX ter njunih encimsko neaktivnih mutant, GV(H48Q) in GX(H48Q). Omenjene proteine bomo skupaj s predhodno pripravljenimi naravnimi, mutiranimi in modificiranimi podganji ter kačjimi sPLA₂ uporabili pri elektrofizioloških poskusih za zasledovanje njihovega vpliva na nikotinske receptorje za acetilholin (nAChR). Žal nam načrtovanih eksperimentov v okviru bilateralnega projekta med Slovenijo in Rusko federacijo (BI-RU/19-20-029) zaradi pandemije koronavirusne bolezni 19 ni uspelo izvesti. Namesto tega bomo predvidene poskuse opravili v sodelovanju z novim partnerjem, laboratorijem za toksikologijo in farmakologijo Katoliške univerze v Leuvnu v Belgiji. V sodelovanju s skupino z Univerze v Padovi pa smo naš rekombinantni AtxA uporabili pri raziskavah mehanizma regeneracije končičev motoričnega aksona, degeneriranega po predhodni zastrupitvi z Atx.



Vodja:
prof. dr. Igor Krizaj



Slika 1. Predlagali smo regulacijo produkcije ATP kot dodatno fiziološko vlogo GIIA v mitohondrijih. Fosfolipaza A₂ skupine IIA, ki izvira bodisi iz kačjega strupa ali sesalske celice, vstopi v medmembranski prostor (MMP) v mitohondriju, kjer se veže na citokrom c-oksidozo (CCOX), in sicer v prvem primeru na njeno podenoto II (označena rdeče), v drugem pa verjetno na njeno podenoto IV (označena belo). V primerih obeh sPLA₂ pride z omenjeno vezavo do inhibicije encimskega delovanja CCOX - zaviranja oksidacije citokroma c (Cyt C) - in s tem do zmanjšanja tvorbe celične energije (ATP) v dihalni verigi.



Slika 2: Naslovnica junijskega izvoda revije *Toxins*, ki izpostavlja naš članek v njej. Strupi viperidnih kač so bogati s proteini, ki močno vplivajo na hemostazni sistem. Naša raziskava opisuje izolacijo, čiščenje in karakterizacijo zanimive prokoagulantne serinske proteaze iz strupa najbolj strupene vrste iz družine gadov v Evropi, modrasa (*Vipera a. ammodytes*). Učinek pospeševanja koagulacije krvi omenjenega glikoproteina, poimenovanega *VaaSP-VX*, je najverjetneje posledica sočasne aktivacije dveh koagulacijskih faktorjev krvi, V in X, prekursorjev protrombinaznega kompleksa. Edinstvena proteolitična specifičnost *VaaSP-VX*, ki je odporna tudi na inhibicijo s serpini, mu daje velik medicinski potencial, na primer za zdravljenje bolnikov s hemofilijo.

Pripravili smo še prvi osnutek preglednega članka, ki govori o protivirusnem delovanju tako endogenih sesalskih kot eksogenih sPLA₂, tj. tistih, ki so v živalskih strupih.

V letu 2020 smo nadaljevali obsežno študijo proteinov kačjih strupov, ki vplivajo na proces koagulacije krvi – hemostazo. Končno nam je uspelo pridobiti 3-letni raziskovalni projekt J1-2475, ki ga je financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS). Ta bo pospešil naše raziskave edinstvenega antikoagulantnega homologa serinske proteaze modrasovega strupa, *VaaSPH-1*, v želeni smeri priprave popolnoma novih in varnih zdravil z antikoagulantnim delovanjem.

V reviji *Toxins* (Z. Latinović *et al.*, *Toxins*, 12 (2020), 358) smo objavili rezultate raziskave *VaaSP-VX*, serinske proteaze s prokoagulantnim delovanjem iz strupa modrasa (*Vipera a. ammodytes*, *Vaa*), ki je podobno delovanju krvnega koagulacijskega faktorja VIIa. Zelo zanimivo odkritje prve prokoagulantne proteaze kačjih strupov z dvojnimi delovanjem, tj. kot aktivator dveh koagulacijskih faktorjev, V in X, je bilo tudi izbrano za prikaz na naslovnici omenjene revije (slika 2).

Izvedli smo obsežno karakterizacijo prvega predstavnika novega podrazreda P-IIIe metaloproteinaz kačjih strupov, ki sploh ne vsebuje katalitične (metaloproteinazne) domene *VaaMPIII-3*. Naši partnerji z Inštituta za molekularno genetiko in genetsko inženirstvo v Beogradu v Srbiji so pripravili ekspresijski vektor za pridobivanje ustreznega rekombinantnega proteina v bakterijskih celicah. Poleg njegove biokemijske karakterizacije smo analizirali tudi patofiziološke učinke tega edinstvenega proteina s proučitvijo njegovega vpliva na koagulacijo krvi (K. Požek *et al.*, v pripravi). Dodatno smo v okviru našega mednarodnega projekta določanja zaporedja celotnega modrasovega genoma pridobili enovit del, t. i. sosesko (angl. contig), velikosti okoli 23 kb, ki predvidoma vsebuje genski zapis za *VaaMPIII-3*. Nukleotidno zaporedje in struktura gena *VaaMPIII-3*, sestavljenega iz 10 eksonov in 9 intronov, se jasno razlikujeta od strukture gena za Eoc89-podoben protein, ki je domnevno katalitično aktivna MPIII-metaloproteinaza iz sorodne viperidne kače *Echis ocellatus*. Potrdili smo tudi, da odsotnost metaloproteinazne domene v *VaaMPIII-3* ni posledica alternativnega izrezovanja intronov v ustrezni mRNK, ampak nastane zaradi prisotnosti takšnega zaporedja, in sicer z izbrisom zapisa tako za katalitično kot tudi za večji del naslednje, dizintegrinske domene, že na ravni gena.

Zorica Latinović, naša doktorandka na tem področju raziskav, pa je za svoje doktorsko delo z naslovom *Komponente modrasovega strupa z vplivom na srčno-žilni sistem* prejela posebno Krkino pohvalo.

V sodelovanju s kolegi z Univerze v Zagrebu (UZ) smo proučevali toksično delovanje strupa dokaj redkega hrvaškega Ursinijevega gada (*Vipera ursinii macrops*, *Vum*) in natančno opisali njegov proteomski profil. Omenjena vrsta gada sicer ni medicinsko pomembna, a je njena ekološka niša zelo posebna in zato vrsti grozi izumrtje. Naši podatki so odprli pot do razkritja edinstvene insekticidne aktivnosti njenega strupa, ki bi lahko privedlo do razvoja novih pesticidov. S primerjavo patoloških lastnosti strupov *Vum* in *Vaa* ter proteomov obeh strupov smo nakazali na prisotnost nevrotoksinov v strupih viperidnih kač, ki strukturno niso sPLA₂ (M. Lang Balija *et al.*, *Toxins*, 12 (2020), 187).

Skupaj z raziskovalci z Veterinarske fakultete Univerze v Ljubljani (UL) smo zaključili raziskavo prvih proteinov Kunitzovega tipa iz viperidnih strupov, ki ojačajo živčno-mišični prenos, in pridobljene rezultate objavili (S. Drogenik *et al.*, *Toxicon*, 187 (2020), 262–270). V omenjeni raziskavi smo karakterizirali proteine Kunitzovega tipa v modrasovem strupu. Ti proteini, imenovani *VaaChi*, močno inhibirajo serinske proteaze, še zlasti kimotripsin. Še posebej zanimivo pa je, da tudi pospešujejo živčno-mišični prenos na podoben način kot α -dendrotoksin. Prav tako občutno povečajo amplitudo posredno izzavane enostavne mišične kontrakcije mišje hemidiafragme ter amplitude potencialov motorične ploščice (angl. EPPs) in miniaturnih potencialov motorične ploščice (angl. MEPPs). *VaaChi* so tako proteini Kunitzovega tipa z dvojno vlogo, ki smo jo prvič doslej sploh zasledili pri proteinih tega tipa v strupih kač iz družine gadov. Molekulskega mehanizma, odgovornega za pospeševanje živčno-mišičnega prenosa na osnovi molekule *VaaChi*, še ne poznamo. Kaže pa, da blokiranje K⁺-kanalov, ki je osnova delovanja α -dendrotoksina, v tem primeru ni zelo verjetno. Za opravljeno delo na omenjeni problematiki je študentka Sabina Drogenik prejela Prešernovo nagrado za študente UL.

S kolegi s Centra za klinično toksikologijo in farmakologijo Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana (UKCL) smo raziskovali zanimiv klinični učinek, in sicer globoko, prehodno in reverzibilno trombocitopenijo funkcionalnih trombocitov pri bolnikih, zastrupljenih z modrasovim strupom. Pri trombemboličnih boleznih, kot sta miokardni infarkt in ishemična možganska kap, imajo trombociti osrednjo vlogo. Obstoječa protitrombocitna zdravila imajo en skupni stranski učinek – zmanjšano število trombocitov, katerih delovanje je zavrto. Takšno stanje pomeni 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 protitrombotičnih učinkovin, ki bi zmanjšale tveganje za nevarne krvavitve pri takšnem pristupu 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 (imenovani snaclec-i). Za poglobitev omenjenih raziskav smo v letu 2020 pridobili 3-letni raziskovalni projekt J3-2534, ki ga je financiral ARRS.

V okviru raziskovalne mreže, in sicer s strokovnjaki z UKCL, Univerzitetne bolnišnice in Univerze v Splitu, UZ in iz naše skupine, smo analizirali vzorce bolnikov, ki so bili zastrupljeni z modrasovim strupom in so jih zdravili z različnimi protistrupi. V reviji *Clinical Toxicology* smo poslali v objavo znanstveni članek, ki predlaga nove usmeritve za učinkovito imunoterapijo zastrupitve z modrasovim strupom (T. Kurtović *et al.*, poslano).

Letos smo se pridružili akciji COST European Venom Network (CA19144 - EUVEN), kar za nas pomeni tudi odlično priložnost za vzpostavitev novih mednarodnih sodelovanj.

Lipidni metabolizem in signalizacija

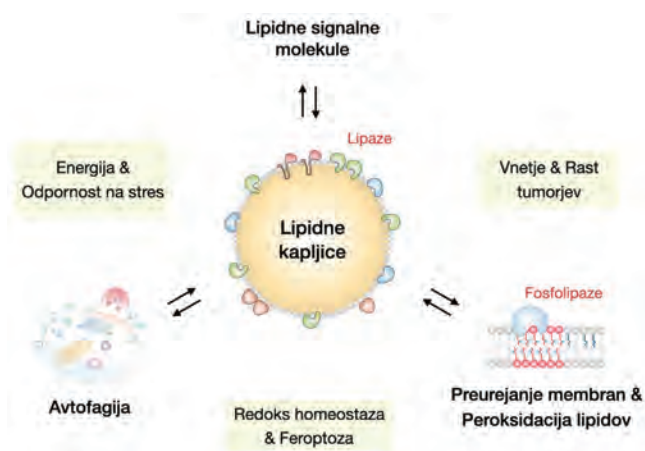
Pri delu na področju lipidnega metabolizma in signalizacije se osredotočamo na prepoznavanje presnovnih in signalnih poti, ki so vpletene v regulacijo prevzema, transporta in porabe lipidov v rakavih celicah. Odpornost rakavih celic na stres je odvisna od razpoložljivosti zunajceličnih lipidov in njihove sposobnosti sintetiziranja, mobilizacije in recikliranja lastnih znotrajceličnih lipidov. S proučevanjem načinov, kako rakave celice uporabljajo lipide, želimo zmanjšati njihovo izjemno sposobnost prilagajanja negostoljubnemu tumorskemu mikrookolju in tako zmanjšati rast tumorja, metastaziranja in odpornost rakavih celic na terapijo.

Leta 2020 smo se pri našem eksperimentalnem delu osredotočili na zaključne študije o vpletenosti lipidnih kapljic v proizvodnji lipidnih mediatorjev, kot so prostaglandini in levkotrieni, ki so znani pospeševalci vnetja in tumorigeneze (slika 3). Ugotovili smo, da lipidne kapljice začasno shranjujejo in uravnavajo sproščanje večkrat nenasičenih maščobnih kislin, ki so potrebne za proizvodnjo lipidnih vnetnih mediatorjev. Naše delo je pomembno predvsem zato, ker razkriva, da lahko ciljanje lipidnega metabolizma pri raku pomeni novo strategijo za zmanjšanje vnetja in tumorigeneze, ki je povezana z vnetjem. Pomembnost pridobljenih preliminarnih rezultatov se je že potrdila s tem, ko je ARRS v letu 2020 dodelila Evi Jarc Jovičič podoktorski raziskovalni projekt (Z3-2650).

Nadaljevali smo tudi delo na ARRS-ovem raziskovalnem projektu J7-1818 (Tarčno ciljanje metabolizma lipidnih kapljic za učinkovito zmanjševanje odpornosti rakavih celic na stres), v okviru katerega raziskujemo povezave med avtofagijo in lipidnimi kapljicami v rakavih celicah. Leta 2020 smo začeli tudi delati na novem in obetavnem raziskovalnem področju vloge lipidnih kapljic pri zaščiti rakavih celic pred feroptozo, posebno obliko celične smrti, ki jo povzročata peroksidacija lipidov. Naša prizadevanja za mreženje na tem področju so dobila pomemben zagon s pridružitvijo akciji COST - Pan-European Network in Lipidomics and EpiLipidomics (CA19105 - EpiLipidNET). Prav tako smo prejeli nepovratna sredstva za izvedbo celovite proteomske raziskave v sklopu raziskovalne mreže INSTRUCT-ERIC (PID13338 - Identifikacija feroptotičnih modulatorjev, povezanih z lipidnimi kapljicami pri raku). Znanstvena skupnost je zelo dobro sprejela naše delo na področju lipidnih kapljic, kar je razvidno iz hitrega naraščanja števila citatov naših del in odmeva vabljenih predavanj Tonija Petana na 15. znanstvenem simpoziju CFGBC in na 1. srečanju COST EpiLipidNet. Eva Jarc Jovičič pa je za doktorsko disertacijo z naslovom *Vloga lipidnih kapljic pri odpornosti rakavih celic na stres* prejela tudi posebno Krkino pohvalo.

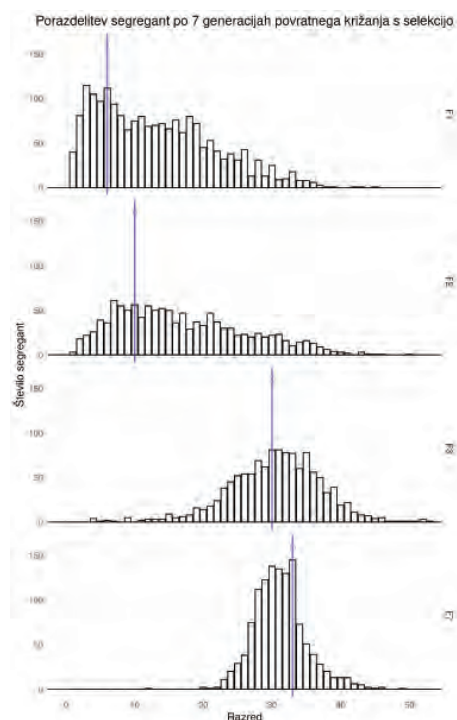
V okviru posebne izdaje revije *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology* na temo organeli v bolezni smo objavili vabljene pregledni članek z naslovom Lipid droplets in cancer (T. Petan, *Rev. Physiol. Biochem. Pharm.*, (2020), PMID 33074407). V obsežnem delu razpravljamo o novih dokazih, ki kažejo, da so lipidne kapljice pomemben del presnovnega reprogramiranja raka. Raziskujemo, kako ti z maščobami založeni, a zelo dinamični organeli združujejo vnos, sintezo, recikliranje, distribucijo in razgradnjo lipidov z namenom, da bi prepleten lipidni metabolizem povezali z zahtevami rakavih celic po preživetju, rasti in metastaziranju. Osredotočili smo se na mehanizme, ki uravnavajo funkcije lipidnih kapljic med metaboličnim stresom, in razkrivali njihove povezave z avtofagijo in feroptotično smrtjo celic. Na koncu razpravljamo še o tem,

Živalski strupi so bogat vir novih učinkovin in molekularnih orodij za izboljšanje zdravja ljudi in živali.



Slika 3: Lipidne kapljice so organeli, ki povezujejo presnovne poti z vnetjem in odpornostjo rakavih celic na stres. Lipidne kapljice so v središču našega raziskovalnega dela. Ti organeli niso le skladišča za shranjevanje maščob, temveč aktivni modulatorji lipidne peroksidacije, avtofagije in tvorbe vnetnih lipidnih mediatorjev. Z nadzorovanjem teh pomembnih vidikov celične biologije sodelujejo pri vzdrževanju energijskega in redoks ravnotežja ter pri uravnavanju vnetja v tumorskem mikrookolju, ki pospešuje rast tumorja.

Ciljanje metabolizma lipidnih kapljic je obetavna strategija za zaviranje raka.



Slika 4: Identifikacija lokusov kvantitativnih lastnosti (QTL) halotolerance. Križali in sporulirali smo dva seva kvasovke, ki sta različno halotolerantna. Po vsaki generaciji povratnega križanja smo zbrali 1000 posameznih segregantov in z visokozmogljivostno metodo ovrednotili njihovo rast ob prisotnosti NaCl. V vsaki generaciji smo tako določili najodpornjšo segreganto in jo povratno križali s starševskim sevom. Distribucije na diagramih prikazujejo, kako se v vsaki naslednji generaciji izboljšuje povprečni fenotip populacije. Vzročne lokuse za odpornost proti NaCl smo določili na podlagi prisotnosti genomske markerjev skozi generacije povratnega križanja.

Genetika in genomika kvasovk za razvoj biotehnologije.

genomov, smo raziskali RNK-viruse v podatkovnih zbirkah bazalnih heksapodov. Odkrili smo 40 novih RNK-virusov, od katerih so nekateri prisotni tudi kot endogeni virusni elementi, ki izhajajo iz RNK-virusov. Ugotovili smo, da so bazalni heksapodi gostitelji za 14 RNK-virusnih skupin, ki so bile identificirane pri nevretenčarjih. Z bazalnimi heksapodi so povezane naslednje skupine RNK-virusov: Reo, Partiti-Picobirna, Toti-Chryso, Mono-Chu, Bunya-Arena, Orthomyxo, Qinvirus, Picorna-Calici, Hepe-Virga, Narna-Levi, Tombus-Noda, Luteo-Sobemo, Permutotetra in Flavi klada. Ugotovili smo, da so v genomih bazalnih heksapodov (so endogenizirani) predstavniki 9 skupin RNK-virusov. Naša raziskava je omogočila prvi vpogled v raznolikost RNK-viroma v bazalnih heksapodih in razkrila precej veliko raznolikost RNK virusnih skupin (S. Ott Rutar in D. Kordiš, *PeerJ*, 8 (2020), e8336).

Čebele igrajo ključno vlogo v svetovni proizvodnji hrane kot opraševalci številnih poljščin. Mnogi stresorji povzročajo upad populacij gojenih in divjih vrst čebel, npr. degradacija habitata, izpostavljenost pesticidom in patogeni. Virusi delujejo kot glavni stresorji in lahko okužijo različne čebelje vrste. Večina virusov, ki okužijo čebele, so RNK-virusi iz reda Picornavirales. Čeprav so nekateri enoveržni DNK-virusi pogosti pri žuželkah, na primer denzovirusi, jih pri čebelah doslej še niso našli. Denzovirusi pa so bili najdeni pri čmrljih in mravljah. Pokazali smo, da so denzovirusi prisotni v transkriptomu azijskih čebel (*Apis cerana*) iz južne Kitajske (S. Ott Rutar in D. Kordiš, *Acta Agric. Slov.*, 116 (2020), 383–393). Na podlagi nestrukturiranih in struktuiranih prepisov smo ugotovili genomsko strukturo denzovirusa čebeljega rodu *Apis*. Filogenetska analiza je pokazala, da novi *Apis* denzovirus spada v rod *Scindoambidensovirus* v poddružini Densovirinae. *Apis* denzovirus ima posebno, »ambisense« organizacijo genoma (tj. takšno, pri kateri proteini kodirata smiselna in protismiselna veriga DNK), ki kodira tri nestrukturirane

kako lahko neurejen metabolizem lipidnih kapljic škoduje rakavim celicam in s tem v prihodnosti ponuja zanimive terapevtske možnosti. Leta 2020 je izšel tudi naš drugi vabljeni pregledni članek na temo lipidnih kapljic, tokrat v okviru posebne izdaje revije *Biochimie* (E. Jarc and T. Petan, *Biochimie*, 169 (2020), 69–87). V njem razpravljamo o glavnih poteh regulacije dostopnosti maščobnih kislin s strani teh organelov za produkcijo lipidnih mediatorjev in aktivaciji vnetnih signalnih poti.

Prispevali smo tudi k raziskavi, ki so jo vodili kolegi s Kemijskega inštituta. Leta 2020 smo v članku, objavljenem v prestižni reviji (V.T. Ha *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 117 (2020), 25679–25689), razkrili nov mehanizem aktivacije vnetnih poti s stresom induciranih zunajceličnih veziklov, ki vsebujejo oksidirane lizofosfolipide. Ti nastanejo s sinergistično aktivnostjo encimov 15-lipoksigenaze in GIIA sPLA₂. Njihovo izražanje se med vnetjem poveča in so potencialne terapevtske tarče pri vnetnih boleznih, kot je revmatoidni artritis. Naše strokovno znanje o encimologiji sPLA₂, celični biologiji in proizvodnji rekombinantnih proteinov je bistveno prispevalo k temu pomembnemu delu.

Visokozmogljivostna genetika in funkcijska genomika pri običajni kvasovki *Saccharomyces cerevisiae*

Večina biotehnološko pomembnih lastnosti mikroorganizmov je poligenških, kar je eden od razlogov za osredotočenost naših raziskav na poligenške lastnosti kvasovk *S. cerevisiae*. Izvedli smo obsežno študijo, s katero smo pokazali, kako lahko s povratnim križanjem in visokozmogljivostno fenotipizacijo identificiramo lokuse kvantitativnih lastnosti (QTL) odpornosti proti natrijevemu kloridu (slika 4). Nadgradili smo lastno metodo iterativnega križanja genetsko raznolikih sevov kvasovke, s čimer smo določili vzročne genetske elemente za izredno visoko stopnjo acidotolerance. Nadaljevali smo z razvojem naše metode multipleks CRISPR-Cas, s čimer smo zagotovili, da imamo zdaj na voljo vse potrebne tehnologije za začetek razvoja industrijskih sevov kvasovk z več lastnostmi.

Končali smo projekt binarnih fizičnih interakcij, odvisnih od okoljskih pogojev in variante proteina, med izbranimi proteini kvasovk. To je del večjega projekta konzorcija, ki mapira binarne interakcije med proteini na ravni celotnega proteoma. Z enako osnovno metodo – dvohibridnim sistemom kvasovke – smo razvili pristop, s katerim lahko razlikujemo med patogenimi in nepatogenimi različicami človeškega proteina MLH1. Omenjeni pristop omogoča kliničnim genetikom natančno in razmeroma hitro metodo za določitev patogenosti variant pri bolnikih z Lynchovim sindromom.

Evolucijska genomika

Raznolikost in evolucija RNK-virusov sta bili doslej dobro raziskani pri členonožcih, še zlasti pri žuželkah. Vendar pa raznolikosti RNK-virusov še niso analizirali v bazalnih (izvornih) heksapodih. Da bi dobili boljši vpogled v to raznolikost, evolucijsko zgodovino in organizacijo virusnih

proteine in razcepljeni kapsidni (VP) protein. Dostopnost celotnega genoma Apis denzovirusa bo omogočila analizo njegovega potencialno patogenega vpliva na čebele. Naše ugotovitve bodo zagotovo pospešile nadaljnje raziskave denzovirusov pri čebelah in čmrljih.

Satelitske DNK so glavne komponente centromernih in pericentromernih regij pri številnih evkariontih, zato je bila njihova vloga pri sestavi centromer in kinetohor ter tvorbi heterokromatina že podrobno raziskana. Vloga satelitskih ponovitev, ki so razpršene v evkromatinu, tj. izven centromer in pericentromer, pa še ni bila raziskana. V tej študiji smo analizirali dinamiko razširjanja α -satelitske DNK po evkromatinu med evolucijo primatov in mehanizem njihove proliferacije (I. Feliciello *et al.*, *Genome Biol. Evol.*, 12 (2020), 2125–2138). Naši rezultati so pojasnili evlucijski in funkcionalen pomen α -satelitske DNK, ki se širi po evkromatinu.

V okviru multiinstitucionalnega sodelovanja smo prispevali k študiji evolucije molekularne odpornosti vretenčarjev na α -nevrotoksine iz kačjih strupov (M. A. Khan *et al.*, *Toxins*, 12 (2020), 638). Ti toksini se na živčno-mišičnem stiku vežejo na nikotinski acetilholinski receptor (nAChR), kar povzroči paralizo mišic, ki vodi do zadušitve. Mnoge strupene kače in njihovi plenilci pa so razvili odpornost na te toksine. Odpornost je posledica sterične ovire, ki jo predstavlja glikozilirani Asn na položaju 187 ali 189 v ligand-vezavni domeni nAChR, za vezavo α -nevrotoksina na receptor. Prav tako vezavo preprečuje elektrostatični odboj ali sterično oviranje med pozitivno nabitimi α -nevrotoksini in Arg187 v nAChR ali pa strukturne spremembe nAChR, ki jih povzroči zamenjava Pro194 ali Pro197 v njegovem zaporedju. V naši raziskavi smo analizirali α -nevrotoksin-vezavno domeno nAChR pri 148 različnih vrstah vretenčarjev in ugotavljali strukturne vzroke, povezane z odpornostjo. Ugotovili smo, da je konvergentna evolucija odpornosti na N-glikozilacijo precej pogosta. Z uporabo *in vivo* testa pri 4 vrstah smo pokazali, da mutacije N-glikozilacije nAChR zmanjšajo toksičnost strupa kobre. Naše raziskave kažejo, da je evolucija α -nevrotoksinov pri kačah povzročila pozitivno selekcijo pri tem starodavnem receptorju v številnih vretenčarjih (slika 5).

Druga področja

Sodelovali smo tudi v različnih raziskovalnih projektih izven tematskega obsega našega odseka. Iz dveh takšnih sodelovanj sta v letu 2020 že izšla članka.

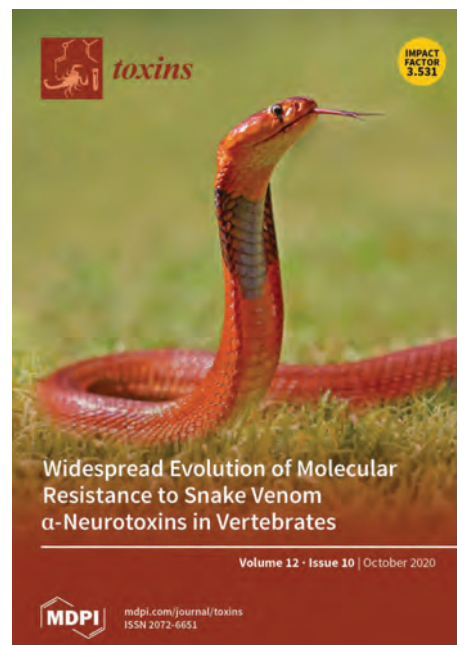
Z opravljeno fluorescenčno mikroskopsko analizo smo prispevali k članku, v katerem je predstavljena poglobljena raziskava glioblastoma, pogoste in zelo agresivne oblike primarnega možganskega tumorja (A. Zottel *et al.*, *Ther. Adv. Med. Oncol.*, 12 (2020), 1758835920915302). Eden od glavnih vzrokov za neuspeh terapije je prisotnost gliomnih matičnih celic, ki so odporne na kemo- in radioterapijo in ki imajo sposobnost, da se razvijejo v nove tumorje. Naša študija je bila usmerjena v ovrednotenje osmih novih antigenov – RIM28, nukleolin, vimentin, NAP1L1, TUFM, DPYSL2, CRMP1 in ALYREF – kot domnevnih tarč glioblastoma, in sicer s pomočjo nanoteles. Med najbolj obetavnimi rezultati za nadaljnje študije so se pokazali tisti, ko so bile celice izpostavljene nanotelesom: anti-vimentin, anti-NAP1L1, anti-TUFM ali anti-DPYSL2. Terapevtsko najzanimivejše učinke pa smo zasledili pri anti-TUFM in anti-vimentinskih nanotelesih. Pri prvooimenjenih je prišlo do izrazitega zaviranja rasti glioblastomnih celic po daljšem času izpostavitve tretiranju z nanotelesi, pri čemer je bil učinek na astrocite dokaj majhen. V drugem primeru pa so nanotelesi učinkovito zavirala celično migracijo.

V okviru ARRS-ovega aplikativnega projekta L4-1839, ki ga vodijo kolegi z Biotehniške fakultete UL (BF/UL), smo sodelovali pri pripravi preglednega članka o najpomembnejših lastnostih kostanjevega medu za njegovo medicinsko uporabo (J. Božič *et al.*, *Acta Biol. Slov.*, 62 (2020), 31–44).

Kot partnerji na ARRS-ovem projektu J7-7424, ki ga vodijo kolegi s Fakultete za elektrotehniko UL, smo sodelovali z analizo sestave proteinske korone nanodelcev, da bi pojasnili njihovo citotoksičnost in indukcijo izločanja citokinov iz makrofagnih celic THP-1. Ob koncu leta 2020 smo poslali članek za objavo v prestižno revijo *Small* (K. Strojjan *et al.*, poslano v objavo).

Prav tako smo na področju raziskav nanodelcev, tokrat v sodelovanju s partnerji z Inštituta Ruđer Bošković v Zagrebu, prispevali k razumevanju mehanizma tvorbe in morfogeneze biomineralnih nanostruktur lupine školjke Noetove barčice (*Arca noae*). Izvedli smo masno spektrometrično identifikacijo proteinskih komponent lupine, ki so potencialno vključene v proces biomineralizacije, tj. začetka zunajcelične nukleacije nanokristalov aragonita. Pripravljen članek je trenutno v postopku recenzije pri reviji *J. Colloid Interface Sci.* (V. Čadež *et al.*, poslano v objavo).

Evolucijska, genomska in strukturno-funkcionalna analiza virusov, receptorjev in satelitske DNK.



Slika 5: Še eno naše delo si je prislužilo predstavitev na naslovnici, tokrat oktobrske številke revije *Toxins*. V našem članku smo pokazali, da je odpornost na α -nevrotoksine iz kačjih strupov pogojena z oviranjem vezave teh toksinov na nikotinski acetilholinski receptor (nAChR), ki se je vzpostavilo v procesu konvergentne evolucije le-žega. Do odpornosti pride zaradi mutacije, ki omogoči pripetje razvejane glikanske verige na specifičen Asn v ligand-vezavni domeni nAChR. N-glikozilacija receptorja tako sterično ali elektrostatično prepreči vezavo α -nevrotoksinov, relativno velikih polipeptidov iz kačjih strupov, nanj, medtem ko vezava relativno majhnega endogenega neurotransmiterja ACh ostane neovirana. Ugotovili smo, da je konvergentna evolucija odpornosti na α -nevrotoksine z N-glikozilacijo nAChR široko razširjena med vretenčarji.

V tem letu smo tudi začeli sodelovati pri treh raziskovalnih projektih ARRS. Kot eksperti s področja proteomike smo vključeni v projekt J3-2521 o vnetnem procesu pri intersticijskem cistitisu in ovrednotenju vpliva agonistov kanabinoidnih receptorjev sečnega mehurja (vodilna ustanova je Medicinska fakulteta UL). Kot partnerji pri projektu J1-2482 (vodilna ustanova je BF/UL) sodelujemo pri zasledovanju vpliva okoljsko relevantne nano- in mikroplastike na kopenske vretenčarje. Pri projektu J1-2469 (vodilna ustanova BF/UL) pa sodelujemo za analizo genomskih in transkriptomskih podatkov za poglobitev vpogleda v edinstveno biologijo močerila (*Proteus anguinus*).

Po izbruhu pandemije covid-19 smo začeli tudi z raziskavami na SARS-CoV-2. Prvi vidik teh študij je genomska analiza ter molekularna evolucija SARS-CoV-2 in drugih koronavirusov, s ciljem karakterizacije bolj evolucijsko omejenih regij genoma patogena, na katera se moramo prednostno usmeriti, da se izognemo hitremu nastanku mutant, ki so odporne na zdravila, in prepoznave virusnih genov, ki medsebojno vplivajo na njihovega gostitelja. Na podlagi teh rezultatov smo začeli delati na integrativni genomiki SARS-CoV-2 v človeških celicah, zlasti z analizo binarnih proteinskih interakcij med virusnimi in človekovimi proteini. Na podlagi rezultatov te raziskave bomo raziskali fiziološke učinke izbranih proteinov SARS-CoV-2 na človeške celice, da bi preverili funkcionalno pomembnost interakcij med virusnimi proteini oziroma njihovimi različicami in ustreznimi tarčami pri človeku.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Latinović, Z., Leonardi, A., Koh, C. Y., Kini, R. M., Trampuš Bakija, A., Pungerčar, J., Križaj, I., The procoagulant snake venom serine protease potentially having a dual, blood coagulation factor V and X-activating activity, *Toxins*, 2020, 12, 6, 358
2. Lang Balija M., Leonardi, A., Brgles, M., Sviben, D., Kurtović, T., Halassy, B., Križaj, I., Biological activities and proteomic profile of the venom of *Vipera ursinii* ssp., a very rare Karst viper from Croatia, *Toxins*, 2020, 12, 3, 187
3. Ha, V. T., Lainšček, D., Gesslbauer, B., Jarc-Jovičić, E., Hyötyläinen, T., Ilc, N., Lakota, K., Tomšič, M., van de Loo, F. A. J., Bochkov, V., Petan, T., Jerala, R., Manček-Keber, M., Synergy between 15-lipoxygenase and secreted PLA₂ promotes inflammation by formation of TLR4 agonists from extracellular vesicles, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2020, 117, 41, 25679–25689
4. Ott Rutar, S., Kordiš, D., Analysis of the RNA virome of basal hexapods, *PeerJ*, 2020, 8, c8336
5. Jarc, E. and Petan, T., A twist of FATE: lipid droplets and inflammatory lipid mediators, *Biochimie*, 2020, 169, 69–87

Nagrade in priznanja

1. Sabina Drogenik: Prešernova nagrada Univerze v Ljubljani za leto 2020, Univerza v Ljubljani, za diplomsko delo Opredeleitev mehanizma in soodvisnosti delovanja dveh beljakovin iz modrasovega strupa, sekretorne fosfolipaze A₂ in zaviralca kimotripsina (somentor prof. dr. Igor Križaj)
2. Eva Jarc Jovičić: 50. Krkine nagrade, Krkina posebna pohvala za raziskovalno nalogo, Krka, tovarna zdravil, d. d., za doktorsko delo Vloga lipidnih kapljic pri odpornosti rakavih celic na stres
3. Zorica Latinović: 50. Krkine nagrade, Krkina posebna pohvala za raziskovalno nalogo, Krka, tovarna zdravil, d. d., za doktorsko delo Komponente modrasovega strupa z vplivom na srčno-žilni sistem
4. Adrijana Leonardi, Kity Požek, Igor Križaj: 7th International Toxinology Meeting, nagrada za poster Biochemical and functional characterization of the first member of the new P-IIIe subclass of snake venom metalloproteinases
5. Primož Godec, Matjaž Pančur, Nejc Ilenič, Andrej Čopar, Martin Stražar, Aleš Erjavec, Ajda Pretnar, Janez Demšar, Anže Starič, Marko Toplak, Lan Žagar, Jan Hartman, Hamilton Wang, Riccardo Bellazzi, Uroš Petrovič, Silvia Garagna, Maurizio Zuccotti, Dongsu Park, Gad Shaulsky, Blaž Zupan: Najodličnejši raziskovalni dosežki Univerze v Ljubljani za leto 2020, Univerza v Ljubljani, za objavo članka: Democratized image analytics by visual programming through integration of deep models and small-scale machine learning, *Nature Communications* 10 (2020) 4551.

MEDNARODNI PROJEKT

1. Ali endogene sekretorne fosfolipaze A2 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. DNA sampling II: metoda za prepoznavo na DNA neposredno ali posredno vezanih proteinov v bakteriji
prof. dr. Igor Križaj
2. Neurotoksičnost ali neuroprotektivnost nanomaterialov: vpliv biokorone
prof. dr. Igor Križaj
3. Proteinski kompleksi iz glivnega rodu *Pleurotus* kot novi biopesticidi za zatiranje koloradskega in koruznega hrošča
prof. dr. Igor Križaj
4. Uporaba malega proteina bakteriofaga v boju proti razvoju odpornosti proti antibiotikom pri bakteriji *Staphylococcus aureus*
prof. dr. Igor Križaj

5. Genomski in transkriptomski vpogled v edinstveno biologijo človeške ribice (*Proteus anguinus*)
prof. dr. Dušan Kordiš
6. Vpliv okoljsko relevantne nano- in mikro-plastike na kopenske nevretenčarje
prof. dr. Igor Križaj
7. Vnetni proces pri intersticijskem cistitisu in ovrednotenje delovanja agonistov kanabinoidnih receptorjev sečnega mehurja – od celic do pacienta
prof. dr. Igor Križaj
8. Reverzibilnost prehodne trombocitopenije izzvane s komponento kačjega strupa ponuja varno antitrombotično preventivo v interventni angiologiji in kardiologiji
prof. dr. Igor Križaj
9. Zamenjave bisfenola A: prehajanje materialov v stiku z živili, kroženje in izpostavljenost ljudi
prof. dr. Toni Petan
10. Anizotropni magnetni nanodelci za magneto-mehansko zdravljenje raka
prof. dr. Igor Križaj
11. Nevropsihološke disfunkcije, ki jih povzročata nizka stopnja izpostavljenosti izbranim onesnaževalom iz okolja pri občutljivi populaciji – NEURODYS
prof. dr. Igor Križaj
12. Tarčno ciljanje metabolizma lipidnih kapljic za učinkovito zmanjševanje odpornosti rakavih celic na stres
prof. dr. Toni Petan
13. Razvoj inovativnega zdravila za venosno tromboembolijo na osnovi unikatnega antikoagulantna iz kačjega strupa
prof. dr. Igor Križaj
14. Razvoj kontrole kvalitete in tehnologije za medicinski stroškovni med
prof. dr. Igor Križaj

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Anja Pavlin: Biotehniška fakulteta, UL: The bacteriophage GIL01 take-over mechanisms of the host's SOS response, 23. 1. 2020
2. Adrijan Ivanušec: Interaction between secreted phospholipases A₂ and mitochondria, 13. 2. 2020
3. Anastasija Panevska: Biotehniška fakulteta, UL: Interactions of aegerolysins from fungal genus *Pleurotus* with artificial and biological membranes, 20. 10. 2020
4. Tihomir Rubil: Biotehniška fakulteta, UL: Isolation of genomic DNA from the nose-horned viper and initial analysis of its metalloproteinase genes, 17. 11. 2020
5. Kity Požek: Characterization of VaMP1III-3, a snake venom protein that defined a novel P-IIIe subclass of snake venom metalloproteinases, 17. 11. 2020
6. Matej Skočaj: Biotehniška fakulteta, UL: Aegerolysin-like proteins as new theranostic tools in periodontal disease and prosthetic rehabilitation, 17. 12. 2020
7. Maja Hostnik: Biotehniška fakulteta, UL: Isolation of a bacterial microcompartment organelle containing a selected DNA, 17. 12. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Adrijan Ivanušec: 11th World Congress on Targeting Mitochondria 2020, Berlin, Nemčija, 28. 10.–30. 10. 2020 (1) (virtualno)
2. Adrijan Ivanušec: 12th Jožef Stefan International Postgraduate School Students' Conference and 14th Young Researchers' Day of Chemistry, Material Science, Biochemistry and Environment, Ljubljana, 15. 5. 2020 (1) (virtualno)
3. Eva Jarc Jovičič: Centre for Functional Genomics and Bio-Chips, 15th Scientific Symposium, Ljubljana, 15. 6. 2020 (1) (virtualno)
4. Igor Križaj, Adrijana Leonardi, Kity Požek: 7th International Toxinology Meeting, Oxford, Velika Britanija, 16. 9.–17. 9. 2020 (3) (virtualno)
5. Igor Križaj: Dan biomolekularnih znanosti – BIOMolekularec 2020, Ljubljana, 24. 9. 2020 (1) (virtualno)
6. Uroš Petrovič: The Allied Genetics Conference 2020, 22. 4.–25. 4. 2020 (virtualno)
7. Jernej Šribar: Dan fiziologije 2020, 10. 12. 2020 (virtualno)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. prof. dr. Dušan Kordiš
2. **prof. dr. Igor Križaj, znanstveni svetnik vodja odseka**
3. doc. dr. Adrijana Leonardi
4. prof. dr. Toni Petan
5. prof. dr. Uroš Petrovič*
6. prof. dr. Jože Pungerčar
7. dr. Jernej Šribar

Podoktorski sodelavci

8. dr. Eva Jarc Jovičič
9. dr. Mojca Ogrizović
10. dr. Nina Zupanič, 2

Mlajši raziskovalci

11. Tadeja Bele, MSc, R. Avstrija
12. Adrijan Ivanušec, mag. mol. funk. biol.
13. Ana Kump, dipl. farmacevt, R. Makedonija
14. Gašper Žum, mag. biokem.

Strokovni sodelavci

15. Kity Požek, dipl. kozmet. UN

Tehniški in administrativni sodelavci

16. Igor Koprivec
17. mag. Maja Šimaga

Opomba

* delna zaposlitev na IJS

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Banat University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Temisvar, Romunija
2. Biomedicine Institute of Valencia, Valencia, Španija
3. Commissariat à l'Énergie Atomique-Saclay, Saclay, Francija
4. The Centre National de la Recherche Scientifique, Gif-sur-Yvette, Gif s/Yvette, Francija
5. Federation of European Biochemical Societies (FEBS)
6. Institute für Molekulare Biowissenschaften, Karl-Franzens-Universität, Gradec, Avstrija
7. Institute for Wine Biotechnology Faculty of AgriSciences, Stellenbosch University, Južna Afrika
8. Institut Pasteur, Pariz, Francija
9. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
10. Kemijski inštitut, Ljubljana
11. Klinična bolnica Split, Hrvaška
12. Lek, d. d., Ljubljana, Slovenija
13. National University of Singapore, Singapur
14. Sofia University »St. Kliment Ohridski«, Sofija, Bolgarija
15. University of California, San Francisco, Združene države Amerike
16. University of Frankfurt, Frankfurt, Nemčija
17. University of Leuven, Leuven, Belgija
18. University of Milan, Institute of Endocrinology, Milano, Italija
19. University of Strathclyde, Glasgow, Škotska, Velika Britanija
20. University of Toronto, Terrence Donnelly Centre for Cellular and Biomolecular Research, Toronto, Kanada
21. University of Utrecht, Utrecht, Nizozemska

22. University of Virginia School of Medicine, Charlottesville, Virginija, Združene države Amerike
23. Univerza v Beogradu, Institut za molekularno genetiko i genetičko inženjerstvo, Srbija
24. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija
25. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Slovenija
26. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Slovenija
27. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Slovenija
28. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta
29. Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta
30. Univerza v Mostarju, Medicinska fakulteta, Mostar, Bosna in Hercegovina
31. Univerza v Zagrebu, Centar za istraživanje i prijenos znanja u biotehnologiji, Zagreb, Hrvatska
32. Univerza v Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, Hrvatska
33. Univerzitetni klinični center, Pediatrična klinika, Ljubljana, Slovenija

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Sabina Ott Rutar, Dušan Kordiš, "Discovery and molecular characterisation of the first ambidensovirus in honey bees", *Acta agriculturae Slovenica*, 2020, **116**, 2, 383-393. [COBISS.SI-ID 45844483]
2. Janko Božič, Jasna Bertonec, Damjana Drobne, Gordana Glavan, Nina Gunde-Cimerman, Adrijana Leonardi, Rok Kopinč, Anita Jemec Kokalj, Sara Novak, Mojca Korošec, Igor Križaj, Blaž Podrižnik, Martina Turk, Andrej Zabret, "Kakovost slovenskega kostanjevega medu in njegove poznane lastnosti v prid medicinski uporabi in za funkcionalno prehrano", *Acta biologica slovenica: ABS*, 2020, **63**, 2, 31-44. [COBISS.SI-ID 44977155]
3. Federica Valdettara, Miha Škalič, Daniela Fracassetti, Marli Louw, Concetta Compagno, Maret Du Toit, Roberto Foschino, Uroš Petrovič, Benoit Divol, Ileana Vigenini, "Transcriptomics unravels the adaptive molecular mechanisms of *Brettanomyces bruxellensis* under SO₂ stress in wine condition", *Food microbiology*, 2020, **90**, 103483. [COBISS.SI-ID 33270055]
4. Isidoro Feliciello, Željka Pezer, Dušan Kordiš, Branka Bruvo Madarič, Đurđica L. Ugarković, "Evolutionary history of alpha satellite DNA repeats dispersed within human genome euchromatin", *Genome biology and evolution*, 2020, **12**, 11, 2125-2138. [COBISS.SI-ID 34589443]
5. Alja Zottel, Neja Šamec, Ana Kump, Lucija Raspor Dall'Olio, Pia Pužar Dominkuš, Rok Romih, Samo Hudoklin, Jernej Mlakar, Daniil Nikitin, Maxim Sorokin, Anton A. Buzdin, Ivana Jovchevska, Radovan Komel, "Analysis of miR-9-5p, miR-124-3p, miR-21-5p, miR-138-5p, and miR-1-3p in glioblastoma cell lines and extracellular vesicles", *International journal of molecular sciences*, 2020, **21**, 22, 8491. [COBISS.SI-ID 36976899]
6. Nina Zupanič, Hristo Hristov, Matej Gregorič, Urška Blaznik, Nataša Delfar, Barbara Koroušič-Seljak, Eric L. Ding, Nataša Fidler Mis, Igor Pravst, "Total and free sugars consumption in a Slovenian population representative sample", *Nutrients*, 2020, **12**, 6, 1729. [COBISS.SI-ID 19054339]
7. Sabina Ott Rutar, Dušan Kordiš, "Analysis of the RNA virome of basal hexapods", *PeerJ*, 2020, **8**, c8336. [COBISS.SI-ID 33046823]
8. Van Thai Ha, Duško Lainšček, Bernd Gesslbauer, Eva Jarc Jovičič, Tuulia Hyötyläinen, Nejc Ilc, Katja Lakota, Matija Tomšič, Fons A. J. Van de Loo, Valery Bochkov, Toni Petan, Roman Jerala, Mateja Manček Keber, "Synergy between 15-lipoxygenase and secreted PLA₂ promotes inflammation by formation of TLR4 agonists from extracellular vesicles", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2020, **117**, 41, 25679-25689. [COBISS.SI-ID 30457091]

9. Alja Zottel, Ivana Jovchevska, Neja Šamec, Jernej Mlakar, Jernej Šribar, Igor Križaj, Marija Skoblar Vidmar, Radovan Komel, "Anti-vimentin, anti-TUFM, anti-NAP1L1 and anti-DPYSL2 nanobodies display cytotoxic effect and reduce glioblastoma cell migration", *Therapeutic advances in medical oncology*, 2020, **12**, 1-29. [COBISS.SI-ID 13271299]
10. Sabina Drogenik, Adrijana Leonardi, Monika C. Žužek, Robert Franjež, Igor Križaj, "The first Kunitz-type proteins from a viperid venom that potentiate neuromuscular transmission", *Toxicon*, 2020, **187**, 262-270. [COBISS.SI-ID 30718979]
11. Maja Lang Balija, Adrijana Leonardi, Marija Brgles, Dora Sviben, Tihana Kurtović, Beata Halassy, Igor Križaj, "Biological activities and proteomic profile of the venom of *vipera ursinii* ssp., a very rare Karst viper from Croatia", *Toxins*, 2020, **12**, 3, 187. [COBISS.SI-ID 33280551]
12. Zorica Latinović, Adrijana Leonardi, Cho Yeow Koh, R. Manjunatha Kini, Alenka Trampuš-Bakija, Jože Pungerčar, Igor Križaj, "The procoagulant snake venom serine protease potentially having a dual, blood coagulation factor V and X-activating activity", *Toxins*, 2020, **12**, 6, 358. [COBISS.SI-ID 17511683]
13. Muzaffar A. Khan *et al.* (13 avtorjev), "Widespread evolution of molecular resistance to snake venom α -neurotoxins in vertebrates", *Toxins*, 2020, **12**, 10, 638. [COBISS.SI-ID 34585091]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Eva Jarc, Toni Petan, "A twist of FATE: lipid droplets and inflammatory lipid mediators", *Biochimie*, 2020, **169**, 69-87. [COBISS.SI-ID 32978471]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGlavJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Nina Zupanič, Nataša Fidler Mis, Igor Pravst, "Soft drinks: public health perspective", V: *Trends in non-alcoholic beverages*, Academic Press, 2020, 325-369. [COBISS.SI-ID 40158981]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Zorica Latinović, *Komponente modrasovega strupa z vplivom na srčno-žilni sistem: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Igor Križaj; somentor Adrijana Leonardi). [COBISS.SI-ID 27193347]
2. Nina Zupanič, *Sladkor v predpakiranih živilih in prehrani otrok v Sloveniji: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Nataša Fidler Mis; somentor Igor Pravst). [COBISS.SI-ID 42539267]

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, hkrati pa 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, v proučevanje neurodegenerativnih procesov in mehanizmov delovanja gliv ter iskanje novih biotehnoloških pristopov in produktov.



Vodja:
prof. dr. Boris Rogelj

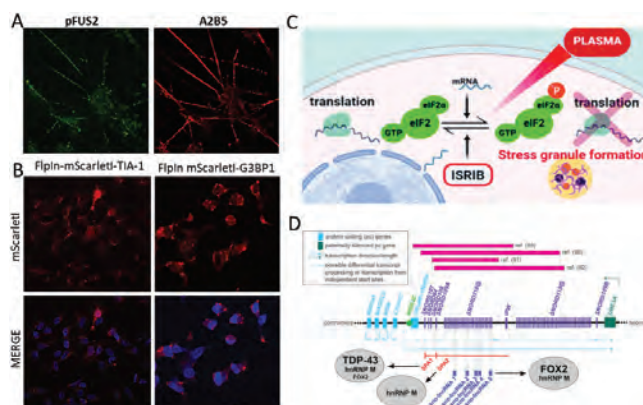
Regulacija protitumorskega imunskega sistema

Nadaljevali smo raziskave na področju vloge cisteinskih peptidaz in njihovih inhibitorjev pri regulaciji protitumorskega imunskega sistema. Poleg pomembne vloge pri regulaciji celične citotoksičnosti naravnih celic ubijalk so ti encimi in inhibitorji pomembni pri delovanju citotoksičnih limfocitov T. Citotoksični limfociti T ubijajo tumorske ali z virusi inficirane celice z eksocitozo litičnih granul. To vodi do vnosa grancimov v tarčne celice prek por, ki jih tvori perforin, in posledično do celičnega propada. Grancimi in perforin se aktivirajo s cisteinskimi peptidazami, te pa regulira proteinski inhibitor cistatin F. Cistatin F izločajo različne tumorske in imunske celice v tumorskem mikrookolju, zato smo v naši raziskavi preverili, ali ta zunajcelični cistatin F prevzamejo limfociti T in ali to vpliva na njihovo citotoksičnost. Dokazali smo, da je prevzem zunajceličnega cistatina F zelo pomemben za delovanje cisteinskih peptidaz v citotoksičnih limfocitih T in da pomembno vpliva na njihovo sposobnost uničevanja tumorskih celic. Cistatin F je torej pomemben mediator, ki ga koristijo tumorske celice za zmanjšanje imunskega odgovora. Hkrati naši rezultati opredeljujejo cistatin F kot pomembno tarčo za izboljšanje imunoterapije raka.

Citotoksični limfociti T internalizirajo zunajcelični cistatin F, pri čemer se njihova citotoksičnost zmanjša.

Molekularna neurodegeneracija

S staranjem populacije in pomanjkanjem ustrezne terapije postajajo neurodegenerativne bolezni eden od glavnih vzrokov smrtnosti povsod po svetu. Na tem področju se osredotočamo predvsem na izbrane gene (TDP-43, FUS, C9orf72, SFPQ, MATR3 ...), povezane z amiotrofično lateralno sklerozo (ALS), frontotemporalno demenco (FTD) in Alzheimerjevo boleznijo (AD). Večina teh genov je na nek način povezana z biogenezo RNA, njenim procesiranjem, razgradnjo in transportom. Proučujemo jedrni transport, odziv na celični stres in makromolekularne interakcije, ki vodijo v napačno lokalizacijo in agregacijo teh proteinov. V letu 2020 smo vzpostavili celične linije, uporabne za merjenje tvorbe stresnih granul, kar je eden od načinov, kako se celice spoprimejo z akutnim stresom. Poleg validacije teh celic s standardnimi celičnimi stresorji smo tudi pokazali, da lahko hladna atmosferska plazma v celicah povzroči prehodni stresni odziv. Naše interakcijske raziskave proteinov TDP-43, FUS in dipeptidnih ponovitev mutacij C9orf72 smo nadgradili z identifikacijo mehanicističnih in patološko pomembnih interaktorjev. V sodelovanju z Veterinarsko fakulteto Univerze v Ljubljani smo proučevali nitrozativni stres pri pasji kognitivni disfunkciji (CCD) – starostno pogojeni motnji, ki ima veliko podobnosti z Alzheimerjevo boleznijo. Poročali smo, da lahko nevroinflamacija in nitrozativni stres, opažena v možganih psov s CCD, poslabšata neurodegenerativne procese, ki nazadnje vodijo v kognitivno okvaro. Kot slovenski predstavniki globalnega genetskega konzorcija za določanje genetskih vzrokov ALS (Project MiNE) in FTD (IFGC) smo sodelovali pri treh objavljenih študijah. Znotraj populacijske genetske analize FTD smo pokazali, da tako mutacije C9orf72, poreklo kot tudi starost ob nastopu bolezni omogočajo razločevanje med vedenjskimi in jezikovnimi različicami FTD. Znotraj genetske študije ALS pa smo raziskovali, ali imata ALS in epilepsija skupno genetsko tveganje, in pri tem ugotovili, da tveganje ni skupno in da ima hiper vzdražnost pri obeh boleznih različen izvor.



Slika 1: Mehanizmi, povezani z neurološkimi motnjami ALS, FTD in PWS. a) Izražanje forsforiliranega FUS (zeleno) in astrocita, označena z označevalcem A2B5 (rdeče). b) Tvorba stresnih granul, vidna z označevalcema TIA-1 in G3BP1 (rdeče). c) Mehanizem tvorbe stresnih granul, induciranih s hladno atmosfersko plazmo. d) Genomske regije, povezane s PWS in RNA vezavnimi proteini, ki lahko vplivajo na izražanje v regiji.

Sindrom Prader-Willi in biologija RNA

Sindrom Prader-Willi je redka metabolna in nevrološka razvojna motnja, pri kateri nepravilna regulacija genomskih regij, ki nosijo ponovitve SNORD116 snoRNA, vodi v bolezensko stanje. Za namen odkrivanja terapevtskih tarč uporabljamo interaktomiko RNA-RNA, s čimer določamo RNA interaktorje SNORD116. Tako nam je uspelo vzpostaviti štiri neodvisne knjižnice iz dveh celičnih linij, ki jih bomo analizirali v letu 2021. Na začetku leta 2020 smo v priznani reviji *Nucleic Acids Research* (IF=11.1) tudi objavili pregledni članek o nekonvencionalnih vlogah snoRNA.

Probiotiki

Na odseku smo nadaljevali delo na probiotičnih mlečnokislinskih bakterijah. Pripravili smo pregled študij vpliva probiotikov na razmerje Firmicutes/Bacteroidetes ter njegovih posledic na zdravljenje debelosti in kronične vnetne črevesne bolezni. Nadaljevali smo tudi sodelovanje s Katedro za farmacevtsko tehnologijo s Fakultete za farmacijo na področju vključevanja štirih probiotičnih vaginalnih laktobacilov v nanovlakna za razvoj potencialnega novega dostavnega sistema. Za lažje spremljanje vključevanja in sproščanja laktobacilov smo z uporabo genskega inženiringa različne vrste laktobacilov označili z različnimi fluorescentnimi proteini.

To je omogočilo preprosto identifikacijo in sledenje posameznim vrstam. Poleg tega smo pripravili temeljit pregled uporabe nanovlaknen kot nosilcev mikroorganizmov pa tudi biološko pomembnih molekul, kot so beljakovine in nukleinske kisline, kar potrjuje izvedljivost elektrostatskega sukanja občutljivih bioloških komponent.

Nadaljevali smo tudi delo na področju genskega inženiringa mlečnokislinskih bakterij kot orodja za dostavo bioterapevtikov s poudarkom na njihovi uporabi pri našem projektu zdravljenja raka debelega črevesa. Lektini se vse pogosteje uporabljajo kot nosilci za ciljno dostavo zdravil na podlagi njihove specifične vezave na glikane, ki so na sesalskih celicah. Pripravili smo bakterije *L. lactis*, ki na svoji površini predstavljajo dva lektina, Stx1B in CNL, ter hkrati izražajo fluorescentne proteine za detekcijo. Preverili smo prisotnost tarčnih mest lektinov na celicah HeLa, HT-29 in Caco-2 ter pokazali z lektini posredovano adhezijo spremenjenih bakterij na te celice. Tako lahko bakterije *L. lactis* s površinsko predstavljenimi lektini služijo kot nosilci pri ciljni dostavi učinkovin, če hkrati vključujejo tudi terapevtsko molekulo. Varnost in regulatorna sprejemljivost gensko spremenjenih mlečnokislinskih bakterij

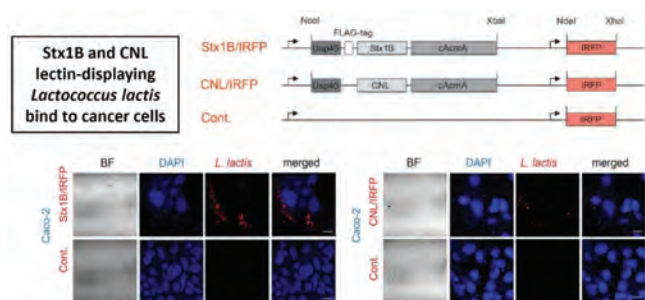
sta pogosto sporni zaradi slabe sprejemljivosti gensko spremenjenih organizmov v javnosti. Različne vidike te problematike smo podrobno obravnavali v drugem preglednem članku, objavljenem v letu 2020.

Glikobiologija

Na področju glikobiologije smo v letu 2020 nadaljevali raziskave, usmerjene v molekularne mehanizme razvoja bakterijskih biofilmov. V sodelovanju z Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani smo pokazali, da glikani, ki so del bakterijske površine, vplivajo na adhezijo bakterij na površine in jih torej lahko uporabimo kot tarčne molekule za preprečevanje bakterijske adhezije. Adhezija bakterije na površino je prvi korak pri tvorbi biofilmov, ki omogočajo preživetje bakterij v neugodnih razmerah in s tem ponavljajoče in persistentne okužbe. Preprečevanje nastajanja biofilmov z alternativnimi pristopi je pomembna strategija za zmanjšanje uporabe antibiotikov. Nadalje smo razvili novo metodo za spremljanje razvoja biofilmov listerij, ki temelji na bioluminiscenci, in sicer smo v bakteriji *Listeria innocua* izrazili visoko učinkovito luciferazo NanoLuc in pokazali, da test na podlagi bioluminescence omogoča neposredno zaznavanje, absolutno kvantifikacijo, širok dinamični razpon in veliko občutljivost. Novi test je dobra alternativa oziroma dopolnilo obstoječim metodam kvantifikacije biofilmov.

Covid-19

V okviru raziskav poteka in zdravljenja covid-19, za katere smo leta 2020 dobili dodatna sredstva od ARRS, smo proučevali vlogo virusnih in gostiteljskih peptidaz pri vnosu in replikaciji virusa SARS-CoV-2. Ker so pri tem še posebej pomembne cisteinske peptidaze, smo izkoristili velik nabor sinteznih inhibitorjev, ki smo jih razvili v druge namene, za testiranje protivirusnega delovanja. S sodelavci z Mednarodnega centra za genski inženiring (ICGEB) iz Trsta smo ugotovili, da predvsem inhibitorji, ki imajo kinolonsko strukturo in ki specifično zavirajo aktivnost katepsina B, učinkovito zavrejo delovanje virusa SARS-CoV-2. Taka spojina je tudi



Slika 2: Genski konstrukti za površinsko predstavitev lektinov Stx1B in CNL na bakteriji *L. lactis* (zgoraj) ter prikaz specifične vezave teh spremenjenih bakterij na rakave celice Caco-2 (spodaj)

Skopljen z določeno terapevtsko enoto lahko *L. lactis* služi kot prenašalec v tarčni dostavi učinkovin.

Vzpostavili smo celično linijo, uporabno za merjenje ravni tvorbe stresnih granul in za presejalno testiranje učinkovin, ki regulirajo celični stresni odziv.

antibiotik nitroksolin, ki ga nameravamo ovrednotiti kot potencialno protivirusno zdravilo v nadaljnjih predkliničnih in kliničnih raziskavah. Za uporabo inhibitorjev cisteinskih peptidaz kot protivirusnih učinkovin smo vložili tudi mednarodno patentno prijavo.

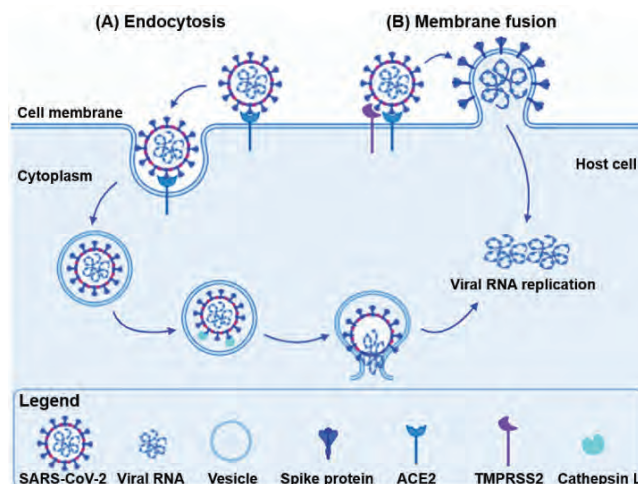
Raziskovalni rezultati članov Odseka za biotehnologijo so bili v letu 2020 objavljeni v 26 člankih v revijah z dejavnikom vpliva. Objavili smo tudi devet preglednih člankov. Pridobili smo dva nova projekta ARRS. Urša Čerček je dobila Prešernovo in Krkino nagrado. Člani odseka so bili zelo aktivni tudi 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

- Costa, Beatriz, *et al.*, For the International FTD-Genetics Consortium (IFGC), C9orf72, AAO and ancestry help discriminating behavioural from language variants in FTL cohorts, *Neurology*, 2020, 95, 24, e3288-e3302
- Bratkovič, Tomaž, Božič, Janja, Rogelj, Boris, Functional diversity of small nucleolar RNAs, *Nucleic acids research*, 2020, 48, 4, 1627-1651
- Plavec, Tina Vida, Berlec, Aleš, Safety aspects of genetically modified lactic acid bacteria, *Microorganisms*, 2020, 8, 2, 297-1-297-21
- Pišlar, Anja, Mitrovič, Ana, Sabotič, Jerica, Pečar Fonovič, Urša, Perišič, Milica, Jakoš, Tanja, Senjor, Emanuela, Kos, Janko, The role of cysteine peptidases in coronavirus cell entry and replication : the therapeutic potential of cathepsin inhibitors, *PLOS pathogens*, 2020, 16, 11, e1009013
- Prunk, Mateja, Perišič, Milica, Jakoš, Tanja, Sabotič, Jerica, Švajger, Urban, Kos, Janko, Extracellular cystatin F is internalised by cytotoxic T lymphocytes and decreases their cytotoxicity, *Cancers*, 2020, 12, 12, 3660

Nagrade in priznanja

- Jernej Birk, Domen Hočvar in Kaja Rangus: Krkina nagrada za srednješolske raziskovalne naloge, Krka, d. d., Uporaba mikrotermoforeze za določanje vezave sladkorjev na izolektin rCnSL-B2 (mentorice: Janja Pust, dr. Jerica Sabotič, dr. Ana Mitrovič)
- Urša Čerček: Prešernova nagrada Fakultete za farmacijo, Ljubljana, UL Fakulteta za farmacijo, Vpliv hladne atmosferske tlačne plazme na tvorbo stresnih granul v izbrani celični liniji
- Urša Čerček: Krkino priznanje, Krka, d. d., Vpliv hladne atmosferske tlačne plazme na tvorbo stresnih granul v izbrani celični liniji
- Neja Kuret: Krkina nagrada za dodiplomske in podiplomske raziskovalne naloge, Krka, d. d., Delovanje lektina kokaprina na patogene in probiotične bakterije (mentorici: doc. dr. Anja Klančnik, dr. Jerica Sabotič)
- Mirjana Malnar: nagrada za predstavitev raziskovalnih dosežkov v smislu znanstvene kakovosti in njihove uporabnosti, 12. MPŠ študentska konferenca in Dan mladih raziskovalcev KMBO, predstavitev raziskovalnega dela (virtualno)
- Emanuela Senjor: 3. mesto za poster na University of California Los Angeles Research Day 2020, Los Angeles, ZDA, UCLA School of Dentistry



Slika 3: Mehanizmi vnosa SARS-CoV-2 v gostiteljske celice (Pišlar *et al.*, 2020, *Plos Pathogens*)

MEDNARODNI PROJEKTI

- Deregulacija izražanja CodY nadzorovanih proteinov v bakteriji *L. lactis* za izboljšanje proizvodnje nizina
Fermentech Gsv Pvt Ltd., 215, First Floor
prof. dr. Aleš Berlec
- COST CA18238; Ocean4Biotech - Evropska transdisciplinarna mreža za morsko biotehnologijo
COST Association AISBL
dr. Jerica Sabotič
- COST CA19123 - PHOENIX; Varovanje, stabilnost, rehabilitacija degradiranih okolij
COST Association AISBL
prof. dr. Aleš Berlec

- Nevropatološka ocena in vivo interaktomov TDP-43, FUS in MATR3 pri ALS in FTD
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Boris Rogelj
- Navzkrižna uravnava proteinopatije in vnetja pri amiotični lateralni sklerozi
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Boris Rogelj

PROGRAM

- Farmaceutska biotehnologija: znanost za zdravje
prof. dr. Janko Kos

PROJEKTI

- Okvare jedrnega transporta pri nevrodegenerativnih boleznih
prof. dr. Boris Rogelj
- Preprečevanje rezistence tumorskih celic na antiproteazno terapijo z inhibitorji katepsina X
prof. dr. Janko Kos
- Vloga paraspeklov podobnih jedrnih teles pri patogenezi nevrodegenerativnih bolezni ALS in FTD
prof. dr. Boris Rogelj
- Zaviranje aktivnosti katepsina X kot nov pristop za zdravljenje Parkinsonove bolezni
prof. dr. Janko Kos
- Mehanizmi adhezije bakterij *Campylobacter* kot tarča za zmanjšanje antibiotske odpornosti
dr. Jerica Sabotič
- Ciljanje, slikanje in zdravljenje kolorektalnega raka z varnimi teranostičnimi bakterijami
prof. dr. Aleš Berlec
- Fazni prehodi v sistemih periodičnih nukleotidnih ekspanzij povezanih z nevrodegenerativnimi boleznimi
prof. dr. Boris Rogelj
- Novo protimikrobne strategije preprečevanja tvorbe biofilma z uporabo lektinov, ki inhibirajo bakterijsko adhezijo
dr. Jerica Sabotič
- Izboljšanje imunoterapevtske vrednosti NK celic z modulacijo cistatina F
prof. dr. Janko Kos
- Napake v jedrnem transportu pri frontotemporalni demenci
prof. dr. Boris Rogelj
- Cistatin F kot mediator imunske supresije v mikrookolju glioblastoma
dr. Milica Perišić Nanut
- Novi proteini gliv kot biopesticidi za zatiranje invazivnih tujerodnih kmetijskih škodljivcev
dr. Jerica Sabotič
- PLASMA SEED TREATMENT: Inovativna eko plazemska obdelava semen (za setev ter za prehrano ljudi in živali)
prof. dr. Boris Rogelj
- Glikani bakterijske celične stene
dr. Jerica Sabotič

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Janja Božič, Urša Čerček, Mirjana Malnar, Helena Motaln, Eva Ogorevc, Boris Rogelj: International Symposium on ALS/MND, 9. 12.–11. 12. 2020 (6), (virtualno)
- Janja Božič, Mirjana Malnar, Helena Motaln, Boris Rogelj: Virtual ENCALS satellite meeting, 8. 12. 2020 (4), (virtualno)
- Helena Motaln: CONy 2020 Congress – the 14th World Congress on Controversies in Neurology, 29. 10.–1. 11. 2020 (1), (virtualno)
- Ana Mitrović, Milica Perišić Nanut, Emanuela Senjor, Janko Kos: Cancer stem Cells: Impact on Treatment, Seefeld, Tyrol, Avstrija, 13. 12.–17. 12. 2020 (virtualno)
- Tina Vida Plavec: Elevate course: ADVANCE – ATMP Development, december 2020 (virtualno)
- Jerica Sabotič: Ocean4Biotech, Cost Action CA18238 – European transdisciplinary networking platform for marine biotechnology Management Committee Meeting and conference, Piran, 4. 2.–7. 2. 2020
- Jerica Sabotič: Biomolekularec.si, Dan biomolekularnih znanosti, 24. 9. 2020 (virtualno)
- Jerica Sabotič: 8. kongres Slovenskega mikrobiološkega društva, 23. 9.–25. 9. 2020 (virtualno)
- Jerica Sabotič: Ocean4Biotech, Cost Action CA18238 – European transdisciplinary networking platform for marine biotechnology Management Committee Meeting, 24. 11.–26. 11. 2020 (virtualno)
- Emanuela Senjor: Research day 2020, UCLA School of Dentistry, Los Angeles, ZDA, 4. 3. 2020
- Emanuela Senjor: 12th Jožef Stefan International Postgraduate School Students' Conference and 14th CMBE Day, Slovenija, 15. 5. 2020 (virtualno)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

- Emanuela Senjor, University of California, Los Angeles, ZDA, 20. 6. 2019–15. 3. 2020

SODELAVCI

Raziskovalci

- prof. dr. Aleš Berlec
- prof. dr. Janko Kos*, znanstveni svetnik
- doc. dr. Helena Motaln
- prof. dr. Boris Rogelj, vodja odseka**
- dr. Jerica Sabotič
- prof. dr. Borut Štrukelj*, znanstveni svetnik

Podoktorski sodelavci

- dr. Janja Božič
- dr. Nikolaja Janež
- dr. Ana Mitrović
- dr. Eva Ogorevc
- dr. Milica Perišić Nanut
- dr. Mateja Prunk
- dr. Anja Pucer Janež, *odšla 1. 3. 2020*
- dr. Abida Zahirović

Mlajši raziskovalci

- Urša Čerček, mag. ind. farm.
- Mirjana Malnar, mag. biokem., *odšla 1. 10. 2020*
- Tina Vida Plavec, mag. farm.
- Emanuela Senjor, mag. farm.

Strokovni sodelavci

- Eva Erzar, mag. mol. funk. biol., *odšla 1. 10. 2020*

Tehniški in administrativni sodelavci

- mag. Maja Šimaga

Opomba

* delna zaposlitev na IJS

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

- Centre de Recherches sur les Macromolécules Végétales – CERMAV, Grenoble, Francija
- Centro para la Calidad de los Alimentos (INIA), Soria, Španija
- Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich, Švica
- Inha University, Južna Koreja
- International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology - ICGEB, Trst, Italija
- Institute of Biotechnology of the Czech Academy of Science, BIOCEV Research Center, Vestec, Republika Češka
- King's College London, Institute of Psychiatry, Velika Britanija
- Kmetijski inštitut, Ljubljana
- Leiden University Medical Center, Center for Proteomics and Metabolomics, Leiden, Nizozemska
- Lek, d. d., Ljubljana, Slovenija
- Ludwig Maximilian University, München, Nemčija
- Medical School Duluth, Department of Physiology and Pharmacology, Duluth, Združene države Amerike
- Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana, Slovenija
- Szent Istvan University, Institute for Plant Protection, Godollo, Madžarska
- Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Švica
- Université de Lorraine, INRA, Francija
- Univerza v Beogradu, Fakulteta za biologijo, Beograd, Srbija
- Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Slovenija
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Maribor, Slovenija
- Univerzitet u Tuzli, Farmaceutski fakultet, Tuzla, Bosna in Hercegovina
- Univerzitet u Tuzli, Medicinski fakultet, Tuzla, Bosna in Hercegovina
- University of Bristol, School of Biological Sciences, Bristol, Velika Britanija
- University of California, Los Angeles, Združene države Amerike
- University of California, Ludwig Cancer Research, San Diego, Združene države Amerike
- University of Kyiv-Mohyla Academy, Kijev, Ukrajina
- University of London, Velika Britanija
- University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU) Dunaj, Avstrija
- University of Padova, Padova, Italija
- University of Pittsburg, Združene države Amerike
- University of Trieste, Department of Life Sciences, Italija
- University of Salzburg, Department of Molecular Biology, Avstrija
- University of Zurich, Institute of Plant Biology, Zollikerstr, Švica
- Zavod Biomedicinska razvojno inovativna skupina, Ljubljana

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Helena Motaln, Urša Čerček, Nina Recek, Ana Bajc Česnik, Miran Mozetič, Boris Rogelj, "Cold atmospheric plasma induces stress granule formation via an eIF2 α -dependent pathway", *Biomaterials science*, 2020, **8**, 19, 5293-5305. [COBISS.SI-ID 28467203]
- Tanja Jakoš, Anja Pišlar, Urša Pečar Fonovič, Urban Švajger, Janko Kos, "Cysteine cathepsins L and X differentially modulate interactions between myeloid-derived suppressor cells and tumor cells", *Cancer immunology and immunotherapy*, 2020, **69**, 1869-1880. [COBISS.SI-ID 14118403]
- Mateja Prunk, Milica Perišić, Tanja Jakoš, Jerica Sabotič, Urban Švajger, Janko Kos, "Extracellular cystatin F is internalised by cytotoxic T lymphocytes and decreases their cytotoxicity", *Cancers*, 2020, **12**, 12, 3660. [COBISS.SI-ID 43955203]
- Teja Lavrin, Tilen Konte, Rok Kostanjšek, Simona Sitar, Kristina Sepčič, Sonja Prpar Mihevc, Ema Žagar, Vera Župunski, Metka Lenassi, Boris Rogelj, Nina Gunde-Cimerman, "The neurotropic black yeast *Exophiala dermatitidis* induces neurocytotoxicity in neuroblastoma cells and progressive cell death", *Cells*, 2020, **9**, 4, 963. [COBISS.SI-ID 34781401]
- Ana Bajc Česnik, Helena Motaln, Boris Rogelj, "The impact of ALS-associated genes hnRNP1, MATR3, VCP and UBQLN2 on the severity of TDP-43 aggregation", *Cells*, 2020, **9**, 8, 1791. [COBISS.SI-ID 29968899]
- Tim Van de Walle *et al.* (14 avtorjev), "Synthesis of novel nitroxoline analogs with potent cathepsin B exopeptidase inhibitory activity", *ChemMedChem*, 2020, **15**, 24, 2477-2490. [COBISS.SI-ID 24827139]
- Anahid Jewett, Janko Kos, Kawaljit Kaur, Tamara Lah Turnšek, Barbara Breznik, Emanuela Senjor, Paul Wong, Kristin Y. Nguyen, Meng-Wei Ko, "Multiple defects of natural killer cells in cancer patients: anarchy, dysregulated systemic immunity, and immunosuppression in metastatic cancer", *Critical reviews in immunology*, 2020, **40**, 2, 93-133. [COBISS.SI-ID 14129923]
- Urša Pečar Fonovič, Damijan Knez, Martina Hrast, Nace Zidar, Matic Proj, Stanislav Gobec, Janko Kos, "Structure-activity relationships of triazole-benzodioxine inhibitors of cathepsin X", *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2020, **193**, 112218. [COBISS.SI-ID 4896113]
- Urban Košak, Nika Strašek, Damijan Knez, Marko Jukič, Simon Žakelj, Abida Zahirovič, Anja Pišlar, Xavier Brazzolotto, Florian Nachon, Janko Kos, Stanislav Gobec, "N-alkylpiperidine carbamates as potential anti-Alzheimer's agents", *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2020, **197**, 112282. [COBISS.SI-ID 15755267]
- Saša Haberl Meglič, Nikolaja Janež, Matjaž Peterka, Karel Flisar, Tadej Kotnik, Damijan Miklavčič, "Evaluation and optimization of protein extraction from *E. coli* by electroporation", *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 2020, **8**, 543187. [COBISS.SI-ID 27833347]
- Ana Rotter *et al.* (51 avtorjev), "A new network for the advancement of marine biotechnology in Europe and beyond", *Frontiers in marine science*, 2020, **7**, 278. [COBISS.SI-ID 16264707]
- Jerica Sabotič, Jože Brzin, Jana Erjavec, Tanja Drevo, Magda Tušek-Žnidarič, Maja Ravnikar, Janko Kos, "L-amino acid oxidases from mushrooms show antibacterial activity against the phytopathogen *Ralstonia solanacearum*", *Frontiers in microbiology*, 2020, **11**, 977-1-997-18. [COBISS.SI-ID 18527235]
- Anja Pišlar, Larisa Tratnjek, Gordana Glavan, Nace Zidar, Marko Živin, Janko Kos, "Neuroinflammation-induced upregulation of glial cathepsin X expression and activity in vivo", *Frontiers in molecular neuroscience*, 2020, **13**, 224. [COBISS.SI-ID 36086275]
- Sonja Prpar Mihevc, Maja Zakošek, Malan Štrbenc, Boris Rogelj, Gregor Majdič, "Nitrosative stress in the frontal cortex from dogs with canine cognitive dysfunction", *Frontiers in veterinary science*, 2020, **7**, 573155, 916. [COBISS.SI-ID 38304259]
- Damijan Knez, Natalia Coletti, Luca G. Iacovino, Matej Sova, Anja Pišlar, Janez Konc, Samo Lešnik, Josefa Higgs, Fabiola Kamecki, Irene Mangialavori, Ana Dolšak, Simon Žakelj, Jurij Trontelj, Janko Kos, Claudia Binda, Nora Marder Mariel, Stanislav Gobec, "Stereo-selective activity of 1-propargyl-4-styrylpiperidine-like analogues that can discriminate between monoamine oxidase isoforms A and B", *Journal of medicinal chemistry*, 2020, **63**, 3, 1361-1387. [COBISS.SI-ID 4872561]
- Tim Božič, Matja Zalar, Boris Rogelj, Janez Plavec, Primož Šket, "Structural diversity of sense and antisense RNA hexanucleotide repeats associated with ALS and FTLD", *Molecules*, 2020, **25**, 3, 525. [COBISS.SI-ID 3451771]
- Kaja Rožman, Evan M. Alexander, Eva Ogorevc, Krištof Bozovičar, Izidor Sosič, Courtney C. Aldrich, Stanislav Gobec, "Psoralen derivatives as inhibitors of mycobacterium tuberculosis proteasome", *Molecules*, 2020, **25**, 6, 1305. [COBISS.SI-ID 4894321]
- Mateja Sirše, Samo K. Fokter, Borut Štrukelj, Janja Zupan, "Silver fir (*Abies alba* L.) polyphenolic extract shows beneficial influence on chondrogenesis in vitro under normal and inflammatory conditions", *Molecules*, 2020, **25**, 20, 4616. [COBISS.SI-ID 32142339]
- Damijan Knez, Izidor Sosič, Ana Mitrovič, Anja Pišlar, Janko Kos, Stanislav Gobec, "8-hydroxyquinoline-based anti-Alzheimer multimodal agents", *Monatshefte für Chemie*, 2020, **151**, 1111-1120. [COBISS.SI-ID 22167555]
- Beatriz Costa *et al.* (109 avtorjev), For the International FTD-Genetics Consortium (IFGC), "C9orf72, AAO and ancestry help discriminating behavioural from language variants in FTLD cohorts", *Neurology*, 2020, **95**, 24, e3288-e3302. [COBISS.SI-ID 29979139]
- Tanja Gmeiner, Jasna Grželj, Borut Štrukelj, Luka Stopar, Pij B. Marko, "Psoriasis: a comprehensive review on the aetiopathogenesis and recent advances in long-term management of patients with plaque psoriasis", *Pharmacology & pharmacy*, 2020, **11**, 12, 373-401. [COBISS.SI-ID 53517315]
- Jelena Velebit Markovič, Anemari Horvat, Tina Smolič, Sonja Prpar Mihevc, Boris Rogelj, Robert Zorec, Nina Vardjan, "Astrocytes with TDP-43 inclusions exhibit reduced noradrenergic cAMP and Ca²⁺ signaling and dysregulated cell metabolism", *Scientific reports*, 2020, **10**, 1, 6003. [COBISS.SI-ID 34773465]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Tanja Jakoš, Anja Pišlar, Urša Pečar Fonovič, Janko Kos, "Lysosomal peptidases in innate immune cells: implications for cancer immunity", *Cancer immunology and immunotherapy*, 2020, **69**, 2, 275-283. [COBISS.SI-ID 4859761]
- Abida Zahirovič, Jernej Luzar, Peter Molek, Nika Kruljec, Mojca Lunder, "Bee venom immunotherapy: current status and future directions", *Clinical reviews in allergy & immunology*, 2020, **58**, 326-341. [COBISS.SI-ID 4751729]
- Mojca Lunder, Tomaž Bratkovič, Borut Štrukelj, "Podporno zdravljenje covid-19 in preprečevanje okužbe s SARS-CoV-2", *Farmaceutski vestnik*, 2020, **71**, 2, 141-147. [COBISS.SI-ID 21009411]
- Mojca Lunder, Anja Pišlar, Borut Štrukelj, Urša Pečar Fonovič, Tomaž Bratkovič, "Sodobna farmacevtska biologija: od tradicije do inovativnih terapij", *Farmaceutski vestnik*, 2020, **71**, 1, 45-53. [COBISS.SI-ID 4898161]
- Spase Stojanov, Aleš Berlec, "Electrospun nanofibers as carriers of microorganisms, stem cells, proteins, and nucleic acids in therapeutic and other applications", *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 2020, **8**, 130. [COBISS.SI-ID 33222695]
- Tina Vida Plavec, Aleš Berlec, "Safety aspects of genetically modified lactic acid bacteria", *Microorganisms*, 2020, **8**, 2, 297. [COBISS.SI-ID 33217063]
- Spase Stojanov, Aleš Berlec, Borut Štrukelj, "The influence of probiotics on the firmicutes/bacteroidetes ratio in the treatment of obesity and inflammatory bowel disease", *Microorganisms*, 2020, **8**, 11, 1715. [COBISS.SI-ID 35189763]
- Tomaž Bratkovič, Janja Božič, Boris Rogelj, "Functional diversity of small nucleolar RNAs", *Nucleic acids research*, 2020, **48**, 4, 1627-1651. [COBISS.SI-ID 4860017]
- Anja Pišlar, Ana Mitrovič, Jerica Sabotič, Urša Pečar Fonovič, Milica Perišić, Tanja Jakoš, Emanuela Senjor, Janko Kos, "The role of cysteine peptidases in coronavirus cell entry and replication: the therapeutic potential of cathepsin inhibitors", *PLOS pathogens*, 2020, **16**, 11, e1009013. [COBISS.SI-ID 36092931]

KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

- Ana Koren, Mojca Lunder, Peter Molek, Peter Kopač, Abida Zahirovič, Pia Gattinger, Irene Mittermann, Rudolf Valenta, Peter Korošec, "Fluorescent labeling of major honeybee allergens Api m 1 and Api m 2

with quantum dots and the development of a multiplex basophil activation test", *Allergy*, 2020, **75**, 7, 1753-1756. [COBISS.SI-ID 2048616817]

STROKOVNA ČLANKA

1. Borut Štrukelj, "Pomen Farmacevtskega vestnika za slovensko farmacevtsko znanost in stroko", *Farmacevtski vestnik*, 2020, **71**, 5, 345-347. [COBISS.SI-ID 44304899]
2. Jerica Sabotič, "Imajo gobe imunski sistem? Molekularni mehanizmi obrambe pri glivah", *Proteus*, 2020, **82**, 7, 291, 302-309. [COBISS.SI-ID 24507139]

OBJAVLJENA STROKOVNA PRISPEVKA NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. Borut Štrukelj, Mojca Lunder, "Sodobna biološka zdravila", V: *Biološka in podobna biološka zdravila: strokovno izpopolnjevanje za magistre farmacije v letu 2020*, Zbornik prispevkov, Lekarniška zbornica Slovenije, 2020, 7-16. [COBISS.SI-ID 36334083]
2. Mojca Lunder, Borut Štrukelj, "Biološka in podobna biološka zdravila: v čem so si podobna in v čem se razlikujejo", V: *Biološka in podobna biološka zdravila: strokovno izpopolnjevanje za magistre farmacije v letu 2020*, Zbornik prispevkov, Lekarniška zbornica Slovenije, 2020, 17-26. [COBISS.SI-ID 36357635]

OBJAVLJENA ZNANSTVENA PRISPEVKA NA KONFERENCI

1. Borut Štrukelj, "Novosti na področju razvoja cepiv proti SARS-CoV-2", V: *COVID-19: preventiva, diagnostika in terapija: strokovno*

- izpopolnjevanje s področja farmacije*, Zbornik prispevkov, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, 2020, 18-25. [COBISS.SI-ID 29646851]
2. Anja Klančnik, Katarina Šimunović, Dina Ramić, Meta Sterniša, Jerica Sabotič, Sonja Smole Možina, "Mehanizem adhezije bakterij *Campylobacter* kot tarča za zmanjšanje antibiotske odpornosti", V: *Konferenca Hrana, prehrana, zdravje*, Zbornik prispevkov, Evropska mreža deklaracije za hrano, tehnologijo, prehrano za zdravje, 2020, 327-334. [COBISS.SI-ID 38923267]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGLAVJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Borut Štrukelj, "Resveratrol", V: *Minerali, vitamini in druge izbrane snovi*, Slovensko farmacevtsko društvo, 2020, 496-503. [COBISS.SI-ID 24964611]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Ana Bajc Česnik, *Vpliv genov povezanih z amiotrofično lateralno sklerozo na biokemijske lastnosti in celično lokalizacijo proteina TDP-43*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Boris Rogelj). [COBISS.SI-ID 42158083]
2. Tanja Jakoš, *Vloga katepsina X pri protitumorskem imunskem odzivu*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Janko Kos; somentor Anja Pišlar). [COBISS.SI-ID 32564739]
3. Abida Zahirovič, *Identifikacija in ovrednotenje mimotopov glavnega alergena čebeljega strupa Api m 1 za razvoj specifične imunoterapije*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Mojca Lunder; somentor Peter Korošec). [COBISS.SI-ID 25939715]

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 ter 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 pa 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.

Analizna kemija okolja in bioloških sistemov

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 primerjali zmogljivost nizkotlačne in visokotlačne združene (CLC) monolitne kolone, ki je sestavljena iz enega proteina G in enega dietilamono (DEAE) monolitnega diska s konvektivnim prenosom snovi (CIM), ki omogoča dvodimenzionalno ločbo v enem kromatografskem koraku. Obe koloni smo uporabili pri določitvi različnih kemijskih zvrsti Pt-kemoterapevtikov v humanem serumu in ju ovrednotili glede na robustnost, selektivnost, ponovljivost in obnovljivost.

Razvili smo novo robustno, hitro, občutljivo in zanesljivo analizo metodo za speciacijo Cr v humanem serumu, ki temelji na monolitni kromatografiji (4 CIM DEAE diski, sestavljeni v kolono) v povezavi z UV- in ICP-MS-detektorjema. Cr (VI) smo ločili od Cr-transferrina (Cr-Tf) in Cr-albumina (Cr-HSA). Dobra selektivnost in ponovljivost metode (RSD pod 8 %) sta omogočila raziskavo kinetike interakcij Cr (VI) in Cr (III) s sestavinami seruma.

Odseku za nanostrukturirane materiale smo ponudili analizo podporo pri raziskavah recikliranja elementov redkih zemljin in prehodnih kovin iz magnetov Nd-Fe-B.

V okviru ARRS-projekta Netradicionalni izotopi kot identifikatorji avtogenih karbonatov smo razvili postopek za določanje $\delta^{26/24}\text{Mg}$ in $\delta^{88/86}\text{Sr}$ z MC-ICP-MS v površinskih vodah in zemlji. Optimiziran postopek smo preverili na vzorcih površinske vode in zemel iz kraškega porečja reke Ljubljanice.

Razvili smo nove analitne metode za določanje izotopskega razmerja $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ v vzorcih mleka in oljčnega olja. Vzorce mleka smo najprej razkrojili v mikrovalovni pečici v mešanici kislin in evaporirali. Preostalo organsko snov smo uničili z žganjem ali s kisliniskim razkrojem. Sledila je ločba Sr, za kar smo uporabili Sr-smolo. Izotopsko sestavo Sr smo določili z MC-ICP-MS. Optimizirano metodo smo uporabili za geografsko diskriminacijo mleka z različnih območij v Sloveniji.

Na področju *organske analize* smo z oceno učinkovitosti pilotske naprave HRAP v Ajdovščini v sodelovanju z Zdravstveno fakulteto Univerze v Ljubljani (UL) razvili analitsko metodo za določanje bisfenolov (BP) tako v vodni fazi kot tudi v fazi biomase alg.

V okviru proučevanja kroženja CEC-spojini (Contaminants of Emergent Concern) smo razvili občutljivo analizo metodo za določanje izbranih estrogenov, in sicer 17-beta-estradiol (17BE2), 17-alfa-etinilestradiol (17 α EE2) in estrona (E1) v površinskih vodah (projekt EMPIR Metrologija za spremljanje endokrinih motilcev v skladu z vodno direktivo). Rezultati projekta bodo vključevali validirane referenčne metode, ki temeljijo na masni spektrometriji kot doprinos k CEN/TC 230 in ISO/TC 147, referenčne materiale in izvedbo ter evaluacijo medlaboratorijske primerjalne analize določitve izbranih spojin v površinskih vodah.

Na področju *izotopske analize* smo optimizirano metodo za analizo $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ z MC-ICP-MS uporabili za karakterizacijo ustekleničenih vod na slovenskem trgu. V okviru raziskovalnega projekta ARRS Netradicionalni izotopi kot identifikatorji avtogenih karbonatov smo optimizirali metodo za analizo izotopskih razmerij urana v vzorcih vode, tal in kamnin z multikolektorskim ICP masnim spektrometrom (MC-ICP-MS). S pomočjo razmerij aktivnosti $^{238}\text{U}/^{234}\text{U}$ in vrednosti $\delta^{238}\text{U}$ v izviri, podzemni vodi in v kamninah vodonosnika



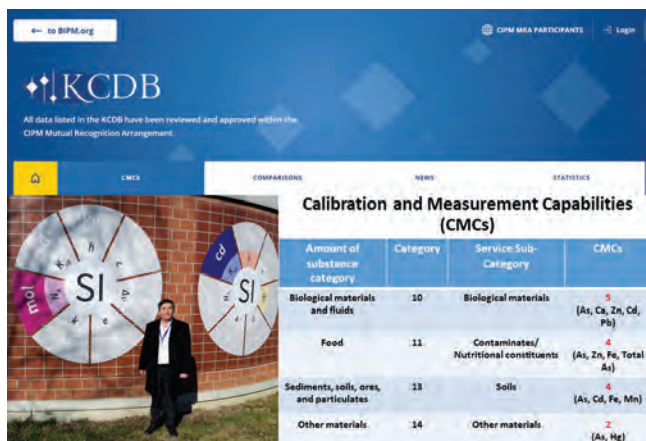
Vodja:

prof. dr. Milena Horvat

Prvič je bila dokazana povezava med ravnijo urinskih endokrinih motilcev kemičnih biomarkerjev v človeški populaciji in genetskim polimorfizmom.



Slika 1: Kalibracije emisijskih meritev živega srebra s sledljivimi metodami kalibracije, ki so bile razvite pri projektu MercOx, smo uporabili pri meritvah na terenu v Salonitu Anhovo (zgoraj) in v termoelektrarni v Marlu, Nemčija (spodaj).



Slika 2: Kalibracijske in merilne zmogljivosti (CMCs - Calibration and Measurement Capabilities) odseka O-2 v letu 2020, ki so vpisane v BIPM KCDB.

- CCQM-K144 Trace elements in alumina powder (organizator KRIS iz Južne Koreje),
- CCQM-K145 Toksični in esencialni elementi v jetrih govedi (organizator NIM iz Kitajske),
- SIM.QM-S10 Elementi v sledovih v posnetem mleku (organizatorja NRC iz Kanade in INTI iz Argentine),
- CCQM-K155 Elementi in tributil kositer v morski vodi (organizatorja GLHK iz Kitajske in TUBITAK UME iz Turčije),
- karakterizacija novih certificiranih referenčnih materialov: ERM-CZ110f fini prah (PM_{2,5}-like) in IAEA-475 morski sediment z JRC Geel (Belgija) in IAEA-MESL (Monako).

Koordinacija EU MCSA ITN projekta GMOS-Train in Twining projekta SurfBio

Minamata in predvsem zapolniti ključne vrzeli v poznavanju biogeokemičnega kroženja živega srebra, ki povezuje antropogene emisije in akumulacijo živega srebra v morskih organizmih.

V okviru CRP-projekta Identifikacija virov Pb v Zgornji Mežiški dolini na podlagi izotopske sestave Pb smo preverili učinkovitost ločbe in obseg frakcionacije Pb pri uporabi različnih smol (kot na primer Sr-resin, Pb-resin in Dowex I-X8) za izolacijo Pb iz vode, rastlin, zemlje in sedimentov. Smolo z najboljšimi karakteristikami bomo

ter ugotovljenih zvez med izotopskimi razmerji urana in pretoki smo pridobili nove informacije o napajanju, poteh in mešanju podzemne in površinske vode v kraškem vodonosniku Ljubljance.

Področje razvoja materialov za razvoj *senzorjev in pasivnih dozimetrom* je bilo osredotočeno na razvoj dvojne detektorske platforme za adsorpcijo različnih oblik živega srebra (Hg) na podlagi mreženja kemikalij. Grafični nanodelci z ogljikovim nitridom (g-C₃N₄) in žveplovim grafitnim ogljikovim nitridom (S-g-C₃N₄) so bili sintetizirani in karakterizirani. Nanoimpregnirani listi so bili uspešno uvedeni v tridimenzionalno (3D) strukturo, kar zagotavlja veliko površino za vezavo Hg⁰ in Hg²⁺. Tak pristop obeta selektivno vezavo Hg spojin tudi v naravnih vzorcih.

Meroslovje – znanost o merjenju je ključnega pomena za odsek, saj je večina raziskav povezanih z merjenjem oziroma 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.

Razvili smo meroslovne koncepte za določanje živega srebra in njegovih spojin v zraku ter v dimnih plinih v okviru evropskega EMPIR (Evropski meroslovni program za inovacije in raziskave) projekta MercOx, ki ga odsek koordinira. Na novo razvit sistem kalibracije bo precej izboljšal primerljivost rezultatov na globalni ravni, kar je ključnega pomena za validacijo modelov kot orodja za odločevalce. Na podlagi odličnih rezultatov pa so postopki za kalibracijo sedaj že v fazi standardizacije, kar je predmet dela v okviru novega projekta EMPIR Hg-SI.

Meroslovna podpora pa se je razvila na drugih področjih merjenja na odseku, zlasti na področju tradicionalne analize stabilnih izotopov lahkih elementov, ki zajema: (i) razvoj novih referenčnih materialov za študije okolja (toplogredni plini (na primer CO₂ in CH₄)) kot del projektov EMPIR SIRS in STELLAR) in hrane (rastlinskega in živalskega izvora); (ii) vrednotenje merilnih negotovosti v teh materialih; in (iii) sodelovanje pri medlaboratorijskih primerjavah na najvišji meroslovni ravni (CCQM-K167).

Odsek je aktivno vključen tudi v dve mreži, povezani z meroslovjem: (i) ESFRI Infrastruktura za promocijo Meroslovja v živilstvu in prehrani (METROFOOD-RI), kjer IJS deluje kot koordinator slovenskega raziskovalnega vozlišča (Slovenian Joint Research Unit) in programa (ii) EMPIR FoodMetNet, sprejetega leta 2019 kot podpora skupnim evropskim raziskavam na področju merjenj za varnost živil.

V okviru dejavnosti nosilca nacionalnega etalona (NNE) Množina snovi: Kemijski elementi v sledovih v anorganskih in organskih materialih smo v letu 2020 sodelovali pri naslednjih študijah:

Biogeokemija in podnebne spremembe

Začeli smo projekt EU MCSA ITN GMOS-Train, ki je prvi tovrstni projekt pri nas, katerega namen je zagotoviti nujno potrebno izobraževanje o raziskovanju živega srebra na globalni ravni v okviru Konvencije UNEP

nadalje uporabili za identifikacijo virov Pb v prašnih delcih iz Zgornje Mežiške doline.

Z uporabo izotopskih orodij ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) in elementnega odtisa smo okarakterizirali slovensko ustekleničeno mineralno vodo in opisali osnovne geokemijske značilnosti njihovih izvirov.

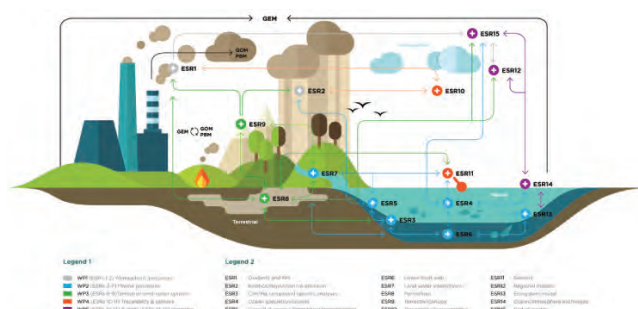
Z raziskovalci z niške univerze (Srbija) smo sodelovali pri raziskavah toksičnosti nanodelcev cerijevega oksida (CeO_2 NPs) v ličinkah komarjev. Rezultati so pokazali, da izpostavljenost sladkovodnim sedimentom, onesnaženim s CeO_2 NPs, v koncentracijah, ki jih lahko pričakujemo v okolju, ne pomeni nevarnosti za dvokrilne žuželke. Vendar pa lahko znatno kopičenje CeO_2 NPs v ličinkah komarjev pomeni tveganje prenosa v organizme po trofični prehranski verigi.

V sodelovanju z OGS Nacionalnim inštitutom za oceanografijo in eksperimentalno geofiziko v Trstu (Italija) je bil izveden mesokozmos eksperiment z uporabo stabilnih izotopov ogljika, da bi razkrili, kako različni viri (naravni in antropogeni) CO_2 vplivajo na biološke sisteme (fitoplankton). Poskusi dokazujejo, da se izotopska sestava fitoplanktona hitro odziva na spremembe razmerja stabilnih izotopov v mediju, zaradi česar ta pristop pomeni obetavno in hitro orodje za odkrivanje uhajanja CO_2 iz podmorskih lokacij, kjer se shranjuje atmosferski CO_2 (ang. Carbon Capture Sites, CCS).

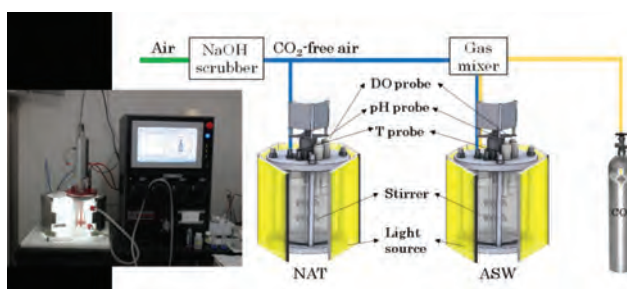
Da bi zbrali dokaze o možnem pojavu anaerobne oksidacije metana (AOM) na meji sediment-voda in ocenili celokupni tok metana, smo določili izotopsko sestavo S v sulfidnih mineralih ($\delta^{34}\text{S}$), celokupno koncentracijo organskega ogljika in sestavo redoks-občutljivih elementov. Raziskava je bila izvedena na območju Kveithola trough, ledeniške depresije, locirane v severozahodnem Barentsovem morju, kjer so pred kratkim odkrili aktivno uhajanje tekočine. Negativne $\delta^{34}\text{S}$ vrednosti ekstrahiranih trdih žveplovih faz (vse do -49.1% za piritno žveplo) kažejo na to, da sta organoklastična redukcija sulfata in/ali nesorazmerno nastajanje žveplovih intermediatov edina aktivna procesa v sedimentih pod površino raziskovanega območja. Vendar pa zmerne do močne obogatitve molibdena (Mo), ki so bile zaznane v intervalih sedimentnih jeder z nizko vsebnostjo organskega ogljika, kažejo, da so prisotni pogoji, ki favorizirajo obogatitev Mo, posledica anaerobne oksidacije metana (AOM). Zato lahko sklepamo, da so na območju Kveithola potekali veliki pretoki metana, ki so se občasno pomikali navzgor po prehodnem območju sulfat-metan, kar je povzročilo intenzivno AOM v bližini vmesnega območja sediment-voda.

Raziskani so bili popožarni učinki na razvoj listov, ki so vključevali izotopsko sestavo ogljika v listih ($\delta^{13}\text{C}$), vzorce radialne rasti ter anatomijo ksilema in floema pri nepoškodovanih (H-drevesa) in v požaru poškodovanih dreves (F-drevesa) vrste *Quercus pubescens* Willd, da bi bolje razumeli interakcije drevo-požar-podnebne spremembe pri napovedovanju vplivov sprememb okolja na funkcijo dreves. Ugotovljeno je bilo, da je rast listov na F-drevesih bolj odvisna od nedavnih fotosintetskih procesov kot od rezerv zaradi vpliva požara na akumulacijo škroba v pretekli sezoni. Nov pristop z vključitvijo anatomije floema v analize je razkril, da je požar povzročil spremembe v dimenzijah drevesnih kanalov v zgodnjem floemu, ne pa tudi v zgodnjem lesu. Vendar pa prezgodnje nastajanje tiloz v nosilcih zgodnjega lesa najmlajših dveh ksilemskih prirastkov v F-drevesih pomeni, da je na hidravlično integriteto vplivala tudi toplota, ki jo sprošča požar.

Študija, izvedena v sodelovanju z ZRC SAZU, vključuje oceno 6600 let človeških in podnebnih vplivov na povodje jezera in vegetacijo v Julijskih Alpah (Bohinjsko jezero, Slovenija) z uporabo mineraloške, sedimentološke, geokemične analize in analize razmerja stabilnih izotopov C in N ter analize cvetnega prahu. Ugotovljeno je bilo, da je v bronasti in zlasti železni dobi (3500–2500 let p. n. š.), ko je bila regija (glede na arheološke podatke) še gosto poseljena, prišlo do krčenja gozdov zaradi kmetijstva, živinoreje in metalurških dejavnosti. Da so se površine krčile, so nam razkrile analize cvetnega prahu vrste *Cerealia*, *Plantago lanceolata* in upad števila dreves vrste *Abies*. V naslednjih stoletjih se je vpliv človeka na okolje nadaljeval (povečeval), pa se kljub temu zdi, da ni prišlo do ponovne destabilizacije povodja. Zabeleženih je več obdobjev povečanega kopenskega vnosa v letih 6100–6000, 5700–5550, 5000–4600, 3900, 3700–3550, 2300–2200 p. n. š., kar bi lahko bilo povezano z mobilizacijo rečnega dotoka iz zahodnega vodonosnika s flišem zaradi migracije rek v obdobjih vlažnejšega podnebja. Ti vzorci poplav se ujema z obdobji povečane poplavne aktivnosti v širši alpski regiji. Izsledki so bili objavljeni v prispevku *Quaternary Science Review*, ki ga je Slovenska raziskovalna agencija izbrala kot izjemen znanstveni dosežek na področju arheologije in geologije leta 2020.



Slika 3: Struktura MSCA ITN GMOS-Train projekta povezuje delo 15 mladih raziskovalcev, doktorandov na 10 vrhunskih raziskovalnih ustanovah v Evropi.



Slika 4: Shematski prikaz fotobioreaktorjev, uporabljenih za tri poskuse s kulturo *T. rostrata*. NAT: naravno gojišče morske vode; ASW: umetno gojišče morske vode. V primeru obeh gojišč se je med rastjo alg uporabljal samo zrak brez CO_2 (cikel vklop: izklop: 10:50 minut). CO_2 (plin) iz jeklenke je bil doveden samo med pripravo ASW gojišča. Meritve raztopljenega kisika (DO; % sat), temperatura (T ; $^{\circ}\text{C}$) in pH_{NBS} so bile izvedene on-line s senzorji. Oris fotobioreaktorja je povzet po Kbiotech®.

Analiza organskih ostankov in eksperimentalna arheologija sta nam omogočili, da smo opredelili vir goriva in ostankov stenja dveh prazgodovinskih svetilk iz Zgornjega Radvanja (SV Slovenija), naselbine iz časa bakrene dobe. Identifikacija in izotopska sestava lipidov, absorbiranih v artefaktih, kaže na pretežno uporabo maščobe prežvekovalcev kot goriva za osvetlitev, ki so ga morebiti vžgali v kombinaciji z rastlinskimi olji.

V sodelovanju z Atomskim centrom Bariloche (Argentina) smo raziskovali geokemične in mineraloške značilnosti sedimentov v jezeru Futalaufquen, ki je izpostavljeno usedanju piroklastičnega izmeta andskega vulkanizma v severni Patagoniji, in ocenili uporabnost analiziranih spremenljivk v paleoklimatskih študijah. V multinacionalni skupini smo ugotavljali časovno obdobje in procese, ki so privedli do predzadnje deglaciacije (T-II). S podrobno sedimentološko, palinološko in izotopsko analizo izdanka lehnjaka v dolini Trabaque (Iberski polotok), s povezavo izmerjenih trendov in anomalij s podobnimi datiranimi arhivi z območja Severnega morja, Severnega Atlantika in Sredozemlja ter na podlagi odzivov v naravnih arhivih na južni polobli smo določili zaporedje dogodkov in mehanizme, ki so sprožili oziroma vplivali na globalno segrevanje.

V sodelovanju z Nacionalnim inštitutom za biologijo smo proučevali spremembe substratov med kolonizacijo plastičnih materialov z bakterijami iz blata čistilnih naprav. Pokazalo se je, da bakterije lahko naseljujejo substrate iz pogosto uporabljenih plastičnih materialov (PET, HDPE), pri čemer so biotske združbe v biofilmu odvisne od kemične sestave in strukture substrata.

Vodni krog

Raziskovali smo obnašanje razmerja izotopov urana v kraških rekah Krke v Sloveniji in na Hrvaškem. Ugotovljeno je bilo, da izotopske razlike urana odražajo spreminjajočo se litologijo kamninske podlage in mešanje voda iz različnih virov. Prelomljene karbonatne kamnine hitreje preperevajo, z večjim odstranjevanjem ^{234}U iz kamnine v vodo zaradi odbojnega učinka alfa in večjimi razmerji aktivnosti $^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$. Manj prepustne in manj topne kamnine omogočajo manj oksidacije U (VI), odbojni učinek alfa ne more igrati tako pomembne vloge, kar ima za posledico manjše razmerje aktivnosti $^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$. Izotopsko lažji uran se prednostno obarja s karbonatom in lehnjaki brez frakcioniranja, zato razmerja izotopov urana v kopenskih karbonatnih formacijah odražajo tako shranjevanje CO_2 kot količino urana, vezanega na detritični material.

V sodelovanju s kolegi z madžarske akademije znanosti in umetnosti smo po štiridesetih letih sistematičnih analiz objavili Isoscapes – časovno zaporedje kart porazdelitve tehtanih aktivnosti tritija v padavinah v Jadransko-Panonski regiji od leta 1976 do 2017. Podatki in karte so bili objavljeni v reviji *Earth System Science Data*. Del tega obsežnega projekta je tudi SLONIP – slovenska baza izotopskih podatkov o padavinah, ki je bila objavljena v letu 2020 in je javno dostopna na <https://slonip.ijs.si>.

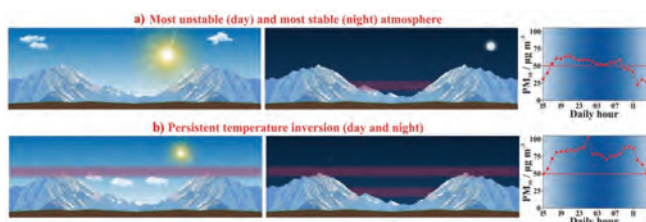
V sodelovanju s podjetjem Vodovod-kanalizacija iz Podgorice (Črna gora) smo opravili prvo izotopsko študijo zlivnega območja glavnih vodnih virov črnogorske prestolnice – izvirov Mareze in reke Zete. Na podlagi enoletnega monitoringa izotopske sestave padavin, izvirske in rečne vode smo določili izvorno območje in povprečno nadmorsko višino napajanja kraškega vodonosnika ter dokazali, da do mešanja izvirske in rečne vode ne prihaja v merljivem obsegu.

Raziskave zraka

Da bi bolje razumeli spremembe v kakovosti zraka v Ljubljani, smo v klasifikaciji premešanosti ozračja na osnovi radona prvič združili dnevne in sinoptične spremembe koncentracije radona. V raziskavi smo uporabili urna povprečja vrednosti meteoroloških parametrov (hitrost vetra, časovne spremembe temperature zraka, sončno obsevanje, padavine), koncentracije izbranih onesnažil zraka (NO_2 , CO , PM_{10} , BC-črni ogljik, SO_2 , O_3) in koncentracije radona (^{222}Rn) v dveh zaporednih zimah. Za vsako zimo smo določili po šest razredov premešanosti ozračja: pet dnevnih in enega sinoptičnega (dolgotrajni temperaturni obrat – PTI, ki smo ga dodatno ločili kot močan ali šibek). Dnevne in sinoptične spremembe premešanosti ozračja so pomembno vplivale na spreminjanje kakovosti zraka v obeh zimah. V razredih premešanosti ozračja od #1 do #3, na osnovi dnevnih sprememb (hitrost vetra $\geq 1,5 \text{ m s}^{-1}$), smo opazili majhno kopičenje lokalnih onesnaževalcev (CO , NO_2 , PM_{10} in BC), medtem pa je bil sinoptični prispevek h koncentraciji SO_2 in O_3 znaten. Razreda #5 in PTI (najbolj stabilne razmere, za katere je značilna hitrost vetra $\leq 0,5 \text{ m s}^{-1}$ ali hitrost spremembe temperature zraka $\geq 1,5 \text{ }^\circ\text{C h}^{-1}$ na 2 m višine) sta bila povezana z najslabšo kakovostjo zraka. Raziskavo smo izvedli v okviru projekta STRAP (Izvor, transport in ponor obstojnih zračnih onesnaževal v okolju Slovenije).

Razvoj regionalnega modela (AP³H_v1) za prikaz časovnega in prostorskega spreminjanja aktivnosti tritija v padavinah v obdobju 1976–2017

Razvoj klasifikacije premešanosti ozračja v kotlini na osnovi variacij v dnevni in sinoptični koncentracijah radona



Slika 5: Stopnja premešanosti ozračja v kotlini in kompozitni dnevni potek koncentracije delcev (PM_{10}): a) v ozračju pri najbolj nestabilnem dnevu in najbolj stabilni noči ter b) v ozračju med dolgotrajnim temperaturnim obratom podnevi in ponoči

Pri določanju stopenj emisije črnega ogljika BC smo v študiji, ki jo izvedel Aerosol, d. o. o., uporabili urna povprečja koncentracije radona v Ljubljani in Ajdovščini za določitev višine plasti mešanja ozračja.

Koloidna biologija

Leta 2020 smo večino raziskav izvajali v okviru dveh evropskih projektov: projekta APLAUSE (Allien Plant Species – od škodljivega do koristnega pri ledenih dejavnostih državljanov), ki ga je financiral UIA, in projekta GREENER (Integrirani sistemi za učinkovito sanacijo okolja in okolja), ki ga je financiral EU-H2020. Pri tem smo uporabili predhodno razvite metode za združevanje celic v umetne večcelične strukture, in sicer agregate in biofilme, kjer so bakterijske celice zlepljene skupaj z delci ali na različnih vrstah površin. Izdelali smo 2D- in 3D-strukture različnih velikosti, debeline in sestave. Predložen je bil patent tega inovativnega pristopa, poleg tega pa smo lahko na podlagi teh metod v *in vitro* pogojih pokazali pomen bližine med dvema celicama za izmenjavo hranil med seboj. Teoretično predvidene značilnosti izmenjave hranil med bakterijskimi celicami, ki so jih kazali modeli, so bile tako tudi praktično dokazane.

S kombiniranjem različnih bakterij v takih strukturah lahko izvedemo spajanje metabolnih poti za različne aplikativne rešitve. V okviru omenjenih projektov smo raziskali preoblikovanje lignina v vanilin in celulozo v polihidroksialkanoate ter razgradnjo policikličnih aromatskih ogljikovodičnih okoljskih onesnažil. Z elektrostatično agregacijo delcev in vlaken smo dodatno razvili materiale, ki so alternativni papirju, z uporabo odpadne rastlinske biomase in odpadnih polielektrolitov, kot je hitozan.

Dosežki na področju nacionalnih projektov obsegajo naslednje: (i) izvedli smo več poskusov izdelave umetnih biofilmov na površinah, ki bodo izpostavljene morski vodi (ARRS Ni-0100); (ii) selektivna obogatitev tricia s pomočjo mikrobov. Začeli smo pripravljati metodologijo in zbirati seve mikrobov, ki jih bomo uporabili v preliminarnih poskusih (ARRS J7-2597); (iii) zbirali in karakterizirali smo bakterijske izolate iz ustne votline ter površino kože dojenčkov. Za izbrane izolate smo pripravili metodologijo za branje in anotacijo genoma. (ARRS J1-9194, ARRS J3-1762) Pri projektu CROSSING (sodelovanje med IJS in HZDR, Nemčija) smo analizirali interakcije med bakterijami in nanodelci ter bakterijami in kovinskimi površinami z različnimi fizikalnimi lastnostmi, pridobljenimi z nanotiskom in echingom.

V sodelovanju s Kemijskim inštitutom smo v okviru postdoc projekta pripravili sistem za prečiščevanje različnih organskih aditivov, ki se uporabljajo pri izdelavi papirja, ki je temeljil na sistemu za bakterijsko imobilizacijo in je dokazal, da osnovni koncept takšnega sistema realno lahko deluje za čiščenje vode.

V okviru mednarodnega sodelovanja smo začeli nov projekt SurfBio, ki ga financira EU-H2020. Ta bo okreplil raziskovanje na področju koloidne biologije na odseku. V zvezi s podiplomsko šolo IJS bodo uvedeni novi učni načrti za uvajanje novih interdisciplinarnih doktorskih tem s tega področja.

Okolje in zdravje

Na področju nacionalnega in evropskega humanega monitoringa smo nadaljevali rekrutiranje otrok in mladostnikov na širšem območju Slovenije. Ocenili smo izpostavljenost otrok in mladostnikov iz Slovenije z bisfenolom, ki je odvisna od porabe maščob. Parabeni so povezani z uporabo ličil, potrebna pa je bila tudi genetska občutljivost na parabene. Izpostavljenost otrok in mladostnikov herbicidu glifosatu in AMPA, ki živijo na podeželju severovzhodne Slovenije, je zelo majhna. Pokazali smo, da je slovensko prebivalstvo prek hrane in rabe izdelkov izpostavljeno različnim spojinam ftalatov, ki so prisotni v plastični embalaži, pločevinkah, izdelkih za osebno nego, PVC; tudi življenjski slog in navade vplivajo na izpostavljenost ftalatom (npr. življenjski prostor, čas, preživet zunaj). Prvič smo ocenili izpostavljenost mater in njihovih otrok organofosfatnim in piretroidnim pesticidom, ki je v primerjavi z drugimi državami majhna. Proučevali pa smo tudi zaščitno vlogo selena v povezavi z APOE $\epsilon 4$ v zgodnjem življenjskem obdobju.

V okviru evropskega humanega biomonitoringa (HBM4EU) pa smo se osredotočili zlasti na temo izpostavljenosti kadmiju v evropskem prostoru. Odgovoriti želimo na vprašanje, kolikšen delež izpostavljenosti kadmiju predstavljajo onesnažena tla. V ta namen smo združili HBM-podatke ter geoprostorske podatke, ki so bili zbrani iz razpoložljivih evropskih baz podatkov (koncentracija Cd v zgornjem sloju tal FOREGS in geokemičnih zbirkah podatkov LUCAS; odstotek obdelovalnih površin; poraba anorganskih gnojil; kmetijska območja; skupna in kopenska površina; gostota avtocest in drugih cest). Poleg tega je IJS pripravil dokument o arzenovih spojinah v okolju, izpostavljenosti ljudi, možnih in zabeleženih vplivih na zdravje, oceni tveganja za zdravje in s tem povezanim ravnanju. Sodelovali smo v drugi, tretji in četrti medlaboratorijski primerjalni raziskavi (ICI) o Cr v krvi, serumu in urinu.

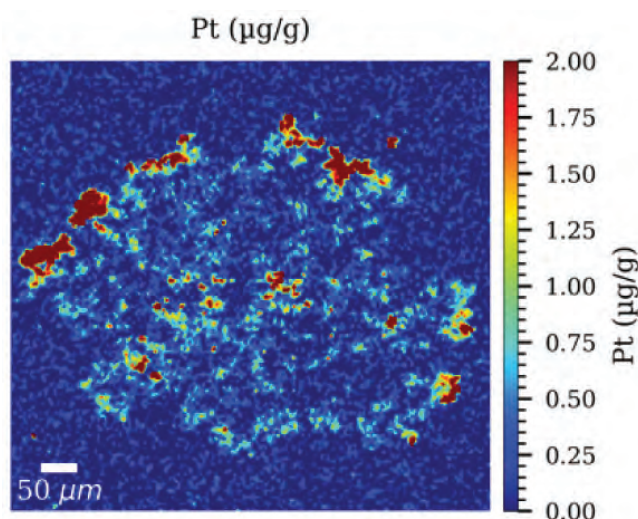
Prav tako pa se je odsek vključil v pripravo dokumentov za nadaljevanje HBM4EU v okviru projekta PARC (Horizon Europe), katerega namen je razviti celosten pristop na področju ocene tveganja v povezavi s kemikalijami v življenjskem okolju ljudi.

V okviru projekta NEURODYS smo v letu 2020 nadaljevali nabor porodnic v celjski regiji za namen proučevanja vpliva različnih okoljskih dejavnikov na izpostavljenost kemikalijam in razvoj otrok v skladu s konceptom exposome,

s katerim bomo pridobili dragocene vzorce, ne samo za kemijske in osnovne molekularne analize, ampak tudi za analizo metaboloma, epigenoma, transkriptoma in mikrobioma. Z namenom ocene kompletne izpostavljenosti smo opravili tudi dodatne kemijske in molekularne analize v obstoječi kohorti PHIME-CROME, rezultate pa združili v skupni podatkovni zbirki, ki zdaj zajema podatke prenatalne izpostavljenosti elementom v sledovih, izpostavljenosti elementom v sledovih ter organofosfornim pesticidom v starosti 7–8 let, podatke o nevropsihološkem razvoju otrok v starosti 18 mesecev in 7–8 let, kazalnike genske občutljivosti ter pripadajoče podatke o življenjskih navadah, prehrani, življenjskem okolju ipd. Postavili in validirali smo tudi metodologijo za proučevanje vpliva mikrobioma na izpostavljenost oz. razvoj. Za ugotavljanje povezav med okoljskimi parametri, gensko občutljivostjo in nevropsihološkim razvojem otrok smo poleg klasične statistike uporabili metode strojnega učenja. Preliminarni rezultati so na voljo, ugotovitve celostne analize pa bomo objavili v letu 2021.

Da bi lahko ocenili potencialno izpostavljenost ljudi anorganskim nanodelcem, smo razvili metodo za merjenje nanodelcev titanovega dioksida v bioloških vzorcih. Na vzorcih otroške popkovnične krvi in posteljice smo pokazali uporabnost optimiziranega analiznega postopka, sestavljenega iz encimatske predpriprave vzorcev in detekcije nanodelcev s pomočjo tehnike single particle ICP-MS. V vseh bioloških vzorcih smo našli nizke koncentracije nanodelcev titanovega dioksida (v območju med $1,25$ in $6,35 \times 10^6$ nanodelcev/g vzorca) v velikosti med 45 nm in 530 nm.

Raziskali smo možnost uporabe stabilnih izotopov ogljika maščobnih kislin ($\delta^{13}C_{FA}$) v človeškem mleku kot biološkega označevalca uživanja različnih živil, saj ves ogljik v naših telesih izvira iz hrane, ki jo uživamo. Raziskava, izvedena na 74 vzorcih zrelega ženskega mleka iz dveh kontrastnih slovenskih območij (obalnega in celinskega), je razkrila, da ta pristop bistveno izboljša informacije glede uživanja morske hrane.



Slika 6: Kvantifikacija Pt v tumorskem sferoidu, tretiranem s cisplatinom z metodo izotopskega redčenja LA-ICP-MS

Proučili smo osnovna načela orodij v kemoinformatiki, ki temeljijo na podatkih, pridobljenih z masno spektrometrijo, pri karakterizaciji ekspozoma. V tem pogledu smo opredelili tri ključne naloge kemijske informatike, in sicer pripis molekulske formule, prioritizacijo spojin in identifikacijo njihove kemijske strukture. Ocenili smo uspešnost in učinkovitost različnih kemoinformatičnih pristopov za identifikacijo spojin, ki so sestavni del ekspozoma.

Z vključitvijo v študijo farmakokinetike opioidnega zdravila fentanil smo bili po naključju priča zastrupitvi pri prašiču po zaužitju transdermalnega obliža s fentanilom. Zastrupitev smo povezali in dokazali z zelo povišanimi koncentracijami fentanila v krvi tega prašiča.

Na področju biovizualizacije kovin smo optimizirali parametre laserske ablacije (LA) za kvantifikacijo ablrane vzorca z ICP-MS. Trenutno razvijamo več analiznih metod za biološko biovizualizacijo različnih vzorcev (tkiva, tumorski sferoidi in celice), pri katerih za kvantifikacijo uporabljamo matrične standarde in tehniko izotopskega redčenja (ID). Doslej se je ID izkazala kot najbolj natančna metoda kvantifikacije, saj služi tudi kot interni standard za korekcijo instrumentalnega drifta. Primer uspešne kvantifikacije s tehniko LA vizualizacije Pt pri tumorskih sferoidih, tretiranih s cisplatinom, prikazuje slika 6.

Epidemiologija, ki temelji na analizi odpadne vode (angl.: Wastewater Based Epidemiology, WBE), zagotavlja objektivne in zanesljive podatke za spremljanje prostorsko-časovnih vzorcev uporabe dovoljenih in prepovedanih drog. Objavljene so številne študije ocene porabe drog na osnovi kemijske analize biomarkerjev drog na vtokih komunalnih čistilnih naprav.

Redkeje se WBE uporablja za študije, specifične za posamezne lokacije. V skladu s tem smo pripravili pregledni članek o objavljenih študijah na osnovi WBE o trendih uživanja drog v izobraževalnih ustanovah in zaporih ter na glasbenih festivalih, športnih prireditvah in med prazniki. V članku smo predstavili razpravo o uporabi in koristih uporabe WBE v teh posebnih primerih ter pregled trenutnih izzivov in prihodnjih perspektiv. Poleg tega z analizo odpadne vode raziskujemo 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). Obdelava rezultatov še poteka. Na podlagi dosedanjih zaključkov potrjujemo, da analiza odpadne vode omogoča neinvaziven vpogled v trende uživanja drog v izobraževalnih ustanovah.

Hrana

V vzorcih *mleka, krme in vode* v vzorcih iz Italije smo določili izotopsko razmerje $^{87}Sr/^{86}Sr$. Tako smo želeli proučiti, kateri faktor (krma ali voda) bolj vpliva na izotopsko sestavo Sr v mleku. Tako bi lahko povezali $^{87}Sr/^{86}Sr$

razmerje v mleku z okolico in to informacijo uporabili za preverjanje geografskega porekla mleka. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ razmerje smo za namen ugotavljanja geografskega porekla uporabili tudi za med iz Črne gore in arganova semena iz Maroka.

V okviru *proučevanja hrane/živil* smo razvili analizno metodo za določanje neonikotinooidov v propolisu in jo uporabili za analizo komercialno dostopnih izdelkov, in sicer smo optimizirano metodo uporabili za analizo 30 vzorcev: 18 vzorcev surovega propolisa in 12 etanolnih tinktur. Acetamidrid, imidaklopid in tiaklopid smo zaznali v sedmih vzorcih, vendar pod LOQ, in sklenili, da so izbrani neonikotinoidi v vzorcih prisotni v majhnih koncentracijah. Po našem poznavanju problematike je ta študija prva, ki poroča o določitvi neonikotinooidov v propolisu. Z validirano GC-MS/MS metodo z ng L^{-1} LOQ smo proučevali tudi migracijo dvanajstih bisfenolov (BP) iz pločevink za pijačo ter kovinskih in plastičnih športnih steklenic za večkratno uporabo. S to preiskavo smo pokazali, da BPA ostaja primarni bisfenol v materialih, ki pridejo v stik z živilo (angl.: Food Contact Material, FCM), hkrati pa potrdili prisotnost drugih BP v FCM. Pokazali smo tudi, da je izpiranje bisfenolov iz FCM pogojeno z vrsto hrane/pijače, ki jo hranimo v FCM, kar je bilo prikazano z različnimi simulanti živil. Ravno tako smo pokazali, da je uživanje pijač iz pločevink bolj zaskrbljujoče kot iz športnih steklenic za večkratno uporabo. Naše ugotovitve omogočajo vpogled v problematiko migracije snovi iz FCM in s tem zmanjšanje tveganja za zdravje potrošnikov. Trenutno v laboratoriju razvijamo netarčne analize za pojasnitev izluževanja nepričakovanih nevarnih snovi iz FCM v hrano/pijačo.

V izbranih prehranskih izdelkih smo določili prisotnost različnih *anorganskih nanodelcev* s pomočjo optimizirane tehnike single particle ICP-MS. Najvišje koncentracije nanodelcev (v območju mg/g) smo našli v vzorcih hrane, ki so vsebovali aditive oziroma prehranske dodatke (npr. E 172, E 551, E 171). Isto analizno tehniko smo uporabili tudi za določanje prisotnosti nanodelcev železovega oksida v prehranskih pigmentih E 172 in v okviru medlaboratorijske primerjave karakterizirali prehranske dodatke titanovega dioksida (E 171) v slaščičarskih izdelkih.

V okviru katedre *ERA Chair ISO-FOOD* je bil vzpostavljen protokol za določanje pristnosti in sledljivosti različnih živil, ki vključuje: (i) razvoj standardnih operativnih postopkov in optimizacijo metod z uporabo metodologije odzivnih površin (RSM) in umetnih nevronske mreže (ANN); (ii) razvoj podatkovnih baz in vizualizacijo podatkov; (iii) modeliranje z uporabo multivariatnih statističnih metod, kot so linearna diskriminantna analiza (LDA), ortogonalna delna analiza najmanjših kvadratov (OPLS-DA) in model podatkovno vodene – mehko neodvisnega modeliranja razredne analogije (DD-SIMCA); in (iv) razvrščanje glede na vrsto, sorte, tip, geografsko poreklo in način pridelave.

Pristop je bil uporabljen za različna živila, vključno z mlekom in mlečnimi izdelki, česnom, cikorijo (*Cichorium intybus L.*), tartufi in arganovim oljem. Dobljeni podatki o mleku, tartufih in arganovem olju so vključeni tudi v elektronsko komponento različnih evropskih projektov, kot so METROFOOD-RI raziskovalna infrastruktura, REALMed in FNS-Cloud. Leta 2020 je bila za Upravo RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin izvedena strokovna naloga za preverjanje porekla izbranim vrstam sadja in zelenjave, ki je vključevala jagode, češnje, jabolka, kakije, šparglje in česen. Statistični modeli kažejo, da v povprečju 37 % vzorcev verjetno ni slovenskega porekla.

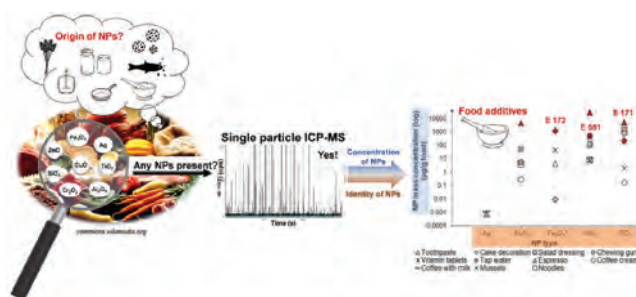
Okoljske tehnologije

Z Inštitutom za kmetijstvo in turizem iz Poreča (Hrvaška) smo sodelovali pri raziskavi o morebitni uporabi različnih vrst stabiliziranega blata iz čistilnih naprav kot gnojila za zemljo. V vsakem vzorcu blata smo proučili njegove fizikalno-kemijske lastnosti, nutriente ter vsebnost kovin v sledovih in radionuklidov. Rezultati študije so pokazali, da je bilo od devetih proučenih vzorcev blata osem varnih za uporabo v kmetijstvu. Blato iz čistilnih naprav lahko uporabimo za gnojenje tal, vendar je treba proučiti dolgoročne učinke, ki jih ima večkratna aplikacija blata na tla. V okviru projekta ARRS BIOTRISEIP smo začeli razvijati novo inovativno tehnologijo za ločevanje tritija iz vode na biološki osnovi. V ta namen bomo raziskali in izkoristili cianobakterije, alge in sulfatne reducente.

V okviru raziskav kroženja snovi v okolju in med čiščenjem odpadne vode nadaljujemo proučevanje industrijskih kemikalij, ki vključujejo BPA in njegove alternative (BP). V zadnjem letu smo se osredotočili na napredne postopke čiščenja odpadnih vod: biološko (čiščenje z algami bazeni) in abiotično (UV, fotokataliza, kavitacija in novi koagulacijski postopki z naravnim koagulantom, izoliranim iz fižola) čiščenje odpadnih vod.

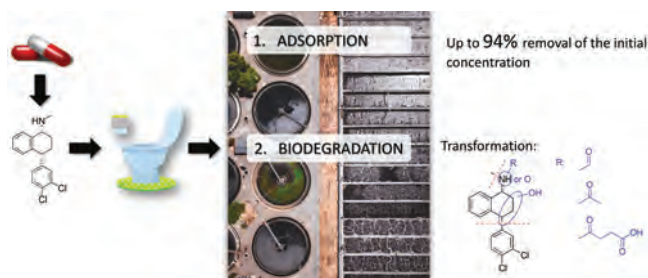
S pomočjo metode za določanje 48 modelnih onesnažil (MO), predstavnikov CEC, smo raziskovali MO v vodni fazi HRAP v Ajdovščini. Od proučevanih MO smo 12 MO določili v vtoku in pet v iztoku iz HRAP. Učinkovitost čiščenja

Izdelava programske opreme za določanje pristnosti in sledljivosti živil (www.foodtrack.ijs.si)



Slika 7: S pomočjo tehnike single particle ICP-MS smo določili prisotnost, vrsto in koncentracijo anorganskih nanodelcev v različnih vzorcih hrane.

Razvoj metode za detekcijo nedovoljenega dodatka vode v mleko z uporabo $\delta^{18}\text{O}$ laktoze kot internega standarda



Slika 8: Študija biotransformacije antidepressiva sertralina in odstranjevanje v bioloških čistilnih napravah

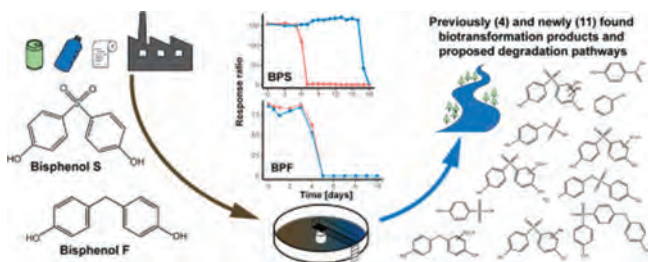
hidrodinamične kavitacije kot tehnologije za predhodno tretiranje odpadne vode v večjem merilu. S tem se tudi utira pot za nadaljnje izboljšave v zasnovi in oblikovanju kavitacijskih reaktorjev. Študijo smo izvedli v sodelovanju s Fakulteto za strojništvo (UL), kjer so bili reaktorji oblikovani in zgrajeni.

V sodelovanju s Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo (UL) trenutno proučujemo razvoj metod za pritrnitev fotokatalitskih materialov oz. kompozitov na inertne nosilce ter razvoj reaktorskih sistemov, ki bodo sposobni očistiti vodo organskih onesnažil in posledično omogočiti njeno ponovno uporabo. Takšni reaktorji so pomemben korak k trajnostnemu gospodarstvu, saj preprečujejo degradacijo okolja z izpusti onesnažene vode v naravna vodna telesa, hkrati pa zaradi možnosti ponovne uporabe prečiščene vode zmanjšujejo porabo pitne vode iz naravnih virov. Učinkovitost novih reaktorjev preizkušamo z mešanico bisfenolov z različnimi fizikalno-kemijskimi parametri.

S sodelovanjem Univerze v Novem Sadu v Srbiji smo raziskali tudi napredno neoksidacijsko odstranjevanje CEC iz odpadnih vod. Adsorpcija z aktivnim ogljem v prahu (angl.: Powdered Activated Carbon, PAC) je dosegla učinkovitost odstranjevanja v območju 52,4–99,9 %, inovativna koagulacija z naravnim koagulantom, izoliranim iz fižola, 3,2–99,9 %, običajna koagulacija z železovim kloridom 3,1–96,4 %, kombinirana adsorpcija/koagulacija 2,7–99,9 % in kombinirani postopek z uporabo PAC/ultrafiltracije (PAC/UF) 60–99,9 %. Študija SPR (angl.: Structure Property Relation) je pokazala korelacijo med učinkovitostjo odstranjevanja večine uporabljenih postopkov in TPSA (angl.: Total Polar Surface Area) mikroonesnaževal.

Nova spoznanja o kinetiki in biorazgradnji bisfenola F in S med aerobno degradacijo z aktivnim blatom.

da se BPF in BPS hitro razgradita in se najverjetneje ne kopičita v aktivnem blatu oz. v iztokih iz čistilnih naprav. Kinetični model prvega reda je razkril, da se je BPF razgradil hitreje kot BPS in da se stopnja razgradnje zmanjšuje z naraščajočo začetno koncentracijo. Z algoritmom strojnega učenja, ki je del netačne analize, smo identificirali tri



Slika 9: Sertralina se iz odpadne vode odstrani z adsorpcijo. Na njegovo biorazgradnjo vpliva prisotnost hitro biološko razgradljivega ogljika. Kljub veliki učinkovitosti odstranjevanja še vedno poročajo o sertralini v okolju. Ugotovljenih je sedem novih proizvodov za biotransformacijo. Ugotovljeni proizvodi biotransformacije so prisotni v odpadnih vodah.

MO je znašala od 51 % do 92 % in je primerljiva s podatki iz literature za konvencionalno čiščenje odpadnih vod. Tehnologije za biološko čiščenje odpadne vode, kot je HRAP, kažejo vzpodbudne rezultate, vendar so potrebne nadaljnje raziskave, da bi razumeli morebitna tveganja in tehnične zahteve varne ponovne uporabe odpadne vode in biomase alg.

V zadnjem letu smo proučevali tudi učinkovitost odstranitve 46 MO (vključujoč 12 BP) iz odpadnih vod s pomočjo generatorja hidrodinamične kavitacije na laboratorijski in pilotski ravni, pri slednji tudi v kombinaciji z UV-osvetlitvijo (slika 3). Na laboratorijski ravni je največja učinkovitost čiščenja znašala od 15 % do 63 %, medtem ko je na pilotski ravni dosegala od 15 % do 90 % izbrane MO. V splošnem rezultati kažejo na potencial

hidrodinamične kavitacije kot tehnologije za predhodno tretiranje odpadne vode v večjem merilu. S tem se tudi utira pot za nadaljnje izboljšave v zasnovi in oblikovanju kavitacijskih reaktorjev. Študijo smo izvedli v sodelovanju s Fakulteto za strojništvo (UL), kjer so bili reaktorji oblikovani in zgrajeni.

V sodelovanju s Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo (UL) trenutno proučujemo razvoj metod za pritrnitev fotokatalitskih materialov oz. kompozitov na inertne nosilce ter razvoj reaktorskih sistemov, ki bodo sposobni očistiti vodo organskih onesnažil in posledično omogočiti njeno ponovno uporabo. Takšni reaktorji so pomemben korak k trajnostnemu gospodarstvu, saj preprečujejo degradacijo okolja z izpusti onesnažene vode v naravna vodna telesa, hkrati pa zaradi možnosti ponovne uporabe prečiščene vode zmanjšujejo porabo pitne vode iz naravnih virov. Učinkovitost novih reaktorjev preizkušamo z mešanico bisfenolov z različnimi fizikalno-kemijskimi parametri.

S sodelovanjem Univerze v Novem Sadu v Srbiji smo raziskali tudi napredno neoksidacijsko odstranjevanje CEC iz odpadnih vod. Adsorpcija z aktivnim ogljem v prahu (angl.: Powdered Activated Carbon, PAC) je dosegla učinkovitost odstranjevanja v območju 52,4–99,9 %, inovativna koagulacija z naravnim koagulantom, izoliranim iz fižola, 3,2–99,9 %, običajna koagulacija z železovim kloridom 3,1–96,4 %, kombinirana adsorpcija/koagulacija 2,7–99,9 % in kombinirani postopek z uporabo PAC/ultrafiltracije (PAC/UF) 60–99,9 %. Študija SPR (angl.: Structure Property Relation) je pokazala korelacijo med učinkovitostjo odstranjevanja večine uporabljenih postopkov in TPSA (angl.: Total Polar Surface Area) mikroonesnaževal.

Za proučevanje odstranjevanja in transformacije bisfenolov BPF in BPS med biološkim čiščenjem odpadne vode z aktivnim blatom smo uporabili tarčni in netačni pristop. Za tarčno analizo smo uporabili GC-MS / MS, medtem ko smo za identifikacijo produktov biotransformacije (BTP, netačni pristop: non-target analysis) uporabili LC-QTOF-MS. Rezultati, pridobljeni v sodelovanju z Univerzo v Antwerpnu v Belgiji, so pokazali, pridobljeni v sodelovanju z Univerzo v Antwerpnu v Belgiji, so pokazali, da se BPF in BPS hitro razgradita in se najverjetneje ne kopičita v aktivnem blatu oz. v iztokih iz čistilnih naprav. Kinetični model prvega reda je razkril, da se je BPF razgradil hitreje kot BPS in da se stopnja razgradnje zmanjšuje z naraščajočo začetno koncentracijo. Z algoritmom strojnega učenja, ki je del netačne analize, smo identificirali tri znane BTP in en nov BTP BPF ter en znan in deset novih BTP BPS. Podatki podpirajo potrditev novih poti biorazgradnje, in sicer sulfacij, metilacijo, cepitev in spajanje manjših ostankov bisfenola.

Nadaljevali smo tudi proučevanje usode CEC med čiščenjem odpadne vode in v okolju. Čiščenje odpadne vode smo simulirali z laboratorijskimi poskusi, vključno s poskusi biorazgradnje in sorpcije, ter z biorazgradnjo na pretočnih bioloških reaktorjih za čiščenje odpadne vode v laboratoriju. V primerjavi s pilotnimi sistemi za biorazgradnjo in čiščenje smo na dejanski čistilni napravi pokazali manjšo učinkovitost odstranjevanja, s čimer se kaže pomen kontrole obratovalnih pogojev in sestave aktivnega blata na čistilni napravi. To je sicer ena od redkih študij, pri kateri je bil dejansko dokazan prehod iz laboratorijskih pogojev na čistilno napravo v realnem obsegu, in sicer na način, da smo pokazali, da se v vseh obravnavanih procesih tvorijo enaki produkti biorazgradnje.

V istem okviru smo tudi raziskali potencial molekularno vtisjenih polimerov kot sorbentov za odstranjevanje CEC pri obdelavi WW. Molekularno vtisnjeni polimeri so pokazali boljše sorpcijske sposobnosti v odpadnih vodah in bolj učinkovito recikliranje v primerjavi s klasičnim sorbentom, granuliranim aktivnim ogljem.

Za proučevanje fotokemične usode iste skupine spojin, torej antidepressivov, smo izvedli poskuse fotodegradacije v prisotnosti fotosenzibilizatorjev ali zaviralcev reakcij fotorazgradnje. Po določitvi konstant hitrosti razgradnje smo s pomočjo modeliranja z orodjem APEX napovedali kinetiko fototransformacije sertralina. Rezultate modeliranja smo potrdili s fotorazgradnjo sertralina v površinski vodi pod vplivom sončne svetlobe.

Vzporedno s kemijsko analizo čiščenja odpadnih vod smo proučevali toksičnost BPA in BPF ter njihovih binarnih mešaníc za evkariontsko zeleno alga *Pseudokirchneriella subcapitata* in prokariontsko cianobakterijo *Synechococcus leopoliensis*. Rezultati so pokazali, da je *S. leopoliensis* bolj občutljiva vrsta kot *P. subcapitata*, medtem ko je toksični potencial obeh BP primerljiv in pomeni primerljivo nevarnost za fitoplankton (slika 4). Toksičnost binarne mešanice smo napovedovali z različnimi modeli in jih primerjali z eksperimentalnimi podatki. Karakterizacija tveganja za okolje, ki temelji na primerjavi objavljenih koncentracij BPA in BPF v površinskih vodah z napovedanimi vrednostmi koncentracij brez učinka (predicted no-effect concentration), dobljenih v tej študiji, je pokazala, da BPA v nekaterih primerih pomeni okoljsko tveganje, BPF pa ne. 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 BP predstavljajo za okolje.

Upravljanje okolja, ocena vplivov na okolje in ocena tveganja

V letu 2020 smo začeli sodelovati pri projektu TransCPEarlyWarning, katerega cilj je izboljšati raven usklajenosti obstoječega zgodnjega opozarjanja civilne zaščite, z namenom, 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 in homogenosti prek integracije obstoječih pristopov zgodnjega opozarjanja in s tem izboljšanje izmenjave informacij v okviru evropskega mehanizma civilne zaščite.

V okviru projekta HERA (Health and Environment Research Agenda, HERA Integrating Environment and Health Research: a Vision for the EU) smo sodelovali pri analizi raziskovalnih prioritet na področju okolja, podnebja in zdravja v EU (soorganizacija delavnice z deležniki iz srednje Evrope). 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 bomo s celostnim, sistemskim in vključujočim pristopom podali ključne usmeritve za prihodnje raziskave, strategije ter orodja za spoprijemanje s težavami na področju okolja, podnebja in zdravja.

V okviru participativnih pristopov pri spremljanju okolja kot del koncepta pametnih mest smo se osredotočili na karakterizacijo bivanjskega okolja posameznika s poudarkom na urbanih okoljih, in sicer z uporabo novih senzorskih tehnologij v kombinaciji z zunanjimi viri informacij, podprtimi z GIS-orodji in modeliranjem, ter na podlagi razvoja orodij in metodologij za združevanje podatkov v podporo integriranim ocenam okoljskih pritiskov. Sodelovali smo v naslednjih EU-projektih, ki za zbiranje ustreznih informacij med drugim uporabljajo različne participativne pristope na temeljih ljubiteljske znanosti: (i) projekt ICARUS H2020, ki se ukvarja z razvojem orodij in strategij v podporo kakovosti zraka in obvladovanju podnebnih sprememb v urbanih okoljih ter kjer so prostovoljci sodelovali pri zbiranju podatkov s pomočjo nizkocenovnih senzorjev za spremljanje kakovosti zraka v njihovem življenjskem okolju; (ii) projekt SMURBS ERA-Planet, ki promovira koncepte pametnih mest in povečuje odpornost mest na različne urbane pritiske z združevanjem informacij iz različnih sistemov za opazovanje Zemlje (EO) in orodij v podporo odločanju; in (iii) projekt CitiS-Health H2020, kjer državljani aktivno sodelujejo pri sooblikovanju in izvajanju eksperimentov; raziskujejo, kako kakovost življenjskega okolja in življenjske navade vplivajo na (duševno) zdravje in počutje posameznikov.

Uspešno smo končali tudi projekt SciShops.eu (Izpopolnitev odgovornega in vzdržnega širjenja mreže znanstvenih prodajal v Evropi), znotraj katerega smo prek Centra za participativno raziskovanje na IJS uspešno sodelovali z NVO Greenpeace Slovenija pri analizah ogljični odtis plastičnih steklenic za enkratno uporabo in nagrobnih sveč.

Pri programu MODARIA II – Okoljsko modeliranje in ocenjevanje radioloških vplivov, ki ga koordinira IAEA, smo v okviru skupine 1, ki se osredotoča na uporabo ocen tveganja pri odločanju, izdelali odločitveno analizo za odlagališče Boršt Rudnika Žirovski vrh. Sodelovali smo tudi pri pripravi poročila o delu skupine.

Nadzorne meritve v okolju

V sodelovanju z Agencijo Republike Slovenije za okolje (ARSO) smo izvajali nadzorne meritve organokositrovih spojin. V sodelovanju z okoljsko agencijo Hrvaške vode smo nadaljevali meritve organokositrovih spojin in polibrominiranih difenil etrov v morskih in rečnih vodah v letu 2020. Prav tako smo izvajali meritve Hg v padavinah in zraku na referenčni postaji Iskrba.

Opravljen je bilo spremljanje naravnih radionuklidov na vplivnem območju nekdanjega rudnika urana na Žirovskem vrhu. Sodelovali smo tudi pri zunanjem nadzoru Nuklearne elektrarne Krško (NEK) z določanjem stroncija in tritija v vzorcih iz okolja ter tritija in ^{14}C v odplakah iz NEK. Z analizami stroncija in tritija smo sodelovali tudi pri spremljanju radioaktivnosti v pitni vodi v Sloveniji ter pri spremljanju življenjskega okolja v Sloveniji. Metode za določanje stroncija, tritija in ^{14}C za namene spremljanja so akreditirane s strani slovenskega akreditacijskega organa (SA LP-090).

V okviru infrastrukturnega projekta RI-SI-EPOS smo leta 2020 dobili več sodobnih instrumentov za določanje koncentracije radona in njegovih kratkoživih produktov v različnih okoljih.

Akreditacijo za merjenje koncentracije radona, pri kateri poleg našega odseka sodelujeta še Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij ter Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem, smo v letu 2020 razširili še na radonove kratkožive produkte.

Izobraževanje

Začeli smo nov projekt EU H2020 A-CINCH, kjer je glavni poudarek na razvoju laboratorija za navidezno resničnost za radiokemično izobraževanje. V ta namen smo razvili scenarije za različne vaje, ki jih bomo vnesli v virtualni laboratorij. V sodelovanju z IJS Centrom za prenos znanja na področju informacijskih tehnologij smo začeli širiti izobraževalne videoposnetke za poučevanje osnov analize radiokemije.

Infrastrukturni center za masno spektrometrijo

Infrastrukturni center za masno spektrometrijo je organiziran na Odseku za znanosti o okolju in povezuje različne masne spektrometre, s katerimi izvajamo raziskave in kemijske analize v okviru raziskovalnih programov in projektov s področja onesnažil v okolju, kontrole in avtentičnosti hrane, vplivov različnih snovi in kemikalij na zdravje ipd. Dejavnost CMS se izvaja na tematskih področjih analize kemije, biokemije, farmacevtske in sintezne kemije, zdravja, hrane in okolja, kemijske speciacije elementov, kvantitativni določitvi velikostne porazdelitve nanodelcev, prostorski porazdelitvi elementov v sledovih, pri določanju biološke dostopnosti esencialnih elementov, toksičnosti elementov v prehranskih izdelkih, proučevanju geokemijskih ciklov, identifikaciji in določanju strukture bioloških molekul, zdravilnih učinkovin in kemoterapevtikov v različnih bioloških materialih, tudi v krvnem serumu, neterčnih nedefiniranih organskih spojin in metabolitov, kontroli kakovosti in izvora živil na podlagi izotopskih meritev ter spremljanju transporta in izvora onesnažil v vzorcih iz okolja in nadzornih meritvah, ki bodo prispevale k zaščiti zdravja ljudi in varovanju zraka. V povezavi z drugimi infrastrukturnimi centri s področja strukture in lastnosti snovi se v CMS določajo kvalitativne in kvantitativne analize makrokomponent in elementov ali mikrokomponente 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.

Kljub omejenemu obsegu dela v lanskem letu zaradi korone virusa je bilo narejenih veliko kakovostnih raziskav, 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 okvir Odseka za znanosti o okolju spada tudi *mobilni kemijski laboratorij* Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME), ki je vključen v sistem Civilne zaščite in reševanja za intervencijsko posredovanje ob onesnaženjih okolja in ekoloških nesrečah z nevarnimi snovmi. Enota kemijskega mobilnega laboratorija ELME je v letu 2020 na terenu posredovala enajstkrat zaradi ogrožanja zdravja prebivalcev z nevarnimi snovmi, predvsem onesnaženja zraka ob požarih ali v delovnih in stanovanjskih prostorih, izlitja nevarnih snovi v vodotoke in posrednega ogrožanja virov pitne vode ter zaradi deponij nevarnih odpadkov v naravnem okolju. Poleg intervencijskih aktivnosti ob izrednih dogodkih člani enote mobilnega kemijskega laboratorija ELME preverjajo svojo usposobljenost na rednih vajah ELME, se dodatno izobražujejo za delovanje z novo opremo in izpopolnjujejo znanja, postopke in analitske metode mobilnega ekološkega laboratorija. V lanskem letu smo dopolnili analitsko opremo s prenosnim analizatorjem Raman za identifikacijo neznanih materialov in snovi v okolju.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Andrič, Maja, Sabatier, Pierre, Rapuc, William, Ogrinc, Nives, Dolenc, Matej, Arnaud, Fabien, Grafenstein, Ulrich von, Šmuc, Andrej, 6600 years of human and climate impacts on lake-catchment and vegetation in the Julian Alps (Lake Bohinj, Slovenia), *Quaternary science reviews*, 2020, 227, 106043
2. Bergant Matic, Ščančar Janez, Milačič Radmila, Kinetics of interaction of Cr(VI) and Cr(III) with serum constituents and detection of Cr species in human serum at physiological concentration levels, *Talanta*, 2020, 218, 121199-1-121199-8
3. Kikaj, Dafina, Chambers, Scott D., Kobal, Matjaž, Crawford, Jagoda, Vaupotič, Janja, Characterizing atmospheric controls on winter urban pollution in a topographic basin setting using Radon-222, *Atmospheric Research*, 2020, 237, 1104838-1-1104838-12
4. Kocman, David, Števanec, Tjaša, Novak, Rok, Kranjec, Natalija, Citizen science as part of the primary school curriculum : a case study of a technical day on the topic of noise and health, *Sustainability*, 2020, 12, 23, 10213-1-10213-15

5. Milačič Radmila, Ščančar Janez, Cr speciation in foodstuffs, biological and environmental samples: methodological approaches and analytical challenges: a critical review, *TrAC, Trends in Analytical Chemistry*, 2020, **127**, 115888-1-115888-24
6. Novak, Rok, Kocman, David, Robinson, Johanna A., Kanduč, Tjaša, Sarigiannis, Dimosthenis, Horvat, Milena, Comparing airborne particulate matter intake dose assessment models using low-cost portable sensor data, *Sensors*, 2020, **20**, 5, 1406-1-1406-16
7. Potočnik, Doris, Nečemer, Marijan, Perišič, Igor, Jagodic Hudobivnik, Marta, Mazej, Darja, Camin, Federica, Eftimov, Tome, Strojnik, Lidija, Ogrinc, Nives, Geographical verification of Slovenian milk using stable isotope ratio, multi-element and multivariate modelling approaches, *Food chemistry*, 2020, **326**, 126958-1-126958-11
8. Rovan, Leja, Lojen, Sonja, Zuliani, Tea, Kanduč, Tjaša, Petrič, Metka, Horvat, Barbara, Rusjan, Simon, Štok, Marko, Comparison of uranium isotopes and classical geochemical tracers in Karst aquifer of Ljubljana River catchment (Slovenia), *Water*, 2020, **12**, 7, 2064-1-2064-29
9. Runkel, Agneta, Snoj Tratnik, Janja, Mazej, Darja, Horvat, Milena, Urinary phthalate concentrations in the slovenian population : an attempt to exposure assessment of family units, *Environmental research : multidisciplinary journal of environmental sciences, ecology, and public health*, 2020, **186**, 109548-1-109548-13
10. Stajniko, Anja, Snoj Tratnik, Janja, Kosjek, Tina, Mazej, Darja, Jagodic Hudobivnik, Marta, Eržen, Ivan, Horvat, Milena, Seasonal glyphosate and AMPA levels in urine of children and adolescents living in rural regions of Northeastern Slovenia, *Environment international*, 2020, **143**, 105985-1-105985-15
11. Strojnik, Lidija, Camin, Federica, Ogrinc, Nives, Compound-specific carbon and hydrogen isotope analysis of volatile organic compounds using headspace solid-phase microextraction, *Talanta*, 2020, **219**, 121264
12. Kern, Z., Vreča, P., Kanduč, T., Štok, M., *et al.*, Isoscape of amount-weighted annual mean precipitation tritium (³H) activity from 1976 to 2017 for the Adriatic-Pannonian region - AP³H_v1 database, *Earth System Science Data*, 2020, **12**, 3, 2061-2073
13. Domínguez-Villar, D., Vázquez-Navarro, J. A., Krklec, K., Lojen, S., López-Sáez, J. A., Dorado-Valiño, M., Fairchild, I. J., Millennial climate oscillations controlled the structure and evolution of Termination II, *Scientific reports*, 2020, **10**, 14912-1-14912-10

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Sodelovanje pri organizaciji Slavnostne akademije društva Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko (SZGG) ob 25-letnici sprejema slovenskega nacionalnega komiteja SZGG v Mednarodno zvezo za geodezijo in geofiziko (IUGG), Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 30. 1. 2020
2. Sodelovanje pri organizaciji strokovnega posveta Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko Raziskave s področja geodezije in geofizike – 2019, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 30. 1. 2020
3. Projektni sestanek v okviru projekta MercOx, Reaktorski center IJS, Ljubljana, 2. 3. 2020
4. Sestanek v okviru projekta ICARUS, Reaktorski center IJS, Ljubljana, 9. 3. 2020
5. Sodelovanje pri organizaciji HERA – Regional Workshop – Central and Eastern Europe, 5. 11. 2020 (virtualno)

Patent

1. Ana Mladenovič, Primož Oprčkal, Radmila Milačič, Janez Ščančar, Janja Vidmar, Andrijana Sever Škapin, Peter Nadrah, Alenka Mauko Pranjič, Mirko Šprinzer, Method and system for the potabilization of effluents from biological WWTPS, EP3562788 (B1), European Patent Office, 16. 9. 2020

Nagrade in priznanja

1. Jan Kejžar: Krkino priznanje za magistrsko delo: Primerjava prehranskih dopolnil iz alg: antioksidativni potencial in izotopska sestava
2. dr. Aleš Lapanje: ARRS – ODLIČNI V ZNANOSTI 2020: Najvidnejši raziskovalni dosežki v navdih mlajši generaciji. Področje: Biotehnologija. Kako smo naredili živo zaščitno prevleko?
3. Nina Šiškovič: fakultetna Prešernova nagrada BF za leto 2020: Določevanje hlapnih organskih spojin v tartufih
4. Žiga Tkalec: Nagrada za najboljši poster na Exposome Symposium, New York, ZDA, Mount Sinai Institute for Exposomic Research, Development of an analytical method for nontargeted screening for organic contaminants in human urine
5. Janja Vidmar: Zlati znak Jožefa Stefana, Ljubljana, Odbor za zlati znak Jožefa Stefana, doktorsko delo z naslovom Določanje koncentracije in velikosti kovinskih nanodelcev v okoljskih in bioloških vzorcih

MEDNARODNI PROJEKTI

1. CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.
doc. dr. Aleš Lapanje
2. EMPIR; SIRS - Metrologija za referenčne standarde stabilnih izotopov
EURAMET e.V.
prof. dr. Nives Ogrinc
3. ERDF - UIA; APPLAUSE - Tujerodne rastlinske vrste - od škodljivih do uporabnih s pomočjo vodenih aktivnosti meščanov
European Regional Development Fund (ERDF)
doc. dr. Aleš Lapanje
4. EMPIR - EDC-WFD; Metrologija pri nadzornih meritvah hormonskih motilcev v okviru Vodne Direktive
EURAMET e.V.
prof. dr. Ester Heath
5. LIFE18 ENV/SI; LIFE HIDAQUA
European Commission
prof. dr. Radmila Milačič
6. EMPIR; STELLAR; Nadgradnja podnebnih ukrepov in regulative s pomočjo meritev stabilnih izotopov
EURAMET e.V.
prof. dr. Nives Ogrinc
7. EMPIR; Si-Hg; Meroslovje za sledljive protokole za koncentracije elementarnega in oksidirane živega srebra
EURAMET e.V.
prof. dr. Milena Horvat
8. Okrepitev jedrskih analizičnih 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. COST CA 15202; Samozaceljivost kot preventiva za popravilo betonskih struktur
COST Association AISBL
doc. dr. Aleš Lapanje
11. 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
12. Preverjanje pristnosti visokokakovostnih slovenskih živilskih izdelkov z uporabo naprednih analitičnih tehnik
IAEA - International Atomic Energy Agency
prof. dr. Nives Ogrinc
13. Študija stabilnosti Br v ERM-EC590 in ERM-EC591
European Commission
prof. dr. Radojko Jačimović
14. 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
15. Karakterizacija materiala ERM-CZ110
European Commission
prof. dr. Radojko Jačimović
16. Strokovno izpopolnjevanje IAEA študenta g. Ibrahima Kwame Kwarteng, (GHA0018), 4. 11. 2019-30. 4. 2020
IAEA - International Atomic Energy Agency
doc. dr. Branko Koutić
17. 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
18. Meritve in poročanja CRM-ja ERM-CE101 (ref.: JRC/GEE/2019/VLVP/0056)
European Commission
doc. dr. Tea Zuliani
19. Meritve in poročanja CRM-jev ERM-CZ120 in BCR-596 (ref.: JRC/GEE/2020/VLVP/0163)
European Commission
doc. dr. Tea Zuliani
20. Strokovno izpopolnjevanje za go. Kasiet Salymbekova, 02.03.2020 - 31.12.2020, ICTP/IAEA STEP program
ICTP - Centro Internazionale di Fisica Teorica
prof. dr. Milena Horvat
21. COST CA19120 - WATSON; Izotopi molekule vode v kritičnem območju: od napajanja podzemne vode do transpiracije rastlin
COST Association AISBL
dr. Polona Vreča
22. COST CA19145 - SensorFINT; Evropska mreža za zagotavljanje integritete hrane z uporabo nedestruktivnih spektralnih senzorjev
COST Association AISBL
prof. dr. Nives Ogrinc
23. COST CA19123 - PHOENIX; Varovanje, stabilnost, rehabilitacija degradiranih okolij
COST Association AISBL
doc. dr. Aleš Lapanje
24. H2020 - IGOSP; Integrirani globalni opazovalni sistemi za obstojna onesnaževala
European Commission
prof. dr. Milena Horvat
25. H2020 - ICARUS; Integrirani pristopi za zmanjševanje onesnaževanja zraka v urbanih okoljih z učinki na podnebne spremembe
European Commission
prof. dr. Milena Horvat
26. H2020 - HBM4EU; Evropska iniciativa humanega biomonitoringa
European Commission
prof. dr. Milena Horvat
27. H2020 - SciShops.eu; Izpopolnitev odgovornega in vzdržnega širjenja mreže znanstvenih prodajal v Evropi
European Commission
prof. dr. Milena Horvat
28. H2020 - MEET-CINCH; Modularni Evropski koncept za izobraževanje in usposabljanje v jedrski in radiokemiji
European Commission
doc. dr. Marko Štok
29. H2020 - NEUROsome; Raziskovanje nevrozvojnega eksposoma
European Commission
prof. dr. Milena Horvat
30. H2020 - CityS-Health; Državljska znanost za urbano okolje in zdravje
European Commission
dr. David Kocman
31. H2020 - HERA; Raziskovalna agenda za okolje in zdravje
European Commission
prof. dr. Milena Horvat
32. H2020 - GREENER; Integrirani sistemi za učinkovito remediacijo okolja
European Commission
doc. dr. Aleš Lapanje
33. H2020 - EURAD; Evropski skupni program za obvladovanje radioaktivnih odpadkov
European Commission
prof. dr. Milena Horvat
34. H2020 - FNS-Cloud; Računalniški oblak in storitve za obdelavo podatkov iz področja ved o hrani, prehrani in varnosti
European Commission
prof. dr. Nives Ogrinc
35. H2020 - METROFOOD-PP; Projekt pripravljalne faze METROFOOD-RI
European Commission
prof. dr. Nives Ogrinc
36. H2020 - A-CINCH; Razširjeno sodelovanje pri izobraževanju in usposabljanju na področju jedrske in radiokemije
European Commission
doc. dr. Marko Štok
37. H2020 - GMOS-Train; Globalni opazovalni sistem za živo srebro in interdisciplinarno usposabljanje v podporo konvenciji Minamata
European Commission
prof. dr. Milena Horvat
38. H2020 - SurfBio; Inovacijsko središče za površinske in koloidno biološke raziskave
European Commission
doc. dr. Aleš Lapanje
39. Določanje geografskega porekla medu z uporabo večelementne in izotopske analize tal, rastlin in medu
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Tea Zuliani
40. Fotokemična usoda in odstranjevanje ostankov zdravil, ki onesnažujejo pitno vodo
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Tina Kosjek
41. Masna bilanca živega srebra v Sredozemskem morju
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Milena Horvat
42. Razvoj novih referenčnih materialov in tehnik za merjenje razmerij stabilnih izotopov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Nives Ogrinc
43. Prostorska porazdelitev d2H, d18O in 87Sr/86Sr v vodovodnih in podzemnih vodah Slovenije
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Tea Zuliani
44. Netradicionalni izotopi kot novo orodje za vrednotenje kontinentalnih ponorov CO2
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Sonja Lojen

45. OrgPlant - Nov pristop določanja pristnosti ekološko pridelanih rastlinskih proizvodov z uporabo stabilnih izotopov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Nives Ogrinc
46. Kartiranje radona in ocena tveganja za radon v Gruziji
Shota Rustaveli National Science
prof. dr. Janja Vaupotič
23. Stroškovno učinkovita separacija tritija iz vode z biološkimi sistemi - BIOTRISEP
doc. dr. Marko Štok
24. Vpliv geotehničnih zasipov iz recikliranih materialov na podzemno vodo
prof. dr. Radmila Milačič
25. 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
26. Fotokatalitsko čiščenje vode - razvoj pritrjenih katalizatorjev in kompaktnih reaktorskih sistemov
prof. dr. Ester Heath
27. Prepovedane droge, alkohol in tobak: epidemiologija na osnovi odpadnih vod, uspešnost čiščenja in ranljivosti vodnega sistema
doc. dr. Tina Kosjek
28. Identifikacija virov Pb v zgornji Mežiški dolini na podlagi izotopske sestave Pb
doc. dr. Tea Zuliani
29. F4F: Funkcionalna živila prihodnosti
prof. dr. Nives Ogrinc
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 kroznemu gospodarstvu s strani MSP na območju Alp
doc. dr. Davor Kantič
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. SRIP Top: Tovarne Prihodnosti
prof. dr. Nives Ogrinc
35. REALMed: Spremljanje pristnosti in valorizacija tradicionalnih sredozemskih živil
prof. dr. Nives Ogrinc
36. Geobiokemijski cikel molibdena v kamninah in sedimentih
prof. dr. Sonja Lojen
37. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Milena Horvat
38. Izvajanje programa HBM 2018-2022 v letu 2020
prof. dr. Milena Horvat
39. Izvajanje dejavnosti analiz uradnih vzorcev za leto 2020
prof. dr. Nives Ogrinc
40. Identifikacija virov Pb v zgornji Mežiški dolini na podlagi izotopske sestave Pb
doc. dr. Tea Zuliani
41. Identifikacija virov Pb v zgornji Mežiški dolini na podlagi izotopske sestave Pb
doc. dr. Tea Zuliani
42. Servisne usluge; Določitev izotopske sestave ogljika v vzorcih sladkorja
prof. dr. Nives Ogrinc
43. Razne analize
prof. dr. Sonja Lojen
44. Manjše storitve
dr. Tjaša Kanduč
45. Manjše usluge v letu 2021
prof. dr. Milena Horvat
46. Analiza kovin TBT in DBT v sedimentih, školjkah in ribah
prof. dr. Janez Ščančar
47. HGKYR - Meritve elementov v okoljskih in bioloških vzorcih iz Kirgizistana
prof. dr. Milena Horvat
48. Vpliv gnojenja z mineralnimi gnojili na sposobnost akumulacije radionuklidov in težkih kovin v korenovke
doc. dr. Marko Štok
49. 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
50. Določanje porekla lesa s pomočjo dveh (kisik in stroncij) stabilnih izotopov
doc. dr. Tea Zuliani

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. Ligandi s tzNHC strukturo v organokovinski kemiji in homogenikatalizi: tvorba vezi C-C in C-N v vodi
prof. dr. Ester Heath
2. Zapiranje snovnih poti pri čiščenju komunalnih odpadnih voda z zelenimi tehnologijami
prof. dr. Ester Heath
3. Mortaliteti v nižinskih hrastovih sestojih Panonske nižine - posledica zniževanja podtalnice ali klimatskih sprememb?
dr. Polona Vreča
4. Redefinicija in razširitev uporabe Sonogashirove reakcije pripajanja brez bakra
prof. dr. Ester Heath
5. Netradicionalni izotopi kot identifikatorji avtogenih karbonatov
prof. dr. Sonja Lojen
6. Nanozdravila z antibiotiki in probiotiki za lokalno zdravljenje parodontalne bolezni
doc. dr. Aleš Lapanje
7. Klinično farmakološki pristop k optimizaciji terapevtske koncentracije bleomicina za zdravljenje z elektrokoterapijo
doc. dr. Tina Kosjek
8. Raziskave ionoma kulturnih rastlin za pridelavo varne in kakovostne hrane
prof. dr. Nives Ogrinc
9. Zapis okoljskih sprememb in človekovega vpliva v holocenskih sedimentih Tržaškega zaliva
prof. dr. Sonja Lojen
10. Nov inovativen pristop k zdravljenju pleničnega izpuščaja z uporabo plen in vgrajenimi probiotičnimi bakterijami
doc. dr. Aleš Lapanje
11. Metodološki pristopi k analizam genske pestrosti in ekološke plastičnosti gomolk iz naravnih rastišč
prof. dr. Nives Ogrinc
12. Mlečnokislinska fermentacija kot način obogatitve mikroalgalne biomase z novimi nutrienti
prof. dr. Nives Ogrinc
13. 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
14. Spremljanje kliničnega in imunskega odgovora za izboljšanje zdravljenja spontanih perifernih tumorjev psov s kombinacijo elektrokoterapije in genskega elektroprenosa IL-12
doc. dr. Tina Kosjek
15. Identifikacija genskih determinant kemične toksičnosti zelene alge *Chlamydomonas reinhardtii*
prof. dr. Milena Horvat
16. Zamenjave bisfenola A: prehajanje materialov v stiku z živili, kroženje in izpostavljenost ljudi
prof. dr. Ester Heath
17. Stabilni izotopi pri študiju vpliva naraščajoče koncentracije CO₂ na kroženje C in Hg v obalnem morju
prof. dr. Nives Ogrinc
18. Nevropsihološke disfunkcije, ki jih povzročajo nizka stopnja izpostavljenosti izbranim onesnaževalom iz okolja pri občutljivi populaciji - NEURODYS
prof. dr. Milena Horvat
19. BE MERMAID - Metilacija biorazpoložljivega živega srebra v Jadranskem morju
prof. dr. Milena Horvat
20. STRAP - Izvor, transport in ponor obstojnih zračnih onesnaževal v okolju Slovenije
prof. dr. Nives Ogrinc
21. Novi pristopi za oceno uporabe psihoaktivnih zdravilnih učinkovin in prepovedanih drog z analizo odpadnih vod
prof. dr. Ester Heath
22. Novi indikatorji klimatskih sprememb v stalagmitih v Sloveniji
prof. dr. Sonja Lojen

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Letna naročilnica - Meritve plinastih efluentov - Specifične analize H-3 in C-14 v letu 2020
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
doc. dr. Marko Štok
2. Monitoring radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji za leto 2020
Ministrstvo za okolje in prostor
doc. dr. Marko Štok
3. Obratovni 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

4. Obratovni 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
5. Izvajanje analiz tributil in dibutilkositrovih spojin v vodi in bioti v letu 2020
Ministrstvo za okolje in prostor
doc. dr. Tea Zuliani
6. Izvedba monitoring radioaktivnosti pitne vode za leti 2020 in 2021 (SKLOP 2)
Ministrstvo za zdravje
doc. dr. Marko Štok
7. Kakovostni in količinski monitoring podzemne vode na vplivnem območju zajebe za HE Mokrice
IRGO Consulting, d. o. o.
dr. Tjaša Kanduč
8. Izvajanje meritve živega srebra v zraku in padavinah za leti 2021 in 2022
Ministrstvo za okolje in prostor
prof. dr. Milena Horvat

OBISKI

1. Ivna Vrana Špoljarić, Ruder Bošković Institute, Zagreb, Hrvaška, 15. 9. 2019–15. 9. 2020
2. Neri Bonciani, Università degli studi di Firenze, Firenze, Italija, 1. 11. 2019–20. 8. 2020
3. Ibrahim Kwame Kwarteng, Ghana Atomic Energy Commission, Accra, Gana, 4. 11. 2019–9. 8. 2020
4. Bright Birikorang, School of Nuclear and Allied Sciences, Accra, Gana, 27. 1.–31. 12. 2020
5. Maaire Gyengne Francis, Lawra Methodist Junior High School, Accra, Gana, 27. 1.–31. 12. 2020
6. dr. Alexander Rudloff, Mednarodna zveza za geodezijo in geofiziko, Potsdam, Nemčija, 29.–30. 1. 2020
7. dr. Alexandre Soares Leal, Centre for Development of Nuclear Technology, Belo Horizonte, Brazilija, 1. 2.–11. 3. 2020
8. prof. dr. Gleb Sukhorukov, School of Engineering and Materials Science, Queen Mary, University of London, London, Združeno kraljestvo, 14.–15. 2. 2020
9. dr. Dominika Saniewska, Institut za oceanografijo, Univerza v Gdansk, Gdansk, Poljska, 1.–20. 3. 2020
10. Kasiet Salymbekova, Center za okoljsko in humano medicino, Ministrstvo za zdravje Republike Kirgizistan, Bishkek, Kirgizistan, 2. 3.–10. 8. 2020
11. dr. Hanns Moshhammer, Medical University Vienna, Avstrija, 30. 6. 2020
12. Miroslav Vanek, Tehnična univerza v Zvolnu, Slovaška, 30. 8.–5. 9. 2020
6. Jan Gačnik, Igor Živković, ogled novega sistema za meritve živega srebra v zraku, Teddington, London, Združeno kraljestvo, 12.–15. 1. 2020
7. Jan Gačnik, Jože Kotnik, Igor Živković, vzorčenje dimnih plinov za meritve Hg v termoelektrarni, Marl, Nemčija, 19.–25. 9. 2020
8. Tamara Gajšt, Leja Rován, udeležba na tečaju Hands-on training on Radioanalytical Methods v okviru projekta MEET-CINCH, Praga, Češka republika, 2.–8. 2. 2020
9. Ester Heath, udeležba in vabljen predavanje na virtualni konferenci International Conference on Economics Energy and Environment, Kapadokija, Turčija, 25.–27. 6. 2020
10. Milena Horvat, udeležba na sestanku projektne skupine DANUBIUS in razgovor o pripravi novega projekta na področju raziskovalne infrastrukture, Bruselj, Belgija, 27. 1.–29. 1. 2020
11. Milena Horvat, udeležba na pripravljalnem sestanku, Marl, Nemčija, 26.–27. 2. 2020
12. Radojko Jačimović, udeležba na rednem letnem delovnem sestanku EURAMET TC-MC, Bern, Švica, 4.–7. 2. 2020
13. Radojko Jačimović, udeležba na WebEx sestanku CCQM IAWG (virtualno), 14. 5. 2020
14. Radojko Jačimović, udeležba na WebEx sestanku CCQM IAWG (virtualno), 18. 6. 2020
15. Radojko Jačimović, udeležba na 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe NENE2020, Portorož, Slovenija, 7.–10. 9. 2020
16. Radojko Jačimović, udeležba na WebEx sestanku CCQM IAWG (virtualno), 2.–3. 11. 2020
17. Radojko Jačimović, udeležba na 4th Conference on Nuclear Analytical Techniques & 6th Symposium on Radiations in Medicine, Space and Power, (NAT2020), Daejeon, Koreja, (virtualno) 13.–14. 11. 2020
18. Radojko Jačimović, udeležba na WebEx sestanku CCQM IAWG and CCQM SAWG (virtualno), 17. 12. 2020
19. David Kocman, Rok Novak, udeležba na 20. konferenci International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, 26.–27. 10. 2020 (virtualno)
20. David Kocman, udeležba na 32nd Annual Conference of International Society for Environmental Epidemiology, 24.–27. 8. 2020 (virtualno)
21. Tina Kosjek, udeležba na HBM4EU_WP16 annual meeting, 28. 9. 2020 (virtualno)
22. Tina Kosjek, udeležba na HBM4EU 4th Consortium Meeting, 29. 9. 2020 (virtualno)
23. Tina Kosjek, udeležba na CE-SPiRE07-2020 evalvaciji projektov, 10. 4., 14.–17. 4. in 21. 4. 2020 (virtualno)
24. Ana Kovačič, delo na projektu v sodelovanju z raziskovalno ustanovo BAM v Berlinu, Berlin, Nemčija, 20.–26. 9. 2020
25. Aleš Lapanje, Tomaž Rijavec, udeležba na letnem sestanku Project General Assembly za projekt GREENER, Carlow, Irska, 17.–20. 2. 2020
26. Nives Ogrinc, udeležba na Kick-off meeting METROFOOD-PP, Lizbona, Portugalska, 7.–11. 1. 2020
27. Nives Ogrinc, udeležba na konferenci Applied Machine Learning Days – AMLD in vabljen predavanje AL& Nutrition, Lozana, Švica, 26.–29. 1. 2020
28. Nives Ogrinc, udeležba na Slovenskih kemijskih dnevih, Portorož, Slovenija, 16.–18. 9. 2020
29. Borut Smodiš, udeležba na drugi generalni skupščini projekta European Joint Programme on Radioactive Waste Management (EURAD), Manchester, Združeno kraljestvo, 4.–7. 2. 2020
30. Žiga Tkalec, udeležba na Exposome Symposium, New York, ZDA, 4.–8. 3. 2020
31. Janja Vaupotič, udeležba na VII. Terrestrial Radioisotopes in Environment: International Conference on Environmental Protection, 10.–13. 8. 2020 (virtualno)

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Alexandre Soares Leal, CDTN, Belo Horizonte, Brazilija: Applications and perspectives for the TRIGA IPR-R1 reactor of the CDTN, Brazilija, 19. 2. 2020
2. prof. dr. Gleb Sukhorukov, School of Engineering and Materials Science, Queen Mary, University of London, London, Združeno kraljestvo: Multifunctional Polymer based microstructures for controlled synthesis, sensing, depot for (bio)chemicals and remote controlled delivery systems for drugs and biological cells, 14.–15. 2. 2020
3. dr. Polona Vreča: Isotopes in precipitation – past cooperation for future challenges in water cycle research, O2 Virtual Coffee break 9, 16. 6. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Tine Bizjak, Branko Kontić, udeležba na 2nd HERA Consortium Meeting, Barcelona, Španija, 22.–24. 1. 2020
2. Tine Bizjak, Branko Kontić, Davor Kontić, Ibrahim Kwame Kwarteng, udeležba na zaključni konferenci projekta SciShops.eu (WP7), Brescia, Italija, 28.–31. 1. 2020
3. Tine Bizjak, izobraževanje – Environmental Health Risk: Analysis and Applications, Boston, ZDA, 8.–16. 3. 2020
4. Dominik Božič, Tamara Gajšt, Leja Rován, Marko Štok, udeležba na pomladni šoli Radiochemistry for Society: High School meets University v okviru projekta MEET-CINCH, Larnaca, Ciper, 1.–6. 3. 2020
5. Ingrid Fálnoga, Milena Horvat, Janja Snoj Tratnik, obisk raziskovalne skupine na inštitutu Burlo Garofolo z namenom pregleda tekočega dela in analiz vzorcev v sklopu preteklih (PHIME, CROME) in tekočih projektov (NEUROHOME) ter načrtovanje nadaljnjega dela, Trst, Italija, 15. 1. 2020
1. Janja Vidmar: Technical University of Denmark, Danska, 1. 1.–31. 10. 2020 (podoktorsko izobraževanje na National Food Institute)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Janja Vidmar: Technical University of Denmark, Danska, 1. 1.–31. 10. 2020 (podoktorsko izobraževanje na National Food Institute)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. prof. dr. Ljudmila Benedik
2. doc. dr. Ingrid Falnoga
3. dr. David John Heath
4. prof. dr. Ester Heath, vodja raziskovalne skupine
5. **prof. dr. Milena Horvat, znanstveni svetnik - vodja odseka**
6. prof. dr. Radojko Jačimović
7. dr. Tjaša Kanduč
8. dr. David Kocman
9. *doc. dr. Branko Kontič, upokojitev 1. 9. 2020*
10. doc. dr. Tina Kosjek
11. doc. dr. Jože Kotnik
12. doc. dr. Aleš Lapanje
13. prof. dr. Sonja Lojen, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
14. dr. Darja Mazej
15. prof. dr. Radmila Milačič, znanstveni svetnik - pomočnik vodje odseka
16. prof. dr. Nives Ogrinc, znanstveni svetnik - pomočnik vodje odseka
17. doc. dr. Tomaž Rijavec
18. prof. dr. Borut Smodiš, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
19. prof. dr. Janez Ščančar, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
20. doc. dr. Zdenka Šlejkovec
21. doc. dr. Marko Štok
22. prof. dr. Janja Vaupotič, znanstveni svetnik - vodja centra
23. dr. Janja Vidmar
24. dr. Polona Vreča
25. doc. dr. Tea Zuliani
26. dr. Dušan Žigon

Podoktorski sodelavci

27. Ermira Begu, PhD.
28. Raghuraj Singh Chouhan, Doctor of Biotechnology, University of Mysore
29. dr. Marta Jagodic Hudobivnik
30. doc. dr. Davor Kontić
31. dr. Bor Krajnc
32. dr. Doris Potočnik
33. Janja Snoj Tratnik, univ. dipl. biol.
34. dr. Anja Stajniko
35. *dr. Ajda Trdin, odšla 16. 11. 2020*
36. dr. Igor Živković

Mlajši raziskovalci

37. Teodor-Daniel Andron, MSc., Romunija
38. Tine Bizjak, MSc., Finska
39. Dominik Božič, mag. ekotehnol.
40. *Jutra Černilogar Mrzelj, mag. inž. preh., odšla 7. 3. 2020*
41. Jan Gačnik, mag. kem.
42. Tjaša Goltnik, mag. kem.
43. *Tjaša Gornik, mag. farm., odšla 1. 9. 2020*
44. Ana Kovačič, mag. kem.
45. Katarina Markovič, mag. ekotehnol.
46. Jasmina Masten Rutar, mag. inž. živ.
47. Klara Nagode, mag. inž. geol.
48. Rok Novak, mag. inž. teh. var. okolja
49. Johanna Amalia Robinson, mag. ekotehnol.
50. Leja Rovnan, mag. kem.
51. Agneta Annika Runkel, Mater of Science, Nemčija
52. Lidija Strojnik, mag. inž. preh.
53. Žiga Tkalec, mag. kem.
54. Maja Zupan, mag. mikrobiol.

Tehniški in administrativni sodelavci

55. Barbara Svetek, inž. kem. tehnol.
56. Karolina Trentelj, dipl. ekon. (VS)
57. Zdenka Trkov, inž. kem. tehnol.
58. Vanja Usenik, Bolonjski študij II. stopnja
59. Tina Vrabec, dipl. trž. kom. (UN)
60. 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, Maroko
17. Centro Atómico Bariloche, Argentina
18. Chalmers University, Göteborg, 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 Rogški vrelci, Rogška Slatina
29. EAWAG, Dübendorf, 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.
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. International Atomic Energy Agency (IAEA), Dunaj, Avstrija
54. ICP, d. o. o., Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana
55. IMBIB – Institute of Metrology of Bosnia and Herzegovina, Bosna in Hercegovina
56. IMMT, Inštitut za metagenomiko in mikrobnih tehnologij, Ljubljana
57. INIA, Madrid, Španija
58. Indiana University, Indiana, ZDA
59. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
60. Institut za javno zdravje Črne gore, Podgorica, Črna gora
61. Institute for Geological and Geochemical Research (IGGR), Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Hungarian Academy of Sciences, Budimpešta, Madžarska
62. Institute of Chemistry, Faculty of Science, SS. Cyril and Methodius University, Skopje, Makedonija
63. Institute of Marine Research, Bergen, Norveška
64. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS, Trst, Italija
65. Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Barcelona, Španija
66. Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Varšava, Poljska
67. Institute of Physics, Beograd, Srbija
68. Institute of Preventive and Clinical Medicine, Bratislava, Slovaška
69. Institute of Agriculture and Tourism, Poreč, Hrvaška
70. International Atomic Energy Agency (IAEA), Dunaj, Avstrija
71. IAEA Environmental Laboratories, Monako
72. IOS – Inštitut za okoljevarstvo in senzorje, Maribor
73. IPEN-CNEN/SP (Nuclear and Energy Research Institute – Brazilian Commission for Nuclear Energy, Sao Paulo), Sao Paulo, Brazilija
74. IRGO CONSULTING, d. o. o., Ljubljana
75. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Rim, Italija
76. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Sezione di Palermo, Italija
77. Ivane Javakishvili Tbilisi State University, M. Nodia Institute of Geophysics, Tbilisi, Gruzija

78. Javne službe Ptuj, d. o. o.
79. JAVNO PODJETJE VODOVOD KANALIZACIJA SNAGA, d. o. o. (JP VO-KA SNAGA, d. o. o.), Ljubljana
80. Jata Emona, d. o. o., Ljubljana
81. Joint Research Centre, Geel (JRC-Geel), Belgija
82. Joint Research Centre, Ispra, Italija
83. k₉-ware, Heerlen, Nizozemska
84. Karl Franzens Universitet Graz, Avstrija
85. Kemijski inštitut, Ljubljana
86. Kmetijski inštitut Slovenije
87. Komunala Novo mesto
88. Komunala Velenje
89. Krka, d. d., Novo mesto
90. KTH Royal Institute of Technology, Land & Water Resources Engineering
91. Laboratório de Radioisotopos Eduardo Penna Franca, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Centro de Ciências da Saúde, UFRJ, Rio de Janeiro, Brazilija
92. Lek farmacevtska družba, d. d., Ljubljana
93. LGC, Teddington, Združeno kraljestvo
94. Ljubljanske mlekarnе, d. o. o., Ljubljana
95. Maastricht University, Maastricht, Nizozemska
96. Madžarska akademija znanosti, Institut za geologijo in geokemijo, Budimpešta, Madžarska
97. Malmö University, Malmö, Švedska
98. Masaryk University, Brno, Češka
99. Mendel University in Brno, Department of Agricultural, Food and Environmental Engineering, Češka republika
100. MEIS, d. o. o., Grosuplje, Slovenija
101. Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije
102. Mlekarna Celeia, d. o. o., Celje
103. Mlekarna Planika, d. o. o., Kobarid
104. Mestna občina Ljubljana, Ljubljana
105. N. P. Ogarev's Mordovian State University, Rusija
106. Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, Piran
107. Nacionalni inštitut za javno zdravje, Ljubljana, Slovenija
108. Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Maribor, Slovenija
109. National Institute for Minamata Disease, Kogoshima, Japonska
110. National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, Nizozemska
111. National Institute of Environmental Studies, Tsukuba, Japonska
112. National Institute of Radiological Sciences, Inage, Chiba, Japonska
113. National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, ZDA
114. Nmi Van Swinden Laboratorium B.V., Delft, Nizozemska
115. NPL Management Limited, Združeno kraljestvo
116. Nuklearna elektrarna Krško (NEK)
117. Odessa National Polytechnic University, Department of Theoretical and Experimental Nuclear Physics, Odessa, Ukrajina
118. Onkološki inštitut Ljubljana
119. Premogovnik Velenje, d. d., Velenje
120. QuantiSci Ltd., Henley on Thames, Združeno kraljestvo
121. Queen Mary University of London, London, Združeno kraljestvo
122. RECETOX Research Centre for Toxic Compounds in the Environment, Brno, Češka republika
123. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Trst, Italija
124. Rudnik Mežica, d. o. o., Mežica
125. Rudnik Žirovski vrh
126. Saratovski gosudarstveni universitet imeni N.G. Černiševskega, SGU, Rusija
127. Sava Turizem, d. d., Ljubljana
128. Seconda Università degli Studi di Napoli, Napoli, Italija
129. Skoltech – Skolkovo Institute of Science and Technology, Moskva, Rusija
130. Slovenska akreditacija, Ljubljana
131. Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST), Ljubljana
132. Steklarna Hrastnik, d. o. o., Hrastnik
133. Termoelektrarna Šoštanj (TEŠ)
134. Termoelektrarna Toplarna Ljubljana
135. Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Danska
136. The South African Nuclear Energy Corporation (NESCA) Research & Development, Južnoafriška republika
137. The University of Texas, El Paso, ZDA
138. Tomsk Polytechnic University, Rusija
139. Trent University, Peterborough, Kanada
140. TÜBİTAK UME, Gebze-Kocaeli, Turčija
141. UMIST Manchester, Združeno kraljestvo
142. United Nations Environment Programme (UNEP), Ženeva, Švica
143. Università degli Studi di Udine, Dipartimento di Patologia e Medicina Sperimentale e Clinica, Udine, Italija
144. Université catholique de Louvain, Groupe de Recherche en Physiologie végétale (GRPV), Louvain-la-Neuve, Belgija
145. Université Pierre et Marie Curie, Paris, Francija
146. University of Antwerp, Antwerpen, Belgija
147. University of Applied Science of Southern Switzerland (SUSPI), Treviso, Švica
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 Wrocław, Poljska
165. University of Zaragoza, Zaragoza, Španija
166. University of Montenegro, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Podgorica, Črna gora
167. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
168. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
169. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo
170. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
171. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
172. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
173. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za zdravstvene vede
174. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta
175. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo
176. Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta
177. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, Fakulteta za strojništvo
178. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
179. Univerza v Novem Sadu, Novi Sad, Srbija
180. Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju
181. 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)
182. Univerzitetni klinični center Ljubljana, (UKCL), Slovenija
183. Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSJV), Ministrstvo za okolje in prostor
184. Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji (URSVS), Ministrstvo za zdravje
185. Urad Republike Slovenije za meroslovje (MIRS), Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo
186. Ural Scientific Research Institute for Metrology (UNIM), Ekaterinburg, Rusija
187. Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, Nizozemska
188. Vinča Institute of Nuclear Sciences, Beograd, Srbija
189. Vodovod Kanalizacija LCC, Podgorica, Črna gora
190. Wageningen University, Wageningen, Nizozemska
191. Zavod Republike Slovenije za varstvo pri delu (ZVD), Ljubljana
192. Zdravstveni inšpektorat Republike Slovenije
193. ZRC SAZU, Inštitut za raziskovanje Krasa, Postojna in Geografski inštitut Antona Melika, Ljubljana
194. Žito, d. o. o., Ljubljana

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Sabina Berisha, Igor Živković, Jože Kotnik, Tanja Ljubič-Mlakar, Milena Horvat, "Quantification of total mercury in samples from cement production processing with thermal decomposition coupled with AAS", *Accreditation and quality assurance: journal for quality, comparability and reliability in chemical measurement*, 2020, **25**, 3, 233-242. [COBISS.SI-ID 13446915]
- Kishore Babu Dasari, Hana Cho, Radojko Jačimović, Gwang Min Sun, Yong-Hyeon Yim, "Chemical composition of Asian dust in Daejeon, Korea, during the spring season", *ACS earth and space chemistry*, 2020, **4**, 8, 1227-1236. [COBISS.SI-ID 25953283]
- Tjaša Matjašič, Tanja Dreo, Zoran Samardžija, Oliver Bajt, Tjaša Kanduč, Tatjana Simčič, Nataša Mori, "Preliminarni poskusi kolonizacije različnih tipov plastike z mikroorganizmi iz aktivnega blata", *Acta biologica slovenica: ABS*, 2020, **63**, 1, 45-61. [COBISS.SI-ID 26885379]
- Maria-Angela Menezes, Ingrid Falnoga, Zdenka Šlejkovec, Radojko Jačimović, Nilton Couto, Eleonora Deschamps, Jadran Faganeli, "Arsenic in sediments, soil and plants in a remediated area of the Iron Quadrangle, Brazil, and its accumulation and biotransformation in *Eleocharis geniculata*", *Acta chimica slovenica*, 2020, **67**, 3, 985-991. [COBISS.SI-ID 30758403]
- Andreea Oarga-Mulec, Ana Mladenovič, Alenka Mauko Pranjčić, Primož Oprčkal, Janez Ščančar, Radmila Milačič, "Study of interferences and the procedures for their removal in spectrophotometric determinations of ammonium and selected anions in coloured wastewater samples", *Analytical methods*, 2020, **12**, 39, 4769-4782. [COBISS.SI-ID 26721027]
- Koichi Haraguchi *et al.* (25 avtorjev), "Development of human hair reference material supporting the biomonitoring of methylmercury", *Analytical sciences*, 2020, **36**, 5, 561-567. [COBISS.SI-ID 33294887]
- Hana Cho, Kishore Babu Dasari, Myung Chul Lim, Gwang Min Sun, Radojko Jačimović, Yong-Hyeon Yim, "Application of k_0 -INAA method in preliminary characterization of KRIS urban airborne particulate matter certified reference material", *Applied sciences*, 2020, **10**, 19, 6649. [COBISS.SI-ID 30387459]
- Linn Voss *et al.* (13 avtorjev), "Impact of iron oxide nanoparticles on xenobiotic metabolism in HepaRG cells", *Archives of toxicology*, 2020, **94**, 12, 4023-4035. [COBISS.SI-ID 38111235]
- Igor Živković, Sabina Berisha, Jože Kotnik, Marta Jagodic Hudobivnik, Milena Horvat, "Traceable determination of atmospheric mercury using iodinated activated carbon traps", *Atmosphere*, 2020, **11**, 8, 780. [COBISS.SI-ID 24247299]
- Asta Gregorič, Luka Drinovec, Irena Ježek, Janja Vaupotič, Matevž Lenarčič, Domen Grauf, Longlong Wang, Maruška Mole, Samo Stanič, Griša Močnik, "The determination of highly time-resolved and source-separated black carbon emission rates using radon as a tracer of atmospheric dynamics", *Atmospheric chemistry and physics*, 2020, **20**, 22, 14139-14162. [COBISS.SI-ID 38712323]
- Dafina Kikaj, Scott D. Chambers, Matjaž Kobal, Jagoda Crawford, Janja Vaupotič, "Characterizing atmospheric controls on winter urban pollution in a topographic basin setting using Radon-222", *Atmospheric research*, 2020, **237**, 1104838. [COBISS.SI-ID 33042983]
- Angelika Vižintin, Janja Vidmar, Janez Ščančar, Damijan Miklavčič, "Effect of interphase and interpulse delay in high-frequency irreversible electroporation pulses on cell survival, membrane permeabilization and electrode material release", *Bioelectrochemistry*, 2020, **134**, 107523. [COBISS.SI-ID 12966740]
- Dominik Lermen *et al.* (21 avtorjev), "Towards harmonized biobanking for biomonitoring: a comparison of human biomonitoring-related and clinical biorepositories", *Biopreservation and biobanking*, 2020, **18**, 2, 122-135. [COBISS.SI-ID 47195139]
- Maria Surmeneva *et al.* (12 avtorjev), "Development of a bone substitute material based on additive manufactured Ti₆Al₄V alloys modified with bioceramic calcium carbonate coating: Characterization and antimicrobial properties", *Ceramics international*, 2020, **46**, 16, 25661-25670. [COBISS.SI-ID 25714435]
- Luka Suhadolnik, David Bajec, Dušan Žigon, Miran Čeh, Blaž Likozar, "Continuous photo-electro-catalytic synthesis of bio-based adipic acid with reaction kinetics modelling", *Chemical engineering & technology*, 2020, **43**, 2, 375-379. [COBISS.SI-ID 32877095]
- Maria Bonsignore, Daniela Salvagio Manta, Mattia Barsanti, Fabio Conte, Ivana Delbono, Milena Horvat, Enza Maria Quinci, Antonio Schirone, Yaroslav Shlyapnikov, Mario Sprovieri, "Mercury isotope signatures in sediments and marine organisms as tracers of historical industrial pollution", *Chemosphere*, 2020, **258**, 127435. [COBISS.SI-ID 20735235]
- Zoltán Kern *et al.* (12 avtorjev), "Isoscape of amount-weighted annual mean precipitation tritium (³H) activity from 1976 to 2017 for the Adriatic-Pannonian region - AP³H_v1 database", *Earth system science data*, 2020, **12**, 3, 2061-2073. [COBISS.SI-ID 27807235]
- Natalia Bravo, Joan O. Grimalt, Darja Mazej, Janja Snoj Tratnik, Dimosthenis Sarigiannis, Milena Horvat, "Mother/child organophosphate and pyrethroid distributions", *Environment international*, 2020, **134**, 105264. [COBISS.SI-ID 32832807]
- Ajda Trdin *et al.* (12 avtorjev), "Trace elements and APOE polymorphisms in pregnant women and their new-borns", *Environment international*, 2020, **143**, 105626. [COBISS.SI-ID 24060675]
- Anja Stajnik, Janja Snoj Tratnik, Tina Kosjek, Darja Mazej, Marta Jagodic Hudobivnik, Ivan Eržen, Milena Horvat, "Seasonal glyphosate and AMPA levels in urine of children and adolescents living in rural regions of Northeastern Slovenia", *Environment international*, 2020, **143**, 105985. [COBISS.SI-ID 24432643]
- Roberto Marano *et al.* (85 avtorjev), "A global multinational survey of cefotaxime-resistant coliforms in urban wastewater treatment plants", *Environment international*, 2020, **144**, 106035. [COBISS.SI-ID 25937923]
- Tjaša Gornik, Anja Vožič, Ester Heath, Jurij Trontelj, Robert Roškar, Dušan Žigon, Davide Vione, Tina Kosjek, "Determination and photodegradation of sertraline residues in aqueous environment", *Environmental pollution*, 2020, **256**, 113431. [COBISS.SI-ID 32802343]
- Marta Jagodic Hudobivnik, Doris Potočnik, Janja Snoj Tratnik, Darja Mazej, Majda Pavlin, Ajda Trdin, Tome Eftimov, Lijana Kononenko, Nives Ogrinc, Milena Horvat, "Selected elements and fatty acid composition in human milk as indicators of seafood dietary habits", *Environmental research*, 2020, **180**, 108820. [COBISS.SI-ID 32785447]
- Gemma Calamandrei *et al.* (18 avtorjev), "Pregnancy exposure and child psychomotor development in three European birth cohorts", *Environmental research*, 2020, **181**, 108856. [COBISS.SI-ID 33129255]
- Agneta Runkel, Janja Snoj Tratnik, Darja Mazej, Milena Horvat, "Urinary phthalate concentrations in the slovenian population: an attempt to exposure assessment of family units", *Environmental research*, 2020, **186**, 109548. [COBISS.SI-ID 17597699]
- Dimitrija Savič Zdravković, Djurađ Milošević, Ezgi Uluer, Hatice Duran, Sanja Matić, Snežna Stanič, Janja Vidmar, Janez Ščančar, Domagoj Đikić, Boris Jovanović, "A multiparametric approach to cerium oxide nanoparticle toxicity assessment in non-biting midges", *Environmental toxicology and chemistry*, 2020, **39**, 1, 131-140. [COBISS.SI-ID 32908071]
- Andrija Čirič, Bor Krajnc, David John Heath, Nives Ogrinc, "Response surface methodology and artificial neural network approach for the optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenols from garlic", *Food and chemical toxicology*, 2020, **135**, 110976. [COBISS.SI-ID 32894759]
- Lovro Sinkovič, Marijan Nečemer, Nives Ogrinc, Dragan Žnidarčič, David Stopar, Rajko Vidrih, Vladimir Meglič, "Parameters for discrimination between organic and conventional production: a case study for chicory plants (*Cichorium intybus* L.)", *Food and chemical toxicology*, 2020, **136**, 111109. [COBISS.SI-ID 5948264]
- Marta Jagodic Hudobivnik, Janja Snoj Tratnik, Doris Potočnik, Darja Mazej, Nives Ogrinc, Milena Horvat, "Dietary habits of Slovenian inland and coastal primiparous women and fatty acid composition of their human milk samples", *Food and chemical toxicology*, 2020, **141**, 111299. [COBISS.SI-ID 33299495]
- Lidija Strojnik, Tine Grebenc, Nives Ogrinc, "Species and geographic variability in truffle aromas", *Food and chemical toxicology*, 2020, **142**, 111434. [COBISS.SI-ID 16992771]
- Doris Potočnik, Marijan Nečemer, Igor Perišič, Marta Jagodic Hudobivnik, Darja Mazej, Federica Camin, Tome Eftimov, Lidija Strojnik, Nives Ogrinc, "Geographical verification of Slovenian milk using stable isotope ratio, multi-element and multivariate modelling approaches", *Food chemistry*, 2020, **326**, 126958. [COBISS.SI-ID 14984707]

32. Linn Voss *et al.* (13 avtorjev), "The presence of iron oxide nanoparticles in the food pigment E172", *Food chemistry*, 2020, **327**, 127000. [COBISS.SI-ID 38104835]
33. Ana Kovačič, Celine Gys, Martin Rafael Gulin, Tina Kosjek, David John Heath, Adrian Covaci, Ester Heath, "The migration of bisphenols from beverage cans and reusable sports bottles", *Food chemistry*, 2020, **331**, 127326. [COBISS.SI-ID 20369923]
34. Jerneja Sredenšek, Maša Bošnjak, Urša Lamprecht Tratar, Tina Kosjek, Maja Čemažar, Mojca Kržan, Alenka Seliškar, "Intoxication in a pig (*Sus scrofa domestica*) after transdermal fentanyl patch ingestion: case report", *Frontiers in veterinary science*, 2020, **7**, 611097. [COBISS.SI-ID 36219907]
35. Xuan Xu, Sašo Šturm, Zoran Samardžija, Janez Ščančar, Katarina Marković, Kristina Žužek Rožman, "A facile method for the simultaneous recovery of rare-earth elements and transition metals from Nd-Fe-B magnets", *Green chemistry*, 2020, **22**, 5, 1105-1112. [COBISS.SI-ID 33069351]
36. Radojko Jačimović, I. V. Matveyeva, N. A. Nursapina, B. A. Shynybek, Sh. N. Nazarkulova, O. I. Ponomarenko, "Assessment of minor and trace elements in mineral fertilizers purchased in Almaty city, Kazakhstan, using k_0 -INAA", *International journal of biology and chemistry*, 2020, **13**, 2, 130-140. [COBISS.SI-ID 54139139]
37. Tine Bizjak, Rok Novak, Marko Vudrag, Andreja Kukec, Branko Kontić, "Evaluating the success of Slovenia's policy on the health of children and adolescents: results of an audit", *International Journal of Public Health*, 2020, **65**, 8, 1225-1234. [COBISS.SI-ID 23119875]
38. Arndt Schimmelmann *et al.* (12 avtorjev), "Food matrix reference materials for hydrogen, carbon, nitrogen, oxygen, and sulfur stable isotope-ratio measurements", *Journal of agricultural and food chemistry*, 2020, **68**, 39, 10852-10864. [COBISS.SI-ID 29153283]
39. Matteo Perini, Lidija Strojnik, Mauro Paolini, Federica Camin, "Gas chromatography combustion isotope ratio mass spectrometry for improving the detection of authenticity of grape must", *Journal of agricultural and food chemistry*, 2020, **68**, 11, 3322-3329. [COBISS.SI-ID 33293351]
40. Primož Oprčkal, Ana Mladenovič, Nina Zupančič, Janez Ščančar, Radmila Milačič, Vesna Zalar Serjun, "Remediation of contaminated soil by red mud and paper ash", *Journal of cleaner production*, 2020, **256**, 120440. [COBISS.SI-ID 1548126]
41. Ljudmila Benedik, Anja Marija Pilar, Helena Prosen, "Comparison of decomposition techniques for solid samples with emphasis on actinide content determination", *Journal of Environmental Radioactivity*, 2020, **213**, 106144. [COBISS.SI-ID 33120551]
42. Borut Smodiš, Nuno Pessoa Barradas, Danas Ridikas, Peter Bode, Sheldon Landsberger, "An E-learning tool as living book for knowledge preservation in neutron activation analysis", *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 2020, **325**, 3, 737-741. [COBISS.SI-ID 33302311]
43. Sebastjan Rupnik, Borut Smodiš, Anže Jazbec, "Recent modifications of a TRIGA reactor for NAA and other applications", *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 2020, **325**, 3, 817-821. [COBISS.SI-ID 33296935]
44. Katarina Marković, Radmila Milačič, Janja Vidmar, Stefan Marković, Katja Uršič, Martina Nikšič Žakelj, Maja Čemažar, Gregor Serša, Mojca Unk, Janez Ščančar, "Monolithic chromatography on conjoint liquid chromatography columns for speciation of platinum-based chemotherapeutics in serum of cancer patients", *Journal of trace elements in medicine and biology*, 2020, **57**, 28-39. [COBISS.SI-ID 32667175]
45. M. Bazzaro, Nives Ogrinc, Federica Relitti, R. G. Lucchi, Michele Giani, Gianpiero Adami, Elena Pavoni, Cinzia De Vittor, "Geochemical signatures of intense episodic anaerobic oxidation of methane in near-surface sediments of a recently discovered cold seep (Kveithola trough, NW Barents Sea)", *Marine geology*, 2020, **425**, 106189. [COBISS.SI-ID 33298471]
46. Syed Baker, M. N. Nagendra Prasad, Raghuraj S. Chouhan, K. Mohan Kumar, S. Satish, "Development of bioconjugated nano-molecules against targeted microbial pathogens for enhanced bactericidal activity", *Materials chemistry and physics*, 2020, **242**, 122292. [COBISS.SI-ID 33036839]
47. Jun Wang *et al.* (79 avtorjev), "Final report of the CCQM-K145: toxic and essential elements in bovine liver", *Metrologia*, 2020, **57**, 1A, 08013. [COBISS.SI-ID 21007363]
48. Sabina Dolenc, Katarina Šter, Maruša Borštnar, Klara Nagode, Andrej Ipavec, Lea Žibret, "Effect of the cooling regime on the mineralogy and reactivity of belite-sulfoaluminate clinkers", *Minerals*, 2020, **10**, 10, 910. [COBISS.SI-ID 32842755]
49. Katarina Marković, Radmila Milačič, Stefan Marković, Jerneja Kladnik, Iztok Turel, Janez Ščančar, "Binding kinetics of ruthenium pyridone chemotherapeutic candidates to human serum proteins studied by HPLC-ICP-MS", *Molecules*, 2020, **25**, 7, 1512. [COBISS.SI-ID 33282855]
50. Staša Hamzić Gregorčič, Lidija Strojnik, Doris Potočnik, Katarina Vogel-Mikuš, Marta Jagodic Hudobivnik, Federica Camin, Tea Zuliani, Nives Ogrinc, "Can we discover truffle's true identity?", *Molecules*, 2020, **25**, 9, 2217. [COBISS.SI-ID 14906115]
51. Doris Potočnik, Lidija Strojnik, Tome Eftimov, Alenka Levart, Nives Ogrinc, "Fatty acid and stable carbon isotope composition of Slovenian Milk: year, season, and regional variability", *Molecules*, 2020, **25**, 12, 2892. [COBISS.SI-ID 20851715]
52. Staša Hamzić Gregorčič, Doris Potočnik, Federica Camin, Nives Ogrinc, "Milk authentication: stable isotope composition of hydrogen and oxygen in milks and their constituents", *Molecules*, 2020, **25**, 17, 4000. [COBISS.SI-ID 27656963]
53. Milena Bučar-Miklavčič, Fouad Taous, Vasilij Valenčič, Tibari Elghali, Maja Podgornik, Lidija Strojnik, Nives Ogrinc, "Fatty acid composition of cosmetic argan oil: provenience and authenticity criteria", *Molecules*, 2020, **25**, 18, 4080. [COBISS.SI-ID 27658755]
54. Rok Tomšič, David John Heath, Ester Heath, Jernej Markelj, Andreja Kandolf Borovšak, Helena Prosen, "Determination of neonicotinoid pesticides in propolis with liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry", *Molecules*, 2020, **25**, 24, 5870. [COBISS.SI-ID 42430723]
55. Nina Kostevšek, Calvin C.L. Cheung, Igor Serša, Mateja Erdani-Kreft, Ilija Monaco, Mauro Comes Franchini, Janja Vidmar, Wafa Al-Jamal, "Magneto-liposomes as MRI contrast agents: a systematic study of different liposomal formulations", *Nanomaterials*, 2020, **10**, 5, 889. [COBISS.SI-ID 14045955]
56. Vladimir Radulović, Radojko Jačimović, Anže Pungertič, Ingrid Vavtar, Luka Snoj, Andrej Trkov, "Characterization of the neutron spectra in three irradiation channels of the JSI TRIGA reactor using the GRUPINT spectrum adjustment code", *Nuclear data sheets*, 2020, **167**, 61-75. [COBISS.SI-ID 25625091]
57. Astrid Skovmand *et al.* (13 avtorjev), "Inhalation of welding fumes reduced sperm counts and high fat diet reduced testosterone levels: differential effects in Sprague Dawley and Brown Norway rats", *Particle and fibre toxicology*, 2020, **17**, 2. [COBISS.SI-ID 14618883]
58. Bine Kramberger, Nives Ogrinc, Doris Potočnik, Jože Grdadolnik, "The multi-disciplinary study of early copper age lamps from Zgornje Radvanje (NE Slovenia)", *Quaternary international*, 2020, **569/570**, 102-119. [COBISS.SI-ID 29964803]
59. Romina Daga *et al.* (11 avtorjev), "Geochemical and mineralogical characterization of sediments from Lake Futalufquen (42.8 S, Andean Patagonia) to evaluate their potential as paleoclimatic proxies", *Quaternary research*, 2020, **98**, 1-18. [COBISS.SI-ID 20919299]
60. Maja Andrič, Pierre Sabatier, William Rapuc, Nives Ogrinc, Matej Dolenc, Fabien Arnaud, Ulrich von Grafenstein, Andrej Šmuc, "6600 years of human and climate impacts on lake-catchment and vegetation in the Julian Alps (Lake Bohinj, Slovenia)", *Quaternary science reviews*, 2020, **227**, 106043. [COBISS.SI-ID 1521758]
61. Metka Gostečnik, Predrag Šinik, Ana Mladenovič, Janez Ščančar, Radmila Milačič, "Environmental impacts of mixed aggregates for use in unbound layers in road construction", *RMZ - Materials and geo-environment*, 2020, **67**, 1, 3-11. [COBISS.SI-ID 16687107]
62. Ana Kovačič, David Škufca, Mojca Zupanc, Jurij Gostiša, Benjamin Bizjan, Nina Krištofelc, Marija Sollner Dolenc, Ester Heath, "The removal of bisphenols and other contaminants of emerging concern by hydrodynamic cavitation: from lab-scale to pilot-scale", *Science of the total environment*, 2020, **743**, 140724. [COBISS.SI-ID 21591299]
63. David Domínguez-Villar, Juan A. Vázquez-Navarro, Kristina Krklec, Sonja Lojen, José A. López-Sáez, Miriam Dorado-Valiño, Ian J. Fairchild, "Millennial climate oscillations controlled the structure and evolution of Termination II", *Scientific reports*, 2020, **10**, 14912. [COBISS.SI-ID 28193027]
64. Rok Novak, David Kocman, Johanna A. Robinson, Tjaša Kanduč, Dimosthenis Sarigiannis, Milena Horvat, "Comparing airborne particulate matter intake dose assessment models using low-cost portable sensor data", *Sensors*, 2020, **20**, 5, 1406. [COBISS.SI-ID 33253927]
65. David Kocman, Tjaša Števanec, Rok Novak, Natalija Kranjec, "Citizen science as part of the primary school curriculum: a case study of a technical day on the topic of noise and health", *Sustainability*, 2020, **12**, 23, 10213. [COBISS.SI-ID 41378563]
66. Lidija Strojnik, Federica Camin, Nives Ogrinc, "Compound-specific carbon and hydrogen isotope analysis of volatile organic compounds

- using headspace solid-phase microextraction", *Talanta*, 2020, **219**, 121264. [COBISS.SI-ID 20319747]
67. Matic Bergant, Janez Ščančar, Radmila Milačič, "Kinetics of interaction of Cr(VI) and Cr(III) with serum constituents and detection of Cr species in human serum at physiological concentration levels", *Talanta*, 2020, **218**, 121199. [COBISS.SI-ID 17318147]
68. Jožica Gričar, Polona Hafner, Martina Lavrič, Mitja Ferlan, Nives Ogrinc, Bor Krajnc, Klemen Eler, Dominik Vodnik, "Post-fire effects on development of leaves and secondary vascular tissues in *Quercus pubescens*", *Tree physiology*, 2020, **40**, 6, 796-809. [COBISS.SI-ID 5648294]
69. Milka Ljoncheva, Tomaž Stepišnik, Sašo Džeroski, Tina Kosjek, "Cheminformatics in MS-based environmental exposomics: current achievements and future directions", *Trends in environmental analytical chemistry*, 2020, **28**, e00099. [COBISS.SI-ID 24705283]
70. Taja Verovšek, Ivona Krizman Matasić, David John Heath, Ester Heath, "Site- and event-specific wastewater-based epidemiology: current status and future perspectives", *Trends in environmental analytical chemistry*, 2020, **28**, e00105. [COBISS.SI-ID 31196419]
71. Tjaša Gornik, Ana Kovačič, Ester Heath, Juliane Hollender, Tina Kosjek, "Biotransformation study of antidepressant sertraline and its removal during biological wastewater treatment", *Water research*, 2020, **181**, 115864. [COBISS.SI-ID 15821315]
72. Ines Krajcar Bronić, Jadranka Barešić, Damir Borković, Andreja Sironić, Ivanka Lovrenčić Mikelić, Polona Vreča, "Long-term isotope records of precipitation in Zagreb, Croatia", *Water*, 2020, **12**, 1, 226. [COBISS.SI-ID 33076775]
73. István Gábor Hatvani, Dániel Erdélyi, Polona Vreča, Zoltán Kern, "Analysis of the spatial distribution of stable oxygen and hydrogen isotopes in precipitation across the Iberian Peninsula", *Water*, 2020, **12**, 2, 481. [COBISS.SI-ID 33164071]
74. Katarina Živković, Milan M. Radulovic, Sonja Lojen, Mira Pucarević, "Overview of the chemical and isotopic investigations of the Mreza springs and the Zeta River in Montenegro", *Water*, 2020, **12**, 4, 957. [COBISS.SI-ID 12997379]
75. Zoltán Kern, István Gábor Hatvani, György Czuppon, István Fórizs, Dániel Erdélyi, Tjaša Kanduč, László Palcsu, Polona Vreča, "Isotopic 'altitude' and 'continental' effects in modern precipitation across the Adriatic-Pannonian region", *Water*, 2020, **12**, 6, 1797. [COBISS.SI-ID 20979715]
76. Leja Rovan, Sonja Lojen, Tea Zuliani, Tjaša Kanduč, Metka Petrič, Barbara Horvat, Simon Rusjan, Marko Štok, "Comparison of uranium isotopes and classical geochemical tracers in Karst aquifer of Ljubljana River catchment (Slovenia)", *Water*, 2020, **12**, 7, 2064. [COBISS.SI-ID 24241155]
77. Tea Zuliani, Tjaša Kanduč, Rok Novak, Polona Vreča, "Characterization of bottled waters by multielemental analysis, stable and radiogenic isotopes", *Water*, 2020, **12**, 9, 2454. [COBISS.SI-ID 26733571]
78. Federica Relitti, Nives Ogrinc, Michele Giani, Federica Cerino, Mirta Smolaka Tanković, Ana Baričević, Lidija Urbini, Bor Krajnc, Paola Del Negro, Cinzia De Vittor, "Stable carbon isotopes of phytoplankton as a tool to monitor anthropogenic CO₂ submarine leakages", *Water*, 2020, **12**, 12, 3573. [COBISS.SI-ID 43860739]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Klara Nagode, Tjaša Kanduč, Sonja Lojen, Branka Bračič-Železnik, Brigita Jamnik, Polona Vreča, "Pregled preteklih izotopskih hidroloških raziskav na območju Ljubljane, Slovenija", *Geologija*, 2020, **63**, 2, 251-270. [COBISS.SI-ID 41428995]
2. Luigi Castriotta, Valentina Rosolen, Annibale Biggeri, Luca Ronfani, Dolores Catelan, Marika Mariuz, Maura Bin, Liza Vecchi Brumatti, Milena Horvat, Fabio Barbone, "The role of mercury, selenium and the Se-Hg antagonism on cognitive neurodevelopment: a 40-month follow-up of the Italian mother-child PHIME cohort", *International journal of hygiene and environmental health*, 2020, **230**, 113604. [COBISS.SI-ID 26648323]
3. Radmila Milačič, Janez Ščančar, "Cr speciation in foodstuffs, biological and environmental samples: methodological approaches and analytical challenges: a critical review", *TrAC. Trends in analytical chemistry*, 2020, **127**, 115888. [COBISS.SI-ID 33305127]

KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

1. Polona Vreča, Zoltán Kern, "Use of water isotopes in hydrological processes: editorial", *Water*, 2020, **12**, 8, 2227. [COBISS.SI-ID 26085123]

STROKOVNI ČLANEK

1. Ana Lapanje, Aleš Lapanje, Antonina Šel, "Mikrobiom in depresija", *Kapnik*, 2020, **18**, 4-6. [COBISS.SI-ID 47525123]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Nives Ogrinc, Helena Baša Česnik, Milena Bučar-Miklavčič, Jerica Ivanoš, Barbara Koroušič-Seljak, Mojca Milavec, Nataša Poklar Ulrih, Jelka Zabavnik Piano, "Infrastruktura za promocijo metrologije v živilstvu in prehrani", V: *Konferenca Hrana, prehrana, zdravje*, zbornik, Evropska mreža deklaracije za hrano, tehnologijo, prehrano za zdravje, 2020, 311-318. [COBISS.SI-ID 38908931]
2. Maja Podgornik *et al.* (12 avtorjev), "Preverjanje pristnosti in vrednotenje tradicionalnih proizvodov na območju Sredozemlja", V: *Konferenca Hrana, prehrana, zdravje*, zbornik, Evropska mreža deklaracije za hrano, tehnologijo, prehrano za zdravje, 2020, 345-352. [COBISS.SI-ID 35261187]
3. Radojko Jačimović, Maria-Angela Menezes, "Updated spectral parameters and neutron fluxes in specific irradiation channel in the carousel of TRIGA MARK IPR-R1 research reactor used to apply neutron activation analysis, *k₀-method*", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 303. [COBISS.SI-ID 47117571]
4. Anže Jazbec, Sebastjan Rupnik, Vladimir Radulović, Jan Malec, Andraž Verdir, Marko Rosman, Borut Smodiš, Luka Snoj, "Jožef Stefan Institute TRIGA research reactor activities in the period from September 2019 - August 2020", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 304. [COBISS.SI-ID 48880643]
5. Mihaela Triglav Čekada, Polona Vreča, "Zgodovina Sekcije za kriosfero pri Slovenskem združenju za geodezijo in geofiziko", V: *25. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko*, 30. januar 2020, *Ljubljana, Slovenija*, zbornik del, (Raziskave s področja geodezije in geofizike 2019), Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko, 2020, 141-146. [COBISS.SI-ID 9102177]
6. Rok Novak, David Kocman, Johanna A. Robinson, Tjaša Kanduč, Denis Sarigiannis, Sašo Džeroski, Milena Horvat, "Low-cost environmental and motion sensor data for complex activity recognition: proof of concept", V: *ECSA-7, 7th International Electronic Conference on Sensors and Applications, 15-30 November 2020*, Proceedings, (Engineering proceedings 2), MDPI, 2020, 54. [COBISS.SI-ID 41487619]
7. Maja Andrič, Pierre Sabatier, William Rapuc, Nives Ogrinc, Matej Dolenc, Fabien Arnaud, Ulrich von Grafenstein, Andrej Šmuc, "Vpliv človekovih aktivnosti (paša, poljedelstvo, rudarjenje) in klimatskih nihanj na rastlinstvo v povodju Bohinjskega jezera v zadnjih 6600 letih", V: *Življenje v Alpah: življenje v Alpah nekoč in danes - od prve obljudenosti visokogorskega sveta pred več tisoč leti do trajnostnega razvoja turizma danes*, 6. oktobra 2017, *Stara Fužina, Bohinj*, zbornik posveta, ArheoAlpe, 2020, 73-84. [COBISS.SI-ID 23610627]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGLAVJA

V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Marjeta Česen, Tina Kosjek, Ester Heath, "Analysis, occurrence, and fate of cyclophosphamide and ifosfamide in aqueous environment", V: *Fate and effects of anticancer drugs in the environment*, Springer, 2020, 259-291. [COBISS.SI-ID 33112103]
2. Milka Ljoncheva, Tina Kosjek, Marina Isidori, Ester Heath, "5-fluorouracil and its prodrug capecitabine: occurrence, fate and effects in the environment", V: *Fate and effects of anticancer drugs in the environment*, Springer, 2020, 331-375. [COBISS.SI-ID 33112615]
3. D. Kishore Kumar, Kakarla Raghava Reddy, Veera Sadhu, Nagaraj P. Shetti, Ch. Venkata Reddy, Raghuraj S. Chouhan, Sait A. Naveen, "Metal oxide-based nanosensors for healthcare and environmental applications", V: *Nanomaterials in diagnostic tools and devices*, Elsevier, 2020, 113-129. [COBISS.SI-ID 25425155]
4. Polona Vreča, Zoltán Kern, "Use of water isotopes in hydrological processes", V: *Use of water stable isotopes in hydrological process*, MDPI, 2020, 1-6. [COBISS.SI-ID 40254467]

STROKOVNA MONOGRAFIJA

1. Janja Vidmar, Katrin Loeschner, Raquel Larios, *Analysis of TiO₂ nanoparticles in foods and personal care products by single particle ICP-QQQ: using the 8900 ICP-QQQ in MS/MS mass-shift mode to resolve ⁴⁸Ca⁺ isobaric interference on ⁴⁸Ti⁺*, Agilent technologies, 2020. [COBISS.SI-ID 14720771]

DRUGO UČNO GRADIVO

1. Tomaž Rijavec, *Človek in okolje: Izbrane tematike*, Slovenska univerza za tretje življenjsko obdobje, 2020. [COBISS.SI-ID 25717251]
2. Janez Ščančar, *Ecotoxicology: Environmental Toxicology, spring semester 2019/2020*, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2020. [COBISS.SI-ID 33305383]
3. Janez Ščančar, *Kroženje mikroelementov v okolju: osnove: predavanja za magistrske študente, jesenski semester 2020/2021*, University of Nova Gorica, Faculty for Environmental Sciences, 2020. [COBISS.SI-ID 38396163]
4. Janez Ščančar, *Orodja za nadzor kakovosti okolja: kroženje elementov v okolju. 1.del, zimski semester 2020/21*, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2020. [COBISS.SI-ID 36155139]
5. Radmila Milačič, Janez Ščančar, *Orodja za nadzor kakovosti okolja: speciacija elementov, Obogateni stabilni izotopi v speciacijski analizi kroma. 3.del, zimski semester 2020/21: zimski semester 2020/2021*, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2020. [COBISS.SI-ID 36155651]
6. Radmila Milačič, Janez Ščančar, *Orodja za nadzor kakovosti okolja: Speciacija elementov: aluminij v okolju in zdravstveni vidiki. 2.del, zimski semester 2020/21: zimski semester 2020/2021*, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2020. [COBISS.SI-ID 36155395]
7. Ester Heath, Tina Kosjek, *Tools for the environmental quality control persistent organic pollutants: "Ecotechnology" programme fall semester 2019/20*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2020. [COBISS.SI-ID 33123111]
8. Ester Heath, Tina Kosjek, *Tools for the environmental quality control, Organic analysis. 2.: "Ecotechnology" programme fall semester 2019/20*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2020. [COBISS.SI-ID 33149735]

9. Ester Heath, Tina Kosjek, *Tools for the environmental quality control, Persistent organic pollutant. 1.: "Ecotechnology" programme fall semester 2019/20*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2020. [COBISS.SI-ID 33123367]

PATENTNA PRIJAVA

1. Tjaša Kraševac Glaser, Miran Mozetič, Nives Ogrinc, Alenka Vesel, Lidija Fras Zemljič, *Film and production method*, GB2584438 (A), Intellectual Property Office, 9. 12. 2020. [COBISS.SI-ID 32466983]

PATENT

1. Ana Mladenovič, Primož Oprčkal, Radmila Milačič, Janez Ščančar, Janja Vidmar, Andrijana Sever Škapin, Peter Nadrah, Alenka Mauko Pranjč, Mirko Šprinzer, *Method and system for the potabilization of effluents from biological WWTPS*, EP3562788 (B1), European Patent Office, 16. 09. 2020. [COBISS.SI-ID 2386791]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Matic Bergant, *Določitev polibromiranih difenil etrov in študija obnašanja kroma v človeški krvi: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Janez Ščančar). [COBISS.SI-ID 34306819]
2. Marta Jagodic Hudobivnik, *Elementi v sledovih v humanih vzorcih in maščobne kisline v materinem mleku pri slovenski populaciji: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Milena Horvat; somentor Ingrid Falnoga). [COBISS.SI-ID 29546499]
3. Dafina Kikaj, *Določanje stabilnosti ozračja v Ljubljanski kotlini in Vipavski dolini z uporabo ²²²Rn: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Janja Vaupotič; somentor Scott Dudley Chambers). [COBISS.SI-ID 35716611]
4. Doris Potočnik, *Uporaba kemijskih in izotopskih metod za ugotavljanje pristnosti in geografskega porekla mleka in mlečnih izdelkov: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Nives Ogrinc; somentor Barbara Jeršek). [COBISS.SI-ID 30587651]
5. Ajda Trdin, *Speciacija živega srebra v prenatalni izpostavljenosti: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Milena Horvat; somentor Ingrid Falnoga). [COBISS.SI-ID 19543299]

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 veščin 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.



Vodja:
prof. dr. Aleš Ude

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, kognitivnega sistema, tovarne prihodnosti, zdravja in vesoljske tehnologije. V letu 2019 smo koordinirali dva večja evropska projekta: ReconCell in SPEXOR. 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.

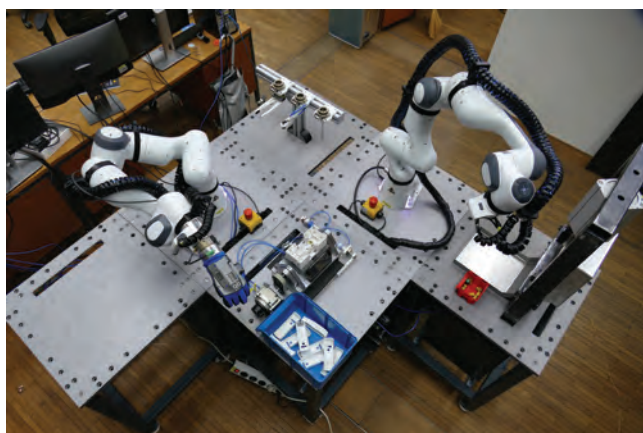
Rezultat vzdrževanja kritične mase raziskovalcev na različnih znanstvenih področjih v sklopu odseka so številni interdisciplinarni projekti na različnih znanstvenih področjih.

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 Nemec). 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, problematike 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 2020 smo začeli izvajati nov evropski projekt 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. Pri projektu obravnavamo še razvoj novih metod za hitro (re)programiranje in adaptacijo robotskih operacij za mehke robote in razvoj mehkih prijemalk, ki so



Slika 1: Rekonfigurabilna celica za recikliranje elektronskih izdelkov

Pri projektu iz Obzorja 2020 ReconCycle nameravamo bistveno zmanjšati obseg človeškega dela ter povečati robustnost in učinkovitost reciklaže elektronskih izdelkov.



Slika 2: Standardni modul za izgradnjo rekonfigurabilne robotske celice



Slika 3: Inkrementalno učenje robotskih operacij

V projektu AnDy obravnavamo nadzor fizičnega sodelovanja robota s človekom ob upoštevanju namena skupne naloge.



Slika 4: Celica za testiranje pečic

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 velika 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.

Nadaljevali smo izvedbo 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 2020 smo razvili **ново metodologijo za učinkovito inkrementalno programiranje s posnemanjem**, pri čemer inštruktor direktno spreminja parametrizirano robotsko gibanje. Dokazali smo, da je predlagana metoda stabilna, in izvedli uporabniško študijo, s katero smo dokazali njeno učinkovitost. Nadaljnji pomembni dosežek v preteklem letu je bil razvoj osnutka metode za avtomatično računanje postavitev delovnih prostorov, pri katerem upoštevamo sposobnosti človeških in robotskih delavcev.

Za uspešno implementacijo zahtevnih proizvodnih nalog, s katerimi se srečujemo v projektih, kot sta ReconCycle in CoLLaboratE, moramo izboljšati učenje senzomotoričnih veščin. V ta namen smo razvili novo metodologijo za učenje robotskih operacij, ki jih zapišemo z **dinamičnimi generatorji gibov**. Osnova za predlagano metodologijo so **globoke nevronske mreže**. Pomembna prednost predlaganega pristopa je, da omogoča uporabo kriterijskih funkcij, s katerimi izmerimo fizično razdaljo med robotskimi operacijami in posledično bistveno izboljšamo kakovost naučenih operacij. Medtem ko lahko predlagano metodo uporabimo za učenje raznovrstnih nevronske mreže, smo jo najprej ovrednotili na problemu učenja kodirno-dekodirnih in konvolucijskih nevronske mreže, pri katerih kot vhodne podatke uporabimo digitalne slike. V nadaljnjih raziskavah smo pokazali, da lahko s predlaganim pristopom izboljšamo tudi učenje globokih rekurzivnih nevronske mreže, kar je pomembno pri obdelavi časovno odvisnih senzoričnih podatkov, kot so na primer zaporedja digitalnih slik.

V sklopu projekta AnDy (<https://andy-project.eu>) iz Obzorja 2020 smo nadaljevali uvajanje in ocenjevanje različnih rešitev uporabe eksoskeletov v industrijskih okoljih. Po uspešno izvedenih eksperimentih s pasivnim ramenskim eksoskeletom v avtomobilskem podjetju Revov smo začeli implementacijo aktivnega ramenskega eksoskeleta, ki bo še razširil obseg uporabe takšnih naprav v realnih industrijskih okoljih. Sestavili smo eksperimentalno laboratorijsko okolje, da bi preizkusili izvedljivost različnih robotskih krmilnikov pri uporabi v aktivnih eksoskeletih. Poleg tega smo pripravili tudi nabor kvantitativnih metrik, ki jih bomo uporabili za oceno uporabnosti eksoskeletov. Vzporedno z izvajanjem in vrednotenjem eksoskeletov smo nadaljevali delo na področju fizičnega sodelovanja ljudi z namenom, da bi bolje razumeli pretok informacij med izvajanjem skupnih gibalnih nalog. Rezultate bomo formalizirali in modelirali na način, da jih bomo lahko uporabili v bodočih krmilnikih eksoskeletov in kolaborativnih robotov.

V okviru projekta EXOSAFE, ki se izvaja kot del projekta COVR iz Obzorja 2020, smo zasnovali, razvili in izdelali bionično človeško nogo, ki se bo uporabljala za primerjalno analizo eksoskeletov spodnjih okončin. Bionična noga je v postopku patentiranja.

Na našem odseku izvajamo tudi projekt direktorjevega sklada Cobotat (Laboratorij za kolaborativno robotiko s poudarkom na fizični interakciji med človekom in robotom, <http://cobotat.ijs.si/>), ki je namenjen izgradnji novih laboratorijskih prostorov in vpeljavi novih vsebin na odseku. Glavno delo se je osredotočilo na integracijo zajemanja gibanja, pritiskovnih plošč in elektromiografskih senzorjev. V laboratoriju CoBoTaT se trenutno izvajata dva projekta, ki ju financira ARRS. V letu 2020 smo tako v sodelovanju z Ildiadi začeli izvajati projekt SWITCH (Učenje z menjavo vlog pri fizičnem sodelovanju med človekom in robotom, <https://switch-project.github.io/>), ki ga v Švici sofinancira SNSF. Glavni cilj projekta je izboljšati fizično sodelovanje med človekom in robotom z razvojem metod, s katerimi zaznavamo človekovo dinamiko v realnem času in se iz zajetih podatkov naučimo gibalnih modelov. Prizadevamo si zbrati več naborov podatkov

o silah in gibanju pri nalogah, kot je na primer pomoč pri vstajanju. Na podlagi pridobljenih podatkov bomo razvili modele, s katerimi se bomo lahko verjetnostno naučili vedenja obeh agentov (asistenta in tistega, ki mu asistent pomaga). Ti modeli bodo uporabljeni za razvoj sistemov vodenja robotov s prediktivnim obnašanjem. Cilj projekta PhRoCiety (Metode vodenja za varno fizično interakcijo med človekom in robotom, <http://cobotat.ijs.si/projects/phrociety-2/>) je izboljšati kognitivno razumevanje in sisteme vodenja za kooperativno večkontaktno fizično interakcijo med več agenti, kjer so agenti ljudje ali roboti. V letu 2020 smo izvedli več laboratorijskih študij, ki so proučevale fizično interakcijo med dvema človekoma.

Glavni cilj projekta TRINITY (<https://trinityrobotics.eu/>), ki je še en projekt iz Obzorja 2020 na našem odseku, je razvoj multidisciplinarnih in sinergističnih mrež 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 2020 smo implementirali nove demonstratorje, 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. Komponente naših demonstratorjev bomo ponudili proizvodnim podjetjem, ki se bodo prijavila na javne razpise projekta TRINITY.

Namen projekta QU4LITY (<https://qu4lity-project.eu>) je preizkusiti – v realnih okoljih in na merljiv ter ponovljiv način – odprte, standardizirane in transformativne modele in 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 letu 2020 smo sodelovali s podjetjem Kolektor in razvili prototipno celico za vizualni nadzor kakovosti pri brizganju plastike v proizvodnih procesih. Ta celica bo omogočala robotsko podprt nadzor kakovosti na podlagi metod globokega učenja in avtomatizirane rekonfiguracije.

Avtomatizacija in industrijska robotika

Naša znanja s področja robotike in avtomatizacije v sodelovanju s slovenskimi in tujimi podjetji uporabljamo za avtomatizacijo in robotizacijo proizvodnih procesov v podjetjih. Naš odsek je zelo dejaven na področju slovenske strategije pametne specializacije S4. Pomemben del te dejavnosti je program GOSTOP (Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti), ki ga koordinira prav naš odsek (doc. dr. Igor Kovač). GOSTOP je trenutno največji program na področju tovarnih prihodnosti v Sloveniji in je podprt s strani Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport (MIZŠ), Evropskega sklada za regionalni razvoj in slovenske industrije. Cilj predlaganega programa je pospešiti razvoj in izgradnjo koncepta pametnih tovarn v Sloveniji in odgovoriti na aktualne potrebe slovenskega gospodarstva, kjer nekatera industrijska podjetja že poskušajo uvajati koncept pametnih tovarn v svojo proizvodnjo. V programu smo združili raziskovalne skupine iz trinajstih podjetij in šestih javnih raziskovalnih organizacij, ki imajo kompatibilne raziskovalno-razvojne programe in že izvajajo raziskave na področju pametnih tovarn. Identificirali smo štiri področja, na katerih lahko Slovenija doseže pomembne preboje v bližnji prihodnosti: **tehnologije vodenja, orodjarstvo, robotika in fotonika**. Na področju robotike sodelujemo s podjetji, kot so Kolektor, Domel, Yaskawa in Podkrižnik.

V programu GOSTOP je naša skupina naslovlila naslednje teme: 1. razvoj inteligentnih senzorjev in aktuatorjev, 2. postavitve adaptivne robotske celice za vizualno kontrolo kakovosti in 3. implementacija platforme virtualne tovarne. Pri razvoju inteligentnih senzorjev in aktuatorjev smo verificirali koncept pogonskega sklopa z možnostjo krmiljenja navora in podajnosti ter predvidevanja vzdrževanja za obstoječi sistem pogonskega sklopa z enkoderjem, senzorjem navora in motorjem za pogon ter izvajali eksperimente. Na področju adaptivnih robotskih celic smo prispevali k razvoju adaptivne celice za robotsko podprto vizualno kontrolo kakovosti. V okviru platforme virtualne tovarne smo izvedli eksperimente na pilotnih podatkih iz industrije na modelu digitalne tovarne in poslovnega procesa, ki vključuje tudi elemente avtomatizacije in robotizacije.

V okviru Strateškega raziskovalno-inovacijskega partnerstva Tovarne prihodnosti (SRIP ToP) predsedujemo upravnemu odboru SRIP ToP in koordiniramo SRIP ToP horizontalno mrežo (omogočitevno tehnologijo) Robotika, s čimer podpiramo uvajanje naprednih robotskih tehnologij v pametne tovarne. Pomemben dosežek v letu 2020

Na odseku E1 je trenutno v izgradnji in ustanavljanju nov Laboratorij za kolaborativno robotiko – Cobotat.



Slika 5: Laboratorij Cobotat z mobilnimi roboti

V programu GOSTOP (Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti), v katerem je sodelovalo 13 slovenskih podjetij in 6 raziskovalnih organizacij in smo ga koordinirali na IJS, je nastalo 17 patentov in 40 inovacij.

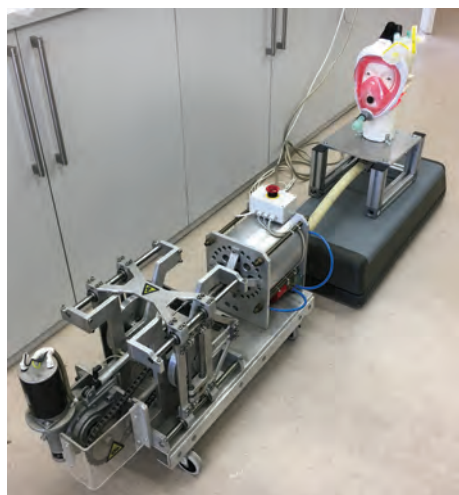
je bila priprava novega programa, katerega namen je spodbujati sodelovanje proizvodnih podjetij z raziskovalnimi organizacijami, ter prenos znanj in novih tehnologij v industrijsko prakso.

Prav tako v okviru projektov slovenske strategije pametne specializacije S4 smo se vključili v projekt **ROBKONCEL**, katerega glavni cilj je razviti celovit sistem za ugotavljanje kakovosti v proizvodnem procesu 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 pa smo uporabili robota UR10 (Universal Robots). Razvili smo ustrezno programsko okolje za programiranje kolaborativnih robotov, ki omogoča realizacijo sodobnih konceptov učenja robotskega gibanja. Predlagali smo tudi nove pristope, ki omogočajo boljšo prilagodljivost spremembam izdelkov in postopkom kontrole. Eden izmed ciljev demonstracijskih celic je, da omogočajo ovrednotenje funkcionalnosti, ki jih mora zagotavljati končna celica. Pomemben vidik je tudi okvirna ocena stroškov posameznih funkcionalnosti v končni fazi.

V letu 2020 smo v sodelovanju s podjetjem Podkrižnik izvedli projekt **S-Gearbox Ultra**. Cilj projekta je bil razvoj **prenosnika z možnostjo merjenja navora**, kar je nadgradnja obstoječega produkta S-Gearbox. Taki prenosniki se pospešeno uvajajo v robotiki in sorodnih aplikacijah, saj lahko roboti le z uvedbo takšnih prenosnikov izvajajo naloge, v katerih se morajo natančno prilagajati človeku in okolici. Med projektom smo izvedli podrobne analize, na podlagi katerih smo načrtovali in konstruirali več različnih prototipov senzorskega sistema za merjenje navora. Opravili smo številne testne meritve in izbrali najustreznejši prototip.

Okoljska fiziologija in ergonomija

Globalno širjenje hudega akutnega respiratornega sindroma koronavirus 2 (SARS-CoV-2) je v letu 2020 privedlo do pandemije koronavirusne bolezni (covid-19). Kot posledica je bilo naše delo med drugim osredotočeno na razvoj in vrednotenje osebne zaščitne opreme v okviru pomoči našim kliničnim in industrijskim partnerjem.



Slika 6: Vrednotenje mask z uporabo simulatorja človeške glave in simulatorja dihanja

Infrardeča termografija za spremljanje okužb, povezanih s covidom-19 in drugimi boleznimi: Temperatura kože se po svetu v različnih okoliščinah uporablja kot nadomestna meritev telesne (jedrne) temperature za ocenjevanje prisotnosti vročine in s tem določanje, ali je posameznik okužen z akutnim dihalnim sindromom koronavirus 2 (SARS-CoV-2), ki povzroča koronavirusno bolezen (covid-19 ali C-19). Ključno vprašanje je, ali je tovrsten pristop metodološko primeren ali ne. Če ni, obstaja tveganje, da bo posameznikom onemogočen dostop do delovnega mesta. Po drugi strani obstaja tudi tveganje, da bo okuženim posameznikom dostop omogočen, kar bo privedlo do širjenja okužbe. Oblikovali smo raziskovalni program za ovrednotenje metode napovedovanja telesne (jedrne) temperature z uporabo infrardeče termografije prek merjenja temperature kože na čelu. Obstaja možnost razvoja izboljšanje metodologije, ki bo z uporabo obstoječe opreme prek merjenja centralne in periferne temperature omogočila spremljanje posameznika na daljavo.

Osebna zaščitna oprema: Še naprej smo sodelovali z industrijskim partnerjem Kimberly-Clark (ZDA) ter na podlagi znanj in izkušenj iz preteklih projektov, ki so temeljili na vrednotenju osebnih zaščitnih oblačil za enkratno uporabo v proizvodni industriji, oblikovali standardiziran testni protokol za ocenjevanje dela dihanja pri nošenju obraznih mask. Skupaj s sodelavci z Odseka za fiziko trdne snovi (F5) smo z uporabo simulatorja človeške glave razvili test za vrednotenje učinkovitosti mask pri odstranjevanju delcev v velikosti koronavirusa. Na ta način je bilo za industrijske partnerje testiranih več kot 100 mask. Zaradi nujne potrebe po obraznih maskah za zdravstvene delavce smo s sodelavci z Odseka za reaktorsko fiziko (F8) ocenili več strategij za razkuževanje in ponovno aktiviranje rabljenih mask z namenom ponovne uporabe.

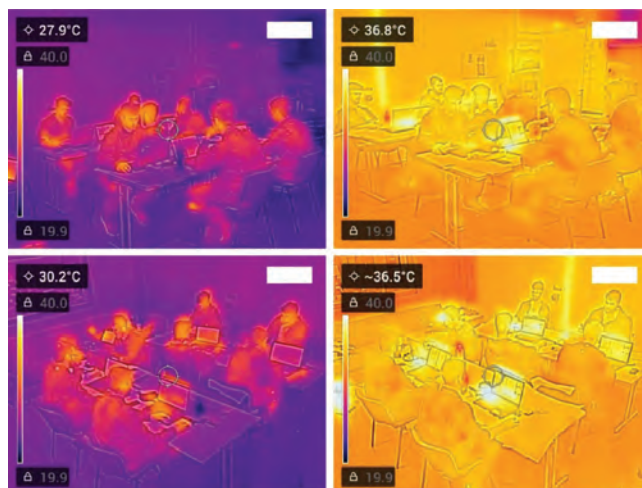
Hladilni jopiči: 21. stoletje je postreglo s številnimi izzivi za preživetje človeške rase. Eden od teh izzivov je globalno segrevanje. Oba vplivata na delovno silo v vseh industrijskih panogah. Posledica globalnega segrevanja so poletni vročinski valovi, ki so postali pogostejši, daljši in intenzivnejši. Kot partnerji pri projektu iz Obzorja 2020 **Heat-Shield** smo morali oceniti razviti strategije za ublažitev vročinske obremenitve v času vročinskih valov v glavnih evropskih industrijah. V letu 2020 smo se osredotočili na ocenjevanje učinkovitosti uporabe hladilnih jopičev kot ene od možnosti blaženja vročinske obremenitve delavcev. S pomočjo simulatorja človeškega telesa smo razvili test za ocenjevanje učinkovitosti hladilnih jopičev. Z eksperimentalno metodo smo ovrednotili jopiče različnih hladilnih konceptov, vključujoč aktivne jopiče z zračnim in vodnim hlajenjem, evaporativne jopiče, jopiče z vložki, ki spreminjajo fazo, ter hibridne jopiče. Poudarek meritev je bil na ocenjevanju hladilne učinkovitosti izbranih jopičev. Ključna ugotovitev študije je bila, da se je hladilna učinkovitost jopičev v danih pogojih okolja (temperatura = 35 °C, relativna vlažnost = 35-odstotna) glede na različne koncepte hlajenja bistveno razlikovala. Naši rezultati tako predstavljajo smernice za podjetja pri izboru ustreznih jopičev za zaposlene.

Razvili smo sistem za testiranje zaščitnih mask, ki je sestavljen iz manikina glave in simulatorja dihanja.

Simulacija vročinskega vala: Kljub znatnemu vplivu poletnih vročinskih valov na zdravje in počutje delavcev do danes še ni bila izvedena nobena kontrolirana laboratorijska študija, ki bi podala informacijo o vplivu dolgotrajne izpostavljenosti simuliranim pogojem vročinskih valov na produktivnost dela. Pred časom smo poročali, da lahko produktivnost v proizvodnem podjetju za kratek čas (3 dni) upade, in sicer tudi po tem, ko je vročinski val že zaključen. Ugotovili smo, da je to lahko posledica kumulativnega učinka vročinskih valov, kar kaže, da je za okrevanje od posledic vročinskega vala potrebno nekaj časa. Delavci so v obdobjih vročinskih valov namreč vročini izpostavljeni tudi doma, kar pomeni, da se jim ne uspe ustrezno odpočiti. V Olimpijskem športnem centru Planica (laboratorij PlanHab) smo **omogočili simulacijo 3-dnevnega vročinskega vala**. Preiskovanci so bili izpostavljeni tridnevni obdobju pred vročinskim valom in po njem z normalno temperaturo v okolju, z vmesnim 3-dnevnim vročinskim valom. Preiskovanci so vsakodnevno izvajali simulirano 8-urno delovno izmeno, ki je vključevala dvakrat dnevno 40-minutno fizično aktivnost zmerno intenzivnosti, sledila pa ji je 1-urna simulacija dela za tekočim trakom. Simuliran vročinski val je povečal število storjenih napak, čas, porabljen za nenačrtovane odmore, in fiziološko obremenitev preiskovancev. Fiziološka obremenitev prvega dne vročinskega vala se je postopoma zmanjševala drugi in tretji dan vročinskega vala, kar kaže na vročinsko aklimatizacijo. Na splošno je simuliran vročinski val povzročil znatno zmanjšanje produktivnosti dela in povečanje fiziološke obremenitve.

Neuroočesni sindrom, povezan z vesoljskimi leti: Prihodnje misije človeškega raziskovanja vesolja ogrožata dve nerazrešeni vprašanji. Prvo vprašanje se nanaša na učinek sevanja, ki so mu ljudje izpostavljeni v vesolju, in trenutno nezmožnost zagotavljanja ustrezne zaščite astronautov pred škodljivimi učinki tega sevanja. Drugo vprašanje pa predstavljajo nepojasnjene oftalmološke spremembe, ki so jih opazili pri astronautih med dolgimi (večmesečnimi) misijami na Mednarodni vesoljski postaji (ISS). Te očesne spremembe, povezane z vesoljskimi leti, so bile poimenovane kot neuroočesni sindrom (SANS). V sodelovanju z Očesno kliniko UKC Ljubljana smo oblikovali raziskovalni program za določanje dejavnikov, ki lahko prispevajo k pojavu sindroma. Naši rezultati dokazujejo, da sedanji pristop izvajanja očesnih pregledov v ležečem položaju ali položaju 6° nagiba glave navzdol ni primeren, saj ne sproži sprememb očesnega tlaka, ki so opaženi v vesolju. Naš naslednji cilj je ovrednotenje učinka starosti, spola, gibanja, hipoksije in hiperkapnije na očesni ter intrakranialni tlak.

Človeška centrifuga: ESA je začela nov raziskovalni program, v katerem bodo proučevali učinkovitost umetne gravitacije med prihodnjimi vesoljskimi odpravami. V ta namen so bile razvite človeške centrifuge, s katerimi bodo v treh raziskovalnih centrih v Evropi preizkušali učinkovitost umetne gravitacije pri blaženju sprememb mišično-skeletnega in kardiovaskularnega sistema kot posledice izpostavljenosti mikrogravitaciji. Program bo proučeval tudi učinkovitost vadbe med vsakodnevnim centrifugiranjem. ESA je izbrala naš laboratorij PlanHab v Planici za namestitev človeške centrifuge. S tem bomo vključeni v raziskovalni program proučevanja koristi treninga na vibracijski platformi v kombinaciji z umetno gravitacijo za blažitev sprememb, povezanih z adaptacijo mikrogravitaciji. Dodaten cilj je ovrednotiti, kako na slednje vpliva hipoksija.



Slika 7: Dnevne okoljske razmere pred vročinskim valom (levo) in prvi dan vročinskega vala (desno)

Evropska vesoljska agencija (ESA) je izbrala naš laboratorij za instalacijo človeške centrifuge.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Gašpar, T., Deniša, M., Radanovič, P., Ridge, B., Savarimuthu, T. R., Kramberger, A., Priggemeyer, M., Roßmann, J., Wörgötter, F., Ivanovska, T., Parizi, S., Gosar, Ž., Kovač, I., in Ude, A., Smart hardware integration with advanced robot programming technologies for efficient reconfiguration of robot workcells, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2020, 66, 101979
2. Jamšek, M., Petrič, T., in Babič, J., Gaussian mixture models for control of quasi-passive spinal exoskeletons, *Sensors*, 2020, 20, 9, 2705
3. Ciuha, U., Kounalakis, S. N., McDonnell, A., in Mekjavič, I. B., Seasonal variation of temperature regulation: do thermoregulatory responses spring forward and fall back?, *International Journal of Biometeorology*, 2020, 64, 7, 1221–1231
4. Pahič, R., Ridge, B., Gams, A., Morimoto, J., in Ude, A., Training of deep neural networks for the generation of dynamic movement primitives, *Neural Networks*, 2020, 127, 121–131
5. Petrič, T., Phase-synchronized learning of periodic compliant movement primitives (P-CMPs), *Frontiers in Neurobotics*, 2020, 14, 599889

6. Sotiridis, A., Ciuha, U., Debevec, T., in Mekjavič, I. B., Heat acclimation does not modify autonomic responses to core cooling and the skin thermal comfort zone, *Journal of Thermal Biology*, 2020, 91, 102602

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Uvodni sestanek projekta ReconCycle, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, 13.–14. 2. 2020
2. Sestanek ob zaključku projekta H2020 Spexor, 23.–24. 3. 2020 (virtualno)
3. Raziskovalna delavnica Human Movement Understanding for Intelligent Robots and Systems, <https://iros2020hmu.wixsite.com/website>, IROS 2020, Las Vegas, ZDA, 25. 10. 2020 (videokonferenca zaradi epidemije)
4. Sestanek projekta H2020 ReconCycle, 27. 11. 2020 (virtualno)

Nagrade in priznanja

1. Tim Podlogar: Gatorade Sports Science Institute Award, Köln, Germany, 25. kongres ECSS European College of Sport Science (virtualno), Effectiveness of combined galactose-glucose ingestion as compared to galactose or glucose only on post-exercise muscle glycogen repletion

MEDNARODNI PROJEKTI

1. Izdelava prsta in dveh rok manikina, ter merilne in programske opreme National Instruments
W. L. Gore & Associates GmbH
prof. dr. Igor Mekjavič
2. Palmer študija
W. L. Gore & Associates GmbH
prof. dr. Igor Mekjavič
3. Testiranje Rt in Re 5 kombiniranih vložkov za čevlje
Geox S.p.A.
prof. dr. Igor Mekjavič
4. COST CA16116 - 20786; Obtelesni roboti za izboljšanje, pomoč ali nadomestitev človekovih motoričnih funkcij
COST Office
prof. dr. Jan Babič
5. ESA - Vesoljska medicina v Sloveniji
ESA/ESTEC
prof. dr. Igor Mekjavič
6. COST CA16116 - 20786; Nadzorni odbor
COST Association AISBL
prof. dr. Jan Babič
7. COST CA16116 zimska šola 2020
COST Association AISBL
prof. dr. Jan Babič
8. H2020 - HEAT-SHIELD; TOPLOTNI ŠČIT; Vpliv vročinskih valov na delavce v industriji
European Commission
prof. dr. Igor Mekjavič
9. H2020 - An.Dy; Napredovanje predvidljivega sodelovanja med človekom in robotom
European Commission
prof. dr. Jan Babič
10. H2020 - CoLLaboratE: Celica za kolaborativno izvajanje nalog sestavljanja
European Commission
prof. dr. Bojan Nemeč
11. H2020 - TRINITY; Digitalne tehnologije, adaptivna robotika in intuitivni vmesniki za napredne proizvodne procese
European Commission
prof. dr. Aleš Ude
12. H2020 - QU4LITY; Digitalna resničnost v proizvodnji brez napak
European Commission
prof. dr. Aleš Ude
13. H2020 - COVR: EXOSAFE; Mehatrični model noge za merjenje interakcije med človekom in eksoskeletom
European Commission
prof. dr. Jan Babič
14. H2020 - ReconCycle; Samodejna rekonfiguracija robotske celice za predelavo elektronskih odpadkov
European Commission
prof. dr. Aleš Ude
15. Učenje posploševanja med nalogami pri prediktivnem vodenju na osnovi modela: dinamično obnašanje humanoidnih robotov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Andrej Gams

16. Interakcija regionalne toplotne in barorefleksne regulacije perifernega ožila
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Igor Mekjavič
17. Generacija in učenje cikličnih robotskih gibanj pri fizični interakciji med robotom in človekom
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Tadej Petrič

PROGRAM

1. Avtomatika, robotika in biokibernetika
prof. dr. Igor Mekjavič

PROJEKTI

1. Mehanizmi hipoksične (in)tolerance pri predčasno rojenih posameznikih
prof. dr. Tadej Debevec
2. X-ADAPT: Križna-adaptacija med vročino in hipoksijo - nova strategija izboljševanja športne in delovne sposobnosti v različnih okoljih
prof. dr. Tadej Debevec
3. Vpliv hiperkapnične vadbe na intrakranialni tlak in oko
prof. dr. Igor Mekjavič
4. Metode vodenja za varno fizično interakcijo med človekom in robotom
doc. dr. Tadej Petrič
5. Učenje z menjavo vlog pri fizičnem sodelovanju med človekom in robotom (SWITCH)
doc. dr. Tadej Petrič
6. Telesne asimetrije kot dejavnik 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
7. GOSTOP: Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti
doc. dr. Igor Kovač
8. SRIP ToP: Tovarne Prihodnosti
doc. dr. Igor Kovač
9. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Aleš Ude
10. Stimulatorji in deli
prof. dr. Aleš Ude
11. TRUExo - Izdelava ekoskeleta trupa za rehabilitacijo bolnikov z diseminiranim plazmaticom
prof. dr. Jan Babič
12. Testiranje rokavic
prof. dr. Igor Mekjavič
13. ALITO: Testiranje operacijskih mask
prof. dr. Igor Mekjavič

VEČJE NOVO POGODBENO DELO

1. LAMA: Razvoj koncepta novega stroja
Lama Avtomatizacija, d. o. o.
doc. dr. Igor Kovač

OBISKI

1. Riccardo Persichini, qrobotics srl, Pisa, Italija, 13.–14. 2. 2020
2. Minija Tamosiunaita Univerza v Göttingenu, Nemčija, 13.–14. 2. 2020
3. Florentin Wörgötter, Univerza v Göttingenu, Nemčija, 13.–14. 2. 2020
4. Saeed Abdolshah, Technische Universität München, Nemčija, 13.–14. 2. 2020
5. Erfan Shahriari, Technische Universität München, Nemčija, 13.–14. 2. 2020
6. Hanes Frolich, ElectroCycling GmbH, Nemčija, 13.–14. 2. 2020
7. Giorgio Grioli, Italian Institute of Technology (IIT), Italija, 13.–14. 2. 2020
8. Vinicio Tincani, Italian Institute of Technology (IIT), Italija, 13.–14. 2. 2020
9. Manuel Catalano, Italian Institute of Technology (IIT), Italija, 13.–14. 2. 2020
10. Lydia Tsoutsoubi, Univerza v Thessaloniki, Grčija, 11.–21. 9. 2020
11. Mantzios Konstantinos, Univerza v Thessaloniki, Grčija, 11.–21. 9. 2020
12. Zoe Panagiotaki, Univerza v Thessaloniki, Grčija, 11.–21. 9. 2020
13. Areti Kapnia, Univerza v Thessaloniki, Grčija, 11.–21. 9. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Rok Pahič: Nevronske mreže za preslikavo slik v gibanja in učenje v latentnem prostoru avtoenkoderja, 17. 1. 2020
2. dr. Adam McDonnell: Zgodovina mišične atrofije v Planici in bodoči plani planiške interesne skupine znanstvenikov, 24. 1. 2020
3. Tamara Valenčič: Vrednotenje hladilnih jopičev v klimatski komori s toplotnim manikonom, 24. 1. 2020
4. Jaka Jereb: Digitalni dvoječek proizvodnega podjetja, 31. 1. 2020
5. Gregor Klinc: SGU projekt, 31. 1. 2020
6. Daša Gorjan: Posturalna kontrola med inducirano stabilizacijo masnega središča pod različnimi senzoričnimi pogoji, 7. 2. 2020
7. Andrej Trošt: SPEXOR Projekt (nizkonivojska kontrola), 7. 2. 2020
8. doc. dr. Bojan Nemeč: Popravljanje in adaptacija obstoječih večin s kinestetičnim vodenjem in rekurzivno regresijo, 28. 2. 2020
9. prof. dr. Jan Babič: Enotni računski model človeške senzomotorične kontrole, 6. 3. 2020
10. Tjaša Kunavar: Hierarhični model človeškega motoričnega učenja, 6. 3. 2020
11. Miha Dežman: Uporaba pasivnih in mehansko variabilno podajnih elementov v obtelesnih robotskih mehanizmih, 22. 9. 2020
12. Miha Gliha: Predvidevanje indeksov toplotnih obremenitev v industrijskih objektih, 6. 11. 2020

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*
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*
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 Brecej
17. dr. Urša Ciuha
18. dr. Jernej Čamerlik
19. dr. Miha Deniša
20. dr. Miha Dežman
21. Leonidas Ioannou, PhD., Grčija
22. dr. Tim Podlogar
23. *dr. Barry Martin Ridge, odšel 15. 2. 2020*
24. Desy Salvadego, PhD., Italija

Mlajši raziskovalci

25. Jason Thomas Fisher, Msc., Anglija
26. Timotej Gašpar, Bolonjski študij II. stopnja
27. Marko Jamšek, mag. inž. str.
28. Jaka Jereb, mag. inž. str.
29. Tjaša Kunavar, M. Sc.
30. Zvezdan Lončarevič, mag. inf. kom. tehnol.
31. Matija Mavsar, mag. inž. el.
32. Luka Mišković, Msc

13. Zvezdan Lončarevič: Določevanje in optimiranje robotskega gibanja za vizualno kontrolo kvalitete, 6. 11. 2020
14. Rebeka Kropivšek Leskovar: Opredelitev vodja-sledilec dinamike med fizično kolaboracijo, 13. 11. 2020
15. Andrej Trošt: Načrtovanje prenosnega merilnega sistema pospeškov, 13. 11. 2020
16. dr. Leonidas Ioannou: Zdravje in produktivnost delavcev v kontekstu podnebnih sprememb, 20. 11. 2020
17. dr. Edwin Johnatan Avila Mireles: Motorično učenje in vodenje pri haptičnem sodelovanju v paru, 26. 11. 2020
18. doc. dr. Tadej Petrič: Učenje z menjavo vlog pri fizičnem sodelovanju med človekom in robotom (SWITCH), 4. 12. 2020
19. Timotej Gašpar: Tehnologije za hitro rekonfiguracijo prilagodljivih robotskih celic, 11. 12. 2020
20. dr. Tim Podlogar: Ketoni: Naslednja velika stvar v športni prehrani po ogljikovih hidratih?, 11. 12. 2020
21. doc. dr. Igor Kovač: EIT Manufacturing – uresničitev inovacij, 18. 12. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Jan Babič, Tjaša Kunavar, Workshop on Mechanism of Brain and Mind 2020, Rusutsu, Hokkaido, Japonska, 8.–10. 1. 2020 (2)
2. Jan Babič, Miha Dežman, Marko Jamšek, Tjaša Kunavar, Trošt Andrej, Winter School on Wearable Robots, Obertauern, Avstrija, 20.–24. 1. 2020 (1)
3. Urša Ciuha, Auxdefense 2020 – 2nd World conference on advanced materials for defense, Guimaraes, Portugalska, 6.–8. 7. 2020 (virtualno)
4. Urša Ciuha, Igor Mekjavič, virtual 8th Conference on the Physiology and Pharmacology of Temperature Regulation (vPPTR) 2020, North Vancouver, BC, Canada, 26.–29. 9. 2020 (1) (virtualno)
5. Rebeka Kropivšek Leskovar, Zvezdan Ločarevič, Matija Mavsar, Elektrotehniška in računalniška konferenca 2020 (ERK), Portorož, 21.–22. 9. 2020 (3)
6. Igor Kovač, Aleš Ude, Mednarodni strokovni sejem za avtomatizacijo in mehatroniko, Ljubljana, 11.–13. 2. 2020
7. Anton Ružič, Workshop on Artificial Intelligence Testing and Experimentation Facilities for Smart Manufacturing, Bruselj, Belgija, 16. 1. 2020
8. Aleš Ude, European Robotics Forum 2020 (ERF), Malaga, Španija, 3.–5. 3. 2020

33. Tinkara Mlinar, MSc Human and Applied Physiology, VB
34. Benjamin Jonathan Narang, Msc., Anglija
35. Rok Pahič, mag. inž. str.
36. Joshua Toby Royal, Msc., Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske
37. Mihael Simonič, Msc

Strokovni sodelavci

38. Tanja Dragojevič, dipl. soc. del.
39. Mitja Gliha, univ. dipl. inž. el.
40. *Daša Gorjan, dipl. kin. (UN), odšla 1. 10. 2020*
41. *Gregor Klinc, mag. inž. str., odšel 1. 3. 2020*
42. Rebeka Kropivšek Leskovar, dipl. inž. str. (VS)
43. Matevž Majcen Hrovat, mag. fiz.
44. Primož Radanovič, dipl. inž. str. (UN)
45. Simon Reberšek, univ. dipl. inž. el.
46. *Manca Stare*, dipl. m. s., odšla 1. 11. 2020*
47. Matej Štefanič, univ. dipl. inž. el.
48. Andrej Trošt, dipl. inž. el. (VS)
49. *Tamara Valenčič, dipl. kin. (UN), odšla 21. 9. 2020*
50. Bogomir Vrhovc, univ. dipl. inž. rač. in inf.

Tehniški in administrativni sodelavci

51. *Zeljka Kukec, univ. dipl. ekon., odšla 1. 4. 2020*
52. Petra Movh, univ. dipl. org.
53. *Danijela Zeljković Anžiček, mag. posl. ved, odšla 1. 11. 2020*

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, Lozana, Švica
16. European Space Agency (ESA), Noordwijk, Nizozemska
17. Fraunhofer IGD, Darmstadt, Nemčija
18. GEOX s.p.A., Trbiž, Italija
19. Gorenje gospodinjski 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-Deloza, 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. Unior kovaška industrija, d. d., Zreče
65. Università degli studi di Bologna, Italija
66. Università degli studi di Trieste, Italija
67. Università degli studi di Udine, Italija
68. Université Louis Pasteur, Laboratoire d'Imagerie et de Neurosciences Cognitives, Strasbourg, Francija
69. University of Birmingham, Birmingham, Velika Britanija
70. University of Bremen, Institute of Artificial Intelligence, Nemčija
71. University of Innsbruck, Avstrija
72. University of Nottingham, Velika Britanija
73. University of Portsmouth, The Human and Applied Physiology Laboratory, Anglija
74. University of Southern Denmark, Maersk McKinney Moller Institute, Odense, Danska
75. University of Texas at Austin, ZDA
76. University Pierre and Marie Curie, Pariz, Francija
77. Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju, Izola
78. Univerza v Beogradu, Elektrotehniška fakulteta, Beograd, Srbija
79. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
80. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana
81. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana
82. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana
83. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Ljubljana
84. Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Odsek za fizioterapijo
85. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor
86. Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor
87. Univerza v Trstu, Medicinska fakulteta, Italija
88. Univerza v Zagrebu, Hrvaška
89. Univerzitetni klinični center Ljubljana, Klinični inštitut za klinično nefrofiziologijo
90. Univerzitetni klinični center Ljubljana, Očesna klinika
91. Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ortopedska klinika
92. Versarum, d. o. o., Trebnje
93. Vrije Universiteit Brussel, Belgija
94. VU University Amsterdam, Nizozemska
95. W. L. Gore & Associates, München, Nemčija
96. Xsens Technologies, Nizozemska
97. Yaskawa Slovenija, d. o. o., Ribnica
98. Zavod Biomedicinska razvojna inovacijska skupina, Ljubljana

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Eric Rullman, Rodrigo Fernandez Gonzalo, Igor B. Mekjavič, Thomas Gustafsson, Ola Eiken, "MEF2 as upstream regulator of the transcriptome signature in human skeletal muscle during unloading", *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 2020, **315**, 4, r799-r809. [COBISS.SI-ID 17982723]
- Alex Ireland et al. (18 avtorjev), "Greater maintenance of bone mineral content in male than female athletes and in sprinting and jumping than endurance athletes: a longitudinal study of bone strength in elite masters athletes", *Archives of osteoporosis*, 2020, **15**, 1, 87. [COBISS.SI-ID 19505155]
- Jernej Čamernik, Sanja Kezić, Jan Babič, "Vplivi izpostavljenosti navidezni višini na psihofizične parametre človeka", *Elektrotehniški vestnik*, 2020, **87**, 5, 267-274. [COBISS.SI-ID 41502723]
- Saskla Baltrusch, J. H. van Dieën, A. S. Koopman, M. B. Nāf, Carlos D. Rodríguez Guerrero, Jan Babič, Han Houdijk, "SPEXOR passive spinal exoskeleton decreases metabolic cost during symmetric repetitive lifting", *European journal of applied physiology*, 2020, **12**, 2, 401-412. [COBISS.SI-ID 32966183]
- Tadej Debevec, Vincent Pialoux, Mathias Poussel, Sarah Willis, Agnès Martin, Damjan Osredkar, Grégoire P. Millet, "Cardio-respiratory, oxidative stress and acute mountain sickness responses to normobaric and hypobaric hypoxia in prematurely born adults", *European journal of applied physiology*, 2020, **120**, 6, 1341-1355. [COBISS.SI-ID 33295399]
- Igor B. Mekjavič, Winfried Amoaku, Tinkara Mlinar, Polona Jaki Mekjavič, "Hypercapnia augments resistive exercise-induced elevations in intraocular pressure in older individuals", *Experimental physiology*, 2020, **105**, 4, 641-651. [COBISS.SI-ID 33184551]
- Tadej Petrič, "Phase-synchronized learning of periodic compliant movement primitives (P-CMPs)", *Frontiers in neurobotics*, 2020, **14**, 599889. [COBISS.SI-ID 36944899]
- Robert Šket, Leon Deutsch, Zala Prevoršek, Igor B. Mekjavič, Janez Plavec, Joern Rittweger, Tadej Debevec, Ola Eiken, Blaž Stres, "Systems view of deconditioning during spaceflight simulation in the PlanHab project: the departure of urine ¹H-NMR metabolomes from healthy state in young males subjected to bedrest inactivity", *Frontiers in physiology*, 2020, **11**, 532271. [COBISS.SI-ID 41417219]
- Martin Zorko, Bojan Nemeč, Zlatko Matjačić, Andrej Olenšek, Katja Tomažin, Matej Supej, "Wide skis as a potential knee injury risk factor in alpine skiing", *Frontiers in sports and active living*, 2020, **2**, 7. [COBISS.SI-ID 2774633]
- Barkan Ugurlu, Hironori Oshima, Emre Sariyildiz, Tatsuo Narikiyo, Jan Babič, "Active compliance control reduces upper body effort in exoskeleton-supported walking", *IEEE transactions on human-machine systems*, 2020, **50**, 2, 144-153. [COBISS.SI-ID 33059367]
- Pauline Maurice, Jernej Čamernik, Daša Gorjan, Benjamin Schirmeister, Jonas Bornmann, Luca Tagliapietra, Claudia Latella, Daniele Pucci, Lars Fritzsche, Serena Ivaldi, Jan Babič, "Objective and subjective effects of a passive exoskeleton on overhead work", *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 2020, **28**, 1, 152-164. [COBISS.SI-ID 32742951]
- Urša Ciuha, Stylianos N. Kounalakis, Adam McDonnell, Igor B. Mekjavič, "Seasonal variation of temperature regulation: do thermoregulatory responses "spring" forward and "fall" back?", *International journal of biometeorology*, 2020, **64**, 7, 1221-1231. [COBISS.SI-ID 13572355]
- Jernej Sever, Jan Babič, Žiga Kozinc, Nejc Šarabon, "Postural responses to sudden horizontal perturbations in thai chi practitioners", *International journal of environmental research and public health*, 2020, **18**, št. 5, 2692. [COBISS.SI-ID 54155011]
- Axel S. Koopman, Matthias Nāf, Saskla Baltrusch, Idsart Kingma, Carlos D. Rodríguez Guerrero, Jan Babič, Michael P. de Losse, Jaap H. van Dieën, "Biomechanical evaluation of a new passive back support exoskeleton", *Journal of biomechanics*, 2020, **105**, 109795. [COBISS.SI-ID 13059331]
- Grégoire P. Millet, Tadej Debevec, "CrossTalk proposal: barometric pressure, independent of P_{O₂}, is the forgotten parameter in altitude physiology and mountain medicine", *The journal of physiology*, 2020, **598**, 5, 893-896. [COBISS.SI-ID 33216807]
- Gemma Lancaster, Tadej Debevec, Grégoire P. Millet, Mathias Poussel, Sarah Willis, Minca Mramor, Katja Goričar, Damjan Osredkar, Vita Dolžan, Aneta Stefanovska, "Relationship between cardiorespiratory phase coherence during hypoxia and genetic polymorphism in humans", *The journal of physiology*, 2020, **589**, 10, 2001-2019. [COBISS.SI-ID 5647537]
- Alexandros Sotiridis, Urša Ciuha, Tadej Debevec, Igor B. Mekjavič, "Heat acclimation does not modify autonomic responses to core cooling and the skin thermal comfort zone", *Journal of Thermal Biology*, 2020, **91**, 102602. [COBISS.SI-ID 16209411]
- Rok Pahič, Barry Ridge, Andrej Gams, Jun Morimoto, Aleš Ude, "Training of deep neural networks for the generation of dynamic movement primitives", *Neural networks*, 2020, **127**, 121-131. [COBISS.SI-ID 33309991]
- Alexandros Sotiridis, Tadej Debevec, Urša Ciuha, Adam McDonnell, Tinkara Mlinar, Joshua T. Royal, Igor B. Mekjavič, "Aerobic but not thermoregulatory gains following a 10-day moderate-intensity training protocol are fitness level dependent: a cross-adaptation perspective", *Physiological reports*, 2020, **8**, 3, e14355. [COBISS.SI-ID 33190695]
- Adam McDonnell, Ola Eiken, Igor B. Mekjavič, Nik Žlak, Matej Drobnič, "The influence of a sustained 10-day hypoxic bed rest on cartilage biomarkers and subchondral bone in females: the FemHab lab", *Physiological reports*, 2020, **8**, 8, e14413. [COBISS.SI-ID 13566467]
- Grégoire P. Millet, Tadej Debevec, Franck Brocherie, Martin Burtscher, Johannes Burtscher, "Altitude and COVID-19: friend or foe?: a narrative review", *Physiological reports*, 2020, **8**, 24, e14615. [COBISS.SI-ID 43643651]
- Agnès Martin, Gregorio A. Millett, Damjan Osredkar, Minca Mramor, Camille Faes, Etienne Gouraud, Tadej Debevec, Vincent Pialoux, "Effect of pre-term birth on oxidative stress responses to normoxic and hypoxic exercise", *Redox biology*, 2020, **32**, 101497. [COBISS.SI-ID 33259303]
- Timotej Gašpar, Miha Deniša, Primož Radanovič, Barry Ridge, Thusius Rajeeth Savarimuthu, Aljaž Kramberger, Marc Priggemeyer, Jürgen Rossmann, Florentin Wörgötter, Tatyana Ivanovska, Shahab Parizi, Žiga Gosar, Igor Kovač, Aleš Ude, "Smart hardware integration with advanced robot programming technologies for efficient reconfiguration of robot workcells", *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 2020, **66**, 101979. [COBISS.SI-ID 16030979]
- Marko Jamšek, Tadej Petrič, Jan Babič, "Gaussian mixture models for control of quasi-passive spinal exoskeletons", *Sensors*, 2020, **20**, 9, 2705. [COBISS.SI-ID 15067139]

KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVKI

- Alexandros Sotiridis, Tadej Debevec, Nickos D. Geladas, Igor B. Mekjavič, "Are five 60-min sessions of isothermic heat acclimation sufficient to elicit beneficial physiological adaptations?", *European journal of applied physiology*, 2020, **120**, 9, 2001-2002. [COBISS.SI-ID 24329731]
- Grégoire P. Millet, Tadej Debevec, "Re: "The effect of an expiratory resistance mask with dead space on sleep, acute mountain sickness, cognition, and ventilatory acclimatization in normobaric hypoxia", by Patrician et al. and "Global REACH 2018: The effect of an expiratory resistance mask with dead space on sleep and acute mountain sickness during acute exposure to hypobaric hypoxia" by Carr et al.", *High altitude medicine & biology*, 2020, **21**, 4, 2 434-435. [COBISS.SI-ID 22336003]
- Polona Jaki Mekjavič, Winfried Amoaku, Tinkara Mlinar, Igor B. Mekjavič, "The aetiology of spaceflight-associated neuro-ocular syndrome might be explained by a neural mechanism regulating intraocular pressure", *The journal of physiology*, 2020, **598**, 8, 1431-1432. [COBISS.SI-ID 33296679]
- Igor B. Mekjavič, "May the (G₂) force be with you: Gravity and human space exploration", *Physiology news*, 2020, **117**, 30-34. [COBISS.SI-ID 19526403]
- Tadej Debevec, Johannes Burtscher, Grégoire P. Millet, "Preterm birth: potential risk factor for greater COVID-19 severity?", *Respiratory physiology & neurobiology*, 2020, **280**, 103484. [COBISS.SI-ID 21588483]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Nils Rottmann, Tjaša Kunavar, Jan Babič, Jan Peters, Elmar Rueckert, "Learning hierarchical acquisition functions for Bayesian optimization", V: *2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), October, 25-29, 2020, Las Vegas, NV, USA*, Proceedings, IEEE, 2020, 5490-5496. [COBISS.SI-ID 41788163]
2. Leon Žlajpah, Tadej Petrič, "Generation of smooth cartesian paths using radial basis functions", V: *RAAD 2020, 29th International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region*, Advances in Service and Industrial Robotics (Mechanisms and Machine Science **84**), Springer, 2020, 171-180. [COBISS.SI-ID 20338179]
3. Tadej Petrič, Leon Žlajpah, "Combining virtual and physical guides for autonomous in-contact path adaptation", V: *RAAD 2020, 29th International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region*, Proceedings, Advances in Service and Industrial Robotics (Mechanisms and Machine Science **84**), Springer, 2020, 181-189. [COBISS.SI-ID 20338947]
4. Rebeka Kropivšek Leskovar, Jernej Čamernik, Tadej Petrič, "Dyadic human-human interactions in reaching tasks: Fitts' law for two", V: *RAAD 2020, 29th International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region*, Proceedings, Advances in Service and Industrial Robotics (Mechanisms and Machine Science **84**), Springer, 2020, 199-207. [COBISS.SI-ID 20340483]
5. Branko Lukič, Kosta Jovanović, Nikola Knežević, Leon Žlajpah, Tadej Petrič, "Maximizing the end-effector cartesian stiffness range for kinematic redundant robot with compliance", V: *RAAD 2020, 29th International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region*, Proceedings, Advances in Service and Industrial Robotics (Mechanisms and Machine Science **84**), Springer, 2020, 208-217. [COBISS.SI-ID 20342531]
6. Zvezdan Lončarevič, Rok Pahič, Mihael Simonič, Aleš Ude, Andrej Gams, "Generalization based database acquisition for robot learning in reduced space", V: *RAAD 2020, 29th International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region*, Proceedings, Advances in Service and Industrial Robotics (Mechanisms and Machine Science **84**), Springer, 2020, 496-504. [COBISS.SI-ID 21065731]
7. Bojan Nemeč, Mihael Simonič, Aleš Ude, "Learning of exception strategies in assembly tasks", V: *ICRA 2020, International Conference on Robotics and Automation, May 31-1 August, 2020*, Proceedings, IEEE, 2020, 6521-6527. [COBISS.SI-ID 24704771]
8. Carolina Petrič, Jernej Čamernik, Gregor Geršak, Jan Babič, "Vpliv posturalnih perturbacij na stresni odziv pri človeku", V: *Kognitivna znanost, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek B, Institut "Jožef Stefan", 2020, 49-52. [COBISS.SI-ID 35580931]
9. Aljaž Kramberger, Iñigo Iturrate, Miha Deniša, Simon Mathiesen, Christoffer Sloth, "Adapting learning by demonstration for robot based

part feeding application", V: *12th IEEE/SICE International Symposium on System Integration, Honolulu, Hawaii, USA, January 12-15, 2020*, Proceedings, IEEE, 2020, 954-959. [COBISS.SI-ID 29550083]

10. Matija Mavsar, "Optimizing robot motion synthesis from digital images using neural networks", V: *ERK 2020, Devetindvajseta mednarodna elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 21.-22. september 2020*, Zbornik, Slovenska sekcija IEEE, 2020, 152-155. [COBISS.SI-ID 30560003]
11. Zvezdan Lončarevič, Rok Pahič, Andrej Gams, "Learning of the velocity profile for quality inspection motion using PoWER", V: *ERK 2020, Devetindvajseta mednarodna elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 21.-22. september 2020*, Zbornik, Slovenska sekcija IEEE, 2020, 156-159. [COBISS.SI-ID 29357315]
12. Rebeka Kropivšek Leskovar, Tadej Petrič, "Turingov test zaznave gibalne sposobnosti pri fizičnem sodelovanju med človekom in inteligentnim robotskim agentom", V: *ERK 2020, Devetindvajseta mednarodna elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 21.-22. september 2020*, Zbornik, Slovenska sekcija IEEE, 2020, 160-163. [COBISS.SI-ID 29807875]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGLAVJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Tatsuya Teramae, Koji Ishihara, Jan Babič, Jun Morimoto, Erhan Oztop, "Human-in-the-loop control and task learning for pneumatically actuated muscle based robots", V: *Human-in-the-loop robot control and learning*, (Frontiers research topics), Frontiers Media, 2020, 209-217. [COBISS.SI-ID 33115687]

DRUGO UČNO GRADIVO

1. Mihael Simonič, Rok Pahič, Jan Babič, *Vodenje humanoidnega robota: vaje pri predmetu Osnove robotike 2020/21*, Institut "Jožef Stefan", 2020. [COBISS.SI-ID 34091523]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Jernej Čamernik, *Nadzor človekove drže pri odzivu na zunanje motnje: biomehanika razširjene opore*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Jan Babič). [COBISS.SI-ID 33311271]
2. Miha Dežman, *Uporaba pasivnih in mehansko variabilno podajnih elementov v obtelesnih robotskih mehanizmih*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Andrej Gams). [COBISS.SI-ID 33698563]
3. Timotej Gašpar, *Tehnologije za hitro rekonfiguracijo prilagodljivih robotskih celic*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Aleš Ude). [COBISS.SI-ID 54230787]

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 2020 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 dejavnosti nanašal na problematiko modeliranja (kompleksnih) dinamičnih sistemov. V tem kontekstu so raziskave potekale na področju modeliranja hibridnih modelov z uporabo Gaussovih procesov in modeliranja s podatkovnimi metodami. Metode so bile uporabljene za modeliranje vlažnosti atmosfere in komunalnih čistilnih naprav ter v medicini. Sodelovali smo tudi pri razvoju avtomatskega odkrivanja modelskih struktur.

Nadaljevali smo delo na razvoju metod prediktivnega vodenja na podlagi hitre sprotne optimizacije. Algoritem primarne hitre gradientne metode, ki ga uporabljamo v zahtevni multivariabilni regulacijski shemi za stabilizacijo nestabilnih stanj, povezanih z upornostjo stene za fuzijski tokamak reaktor ITER, smo implementirali s pristopom visokonivojske sinteze za programiranje FPGA-vezij z aritmetiko fiksne vejice. Doseženi računski čas 0,011 ms je za razred velikosti krajši od prej doseženega z običajnim procesorjem.

Na področju pametnih tovarn smo se ukvarjali s tremi področji: (i) upravljanje kakovosti izdelkov, (ii) razvoj algoritmov za spremljanje in vrednotenje akcij operaterjev ter (iii) razvoj algoritmov za zaznavanje dogodkov iz zveznih procesnih meritev. V okviru prvih dveh področij je bil za SIJ ACRONI razvit pristop, kjer na podlagi preteklih operaterskih korekcijskih akcij sklepamo, kdaj in kako prilagoditi recept za doseganje boljše kakovosti produkta (slika 1). Analize zaznavanja dogodkov pa so bile izvedene kot študija razvoja sistema za neinvazivni monitoring in diagnostiko repetitivnih proizvodnih procesov.

V zaključni fazi projekta s CEA, Grenoble, Francija, je bil leta 2020 validiran dvodimenzionalni (2-D) mikrostrukturni model SOFC, ki upošteva degradacijo izhodne napetosti celice zaradi aglomeracije niklja (Ni) pri visoki temperaturi delovanja. Na podlagi meritev (1.000 ur) smo določili parametre modela in napovedali potek izhodne napetosti v daljšem časovnem obdobju (10.000 ur) (slika 2). S tem lahko ocenimo življenjsko dobo SOFC in stroške na proizvedeno kWh energije.

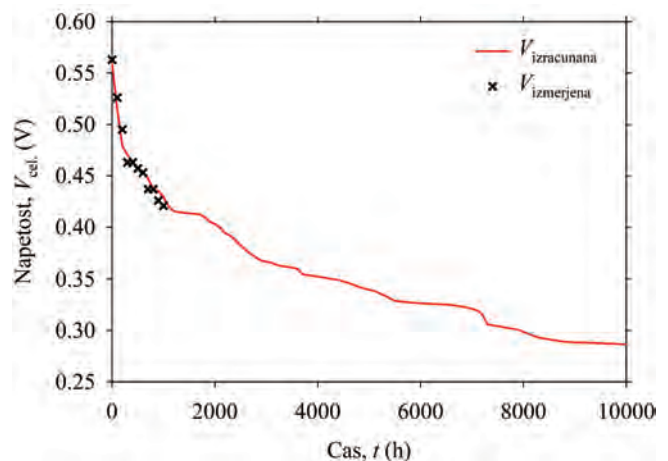
Na področju gradniki, orodja in znanja za implementacijo smo v letu 2020 uspešno končali delo na večletnem programu GOSTOP – Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti. Delo je potekalo v sklopu vodenja programa, na področju priprave knjižice s predstavitvijo glavnih dosežkov programa ob njegovem zaključku in v sklopu projektov RR, pri katerih smo sodelovali na več področjih RR-vsebin. Na področju realizacije prototipov izdelkov za pametne tovarne prihodnosti smo sodelovali pri nadaljevanju razvoja, modifikacijah in laboratorijskem preizkušanju modulov za zagotavljanje 100-% kakovosti serije končnih izdelkov na primeru večjega števila linij za proizvodnjo različnih tipov elektromotorjev. Na področju razvoja platforme za podporo odločanju in za inteligentni management orodij smo sodelovali pri opredelitvi zahtev za razvoj več tehnologij in modulov ter pri testiranju razvitih programskih orodij.



Vodja:
doc. dr. Gregor Dolanc



Slika 1: Komandni pult v podjetju Acroni, d. o. o. (foto: Arhiv SIJ Acroni).



Slika 2: Izračunana izhodna napetost ($V_{izracunana}$) trdno oksidne gorivne celice (SOFC) pri nastavljenih parametrih modela na podlagi izmerjene napetosti ($V_{izmerjena}$) pri tokovni gostoti $0,45 \text{ A cm}^{-2}$

Sodelavec Odseka za sisteme in vodenje dr. Janko Petrovčič je prejel Puhovo nagrado za vrhunske dosežke za razvoj inovativnih elektronskih sistemov za leto 2020.

Pripravili smo tudi dokumentacijo za tehnično izboljšavo, ki formalizira postopek za samodejno identifikacijo delovnega toka proizvodnje iz dnevnika dogodkov. Na področju izdelave eksperimentalnega koncepta inteligentnega pogona smo izvajali različne eksperimente z namenom ugotavljanja možnosti zaznavanja napak na pogonu iz signala vibracij.

Uporabne raziskave na prioritarnih problemskih področjih so bile

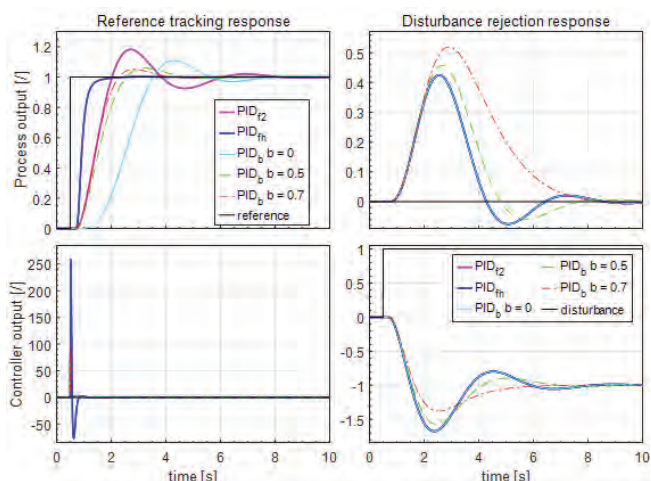
tretje področje naše dejavnosti v preteklem letu. Za projekt Agencije za raziskave Republike Slovenije **Modeliranje dinamike kratkoročne izpostavljenosti radiološkemu sevanju** je večina dejavnosti potekala na področju priprave podatkov in raziskav metod modeliranja na podlagi Gaussovih procesov za identifikacijo modelov, uporabnih za napovedovanje kratkoročne izpostavljenosti radiološkemu sevanju. Pridobili smo meritve atmosferskih spremenljivk, izračune hipotetičnega radiološkega sevanja in naredili izbor za projekt uporabnih metod za identifikacijo.

V letu 2020 smo nadaljevali izvajanje ARRS aplikativnega projekta **Optimizacijsko vodenje pretvornika energije v vodik v povezavi s hidroelektrarno**. Od partnerja HESS, d. o. o., smo pridobili, prečistili in označili podatke za hidroelektrarno Brežice. Nato je bil zasnovan koncept modela elektrarne v sinergiji s sistemom za pretvorbo električne energije v vodik in drugimi trajnostnimi viri. Ta obsega modele fizičnih komponent, kot so generator, akumulacija, elektrolizer, hranilnik vodika, sončne celice, gorivna celica, modeli profilov trenutnih podatkov (el. energija, pretoki, osončenje), modeli napovedi fizičnih (vreme, elektrika, vodik) in ekonomskih (cene el. energije, cene vodika, CAPEX, OPEX, etc.) parametrov. Na podlagi modelov iz literature ter pridobljenih podatkov so bili zgrajeni in uglašeni modeli omenjenih podkomponent ter združeni v celoto v delujoč simulacijski model. Ta

omogoča razvoj in izvedbo optimizacijskega vodenja.

Integrirni procesi se pojavljajo v različnih vejah industrije. Zaradi nestabilnosti odprte zanke je zahtevno tudi zaprtozančno vodenje integrirnih procesov. V raziskavi **Parametrična in neparametrična metoda na osnovi Amplitudnega Optimuma za nastavljanje parametrov PI/PID regulatorjev za integrirne procese** smo razvili metodo nastavljanja parametrov PI/PID regulatorjev za integrirne procese na podlagi amplitudnega optimuma. Razvita metoda s pomočjo dodatnega parametra omogoča uporabniku optimizacijo regulacijskega ali sledilnega delovanja regulatorja, z uporabo dodatnega referenčnega filtra pa tudi hkratno optimizacijo obeh zaprtozančnih odzivov (slika 3).

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 2020 smo dokončali vse predvidene dejavnosti druge faze izvajanja in pripravili akcijski načrt za tretjo fazo.



Slika 3: Primerjava zaprtozančnih odzivov PID-regulatorjev z dvema prostostnima stopnjama. Parametri regulatorjev so bili izračunani z razvito metodo.



Slika 4: Sistem IAPUNIT med preizkušanjem

Mednarodni razvojno-raziskovalni projekti

V sodelovanju s Tehnično univerzo v Gradcu smo nadaljevali eksperimentalno raziskavo spremljanja zdravstvenega stanja trdno oksidnih gorivnih celic s študijo med razmerjem procesnih parametrov in zmogljivostjo celic ter razvoj strategij za varno in stabilno delovanje. Napredki so bili doseženi pri karakterizaciji stanja celic s hitrim elektrokemičnim impedančnim spektrom, pri identifikaciji parametrov modela ekvivalentnih elementov električnega vezja iz izmerjenih napetosti in tokov v časovni domeni in iz spremembe zdravstvenega stanja celic na podlagi sprememb v spektru.

IAPUNIT je mednarodni projekt, ki ga delno financira ministrstvo za obrambo v koordinaciji z Evropsko obrambno agencijo (EDA). Projekt spada na področje vodikovih tehnologij, cilj pa je preskrba vojaških vozil z elektriko, pridobljeno s pomočjo gorivnih celic iz vojaškega dizelskega goriva s potencialno visoko vsebnostjo žvepla. Odsek za sisteme in vodenje v sodelovanju s Kemijskim inštitutom načrtuje in razvija procesor goriva (refomer), ki bo pretvarjal vojaško dizelsko gorivo v vodik z rangom čistoče, ustreznim za visoko temperaturne gorivne celice (HT-PEM). V letu 2020 je bil sistem dokončan in uspešno preizkušen (slika 4). Z Evropsko

obrambno agencijo potekajo intenzivna usklajevanja za nadaljevanje razvoja do faze TRL 6.

V letu 2020 se je na Odseku nadaljevalo delo pri projektu **INEVITABLE – Optimization and performance improving in metal industry by digital technologies**, ki ga sofinancira EU v okviru programa Obzorje 2020. Kot koordinatorji projekta smo imeli v času krize covid-19 nekoliko več dela, saj določenih dejavnosti zaradi zaprtja proizvodnih obratov in laboratorija partnerjev pri projektu ni bilo mogoče izvajati. Da bomo lahko vseeno izvedli vse načrtovane dejavnosti, smo na EC sprožili postopke za polletno podaljšanje projekta. Na odseku smo poleg vodenja koordinacijskih in diseminacijskih dejavnosti pristojni tudi za izvedbo raziskovalnih nalog, katerih glavni cilj je digitalizacija procesa hladnega valjanja pločevine v podjetju SIJ Acroni. V okviru raziskovalnih dejavnosti na IJS razvijamo nadzorni sistem stroja za hladno valjanje, s katerim bomo spremljali delovanje procesa in diagnosticirali proizvodno opremo. Med dejavnostmi v letu 2020 smo se spoznali s procesom in razpoložljivimi podatki, sodelovali pri modernizaciji in digitalni posodobitvi procesa ter postavili okvirni fizikalni model stroja. Poleg tega smo skupaj s projektnim partnerjem Siemens pripravili tehnično validacijo IoT in oblačne rešitve, ki bo v okviru projekta vpeljana v proizvodni proces SIJ Acroni.

Leta 2020 smo začeli izvajati dela na novem raziskovalnem projektu **HECAT – Disruptive Technologies Supporting Labour Market Decision Making**, ki je financiran znotraj programa Obzorje 2020 na področju Societal Challenge 6 (SC6). HECAT je raziskovalni konzorcij, ki je skrbno združen za razvoj etičnih algoritmov za pomoč javnim zavodom za zaposlovanje (PES) in brezposelnim pri sprejemanju informiranih, preglednih in celostnih odločitev. Cilj raziskave je uporabiti sociološki in antropološki vpogled v brezposelnost in trg dela za vodenje tehničnih razvijalcev zalednih algoritmov in vmesnika uporabniškega vmesnika s ciljem ustvarjanja etične in enake platforme. Raziskavo koordinira Waterford Institute of Technology, podpirajo pa jo partnerji po Evropi: Zavod RS za zaposlovanje, Univerza v Ljubljani, Poslovna šola v Københavnu, Platform Networking for Jobs, Univerza Roskilde, Science Po, Institut "Jožef Stefan" in Tecnalia.

Drugi v letu 2020 novopridobljeni projekt v okviru programa Horizon 2020 je projekt **RUBY - Robust and reliable general management tool for performance and dUraBility improvement**. Projekt RUBY je usmerjen k razvoju in izdelavi orodja za spremljanje, diagnostiko, prognostiko in vodenje trdno oksidnih gorivnih celic in gorivnih celic s protonsko membrano. Ekipa v IJS je prispevala k novim rezultatom, ki so med prvimi na tem področju in se nanašajo na ocenjevanje parametrov modela gorivnih celic skupaj z njihovimi negotovostmi pri ocenjevanju. Tako lahko konsistentno zajamemo naključni šum v procesih in motnje, kar vodi do robustne in zanesljive diagnostike celic.

Aplikativni projekti

Izvedljivostna študija za HESS, d. o. o., je bila izvedena kot del projekta ARRS z naslovom **Optimizacijsko vodenje pretvornika energije v vodik v povezavi s hidroelektrarno**, kjer obravnavamo problematiko optimalnega vodenja posebnega primera sistema za pretvorbo električne energije v plin P2G (angl. Power to Gas System), povezanega s hidroelektrarno. V študiji smo obravnavali finančne tokove in navedli, v katerih primerih in kako se hidroelektrarni finančno izplača proizvajati zeleni vodik. Predlagali smo tudi trofazno izgradnjo sistema P2G ter opredelili njegove finančne učinke in dobo odplačevanja investicije.

V prejšnjem letu razvita diagnostična sistema za končno kontrolo pogonov za električna kolesa (Pedelec) za podjetje Domel sta bila v letu 2020 nadgrajena (slika 5) za testiranje več različnih tipov pogonov ter avtomatsko zaznavanje tipa in prilagajanje testne procedure. Ob nadgradnji so bili izboljšani kalibracijski postopki ter dograjene dodatne funkcije za preverjanje še več karakteristik in parametrov. Uglášeni so bili pasovni filtri za zaznavanje napak pri balansiranju rotorja in na ležajih motorske gredi. Za prihodnje ugláševanje značilik za zaznavanje napak na zobnikih smo beležili in shranjevali signale vibracij v več delovnih točkah. Dodatno je bil v sistem prototipno vgrajen tudi algoritem za beleženje procesnih signalov za potrebe razvoja inteligentnega nadzornega sistema proizvodnje.

Sodelavec Odseka za sisteme in vodenje doc. dr. Damir Vrančič je med prejemniki priznanja za najboljše inovacije GZS Zbornice osrednjeslovenske regije za leto 2020, in sicer za inovacijo tlačnih regulatorjev in ventilov s pametnim pogonom za področje daljinske energetike.

Sodelavec Odseka za sisteme in vodenje Tadej Krivec je prejemnik nagrade Tehnološke mreže Tehnologija vodenja procesov za najboljše magistrsko delo v letu 2020 z naslovom Obdelava kompleksnih dogodkov pri spremljanju proizvodnega procesa.



Slika 5: Diagnostični sistem za končno kontrolo pogonskega sklopa za električno kolo

V letu 2020 je bil uspešno zaključen večletni program GOSTOP – Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti, kjer je bil Odsek za sisteme in vodenje nosilec programskega stebra Tehnologije vodenja in je sodeloval tudi pri koordinaciji celotnega programa.

V projektu KET4CP Micro Grant smo za proizvajalca malih čistilnih naprav določili in z modelom preverili dimenzije reaktorja pri nadgradnji z MBBR-tehnologijo (angl. moving bed biofilm reactor), ki temelji na plastičnih nosilcih s pritrjeno biomaso. Novost je uporaba nosilcev, kjer del plastične mase nadomešča okolju prijazen nanocelulozni material. Za novo vrsto nosilcev smo prilagodili parametre MBBR matematičnega modela ter preverili obratovanje naprave pri različnih temperaturah odpadne vode, površini nosilcev, deležu nosilcev v bazenih, različnih

konfiguracijah bazenov ter dolgoročnem dinamičnem obratovanju s spremenljivo tedensko in letno vhodno obremenitvijo čistilne naprave.

Ob koncu leta 2020 smo s podjetjem Domel, d. o. o., sklenili dogovor o razvoju nove diagnostične naprave za končno kontrolo novih tipov elektronsko komutiranih električnih motorjev. V primerjavi s številnimi napravami, ki smo jih za podjetje Domel razvili do zdaj, bo nova naprava mnogo bolj fleksibilna in bo omogočala diagnostiko kar štirih mehansko različnih tipov motorjev (712, 720, 758, 759). Prilagoditev naprave na določen tip bo popolnoma avtomatsko podprta v skladu z načeli Industrije 4.0 in tovarn prihodnosti.

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 Jožefa Stefana v Ljubljani.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Nerat, Marko, A reduced-complexity model of the solid oxide fuel cell performance degradation due to the nickel agglomeration in the anode, *Journal of power sources*, 2020, 466, 228309-1-228309-12
2. Subotič, Vanja, Königshofer, Benjamin, Juričič, Đani, Kusnezoff, Mihails, Schröttner, Hartmuth, Hochenauer, Christoph, Boškosi, Pavle, Detailed insight into processes of reversible solid oxide cells and stacks using DRT analysis, *Energy conversion and management*, 2020, 226, 113509-1-113509-15
3. Hvala, Nadja, Kocijan, Juš, Design of a hybrid mechanistic/Gaussian process model to predict full-scale wastewater treatment plant effluent, *Computers & chemical engineering*, 2020, 140, 106934-1-106934-12
4. Gerkišič, Samo, Pregelj, Boštjan, Ariola, Marco, Model predictive control of resistive wall mode for ITER, *Fusion engineering and design*, 2020, 160, 111877-1-111877-17
5. Jovan, David Jure, Dolanc, Gregor, Can green hydrogen production be economically viable under current market conditions, *Energies*, 2020, 13, 24, 6599-1-6599-17

Nagrade in priznanja

1. Tadej Krivec: nagrada Tehnološke mreže Tehnologija vodenja procesov za najboljšo magistrsko delo z naslovom Obdelava kompleksnih dogodkov pri spremljanju proizvodnega procesa, Ljubljana, Slovenija
2. Janko Petrovič: prejemnik državne Puhove nagrade za vrhunske dosežke za razvoj inovativnih elektronskih sistemov, Ljubljana, Slovenija
3. Damir Vrančič: srebrno priznanje za najboljšo inovacijo GZS Zbornice osrednjeslovenske regije za leto 2020. Srebrno priznanje je prejelo podjetje Danfoss Trata, d. o. o., za Virtus iSET/iNET inovacijo tlačnih regulatorjev in ventilov s pametnim pogonom za področje daljinske energetike. Član nagrajene skupine je bil tudi sodelavec odseka, Ljubljana, Slovenija

MEDNARODNI PROJEKTI

1. KET4CleanProduction Bor-plastika: Vpeljava MBBR tehnologije Bor-plastika, d. o. o. dr. Nadja Hvala
2. IAPUNIT - Razvoj inovativnega pomožnega vira električne energije za vojaške namene, izvedena na osnovi visoko-temperaturnih PEM gorivnih celic in tehnologije reforminga vojaških logističnih goriv The European Defence Agency (EDA) doc. dr. Gregor Dolanc

3. 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
4. H2020 - HECAT; Uporaba prebojnih tehnologij za podporo pri upravljanju s trgov deli European Commission doc. dr. Pavle Boškosi
5. H2020 - INEVITABLE; Optimizacija in izboljšanje procesov v jeklarski industriji z uporabo digitalnih tehnologij European Commission dr. Dejan Gradišar

- TRACE - Filogenetska rekonstrukcija z uporabo Gaussovih procesov
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Juš Kocijan

PROGRAM

- Sistemi in vodenje
prof. dr. Dani Juričič

PROJEKTI

- Spremljanje degradacije visoko-temperaturnih elektrolizerjev z namenom povečanja življenjske dobe
prof. dr. Dani Juričič
- Spremljanje degradacije in optimizacija delovanja trdo-oksidnih elektrolizerjev
prof. dr. Dani Juričič
- STRAP - Izvor, transport in ponor obstojnih zračnih onesneževal v okolju Slovenije
prof. dr. Juš Kocijan
- Metoda za lokalno napovedovanje radiološkega onesnaženja atmosfere z uporabo modelov na podlagi Gaussovih procesov
prof. dr. Juš Kocijan

- Optimizacijsko vodenje pretvornika energije v vodik v povezavi s hidro elektrarno
doc. dr. Gregor Dolanc
- Stabilnost jedrskih reaktorjev pri obratovanju v načinu sledenja bremenu
dr. Boštjan Pregelj
- Modeliranje dinamike kratkoročne izpostavljenosti radiološkemu sevanju
prof. dr. Juš Kocijan
- Circular 4.0: Digitalne tehnologije, kot omogočitelj spodbujanja prehoda h krožnemu gospodarstvu s strani MSP na območju Alp
dr. Miha Glavan
- GOSTOP: Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti
dr. Vladimir Jovan
- Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
doc. dr. Gregor Dolanc

VEČJE NOVO POGODBENO DELO

- L2-2615 Sofinanciranje L-projekta: Modeliranje dinamike kratkoročne izpostavljenosti radiološkemu sevanju
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
prof. dr. Juš Kocijan

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- dr. Samo Gerkišič: Hitra FPGA izvedba RWM regulacije za ITER, 16. 11. 2020
- dr. Dejan Gradišar, dr. Miha Glavan: INEVITABLE – Monitoring in optimizacija procesa hladnega valjanje pločevine v SIJ Acroni, 7. 12. 2020
- David Jure Jovan, mag. inf. in kom. tehnol.: Ocena možnosti uvedbe P2G Sistema v HE Brežice, 14. 12. 2020
- Tadej Krivec, mag. inž. el., prof. dr. Juš Kocijan: Metoda za izboljšanje lokalne napovedi dinamike vremena na podlagi merjenih podatkov, 23. 11. 2020
- Jernej Mlinarič, mag. ing. meh.: Diagnostika in prognoziranje elektromehanskih sklopov na podlagi mehanskih, električnih, vibracijskih in akustičnih signalov, 30. 11. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI

STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Samo Gerkišič, 31st Symposium on Fusion Technology (SOFT2020), 20.-25. 9. 2020, virtualno
- Dani Juričič, Juš Kocijan, Tadej Krivec, Damir Vrančič, 21st IFAC World Congress, Berlin, Nemčija, 11.-17. 7. 2020, virtualno
- Tadej Krivec, Žiga Stržinar, ERK 2020, Devetindvajseta mednarodna elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 21.-22. 9. 2020 (2)
- Damir Vrančič, Razvoj industrijskega inženiringa: priložnosti, potenciali, izzivi, 5. mednarodna konferenca, Otočec pri Novem mestu, 9. 10. 2020 (1)

SODELAVCI

Raziskovalci

- doc. dr. Pavle Boškosi
- doc. dr. Gregor Dolanc**
- dr. Samo Gerkišič
- dr. Miha Glavan
- dr. Giovanni Godena
- dr. Dejan Gradišar
- dr. Nadja Hvala
- dr. Vladimir Jovan
- prof. dr. Dani Juričič, znanstveni svetnik
- prof. dr. Juš Kocijan, znanstveni svetnik
- dr. Marko Nerat
- dr. Matija Perne
- dr. Janko Petrovčič
- dr. Boštjan Pregelj
- doc. dr. Damir Vrančič
- dr. Darko Vrečko

Mlajši raziskovalci

- Martin Brešar, mag. fiz.
- Tomaž Kos, mag. inž. el.
- Tadej Krivec, mag. inž. el.
- Jernej Mlinarič, mag. inž. meh.
- Gjorgji Nusev, univ. dipl. inž. el.
- Žiga Stržinar, mag. inž. el.
- Luka Žnidarič, mag. mat.

Strokovni sodelavci

- Stanislav Černe, dipl. inž. el.
- Primož Fajdiga, dipl. inž. el.
- David Jure Jovan, mag. inf. in kom. tehnol.

Tehniški in administrativni sodelavci

- Maja Janežič, univ. dipl. kom.
- Miroslav Štrubelj

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

- Centralna čistilna naprava Domžale - Kamnik
- Danfoss Trata, Ljubljana
- Domel, Železniki
- École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Švica
- Forschungszentrum Jülich, Nemčija
- HESS, Brežice
- INEA Ljubljana
- Institut für Mikrotechnik GmbH, Mainz, Nemčija
- Kolektor Group, Idrija
- Kolektor Sisteh, Ljubljana Črnuče
- Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana
- Podkrižnik, Ljubno ob Savinji
- SIJ Acroni, Jesenice
- University of Salerno, Fisciano (SA), Italija
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko
- Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za aplikativno naravoslovje
- Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju
- Univerza v Novi Gorici, Poslovno tehniška fakulteta
- VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Espoo, Finska
- Zavod Center ARI, Ljubljana
- Zavod KC STV, Ljubljana

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Mojca Otoničar, Andraž Bradeško, Lovro Fulanovič, Tomaž Kos, Hana Uršič Nemevšek, Andreja Benčan, Matthew Cabral, Alexandra Henriques, Jacob L. Jones, Lukas Riemer, Dragan Damjanović, Goran Dražič, Barbara Malič, Tadej Rojac, "Connecting the multiscale structure with macroscopic response of relaxor ferroelectrics", *Advanced functional materials*, 2020, **30**, 52, 2006823. [COBISS.SI-ID 32051715]
2. Tomaž Kos, Mikuláš Huba, Damir Vrančič, "Parametric and nonparametric PI controller tuning method for integrating processes based on magnitude optimum", *Applied sciences*, 2020, **10**, 4, 1443. [COBISS.SI-ID 33214247]
3. Marko Nerat, "A model of solid oxide fuel cell degradation on a microstructural level", *Applied sciences*, 2020, **10**, 6, 1906. [COBISS.SI-ID 33267495]
4. Tomaž Kos, Mikuláš Huba, Damir Vrančič, "Parametric and nonparametric PID controller tuning method for integrating processes based on magnitude optimum", *Applied sciences*, 2020, **10**, 17, 6012. [COBISS.SI-ID 26599683]
5. Jovan Stefanovski, Đani Juričić, "FTC in presence of disturbances and un-estimable faults", *Automatica*, 2020, **115**, 108876. [COBISS.SI-ID 33249575]
6. Juš Kocijan, Matija Perne, Boštjan Grašič, Marija Božnar, Primož Mlakar, "Sparse and hybrid modelling of relative humidity: the Krško basin case study", *CAAI transactions on intelligence technology*, 2020, **5**, 1, 42-48. [COBISS.SI-ID 33253415]
7. Nadja Hvala, Juš Kocijan, "Design of a hybrid mechanistic/Gaussian process model to predict full-scale wastewater treatment plant effluent", *Computers & chemical engineering*, 2020, **140**, 106934. [COBISS.SI-ID 18694403]
8. David Jure Jovan, Gregor Dolanc, "Can green hydrogen production be economically viable under current market conditions", *Energies*, 2020, **13**, 24, 6599. [COBISS.SI-ID 42649347]
9. Vanja Subotič, Benjamin Königshofer, Đani Juričić, Mihails Kusnezoff, Hartmuth Schröttner, Christoph Hochenauer, Pavle Boškosi, "Detailed insight into processes of reversible solid oxide cells and stacks using DRT analysis", *Energy conversion and management*, 2020, **226**, 113509. [COBISS.SI-ID 31977731]
10. Samo Gerkišič, Boštjan Pregelj, Marco Ariola, "Model predictive control of resistive wall mode for ITER", *Fusion engineering and design*, 2020, **160**, 111877. [COBISS.SI-ID 24211715]
11. Mikuláš Huba, Damir Vrančič, Pavol Bisták, "PID control with higher order derivative degrees for IPDT plant models", *IEEE access*, 2020, **9**, 2478-2495. [COBISS.SI-ID 45789443]
12. Nikola Simidjievski, Ljupčo Todorovski, Juš Kocijan, Sašo Džeroski, "Equation discovery for nonlinear system identification", *IEEE access*, 2020, **8**, 29930-29943. [COBISS.SI-ID 33208103]
13. Mikuláš Huba, Mária Hýpiusová, Peter Tápák, Damir Vrančič, "Active disturbance rejection control for DC motor laboratory plant learning object", *Information*, 2020, **11**, 3, 151. [COBISS.SI-ID 33268007]
14. Marko Nerat, "A reduced-complexity model of the solid oxide fuel cell performance degradation due to the nickel agglomeration in the anode", *Journal of power sources*, 2020, **466**, 228309. [COBISS.SI-ID 16257795]
15. Katja Bricelj, Juš Kocijan, Matej Podbregar, Miha Lučovnik, "Near-infrared spectroscopy of the placenta for monitoring fetal oxygenation during labour", *PLoS one*, 2020, **15**, 5, e0233830. [COBISS.SI-ID 7148972]
16. Dejan Gradišar, Miha Glavan, "Material requirements planning using variable-sized bin-packing problem formulation with due date and grouping constraints", *Processes*, 2020, **8**, 10, 1246. [COBISS.SI-ID 31661315]
17. Tea Vizinger, Marko Intihar, Đani Juričić, Dejan Dragan, "A scheduling algorithm for the optimal acquisition of biological material in the hospital logistics", *PTMF International Journal of Project and Technology Management*, 2020, **2**, 1, 58-77. [COBISS.SI-ID 37372675]
18. Mikuláš Huba, Pavol Bisták, Damir Vrančič, Katarina Zakova, "Asymmetries in the disturbance compensation methods for the stable and unstable first order plants", *Symmetry*, 2020, **12**, 10, 1595. [COBISS.SI-ID 29956611]
19. Jovan Stefanovski, Đani Juričić, "Fault-tolerant control in presence of disturbances based on fault estimation", *Systems & Control Letters*, 2020, **138**, 104646. [COBISS.SI-ID 33261863]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Mikuláš Huba, Damir Vrančič, "Improving noise attenuation in modified filtered smith predictor", V: *2020 Cybernetics & Informatics (K&I), 30th International Conference, Velké Karlovice, Czech Republic, Jan. 29-Feb. 1, 2020*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 22334723]
2. Matija Perne, Samo Gerkišič, Boštjan Pregelj, "Local decay of residuals in dual gradient method with soft state constraints", V: *ICINCO 2017, 14th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, July 26-28, 2017, Madrid, Spain*, revised selected papers, Informatics in control, automation and robotics (Lecture notes in electrical engineering **495**), Springer, 2020, 73-86. [COBISS.SI-ID 32541735]
3. Mikuláš Huba, Damir Vrančič, "State-space controller as a FOTD based generalization of ADRC", V: *21st International Carpathian Control Conference (ICCC), Košice, Slovak Republic, October 27-29, 2020*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 45498371]
4. Izidor Potočnik, Damir Vrančič, Tomaž Jurejevčič, "Short audio signal classification with machine learning", V: *Razvoj industrijskega inženiringa: priložnosti, potenciali, izzivi, 5. mednarodna konferenca, Otočec pri Novem mestu, 9. oktober 2020*, Zbornik, Fakulteta za industrijski inženiring, 2020, 157-164. [COBISS.SI-ID 36280323]
5. David Golob, Primož Kocuvan, Jože Ravničan, Janko Petrovčič, Jani Bizjak, Matjaž Gams, Stefan Kalabakov, Gregor Dolanc, "Detekcija napak na industrijskih izdelkih", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 27-31. [COBISS.SI-ID 34230787]
6. Tadej Krivec, Juš Kocijan, "Model globokih Gaussovskih procesov za identifikacijo procesa Bouc-Wen", V: *ERK 2020, Devetindvajseta mednarodna elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 21.-22. september 2020*, Zbornik, Slovenska sekcija IEEE, 2020, 185-188. [COBISS.SI-ID 30015491]
7. Žiga Stržinar, Boštjan Pregelj, Igor Škrjanc, "Pregled nekaterih metod na področju analize časovnih vrst", V: *ERK 2020, Devetindvajseta mednarodna elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 21.-22. september 2020*, Zbornik, Slovenska sekcija IEEE, 2020, 313-316. [COBISS.SI-ID 36429827]

OBJAVLJENI STROKOVNI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Damir Vrančič, Zoran Šaponia, Samo Krančan, Marko Nerat, Janko Petrovčič, "Nekateri pristopi in rešitve pri razvoju adaptivnih in inteligentnih sistemov", V: *Razvoj industrijskega inženiringa: priložnosti, potenciali, izzivi, 5. mednarodna konferenca, Otočec pri Novem mestu, 9. oktober 2020*, Zbornik, Fakulteta za industrijski inženiring, 2020, 93-104. [COBISS.SI-ID 35524099]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGLAVJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Joshua M. Blackstock, Matt Covington, Matija Perne, Joseph M. Myre, "Monitoring atmospheric, soil, and dissolved CO₂ using a low-cost, arduino monitoring platform (CO₂-LAMP): theory, fabrication, and operation", V: *MacGyver in geosciences*, (Frontiers research topics), Frontiers Media, 2020, 107-125. [COBISS.SI-ID 18365955]

DRUGO UČNO GRADIVO

1. Dejan Dragan, Đani Juričić, Damir Vrančič, Marko Intihar, Maks Oblak, Rudi Pušenjak, Maja Fošner, Teodora Ivanuša, Christian Almeder, Matjaž Mulej, *Models, methods, and applications in logistics, transport, supply chain management, and operations research: lecture notes (international course)*, Faculty of Logistics, 2020. [COBISS.SI-ID 27117827]

Področje dela Odseka 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. Odsek 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; 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 po podatkovni bazi predavanj in 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/>), in AIObservatory (<https://infominer.ijs.si/>). Strategija odseka je poleg znanstvene odličnosti predvsem vzdrževati tesno sodelovanje z industrijo in prenašanje rezultatov v poslovna okolja.



Vodja:

prof. dr. Dunja Mladenec

V Sloveniji je oktobra 2020 nastal Mednarodni raziskovalni center za umetno inteligenco pod okriljem Unesca. Minister za izobraževanje, znanost in šport dr. Jernej Pikalo ter namestnik generalne direktorice Unesca za področje komunikacij in informacij dr. Moez Chakchouk sta 5. marca 2020 podpisala uradno pogodbo o ustanovitvi centra, ki deluje pod okriljem Unesca v Ljubljani.

Spomladi 2020 smo vzpostavili orodje Corona Virus Media Watch, ki v realnem času sledi objavam o virusu, posodablja pa tudi podatke o širjenju virusa po svetu. Konec julija smo v okviru IRCAI in skupaj z MIZŠ, Slovensko nacionalno komisijo za Unesco in Unescom soorganizirali prvi virtualni posvet vzhodnoevropske regije, kjer smo skupaj s politikami in strokovnjaki iz povabljenih držav pripravljali prvi osnutek Priporočila za etiko v umetni inteligenci.

Ustanovitev Mednarodnega raziskovalnega centra za umetno inteligenco, ki deluje pod okriljem Unesca v Ljubljani.

V sklopu programa Digitalni november smo skupaj s Francoskim inštitutom v Sloveniji organizirali dogodek AI-Please Mind the Gap, kjer smo se ukvarjali z vprašanjem, kako premostiti geografske, socialno-ekonomske, spolne in skupnostne razlike v umetni inteligenci. Konec novembra smo skupaj s Slovensko nacionalno komisijo za Unesco pripravili okroglo mizo z naslovom *Umetna inteligenca: Življenje v času robotov in transhumanizma*. Poleg organizacije dogodkov so naši zaposleni sodelovali na različnih dogodkih kot govorci. V letu 2020 se je začela vzpostavitev operativne ekipe in vseh procesov, potrebnih za delovanje centra. Veliko pozornosti je bilo namenjene vzpostavitvi sodelovanj in ustreznih komunikacij z vsemi deležniki; z deležniki iz znanosti, politike (vse slovenske ambasade), industrije in splošne javnosti. Poleg povezav z ustreznimi mrežami, ki se ukvarjajo s temami, ki so lastne IRCAI, je decembra 2020 CAHAI odbor potrdil našemu centru vlogo opazovalca pri njegovih dejavnostih.

Delovanje centra smo strukturirali v obliko programskih odborov, ki so večinoma že sestavljeni in tudi delujoči. Rezultat delovanja odborov je med drugimi strateškimi odločitvami tudi lansiranje nagrad IRCAI, ki bodo podprle projekte in rešitve, ki s pomočjo umetne inteligence omogočajo doseganje ciljev trajnostnega razvoja, kot jih določa Organizacija združenih narodov.

Za bolj učinkovito in optimizirano vodenje ter delo in organizacijo poslovnih procesov smo naročili razvojno delo na spletnih straneh IRCAI, kar obsega razvoj CRM-sistema (sistem za upravljanje odnosov z različnimi deležniki), avtomatizacijo poslovnih procesov in razvoj spletnih strani za postavitev projektov. V letu 2020 so se začeli tudi intenzivni pogovori z založnikom znanstvenih vsebin Cambridge University Press, s katerim nameravamo vzpostaviti popolnoma nov znanstveni žurnal, ki bo prva tovrstna znanstvena publikacija s fokusom na cilje trajnostnega razvoja in umetno inteligenco.

IRCAI je po uradni ustanovitvi začel z načrtovanjem dogodka v marcu 2021, ki bo oznanil njegovo ustanovitev vsem relevantnim deležnikom in tudi zainteresirani javnosti prek tiskovne konference. V času slovenskega predsedovanja Svetu EU (jesen 2021) bomo organizirali večji dogodek na temo digitalizacije in umetne inteligence.

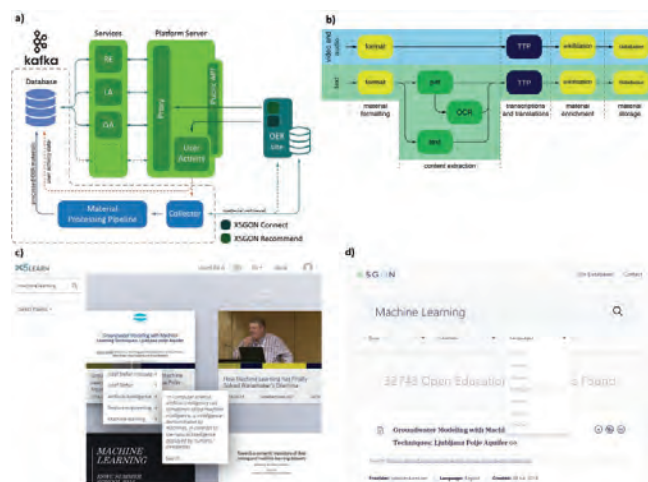
V zadnjih 18 letih smo sodelavci Odseka za umetno inteligenco uspešno sodelovali pri 77 evropskih projektih. V letu 2020 smo uspešno zaključili šest evropskih projektov in nadaljevali delo na 15 tekočih projektih. Hkrati smo sodelovali tudi pri devetih nacionalnih projektih.

Na področju **statističnega modeliranja podatkov in strojnega učenja** smo v letu 2020 uspešno zaključili štiri evropske projekte Obzorja 2020: **Perceptive Sentinel**, **enviroLens**, **TheyBuyForYou** in **DataBench**. Delo nadaljujemo na projektih: **CogLo**, **Naiades** in **FACTLOG**. V evropskem projektu **Perceptive Sentinel** (*BIG DATA knowledge extraction and re-creation platform*) je bila izdelana platforma eo-learn, ki temelji na strojnem učenju in omogoča učinkovito procesiranje slikovnih podatkov, pridobljenih iz satelitov Sentinel-1, -2 in -3. V zadnjem letu projekta smo izboljšali vrsto rešitev za učinkovito obdelavo podatkov, in sicer: algoritem FASTENER za učinkovito izbiro značilk pri klasifikaciji rastja in knjižnico rapids-ml, ki vsebuje izjemno hitro implementacijo algoritmov za klasifikacijo na toku podatkov. Z obema pristopoma nam je uspelo hitrost klasifikacije rastja na podlagi satelitskih slik izboljšati za en velikostni red. Evropski projekt **enviroLENS** (*Copernicus for environmental law enforcement support*) se je decembra 2020 uspešno zaključil. Glavni cilj projekta je ponuditi podporo osebju, ki se redno srečuje s tematikami, povezanimi z okoljevarstvenim pravom (odvetniške pisarne, nevladne organizacije itd.). Podpora vključuje odkrivanje tematik, povezanih z okoljem, odkrivanje okoljskih sprememb in ponujanje relevantnih pravnih dokumentov, povezanih z danim okoljem in okoljsko problematiko. To dosegamo z uporabo metod s področja daljinskega zaznavanja in opazovanja (EO) Zemlje v kombinaciji z metodami za analiziranje tekstovnih dokumentov. Vse te metode so zavite in uporabljene v sistem eLENS Portal – portal, skozi katerega uporabniki lahko spremljajo okoljsko tematiko (npr. posekavanje gozdov) v označenem okolju ter opazujejo okoljske spremembe skozi čas. Odsek za umetno inteligenco je razvil eLENS Miner Sistem, ki omogoča iskanje relevantnih pravnih dokumentov glede na različna uporabniška povpraševanja. Sistem je sposoben 1) procesirati nove dokumente, ki vsebujejo zakone, 2) iskati relevantne pravne dokumente in 3) iskati podobne dokumente. Sistem in njegova dokumentacija sta na voljo na naslovu <http://envirolens.ijs.si/>. V zadnjem letu smo s projektnimi partnerji evalvirali modele in identificirali obstoječe probleme, ki smo jih že odpravili. Četrty projekt, ki smo ga leta 2020 uspešno zaključili, je **DataBench** (*Evidence Based Big Data Benchmarking to Improve Business Performance*). V sklopu projekta smo razvili orodji **DataBench Indeks** in **DataBench Observatorij**. Orodji se uporabljata za opazovanje popularnosti, pomembnosti in vidnosti različnih tematik, povezanih z umetno inteligenco in področjem velikih podatkov, s posebnim poudarkom na konceptih, metodah in tehnologijah na področju evalvacije performansov (angl. Benchmarking). **DataBench Observatorij** vpelje indeks popularnosti, ki ga izračunamo iz pomembnosti termina v določenem času in temelji na naslednjih komponentah: (i) raziskovalna komponenta, npr. znanstveni članki, objavljeni v sklopu Microsoft Academic Graph (MAG); (ii) industrijska komponenta, npr. objavljena delovna mesta na servisu Adzuna; (iii) raziskovalna in razvojna komponenta, npr. EU-projekti, vpisani v sistem CORDIS; (iv) medijska komponenta, npr. podatki pridobljeni iz sistema Event Registry; (v) tehnična razvojna komponenta, npr. projekti znotraj repozitorija Github; in (vi) javni interes, npr. podatki, pridobljeni iz baze Google Trends. **DataBench Observatorij** je bil uspešno integriran znotraj **DataBench Toolbox** in predstavljen na številnih konzorcijskih

sestankih in drugih dogodkih. 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. Vzpostavljene so metodologija za izgradnjo digitalne reprezentacije fizične infrastrukture, metoda za optimizacijo virov na grafih ter metodologija/procedura grupiranja 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 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 od Italije do vzhodne EU (Poljska). V projektu je bil razvit kognitivni asistent za logistiko, ki kot glavni agent spremlja dogodke v realnem času in ustvarja nove predloge za optimizacijo procesov. Znotraj projekta *Naiades (A holistic water ecosystem for digitisation of urban water sector)* smo se zavezali izpeljati štiri jedrne naloge. Prva naloga zajema analizo časovnih vrst iz podatkov, ki jih senzori odčitajo danemu (npr. vodovodnemu) sistemu. Cilj naloge je interpretacija podatkov v obliki, ki omogoča identifikacijo različnih stanj sistema. Cilj druge naloge je na danih podatkih, agregiranih v različnih z vodo povezanih sistemih (npr. vodovodni sistem, kanalizacijski sistem), identificirati anomalne dogodke. Tretja naloga na podlagi historičnih podatkov napoveduje porabo vode za dano naselje. Cilj četrte naloge je na podlagi različnih podatkovnih virov opazovati potrošnikovo zaupanje v vodovodni sistem ter izdelati ne samo zemljevid potrošniškega zaupanja, temveč tudi prediktivni model, ki bo napovedoval spremembe takega zaupanja. V letu 2020 so bili izdelani koncepti za omenjene naloge in vse jedrne komponente, na katerih temeljijo prihodnje rešitve. Izbrani so bili primerni podatkovni viri in podatkovni modeli, hkrati je bila določena tudi arhitektura rešitev. Izdelane so bile tudi vse komponente končnih rešitev oziroma prvi prototipi. Naknadno, na podlagi prvih rezultatov, je bila naloga ponovno definirana, kar vključuje notranjo usklajenost znotraj konzorcija, v izgradnjo globalnega vodnega observatorija. 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. Znotraj projekta vodimo delovni paket, zadolžen za razvoj analitskih orodij. S partnerji smo oblikovali ogrodje, v katerem modeli strojnega učenja delujejo skupaj z modeli domenskih strokovnjakov in algoritmi za optimizacijo ter rešujejo naloge industrije. Metode, ki jih implementiramo, se testirajo v več poslovnih primerih. Mi podpiramo dva: slovensko podjetje za predelavo odpadkov v gorivo JEMS in turško naftno rafinerijo Tüpraş.

Na področju **analiz podatkovnih tokov** smo nadaljevali delo pri projektu *INFINITECH (Tailored IoT & BigData Sandboxes and Testbeds for Smart, Autonomous and Personalized Services in the European Finance and Insurance Services Ecosystem)*, v katerega je vključenih 15 različnih pilotov iz domene Fintech. V sklopu projekta smo kot edini tehnološki partner enega od pilotov pristojni za razvoj napredne analitične platforme za *Anti Money Laundering in Counter Financing of Terrorism* za potrebe nadzora finančnih institucij, kjer je naš partner Banka Slovenije. V letu 2020 smo razvili orodje za ocenjevanje tveganj in se srečevali z nepredvidenimi pravnimi izzivi pri pridobivanju podatkov, ki smo jih delno rešili. Projekt *CyberSANE (Cyber Security Incident Handling, Warning and Response System for the European Critical Infrastructures)* se je začel v letu 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. V letu 2020 smo skupaj s partnerji začeli razvijati tehnologijo za zajem in analizo strukturiranih in nestrukturiranih podatkov iz tako imenovanega temnega spleta (angl. dark web) in iz medijskih zapisov. Podatki, zajeti na novičarskem in temnem spletu, bodo uporabljeni v DarkNET komponenti platforme *CyberSANE*, omogočali pa bodo pripravo poročil in opozoril o zaznanih kibernetičnih grožnjah.

Na področju **analize besedil in omrežij ter jezikovnih tehnologij** delamo na evropskem projektu Obzorja 2020 *SILKNOW (Silk heritage in the Knowledge Society: from punched cards to big data, deep learning and visual / tangible simulations)*. Znotraj projekta smo razvili metode za prekojezično označevanje besedil na podlagi servisa Wikifier, ki smo ga razširili s koncepti iz slovarja SILKNOW (<http://wikifier.org/silknow.html>). S servisom nam je uspelo analizirati različne podatke, povezane z muzeji, in tako obogatiti *SILKNOW Knowledge*

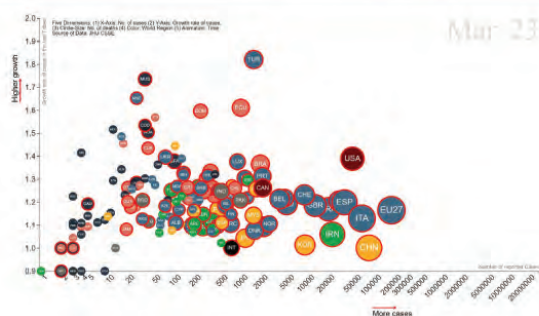
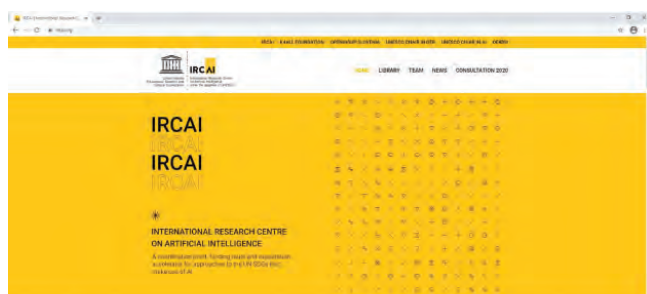


Slika 1: Arhitektura, proces obdelave podatkov in orodja, razvita v sklopu evropskega projekta x5GON: a) arhitektura X5GON platforme, b) X5GON Processing Pipeline, c) izobraževalno okolje X5Learn in d) X5GON Discovery Tool.

Graph. Hkrati smo razvili tudi polavtomatski pristop za odkrivanje povezav med tezavrom SILKNOW in obstoječim tezavrom Getty. Razvili smo tudi pristop za ekstrakcijo informacij iz tekstovnih opisov muzejev. Njegovo pravilno delovanje smo uspešno potrdili pri ekspertih na področju v sklopu angleških, francoskih in španskih besedil. Nadaljujemo 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 2020 smo poleg aktivnosti, vezanih na vodenje projekta, še naprej vzdrževali spletno stran projekta ter razvili in nadgradili orodje *Elexifinder*. Poleg tega smo lansirali mobilno aplikacijo *Igra besed (Game of Words)*, ki je na voljo za Android in iOS. Nadaljevali smo izboljšave in testiranje orodja *Elexifier*: z njim smo pretvorili več kot 200 slovarjev, ki smo jih vključili v podatkovno bazo. Prav tako smo razvijali sistem *Lexonomy*, ki ga uporabljamo za pripravo slovarjev. Natančneje smo izboljšali uporabniško izkušnjo z gradnikom, uporabili SketchEngine API in razvili možnost za ustvarjanje ročnih povezav med slovarji. Glede na sporazume, sklenjene z institucijami partnericami in opazovalkami, smo pridobili več kot 80 leksikalnih virov, ki pokrivajo 20 različnih jezikov in vsebujejo več kot 30 milijonov vnosov. Več kot 50 teh virov smo naložili na *Lexonomy* za namene povezovanja podatkov. V okviru evropskega projekta Obzorja 2020 Marie Skłodowska-Curie ITN *CLEOPATRA (Cross-lingual Event-centric Open Analytics Research Academy)* smo zaposlili dva doktorska študenta, ki bosta v sklopu svojega doktorskega usposabljanja delala na temah z naslovoma *Information propagation with barriers* in *Cross-lingual news reporting bias*. Oba sta prve rezultate svojega dela predstavila na konferenci SiKDD 2020 – Conference on Data Mining and Data Warehouses, ki je bila organizirana v sklopu krovne konference *Information Society Multiconference*. V letu 2020 so partnerji projekta *CLEOPATRA* skupaj organizirali dogodek *First R&D Week*, ki je vseboval tudi tako imenovan Hackathon, ter dogodke *Second Learning Week* in *Second Hackathon CKPP and Demonstrator session*. Vsi dogodki so potekali na daljavo, kar je v določenih primerih pomenilo prisotnost širšega mednarodnega občinstva.

Na področju *analize besedil in omrežij ter jezikovnih tehnologij* smo sodelovali tudi pri nacionalnih in regijskih projektih. V letu 2020 smo pridobili projekt *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, prepoznavanje govora, semantične tehnologije, strojno prevajanje, terminološki portal, vzdrževanje jezikovnotehnološkega centra – CLARIN.SI). V prvem letu projekta smo začeli koordinacijo intenzivnega študentskega dela na označevanju leksikona Sloleks in korpusa ssj500k, prav tako smo začeli razvijati orodja *MultiCOMET*. Slednje je model, ki generira kontekstualne trditve glede na stavek, 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. V letu 2020 smo končali vodenje projekta ARRS z naslovom *Nova slovnica sodobne standardne slovenščine: viri in metode*. Pri projektu smo želeli raziskati jezikoslovne metodološke temelje celostne računalniške analize sodobne pisne in govorjene slovenščine, kakršna je zajeta v novih korpusih slovenskega jezika, ki bo zagotovila empirično osnovo za izdelavo novih empirično zasnovanih slovnicih opisov slovenskega jezika. Na podlagi te metodologije smo izdelali obsežne prostodostopne korpusne baze podatkov, ki so neposredno uporabni pri izdelavi bodočih jezikovnotehnoloških orodij in aplikacij za slovenski jezik. Pridobljene korpusne podatke bomo uporabili za jezikoslovno analizo realnega jezika, kar je prvi korak na poti do nove empirično zasnovane korpusne slovnice slovenskega jezika. V skladu s temi cilji smo v preteklem letu sodelovali pri zasnovi in razvoju več orodij za pridobivanje leksikalnih podatkov iz besedilnih korpusov (morfologija, leksika, kolokacije, stalne besedne zveze, n-grami) in na njih temelječih vsebinskih analizah. Na CLARIN.SI smo objavili nabor spisikov z jezikoslovnimi podatki iz referenčnih korpusov pisne (Gigafida) in govorjene (GOS) slovenščine. Spiski obsegajo ravni od posameznih znakov v besedi do zaporednih besednih nizov, pripravljeni pa so bili s programom LIST, ki smo ga prav tako razvili na projektu in ga je mogoče uporabiti za primerljive izvoze iz drugih korpusnih zbirk. Vodnik



Slika 2: Zgoraj: Ustanovitev Mednarodnega raziskovalnega centra za umetno inteligenco, ki deluje pod okriljem Unesca v Ljubljani. Spodaj: EU orodje Corona Virus Media Watch, ki uporablja svetovne in nacionalne novice za izračun pomembnih povezav in vizualizacij ter omogoča napovedovanje razvoja pandemije po vsem svetu. Na sliki je prikazano stanje 23. marca 2020 v 5D-vizualizaciji. Države, v katerih je bil v tistem trenutku največji prirast okužb (npr. Turčija), so prikazane višje na grafu, tiste z manjšim prirastom pa nižje (npr. Kitajska).

po objavljenih frekvenčnih seznamih je dostopen na <https://e-knjige.ff.uni-lj.si/znanstvena-zalozba/catalog/book/249>. Sodelovali smo tudi na ARRS-projektu *Kolokacije kot temelj jezikovnega opisa: semantični in časovni vidiki*. Glavni cilj projekta je bila izvedba temeljnih raziskav semantičnih in časovnih vidikov kolokacij, pa tudi metod za merjenje kolokacijskih razmerij, saj so te tematike v slovenskem jezikoslovju, pa tudi mednarodno, za zdaj dokaj slabo pokrite. Leta 2020 je bila na odseku narejena analiza časovnih trendov kolokacij, ki bo predstavljena v prihajajoči projektni monografiji, v načrtu pa je tudi vključevanje v orodje za spremljanje sprememb v jeziku. Glavni cilj projekta MARCELL je 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. Trenutno državna pravna besedila niso avtomatsko na voljo na CEFAT, trenutni strojni prevajalniki pa bi se lahko izboljšali, če bi imeli dostop do pravnih besedil, obogatenih z metapodatki (lematizacija, jezikoslovno označevanje, označevanje s termini IATE in deskriptorji EUROVOC). V letu 2020 so glavne aktivnosti IJS obsegale semantično mikroporavnavo ter izboljšavo korpusnih oznak in algoritmov za klasifikacijo dokumentov. Skupaj z odsekom za tehnologije znanja (E8) smo v letu 2020 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, korpus, sezname) in tehnologije (berljivost, posodobljena orodja) za procesiranje slovenskega jezika.

Na področju **semantičnih tehnologij** smo končali evropski projekt Obzorja 2020 *TheyBuyForYou (Enabling procurement data value chains for economic development, demand management, competitive markets and vendor intelligence)*. V okviru projekta smo skupaj s partnerji razvili podatkovno skladišče (Knowledge Graph), ki vsebuje podatke o javnih naročilih številnih evropskih držav. Podatkovno skladišče je prosto dostopno in kompatibilno s standardom OCDS (Open Contracting Standard). V okviru projekta smo razvili spletno platformo za analizo javnih naročil in porabe javnega denarja, pri čemer smo sodelovali z ministrstvom za javno upravo, ki želi zagotoviti transparentnost porabe javnih sredstev ter preprečevati korupcijo in druge nepravilnosti pri porabi javnih sredstev. Naša platforma omogoča zaznavanje in vizualizacijo anomalij v javnih naročilih in finančnih transakcijah, dostopna pa je na naslovu <http://tbfy.ijs.si>. V nacionalnem projektu *Causalify* smo razvili teoretični okvir za modeliranje dinamičnega grafa medsebojno povezanih dogodkov kot hierarhičnega večnivojskega kompleksnega sistema. Razvili smo teoretični model za modeliranje družbene dinamike in preverili, kako deluje na problemu opazovanja dinamike družbe na podlagi izbranega vzorca novic. Model smo nato prilagodili za dva sorodna problema: problem opazovanja mobilnosti uporabnika in problem napovedovanja razvoja znanosti v smislu tematik bodočih raziskav.

Pod raziskave na področju **upravljanja znanja** štejemo razvoj novih poslovnih in organizacijskih modelov ter storitev s poudarkom na uvajanje in prilagajanje tehnologij širšega področja umetne inteligence v realna uporabniška okolja. Po treh letih se je decembra 2020 uspešno končal evropski projekt *X5GON (Cross Modal, Cross Cultural, Cross Lingual, Cross Domain, and Cross Size Global OER Network)*. Cilj projekta je bilo povezovanje razpršenih odprtoizobraževalnih virov v Evropi in po svetu ter izboljšanje izkušenj vsem, ki so del izobraževalne domene, tj. učencem, učiteljem, raziskovalcem, ponudnikom izobraževalnih vsebin, in tistim, ki odločajo o načinu formalnega in neformalnega izobraževanja. Za doseganje teh ciljev smo razvili vrsto sistemov, ki: 1) znajo procesirati tekstovne dokumente ter zvokovne in videovsebine, jih prevesti v 7 različnih jezikov ter jih obogatiti z različnimi anotacijami, 2) ponujajo ustrezne personalizirane učne vsebine glede na uporabniška pretekla gledanja ter 3) omogočajo hitro iskanje skozi učne vsebine z možnostjo filtriranja po licenci, tipu vsebine in jeziku. Te sisteme smo nato zavili v produkte, ki jih nato tudi nadgradijo z dodatnimi metodami in funkcijami. Med njimi so OER brskalnik *X5GON Discovery* (<https://discovery.x5gon.org/>), izobraževalno okolje za slepe in slabovidne *X5GON Blind* (<https://blind.x5gon.org/>), izobraževalno okolje *X5Learn* (<https://x5learn.org/>), platforma za učno analiziranje *Learning Analytics Machine* (<https://analytics.x5gon.org/>) ter vtičniki za ponujanje priporočil vsebin in integracijo v učno okolje Moodle. Vsi omenjeni produkti so odprtodostopni in na voljo prek platforme *X5GON* (<https://platform.x5gon.org/>), kjer lahko dostopate tudi do procesiranih podatkov prek odprtega APIja. V letu 2020 smo v sodelovanju s Centrom za prenos znanja na področju IT (CT3) nadaljevali projekt *Water4Cities (Integrated surface and groundwater management for sustainable urban development)*, ki poteka v okviru evropskega RISE projekta Obzorja 2020 Marie Skłodowska Curie. V letu 2020 smo s pomočjo orodij za analizo podatkov nadaljevali analizo pretoka podtalnice, rek in meteornih vod na območju Ljubljane ter porabo in kakovost vode na primeru grškega otoka Skiathos. Nadaljevali smo razvoj modelov in platforme, ki bo omogočala spremljanje optimalnega upravljanja

Uspešno smo zaključili šest evropskih projektov Obzorja 2020: DataBench (Evidence Based Big Data Benchmarking to Improve Business Performance), TheyBuyForYou (Enabling procurement data value chains for economic development, demand management, competitive markets and vendor intelligence), x5Gon (Cross Modal, Cross Cultural, Cross Lingual, Cross Domain, and Cross Site Global OER Network) EnviroLENS (Copernicus for environmental law enforcement support), PerceptiveSentinel (BIG DATA knowledge extraction and re-creation platform) in Humane AI (Toward AI Systems That Augment and Empower Humans by Understanding Us, our Society and the World Around Us).

z vodo v realnem času. Nadaljevali smo tudi z objavo rednih webinarjev Water4Cities. Vsi posnetki so dostopni v posebni podmapi na portalu Videlectures.NET – <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*), ki združuje vodilna evropska raziskovalna središča, univerze in industrijska podjetja v mrežo centrov odličnosti. Vodilni svetovni laboratoriji za umetno inteligenco (AI) bodo sodelovali s ključnimi akterji na področjih, kot so interakcija med človekom in računalnikom, kognitivne, družbene in kompleksne znanosti. Cilj projekta je raziskovalce, ki trenutno proučujejo ozko usmerjeno področje, povezati z ljudmi, ki raziskujejo umetno inteligenco v veliko širšem obsegu. Izziv je razviti robustne, zaupanja vredne sisteme umetne inteligence, ki lahko razumejo človeka, se prilagodijo kompleksnim resničnim okoljem in primerno sodelujejo v zapletenih družbenih okoljih. HumanE-AI-Net bo postavil temelje za oblikovanje načel za novo znanost, ki bo umetno inteligenco približala evropskim vrednotam. Cilj projekta FIN-TECH (*A FINancial supervision and TECHnology compliance training programme*) je razvoj platforme za izmenjavo znanja v finančnem okolju. S tem bo projekt FIN-TECH omogočil definiranje postopkov za enotni management tveganj znotraj okolja, ki ga oblikujejo veliki podatki in najsodobnejša tehnologija. Z izvedbo projekta želimo postaviti temelje za vzpostavitev enotnega evropskega nadzornega okolja, ki bo omogočal nadzor tveganj v finančnem svetu. Projekt vključuje 24 partnerjev, ki zastopajo vseh 28 evropskih držav in Švico. V konzorciju projektnih partnerjev so univerze in druge raziskovalne institucije, projekt pa so uradno podprle tudi različne finančne ustanove. Odsek za umetno inteligenco v sklopu projekta sodeluje z Banko Slovenije. V letu 2020 smo za Banko Slovenije izvedli 1 izobraževalno spletno delavnico na tematiko umetne inteligence. 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 2020 smo v okviru projekta KaUČ razvili orodje za oceno berljivosti besedil. Predstavlja prvo aplikacijo za oceno težavnosti besedil v slovenskem jeziku. Na voljo je na naslovu <https://orodja.cjvt.si/berljivost/>.

Odsek za umetno inteligenco posveča posebno pozornost **promociji znanosti**. Sodelavci odseka so bili leta 2020 zelo aktivni pri promociji svojega raziskovalnega področja, in sicer:

- Marko Grobelnik je imel več kot 10 intervjujev v javnih medijih, kjer je govoril o aktualnih temah, kot so UI, Corona Virus Media Watch, IRCAI Center, ter o različnih evropskih projektih, ki jih izvaja odsek;
- Dunja Mladenec je bila panelistka pri okrogli mizi z naslovom *The Mis-portrayal of AI in the Media: What to do about it?*;
- Marko Grobelnik je bil panelist na dogodku *Bled Strategic Forum 2020*;
- Marko Grobelnik je bil panelist na dogodku *WSIS forum 2020*;
- Aljaž Košmerlj je bil panelist pri okrogli mizi z naslovom: *Coexist with AI - Vision of the Society 5.0*.

Sodelavci odseka so imeli v letu 2020 več vabljenih predavanj:

- Marko Grobelnik je imel vabljeno predavanje na dogodku ICEGOV 2020 Conference – Artificial Intelligence in Digital Governance: The Digital Twins Paradigm;
- Marko Grobelnik je imel vabljeno predavanje na dogodku AI Austria Conference on AI Policy;
- Miha Cimperman in Klemen Kenda sta imela vabljeno predavanje na dogodku 9th International Young Scientists Conference in Computational Science z naslovom Streaming data forecast analytics for industrial implementation;
- Simon Krek je imel vabljeno predavanje na dogodku 14th International conference NOOJ z naslovom Digital dictionary database and ELEXIS dictionary matrix.

V sodelovanju s centrom CT3 smo tudi leta 2020 prek portala Videlectures.net pomembno prispevali k promociji umetne inteligence, promociji IJS in splošni promociji slovenske znanosti. Odsek je tudi soorganizator in eden od glavnih pobudnikov vsakoletnega srednješolskega tekmovanja iz znanja računalništva ACM, ki se ga je v letu 2020 udeležilo 168 tekmovalcev iz 26 šol. Gostovanja razstave Doktorice računalništva in informatike v Sloveniji organiziramo že od leta 2006 in tako prispevamo k promociji žensk v znanosti (<http://ScienceWithArt.ijs.si/>).

V letu 2020 smo bili zelo aktivni in uspešni pri prijavi novih projektov, predvsem v okviru Obzorja 2020. Uspelo nam je pridobiti tri nove projekte: *STAR*, *EUJapanAI* in *ODEUROPA*. 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. Pérez, M., Mladenec, D., *et al.*, From historical silk fabrics to their interactive virtual representation and 3D printing, *Sustainability*, 2020, 12, 18, 7539-1-7539-22

2. Koprivec, F., Kenda, K., Šircelj, B., Fastener feature selection for Inference from Earth observation data, *Entropy*, 2020, 22, 11, 1198-1-1198-27
3. Kenda, K., Peternelj, J., Mellios, N., Kofinas, D., Čerin, M., Rožanec, J. M., Usage of statistical modeling techniques in surface and groundwater level prediction, *Journal of water supply: research and technology - aqua*, 2020, 69, 3, 248-265
4. Taherizadeh, S., Grobelnik, M., Key influencing factors of the Kubernetes auto-scaler for computing-intensive microservice-native cloud-based applications, *Advances in engineering software*, 2020, 140, 102734-1-102734-11
5. Pita Costa, J., Grobelnik, M., Fuart, F., Stopar, L. Meaningful Big Data Integration for a Global COVID-19 strategy, *IEEE computational intelligence magazine*, 2020, 15, 4, 51-61
6. Kosem, I., Krek, S., Gantar, P., V: Kosem, Iztok (ur.), Gantar, Polona (ur.), Defining collocation for Slovenian lexical resources, V: *Kolokacije v leksikografiji : obstoječe rešitve in izzivi za prihodnost = Collocations in lexicography : existing solutions and future challenges*, 2020, 8, 2, 1-27
7. Dobrovoljc, Kaja, Identifying dictionary-relevant formulaic sequences in written and spoken corpora, *International journal of lexicography*, 2020, 33, 4, 417-442

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. H2020 Theybuyforyou projektni sestanek, Ljubljana, Slovenija, 28.–29. 1. 2020
2. FIN-TECH AI delavnica: Uporaba AI v finančnem sektorju – praktični primeri, Ljubljana, Slovenija, 6. 4. 2020
3. CLASSLA K Centre workshop, Ljubljana, Slovenija, 6.–8. 5. 2020 (virtualno)
4. Spletno posvetovanje: Priporočila o etiki umetne inteligence, Ljubljana, Slovenija, 27.–29. 7. 2020 (virtualno)
5. Konferenca Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, Ljubljana, Slovenija, 24.–25. 9. 2020 (virtualno)
6. Dogodek AI-Please Mind the Gap, Ljubljana, Slovenija, 17. 11. 2020 (virtualno); v sklopu programa Digitalni November soorganizacija skupaj s Francoskim inštitutom v Sloveniji
7. Okrogla miza z naslovom Umetna inteligenca: Življenje v času robotov in transhumanizma, Ljubljana, Slovenija, 19. 11. 2020 (virtualno); soorganizacija skupaj s slovensko nacionalno komisijo za Unesco

MEDNARODNI PROJEKTI

1. Evropska jezikovna mreža (GA 825627)
DFKI GmbH - Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI)
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. COST CA16105; Evropska mreža za povezovanje učenja jezikov s tehnikami množičenja
COST Office
doc. dr. Simon Krek
6. COST CA18209; Evropska mreža za spletno usmerjeno znanost o jezikovnih podatkih
COST Association AISBL
doc. dr. Simon Krek
7. COST CA18231; Multi3Generation: Večopravilna, večjezična in večmodalna tvorba besedil
COST Association AISBL
Marko Grobelnik
8. H2020 - Water4Cities; Celostno upravljanje površinskih in podzemnih voda za trajnostni razvoj mest
European Commission
Marko Grobelnik
9. H2020 - X5gon; Čez modalno, kulturno, jezikovno, in čez spletno globalno omrežje za prosto dostopne izobraževalne vir
European Commission
Marko Grobelnik
10. H2020 - PerceptiveSentinel; BIG DATA platforma za pridobivanje znanja in bogatenja podatkov
European Commission
prof. dr. Dunja Mladenić
11. H2020 - DataBench; H2020 - DataBench; Merjenje z velikimi podatki za izboljšanje poslovne uspešnosti
European Commission
Marko Grobelnik
12. H2020 - TheyBuyForYou; Omogočanje vrednostnih verig podatkov o javnih naročilih za gospodarski razvoj, upravljanje povpraševanja, večanje konkurenčnosti ter analitično razumevanje prodajalcev
European Commission
Marko Grobelnik
13. H2020 - SILKNOW; Svilen dediščina v družbi znanja: od luknjastih kartic do velikih podatkov
European Commission
prof. dr. Dunja Mladenić
14. H2020 - COG-LO; Kognitivne logistične operacije preko varnih, dinamičnih in ad-hoc sodelovalnih omrežij
European Commission
Marko Grobelnik
15. H2020 - EnviroLENS; Copernicus kot podpora uveljavljanju okoljske zakonodaje
European Commission
Marko Grobelnik
16. H2020 - Cleopatra; Akademija za večjezično, na dogodke osredotočeno odprto analitično raziskovanje
European Commission
Marko Grobelnik
17. H2020 - Humane AI; Za AI sisteme, ki ljudi s razumevanjem nas samih, naše družbe in sveta okoli nas, opolnomočijo
European Commission
Marko Grobelnik
18. H2020 - FIN-TECH; Program usposabljanja za finančni nadzor in tehnološko skladnost
European Commission
Marko Grobelnik
19. H2020 - NIADES; Celovit vodni ekosistem za digitalizacijo urbanega vodnega sektorja
European Commission
Marko Grobelnik
20. H2020 - CyberSANE; Sistem za zaščito, opozarjanje in odzivanje na področju kibernetne varnosti za evropske ključne infrastrukture
European Commission, the Directorate-General
Marko Grobelnik

21. H2020 - INFINITECH; Prikrojena 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
22. H2020 - FACTLOG; Energetsko ozaveščena tovarniška analitika za procesno industrijo
European Commission
prof. dr. Dunja Mladenič
23. H2020 - HumanE-AI-Net; Mreža Humane AI
European Commission
Marko Grobelnik
24. H2020 - ELEXIS; Evropska likesikografska infrastruktura
European Commission
doc. dr. Simon Krek

PROGRAM

1. Tehnologije znanja
prof. dr. Dunja Mladenič

OBISKI

1. Marko Tadić, Filozofska fakulteta, Univerza v Zagrebu, 8. 2. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Erik Novak, mag. prof. mat.: H2020 project enviroLENS: Copernicus for environmental law enforcement support, 8. 1. 2020
2. Matej Guid, insta text: Improving academic writing using InstaText, 15. 1. 2020
3. Luka Bizjak, dr. Aljaž Košmerlj: Presentation regarding the 8th European Congress of Mathematics, 22. 1. 2020
4. dr. Miha Cimperman: A presentation regarding the ongoing work on the EU project COG-LO: Future COgnitive Logistics Operations through Social Internet of Things, 29. 1. 2020
5. dr. Luka Bradeško: A presentation concerning the current status of the company Solvesall and the application NextPin, 5. 2. 2020
6. Abdul Sittar: A presentation of his previous work and experiences, 12. 2. 2020
7. Swati: A presentation of her previous work and experiences, 19. 2. 2020
8. dr. Aljaž Košmerlj: Results of the EW-Shopp project after the final project review meeting, 4. 3. 2020
9. Marko Grobelnik: Presentation of some of the CoronaVirus data, graphs and articles – first version of our IRCAI/JSI CoronaVirus Dashboard, 11. 3. 2020
10. Luis Rei: A presentation of his previous work and experiences, 18. 3. 2020
11. dr. Simon Krek: H2020 ELEXIS project – European Lexicographic Infrastructure, 25. 3. 2020
12. Erik Novak, mag. prof. mat.: H2020 x5Gon project – Cross Modal, Cross Cultural, Cross Lingual, Cross Domain, and Cross Site Global OER Network, 1. 4. 2020
13. Abdu; Sittar, Swati: Learning week in the H2020 CLEOPATRA project – Cross-lingual Event-centric Open Analytics Research Academy Home, 8. 4. 2020
14. Matej Posinkovič, univ. dipl. inž. fiz.: A presentation entitled: TBFY 1.0 – the first final version, 15. 4. 2020
15. Jože Rožanec: A presentation entitled: Demand forecasting of discrete components in the automotive industry, 22. 4. 2020
16. Klemen Kenda, Filip Koprivec, Beno Širčelj: FASTENER – Feature Selection Genetic Algorithm for Land-Use Classification, 29. 4. 2020
17. dr. Blaž Fortuna: Digital twins and new industrial directions, 6. 5. 2020
18. dr. Joao Pita Costa: MIDAS contribution to the global COVID-19 monitoring strategy, 13. 5. 2020
19. Luka Bizjak: Introducing a course on Optimal Transport, 20. 5. 2020
20. Pawel Dlotko, Swansea University: TDA for medical data analysis, how can we help in the current pandemic?, 27. 5. 2020
21. dr. Branko Kavšek, FAMNIT: CMAC: Clustering class association rules to form a Compact and Meaningful Associative Classifier, 3. 6. 2020
22. dr. Ayse Salih Sunar: Users' Learning Pathways on Cross-Site Open Educational Resources, 10. 6. 2020
23. dr. Janez Brank: Google trends API, 17. 6. 2020
24. Marko Grobelnik: H2020 project DataBench, 24. 6. 2020
25. M. Beshar Massri: Coronavirus Observatory, 1. 7. 2020
26. Abdul Sittar, Swati: The outcomes of the CLEOPATRA Learning Week, 8. 7. 2020
27. Marko Grobelnik: Article in Scientific American Is Inequality Inevitable?, 15. 7. 2020
28. dr. John Shawe Taylor, University College London, London, Velika Britanija: Humane AI flagship project: overview and prospects, 22. 7. 2020
29. dr. Aljaž Košmerlj: Update on the project FACTLOG: Energy-aware Factory Analytics for Process Industries, 29. 7. 2020
30. Matej Čerin, Filip Koprivec, Jože Peternelj, Beno Širčelj: An overview of the work completed within the H2020 project PerceptiveSentinel, 19. 8. 2020

PROJEKTI

1. Kolokacije kot temelj jezikovnega opisa: semantični in časovni vidiki
doc. dr. Simon Krek
 2. Novi načini in globalni vzorci (re)produkcije spletnih novic
prof. dr. Dunja Mladenič
 3. Nova slovnica sodobne standardne slovenščine: viri in metode
doc. dr. Simon Krek
 4. Causality - Vzročnost v dinamiki svetovnih dogodkov
prof. dr. Dunja Mladenič
 5. KAUC: Za KAKovost slovenskih Učbenikov
doc. dr. Simon Krek
 6. RSDO: Razvoj slovenščine v digitalnem okolju
dr. Aljaž Košmerlj
 7. IRCAI - Mendarodni raziskovalni center za umetno inteligenco
mag. Mitja Jermol
 8. Priprava in analiza podatkov za delavnice
dr. Iztok Kosem
 9. CLARIN projekt: CLASSLA delavnica o uporabi jezikovnih virov in orodij južno slovenskih jezikov v lingvističnem raziskovanju
doc. dr. Simon Krek
-
31. Klemen Kenda, univ. dipl. fiz.: H2020 project STAR – Safe and Trusted Human Centric Artificial Intelligence in Future Manufacturing Lines, 2. 9. 2020
 32. Mihajela Črnko: videolectures.net, 9. 9. 2020
 33. dr. Luka Bradeško: Curious Cat app, 16. 9. 2020
 34. Matej Posinkovič, univ. dipl. inž. fiz.: H2020 project TheyBuyForYou, 23. 9. 2020
 35. Gregor Žunič: Hierarchical Classification of Educational Resources, 30. 9. 2020
 36. Boris Cergol, Head of AI at Comtrade Digital Services: Generative Pre-trained Transformer 3 (GPT-3), 7. 10. 2020
 37. Jasna Urbančič, mag. inž. rač. in inf., Queen Mary University of London, London, Velika Britanija: Optimizing Embeddings using Persistence, 14. 10. 2020
 38. dr. Matej Kovačič: H2020 project CyberSane, 21. 10. 2020
 39. Jakob Jelenčič: New method for creating efficient domain tailored text embeddings using wikifier and latent dirichlet allocation, 28. 10. 2020
 40. dr. Miha Cimperman: H2020 project COG-LO, 4. 11. 2020
 41. dr. Žiga Zaplotnik, FMF: Simulation of the COVID-19 epidemic on the simplified social network of Slovenia, 11. 11. 2020
 42. dr. John Shawe Taylor, University College London, London, Velika Britanija: A presentation regarding the ongoing work of IRCAI – the International Research Centre On Artificial Intelligence, 18. 11. 2020
 43. dr. Inna Novalija: H2020 project DataBench, 25. 11. 2020
 44. Erik Novak, mag. prof. mat., Maja Škrjanc, univ. dipl. inž. rač. in inf.: H2020 project INFINITECH, 2. 12. 2020
 45. Gregor Kikelj: Solving self-driving cars, 9. 12. 2020
 46. Patrik Zajec: Slot-Filling and Relation Extraction, 16. 12. 2020
 47. Vid Kocjan: Methods for measuring bias in Natural Language Processing and their drawbacks, 23. 12. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Matej Čerin, Matej Posinkovič, projektni sestanek NAIADeS, Alicante, Španija, 13.–17. 1. 2020
2. Erik Novak, pregledni sestanek projekta EnviroLENS, Bruselj, Belgija, 14.–16. 1. 2020
3. Miha Cimperman, Sebastjan Fabijan, pregledni sestanek projekta Coglo, Bruselj, Belgija, 14.–17. 1. 2020
4. Erik Novak, Ayse Salih Sunar, projektni sestanek X5GON, Maribor, Slovenija, 17. 1. 2020
5. Dunja Mladenič, sestanek na Akademiji znanosti na panelu za računalništvo, Helsinki, Finska, 22.–24. 1. 2020
6. Erik Novak, Matej Posinkovič, udeležba na dogodku Inovacijski IT-šprint, Maribor, Slovenija, 23. 1. 2020
7. Erik Novak, udeležba na dogodku Inovacijski IT-šprint, Maribor, Slovenija, 24. 1. 2020
8. Marko Grobelnik, udeležba na Applied Machine Learning Days at EPFL, sestanek na EEAS, udeležba na Microsoft Global Corporate Learning & Talent Summit, AAAI konferenca, sestanki na Millenium Hedge Fund, sestanki na Colibra, sestanki na NYTimes, projektni sestanek Databench, Lozana, Bruselj, Seattle, New York, Milano, Italija, 24. 1.–19. 2. 2020
9. Sebastjan Fabijan, Tine Šubic, Udeležba na dogodku Smart mobility open Lizbona, Lizbona, Portugalska, 2.–8. 2. 2020
10. Blaž Novak, pripravljalni in zaključni sestanek projekta PrestoCloud, Bruselj, Belgija, 3.–7. 2. 2020
11. Salman Taherizadeh, Rehearsal in final review sestanek projekta PrestoCloud, Bruselj, Belgija, 4.–6. 2. 2020
12. Luka Bizjak, Bor Breclj, Aljaž Košmerlj, Beno Širčelj, projektni sestanek Factlog, Izmit, Turčija, 10.–13. 2. 2020

13. Dunja Mladenec, predavanje na seminarju All for Industry and Society, Ljubljana, Slovenija, 12. 2. 2020, eno vabljenno predavanje
14. Simon Krek, sestanek za projekt Clarin, Maribor, Slovenija, 14. 2. 2020
15. Maja Škrjanc, projektni sestanek DataBench, Milano, Italija, 16.–19. 2. 2020
16. Abdul Sittar, Swati, Demonstrator session in review projekta Cleopatra, Hannover, Nemčija, 23.–28. 2. 2020
17. Maja Škrjanc, projektni sestanek FINTECH, Dunaj, Avstrija, 24.–26. 2. 2020
18. Dunja Mladenec, projektni sestanek Cleopatra, OECD AI Observatory, Hannover, Nemčija, Pariz, Francija, 24.–28. 2. 2020
19. Marko Grobelnik, M. Beshar Massri, OECD AI Observatory, Pariz, Francija, 25.–29. 2. 2020, eno vabljenno predavanje
20. Polona Škraba Stanič, review sestanek projekta Cleopatra, Hannover, Nemčija, 25.–27. 2. 2020
21. Aljaž Košmerlj, Žan Palčič, review sestanek projekta EW-Shopp, Luxemburg, Luksemburg, 26.–29. 2. 2020
22. Simon Krek, Sestanek programskega odbora leksikografske konference Euralex, Alexandroupolis, Grčija, 1.–4. 3. 2020
23. Marko Grobelnik, Visit UAE/Saudi Delegation, Ljubljana, Slovenija, 2. 3. 2020
24. Marko Grobelnik, Dunja Mladenec, intervju na Radio Slovenija, Ljubljana, Slovenija, 9. 3. 2020, intervju
25. Ayse Saliha Sunar, udeležba na konferenci CSEDU 2020, 1.–5. 5. 2020 (virtualno)
26. Marko Grobelnik, Applied Artificial Intelligence Conference 2020, 11.–31. 5. 2020, eno vabljenno predavanje (virtualno)
27. Marko Grobelnik, sestanek za projekt Fintech na Banki Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 12. 6. 2020
28. Marko Grobelnik, drugo srečanje Slovenskega ambasadorskega programa (SAP), Ljubljana, Slovenija, 17. 6. 2020
29. Maja Škrjanc, predavanje na delavnici Market Risk in robot advisory, Bratislava, Slovaška, 21.–24. 6. 2020, eno vabljenno predavanje
30. Marko Grobelnik, intervju na Radiu Slovenija, Ljubljana, Slovenija, 30. 6. 2020, intervju
31. Abdul Sittar, Swati, Digital Methods Summer School, 29. 6.–3. 7. 2020 (virtualno)
32. Marko Grobelnik, intervju na Radiu Slovenija, Ljubljana, Slovenija, 3. 7. 2020, dva prispevka
33. Marko Grobelnik, GPAI meeting at MZZ, Ljubljana, Slovenija, 14. 7. 2020
34. Marko Grobelnik, član delegacije – uradni obisk predsednika Pahorja na Slovaškem, Bratislava, Slovaška, 21.–23. 7. 2020
35. Marko Grobelnik, udeležba na Bled Strategic Forum, Bled, Slovenija, 31. 8. 2020, eno vabljenno predavanje
36. Marko Grobelnik, WSIS Forum 2020: High-level Dialogue: Promoting Global Cooperation to harness the power of AI to mitigate COVID-19, 8. 9. 2020, eno vabljenno predavanje (virtualno)
37. Marko Grobelnik, Aljaž Košmerlj, ECML PKDD 2020, 14.–18. 9. 2020 (virtualno)
38. Marko Grobelnik, ICEGOV 2020 conference Artificial intelligence in digital governance: 24. 9. 2020, eno vabljenno predavanje (virtualno)
39. Marko Grobelnik, Internet Governance Forum, 10. 11. 2020, eno vabljenno predavanje (virtualno)
40. Marko Grobelnik, Ai – Please Mind the Gap, 17. 11. 2020, eno vabljenno predavanje (virtualno)
41. Marko Grobelnik, okrogla miza – Umetna Inteligenca: Življenje v času robotov in transhumanizma, 19. 11. 2020, eno vabljenno predavanje (virtualno)
42. Luka Bradeško, Open Source Summit Japan 2020, 2. 12.–4. 12. 2020 (virtualno)
43. Marko Grobelnik, NeurIPS 2020, 6. 12.–12. 12. 2020 (virtualno)
44. Marko Grobelnik, John Shawe-Taylor, Virtual International Conference: AI Global Dimension – Governance Challenges, 8. 12. 2020, dve vabljeni predavanji (virtualno)
45. Klemen Kenda, sestanek za projekt Infinitex, Ljubljana, Slovenija, 8. 12. 2020
46. Klemen Kenda, sestanek za projekt Infinitex, Ljubljana, Slovenija, 14. 12. 2020
47. Marko Grobelnik, 3rd plenary meeting of the Ad Hoc Committee on AI, 15. 12. 2020, eno vabljenno predavanje (virtualno)
48. Marko Grobelnik, Global Business Summit 2020, 16. 12. 2020, eno vabljenno predavanje (virtualno)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. doc. dr. Branko Kavšek*
2. dr. Iztok Kosem
3. dr. Simon Krek
4. dr. Jurij Leskovec
5. **prof. dr. Dunja Mladenec, 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. Aljaž Košmerlj
12. dr. Joao Paulo Pita Da Costa*
13. Adam Rambousek, PhD., Republika Češka
14. dr. Jan Rupnik*
15. *dr. Luka Stopar, odšel 1. 3. 2020*
16. *Ayşe Saliha Sunar, BSc in Mathematics, Turčija, 6. 9. 2020 razporeditev v odsek CT3*

Mlajši raziskovalci

17. Swati, Msc., Indija
18. Jaka Čibej, mag. prev.
19. mag. Rayid Ghani
20. James Alexander Hodson, Bachelor of Science, ZDA
21. Jakob Jelenčič, mag. fin. mat.
22. mag. Mitja Jermol
23. Klemen Kenda, univ. dipl. fiz.
24. Mark D Minevich, MSc., ZDA
25. Erik Novak, mag. prof. mat.
26. Eva Pori, univ. dipl. fil. in slov.
27. Jose Martin Rožanec, Msc
28. Abdul Sittar, MSc., Pakistan

Strokovni sodelavci

29. dr. Janez Brank
30. dr. Miha Cimperman
31. *Flavio Fuart, univ. dipl. inž. rač. in inf., odšel 1. 11. 2020*
32. Teja Goli, mag. prev.
33. dr. Matej Kovacič
34. Mojca Kregar, dipl. ekon.
35. dr. Gregor Leban*
36. Jose Luis Machado Rei, Msc., Portugalska
37. dr. Inna Novalija
38. dr. Ervin Pfeifer*
39. Primož Ponikvar, univ. dipl. fil. in franc.
40. Matej Posinkovič, univ. dipl. fiz.
41. *Matjaž Rihtar, univ. dipl. inž. el., odšel 1. 4. 2020*

42. Mateja Škraba, dipl. posl. inf.
43. dr. Polona Škraba Stanič
44. Maja Škrjanc, univ. dipl. inž. rač. in inf.

Tehniški in administrativni sodelavci

45. Aleš Buh
46. Mihajela Črnko
47. Jasna Franko
48. Marko Grobelnik
49. Blaž Kažič, univ. dipl. inž. el.
50. Monika Krojepej, univ. dipl. kult.
51. Tina Munda, dipl. jez. posred. (UN)
52. Blaž Novak, univ. dipl. inž. rač. in inf.
53. Davor Orlič, univ. dipl. prev.
54. Kim Sevšek, dipl. org. (UN)
55. Špela Sitar, univ. dipl. inž. živ. tehnol.

Opomba

- * delna zaposlitev na IJS

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Aalborg University, Aalborg, Danska
2. Aalto University, Aalto, Finska
3. ABB Robotics, Zürich, Švica
4. ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN BUCURESTI, Bukarešta, Romunija
5. ACTIVEEON, Valbonne, Francija
6. ADITESS ADVANCED INTEGRATED TECHNOLOGY SOLUTIONS & SERVICES LTD, Lefkosia, Ciper
7. AdriaMobil, Novo mesto, Slovenija
8. ADVANTIC SISTEMAS Y SERVICIOS SL, Španija
9. Agencia Estatal Consejo Superior De Investigaciones Cientificas, Španija
10. Agricultural Cooperative Society, Izrael
11. Agricultural Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenija
12. AGUAS MUNICIPALIZADAS DE ALICANTE, EMPRESA MIXTA, Alicante, Španija
13. Aikwit, d. o. o.
14. Airbus Defence and Space SAS, Francija
15. AKTIF YATIRIM BANKASI AS, Turčija
16. Algebraic AI S.L., Španija
17. Allan Turing Institute, London, Velika Britanija
18. ALMA MATER STUDIORUM Università di Bologna, Bologna, Italija
19. Alpineon razvoj in raziskave, d. o. o.
20. Amebis, d. o. o.
21. Andromeda Group, Paiania, Grčija
22. Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Grčija
23. Arni Magnusson Institute for Icelandic Studies, Reykjavik, Islandija
24. Artificial Intelligence Research Institute (IIIA), Barcelona, Španija
25. ASOCIACION DE INVESTIGACION METALURGICA DEL NOROESTE, Španija

26. ASSOCIATION O.R.T., Francija
27. Athena-Erevnitiko Kentro Kainotomias Stis Technologies Tis Pliroforias, Ton Epikoinonion Kai Tis Gnosis, Grčija
28. ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS AND BUSINESS - RESEARCH CENTER, Atene, Grčija
29. Atos Spain Sa Madrid, Španija
30. AUEB, Atene, Grčija
31. Austrian Institute of Technology GmbH, Dunaj, Avstrija
32. Ayuntamiento De Zaragoza, Zaragoza, Španija
33. B HIVE EU, Belgija
34. BANKA SLOVENIJE, Ljubljana, Slovenija
35. BANKING & PAYMENTS FEDERATION IRELAND COMPANY LIMITED BY GUARANTEE, Dublin, Irska
36. Barcelona Supercomputing Center, Barcelona, Španija
37. BIG BANG, TRGOVINA IN STORITVE, d. o. o., Ljubljana
38. Birmingham City Council, Birmingham, Velika Britanija
39. Bloomberg, New York, ZDA
40. Blumorpho, Pariz, Francija
41. BOGAZICI UNIVERSITESI, Istanbul, Turčija
42. BRC LIMITED, Velika Britanija
43. BRGM, Orléans, Francija
44. BROWSETEL (UK) LIMITED, London, Velika Britanija
45. Budapest University of Technology and Economics, Budimpešta, Madžarska
46. CARTIF Technology Center, Valladolid, Španija
47. CENEJE družba za trgovino in poslovno svetovanje, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
48. Centar za digitalne humanističke nauke, Beograd, Srbija
49. Centre National De La Recherche Scientifique CNRS, Francija
50. CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE CNRS, Pariz, Francija
51. Cerved Group Spa, Milan, Italija
52. Chrinon Ltd, London, Velika Britanija
53. CINECA, Bologna, Italija
54. CNIT, Parma, Italija
55. CNRS, Pariz, Francija
56. COMPANIA DE UTILITATI PUBLICE DUNAREA BRAILA SA, Romunija
57. Consiglio Nazionale Delle Ricerche, Pisa, Italija
58. Consiglio Nazionale Delle Ricerche, Italija
59. Consorzio Internuiversitario Nazionale Informatica, Italija
60. CONTINENTAL AUTOMOTIVE ROMANIA SRL, Romunija
61. CONTROL 2K LIMITED, Bridgend, Velika Britanija
62. COPENHAGEN FINTECH, Kopenhagen, Danska
63. CREVIS, Bruselj, Belgija
64. CROWDPOLICY PSIFIAKES SYMMETOXIKESYPIRESIES IKE, ATTICA, Grčija
65. CVS MOBILE, INFORMACIJSKE REŠITVE, D. D., Ljubljana
66. Det Danske Sprog- Og Litteraturselskab, Kopenhagen, Danska
67. DEUTSCHE WELLE, Bonn, Nemčija
68. DEUTSCHE ZENTRALBIBLIOTHEK FUER WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN - LEIBNIZ-INFORMATIONSZENTRUM WIRTSCHAFT, Kiel, Nemčija
69. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln, Nemčija
70. DFKI, German Research Center for Artificial Intelligence, Kaiserslautern, Nemčija
71. DISY INFORMATIONSSYSTEME GMBH, Karlsruhe, Nemčija
72. DOMINA SRL, MODENA, Italija
73. DYNAMIS AE GENIKON ASFALION, Kallithea, Grčija
74. ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE, Lozana, Švica
75. EDEX - EDUCATIONAL EXCELLENCE CORPORATION LIMITED, Nikozija, Ciper
76. Eesti Keele Instituut, Talin, Estonija
77. Eidgenoessische Technische Hochschule Zürich, Švica
78. EIT Digital, London, Velika Britanija
79. EKONOMICKA UNIVERZITA V BRATISLAVE, Bratislava, Slovaška
80. Elektro Primorska, Nova Gorica, Slovenija
81. Elektroserviis, Trzin, Slovenija
82. ELTA, Atene, Grčija
83. ENGINEERING - INGEGNERIA INFORMATICA SPA, Rim, Italija
84. Eotvos Lorand Tudományegyetem, Madžarska
85. Eötvös Loránd University, Budimpešta, Madžarska
86. ERNST & YOUNG GMBH WIRTSCHAFTSPRUFUNGSGESELLSCHAFT, Stuttgart, Nemčija
87. ETH Zürich, Švica
88. ETHNIKO KENTRO EREVNAS KAI TECHNOLOGIKIS ANAPTYXIS, Thessaloniki, Grčija
89. EURECOM, Biot, Francija
90. European Children's Universities Network, Dunaj, Avstrija
91. European Commission - Joint Research Centre, Ispra, Italy
92. European Commission, Directorate-General for Translation, Luksemburg
93. European Media Laboratory GmbH - EML, Heidelberg, Nemčija
94. European Organisation for Security, Bruselj, Belgija
95. Evaluations and Language Resources Distribution Agency, Pariz, Francija
96. EVERY NORGE AS, Fornebu, Norveška
97. Facebook, Mountain View, ZDA
98. Faculdade De Ciências Sociais E Humanas Da Universidade Nova De Lisboa, Lizbona, Portugalska
99. Federal University of Sao Carlos UFSCar, Sao Carlos, Brazilija
100. FIRAMIS GMBH, Oberursel, Nemčija
101. Fluidtime Data Services GmbH, Dunaj, Avstrija
102. Fondazione Bruno Kessler, Trento, Italija
103. Forschungsinstitut fuer Rationalisierung - FIR, Aachen, Nemčija
104. Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Nemčija
105. Forschungszentrum Informatik, Karlsruhe, Nemčija
106. FORTISS GMBH, Nemčija
107. Forum Virium, Helsinki, Finska
108. Foundation for Research and Technology-Hellas, Heraklion, Grčija
109. France Digitale, Pariz, Francija
110. FRATELLI PIACENZA S.P.A., Pollone, Italija
111. Fraunhofer Gesellschaft Zur Foerderung der Angewandten Forschung E.V., DE
112. Fraunhofer-Institut - Intelligent Analysis and Information Systems, Sankt Augustin, Nemčija
113. Freie Universität Berlin, Berlin, Nemčija
114. French Alternative Energies and Atomic Energy Commission, Gif-sur-Yvette, Francija
115. FUJITSU TECHNOLOGY SOLUTIONS, Pariz, Francija
116. FUNDACIO EURECAT, Barcelona, Španija
117. FUNDACION CENTRO TECNOLOXICO DE TELECOMUNICACIONES DE GALICIA, Vigo, Španija
118. FUNDACION DE LA COMUNIDAD VALENCIANA PARA LA INVESTIGACION, PROMOCION Y ESTUDIOS COMERCIALES DE VALENCIAPORT, Valencia, Španija
119. FUNDACION PARA LA PROMOCION DE LA INNOVACION, INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA INDUSTRIA DE AUTOMOCION DE GALICIA, Porriño, Španija
120. FUNDACJA PROGRESS AND BUSINESS, Krakow, Poljska
121. FundingBo, Madrid, Španija
122. Garin, Moncada, Španija
123. Gavagai, Stockholm, Švedska
124. GCF - GLOBAL CLIMATE FORUM EV, Berlin, Nemčija
125. Gemalto, Meudon, Francija
126. Generali Italia S.p.A., Italija
127. GENILLARD & CO GMBH, München, Nemčija
128. Geoville Informationssysteme und Datenverarbeitung GmbH, Innsbruck, Avstrija
129. German Entrepreneurship GMBH, Nemčija
130. Germanwatch Nord-Sued-Initiative e.V., Bonn, Nemčija
131. GESIS - LEIBNIZ INSTITUT FÜR SOZIALWISSENSCHAFTEN e.V., Mannheim, Nemčija
132. GFK EURISKO SR, Milano, Italija
133. GFT ITALIA SRL, Milano, Italija
134. GIOUMPTTEK MELETI SCHEDIASMOS YLOPOHISI KAI POLISI ERGON PLIROFORIKIS ETAIREIA PERIORISMENIS EFTHYNIS, Atene, Grčija
135. Global Security Challenge, London, Velika Britanija
136. Globtel, Maribor
137. Goodai research SRO, Praga, Češka
138. Google, Mountain View, ZDA
139. Google, Zürich, Švica
140. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover - I3S Research Center, Hannover, Nemčija
141. GRAMMOS S.A., Igoumenitsa, Grčija
142. Graz University of Technology, Institute for Theoretical Computer Science (IGI), Gradec, Avstrija
143. GUARDTIME AS, Talin, Estonija
144. HANSE AEROSPACE WIRTSCHAFTSDIENST GMBH, Hamburg, Nemčija
145. Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Izrael
146. Hella Saturnus, Ljubljana, Slovenija
147. HEWLETT PACKARD ITALIANA SRL, Milan, Italija
148. Hrvatska Pošta, Zagreb, Hrvatska
149. HTW BERLIN, Berlin, Nemčija
150. Hub France IA, Pariz, Francija
151. HUMBOLDT-UNIVERSITAET ZU BERLIN, Berlin, Nemčija
152. i2s, Atene, Grčija
153. IBATECH TECNOLOGIA SL, Madrid, Španija
154. IBM ISRAEL - SCIENCE AND TECHNOLOGY LTD, Haifa, Izrael
155. Idc Italia Srl, Milan, Italija
156. ideXlab, Pariz, Francija
157. Idiap Research Institute, Martigny, Švica
158. IDIAP, Martigny, Švica
159. IDRYMA TECHNOLOGIAS KAI EREVNAS, Thessaloniki, Grčija
160. IIT Bombay, Bombaj, Indija
161. IKONOMICESKI UNIVERSITET - VARNA, Varna, Bolgarija
162. IMFM, Institute of Mathematics, Physics and Mechanics, Ljubljana, Slovenija
163. INESC TEC - ISTITUTO DE ENGENHARIADE SISTEMAS E COMPUTADORES, TECNOLOGIA E CIENCIA, Porto, Portugalska
164. INESC TEC - Instituto De Engenhariade Sistemas E Computadores, Tecnologia E Ciencia, PT
165. Infotehna, Novo mesto, Slovenija
166. INFOTRIP S.A. - Intelligent Transport Systems, Thessaloniki, Grčija
167. Infraestruturas de Portugal SA, Almada, Portugalska
168. ING GROEP NV, NL
169. INNOV-ACTS LIMITED, Nikozija, Ciper
170. INNOVATION SPRINT, Bruselj, Belgija

171. Inova IT, d. o. o., Maribor, Slovenija
 172. INRIA Lille – Nord Europe, Lille, Francija
 173. INRIA, Pariz, Francija
 174. Insiel – Informatica per il Sistema degli Enti Locali SpA, Trst, Italija
 175. Institut Mines-Telecoms, Palaiseau, Francija
 176. Institut National De Recherche En Informatique Et Automatique, Francija
 177. Inštitut za novejšo zgodovino
 178. Institute for Bulgarian Language »Prof Lyubomir Andreychin«, Sofija, Bolgarija
 179. Institute for Language and Folklore, Stockholm, Švedska
 180. Institute for Language and Speech Processing, R.C. Athena, Atene, Grčija
 181. Institute for Lithuanian Language, Vilnius, Litva
 182. INSTITUTE OF COMMUNICATION AND COMPUTER SYSTEMS, Atene, Grčija
 183. Institute of Computer Science, Jagiellonian University, Krakov, Poljska
 184. Institute of Computer Science, Polish Academy of Sciences, Varšava, Poljska
 185. Institute of Mathematics and its Applications, University of Minnesota, Minneapolis, ZDA
 186. Institute of Science and Technology – IST, Klosterneuburg, Avstrija
 187. Institute of the Estonian Language, Talin, Estonija
 188. Institution Information Technologies Institute (CERTH – ITI), Thessaloniki, Grčija
 189. Instituto Cervantes, Madrid, Španija
 190. Instituto de Sistemas e Robótica (ISR), research center of Instituto Superior Técnico (ISR/IST), Lizbona, Portugalska
 191. Instituto Superior Tecnico, Portugalska
 192. Institutul de Cercetari Pentru Inteligenti Artificiala, Bukarešta, Romunija
 193. Instituut Voor Nederlandse Lexicologie, Lieden, Nizozemska
 194. International Network for Terminology, Dunaj, Avstrija
 195. INTRASOFT International SA, Bruselj, Belgija
 196. Iren Rinnovabili srl, Iren, Italija
 197. Iskratel, d. o. o., Kranj
 198. iSOCO, Barcelona, Španija
 199. ITS Hellas, Atene, Grčija
 200. Jagiellonian University, Krakov, Poljska
 201. Jazykovedný ústav L. Štúra Slovenskej akadémie vied, Bratislava, Slovaška
 202. JEMS, ENERGETSKA DRUŽBA, D.O.O., Ljubljana, Slovenija
 203. JOANNEUM RESEARCH FORSCHUNGSGESELLSCHAFT MBH, Gradec, Avstrija
 204. JOC, d. o. o., Vrhnika, Slovenija
 205. Johann Wolfgang Goethe Universitaet Frankfurt Am Main Frankfurt, Nemčija
 206. JOT INTERNET MEDIA ESPAÑA SL, Madrid, Španija
 207. JRC CAPITAL MANAGEMENT CONSULTANCY & RESEARCH GMBH, Berlin, Nemčija
 208. Junge Uni Innsbruck, Innsbruck, Avstrija
 209. K Desktop Environment e.V., Berlin, Nemčija
 210. K Dictionaries, Tel Aviv, Izrael
 211. KAPE – CRES, Centre for Renewable Energy Sources and Saving, Atene, Grčija
 212. Kapsch TrafficCom AG, Dunaj, Avstrija
 213. Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Nemčija
 214. Katholieke Universiteit Leuven, Lueven, Belgija
 215. KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS, Litva
 216. Kinderbüro Universität Wien, Dunaj, Avstrija
 217. King's College, London, Velika Britanija
 218. KLINIKUM NURNBERG, Nuremberg, Nemčija
 219. KNOW-CENTER GMBH RESEARCH CENTER FOR DATA-DRIVEN BUSINESS & BIG DATA ANALYTICS, Gradec, Avstrija
 220. Knowledge for All Foundation – K4A, London, Velika Britanija
 221. Kobenhavns Universitet, Danska
 222. KONNEKT ABLE TECHNOLOGIES LIMITED, Waterford, Irsko
 223. Közép-Európai Egyetem (CEU), Madžarska
 224. KTH Stockholm, Stockholm, Švedska
 225. La Sorbonne UPMC, Pariz, Francija
 226. Landbrug & Fodevarer F.M.B.A., Kopenhagen, Danska
 227. Language Technology Centre Ltd., Surrey, Velika Britanija
 228. Lawrence Berkeley National Laboratories, Berkeley, ZDA
 229. LEANXCALE SL, Madrid, Španija
 230. Leeds University, Leeds, Velika Britanija
 231. Leibniz Universität Hannover, Hannover, Nemčija
 232. Leiden University, Leiden, Nizozemska
 233. Lexical Computing, Brno, Češka
 234. LIBERBANK SA, Madrid, Španija
 235. LIGHTSOURCE LABS LIMITED, Dublin, Irsko
 236. Linagora, Puteaux, Francija
 237. LINGUASERVE INTERNACIONALIZACION DESERVICIOS SA, Madrid, Španija
 238. Lionbridge Belgium, Etterbeek, Belgija
 239. LiveU Ltd., Kfar Saba, Izrael
 240. LPP, Ljubljana, Slovenija
 241. LSE, London, Velika Britanija
 242. LUCY SOFTWARE AND SERVICES GMBH, Heidelberg, Nemčija
 243. Ludwig-Maximilians-Universitaet München, Nemčija
 244. Luis Simões SA, Lizbona, Portugalska
 245. Magellium SAS, Ramonville St Agne Cedex, Francija
 246. MAGGIOLI SPA, Santarcangelo Di Romagna, Italija
 247. Magyar Tudományos Akademia, Nyelvtudományi Intezet, Budimpešta, Madžarska
 248. MANDAT INTERNATIONAL ALIAS FONDATION POUR LA COOPERATION INTERNATIONALE, Ženeva, Švica
 249. Masarykova univerzita, Brno, Češka
 250. Max Planck Institut für Biologische Kybernetik, Tübingen, Nemčija
 251. MEASURENCE LIMITED, Dublin, Irsko
 252. Microsoft Ireland Research, Dublin, Irsko
 253. Microsoft Research Ltd., Cambridge, Velika Britanija
 254. Ministrstvo Za Javno Upravo, Ljubljana, Slovenija
 255. MODEFINANCE SRL, Trst, Italija
 256. MonkeyFab, Varšava, Poljska
 257. MORAVIA IT AS, Brno, Češka
 258. N. AMRAM TECHNOLOGIES LTD, Megido, Izrael
 259. NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, Singapur, Singapur
 260. National & Kapodistrian University of Athens, Atene, Grčija
 261. National Bank of Greece S.A., Palamas, Grčija
 262. National ICT Australia, Eveleigh, Avstralija
 263. National University Of Ireland, Galway, Galway, Irsko
 264. NCSR Demokritos, San Antonio, ZDA
 265. NEC, London, Velika Britanija
 266. NEHS Group, Pariz, Francija
 267. New York Times, New York, ZDA
 268. Nil podatkovne komunikacije, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
 269. Nissatech Innovation Centre, Niš, Srbija
 270. North Carolina State University, Raleigh, ZDA
 271. North Karelia University of Applied Sciences, Joensuu, Finska
 272. Norwegian Mapping Agency, Honefoss, Norveška
 273. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norveška
 274. NTUA - National Technical University of Athens, Atene, Grčija
 275. NUI Galway, Galway, Irsko
 276. OESIA NETWORKS SL, Rivas Vacaimadrid, Španija
 277. Oesia Networks SL, Zaragoza, Španija
 278. Oesterreichische Akademie Der Wissenschaften, Dunaj, Avstrija
 279. Olsen Ltd AG, Zürich, Švica
 280. Onera, Palaiseau, Francija
 281. Ontotext AD, Sofija, Bolgarija
 282. Open Data Institute (ODI), London, Velika Britanija
 283. Opera Software, Oslo, Norveška
 284. Örebro University, Örebro, Švedska
 285. Örebro University, Švedska
 286. ORT BRAUDE COLLEGE, Karmiel, Izrael
 287. Oxford University, Oxford, Velika Britanija
 288. PANTEIO PANEPISTIMIO KOINONIKON KAIPOLITIKON EPISTIMON, Atene, Grčija
 289. PARIS EUROPLACE, Pariz, Francija
 290. Paris Montagne, Pariz, Francija
 291. PDM E FC PROJECTO DESENVOLVIMENTO MANUTENCAO FORMACAO E CONSULTADORIALDA, Lizbona, Portugalska
 292. Persontyle, Velika Britanija
 293. PG Conseil, Pariz, Francija
 294. Philips Electronics Nederland B.V., Nizozemska
 295. Pinterrest, San Francisco, ZDA
 296. PlayGen Ltd. London, Velika Britanija
 297. Politechnika Warszawska, Varšava, Poljska
 298. Politecnico Di Milano, Milan, Italija
 299. POLYTECHNEIO KRITIS, Chania, Grčija
 300. Pomona College, Claremont, ZDA
 301. Pošta Slovenije, Ljubljana, Slovenija
 302. POSTE ITALIANE - SOCIETA PER AZIONI, Rim, Italija
 303. PostEurop, Bruselj, Belgija
 304. PRIVE SERVICES EUROPE GMBH, Dunaj, Avstrija
 305. PRIVREDNO DRUSTVO ZA PRUZANJE USLUGA ISTRAZIVANJE I RAZVOJ NISSATECH INNOVATION CENTRE DOO, Niš, Srbija
 306. QLECTOR, RAZVOJ CELOVITIH RESITEV ZA PAMETNE TOVARNE DOO, Ljubljana, Slovenija
 307. Queen Mary University of London, London, Velika Britanija
 308. Q-Validus Ltd, Dublin, Irsko
 309. Qwant, Apriz, Francija
 310. Radboud University of Nijmegen, Nijmegen, Nizozemska
 311. Real Academia Espanola, Madrid, Španija
 312. Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe (REC), Szentendre, Madžarska
 313. REGISTERENHETEN I BRONNOYSUND, Bronnoysund, Norveška
 314. RENNELAER POLYTECHNIC INSTITUTE, Troy, ZDA
 315. REPORTBRAIN LIMITED, London, Velika Britanija
 316. Research Institute for Linguistics of the Hungarian Academy of Sciences, Budimpešta, Madžarska
 317. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, Nemčija
 318. Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule Aachen – RWTH, Aachen, Nemčija
 319. ROESSINGH RESEARCH AND DEVELOPMENT BV, Enschede, Nizozemska
 320. Royal Holloway, University of London, London, Velika Britanija
 321. Rutgers University, New Jersey, ZDA

322. S2 GRUPO DE INNOVACION EN PROCESOS ORGANIZATIVOS SL, Valencia, Španija
323. Saarland University, Saarbrücken, Nemčija
324. SANTANDER UK PLC, London, Velika Britanija
325. SAP AG, Walldorf, Nemčija
326. SAP SE, Nemčije
327. SCI - University of Utah, Salt Lake City, ZDA
328. Semantic Technology Institute International, Dunaj, Avstrija
329. Semantic Technology Institute, University of Innsbruck, Innsbruck, Avstrija
330. SIA SPA, Milano, Italija
331. SIDROCO HOLDINGS LIMITED, Nikozija, Ciper
332. Siemens, München, Nemčija
333. SIMULA, Fornebu, Norveška
334. Sinergise, Laboratory for geographical information systems, Ltd., Ljubljana, Slovenija
335. Singular Logic - Information Systems & Applications SA, Atene, Grčija
336. SINGULARLOGIC ANONYMI ETAIREIA PLIROFORIAKON SYSTIMATON KAI EFARMOGON PLIROFORIKIS, Atene, Grčija
337. SISSA Medialab, Trst, Italija
338. SIVECO ROMANIA SA, Bukarešta, Romunija
339. Slovenska tiskovna agencija, Ljubljana, Slovenija
340. Slovenski avtomobilski grozd, Ljubljana, Slovenija
341. SOFTWARE AG, Darmstadt, Nemčija
342. SOFTWARE IMAGINATION & VISION SRL, Bukarešta, Romunija
343. Sorbonne Universite, Francija
344. SPAZIODATI SRL, Trento, Italija
345. SPHYNX TECHNOLOGY SOLUTIONS AG, Zug, Švica
346. Spica International, d. o. o., Ljubljana
347. St Louis University, Saint Louis, ZDA
348. Stanford University, Palo Alto, ZDA
349. Steinbeis Innovation gGmbH, Stuttgart, Nemčija
350. Stichting Centrum Voor Wiskunde En Informatica, Amsterdam, Nizozemska
351. STICHTING IHE DELFT INSTITUTE FOR WATER EDUCATION, Delft, Nizozemska
352. STICHTING VU, Nizozemska
353. Stiftelsen Sintef, Trondheim, Norveška
354. Stockholm University, Stockholm, Švedska
355. Studio Moderna, d. o. o., Zagorje ob Savi, Ljubljana
356. SVEUCILISTE U RIJECI EKONOMSKI FAKULTET, Reka, Hrvaška
357. Sveuciliste u Zagrebu Filozofski Fakultet - University of Zagreb, Zagreb, Hrvaška
358. SWARCO, Turin, Italija
359. Swedish Centre for Terminology, Stockholm, Švedska
360. T U Berlin, Berlin, Nemčija
361. TAMPEREEN KORKEAKOULUSAATIO SR, Tampere, Finska
362. TAMPEREEN YLIOPISTO, Tampere, Finska
363. TAUS, De Rijp, Nizozemska
364. Techila Technologies Ltd, Tampere, Finska
365. Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Kopenhagen, Danska
366. Technical University of Kosice, Košice, Slovaška
367. Technicolor, Pariz, Francija
368. Technion-Israel Institute of Technology, Haifa, Izrael
369. TECHNISCHE UNIVERSITAET DRESDEN, Dresden, Nemčija
370. Technische Universitaet Kaiserslautern, Nemčija
371. Technische Universitaet Wien, Avstrija
372. Technische Universität Berlin, Nemčija
373. Technische Universität München, München, Nemčija
374. Technische Universiteit Delft, Nizozemska
375. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, Nizozemska
376. TEKNOLOJI ARASTIRMA GELISTIRME ENDUSTRIYEL URUNLER BILISIM TEKNOLOJILERI SANAYI VE TICARET ANONIM TICARET, Istanbul, Turčija
377. Tel Aviv University, Tel Aviv, Izrael
378. Telecommunications Software & Systems Group, Waterford, Irska
379. Telefonica Investigacion Y Desarrollo SA, Španija
380. TELEFONICA INVESTIGACION Y DESARROLLO SA, Madrid, Španija
381. Telekom Slovenije, Ljubljana, Slovenija
382. Telenor ASA, Fornebu, Norveška
383. TETALAP - Hungarian Science and Technology Foundation, Budimpešta, Madžarska
384. THALES ALENIA SPACE, Cannes, Francija
385. Thales Research & Technology, Palaiseau, Francija
386. Thales Six Gts France SAS, Francija
387. The European Access Network, London, Velika Britanija
388. The European Students' Union, Bruselj, Belgija
389. The Foundation of Max Reinhardt, Bratislava, Slovaška
390. The Numerical Algorithms Group (NAG), Oxford, Velika Britanija
391. The Open University, Milton Keynes, Velika Britanija
392. THE PROVOST, FELLOWS, FOUNDATION SCHOLARS & THE OTHER MEMBERS OF BOARD OF THE COLLEGE OF THE HOLY & UNDIVIDED TRINITY OF QUEEN ELIZABETH NEAR DUBLIN, Dublin, Irska
393. The University of Limerick, Localisation Research Centre, Limerick, Irska
394. THE UNIVERSITY OF MANCHESTER, Manchester, Velika Britanija
395. The University of Sussex, Velika Britanija
396. TIB Hannover - The German National Library of Science and Technology, Hannover, Nemčija
397. Ticon Uk Limited, London, Velika Britanija
398. TILDE SIA, Latvija
399. TILDE, Riga, Latvija
400. TIS Transport, Innovation and Systems Consultancy, Lizbona, Portugalska
401. TNO, Delft, Nizozemska
402. Toshiba, Cambridge, Velika Britanija
403. TREDIT SA Transport Consultants, Kalamaria, Grčija
404. TRT, Milan, Italija
405. Tsinghua University, Peking, Kitajska
406. TU Berlin/DAI-Lab, Berlin, Nemčija
407. TU Wien, Dunaj, Avstrija
408. Tübingen Children's University, Tübingen, Nemčija
409. TurboInštitut d.d., Ljubljana, Slovenija
410. Turkiye Bilimsel Ve Teknolojik Arastirma Kurumu, Turčija
411. Turkiye Petrol Rafinerileri Anonim Sirketi, Körfez, Turčija
412. TWENTY COMMUNICATION, Bath, Velika Britanija
413. UBITECH LIMITED, Limassol, Ciper
414. UDG ALLIANCE, Lozana, Švica
415. Uokobenhavns Universitet, Kopenhagen, Danska
416. Umeå Universitet, Švedska
417. Umeå University, Umeå, Švedska
418. Unilever, London, Velika Britanija
419. UNINOVA-INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS-ASSOCIACAO, Portugalska
420. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, Španija
421. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, Madrid, Španija
422. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Španija
423. Universidad Pompeu Fabra, Španija
424. Università Ca' Foscari di Venezia, Benetke, Italija
425. UNIVERSITA DEGLI STUDI DI GENOVA, Genoa, Italy
426. Università degli Studi di Milano, Milano, Italija
427. Università Degli Studi Di Palermo, Palermo, Italija
428. UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PAVIA, Pavia, Italija
429. Università Degli Studi Di Roma La Sapienza, Rim, Italija
430. Università dell'Insubria, Varese, Italija
431. Università Di Pisa, Italija
432. UNIVERSITA POLITECNICA DELLE MARCHE, Ancona, Italija
433. Universitat d'Alicante, Alicante, Španija
434. Universitat de les Illes Balears, Palma, Španija
435. Universitat de Lleida, Lleida, Španija
436. Universitat de Valencia, Valencia, Španija
437. UNIVERSITAT JAUME I DE CASTELLON, Castellon de la Plana, Španija
438. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Španija
439. Universitat Politècnica de València - UPV, Valencia, Španija
440. Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Španija
441. Universität Stuttgart, Stuttgart, Nemčija
442. Universität Trier, Trier, Nemčija
443. Université de Geneve, Ženeva, Švica
444. UNIVERSITE DU LUXEMBOURG, Luxembourg, Luksemburg
445. Université Grenoble Alpes, Francija
446. UNIVERSITE PARIS I PANTHEON-SORBONNE, Pariz, Francija
447. Université Pierre et Marie Curie, Pariz, Francija
448. Universiteit Leiden, Nizozemska
449. Universiteit Utrecht, Utrecht, Nizozemska
450. Universiteit van Amsterdam, Amsterdam, Nizozemska
451. University College Cork - National University of Ireland, Cork, Irska
452. University College Cork, Cork, Irska
453. University College Dublin, Dublin, Irska
454. UNIVERSITY COLLEGE DUBLIN, NATIONAL UNIVERSITY OF IRELAND, DUBLIN, Irska
455. University College London, London, Velika Britanija
456. University College London, Velika Britanija
457. University of Aalto, Helsinki, Finska
458. University of Aegean, Mytilini, Grčija
459. University of Amsterdam, Amsterdam, Nizozemska
460. University of Antwerp, Antwerp, Belgija
461. University of Barcelona, Španija
462. UNIVERSITY OF BRIGHTON, Brighton, Velika Britanija
463. University of Bristol, Bristol, Velika Britanija
464. University of British Columbia, Vancouver, Kanada
465. University of Cambridge, Cambridge, Velika Britanija
466. University of Coimbra, Coimbra, Portugalska
467. University of Copenhagen, Kopenhagen, Danska
468. University of Economics, Prague, Praga, Češka
469. University of Edinburgh, Edinburgh, Velika Britanija
470. University of Fribourg, Fribourg, Švica
471. University of Glasgow, Glasgow, Velika Britanija
472. University of Heidelberg, Heidelberg, Nemčija
473. University of Helsinki, Helsinki, Finska
474. University of Innsbruck, Innsbruck, Avstrija
475. University of Karlsruhe, Institute AIFB, Nemčija

476. University of Leoben, Leoben, Avstrija
 477. University of Liege, Liege, Belgija
 478. University of Lisbon Algebra Center, Lizbona, Portugalska
 479. University of Liverpool, Liverpool, Velika Britanija
 480. University of London, London, Velika Britanija
 481. University of Manchester, Manchester, Velika Britanija
 482. University of Oviedo (LLTO), Asturias, Španija
 483. University of Oxford, Oxford, Velika Britanija
 484. University of Pennsylvania, Pennsylvania, ZDA
 485. UNIVERSITY OF PIRAEUS RESEARCH CENTER, Piraeus, Grčija
 486. University of Sheffield, Sheffield, Velika Britanija
 487. University of Siena, Siena, Italija
 488. University Of Southampton, Southampton, Velika Britanija
 489. University of St. Andrews, St. Andrews, Velika Britanija
 490. University of Surrey, Guildford, Velika Britanija
 491. University of Szeged, Juhasz Gyula, Teachers Training Faculty, Szeged, Madžarska
 492. University of Tartu, Tartu, Estonija
 493. University of the Aegean (UoA), Mytilini, Grčija
 494. University of Venice/ECLT, Benetke, Italija
 495. University of Wolverhampton (UoW), Wolverhampton, Velika Britanija
 496. University of York, York, Velika Britanija
 497. University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics, Varaždin, Hrvaška
 498. University of Zagreb, Zagreb, Hrvaška
 499. University Paris I Panthéon-Sorbonne, Pariz, Francija
 500. University Rey Juan Carlos, Madrid, Španija
 501. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Ljubljana, Slovenija
 502. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
 503. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, Slovenija
 504. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, Slovenija
 505. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
 506. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
 507. Univerzita Karlova, Češka
 508. Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Slovaška
 509. Uniwersytet Warszawski, Poljska
 510. UNIWERSYTET WARSZAWSKI, Varšava, Poljska
 511. UNPARALLEL INNOVATION LDA, Caparica, Portugalska
 512. UP IAM – University of Primorska, Andrej Marušič Institute, Koper, Slovenija
 513. UPC Barcelona / Universidad de Cantabria, Barcelona, Španija
 514. Upstanding Hackers, Cheyenne, ZDA
 515. US Military Academy, West Point, New York, ZDA
 516. VILLE DE CAROUGE, Ženeva, Švica
 517. VISTATEC LTD, Dublin, Irska
 518. VITASIS, d. o. o.
 519. Volkswagen AG, DE
 520. VRIJE UNIVERSITEIT BRUSSEL, Bruselj, Belgija
 521. Vrije Universteit Brussel, Belgija
 522. VYSOKA SKOLA EKONOMICKA V PRAZE, Praga, Češka
 523. Vysoke Ucení Technické V Brne, Češka
 524. WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Varšava, Poljska
 525. Wavestone, London, Velika Britanija
 526. WENALYZE, Madrid, Španija
 527. Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Nemčija
 528. Wikimedia, Berlin, Nemčija
 529. WIRTSCHAFTSUNIVERSITÄT WIEN, Dunaj, Avstrija
 530. WROCLAW UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, Wroclaw, Poljska
 531. XEROX Research Centre Europe, Meylan, Francija
 532. Xlab, Teslova 30, Ljubljana, Slovenija
 533. XTM International, Bucks, Velika Britanija
 534. Yahoo! Research, New York, ZDA
 535. ZOOM Children's Museum, Dunaj, Avstrija
 536. ZURCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN, Winterthur, Švica

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Salman Taherizadeh, Marko Grobelnik, "Key influencing factors of the Kubernetes auto-scaler for computing-intensive microservice-native cloud-based applications", *Advances in engineering software*, 2020, **140**, 102734. [COBISS.SI-ID 32837927]
- Mattiev Jamolbek Maqsudovich, Branko Kavšek, "Coverage-based classification using association rule mining", *Applied sciences*, 2020, **10**, 20, 7013. [COBISS.SI-ID 41203715]
- Rickard Brüel-Gabrielsson, Vignesh Ganapathi-Subramanian, Primož Škraba, Leonidas J. Guibas, "Topology-aware surface reconstruction for point clouds", *Computer graphics forum*, 2020, **39**, 5, 197-207. [COBISS.SI-ID 31873539]
- Primož Škraba, Gugan Thoppe, D. Yogeshwaran, "Randomly weighted d-complexes", *The Electronic journal of combinatorics*, 2020, **27**, 2, 2.11. [COBISS.SI-ID 13169667]
- Filip Koprivec, Klemen Kenda, Beno Šircelj, "FASTENER feature selection for Inference from Earth observation data", *Entropy*, 2020, **22**, 11, 1198. [COBISS.SI-ID 34001155]
- João Pita Costa, Marko Grobelnik, Flavio Fuart, Luka Stopar, "Meaningful Big Data Integration for a Global COVID-19 strategy", *IEEE computational intelligence magazine*, 2020, **15**, 4, 51-61. [COBISS.SI-ID 35031811]
- Kaja Dobrovoljc, "Identifying dictionary-relevant formulaic sequences in written and spoken corpora", *International journal of lexicography*, 2020, **33**, 4, 417-442. [COBISS.SI-ID 24446723]
- Eva Pori, "Primer Oder 57: poskus rekonstrukcije estetike igralskega govornega in telesnega izraza", *Jezik in slovstvo*, 2020, **65**, št. 2, 47-61, 150. [COBISS.SI-ID 34213635]
- Klemen Kenda, Jože Peternelj, Nikos Mellios, Dimitris Kofinas, Matej Čerin, Jože M. Rožanec, "Usage of statistical modeling techniques in surface and groundwater level prediction", *Journal of water supply: research and technology - aqua*, 2020, **69**, 3, 248-265. [COBISS.SI-ID 33316647]
- Iztok Kosem, Simon Krek, Polona Gantar, "Defining collocation for Slovenian lexical resources", V: *Kolokacije v leksikografiji: obstoječe rešitve in izzivi za prihodnost*, 2020, **8**, 2, 1-27. [COBISS.SI-ID 27966211]
- Eva Pori, Jaka Čibej, Špela Arhar Holdt, Izток Kosem, "The attitude of dictionary users towards automatically extracted collocation data: a user study", V: *Kolokacije v leksikografiji: obstoječe rešitve in izzivi za prihodnost*, 2020, **8**, 2, 168-201. [COBISS.SI-ID 27951107]
- Darja Fišer, Nikola Ljubešič, Tomaž Erjavec, "The Janes project: language resources and tools for Slovene user generated content", *Language resources and evaluation*, 2020, **54**, 1, 223-246. [COBISS.SI-ID 68029026]
- Marija Brbič, Marinka Žitnik, Angela O. Pisco, Russ B. Altman, Spyros Darmanis, Jurij Leskovec, Sheng Wang, "MARS: discovering novel cell types across heterogeneous single-cell experiments", *Nature methods*, 2020, **17**, 12, 1200-1206. [COBISS.SI-ID 40479747]
- Tanja Gmeiner, Jasna Grželj, Borut Štrukelj, Luka Stopar, Pij B. Marko, "Psoriasis: a comprehensive review on the aetiopathogenesis and recent advances in long-term management of patients with plaque psoriasis", *Pharmacology & pharmacy*, 2020, **11**, 12, 373-401. [COBISS.SI-ID 53517315]
- Omer Bobrowski, Primož Škraba, "Homological percolation and the Euler characteristic", *Physical review. E*, 2020, **101**, 3, 032304. [COBISS.SI-ID 33316903]
- Nikola Ljubešič, "Deep lexicography - Fad or opportunity?", *Rasprave Instituta za hrvatski jezik i jezikoslovje*, 2020, **46**, 2, 839-852. [COBISS.SI-ID 47773699]
- Manolo Pérez *et al.* (16 avtorjev), "From historical silk fabrics to their interactive virtual representation and 3D printing", *Sustainability*, 2020, **12**, 18, 7539. [COBISS.SI-ID 28542723]
- Vasja Vehovar, Blaž Povž, Darja Fišer, Nikola Ljubešič, Ajda Šulc, Dejan Jontes, "Družbeno nesprijemljivi diskurz na Facebookovih straneh novičarskih portalov", *Teorija in praksa: revija za družbeno vprašanja*, 2020, **57**, št. 2, 622-645, 694. [COBISS.SI-ID 22060035]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

- Dejan Štepec, Tomaž Martinčič, Fabrice Klein, Daniel Vladušič, João Pita Costa, "Machine learning based system for vessel turnaround time prediction", V: *MDM 2020, 21st IEEE International Conference on Mobile*

- Data Management, Versailles, France, 30 June-3 July 2020*, Proceedings, IEEE, 2020, 258-263. [COBISS.SI-ID 43872771]
2. Nikola Ljubešić, Ilija Markov, Darja Fišer, Walter Daelemans, "The LiLaH emotion lexicon of Croatian, Dutch and Slovene", V: *PEOPLES 2020, Computational Modeling of PEople's Opinions, PersonaLity, and Emotions in Social media, Barcelona, Spain, December 12-13, 2020*, Proceedings, (ACL Anthology), Association for Computational Linguistics, 2020, 153-157. [COBISS.SI-ID 47796227]
 3. Jingbo Yang, Ruge Zhao, Meixian Zhu, David Hallac, Jaka Sodnik, Jurij Leskovec, "Driver2vec: driver identification from automotive data", V: *6th Workshop on Mining and Learning from Time Series, Aug. 24th, 2020, San Diego, California, USA*, Proceedings, 2020. [COBISS.SI-ID 39109379]
 4. Hongyu Ren, Jurij Leskovec, "Beta embeddings for multi-hop logical reasoning in knowledge graphs", V: *NeurIPS 2020, 34th Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, Canada*, Proceedings, (Advances in neural information processing systems 33), NIPS Foundation, 2020. [COBISS.SI-ID 45932803]
 5. Jiaxuan You, Xiaobai Ma, Daisy Yi Ding, Mykel J. Kochenderfer, Jurij Leskovec, "Handling missing data with graph representation learning", V: *NeurIPS 2020, 34th Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, Canada*, Proceedings, (Advances in neural information processing systems 33), NIPS Foundation, 2020. [COBISS.SI-ID 46320131]
 6. Weihua Hu, Matthias Fey, Marinka Žitnik, Yuxiao Dong, Hongyu Ren, Bowen Liu, Michele Catasta, Jurij Leskovec, "Open graph benchmark: datasets for machine learning on graphs", V: *NeurIPS 2020, 34th Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, Canada*, Proceedings, (Advances in neural information processing systems 33), NIPS Foundation, 2020. [COBISS.SI-ID 46288899]
 7. Baharan Mirzasoleiman, Kaidi Cao, Jurij Leskovec, "Coresets for robust training of neural networks against noisy labels", V: *NeurIPS 2020, 34th Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, Canada*, Proceedings, (Advances in neural information processing systems 33), NIPS Foundation, 2020. [COBISS.SI-ID 46311171]
 8. Jiaxuan You, Rex Ying, Jurij Leskovec, "Design Space for Graph Neural Networks", V: *NeurIPS 2020, 34th Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, Canada*, Proceedings, (Advances in neural information processing systems 33), NIPS Foundation, 2020. [COBISS.SI-ID 46120963]
 9. Tailin Wu, Hongyu Ren, Pan Li, Jurij Leskovec, "Graph information bottleneck", V: *NeurIPS 2020, 34th Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, Canada*, Proceedings, (Advances in neural information processing systems 33), NIPS Foundation, 2020. [COBISS.SI-ID 46325251]
 10. Pan Li, Yanbang Wang, Hongwei Wang, Jurij Leskovec, "Distance encoding: design provably more powerful neural networks for graph representation learning", V: *NeurIPS 2020, 34th Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, Canada*, Proceedings, (Advances in neural information processing systems 33), NIPS Foundation, 2020. [COBISS.SI-ID 46369539]
 11. Mattiev Jamolbek Maqsdovich, Branko Kavšek, "A compact and understandable associative classifier based on overall coverage", V: *ANT 2020, The 11th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies, April 6 - 9, 2020, Warsaw, Poland*, Proceedings, (Procedia computer science 170), Elsevier, 2020, 1161-1167. [COBISS.SI-ID 26914307]
 12. Mihaela Gaman *et al.* (11 avtorjev), "A report on the VarDial evaluation campaign 2020", V: *7th Workshop on NLP for Similar Languages, Varieties and Dialects, Barcelona, Spain, December 12-13, 2020*, Proceedings, (ACL Anthology), International Committee on Computational Linguistics, 2020, 1-14. [COBISS.SI-ID 47804675]
 13. Carlos S. Armendariz, Matthew Purver, Senja Pollak, Nikola Ljubešić, Matej Ulčar, Marko Robnik Šikonja, Ivan Vulić, Mohammed Taher Pilehvar, "SemEval-2020 task 3: graded word similarity in context", V: *Fourteenth Workshop on Semantic Evaluation, Barcelona, Spain, December 12-13, 2020*, Proceedings, (ACL Anthology), International Committee on Computational Linguistics, 2020, 36-49. [COBISS.SI-ID 41214723]
 14. Cody Coleman, Christopher Yeh, Stephen Mussmann, Baharan Mirzasoleiman, Peter Bailis, Percy Liang, Jurij Leskovec, Matej Zaharia, "Select via proxy: efficient data selection for deep learning", V: *ICLR 2020, International Conference on Learning Representations, Addis Ababa, Ethiopia, April 30, 2020*, Proceedings, ICML, 2020, 12. [COBISS.SI-ID 49741059]
 15. Hongyu Ren, Weihua Hu, Jurij Leskovec, "Query2box: reasoning over knowledge graphs in vector space using box embeddings", V: *ICLR 2020, International Conference on Learning Representations, Addis Ababa, Ethiopia, April 30, 2020*, Proceedings, ICML, 2020, 14. [COBISS.SI-ID 49715971]
 16. Weihua Hu, Bowen Liu, Joe Gomes, Marinka Žitnik, Percy Liang, Vijay Pande, Jurij Leskovec, "Strategies for pre-training graph neural networks", V: *ICLR 2020, International Conference on Learning Representations, Addis Ababa, Ethiopia, April 30, 2020*, Proceedings, ICML, 2020, 18. [COBISS.SI-ID 49730307]
 17. Baharan Mirzasoleiman, Jeff Bilmes, Jurij Leskovec, "Coresets for data-efficient training of machine learning models", V: *International Conference on Machine Learning, 13-18 July 2020*, Proceedings, (Proceedings of Machine Learning Research 119), MLResearch Press, 2020, 6950-6960. [COBISS.SI-ID 49527555]
 18. Alvaro Sanchez-Gonzalez, Jonathan Godwin, Tobias Pfaff, Rex Ying, Jurij Leskovec, Peter Battaglia, "Learning to simulate complex physics with graph networks", V: *International Conference on Machine Learning, 13-18 July 2020*, Proceedings, (Proceedings of Machine Learning Research 119), MLResearch Press, 2020, 8459-8468. [COBISS.SI-ID 49515267]
 19. Jiaxuan You, Jurij Leskovec, Kaiming He, Saining Xie, "Graph structure of neural networks", V: *International Conference on Machine Learning, 13-18 July 2020*, Proceedings, (Proceedings of Machine Learning Research 119), MLResearch Press, 2020, 10881-10891. [COBISS.SI-ID 49535235]
 20. Špela Arhar Holdt, Jaka Čibej, "Rezultati projekta "Slovar sopomenk sodobne slovenščine: od skupnosti za skupnost"", V: *Jezirovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 3-9. [COBISS.SI-ID 30583043]
 21. Špela Arhar Holdt, Senja Pollak, Marko Robnik Šikonja, Simon Krek, "Referenčni seznam pogostih splošnih besed za slovenščino", V: *Jezirovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 10-15. [COBISS.SI-ID 30568963]
 22. Simon Krek, Tomaž Erjavec, Kaja Dobrovoljč, Polona Gantar, Špela Arhar Holdt, Jaka Čibej, Janez Brank, "The sssj500k training corpus for Slovene language processing", V: *Jezirovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 24-33. [COBISS.SI-ID 30599683]
 23. Kristina Pahor de Maiti, Darja Fišer, Nikola Ljubešić, Tomaž Erjavec, "Grammatical footprint of socially unacceptable Facebook comments", V: *Jezirovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 48-57. [COBISS.SI-ID 37069827]
 24. Darinka Verdonik, Simona Majhenič, Špela Antloga, Sandi Majniner, Marko Ferme, Kaja Dobrovoljč, Simona Pulko, Mira Krajnc Ivič, Natalija Ulčnik, "Uporaba jezikovnetehnoloških virov in postopkov pri razvoju učnega e-okolja Slovenščina na dlani", V: *Jezirovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 101-108. [COBISS.SI-ID 32983811]
 25. Zhijiao Jia, Sina Lin, Rex Ying, Jiaxuan You, Jurij Leskovec, Alex Aiken, "Redundancy-free computation for graph neural networks", V: *KDD '20, 26th ACM SIGKDD International conference on knowledge discovery & data mining*, Proceedings, ACM, 2020, 997-1005. [COBISS.SI-ID 47914243]
 26. Aditya Pal, Chantat Eksombatchai, Yitong Zhou, Bo Zhao, Charles Rosenberg, Jurij Leskovec, "PinnerSage: multi-modal user embedding framework for recommendations at pinterest", V: *KDD '20, 26th ACM SIGKDD International conference on knowledge discovery & data mining*, Proceedings, ACM, 2020, 2311-2320. [COBISS.SI-ID 48289539]
 27. Carl Yang, Aditya Pal, Andrew Zhai, Nikil Pancha, Jiawei Han, Charles Rosenberg, Jurij Leskovec, "MultiSage: empowering GCN with contextualized multi-embeddings on web-scale multipartite networks", V: *KDD '20, 26th ACM SIGKDD International conference on knowledge discovery & data mining*, Proceedings, ACM, 2020, 2435-2443. [COBISS.SI-ID 48508163]
 28. Špela Arhar Holdt, Nataša Logar, Eva Pori, Iztok Kosem, "Game of Words": play the game, clean the database", V: *EURALEX XIX, Lexicography for inclusion, Congress of the European Association for Lexicography, 7-11 September 2020, Alexandroupolis, Greece*, Proceedings, Vol. 1, European Association for Lexicography, 2020, 41-49. [COBISS.SI-ID 39029251]
 29. Lionel Nicolas *et al.* (18 avtorjev), "Creating expert knowledge by relying on language learners: a generic approach for mass-producing language resources by combining implicit crowdsourcing and language learning", V: *LREC 2020, Twelfth International Conference on Language Resources and Evaluation, May 11-16, 2020, Marseille, France*, Proceedings, ELRA, 2020, 268-278. [COBISS.SI-ID 18007811]

30. Georg Rehm *et al.* (47 avtorjev), "The European language technology landscape in 2020: language-centric and human-centric AI for cross-cultural communication in multilingual Europe", V: *LREC 2020, Twelfth International Conference on Language Resources and Evaluation, May 11-16, 2020, Marseille, France*, Proceedings, ELRA, 2020, 3322-3331. [COBISS.SI-ID 18076163]
31. Sina Ahmadi *et al.* (42 avtorjev), "A multilingual evaluation dataset for monolingual word sense alignment", V: *LREC 2020, Twelfth International Conference on Language Resources and Evaluation, May 11-16, 2020, Marseille, France*, Proceedings, ELRA, 2020, 3232-3242. [COBISS.SI-ID 16623107]
32. Simon Krek, Špela Arhar Holdt, Tomaž Erjavec, Jaka Čibej, Andraž Repar, Polona Gantar, Nikola Ljubešić, Iztok Kosem, Kaja Dobrovoljc, "Gigafida 2.0: the reference corpus of written standard Slovene", V: *LREC 2020, Twelfth International Conference on Language Resources and Evaluation, May 11-16, 2020, Marseille, France*, Proceedings, ELRA, 2020, 3340-3345. [COBISS.SI-ID 18023939]
33. Carlos S. Armendariz, Matthew Purver, Matej Ulčar, Senja Pollak, Nikola Ljubešić, Marko Robnik Šikonja, Mark Granroth-Wilding, Kristiina Vaik, "CoSimLex: a resource for evaluating graded word similarity in context", V: *LREC 2020, Twelfth International Conference on Language Resources and Evaluation, May 11-16, 2020, Marseille, France*, Proceedings, ELRA, 2020, 5878-5886. [COBISS.SI-ID 16240643]
34. Abdul Sittar, Dunja Mladenec, Tomaž Erjavec, "A dataset for information spreading over the news", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 5-8. [COBISS.SI-ID 34477571]
35. Patrik Zajec, Dunja Mladenec, "Learning to fill the slots from multiple perspectives", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 9-12. [COBISS.SI-ID 34479619]
36. J. Abdul Sittar Swati, Tomaž Erjavec, Dunja Mladenec, "EveOut: reproducible event dataset for studying and analyzing the complex event-outlet relationship", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 17-20. [COBISS.SI-ID 34486275]
37. Gorjan Popovski, Tome Eftimov, Dunja Mladenec, Barbara Koroušić-Seljak, "Ontology alignment using named-entity recognition methods in the domain of food", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 21-24. [COBISS.SI-ID 34494467]
38. Massri M. Beshar, Dunja Mladenec, "Extracting structured metadata from multilingual textual descriptions in the domain of silk heritage", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 25-28. [COBISS.SI-ID 34496003]
39. Gregor Žunič, Erik Novak, "Hierarchical classification of educational resources", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 29-32. [COBISS.SI-ID 34499331]
40. J. Abdul Sittar Swati, Dunja Mladenec, "Are you following the right news-outlet?. A machine Learning based approach to outlet prediction", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 33-36. [COBISS.SI-ID 34502147]
41. Adrian Mladenec Grobelnik, Dunja Mladenec, Marko Grobelnik, "MultiCOMET - Multilingual Commonsense Description", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 37-40. [COBISS.SI-ID 34504451]
42. Bojan Evkoski, Igor Mozetič, Nikola Ljubešić, Petra Kralj Novak, "A Slovenian Retweet network 2018-2020", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 41-44. [COBISS.SI-ID 34506755]
43. Massri M. Beshar, João Pita Costa, Andrej Bauer, Marko Grobelnik, Janez Brank, Luka Stopar, "Monitoring COVID-19 through text mining and visualization", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 53-56. [COBISS.SI-ID 34515459]
44. Jože Peternelj, Beno Šircelj, Klemen Kenda, "Usage of incremental learning in land-cover classification", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 57-60. [COBISS.SI-ID 34517507]
45. Luka Stopar, Luka Bradeško, Tobias Jacobs, Azur Kurbašić, Miha Cimperman, "Large-scale cargo distribution", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 65-68. [COBISS.SI-ID 34521859]
46. Matej Čerin, Klemen Kenda, "Amazon forest fire detection with an active learning approach", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)*, 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 69-72. [COBISS.SI-ID 34523651]
47. Filip Markoski, Eftim Zdravevski, Nikola Ljubešić, Sonja Gievaska, "Evaluation of recurrent neural network architectures for abusive language detection in cyberbullying contexts", V: *CIIT 2020, 17th International Conference on Informatics and Information Technologies, 8-9 May, 2020*, Proceedings, Faculty of Computer Science and Engineering Skopje, 2020, 42-46. [COBISS.SI-ID 47769091]
48. Loic Barrault *et al.* (21 avtorjev), "Findings of the 2020 Conference on Machine Translation (WMT20)", V: *EMNLP 2020, 5th Conference on Machine Translation, November 19-20, 2020*, Proceedings, (ACL Anthology), Association for Computational Linguistics, 2020, 1-55. [COBISS.SI-ID 47782147]
49. Emaad Manzoor, Rui Li, Dhananjay Shrouthy, Jurij Leskovec, "Expanding taxonomies with implicit edge semantics", V: *WWW '20, the Web Conference 2020, April 20-24, 2020, Taipei, Taiwan*, Proceedings, ACM, 2020, 2044-2054. [COBISS.SI-ID 51608579]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Kristina Pahor de Maiti, Darja Fišer, Nikola Ljubešić, "Hateful messages under linguist's scrutiny", V: *CMC Corpora through the prism of digital humanities*, (Collection Humanités numériques), L'Harmattan, 2020, 55-74. [COBISS.SI-ID 48933379]
2. Kristina Pahor de Maiti, Darja Fišer, Nikola Ljubešić, "Nonstandard linguistic features of Slovene socially unacceptable discourse on Facebook", V: *The dark side of digital platforms: linguistic investigations of socially unacceptable online discourse practices*, University Press, Ljubljana Faculty of Arts, 2020, 12-34. [COBISS.SI-ID 71579746]
3. Kristina Pahor de Maiti, Darja Fišer, Nikola Ljubešić, Tomaž Erjavec, "Analiza kazalnih zaimkov v družbeno nesprejemljivih spletnih komentarjih", V: *Slovenščina - diskurzi, vrsti in jeziki med identiteto in funkcijo*, (Obdobja 39), Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2020, 89-99. [COBISS.SI-ID 42756099]

ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Nataša Logar, Miha Grčar, Marko Brakus, Tomaž Erjavec, Špela Arhar Holdt, Simon Krek, *Korpusi slovenskega jezika Gigafida, KRES, ccGigafida in cKres: gradnja, vsebina, uporaba*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2020. [COBISS.SI-ID 21029635]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Mattiev Jamolbek, *Uporaba razvrščanja v skupine na klasifikacijskih asociacijskih pravilih za tvorbo smiselnih in natančnih klasifikatorjev*: doktorska disertacija, Koper, 2020 (mentor Branko Kavšek; somentor Jernej Vičič). [COBISS.SI-ID 48059907]
2. Bowen Liu, *Machine learning for small molecule lead optimization*: doktorska disertacija, Stanford, 2020 (mentor Jurij Leskovec). [COBISS.SI-ID 41574915]
3. Emma Pierson, *Data science for social equality*: doktorska disertacija, Stanford, 2020 (mentor Jurij Leskovec). [COBISS.SI-ID 41580803]

LABORATORIJ ZA ODPRTE SISTEME IN MREŽE

E-5

Aktivnosti Laboratorija za odprte sisteme in mreže so usmerjene v raziskave in razvoj omrežij naslednje generacije, telekomunikacijskih tehnologij, komponent in integriranih sistemov ter storitev in aplikacij informacijske družbe, predvsem tistih, ki zagotavljajo varnost in zasebnost.

Člani laboratorija so v letu 2020 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 Defender, Compact, CONCORDIA, DE4A, BD4OPEM in iFlex iz programa Obzorje 2020, projekt SI-PASS 2.0 iz programa Instrumenta za povezovanje Evrope, projekt Tehnološki in poslovni vidiki bodočega ekosistema za e-zdravstvo iz Operativnega programa za izvajanje Evropske kohezijske politike v obdobju 2017–2020 in industrijski projekt Uporabljalj pametno za Elektro Celje. Raziskave mehanizmov boja proti kibernetnemu kriminalu so potekale pri projektu EIO-LAPD iz programa EU DG Justice.

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).



Vodja:
doc. dr. Tomaž Klobučar

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 in e-zdravja.

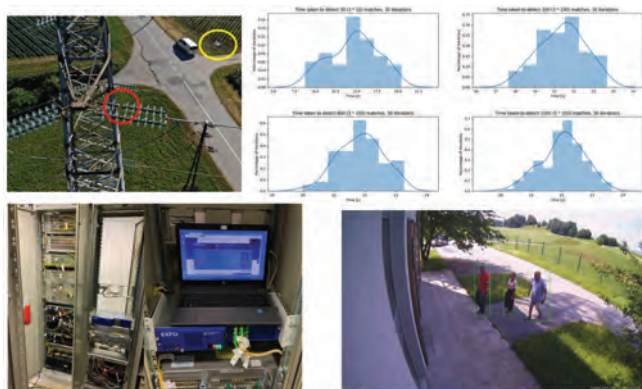
Glavni cilj projekta SI-PASS 2.0 (Integracija slovenskih e-storitev z nacionalnim vozliščem eIDAS) iz programa CEF (Instrumenta za povezovanje Evrope – Connecting Europe Facility) je vzpostaviti infrastrukturo za varne čezmejne storitve v različnih sektorjih. Laboratorij za odprte sisteme in mreže je koordinator projekta SI-PASS 2.0, ki z osrednjim slovenskim vozliščem eIDAS povezuje 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 predstavlja v skladu z uredbo eIDAS (Uredba EU o elektronski identifikaciji in storitvah zaupanja za elektronske transakcije na notranjem trgu) osrednjo točko 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 priglašeni 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 bo poenostavil čezmejno uporabo izbranih postopkov, sistemov in platform ter v praksi pokazal 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. V letu 2020 smo podrobno opredelili scenarije uporabe e-storitev in njihove zahteve ter pripravili arhitekturo tehnološke rešitve. Ocenili smo tudi obstoječe gradnike in infrastrukturo, kot so infrastruktura eIDAS, Evropska infrastruktura za digitalne poverilnice (EDCI) ali Evropska infrastruktura za storitve na podlagi veriženja podatkovnih blokov (EBSI), ter raziskali, kateri med njimi so uporabni pri razvoju storitev in infrastrukture DE4A. 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.

Triletni projekt Defender (zaščita evropske energetske infrastrukture) je obravnaval izzive varnosti in zanesljivosti evropske kritične energetske infrastrukture. Pri projektu smo raziskovali in razvijali storitve in mehanizme za večjo varnost v vseh elektroenergetskih segmentih, od proizvodnje in prenosa do distribucije električne energije. Raziskave in razvoj so bili namenjeni izboljšanju zanesljivosti in odpornosti električnega omrežja na fizične in kibernetne grožnje. Projekt je bil prvi veliki projekt kritične elektroenergetske infrastrukture, ki ga je financirala

Izdelali smo gradnike za varnostno infrastrukturo in zaupanja vredne storitve.

Evropska unija iz programa Obzorje 2020. Pri projektu je poleg izvrstnih evropskih industrijskih partnerjev sodeloval tudi močan slovenski konzorcij: Institut "Jožef Stefan" z Laboratorijem za odprte sisteme in mreže ter Odsekom za komunikacijske sisteme, slovenski operater prenosnega energetskega omrežja ELES in Institut za korporativne varnostne študije. Laboratorij za odprte sisteme in mreže je pri projektu vodil zbiranje in analizo varnostnih groženj,



Slika 1: Zaznavanje groženj v kritični infrastrukturi

ki ogrožajo energetske sisteme kot del kritične infrastrukture, ter pilotno evalvacijo in testiranja. V letu 2020 smo vodili končno evalvacijo projektnih rešitev v Italiji in Sloveniji. V Italiji smo testirali mehanizme zaščite pred napadom z droni in oboroženimi teroristi na večjo porazdeljeno sončno elektrarno ter mehanizme zaščite pred kaskadnimi grožnjami – elektrika, oskrba z vodo – in zlomom omrežja v lokalnem distribucijskem omrežju. V Sloveniji smo podprli testiranje v okviru omrežja ELES v RTP Okroglo. Preverjali smo vpliv vremenskih pojavov na optično omrežje v zemeljskih vodnikih v primorski regiji ter iskali možnosti ocene stanja električnega omrežja na podlagi informacij iz optičnega omrežja. Ocenili in preizkusili smo še mehanizme zaščite pri kombiniranem kibernetnem in fizičnem napadu na stikališče in električno omrežje v Okroglem ter preverili možnosti preventivne analitike električnega omrežja z droni. Projekt je bil uspešno zaključen konec leta 2020.

Takrat smo začeli delati pri projektu **Uporabljalj pametno**, ki obravnava pilotno izvajanje storitev prožnosti v distribucijskem omrežju. V letu 2021 bomo med več kot 800 uporabniki preverjali učinkovitost pozitivne in negativne kritične tarife oziroma vzpodbud za zmanjšanje porabe v času konic v omrežju ter povečanje porabe v času večje proizvodnje električne energije v fotovoltaičnih elektrarnah. Naše delo obsega podatkovno analitiko, napovedovanje konic in prožnosti, ocenjevanje odziva uporabnikov ter podporo pri izvedbi zalednih informacijskih sistemov. Pri projektu sodelujejo Elektro Celje, Smart Com, Comensus ter Laboratorij za odprte sisteme in mreže. Projekt financira Agencija za energijo, ki je tudi izdala dovoljenje za izvedbene spodbude.

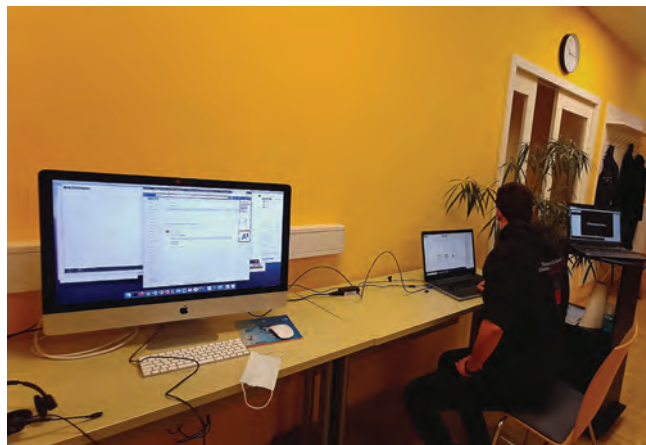
BD4OPEM (Big Data for Open Innovation Energy Marketplace) razvija podatkovno usmerjen sistem, ki omogoča razvoj inovativnih storitev za potrebe deležnikov energetskega sistema. Predvideni podatkovni tokovi skozi projektno tržnico bodo omogočali analitske storitve za spodbujanje razvoja novih poslovnih priložnosti. V letu 2020 smo vodili zbiranje primerov uporabe odprte tržnice energetskih podatkovnih storitev in podatkovnih storitev za več različnih deležnikov. Osredotočili smo se na obravnavo in razvoj storitve napovednega vzdrževanja, obravnavanja netehničnih izgub, napovedovanja prožnosti v omrežju ter varnosti in zasebnosti pri zagotavljanju storitev. Pri projektu poleg laboratorija z IJS sodeluje tudi Odsek za komunikacijske sisteme. Ključni slovenski energetski partner je Elektro Celje.

iFlex (Intelligent Assistants for Flexibility Management) je projekt, ki se osredotoča na načrtovanje, razvoj in evalvacijo podpornih orodij za učinkovito sodelovanje končnega uporabnika pri raznovrstnih storitvah prihodnjega

pametnega energetskega omrežja ter za lažje doseganje trajnostnih ciljev uporabnikov in njihovih stavb. Projekt se je začel konec leta 2020 in je financiran v okviru programa Obzorje 2020. V njem sodeluje več slovenskih organizacij: Elektro Celje, Elektro Celje Energija, Smart Com, Zveza potrošnikov Slovenije in Institut "Jožef Stefan", Laboratorij za odprte sisteme in mreže. Naloge laboratorija so usmerjene v zagotovitev varnosti in zaščite podatkov, podatkovno analitiko in izvedbo digitalnega dvojčka pametnega doma oziroma večstanovanjske stavbe.

Poleg internetnih rešitev za energetiko so bile raziskave usmerjene tudi na področje e-zdravja. Raziskovalni projekt Tehnološki in poslovni vidiki bodočega ekosistema za e-zdravstvo je bil osredinjen na prednostno področje Evropske kohezijske politike pametna mesta in skupnosti. Temeljni cilj projekta je bil izdelava funkcionalnega modela za zagotovitev trajnostnega razvoja ekosistema za e-zdravstvo na poslovnem in tehnološkem področju. Del projekta je bil namenjen analizi novih elektronskih storitev pri odpuščanju pacientov iz bolnišnice. Na podlagi študije slovenskega primera smo preverili seznam dejavnikov uspeha za razvoj uspešnega zdravstvenega ekosistema. Naši rezultati poudarjajo pomembnost skupnosti ekosistema in njeno močno vlogo pri rasti nacionalnega ekosistema. Celoten sistem e-zdravja mora biti zaščiten pred kakršnimkoli grožnjami, od senzorjev do interneta stvari in hrbtnice omrežja, zato smo obravnavali tudi izzive varnosti in zaščite zdravstvenih

Storitve infrastrukturnega programa so pomembno prispevale k nemotenemu delovanju inštituta v času pandemije covid-19.



Slika 2: Podporne storitve infrastrukturnega programa za izvedbo konferenc na daljavo

podatkov ter njihov vpliv na interoperabilnost v e-zdravju. Rezultati bodo omogočili lažje razumevanje teh izzivov, ki so ključnega pomena za vse, ki se ukvarjajo z zdravstvom.

V okviru infrastrukturnega programa v raziskovalnih organizacijah so sodelavci laboratorija še naprej ponujali podporo informacijskim in komunikacijskim storitvam, ki omogočajo boljšo komunikacijo tako med člani različnih raziskovalnih programov kot med študenti in njihovimi mentorji iz geografsko porazdeljenih institucij. V letu 2020 smo zaradi epidemije covid-19 usmerili naše delovanje v podporo dela instituta na daljavo. Odsekom in drugim oddelkom instituta smo zagotovili 25 licenc videokonferenčnega sistema GotoMeeting, 40 licenc sistema Zoom in storitev webinarja za več udeležencev. S pomočjo storitev raziskovalne infrastrukture se je na IJS v letu 2020 opravilo več kot 2500 sestankov s 13.000 udeleženci v skupnem trajanju 7500 ur (312 dni), podprli pa smo 31 odsekov, laboratorijev, centrov in drugih organizacijskih enot inštituta. Omogočili smo tudi izvedbo Festivala znanosti 2020 in Noči raziskovalcev 2020.

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 2020 so sodelavci Laboratorija intenzivno delali na razvoju rešitev in sistemov za zagotavljanje varnostnih mehanizmov.

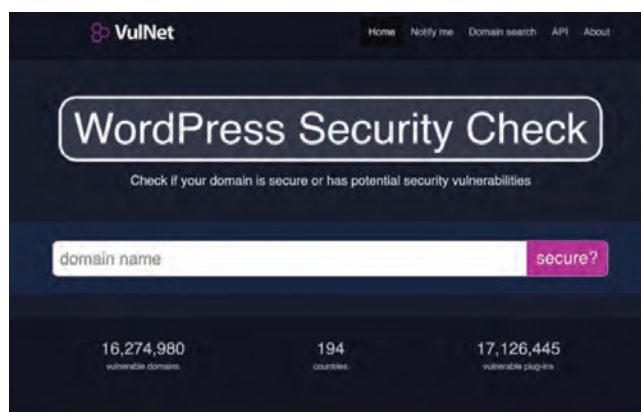
Obravnavali smo ranljivost podatkov in vdore v zasebnost mobilnih komunikacij ter izdelali model z dejavniki, ki vplivajo na zasebnost uporabnikov. Razvili smo novo metodo in programsko orodje Vulnet za prepoznavanje ranljivih internetnih sistemov in predlagali potrebne ukrepe za odpravo ranljivosti. 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. Orodje je primerno za osebno uporabo imetnikov internetnih sistemov, ki lahko občasno preverjajo ranljivost spletnih strežnikov in nadgrajenih aplikacij. Storitve je na voljo domačim in tujim uporabnikom. S pomočjo Vulneta smo naredili primerjalno analizo ranljivosti spletnih strežnikov na podlagi sistema WordPress v tridesetih evropskih državah.

Predmet raziskav so bili tudi matematični modeli za konstrukcijo pomembnih Boolovih funkcij, ki se uporabljajo v simetričnih kriptografskih algoritmi. Razen za majhne vrednosti še ne obstaja klasifikacija zlomljenih Boolovih funkcij pod delovanjem splošne afine grupe, prav tako ni najbolj jasna struktura množice zlomljenih Boolovih funkcij. Pri novih metodah konstrukcije je treba dokazati, da so nekatere konstruirane funkcije afino neekvivalentne funkcijam iz razreda Maiorana – McFarland, kar pomeni, da metode ne zagotavljajo le tistih funkcij, ki jih je mogoče dobiti že z znanimi metodami (takšno preverjanje se šteje kot obvezno, ker je ta razred enostaven in zagotavlja najširši razred zlomljenih Boolovih funkcij). V ta namen smo za kubične zlomljene Boolove funkcije določili potrebne in zadostne pogoje, povezane z afino ekvivalentnostjo. Čeprav so bile v zadnjih desetletjih metode načrtovanja in lastnosti zlomljenih Boolovih funkcij že dodobra raziskane, obstaja le nekaj metod za konstrukcijo Boolovih funkcij, pri katerih ima Walshev spekter le pet vrednosti. Zato smo obravnavali še ta primer in predlagali več razredov takšnih funkcij.

Strukturirana prekrivna omrežja postajajo zaradi prilagodljivosti in razširljivosti za podporo sodobnim aplikacijam vedno bolj uporabna v vseprisotnih računalniških sistemih s kompleksnimi, heterogenimi, dinamičnimi in mobilnimi komponentami. Zmogljivost in zanesljivost takšnih omrežij sta odvisna od njihove odpornosti na napake in sposobnosti samoupravljanja pri zagotavljanju sprejemljive ravni mobilnih storitev ob pričakovanem osipu (izhodu iz omrežja). V letu 2020 smo analizirali obstoječe mehanizme za obravnavo osipa in dejavnike, ki vplivajo na obnašanje uporabnikov obstoječih aplikacij v prekrivnih omrežjih. Poleg tega smo izpostavili ključna raziskovalna vprašanja, ki bodo vodila prihodnje raziskave na tem področju.

Raziskovanje pridobivanja čezmejnih digitalnih dokazov in analizo Direktive 2014/41/EU nadaljujemo pri novem 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 2020 smo obravnavali probleme pri zagotavljanju čezmejnih digitalnih dokazov v kazenskih preiskavah ter predlagali ustrezne tehnološke in pravne rešitve za odstranjevanje obstoječih ovir v evropskem pravosodju.

Rezultati naših raziskav in razvoja prispevajo k varnejši informacijski družbi.



Slika 3: Orodje za odkrivanje ranljivih spletnih strežnikov v velikem obsegu

Laboratorij za odprte sisteme in mreže je član projekta CONCORDIA, enega od štirih evropskih centrov odličnosti kibernetске 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 na spletu in zagotavljanja elektronske identitete. Poleg tega je laboratorij aktivno vključen v izobraževalne aktivnosti na področju kibernetске varnosti in v pilotni program e-zdravje ter prispeva podatke in modele za razvoj modelov celostne obravnave groženj. V letu 2020 smo bili vključeni še v dejavnost Ženske v kibernetски varnosti, s čimer smo prispevali k premoščanju razlike med spoloma na tem področju, pa tudi na področju STEM (znanost, tehnologija, inženirstvo in matematika) v splošnem. V tem kontekstu smo bili odgovorni za upravljanje kakovosti rezultatov projektnih aktivnosti. Ker je laboratorij del ekosistema CONCORDIA, se je lahko povezal tudi z drugimi ustreznimi mrežami in deležniki, kot je projekt ECHO.

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. Na tem področju so člani laboratorija izvajali raziskave in razvijali rešitve za učinkovito uporabo izobraževalnih iger kot sestavnega dela poučevanja na področju kibernetске varnosti. Opravljena je bila študija primernosti posameznih iger in njihova ustreznostna klasifikacija glede tehničnih zahtev in ravni poučevanja.

Cilj triletnega projekta COMPACT iz programa Obzorje 2020 je bil ozaveščanje o najnovejših tehnoloških odkritjih (vključno z znanstvenimi, političnimi, kulturnimi, pravnimi, gospodarskimi in tehničnimi področji) med ključnimi deležniki družbenih medijev. Pri projektu so bile izvedene obsežne raziskave o politikah in regulativnih okvirjih ter predstandardizacijskih postopkih v družabnih medijih za preprečevanje lažnih novic, sovražnega govora in informacijskih motenj. Laboratorij za odprte sisteme in mreže je vodil delovni sklop za politike in regulativne okvirje, kjer je bila analizirana metodologija za preučitev regulative v državah EU. Ob tem so bila za vse ustrezne deležnike pripravljena konkretna priporočila. Zaključek projekta je bil namenjen predvsem razširjanju projektnih rezultatov, ki smo jih predstavili na več dogodkih, na primer:

- EuroDIG 2020, kjer so člani laboratorija sodelovali v predstavitvi konvergence medijev in tehnologij;
- konferenci Dnevi zasebnosti o zaščiti zasebnosti v pametnih mestih;
- simpoziju DSA/DMA COMPACT o novem zakonu o digitalnih storitvah in
- simpoziju Broken internet o trenutnem stanju internetne arhitekture in regulative na tem področju.

Družbenoekonomske raziskave informacijske družbe so zajemale tudi raziskave razumevanja informacij pri oblikovanju blagovnih znamk. Opravljena študija bo imela pomemben vpliv na izmenjavo informacij pri oblikovanju blagovne znamke, saj bogati razumevanje medsebojnih odnosov med različnimi koncepti, na primer usmerjenostjo blagovne znamke, obnašanjem in identiteto.

Projekt Athena smo v letu 2020 pridobili skupaj z nekaj drugimi odseki na inštitutu. Njegov namen je vzpostaviti sistem v raziskovalnih in visokošolskih ustanovah, ki omogoča in zagotavlja enakopravnost spolov v karieri, napredovanju in vodenju. Pri projektu bomo izvajali naloge, povezane z zbiranjem in obdelavo raziskovalnih podatkov ter pripravo virtualnih projektnih dogodkov, kot so seminarji, webinarji in konference.

Laboratorij za odprte sisteme in mreže je tudi aktivni 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 laboratorij povezuje poglede EU in ZDA (tehnološki in regulativni) na zaupanje in identiteto v e-zdravju, pri tem pa v standard uvaja izkušnje iz priprave arhitektur za pilote e-zdravja iz projektov e-SENS in CONCORDIA.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Jerman-Blažič, Borka, Jerman Blažič, Andrej, Overcoming the digital divide with a modern approach to learning digital skills for the elderly adults, *Education and information technologies*, 2020, 25, 1, 259–279
2. Jerman-Blažič, Borka, Klobučar, Tomaž, Removing the barriers in cross-border crime investigation by gathering e-evidence in an interconnected society, *Information & communications technology law*, 2020, 29, 1, 66–81



Slika 4: Aktivno sodelovanje na konferenci s pomočjo orodij navidezne resničnosti

- Gabrijelčič, Dušan, Čaleta, Denis, Zahariadis, Theodore, Santori, Francesca, De Santis, Corrado, Gasparini, Teni, Security challenges for the critical infrastructures of the energy sector, V: *Cyber-physical threat intelligence for critical infrastructures security: a guide to integrated cyber-physical protection of modern critical infrastructures*, Now publishers, 2020, 226–244
- Pavleska, Tanja, Školokaj, Andrej, Zankova, Bissera, Ribeiro, Nelson, Bechmann, Anja, Performance analysis of fact-checking organisations and initiatives in Europe, V: *Disinformation and digital media as a challenge for democracy*, (European integration and democracy series 6), Intersentia Ltd., 2020, 217–246

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

26. slovenski festival znanosti z mednarodno udeležbo – Znanost in tehnologija pred izzivi časa, 10.–11. 11. 2020 (virtualno)

MEDNARODNI PROJEKTI

- 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
- INEA/CEF - SI-PASS 2.0.; Integracija slovenskih e-storitev z nacionalnim vozliščem eIDAS
European Commission
doc. dr. Tomaž Klobučar
- H2020 - DEFENDER; Varovanje evropske energetske infrastrukture
European Commission
dr. Dušan Gabrijelčič
- H2020 - COMPACT; Od raziskav k regulativi s pomočjo osveščanja o novostih na področju družabnih medijev
European Commission
dr. Tanja Pavleska
- H2020 - CONCORDIA; Kompetence na področju kibernetske varnosti za raziskave in inovacije
European Commission
dr. Tanja Pavleska
- H2020 - DE4A; Digitalna Evropa za vse
European Commission
doc. dr. Tomaž Klobučar
- H2020 - BD4OPEM; Masovni podatki za tržnico energetskih aplikacij na podlagi odprtih inovacij
European Commission
dr. Dušan Gabrijelčič

- H2020 - iFLEX; Pametni pomočniki za upravljanje prožnosti
European Commission
dr. Dušan Gabrijelčič

PROGRAM

- Tehnologije interneta prihodnosti: koncepti, arhitekture, storitve in družbeno-ekonomski vidiki
prof. dr. Borka Džonova Jerman Blažič

PROJEKTA

- Tehnološki in poslovni vidiki bodočega ekosistema za e-zdravstvo
dr. Marina Trkman
- Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
doc. dr. Tomaž Klobučar

VEČJE NOVO POGODBENO DELO

- Izvajanje podpore v projektu uporabljaj pametno
Elektro Celje, d. d.
dr. Dušan Gabrijelčič

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- Živa Stepančič: Predstavitev statističnih osnov, 17. 12. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

- Tanja Pavleska, simpozij projekta COMPACT, Lizbona, Portugalska, 20. 2. 2020 (1)

- Tanja Pavleska, EuroDIG, predstavitev dosežkov projekta COMPACT, 10.–12. 6. 2020, virtualno (1)
- Primož Cigoj, The 20th International Conference on Computational Science and its Applications, 1.–4. 7. 2020, virtualno (1)
- Tanja Pavleska, Living bits and things, okrogla miza in diskusija o digitalni identiteti, 24. 9. 2020, virtualno (1)
- Tanja Pavleska, Info hiša, The Privacy Days conference, 1. 10. 2020, virtualno (1)
- Primož Cigoj, Infosek 2020, Nova Gorica, 1.–2. 10. 2020 (1)
- Borka Jerman Blažič, European Investigation Order – Practical Dilemmas and Theoretical Considerations, Pravna fakulteta Maribor, Univerza v Mariboru, 9. 12. 2020, virtualno (1)
- Tanja Pavleska, panel in diskusija, The DSA/DMA COMPACT Symposium, 17. 12. 2020, virtualno (1)

SODELAVCI

Raziskovalci

- doc. dr. Rok Bojanc*
- prof. dr. Borka Džonova Jerman Blažič, znanstveni svetnik
- dr. Dušan Gabrijelčič
- doc. dr. Tomaž Klobučar, vodja laboratorija**
- dr. Martin Mihajlov

Podoktorski sodelavci

- Ramanpreet Kaur, PhD., Indija
- dr. Samed Bajrić

- dr. Andrej Jerman Blažič
- dr. Tanja Pavleska
- dr. Živa Stepančič
- dr. Marina Trkman, odšla 1. 8. 2020

Mlajši raziskovalci

- Primož Cigoj, mag. inf. kom. tehnol.

Strokovni sodelavci

- 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. National University of Ireland, Galway, Irska
21. Nuuve APS, Danska
22. ODT-e, Francija
23. Raziskovalni inštitut CODE, Nemčija
24. Rhenisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Nemčija
25. Siemens SRL, Romunija
26. Škola Komunikacije a Medii No, Slovaška republika
27. Smart Com, Slovenija
28. Thales, Francija
29. Universidade Catolica Portuguesa, Portugalska
30. Universitat Jaume I, Španija
31. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Španija
32. University of Latvia, Latvija
33. Univerza Middlesex, London, Velika Britanija
34. Univerza sv. Cirila in Metoda, Skopje, Severna Makedonija
35. Univerza v Gradcu, Avstrija
36. Univerza v Ljubljani
37. Univerza v Mariboru
38. Univerza v Stockholmu, Švedska
39. VTT, Finska

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Samed Bajrić, "Data security and privacy issues in healthcare", *Applied Medical Informatics*, 2020, **42**, 1, 19-27. [COBISS.SI-ID 33291559]
2. Borka Jerman-Blažič, Andrej Jerman Blažič, "Overcoming the digital divide with a modern approach to learning digital skills for the elderly adults", *Education and information technologies*, 2020, **25**, 1, 259-279. [COBISS.SI-ID 32529191]
3. Cormac Callanan, Borka Jerman-Blažič, "Privacy risks with smartphone technologies when using the mobile Internet", *ERA-Forum: scripta iuris europaei*, 2020, **20**, 3, 471-489. [COBISS.SI-ID 33295911]
4. Borka Jerman-Blažič, Tomaž Klobučar, "Removing the barriers in cross-border crime investigation by gathering e-evidence in an interconnected society", *Information & communications technology law*, 2020, **29**, 1, 66-81. [COBISS.SI-ID 33000231]
5. Borka Jerman-Blažič, Tomaž Klobučar, "Investigating crime in an interconnected society: will the new and updated EU judicial environment remove the barriers to justice?", *International review of law computers & technology*, 2020, **34**, 1, 87-107. [COBISS.SI-ID 32947239]
6. Christian Nedu Osakwe, Nikolina Palamidovska-Sterjadovska, Martin Mihajlov, Anita Ciunova Shuleska, "Brand orientation, brand-building behavior and brand identity in SMEs: an empirical evaluation", *Marketing intelligence & planning*, 2020, **38**, 7, 813-828. [COBISS.SI-ID 29158915]
7. Borka Jerman-Blažič, Jan Stajniko, Tomaž Klobučar, "Napredek v preiskovanju kriminala v tesno povezani družbi: ali bodo posodobljeni instrumenti pravosodnega sodelovanja v EU odstranili ovire na poti iskanja pravice", *Podjetje in delo: revija za gospodarsko, delovno in socialno pravo*, 2020, **46**, 5, 713-741. [COBISS.SI-ID 26502915]
2. Tanja Pavleska, Helder Aranha, Masi Massimiliano, Giovanni Paolo Sellitto, "Drafting a cybersecurity framework profile for smart grids in EU: a goal-based methodology", V: *EDCC 2020, European Dependable Computing Conference Workshops, AI4RAILS, DREAMS, DSOGRI, SERENE 2020, Munich, Germany, September 7, 2020*, Proceedings, (Communications in computer and information science **1279**), Springer, 2020, 143-155. [COBISS.SI-ID 27484675]
3. Marina Trkman, Samed Bajrić, Roko Malkoč, "The success factors of a national healthcare ecosystems maturation: preliminary results", V: *MIPRO 2020, 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, September 28-October 2 2020, Opatija, Croatia*, Proceedings, IEEE, 2020, 977-981. [COBISS.SI-ID 31693571]
4. Giovanni Paolo Sellitto, Helder Aranha, Masi Massimiliano, Tanja Pavleska, "Security and safety by design in the internet of actors: an architectural approach", V: *S-BPM ONE 2020, Subject-oriented business process management: the digital workplace-nucleus of transformation, 12th International Conference, Bremen, Germany, December 2-3, 2020*, Proceedings, (Communications in computer and information science **1278**), Springer, 2020, 133-142. [COBISS.SI-ID 47306755]
5. Marina Trkman, Božidarka Radović, "Integracija informacijskih sistemov za e-zdravstvo: študija primera", V: *Umetna inteligenca - korak k večji uspešnosti, 27. konferenca Dnevi slovenske informatike, 27. 10. 2020*, zbornik, Slovensko društvo Informatika, 2020, 48-56. [COBISS.SI-ID 35373827]
6. Rok Bojanc, "Analiza prednosti poslovanja z e-računi", V: *2nd international Eastern European Conference of Management and Economics Workshop on Social Research, May 29, 2020, Ljubljana, Slovenia*, Proceedings, Ljubljana School of Business, 2020, 30-38. [COBISS.SI-ID 20255235]

STROKOVNI ČLANEK

1. Marina Trkman, Mitja Lapajne, Božidarka Radović, "Izzivi integracije zdravstvenih aplikacij: souporaba standardov OpenEHR in FHIR", *Uporabna informatika*, 2020, **28**, 3, 139-148. [COBISS.SI-ID 33318659]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Primož Cigoj, Živa Stepančič, Borka Jerman-Blažič, "A large-scale security analysis of Web vulnerability", V: *ICCSA 2020, Computational Science and its Applications, 20th International Conference, Cagliari, Italy, July 1-4, 2020*, Proceedings, Part V., (Lecture notes in computer science **12253**), Springer, 2020, 763-771. [COBISS.SI-ID 31419907]

SAMOSTOJNA ZNANSTVENA SESTAVKA ALI POGLAVJI V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Dušan Gabrijelčič, Denis Čaleta, Theodore Zahariadis, Francesca Santori, Corrado De Santis, Teni Gasparini, "Security challenges for the critical infrastructures of the energy sector", V: *Cyber-physical threat intelligence for critical infrastructures security: a guide to integrated cyber-physical protection of modern critical infrastructures*, Now publishers, 2020, 226-244. [COBISS.SI-ID 29203203]
2. Tanja Pavleska, Andrej Školkay, Bissera Zankova, Nelson Ribeiro, Anja Bechmann, "Performance analysis of fact-checking organisations and initiatives in Europe", V: *Disinformation and digital media as a challenge for democracy*, (European integration and democracy series **6**), Intersentia Ltd., 2020, 217-246. [COBISS.SI-ID 21995523]

Osnovne dejavnosti Odseka za komunikacijske sisteme obsegajo raziskovanje, načrtovanje in razvoj telekomunikacijskih omrežij, tehnologij in storitev naslednje generacije, brezžičnih komunikacijskih vgrajenih in senzorskih sistemov ter novih postopkov za vzporedno in porazdeljeno računanje. V okviru teh dejavnosti razvijamo metode in programska orodja za modeliranje, simulacijo, analizo in sinlezo komunikacijskih sistemov, pilotska in eksperimentalna okolja, računalniške simulacije za podporo biomedicinskim postopkom ter opremo in postopke za zahtevno obdelavo in interpretacijo bioloških signalov.

Raziskovalno in razvojno delo na odseku poteka v okviru Laboratorija za komunikacijske tehnologije (LKT), Laboratorija za vzporedne in porazdeljene sisteme (LVPS) in 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 letos 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 o komunikacijskih omrežjih in storitvah (P2-0016). Poleg tega smo nadaljevali raziskave v električnih omrežjih, ki smo jih začeli v preteklih letih, in nadgradili testno okolje LOG-a-TEC z novimi funkcionalnostmi.

Raziskave modeliranja in simulacije radijskih kanalov so bile pomemben del dejavnosti Laboratorija za komunikacijsko tehnologijo. Nadaljevali smo proučevanje algoritmov za sledenje žarkom v različnih okoljih, pri čemer smo proučevali nove algoritme in poenostavitve okolja, da bi napoved širjenja radijskih valov postala bolj učinkovita in natančna. Zlasti smo raziskovali delovanje tehnik sledenja žarkom v zelo nepravilnih okoljih, sestavljenih iz velikega števila majhnih trikotnih površin. Raziskave smo osredotočili na poenostavitve geometrije okolja. Najboljše rezultate smo dobili z metodo kvadričnega izbriisa robov, ki ohranja geometrijo okolja pri majhnem številu površin. Poenostavljen opis radijskega okolja smo preizkusili na 3D-modelu naravnih jam s pristopom sledenja radijskim žarkom. Primerjava simuliranega in izmerjenega nivoja radijskega signala je pokazala, da predlagani pristop vodi k hitrejši simulaciji in natančnejšim rezultatom simulacije. V drugem pristopu smo predlagali in ovrednotili novo metodo, ki ne upošteva le lastnosti posamičnih površin, temveč tudi njihovo soodvisnost in relativen položaj lokacij točk med oddajnikom in sprejemnikom.

Deterministične tehnike sledenja radijskim žarkom modelirajo le del mehanizmov širjenja radijskega valovanja in v svoji sedanjih obliki ne zagotavljajo ustreznega modeliranja radijskih kanalov v bližnjem polju radijske antene. Masivni večantenski sistemi, porazdeljene antene, vedno večja gostota dostopnih točk, večja procesorska moč sodobnih računalnikov in manjša velikost brezžičnih celic odpirajo vrata numeričnim metodam končnih razlik za reševanje temeljnih Maxwellovih enačb za modeliranje električnega polja kot alternativni metodam sledenja žarkom tudi za elektromagnetno večje probleme. V zvezi s tem smo pogledali možne smeri prilagajanja osnovnih numeričnih metod za omilitve velike računske zahtevnosti ob še sprejemljivi natančnosti za najmanjše radijske celice, kjer trenutno metoda sledenja radijskim žarkom uspešno izpodriva izkustvene modele širjenja radijskega valovanja. Med raziskanimi smermi so prilagoditve osnovnih računskih algoritmov na večje probleme, alternativni pristopi končnih razlik, kot so brez mrežne metode, in uporaba namenskih strojnih arhitektur.

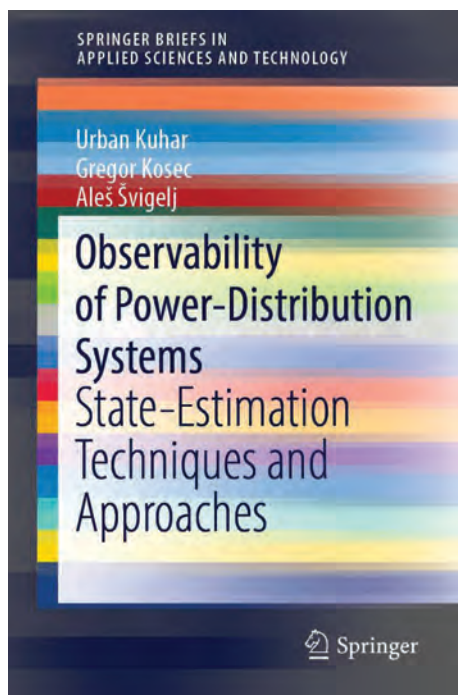
Na področju raziskav optimizacije in upravljanja brezžičnega omrežja smo se začeli ukvarjati s popolnoma novo metodologijo, ki omogoča napovedovanje lastnosti radijskih kanalov iz informacij o okolju, merjenih delnih informacij o stanju radijskih kanalov (CSI) in informacij o radijskih vozliščih, uporabljala pa se bo 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 v preteklosti izkoriščenosti omrežnih virov. V zvezi s tem smo predlagali, proučevali in ovrednotili idejo o določitvi 3D-geometrije okolja in električnih lastnosti gradnikov okolja. 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



Vodja:

prof. dr. Mihael Mohorčič

S pomočjo informacij o stanju brezžičnega kanala smo razvili koncept za ocenjevanje, razvrščanje in napovedovanje notranjega okolja, nujnega za učinkovito delovanje prihodnjih inteligentnih brezžičnih omrežij.



Slika 1: Pri založbi Springer smo objavili knjigo z naslovom *Observability of Power-Distribution Systems: State-Estimation Techniques and Approaches*. Knjiga je del serije Springer Briefs. V knjigi sta opisani zasnova in izvedba trifaznega ocenjevalnika stanja, ki je primerna za distribucijska električna omrežja.

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). V predlaganem pristopu je uporabnik tisti, ki spremlja radijsko okolje in ohranja popoln nadzor nad zbranimi podatki ter s tem tudi anonimnost. V ta namen smo zasnovali mobilno aplikacijo s pripadajočo podatkovno platformo, s pomočjo katere bomo pridobili ustrezne testne podatke za nadaljnje modeliranje.

V letu 2020 smo izvedli obsežne statistične analize meritev signala, ki smo jih pridobili v zadnjih treh letih. Osredinili smo se na vplive dušenja signala zaradi dežja in trajanje presihov v radijskih pasovih Ka (19,7 GHz) in Q (39,4 GHz). 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. Analiza CCDF za vsako posamezno obdobje kaže, da so poleti in spomladi opažene višje vrednosti slabljenja signala v primerjavi z jesenjo in zimo, kar je posledica več in močnejših padavin.

V letu 2020 smo končali projekt mednarodnega znanstvenega sodelovanja *COST 15104 IRACON Inclusive radio communication networks for 5G and beyond*, kjer smo bili aktivni v delovnih skupinah za radijski kanal, fizični sloj in omrežni sloj, v eksperimentalnih delovnih skupinah za lokalizacijo in sledenje ter v delovni skupini internet stvari.

Nadaljevali smo raziskave na področju interneta stvari (IoT), kjer smo se osredotočili na njegovo uporabo v industrijskem okolju. Osredotočili smo se na standard 6TiSCH in ovrednotenje njegovih lastnosti s pomočjo testnega okolja LOG-a-TEC. Ponudili smo tudi pomoč zunanjim skupinam v eksperimentih za analizo občutljivosti omrežij LoRaWAN na radijski šum in interferenco ter proučevanje varnosti v omrežjih IoT z uporabo protokolov 6LoWPAN in CoAP.

Brezžično testno okolje LOG-a-TEC smo nadgradili z orodjem za spremljanje eksperimentov v realnem času, kar uporabnikom omogoči sprotno spremljanje in nadzor eksperimenta. Razširitev je zasnovana kot dinamični spletni vmesnik, ki omogoča prenos ukazov, prikaz odzivov vozlišč in dinamično spremljanje poskusov v realnem času. Vmesnik WebSocket se uporablja za dvosmerno komunikacijo med odjemalcem in strežnikom ter vključuje krmilnik z bazo podatkov za shranjevanje podatkov v realnem času.

Raziskovalno delo na področju pametnih elektroenergetskih omrežij smo zaokrožili s knjigo z naslovom *Observability of Power-Distribution Systems: State-Estimation Techniques and Approaches*. Knjiga je izšla pri založbi Springer v začetku leta 2020. V knjigi obravnavamo izzive prihodnjih distribucijskih sistemov električne energije, kjer se proizvodnja preusmerja s tradicionalnih na obnovljive vire, medtem ko naj bi se poraba v nizkonapetostnem omrežju znatno povečala zaradi prehoda na električna vozila. Glavna poudarka knjige sta načrtovanje in izvedba ocenjevalnika stanja trifaznega distribucijskega omrežja električne energije. Osredinili smo se na modeliranje vseh glavnih komponent vej električnega omrežja, ki omogočajo konstrukcijo trifaznega omrežnega modela. Knjiga je na SpringerLinku med najpogosteje uporabljenimi publikacijami, ki obravnavajo enega ali več ciljev Združenih narodov za trajnostni razvoj na področju dostopne in čiste energije. 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. Med drugim smo predlagali pristop za identifikacijo topologije omrežij, ki se izogne predpostavki linearnega pretoka moči in s tem zmanjša občutljivost postopka rekonstrukcije na merilne napake.

V **Laboratoriju za vzporedne in porazdeljene sisteme** smo nadaljevali raziskave reševanja računsko intenzivnih problemov in problemov, za katere je računanje porazdeljeno po heterogenih računalniških arhitekturah. V ta namen smo razvijali algoritme za različna področja aplikacij, od numeričnih simulacij, večkriterijskih optimizacij in analiz velikih količin podatkov do teorije grafov. Pri tem naša skupina tesno sodeluje z Laboratorijem za algoritmiko na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani ter z Laboratorijem za strojno inteligenco na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani.

Nadaljevali smo razvoj lokalnih brez mrežnih metod za numerično reševanje sistemov parcialnih diferencialnih enačb (PDE), kjer si prizadevamo razviti koordinat prost, popolnoma lokalni in dovolj splošen pristop, da ga lahko

zapišemo v modularno in skalabilno vzporedno kodo. Veliko pozornost smo namenili združevanju splošnosti razvitih algoritmov z generičnim programiranjem, kar se odraža v modularni odprtokodni knjižnici Medusa za reševanje sistemov PDE. Leta 2020 smo Meduso razširili z razvojem izvirnega vzporednega algoritma za diskretizacijo parametričnih površin, z rešitvenim postopkom za simulacijo naravne konvekcije nenevtonske tekočine in s hiperviskoznostno stabilizacijo konvektivnih problemov. Poleg tega smo s pomočjo Meduse zasnovali prototipno simulacijo 3D-tiskanja za SinusPro GmbH in začeli raziskave hp-prilagodljivosti.

Za ELES, d. o. o, sistemskega operaterja slovenskega prenosnega elektroenergetskega omrežja, smo na podlagi meritev razvili in implementirali algoritem za ocenjevanje negotovosti napovedi termičnega toka. Iz napovedi in meritev vremenskih parametrov smo določili njihovo negotovost in jo z Monte Carlo naključnimi simulacijami prek DTR-modela preslikali v negotovost termičnega toka. Pri naključnih simulacijah smo upoštevali tudi tip in emisivnost vodnika ter tip napovedi (ocena trenutnega stanja, kratkoročna napoved ali srednjeročna napoved). Ker je sprotno računanje verjetnostne porazdelitve termičnega toka računsko prezahtevno, smo za množico vhodnih podatkov porazdelitve izračunali vnaprej ter za opis celotnega prostora stanj uporabili premočrtno homotopijo med najbližjimi znanimi porazdelitvami. Na podlagi statistične analize algoritem ocenjuje tudi obremenitev daljnovodov v stanju N-1. Razviti algoritem smo implementirali v operativni modul, ki smo ga integrirali v naročnikov sistem SUMO. Modul je v operativni rabi od avgusta 2020.

Z objavo članka smo zaključili razvoj novega algoritma za iskanje podobnosti v teoriji grafov. Delo na tem področju bomo nadaljevali v okviru dvostranskega projekta z Madžarsko *Teorija grafov in kombinatorično znanstveno računanje*. Glavni cilj tega projekta je identifikacija problemov s področja teorije grafov, ki jih srečamo v kombinatoričnem znanstvenem računalništvu. Člani laboratorija tu sodelujejo s strokovnjaki s področja diskretne matematike in računalništva v Inštituta Alfreda Rényija v Budimpešti, z Univerz v Péczy in Szegedu, s Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani ter z inštituta InnoRenew CoE.

Začeli smo raziskave v okviru projekta ARRS *Pretekle podnebne spremembe in poledenitve na stičišču Alp in Dinaridov*, ki prepoznava znake preteklih poledenitev kot pomemben arhiv za proučevanje podnebnih sprememb v kvartarju. Jugovzhodni deli Alp in sosednji severni Dinaridi niso dobro proučeni, čeprav se ledeniška zgodovina tega območja proučuje že od poznega devetnajstega stoletja. Naše delo je predvsem razčistiti nesoglasja med empiričnimi rekonstrukcijami in numerično modeliranimi simulacijami tega področja. Cilj so nova spoznanja o tem, kako so ledeniki oblikovali pokrajino in kako so se odzivali na preteklo spremenljivost podnebja.

Začeli smo raziskave v okviru projekta ARRS *Vpliv razpada masovne populacije invazivne rebrače na mikrobno združbo obalnega morja – od molekul do ekosistema – celosten interdisciplinarni pristop*, pri katerem je vodilni Nacionalni inštitut za biologijo, naš laboratorij pa se ukvarja z numeričnim in oceanografskim modeliranjem mikrobne razgradnje drobirja meduz.

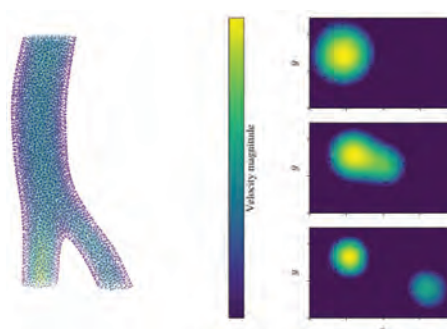
V okviru projekta SAAM (*Podpiranje aktivnega staranja z večnačinovnim vodenjem*) smo v platformo SAAM vključili kardiovaskularni modul. To je vključevalo povezovanje Savvy EKG in merilnika krvnega tlaka v infrastrukturo SAAM ter zagotavljanje storitev, kot je sprotno ugotavljanje značilnosti EKG. Poleg tega smo ovrednotili možnost uporabe Savvy EKG v še enem scenariju, namreč kot dela sistema za osebno kardiološko spremljanje (PCARD). Vse te dejavnosti smo izvedli v podporo kardiovaskularni pilotski študiji v SAAM. Naredili smo tudi začetno zasnovo priporočene poti kardiovaskularnega vodenja, in sicer za dva scenarija: nepravilen ritem in nepravilen krvni tlak.

Na področju formalnih metod za porazdeljene sisteme smo nadaljevali raziskave zadostnih pogojev za izvedljivost in vzročno konsistentno reverzibilnost globalnih koreografij.

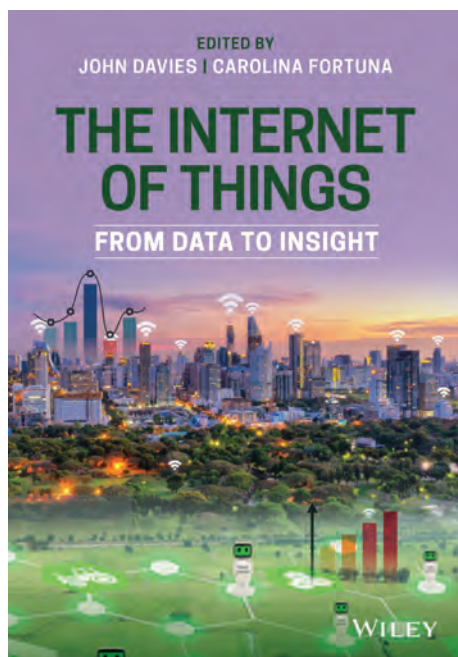
V **Laboratoriju za omrežne vgrajene sisteme** smo intenzivirali raziskave na področju inteligentnega upravljanja brezžičnih komunikacijskih omrežij in nadaljevali raziskave, načrtovanje, razvoj in implementacijo naprednih rešitev za povezovanje različnih stvari ter naprav z namenom izboljšanja njihove dostopnosti, uporabnosti in učinkovitosti. Pri tem uporabljamo sodobne koncepte, kot so storitveno orientirana arhitektura, dinamično sestavljanje storitev, kognitivne komunikacije, internet stvari ter algoritmi strojnega in globokega učenja. Poudarek raziskav je na vertikalni integraciji različnih tehnologij brezžičnih senzorskih in komunikacijskih omrežij za podporo uvajanju novih aplikacij, pri čemer kot osnovni gradnik pri razvoju uporabljamo lastno modularno platformo za brezžična senzorska omrežja VESNA, za testiranje in validacijo pa eksperimentalno brezžično omrežje LOG-a-TEC.

Eksperimentalno brezžično omrežje LOG-a-TEC je prek projekta H2020 Fed4FIRE+ (Federation for FIRE plus) vključeno v evropsko iniciativo eksperimentalnih okolij za internet naslednje generacije NGI-EXP (predhodno iniciativa FIRE/FIRE+) in dostopno tudi zunanjim eksperimentatorjem prek skupnega portala Fed4FIRE. Tako smo v letu 2020 podprli zunanji

Razvili in implementirali smo algoritem za ocenjevanje negotovosti tokovne obremenljivosti, ki je rezultat postopka DTR na podlagi meritev, dobljenih od naročnika. Algoritem je v operativni rabi v družbi ELES, d. d., od avgusta 2020.



Slika 2: RBF-FD simulacija nenevtonskega toka skozi aorto, izračunana s knjižnico Medusa.



Slika 3: Založba Wiley je objavila monografijo z naslovom *Internet of Things: From Data to Insight*, ki sta jo uredila Carolina Fortuna z IJS in John Davies z British Telecoma. Monografija združuje prispevke mednarodno priznanih strokovnjakov s področja in obravnava celoten tehnološki sklad interneta stvari (IoT), od povezljivosti prek podatkovnih platform do študij primerov za končne uporabnike, dotakne pa se tudi iskanja ravnovesja med poslovnimi potrebami ter varnostjo in zasebnostjo podatkov.

eksperiment na področju brezžičnega nameščanja omrežnih naprav in vrednotenja kakovosti brezžičnih povezav med napravami v industrijskem okolju. V letu 2020 smo eksperimentalno omrežje tudi nadgradili s spletno storitvijo za izboljšano sprotno spremljanje izvajanja eksperimentov na napravah z omejenimi zmogljivostmi v zahtevnih radijskih okoljih. Storitve je zasnovana na sodobnih tehnologijah in okoljih za izgradnjo porazdeljenih spletnih aplikacij za interakcijo v realnem času z eksperimentalnimi napravami z omejenimi zmogljivostmi.

V letu 2020 smo nadaljevali raziskovalno delo na projektih H2020 DEFENDER, SAAM in RESILOC ter na temeljnem raziskovalnem projektu ARRS J2-9232 *Upravljanje z viri za zanesljive komunikacije z nizkimi zakasnitvami v pametnih omrežjih - LoLaG* in na aplikativnem projektu eBOTTLE v sodelovanju s Steklarno Hrastnik. Začeli smo izvajati tudi nov projekt H2020 BD4OPEM.

Projekt DEFENDER je bil v letu 2020 uspešno zaključen. Zaključili smo delo na zasnovi, izvedbi in verifikaciji naprednih algoritmov za odkrivanje, prepoznavanje in lokalizacijo kibernetiko-fizičnih groženj na podlagi podatkov iz naprav PMU v elektroenergetskem omrežju. Verificirane naprave PMU so bile pilotno nameščene v resničnem obratovalnem okolju italijanskega elektrodistributerja ASM Terni za potrebe testiranja in validacije. V okviru tega pilota so bile zbrane pomembne meritve napak v omrežju za distribucijo električne energije, ki bodo uporabljene tudi pri nadaljnjem raziskovalnem delu.

V okviru projekta SAAM smo dokončali in namestili algoritme za multimodalno zaznavanje aktivnosti in konteksta v bivalnem okolju prek potrošnje energije gospodinjstev električnih porabnikov in motenj v ultra širokopasovnem radijskem kanalu. Nadaljevali smo nadgradnjo pilotnih funkcionalnosti posameznih komponent in sodelovali pri podpori novim pilotnim postavitvam sistema za nevsiljivo zaznavanje, spremljanje in prepoznavanje aktivnosti ostarelih v domačem okolju v Bolgariji, Avstriji in Sloveniji.

V projektu RESILOC smo nadaljevali z razvojem rešitev, ki temeljijo na IoT in brezžičnih tehnologijah, za izboljšanje indikatorjev odpornosti lokalnih skupnosti na različne nesreče in nepredvidene dogodke. Začeli smo z zasnovo (i) cenovno ugodne elektronske značke z uporabo Bluetooth svetilniškega signala za identifikacijo ljudi in osnovnih sredstev; (ii) mobilne aplikacije za zaznavanje vedenja množic kot odziv na uvedbo novih ukrepov za povečanje odpornosti; (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 RESILOC oblako platformo.

Leta 2020 smo začeli nov H2020 projekt *Big Data for OPen innovation Energy Marketplace - BD4OPEM*. V projektu s partnerji razvijamo analitična orodja in nabor energetske storitve, ki bodo izkoriščala že razpoložljive, a neizkoriščene masovne podatke iz električnih števec ter iz upravljanja energetske omrežij. Naše izhodiščno delo je bilo osredotočeno predvsem na podrobne raziskave in specifikacije komunikacijskih rešitev s pripadajočimi standardi in protokoli, ki bodo omogočili postavitev tržnice podatkov in storitev, ter na opredelitev primerov uporabe. Prispevali smo tudi k raziskavi kanalov in tehnologij za zajem podatkov in začeli oblikovati rešitve za fleksibilno združevanje povpraševanja in odziva ter sistema za upravljanje z energijo v pametnih stavbah in industriji.

V letu 2020 smo uspešno zaključili industrijski aplikativni projekt eBOTTLE v sodelovanju s Steklarno Hrastnik, ki je zadeval upravljanje življenjskega cikla steklene embalaže. V okviru projekta smo razvili funkcionalne prototipe (i) pametne značke eBottle, (ii) ustreznega omrežnega prehoda s funkcijami branja pametnih značk in brezžičnega polnjenja, (iii) zalednega sistema za upravljanje podatkov, značk in uporabnikov ter (iv) spletne in mobilne aplikacije, namenjene zbiranju in pošiljanju podatkov iz značk v oddaljeno bazo podatkov, interakcijo s pametnimi značkami in posredovanje krmilnih ukazov pametnim značkam iz oddaljenega sistema za upravljanje.

Zgornje pretežno aplikativne raziskovalne dejavnosti smo dopolnili s temeljnimi raziskavami v okviru raziskovalnega programa P2-0016 in ARRS projekta J2-9232 - LoLaG. V okviru projekta LoLaG smo nadaljevali raziskavo izjemno zanesljivih množičnih komunikacij z majhno zakasnitvijo in robnim računalništvom za podporo spremljanju v realnem času, avtonomno zaščito in porazdeljenem nadzoru pametnih energetske omrežij. V raziskovalnem programu pa smo nadaljevali raziskave metod na podatkovnem pristopu za napredno upravljanje radijskih virov, pri čemer smo se osredotočali predvsem na omrežja interneta stvari - IoT. V letu 2020 smo predhodno delo na avtomatiziranem zaznavanju brezžičnih prenosov razširili na

V sodelovanju s Steklarno Hrastnik smo razvili pametno značko za steklenice na podlagi komunikacijskih tehnologij NFC in BLE, ki je zasnovana tako, da se prilega v pikur steklenice. Pametna značka omogoča izboljšano upravljanje življenjskega cikla steklene embalaže in interakcijo s potrošniki prek naprednih vizualnih in informativnih aplikacij.

odkrivanje anomalij v brezžičnih povezavah v omrežjih interneta stvari in razvili nove nadzorovane in nenadzorovane klasifikatorje za zaznavanje anomalij s samodejnim kodirnikom vhodnih značilik na podlagi globokega učenja. Nadaljevali smo delo na podatkovno zasnovanem vrednotenju kakovosti brezžičnih povezav (LQE) in razvili nov nadzorovani klasifikator LQE. Začeli smo tudi raziskovati avtomatizacije življenjskega cikla pametne infrastrukture s pomočjo umetne inteligence, s poudarkom na avtomatizaciji uvajanja in posodabljanja storitev z uporabo brezstične metode, ter razvijali napredni okvir za usklajevanje računalništva na robu in v oblaku za avtomatizirano lokalizacijo napak v energetskih distribucijskih omrežjih na podlagi merjenja z napravo PMU.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Bedford, M. R., Hrovat, A., Kennedy, G., Javornik, T., Foster, P. R., Modeling microwave propagation in natural caves using LiDAR and ray tracing, *IEEE transactions on antennas and propagation*, 2020, 68, 5, 3878–3888
2. Kuhar, U., Kosec, G., Švigelj, A., *Observability of power-distribution systems : state-estimation techniques and approaches*, Springer, 2020
3. Rashkovska, A., Depolli, M., Tomašič, I., Avbelj, V., Trobec, R., Medical-grade ECG sensor for long-term monitoring, *Sensors*, 2020, 20, 6, 1695
4. Davies, J. & Fortuna, C., *The Internet of Things: from data to insight*, Wiley, 2020, 207–212
5. Cerar, G., Yetgin, H., Bertalanič, B., Fortuna, C., Learning to Detect Anomalous Wireless Links in IoT Networks, *IEEE Access*, 2020, 8, 212130-212155

MEDNARODNI PROJEKTI

1. CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.
dr. Matjaž Depolli
2. COST CA15104; Vseobsegajoča radijska omrežja generacije 5G in po njej (IRACON)
COST Office
prof. dr. Tomaž Javornik
3. ESA - SatProSi-Alpha; Zajem in obdelava merjenih satelitskih signalov v frekvenčnih območjih Ka in Q
ESA/ESTEC
prof. dr. Aleš Švigelj
4. COST CA18203; ODIN - Optimizacija načrtovanja za preverjanje
COST Association AISBL
prof. dr. Roman Trobec
5. H2020 - Fed4FIREplus; Federacija za FIRE plus - Federacija za raziskovanje in eksperimentiranje v internetu plus
European Commission
prof. dr. Mihael Mohorčič
6. H2020 - DEFENDER; Varovanje evropske energetske infrastrukture
European Commission
prof. dr. Mihael Mohorčič
7. H2020 - SAAM; Podpora aktivnemu staranju z večstransko pomočjo
European Commission
prof. dr. Mihael Mohorčič
8. H2020 - RESILO; Odporna evropska družba z inovativnimi lokalnimi skupnostmi
European Commission
prof. dr. Mihael Mohorčič
9. H2020 - BD4OPEM; Masovni podatki za tržnico energetskih aplikacij na podlagi odprtih inovacij
European Commission
prof. dr. Mihael Mohorčič
10. Povezan algoritem razvrščanja in usmerjanja za industrijske aplikacije v brezžičnih omrežjih
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Andrej Hrovat

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. Upravljanje z viri za zanesljive komunikacije z nizkimi zakasnitvami in pametnih omrežjih - LoLaG
prof. dr. Mihael Mohorčič
3. Z upoštevanjem informacij o okolju proti inteligentnim brezžičnim komunikacijam
prof. dr. Aleš Švigelj
4. Vpliv razpada masovne populacije invazivne rebrače na mikrobnno združbo obalnega morja - od molekul do ekosistema - celosten interdisciplinarni pristop
dr. Gregor Kosec
5. KETGATE: Dostop srednjeevropskih MSP do infrastrukture ključnih tehnologij Key Enabling Technologies, KET - Sprožitev novega transnacionalnega ekosistema KET inovacij
dr. Gregor Kosec
6. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Mihael Mohorčič
7. Zlivanje senzorskih meritev EKG in gibanja
prof. dr. Roman Trobec

VEČJE NOVO POGODBENO DELO

1. Razvoj in implementacija algoritmov za identifikacijo topologije energetskih omrežij
Grid Instruments, d. o. o.
doc. dr. Roman Novak

OBISKI

1. prof. dr. Gordana Gardašević, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza Banja Luka, Banja Luka, Bosna in Hercegovina, 6.-7. 2. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Gregor Cerar: Kratak uvod v delo z Jupyter zvezki, 26. 2. 2020

2. prof. dr. Tomaž Javornik: Z upoštevanjem informacij o okolju proti inteligentnim brezžičnim komunikacijam, 6. 5. 2020
3. dr. Halil Yetgin: Uporaba rekonfigurabilnih inteligentnih površin v brezžičnih senzorskih omrežjih, 8. 9. 2020
4. dr. Matevž Vučnik: Poenostavitev razvoja brezžičnih vgrajenih sistemov z uporabo stalne integracije, 18. 11. 2020
5. prof. dr. Aleš Švigelj: Simulacije v telekomunikacijah: Na uporabnika osredinjen pristop, 23. 12. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Viktor Avbelj, Matjaž Depolli, Mitja Jančič, Aleksandra Rashkovska Koceva, Jure Slak, Roman Trobec, konferenca MIPRO 2020, Opatija, Hrvaška 30. 9.–3. 10. 2020, (7)
- Klemen Bregar, 2020 European Conference on Networks and Communications (EuCNC), Dubrovnik, Hrvaška (virtualno), 15.–18. 6. 2020
- Gregor Cerar, 2020 IEEE 31st Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, London (virtualno), 31. 8.–3. 9. 2020 (1)
- Carolina Fortuna, delovni sestanek NRG-5, Bruselj, Belgija, 11.–14. 2. 2020
- Carolina Fortuna, delovni sestanek v podjetju Bloomberg, New York, ZDA, 1.–8. 3. 2020
- Carolina Fortuna, International Workshop On Semantic Digital Twins (SeDIT 2020), Co-located with the 16th European Semantic Web Conference (ESWC 2020), Heraklion, Kreta, Grčija (virtualno), 3. 6. 2020
- Carolina Fortuna, 2020 IEEE 31st Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (virtualno), 31. 8.–3. 9. 2020, (1)
- Carolina Fortuna, Ivan Boshkov, IEEE Global Communications Conference GLOBECOM, (virtualno) 7.–11. 12. 2020, (1)
- Arsim Kelmendi, EuCAP 2020 – The 14th European Conference on Antennas and Propagation, Copenhagen (virtualno), 15.–20. 3. 2020
- Teodora Kocevska, WINCOM'20 The 8th International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications, Reims, Francija (virtualno), 27.–29. 10. 2020, (1)
- Gregor Kosec, SpliTech 2020 Conference, Split, Hrvaška (virtualno), 23.–29. 9. 2020, (1)
- Tomaž Javornik, Andrej Hrovat, IRACON MC Meeting and Final Workshop, Louvain-la-Neuve, Belgija, 26.–29. 1. 2020
- Marko Hudomalj, udeležba na izobraževanju, Embedded World 2020, Exhibition&Conference, Nurnberg, Nemčija, 24.–26. 2. 2020
- Marko Hudomalj, delavnica Tetramax: Vgradni sistemi z vezji FPGA (virtualno), 25. 11. 2020
- Marko Hudomalj, konferenca FLEXCON2020 (virtualno), 28. 10. 2020, 21. 10. 2020, 14. 10. 2020, 7. 10. 2020, 30. 9. 2020, 23. 9. 2020
- Marko Hudomalj, konferenca Umetna inteligenca v energetiki (virtualno), 24. 9. 2020
- Tomaž Javornik, SKR 2020, 24. seminar radijske komunikacije, Ljubljana, 5.–7. 2. 2020 (1)
- Tomaž Javornik, ERK 2020, 29. mednarodna Elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, 21.–22. 9. 2020, (1)
- Andrej Lipej, 9th AMES International Conference, Ljubljana (virtualno), 15. 12. 2020
- Mihael Mohorčič, sestanek projektne skupine H2020 BD4OPEM, Barcelona, Španija, 14.–15. 1. 2020
- Mihael Mohorčič, delovni sestanek H2020 projekta EuCoNeCts3, Bruselj, Belgija, 11.–12. 2. 2020
- Mihael Mohorčič, European Conference on Networks and Communications (EuCNC 2020), Dubrovnik, Hrvaška (virtualno), 16.–17. 6. 2020
- Jure Slak, CPREE 2020, Tokio, Japonska (virtualno), 19.–21. 6. 2020 (1)
- Miha Smolnikar, delovni sestanek projektne skupine H2020 projekta BD4OPEM, Barcelona, Španija, 14.–15. 1. 2020
- Miha Smolnikar, delovni sestanek na podjetju ENGIE, Pariz, Francija, 16. 1. 2020
- Aleš Švigelj, 12th Jožef Stefan International Postgraduate School Student Conference and 14th Young Researchers' Day CMBE, Ljubljana (virtualno), član komisije za best paper, 15. 5. 2020

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

- dr. Jure Slak : Google GmbH, Dunaj, Avstrija, od 1. 6. do 4. 9. 2020 (usposabljanje v okviru doktorskega študija s področja učinkovitega in vzporednega računanja ter računske optimizacije)

SODELAVCI

Raziskovalci

- dr. Viktor Avbelj
- dr. Andrej Čampa*
- dr. Matjaž Depolli
- dr. Carolina Fortuna
- Ke Guan, PhD. Kitajska, znanstveni svetnik
- doc. dr. Andrej Hrovat
- prof. dr. Tomaž Javornik, znanstveni svetnik
- prof. dr. Monika Kapus Kolar
- dr. Gregor Kosec
- prof. dr. Andrej Lipej*
- prof. dr. Mihael Mohorčič, znanstveni svetnik - vodja odseka**
- doc. dr. Roman Novak
- dr. Igor Ozimek
- dr. Aleksandra Rashkovska Koceva
- prof. dr. Aleš Švigelj, strokovni sekretar odseka
- prof. dr. Roman Trobec, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine, upokojitev 1. 7. 2020*
- Halil Yetgin, Doctor of Philosophy in Electrical and Electronic Engineering, UK

Podoktorski sodelavci

- dr. Klemen Bregar
- dr. Arsim Kelmendi*
- dr. Rituraj Singh, odšel 17. 4. 2020*
- dr. Jure Slak

Mlajši raziskovalci

- Blaž Bertalančič, mag. inž. el.
- Gregor Cerar, mag. inž. el.
- Marko Hudomalj, mag. inž. el.
- Miha Rot, mag. fiz.
- Denis Sodin, mag. inž. el.
- Filip Strniša, mag. inž. kem. inž.

Strokovni sodelavci

- Polona Anžur, dipl. ekon.
- Mitja Jančič, mag. inž. str.
- Miha Mohorčič, dipl. inž. rač. in inf.
- Miha Smolnikar, univ. dipl. inž. el.

Tehniški in administrativni sodelavci

- Tomaž Krištofelc
- Tamara Matevc, univ. dipl. lit. komp. in fil.
- Marko Mihelin*, univ. dipl. inž. el.
- dr. Matevž Vučnik

Opomba

* delna zaposlitev na IJS

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

- ASM Terni S.p.A., Terni, Italija
- ATOS, Madrid, Španija
- Balkan Institute of Labor and Social Policy, Sofija, Bolgarija
- BEIA, Bukarešta, Romunija
- Beijing Jiaotong University, Peking, Kitajska
- British Telecom, London, Velika Britanija
- CEA LETI, Grenoble, Francija
- CNR, Rim, Italija
- ComSensus, d. o. o., Dob, Slovenija
- Czech Technical University Prague, Praga, Češka
- Edinburška univerza, Edinburg, Velika Britanija
- Elan, d. o. o., Begunje, Begunje na Gorenjskem
- Elektro Celje, Celje, Slovenija
- Elektroinštitut Milan Vidmar (EIMV), Ljubljana, Slovenija
- ELES, d. d., Ljubljana, Slovenija
- Engineering Ingegneria Informatica S.p.a., Rim, Italija
- ESA European Space Agency, ESA/ESTEC, Noordwijk, Nizozemska
- Estabanel y pahisa energia SA, Granollers, Španija
- Fraport Slovenija, Brnik, Slovenija
- Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics, Frankfurt, Nemčija
- Fundacion Tecnalia Research & Innovation, Derio Bizkaia, Španija
- Grid Instruments, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
- Hispat, Madrid, Španija
- HITEC Luxembourg S.A., Luxembourg, Luksemburg
- IES Solutions, Tremestieri Etneo, Italija
- iMe Cor do.o., Sezana, Slovenija
- Imec, Eindhoven, Nizozemska
- INOV, Lizbona, Portugalska
- Istituto di sociologia internazionale di Gorizia ISIG, Gorica, Italija
- Interactive Wear AG, Starnberg, Nemčija
- INTRACOM, Peania, Grčija
- IS-Wireless, Piaseczno, Poljska
- Joanneum Research Institute, Gradec, Avstrija
- Keysight Technologies, Aalborg, Danska
- NETIS, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
- NIL, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
- Osnovno zdravstvo Gorenjske, Kranj, Slovenija
- Politehniška univerza Barcelona, Barcelona, Španija
- Politehniška univerza v Valenciji, Valencija, Španija
- Resilience Advisors LTD, Worcester, Velika Britanija
- Ruder Bošković Institute, Zagreb, Hrvaška
- Saving, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
- ScaleFocus AD, Sofija, Bolgarija
- SFERA IT STORITVE, d. o. o., Maribor, Slovenija
- SingularLogic, Attica, Grčija
- SinusPro GmbH, Gradec, Avstrija

47. Steklarna Hrastnik, Hrastnik, Slovenija
48. Tavistock Institute of Human Relations (TIHR) London, Velika Britanija
49. Technical University of Graz, Gradec, Avstrija
50. Technological Educational Institute of Sterea Ellada, Halkida, Grčija
51. Tehnološka Mreža ICT, Ljubljana, Slovenija
52. Telekom Slovenije, d. d., Ljubljana, Slovenija
53. Thales Communications & Security, Gennevilliers, Francija
54. UNINOVA, Caparica, Portugalska
55. Univerza Črne gore, Fakulteta za elektrotehniko, Podgorica, Črna gora
56. Univerza Mälardalen, Västerås, Švedska
57. Univerza Rutgers, New Brunswick, New Jersey, ZDA
58. Univerza RWTH Aachen, Aachen, Nemčija
59. Univerza Salzburg, Salzburg, Avstrija
60. Univerza Sorbona, Pariz, Francija
61. Univerza v Antwerpnu, Antwerpen, Belgija
62. Univerza v Atenah NKUA, Atene, Grčija
63. Univerza v Banja Luki, Fakulteta za elektrotehniko, Bosna in Hercegovina
64. Univerza v Bologni, Bologna, Italija
65. Univerza v Firencah, Firenze, Italija
66. Univerza v Gentu, Gent, Belgija
67. Univerza v Groningenu, Groningen, Nizozemska
68. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
69. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, Slovenija
70. Univerza v Luxembourg, Luxembourg, Luksemburg
71. Univerza v Malagi, Malaga, Španija
72. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija
73. Univerza v Yorku, York, Velika Britanija
74. Univerzitetna klinika za pljučne bolezni in alergijo Golnik, Golnik, Slovenija
75. Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
76. Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije Soča, Ljubljana, Slovenija
77. Uprava RS za zaščito in reševanje, Ljubljana, Slovenija
78. Wind Tre S.p.A., Rim, Italija
79. WINGS ICT Solutions, Nea Smyrni, Grčija
80. Xlab, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
81. ŽIPO Lenart, d. o. o., Lenart, Slovenija

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Roman Novak, "Numerične metode končnih razlik za modeliranje telekomunikacijskih kanalov: pristopi in izzivi", *Elektrotehniški vestnik*, 2020, **87**, 4, 165-174. [COBISS.SI-ID 37553411]
2. Denis Sodin, Rajne Ilijevka, Andrej Čampa, Miha Smolnikar, Urban Rudež, "Proving a concept of flexible under-frequency load shedding with hardware-in-the-loop testing", *Energies*, 2020, **13**, 14, 3607. [COBISS.SI-ID 24709891]
3. Junhyeong Kim *et al.* (12 avtorjev), "Design of cellular, satellite, and integrated systems for 5G and beyond", *ETRI journal*, 2020, **42**, 5, 670-685. [COBISS.SI-ID 52033539]
4. Timotej Gale, Tomaž Šolc, Rares-Andrei Moșoi, Mihael Mohorčič, Carolina Fortuna, "Automatic detection of wireless transmissions", *IEEE access*, 2020, **8**, 24370-24384. [COBISS.SI-ID 33138983]
5. Dong Yan, Ke Guan, Danping He, Bo Ai, Zan Li, Junhyeong Kim, Heesang Chung, Zhangdui Zhong, "Channel characterization for vehicle-to-infrastructure communications in millimeter-wave band", *IEEE access*, 2020, **8**, 42325-42341. [COBISS.SI-ID 22792451]
6. Stefan Schwarz, Erich Zöchmann, Martin Müller, Ke Guan, "Dependability of directional millimeter wave vehicle-to-infrastructure communications", *IEEE access*, 2020, **8**, 53162-53171. [COBISS.SI-ID 22782211]
7. Minseok Kim, Satoru Kishimoto, Satoshi Yamakawa, Ke Guan, "Millimeter-wave intra-cluster channel model for in-room access scenarios", *IEEE access*, 2020, **8**, 82042-82053. [COBISS.SI-ID 22775811]
8. Zhuangzhuang Cui, Cesar Briso-Rodriguez, Ke Guan, Zhangdui Zhong, François Quitin, "Multi-Frequency Air-to-ground channel measurements and analysis for UAV communication systems", *IEEE access*, 2020, **8**, 110565-110574. [COBISS.SI-ID 22787331]
9. Bile Peng, Jingya Yang, Dennis Rose, Ke Guan, Marco Zoli, Thomas Kürner, "Electromagnetic parameter calibration for a broadband ray-launching simulator with SAGE algorithm for millimeter-wave communications", *IEEE access*, 2020, **8**, 138331-138339. [COBISS.SI-ID 51757827]
10. Gregor Cerar, Halil Yetgin, Blaž Bertalančič, Carolina Fortuna, "Learning to detect anomalous wireless links in IoT networks", *IEEE access*, 2020, **8**, 212130-212155. [COBISS.SI-ID 38799107]
11. Zhuangzhuang Cui, Ke Guan, Cesar Briso-Rodriguez, Bo Ai, Zhangdui Zhong, "Frequency-dependent line-of-sight probability modeling in built-up environments", *IEEE internet of things journal*, 2020, **7**, 1, 699-709. [COBISS.SI-ID 22861059]
12. Michael Richard Bedford, Andrej Hrovat, Gareth Kennedy, Tomaž Javornik, Patrick R. Foster, "Modeling microwave propagation in natural caves using LiDAR and ray tracing", *IEEE transactions on antennas and propagation*, 2020, **68**, 5, 3878-3888. [COBISS.SI-ID 33088551]
13. Danping He, Ke Guan, Juan Moreno García-Loygorri, Bo Ai, Wang Xiping, Chunfu Zheng, Cesar Briso-Rodriguez, Zhangdui Zhong, "Channel characterization and hybrid modeling for millimeter-wave communications in metro train", *IEEE transactions on vehicular technology*, 2020, **69**, 11, 12408-12417. [COBISS.SI-ID 52022019]
14. Bile Peng, Ke Guan, Alexander Kuter, Sebastian Rey, Matthias Pätzold, Thomas Kürner, "Channel modeling and system concepts for future terahertz communications: getting ready for advances beyond 5G", *IEEE vehicular technology magazine*, 2020, **15**, 2, 136-143. [COBISS.SI-ID 22765571]
15. Roman Novak, "Prospects of numerical full-wave techniques in telecommunication channel modelling", *Journal of communications software and systems*, 2020, **16**, 4, 269-278. [COBISS.SI-ID 37558019]
16. Monika Kapus-Kolar, "Realizable causal-consistent reversible choreographies for systems with first-in-first-out communication channels", *Journal of logical and algebraic methods in programming*, 2020, **114**, 100560. [COBISS.SI-ID 17521155]
17. Matjaž Depolli, Sandor Szabo, Bogdan Zavalnij, "An improved maximum common induced subgraph solver", *Match: communications in mathematical and computer chemistry*, 2020, **84**, 7-28. [COBISS.SI-ID 15824131]
18. Lei Ma, Ke Guan, Dong Yang, Danping He, Nuno R. Leonor, Bo Ai, Junhyeong Kim, "Satellite-terrestrial channel characterization in high-speed railway environment at 22.6 GHz", *Radio science*, 2020, **55**, 3, 2019rs006995. [COBISS.SI-ID 22771203]
19. Aleksandra Rashkovska, Matjaž Depolli, Ivan Tomašič, Viktor Avbelj, Roman Trobec, "Medical-grade ECG sensor for long-term monitoring", *Sensors*, 2020, **20**, 6, 1695. [COBISS.SI-ID 33290791]
20. Uroš Platiše, Tomaž Kanalec, Mihael Mohorčič, "High precision wide bandwidth DC current transducer based on the Platiše flux sensor", *Sensors*, 2020, **20**, 15, 4197. [COBISS.SI-ID 24375555]
21. Roman Trobec, Gregor Kosec, Matjaž Veselko, "A model for potential non-contact ski injuries of the knee", *Sports medicine and health science*, 2020, **2**, 3, 126-131. [COBISS.SI-ID 28288771]
22. Aleš Švigelj, Erik Pertovt, Mihael Mohorčič, "Performance evaluation of CANCAR algorithm in realistic wireless mesh networks", *Wireless personal communications*, 2020, **115**, 3, 1899-1917. [COBISS.SI-ID 24459779]
1. Antonio E. Saldaña-González, Andreas Sumper, Mònica Aragües-Penalba, Miha Smolnikar, "Advanced distribution measurement technologies and data applications for smart grids: a review", *Energies*, 2020, **13**, 14, 3730. [COBISS.SI-ID 24711427]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Antonio E. Saldaña-González, Andreas Sumper, Mònica Aragües-Penalba, Miha Smolnikar, "Advanced distribution measurement technologies and data applications for smart grids: a review", *Energies*, 2020, **13**, 14, 3730. [COBISS.SI-ID 24711427]

STROKOVNI ČLANEK

1. Jure Slak, "O predstavitvi podatkov v računalniku: cela števila", *Presek*, 2020/2021, **48**, 1, 27-31. [COBISS.SI-ID 37442563]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Wang Xiping, Danping He, Ke Guan, Bo Ai, Juan Moreno García-Loygorri, Cesar Briso-Rodriguez, "Hybrid channel modeling for intra-wagon

- communication in millimeter-wave band", V: *EUCAP 2020, 14th European Conference on Antennas and Propagation, 15-20 March 2020, Copenhagen, Denmark*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 49899779]
2. Hang Mi, Danping He, Ke Guan, Bo Ai, Liu Chenji, Tianyun Shui, Liju Zhu, Hui Mei, "Implementation and evaluation of ray-tracing acceleration methods in wireless communication", V: *EUCAP 2020, 14th European Conference on Antennas and Propagation, 15-20 March 2020, Copenhagen, Denmark*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 51748355]
 3. Yuxuan Xu, Danping He, Haofan Yi, Ke Guan, Mikko Heino, Marko Sonkki, "The Influence of Self-User Shadowing in the Intra-Metro Communication Scenario at 28 GHz", V: *EUCAP 2020, 14th European Conference on Antennas and Propagation, 15-20 March 2020, Copenhagen, Denmark*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 49870083]
 4. Lina Wu, Danping He, Ke Guan, Bo Ai, Kim Junhyeong, Heesang Chung, "Millimeter-wave channel characterization for vehicle-to-infrastructure communication", V: *EUCAP 2020, 14th European Conference on Antennas and Propagation, 15-20 March 2020, Copenhagen, Denmark*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 50380291]
 5. Arsim Kelmendi, Aleš Švigelj, Andrej Hrovat, "Statistical analysis of satellite communication experimental time diversity in Slovenia", V: *EUCAP 2020, 14th European Conference on Antennas and Propagation, 15-20 March 2020, Copenhagen, Denmark*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 13633027]
 6. Klemen Bregar, Andrej Hrovat, Mihael Mohorčič, Tomaž Javornik, "Self-calibrated UWB based device-free indoor localization and activity detection approach", V: *2020 European Conference on Networks and Communications (EuCNC), 15-18 June 2020, Dubrovnik, Croatia*, Proceedings, IEEE, 2020, 176-181. [COBISS.SI-ID 29877763]
 7. Zhuangzhuang Cui, Cesar Briso-Rodriguez, Ke Guan, Zhangdui Zhong, "Ultra-wideband air-to-ground channel measurements and modeling in hilly environment", V: *2020 IEEE International Conference on Communications, Dublin, Ireland, 7-11 June 2020*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 49766659]
 8. Haofan Yi, Ke Guan, Bo Ai, Danping He, Fusheng Zhu, Jianwu Dou, Zhangdui Zhong, "Channel characterization for vehicle-to-infrastructure communications at the terahertz band", V: *2020 IEEE International Conference on Communications, Dublin, Ireland, 7-11 June 2020*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 51767811]
 9. Lei Ma, Ke Guan, Dong Yang, Danping He, Bo Ai, Junhyeong Kim, Heesang Chung, "Characterization for high-speed railway channel enabling smart rail mobility at 22.6 GHz", V: *2020 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 25-28 May 2020, Seoul, Korea*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 25062915]
 10. Teodora Kocavska, Andrej Hrovat, Tomaž Javornik, "Study of cooperative MIMO approach in hilly environment", V: *WINCOM'20, 8th International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications, October 27-29, Reims, France*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 35458051]
 11. Ivan Boškovič, Halil Yetgin, Matevž Vučnik, Carolina Fortuna, Mihael Mohorčič, "Time-to-provision evaluation of iot devices using automated zero-touch provisioning", V: *GLOBECOM 2020, 2020 IEEE Global Communications Conference, 7-11 December 2020*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 52217091]
 12. Lina Wu, Danping He, Ke Guan, Bo Ai, Cesar Briso-Rodriguez, Tianyun Shui, Liu Chenji, Liju Zhu, Xiaopeng Shen, "Received power prediction for suburban environment based on neural network", V: *ICIN 2020, The 34th International Conference on Information Networking, January 7-10, 2020, Barcelona, Spain*, Proceedings, IEEE, 2020, 35-39. [COBISS.SI-ID 25067267]
 13. Gregor Cerar, Halil Yetgin, Mihael Mohorčič, Carolina Fortuna, "On designing a machine learning based wireless link quality classifier", V: *IEEE PIMRC 2020, 31st Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications, 31 August - 3 September 2020, London, UK*, Proceedings, IEEE, 2020. [COBISS.SI-ID 32059651]
 14. Gregor Kosec, Jure Slak, "Radial basis function-generated finite differences solution of natural convection problem in 3D", V: *ICNAAM 2019, International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics, 23-28 September 2019, Rhodes, Greece*, Proceedings, (AIP conference proceedings **2293**), American Institute of Physics, 2020, 420094. [COBISS.SI-ID 40426499]
 15. Mitja Jančič, Jure Slak, Gregor Kosec, "GPU accelerated RBF-FD solution of Poisson's equation", V: *MIPRO 2020, 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, September 28-October 2 2020, Opatija, Croatia*, Proceedings, IEEE, 2020, 214-218. [COBISS.SI-ID 36556291]
 16. Urban Duh, Matjaž Depolli, Jure Slak, Gregor Kosec, "Parallel point sampling for 3D bodies", V: *MIPRO 2020, 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, September 28-October 2 2020, Opatija, Croatia*, Proceedings, IEEE, 2020, 219-223. [COBISS.SI-ID 36558851]
 17. E. Merdjanovska, Aleksandra Rashkovska, "Respiration extraction from single-channel ECG using signal-processing methods and deep learning", V: *MIPRO 2020, 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, September 28-October 2 2020, Opatija, Croatia*, Proceedings, IEEE, 2020, 321-326. [COBISS.SI-ID 36548099]
 18. Vesna Kadunc Kos, Maja Brložnik, Aleksandra Domanjko-Petrič, Viktor Avbelj, "Simultaneous phonocardiography and electrocardiography using smartphone in dogs, cats and horses", V: *MIPRO 2020, 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, September 28-October 2 2020, Opatija, Croatia*, Proceedings, IEEE, 2020, 327-331. [COBISS.SI-ID 36553475]
 19. Viktor Avbelj, Maja Brložnik, "Phonocardiography and electrocardiography with a smartphone", V: *MIPRO 2020, 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, September 28-October 2 2020, Opatija, Croatia*, Proceedings, IEEE, 2020, 332-336. [COBISS.SI-ID 36555267]
 20. Roman Trobec, Maria Linden, Matjaž Šinkovec, "Impact of subthreshold transcutaneous auricular vagus nerve stimulation on the heart rate variability and atrial arrhythmias", V: *MIPRO 2020, 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, September 28-October 2 2020, Opatija, Croatia*, Proceedings, IEEE, 2020, 349-354. [COBISS.SI-ID 36547075]
 21. Rituraj Singhand, Roman Trobec, "On weighted orthogonal basis function in mls with meshless local Petrov Galerkin method", V: *International Conference on Applied mathematics & Computational Sciences, 17-19 October, 2019*, Proceedings, (AIJR proceedings), AIJR, 2020, 105-118. [COBISS.SI-ID 28296195]
 22. Blaž Bertalančič, Aljaž Blatnik, Boštjan Batagelj, "Spremljanje satelitov GPS v vidnem polju na osnovi modula NEO-6M", V: *ERK 2020, Devetindvajseta mednarodna elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 21.-22. september 2020*, Zbornik, Slovenska sekcija IEEE, 2020, 29-32. [COBISS.SI-ID 29967619]
 23. Andrej Hrovat, Michel Bedford, Tomaž Javornik, "Modeliranje razširjanja radijskih valov v naravnih jamah", V: *ERK 2020, Devetindvajseta mednarodna elektrotehniška in računalniška konferenca, Portorož, Slovenija, 21.-22. september 2020*, Zbornik, Slovenska sekcija IEEE, 2020, 66-69. [COBISS.SI-ID 29361667]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. J. Davies, Carolina Fortuna, "Introduction", V: *The internet of things: from data to insight*, Wiley, 2020, 1-7. [COBISS.SI-ID 33306151]
2. Carolina Fortuna, Timotej Gale, "Streaming data processing for IoT", V: *The internet of things: from data to insight*, Wiley, 2020, 51-62. [COBISS.SI-ID 33306407]
3. Artemis Voulkidis, Theodore Zahariadis, Konstantinos Kalaboukas, Francesca Santori, Matevž Vučnik, "Smart energy", V: *The internet of things: from data to insight*, Wiley, 2020, 173-188. [COBISS.SI-ID 33306663]
4. J. Davies, Carolina Fortuna, "Conclusion", V: *The internet of things: from data to insight*, Wiley, 2020, 207-212. [COBISS.SI-ID 33306919]

ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Urban Kuhar, Gregor Kosec, Aleš Švigelj, *Observability of power-distribution systems: state-estimation techniques and approaches*, Springer, 2020. [COBISS.SI-ID 32983591]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Jure Slak, *Adaptivna RBF-FD metoda*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Gregor Kosec). [COBISS.SI-ID 31592707]
2. Matevž Vučnik, *Poenostavitev razvoja brezžičnih vgrajenih sistemov z uporabo stalne integracije*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Mihael Mohorčič; somentor Carolina Fortuna). [COBISS.SI-ID 46841091]

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 hitrejšo in zanesljivejšo izvajanje 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 2020 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 raziskovalnimi izzivi, ki združujejo področja računalništva, inženirstva in matematike. Sodelavci odseka smo v letu 2020 raziskovalno delo nadgradili z zasnovo in razvojem rešitev v okviru 11 evropskih projektov v programih *Obzorje 2020*, *ECSEL JU*, *AAL*, *COST* in *Interreg* ter 12 domačih projektov. Naše delo je bilo povezano tudi z aktivnostmi *Strateško razvojno inovacijskih partnerstev* (SRIP) na področjih *pametnih mest in skupnosti* (PMiS) ter *tovarn prihodnosti* (ToP).



Vodja:
prof. dr. Gregor Papa

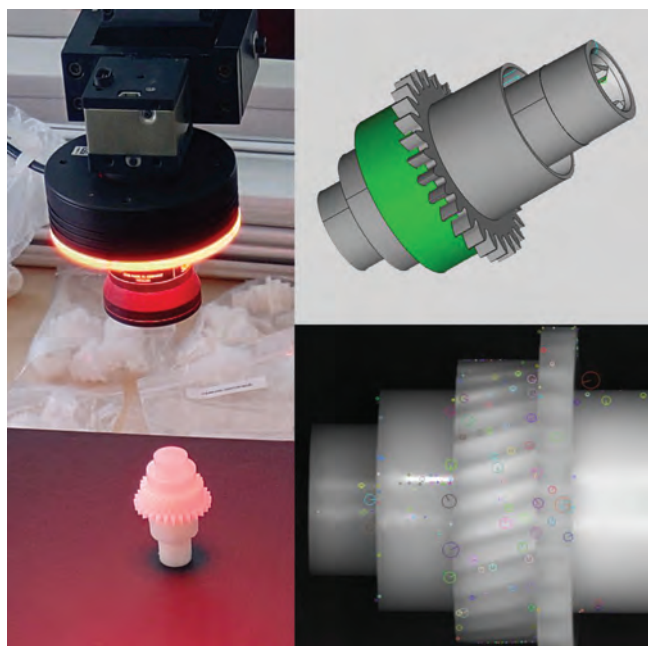
Optimizacijski algoritmi

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 pristope računske inteligence, ki temeljijo na zahtevnih numeričnih simulacijah.

Zaključili smo izvajanje projekta *Obzorje 2020* na področju Marie Skłodowska-Curie Actions *UTOPIAE – Uncertainty Treatment and OPTimisation In Aerospace Engineering* (<http://utopiae.eu>). Glavni cilj projekta je bilo povezovanje optimizacije in kvantifikacije negotovosti v aplikacijah vesoljskih in letalskih sistemov. Razvoj matematičnih metod in algoritmov za premostitev razlik med kvantifikacijo negotovosti in optimizacijo ter med teorijo verjetnosti in teorijo nenatančne verjetnosti kvantifikacije negotovosti bo omogočil učinkovite rešitve visokodimenzionalnih, dragih in kompleksnih tehničnih problemov. Na delavnici raziskovalcev v zgodnji fazi (ESR), ki je potekala februarja v Milanu, smo predstavili evolucijske pristope v dvonivojski optimizaciji. Članek o reševanju min-max optimizacijskih problemov z dvonivojskimi evolucijskimi algoritmi pa je bil predstavljen na konferenci *Genetic and Evolutionary Computation Conference – GECCO 2020*. Na IJS smo gostili tudi ESR iz TH Köln, Nemčija. Zaključna konferenca projekta v novembru je bila skupni dogodek *International Conference on Uncertainty Quantification & Optimisation – UQOP* in *International Conference on Bioinspired Optimisation Methods and Their Applications – BIOMA 2020*, katerega soorganizator je bil naš odsek. Dogodek je – poleg izzivov prehoda na spletno izvedbo – uspel s številnimi udeleženci in zanimivimi predstavami. Na konferenci *BIOMA 2020* sta bila predstavljena dva prispevka, povezana z delom v okviru projekta *UTOPIAE*.

Kot prispevek k sistematični uporabi dinamičnega nastavljanja krmilnih parametrov za evolucijske izračune smo na konferencah *GECCO 2020*, *IEEE Congress on Evolutionary Computation – CEC 2020* in *Parallel Problem Solving from Nature – PPSN 2020* podali tri tutoriale. Predstavili smo obstoječe tehnike samodejnega sprotnega nastavljanja vrednosti krmilnih parametrov. Poleg tega smo razpravljali o teoretičnih in eksperimentalnih rezultatih, ki dokazujejo neizkoriščen potencial uporabe dinamičnih parametrov.

Glavni cilj ARRS raziskovalnega projekta *Zlivanje biomedicinskih podatkov z uporabo nenegativne matrične trifaktorizacije* v sodelovanju z Univerzo v Ljubljani ter Inštitutom za matematiko, fiziko in mehaniko je bil razvoj novih, učinkovitih in natančnih metod nenegativne matrične trifaktorizacije ter njihova uporaba na realnih biomedicinskih podatkih s ciljem iskanja še nepoznanih povezav v teh podatkih. Poznavanje teh povezav vodi v primernejšo stratifikacijo pacientov, odkritja novih biomarkerjev za bolezni, odkritja novih načinov uporabe že obstoječih zdravil in podobno. Projekt se je končal s člankom, ki povzema glavne izsledke opravljenega dela. Razvita metodologija je pomembna tehnika podatkovnega rudarjenja in je uporabna v podatkovnem gručenju,



Slika 1: Nadzor kakovosti izdelkov s strojnimi vidom

predstavitvenem učenju, podatkovnem zlivanju, podobnostnem učenju in podatkovnem stiskanju.

V sklopu projekta ARRS MR se je proučevala uporaba **gradientnih optimizacijskih metod** v strojnem učenju in optimizaciji velikih dimenzij. Učinkovitost gradientnih metod je bila raziskana v vseh treh vejah strojnega učenja: nadzorovanem, nenadzorovanem in vzpodbujevalnem učenju. V sklopu tega dela je bilo izvedeno predavanje z naslovom *Deep learning with Keras* na jesenski šoli *PRACE Autumn school 2020 - HPC and FAIR Big Data* v Ljubljani.

Naslednji projekt ARRS MR se je osredotočal na optimizacijske algoritme, primerjalno analizo, **analizo pokrajine preiskovalnega prostora**, vizualizacijo podatkov in strojno učenje. V sklopu tega dela sta bila objavljena članek v reviji *Applied Soft Computing* in konferenčni članek na *GECCO 2020*.

V okviru doktorskega projekta ARRS *Mr-BEC Sodobni pristopi za primerjalno analizo v evolijskem računanju* (<http://cs.ijs.si/project/mrbec>) je glavni cilj zasnovati, razviti, realizirati in ovrednotiti **ogrodje za primerjalno analizo evolijskega računanja**, ki bo omogočilo poglobljeno razumevanje obnašanja algoritmov, zlasti s poudarkom na ugotavljanju praktičnega pomena, pridobivanju znanja o učinkovitosti z uporabo informacij iz porazdelitve prostora (visokodimenzionalni podatki) in sprejetju splošnejših zaključkov primerjalne analize z uporabo nabora

mer učinkovitosti. Vsi do sedaj razviti pristopi so bili vključeni v *IOHAnalyzer*, primerjalno ogrodje, ki so ga razvili na Univerzi Leiden na Nizozemskem in na Univerzi Sorbonne v Franciji. Delo v zvezi z ugotavljanjem praktičnega pomena primerjalnih analiz je bilo predstavljeno na konferenci *GECCO 2020*. Na konferencah *GECCO 2020* in *PPSN 2020* so bile organizirane posebna sekcija in dve delavnici o praksah primerjalne analize za evolijsko računanje. Na obeh konferencah sta bila organizirana tutoriala, povezana s pristopi primerjalne analize. Raziskava o primerjalnih analizah je prispevala tudi k številnim spodaj omenjenim člankom v revijah.

Pri statistični analizi učinkovitosti delovanja enokriterijskih optimizacijskih algoritmov raziskovalci običajno ocenijo glede na pridobljene rezultate optimizacije v obliki minimalnih/maksimalnih vrednosti. Čeprav je to dober pokazatelj učinkovitosti algoritma, ne vsebuje informacij o razlogih, zakaj se to zgodi. Ena od možnosti za pridobitev dodatne informacije o delovanju algoritmov je proučevanje njihovih sposobnosti preiskovanja in izkoriščanja. Z uporabo razširjenega pristopa globoke statistične primerjave (angl. **extended Deep Statistical Comparison**), ki deluje nad visokodimenzionalnimi podatki, je mogoče analizirati preiskovanja in izkoriščanja enokriterijskih optimizacijskih algoritmov. Cevovod je izveden z orodjem za e-učenje *DSCTool*, ki temelji na spletnih storitvah. Delo je bilo objavljeno v reviji *Mathematics*.

Pri večkriterijski optimizaciji je pomembna pravilna uporaba statistike, saj je treba učinkovitost novo razvitega algoritma primerjati z učinkovitostjo najsodobnejših algoritmov. Pri večkriterijski optimizaciji imamo opravka z dvema ali več navadno nasprotujočimi kriteriji, kar vodi v visokodimenzionalne podatke, ki jih je treba analizirati. V reviji *Mathematics* smo poročali, kako se izvede ustrezna statistična analiza pri večkriterijski optimizaciji.

Naš odsek se je udeležil tekmovanja *Open Optimization Competition*, ki je bilo organizirano na konferencah *GECCO 2020* in *PPSN 2020*, v smeri robustnejših statističnih pristopov in vizualizacije rezultatov optimizacije. Naša ekipa je **na tekmovanju zasedla prvo mesto**. Rezultat sta bila tudi dva prispevka, predstavljena na konferenci *GECCO 2020*.

V sodelovanju z Univerzo Sorbonne, Institut Polytechnique de Paris, smo se osredotočili na uporabo matrične faktorizacije za predstavitev instanc primerjalnih problemov, ki se uporabljajo pri izvajanju študij primerjalne analize z namenom iskanja podobnih instanc. Delo je bilo predstavljeno na konferenci *IEEE International Series Symposium on Computational Intelligence - IEEE SSCI*. Razviti pristopi primerjalne analize so bili uporabljeni za poglobljen vpogled v delovanje algoritmov, temelječih na inteligenci rojev, v sodelovanju z Univerzo Singidunum v Srbiji, kar je bilo predstavljeno na konferenci *Modelling and Development of Intelligent Systems 2020 - MDIS 2020*.

Delo na predstavitev *performance2vec* je bilo predstavljeno na konferenci *GECCO 2020*. *Performance2vec* se uporablja za predstavitev vektorske vložitve učinkovitosti algoritma za dani nabor podatkov primerjalne analize. Tako lahko ugotovimo, kateri algoritmi iz izbranega portfelja algoritmov delujejo podobno in kateri so primerni za dane optimizacijske probleme.

Naša ekipa je na Odprtem tekmovanju za optimizacijo, organiziranem v sklopu konferenc GECCO 2020 in PPSN 2020, osvojila prvo mesto.

Končali smo dejavnosti v okviru COST akcije *ImAppNIO – Improving Applicability of Nature-Inspired Optimisation by Joining Theory and Practice* (<http://imappnio.dcs.aber.ac.uk>). Glavni cilj akcije je bila premostitev vrzeli med teorijo in prakso ter izboljšanje uporabnosti iz narave navdahnjenih optimizacijskih metod. Teoretična spoznanja so postala dostopnejša in uporabna prek platforme, kjer se srečujejo teoretiki in praktiki ter izmenjujejo vpoglede, ideje in potrebe. Naši raziskovalci so aktivno sodelovali na zaključnem srečanju in na delavnici v Vilni v Litvi. Delovna skupina za praktično usmerjeno teorijo se je osredotočila na tematiko, povezano s kombinatorično optimizacijo in medicinskimi aplikacijami. V zvezi s tem so bili predstavljeni nekateri rezultati projekta *Biomedical data fusion by nonnegative matrix tri-factorization*.

V sodelovanju z Odsekom za inteligentne sisteme na IJS ter s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru smo že sedemnajsto leto zapored pripravili več rednih skupnih delavnic Algoritmni po vzorih iz narave (AVN), katerih osrednja tema so različne tehnike stohastične optimizacije.

Z Odsekom za znanosti o okolju na IJS sodelujemo pri več projektih z izvajanjem klasičnih statističnih analiz in modelov strojnega učenja, kar uporabljamo za prepoznavanje sledljivosti živil.

Obdelava podatkov

V letu 2020 smo uspešno končali industrijski projekt *Ket4CleanProduction Improved planning of manufacturing processes for individualized tools*. Glavni cilj je bil izboljšati oceno trajanja delovanja zelo individualiziranih postopkov izdelave orodij v podjetju Plamtex, d. o. o., z uporabo **analize, temelječe na umetni inteligenci**. Obravnavali smo dva glavna izziva. Prvi je bil ustvariti značilke, ki jih je mogoče uporabiti za modeliranje s pomočjo umetne inteligence. Pri tem je bila glavna težava zapis podatkov, v katerem so bile shranjene vse informacije o orodjih. Drugi izziv je bil pravilna ocena trajanja posameznih korakov proizvodnega procesa za zasnovano orodja, pri čemer orodje predhodno še nikoli ni bilo izdelano. Delo je potekalo v sodelovanju z Odsekom za inteligentne sisteme na IJS in podjetjem Hahn-Schickard iz Nemčije. Končna rešitev, v obliki demonstracijskega prototipa, je bila implementirana v delovnem okolju orodjarne podjetja Plamtex. Ta ponuja celostno rešitev za podporo načrtovanju postopkov izdelave orodij s pomočjo umetne inteligence v obliki samodejno izdelanih (tj. zgrajenih z rudarjenjem podatkov) napovednih modelov.

Elektronske komponente in sistemi (EKS) so bistvenega pomena za gospodarstvo in državljane EU, saj podpirajo področja od prometa in mobilnosti do medicine in energije. Eno od ključnih področij, ki bo obravnavano, je **povečanje zanesljivosti** vse bolj zapletenih vezij in sistemov za obdelavo ogromnih količin podatkov ter hkrati zagotavljanje hitrejše in natančnejše obdelave ter manjše porabe energije. Zanesljivost bo postala še bolj pomembna v času industrije 4.0 in interneta stvari, kjer bo obdelava podatkov v oblaku v realnem času omogočala 'kritične' aplikacije, kot so npr. samovozeči avtomobili. V letu 2020 smo začeli projekt ECSEL JU/Obzorje 2020 *iRel40 – Intelligent reliability 4.0* (<https://www.irel40.eu>) v sodelovanju s 75 partnerji iz 13 držav z namenom zmanjšanja stopnje okvar EKS v celotni vrednostni verigi. V okviru projekta se bomo osredotočili na zagotavljanje zanesljivosti na realnem primeru pametnega spremljanja stanja pogonskega sistema znotraj električnega kolesa. Razvili, prilagodili in implementirali bomo algoritme, ki temeljijo na umetni inteligenci, s ciljem prepoznavanja kritičnih značilk, ki vplivajo na zanesljivost elektromotorjev znotraj kolesa.

Pristope primerjalne analize smo uporabili za analizo prehranskih navad med razmerami covid-19. Analiza je temeljila na semantični anotaciji z uporabo pristopov umetne inteligence za obdelavo besedilnih podatkov o receptih. Raziskovalno delo smo opravili v sodelovanju z Odsekom za tehnologije znanja in rezultate objavili v reviji *Trends in Food Science & Technology*. V sodelovanju z Univerzo sv. Cirila in Metoda, Skopje, Severna Makedonija, smo uporabili enako metodologijo za razvoj okvira za izbiro parametrov predhodne obdelave signalov EKG, ki se uporabljajo za napovedovanje krvnega tlaka. Rezultate tega dela smo objavili v poglavju knjige *Springer Communications in Computer and Information Science*.

V sodelovanju s Fakulteto za računalništvo in inženirstvo Univerze sv. Cirila in Metoda v Skopju, Severna Makedonija, smo razvili prvi celovit odprtokodni sistem za **sintezo govora iz besedila** v makedonskem jeziku. Razviti model, poimenovan *MAKEDONKA*, temelji na globokem učenju. Delo je objavljeno v reviji *Applied Sciences*.

Oktober se je začel izvajati tudi tretji projekt ARRS MR, ki ima za glavni cilj razviti metodo **predstavitvenega učenja** (zlasti na osnovi grafa predstavitvenega učenja) za izbrani nabor podatkov in izbrano nalogo strojnega učenja. Eden od podciljev je razviti tak pristop fuzije predstavitvenega učenja, ki povezuje različne podprostore predstavitev istih podatkov, da bi dosegli bolj zmogljive razložljivosti. To bo omogočilo razvoj razložljive taksonomije metod predstavitvenega učenja, ki bo omogočala raziskovalcem izbor ustrezne metode za nalogo strojnega učenja. Za ovrednotenje razvitih metod bo opravljena evalvacija s podatki o živilih in prehrani ter iz biomedicinske domene. Poleg tega bomo upoštevali tudi družbene in druge domene.

Organizirali smo že 9. mednarodno konferenco o optimizacijskih metodah po vzorih iz narave in njihovih aplikacijah.

V okviru naših raziskav nadzora kakovosti s strojnim vidom smo uspešno izvedli industrijski projekt Ket4CleanProduction *Nadzor kakovosti brizganih plastičnih izdelkov s strojnim vidom*. Cilj projekta je bil določiti in s proizvodnimi podatki preveriti vse elemente, potrebne za manipulacijo in pregled izdelka, plastičnega polznega kolesa, ki se proizvaja s tehniko brizganja. Naša vloga pri tem projektu je bila usklajevanje raziskovalnih partnerjev in določitev vseh potrebnih komponent sistema strojnega vida. Projekt je bil izveden v štirih delovnih sklopih. V prvem sklopu je bila izvedena rešitev za prevzem brizganih kosov iz stroja za brizganje in za njihovo manipulacijo pred kamero, ki omogoča zajem slik, potrebnih za nadzor kakovosti. V drugem sklopu so bili določeni vsi potrebni sestavni deli sistema strojnega vida, vključno z njihovo interakcijo in komunikacijo s sistemom za manipulacijo izdelka. V tretjem sklopu so bili izbrani in preizkušeni algoritmi za **obdelavo slik, izločanje značilk in razvrščanje**, potrebni za nadzor kakovosti. V četrtem sklopu so bili določeni krmilni signali za vse faze vizualnega pregleda, narejen je bil tudi ustrezen časovni diagram. Glavni učinek, dosežen s tem projektom, je vzorčna rešitev za samodejni vizualni pregled in manipulacijo plastičnih izdelkov z roboti.

V okviru predhodne obdelave, priprave in označevanja podatkov o prehranskih izdelkih je bilo opravljeno delo na področju **avtomatiziranega prepoznavanja slik hrane**. Na simpoziju za znanost in tehnologijo DSM (*DSM Science and Technology Award Symposium*), organiziranem v okviru evropske prehranske konference (*European Nutrition Conference*), ki se osredotoča na personalizirano prehrano in nove tehnologije za zdravje v sodobnem svetu, je bilo naše delo prepoznano kot eno od treh najboljših. Udeležili smo se tudi izziva za prepoznavanje hrane, ki ga je organiziral AICrowd, kjer smo osvojili drugo mesto. Cilj izziva je bil naučiti računalniške modele, da lahko z obdelavo slik živilskih izdelkov na njih prepoznajo posamezne izdelke.

Za industrijskega partnerja smo razvili dokaz koncepta vizualnega prepoznavanja njihovih izdelkov na mobilni napravi, ki vključuje optično prepoznavo črk. Rešitev je namenjena končnim kupcem, ki izdelke uporabljajo med svojimi prostočasnimi domačimi dejavnostmi, kjer sta robustnost in preprostost uporabe bistvenega pomena.

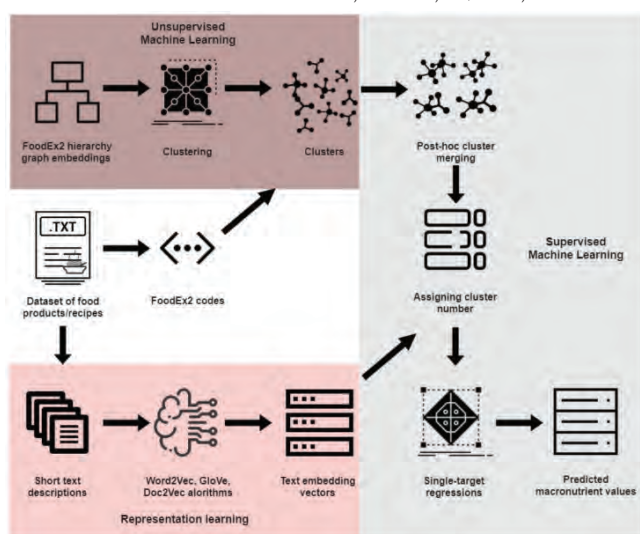
Upravljanje in vizualizacija podatkov

Nadaljevali smo nadgradnjo nacionalne baze podatkov o sestavi živil in razvoj *Odrpte platforme za klinično prehrano - OPKP* (<http://www.opkp.si>). Nadgradnje vključujejo pregled obstoječih podatkov, vključitev novih zbirk podatkov s projekta FNS-Cloud, novo in izboljšano klasifikacijo ter preslikovanje podatkov v FoodEx2. Do sedaj smo na novo postavili arhitekturo podatkovne baze o sestavi živil in razvili sistem s svojim uporabniškim vmesnikom za vzdrževanje baze podatkov. Vežano na OPKP je bilo tudi delo na platformi za **množično zbiranje podatkov** o sestavi živil za predpakirane izdelke, ki so na voljo na slovenskem trgu. Platforma je sestavljena iz mobilnih aplikacij za iOS in Android platformo *Veš, kaj ješ?* in spletne aplikacije za urejanje podatkov, ki jih pošiljajo uporabniki www.bazil.si. Naša prizadevanja so bila najprej usmerjena v povečanje stabilnosti in uporabnosti sistema, nato pa smo začeli vključevati dodatne podatke, ki javnosti omogočajo obveščanje o tveganju, povezanem z uživanjem alkohola ter vključevanjem podatkov o sladilih in kofeinu. Delo poteka v okviru dveh nacionalnih projektov: *Veš, kaj ješ?* in *Veš, kaj piješ?* (<http://www.veskajjes.si>).

Prav tako smo nadaljevali projekt Obzorja 2020 *FNS-Cloud - Food Nutrition Security Cloud* (<http://www.fns-cloud.eu>). Projekt bo strnil obstoječe vire FNS (podatke, znanje in orodja) na področju zdravstva in agroživilstva, ki so zdaj razdrobljeni, nimajo kritične mase, njihov dostop pa je neenakomerno porazdeljen med skupnostjo uporabnikov.

Zlasti bomo razvili napredno metodologijo za delo z raznovrstnimi podatki o prehrani in zdravju. Naša skupina se ukvarja z metodologijami za standardizacijo podatkov in **interoperabilnost podatkov** o prehrani in prehranski varnosti, vključno s posebnimi nalogami za predobdelavo, pripravo in označevanje podatkov, ujemanje in analizo podatkov. V okviru projekta sta bili organizirani dve delavnici *Big Food and Nutrition Data Management and Analysis - BFNDMA 2020* na *IEEE BigData 2020* in *AI & Nutrition Track* na *Applied Machine Learning Days - AMLD 2020*. Poleg tega v okviru projekta sodelujemo s partnerji na študijskih primerih, kjer bo uporabnost FNS-Cloud dokazana v okviru načrtovanja družinskega jedilnika in izmenjave semen.

Z uporabo besedilnih podatkov, krajših opisov recepta, je bil razvit nov cevovod za **podatkovno rudarjenje**, *P-NUT*, za napovedovanje vrednosti makrohranil. Cevovod smo objavili v reviji *Mathematics*. Poleg tega je bila izvedena analiza pristranskosti za proučitev vpliva različnih domenskih znanj na napovedi *P-NUT*. Rezultati te analize so bili objavljeni in predstavljeni na delavnici *BFNDMA 2020* v okviru konference *IEEE BigData 2020*.



Slika 2: Metodologija P-NUT

Na podlagi 1000 ročno označenih (anotiranih) receptov je bila opravljena evalvacija štirih različnih metod prepoznavanja imenskih entitet (NER) na področju prehrane: FoodIE, NCBO (SNOMED CT), NCBO (OntoFood) in NCBO (FoodON). Očitno je, da metoda FoodIE, ki smo jo razvili in predstavili leta 2019, zagotavlja bolj obetavne rezultate v primerjavi z drugimi in najboljše splošne rezultate, ki so bili objavljeni v reviji *IEEE Access*. Da bi omogočili **samodejno označevanje (anotiranje)**, smo uvedli *BUTTER*, kot prvo NER-metodo na osnovi korpusa, ki temelji na dvosmernem dolgem kratkotrajnem pomnilniškem omrežju s pogojno plastjo naključnega polja in zagotavlja bolj zanesljive rezultate. Pristop je bil objavljen in predstavljen na delavnici *BFNDMA 2020* v okviru konference *IEEE BigData 2020*.

V sodelovanju z Odsekom za tehnologije znanja smo razvili novo **metodologijo semantičnega označevanja** za analizo receptov *DietHUB*. Opis metodologije smo objavili v reviji *Trends in Food Science & Technologies*. Pristop nam omogoča, da raziščemo vpliv pandemije covid-19 na načine uživanja hrane. Zbrane izsledke smo prav tako objavili v isti reviji ter jih predstavili na dogodku *European Open Science Forum - ESOF 2020* v Trstu v Italiji.

Da bi domenski strokovnjaki s področja živilstva in prehrane razumeli povezave med različnimi standardi in jih seznanili s postopkom interoperabilnosti z uporabo različnih standardov, smo razvili *FoodViz* kot spletni okvir, namenjen predstavitvi rezultatov označevanja (anotiranja) živilskih entitet z uporabo obstoječih **metod obdelave naravnih jezikov** in strojnega učenja. *FoodViz* omogoča filtriranje receptov po imenu, kategoriji receptov ter med obdelanimi (anotiranimi) in neobdelanimi recepti. Nato lahko uporabnik izbere recept, za katerega so prikazane semantične oznake. Za vsako izluščeno živilsko entiteto so podane sopomenke, to so imena živil, ki so na voljo v različnih semantičnih virih (angl. Semantic resources), čemur sledijo semantične oznake. Orodje je bilo razvito v sodelovanju s Fakulteto za računalništvo in inženirstvo Univerze sv. Cirila in Metoda v Skopju, Severna Makedonija, ter objavljeno in predstavljeno na *Machine Learning, Optimization, and Big Data - LOD 2020*.

Pri projektu ESFRI *MetroFood - Infrastructure for promoting Metrology in Food and Nutrition* (<https://www.metrofood.eu>) smo v sodelovanju z Odsekom za znanosti o okolju razvili **spletno orodje za raziskovanje izotopskih podatkov *RealMed***. Naš odsek je oblikoval arhitekturo platforme *MetroFood* in načrt upravljanja podatkov v platformi.

Sodelujemo z raziskovalno skupino na Zgodovinskem inštitutu Milka Kosa pri Znanstvenoraziskovalnem centru Slovenske akademije znanosti in umetnosti v Ljubljani v okviru projekta ARRS *Toponomastična dediščina Primorske*. Eden od glavnih rezultatov je uporabniško prijazna in zanesljiva **interaktivna spletna različica** Slovenske historične topografije.

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. V okviru programa AAL smo pri projektu *Turntable - Platform supporting vitality and abilities of elderly* (<https://www.aalturntable.eu>) sodelovali pri soustvarjanju platforme z uporabniki (izvedba sej v Sloveniji kot eni od štirih testnih držav). Starostnike smo vprašali za mnenje o IKT-orodjih, ki bi jih vključili v platformo *Turntable*. V okviru programa Interreg smo začeli projekt *SI4Care*. Cilj projekta je ustvariti enotno in učinkovito regijsko strategijo na področju socialnih inovacij v integriranih zdravstvenih storitvah za starajoče se prebivalstvo. Naša vloga je pilotiranje naših IKT-rešitev, razvitih v okviru drugih projektov, ter prispevanje k sistemu za podporo pri odločanju za ocenjevanje stanja socialnih inovacij v regiji.

Oktober smo v Ljubljani organizirali peto konferenco *Human-Computer Interaction in Information Society - HCI-IS*, ki je potekala virtualno. Cilj konference je združevanje HCI skupnosti v regiji. Zastavljen cilj potrjuje naraščajoče število udeležencev tako iz večine slovenskih akademskih institucij, ki delujejo na tem področju, kot tudi sodelovanje industrije.

Nadaljevali smo nadgradnjo **platforme OPKP**. Izboljšali smo uporabniški vmesnik za upravljanje interne baze podatkov o hranilni vrednosti, ki se polni iz številnih tekočih projektov, ki vključujejo različne vidike prehranskih raziskav. Naš cilj je skrbnikom sistemov in strokovnjakom za prehrano zagotoviti preprost način brskanja po podatkih, jim omogočiti potreben vpogled in urejanje oz. medsebojno povezovanje več elementov na podlagi takih vpogledov. Zato smo oblikovali posebne uporabniške vmesnike, ki uporabnikom omogočajo povezovanje živilskih izdelkov, kategorij, sestavnih delov in oznak med različnimi uvoženimi podatkovnimi bazami o živilih (evropska, ameriška, avstralska itd.). Zaslone smo zasnovali tako, da uporabnikom omogočajo sočasno iskanje in pregledovanje seznamov različnih baz podatkov in enostavno izbiro ustreznih rezultatov, ki jih nato povežejo v verigo podatkov, ki se hranijo in uporabljajo v naši interni bazi podatkov. Zasnovali smo tudi **intuitiven način** pregleda vsakega podatka, shranjenega v naši bazi podatkov, in njegovo hitro urejanje, zahvaljujoč vmesniku, ki zmanjša potrebne klike in omogoča preprost način za hiter pregled velike količine podatkov naenkrat.

Zasnovali smo uporabniški vmesnik aplikacije *SnackTrack*, da bi preizkusili, kako vizualni elementi na mobilnem zaslonu vplivajo na prehranske izbire uporabnikov v njihovem vsakdanjem življenju. Vmesnik je narejen,

vendar je eksperimentalni del doktorske disertacije zaradi omejitev covid-19 trenutno na čakanju. Izdelali smo različne verzije aplikacij, s katerimi bi lahko preizkusili, kako vsaka od njih vpliva na prehranske izbire. Izbrali smo fotografije, ki bi lahko vplivale na prehranske izbire ljudi, in jih prikazali v različnih verzijah aplikacije. Z vidika uporabniškega vmesnika smo vzpostavili sistem, ki je uporabnikom omogočil hiter in preprost način sledenja in označevanja vsakega obroka, ki so ga zaužili v dnevu (hkrati pa smo prejeli vse podatke, potrebne za analizo hranilne vrednosti). Zasnovali smo sorodno aplikacijo *SnackCheck*, ki je prav tako namenjena sledenju obrokov, zbrane podatke pa nato uporablja za usposabljanje algoritmov za prepoznavanje slik, ki temeljijo na oznakah, ki jih uporabnik vnese v sistem.

V okviru nacionalnega projekta *Šolski lonec* (<http://solskilonec.si>) smo začeli oblikovati nov uporabniški vmesnik za orodje, ki omogoča načrtovanje obrokov v šolah. Naš cilj je uporabnikom omogočiti **načrtovanje uravnoteženih obrokov**, ki so skladni z nacionalnimi prehranskimi smernicami. Oblikovali smo interaktivne vizualizacije, ki uporabnikom pomagajo določiti ustrezne količine določenih makro- in mikrohranil ter drugih parametrov. To smo izvedli na več načinov – omogočili smo samodejni uvoz iz drugega sistema, ki ga že uporabljajo, in jih nato z vmesnikom vodili prek potrjevanja uvoženih podatkov, omogočili smo iskanje in vnos več živil iz naše baze podatkov hkrati in njihovo spreminjanje ter zagotovili hiter način ročnega vnosa potrebnih podatkov lastnih živil. Zasnovali smo posebne zasloni za upravljanje podatkov o receptih, ki jih nameravajo uporabiti, in za razvrščanje uporabnikov, ki jih nameravajo hraniti v ustanovi. Izračunane količine smo prikazali v jasni, vizualni obliki, ki ljudem omogoča, da si ogledajo, kako dobro njihovi oblikovani jedilniki sledijo nacionalnim smernicam prehrane. Orodje smo povezali tudi z bazo podatkov *OPKP* in z *e-Katalogom*, orodjem, ki ga je razvila Zbornica kmetijskih in živilskih podjetij, namenjenim javnim naročanjem hrane v šolah in vrtcih.

V okviru Obzorje 2020 projekta *TRUE – Transition paths to sustainable legume based systems in Europe* smo v sodelovanju z Odsekom za tehnologije znanja oblikovali uporabniški vmesnik za Pathfinder, orodje za **celovito upravljanje trajnosti prehranjevalnih verig**, ki vključuje vse pomembne vidike trajnosti: okolje, ekonomijo in družbo. Naš cilj je bil, da vladnim uradnikom in vodjem podjetij omogočimo jasen vpogled v stanje vseh vidikov trajnosti neke prehranjevalne verige, na podlagi katerega lahko uvedejo ustrezne spremembe, ki jih z orodjem lahko preizkušajo v obliki različnih scenarijev. Razviti vmesnik tako omogoča različne delokroge. Prvi je preprost in hiter način vnašanja kazalnikov, na podlagi katerih se opravi vrednotenje verige. Zasloni so tu zasnovani tako, da uporabnikom omogočajo pregled nad vsemi indikatorji, ki so potrebni pri vrednotenju verige. Drugi del vmesnika je namenjen pregledovanju vseh vnesenih podatkov z jasnimi, barvitimi in interaktivnimi vizualizacijami. Zadnji del vmesnika omogoča intuitiven način izvajanja analiz od spodaj navzgor in od zgoraj navzdol ter preizkušanja različnih scenarijev. V praksi to pomeni, da je mogoče spreminjanje več parametrov in ugotavljanje posledic, ki jih te spremembe povzročajo v celotni verigi, kar podjetjem in vladam olajša določanje trajnostnih ciljev in iskanje poti za doseganje teh ciljev.

Prilagodljive računalniške strukture

V podporo in za pospeševanje razvitih algoritmov smo na ravni strojne opreme proučili in razvili več pristopov, kot so sprotna rekonfiguracija programirljivih vezij FPGA, prilagojeni vgradni sistemi in senzorji. Gradimo visoko zmogljivo FPGA **pospeševalno infrastrukturo**, osnovano na Xilinx ALVEO pospeševalnih karticah. Proučili

smo strojne izvedbe umetnih nevronske mreže na programirljivih vezijah FPGA. Uporaba visoko zmogljive FPGA pospeševalne kartice ALVEO je bila preverjena z izvedbo množilnika matrik s fiksno vejico, ki se lahko uporabi kot gradnik pri strojni izvedbi nevronske mreže. Delo je dokumentirano v magistrski nalogi našega študenta. Prav tako je v diplomski nalogi opisana

strojna izvedba hitrih binarnih nevronske mreže s srednje zmogljivimi vezji FPGA. Taka izvedba je uporabna za robno procesiranje podatkov v realnem času. Novembra smo organizirali seminar o razvoju vgradnih sistemov z vezji FPGA.

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 iz Dresdna v Nemčiji 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** (GPE) 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 z združevanjem in njihov razpad na manjše mehurčke. Ti mehanizmi so računsko precej zahtevni, zato so bili deli izračunov preneseni na

**Vzpostavljamo visokozmogljivo hibridno GPGPU/
FPGA infrastrukturo za pospeševanje.**

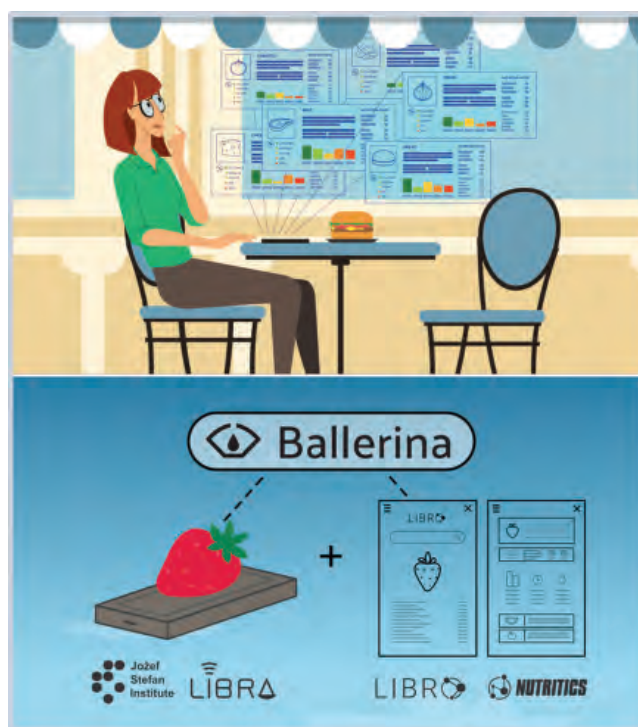
GPE. Mehanizmi, podprti z GPE, so se izkazali za precej uspešne, saj so izračuni nekajkrat hitrejši. Čas celotne simulacije se zmanjša za nekaj ur, kar omogoča hitrejši razvoj novih modelov in večjo natančnost obstoječih simulacij.

Nadaljevali smo delo na Obzorju 2020, projektu *TETRAMAX – Technology Transfer via Multinational Application Experiments* (<https://www.tetramax.eu>) ter dejavnosti pri podprojektu *Ballerina* (<http://ballerina.ijs.si>), v okviru katerega smo razvili novo **prenosno energijsko varčno** kuhinjsko tehtnico z Bluetooth 5 komunikacijskim vmesnikom. Programski vmesnik (API) tehtnice je združljiv s predhodnimi verzijami tehtnic in razširjen z možnostjo brezžične nadgradnje (Over-The-Air update). Osnovni del kuhinjske tehtnice je zasnovan z Bluetooth mikrokrmilnikom Nordic nRF52, ki mu je, za natančno merjenje teže, dodan ločen precizen analogno-digitalni pretvornik. Tehtnica vključuje tudi prilagodljivo napajalno enoto in serijski vmesnik UART, ki je namenjen predvsem razhroščevanju. Energijsko porabo tehtnice zmanjšujemo z izklapljanjem trenutno neuporabljenih enot ter s preklopom stanja mikrokrmilnika, ko ne opravlja opravil, v stanje mirovanja. Strojna oprema tehtnice, njen programski vmesnik in testna mobilna aplikacija so odprtokodni ter posredovani na zahtevo. Rezultati podprojekta *Ballerina* so bili predstavljeni na konferenci *HiPEAC 2020*.

V okviru projekta Obzorje 2020 *SAAM – Supporting Active Ageing through Multimodal coaching* (<http://bilsp.org/saam-active-ageing>) smo razvili metodologijo za oceno vnosa hrane in živil za starejše. Pripravljen je bil kratek vprašalnik o pogostosti obrokov za starejše. Razvita in preverjena je bila mobilna aplikacija za platformo Android, ki omogoča slikanje in prepoznavo hrane in pijače. Za izboljšanje natančnosti ocene vnosa hrane in živil se lahko mobilna aplikacija poveže z žepno kuhinjsko tehtnico, ki je bila nadgrajena s podporo novejšje Bluetooth 5 tehnologije. V okviru projekta je bil razvit **ambientalni senzor**. To je slepa naprava, ki s senzorske razširitvene kartice zajema okoljske podatke, kot so temperatura, vlažnost, zračni pritisk in pospeški. Poleg tega prek Bluetooth vmesnika z nosljivih senzorjev zbira gibalne podatke. Zbrane podatke prek MQTT-protokola pošilja v podatkovno bazo v oblaku. Ambientalni senzor poleg zajemanja podatkov vključuje tudi module za posredovanje glasovnih sporočil, modul za glasovno ukazovanje in modul Moodbox, ki glede na zvočni zapis zazna uporabnikovo razpoloženje. Modul za posredovanje glasovnih sporočil predvaja vnaprej posneta sporočila, ki jih prek MQTT sproži vadbeni sistem. Modul za glasovno ukazovanje prepozna ukaze in jih posreduje sistemu.

Nadaljnji razvoj mobilnega računanja je pred resno omejitvijo zaradi baterijskih tehnologij, ki ne sledijo rasti energijske porabe mobilnih aplikacij. V naših raziskavah si prizadevamo prepoznati probleme, primerne za približno računanje, pri katerih so za uporabnika sprejemljive tudi neoptimalne rešitve, dobljene z nadzorovanim manjšanjem računske natančnosti. Pristop **približnega mobilnega računanja** (AMC) manjša razkorak med pričakovanji uporabnika in uporabljenom kakovostjo računanja ter posledično manjša energijsko porabo mobilnih naprav. Prvi korak k uporabi AMC je prepoznavanje primerov, pri katerih uporabnik dopušča manj natančne rezultate. V našem delu o analizi vizualne zaznave na mobilnih napravah, objavljenem na konferenci *EAI MobiQuitous 2020*, smo za različne primere uporabe raziskali, katere kakovosti videoposnetkov so še dopustne. Izvedli smo raziskavo, kako se okoliščine, v katerih je predvajana videovsebina, odražajo v pričakovanjih uporabnika. Odkrili smo, da fizična aktivnost uporabnika ter prostorske/časovne značilnosti videovsebin vplivajo na najnižjo sprejemljivo ločljivost predvajane vsebine. Poleg tega smo potrdili, da ločljivost dekodiranja videovsebin bistveno vpliva na celotno energijsko porabo mobilne naprave, zato kot prvi korak k uporabi AMC pristopa predlagamo kontekstno odvisno dinamično prilagajanje videokakovosti.

V sklopu projekta Obzorja 2020 *TETRAMAX*, ki podpira evropsko pobudo *Smart Anything Everywhere* na področju **prilagojenega računanja z nizko porabo energije** (CLEC) za kibernetko-fizikalne sisteme in internet stvari, smo nadaljevali dejavnosti regionalnega kompetenčnega centra znotraj vseevropske mreže. Organizirali smo predstavitevno spletno delavnico, namenjeno lokalni skupnosti v Sloveniji, da bi razložili poslanstvo *TETRAMAX* in predstavili odprte razpise ter hkrati prepoznali regionalno pametno specializacijo in zajeli lokalno ponudbo in povpraševanje po tehnologijah CLEC. V sodelovanju s SRIP PMiS in SRIP ToP smo izvedli dve izobraževalni delavnici z vsebinama na področjih, ki obravnavajo tehnike interakcije med človekom in računalnikom ter vgrajene sisteme z vezji FPGA, z namenom, da MSP in srednje velikim podjetjem predstavimo nekatere ključne tehnologije CLEC.



Slika 3: Predstavitveni video *Ballerina* (<https://www.youtube.com/watch?v=hi-gT7ljuQc>)

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Urban Škvorc, Tome Eftimov, Peter Korošec, Understanding the problem space in single-objective numerical optimization using exploratory landscape analysis, *Applied soft computing*, 2020, 90, 106138-1-106138-15
2. Gordana Ispirova, Tome Eftimov, Barbara Koroušič Seljak, Evaluating missing value imputation methods for food composition databases, *Food and chemical toxicology*, 2020, 141, 111368
3. Gorjan Popovski, Barbara Koroušič Seljak, Tome, Eftimov, A survey of named-entity recognition methods for food information extraction, *IEEE access*, 2020, 8, 31586–31594
4. Monika Simjanoska, Stefan Kochev, Jovan Tanevski, Ana Madevska Bogdanova, Gregor Papa, Tome Eftimov, Multi-level information fusion for learning a blood pressure predictive model using sensor data, *Information fusion*, 2020, 58, 24–39
5. Veljko Pejović, Artemis Skarlatidou, Understanding interaction design challenges in mobile extreme citizen science, *International journal of human-computer interaction*, 2020, 36, 3, 251–270
6. Veljko Pejović, Towards a holistic net neutrality violation detection system: a case study of Slovenia, *Journal of network and systems management*, 2020, 28, 4, 1453–1481
7. Peter Korošec, Tome Eftimov, Multi-objective optimization benchmarking using DSCTool, *Mathematics*, 2020, 8, 5, 839-1-839-14
8. Gordana Ispirova, Tome Eftimov, Barbara Koroušič-Seljak, P-NUT: Predicting NUTrient content from short text descriptions, *Mathematics*, 2020, 8, 10, 1811-1-1811-21
9. Tome Eftimov, Gorjan Popovski, Matej Petković, Barbara Koroušič-Seljak, Dragi Kocev, COVID-19 pandemic changes the food consumption patterns, *Trends in food science & technology*, 2020, 104, 268-272

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. AI & Nutriton track at Applied Machine Learning Days 2020 (AMLD 2020), Lozana, Švica, 26.–29. 1. 2020
2. Delavnica FNS-Cloud: Food and nutrition ontologies, Ljubljana, 20. 2. 2020
3. Spletna delavnica TETRAMAX: Priprava uspešnega poslovnega modela z vidika odprtega razpisa za podjetniške projekte v okviru TETRAMAX, Ljubljana, 9. 6. 2020
4. Delavnica: The Good Benchmarking Practices for Evolutionary Computation (BENCHMARK@GECCO) Workshop, virtualno, 8.–12. 7. 2020
5. Special Session on Benchmarking of Evolutionary Algorithms for Discrete Optimization (BEADO), IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE CEC), virtualno, 20.–24. 7. 2020
6. 36. delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, virtualno, Maribor, 29. 9. 2020
7. Human-Computer Interaction in Information Society (HCI-SI), Ljubljana, 7. 10. 2020
8. Spletna delavnica TETRAMAX: Oblikovanje uporabniškega vmesnika – praktične smernice, Ljubljana, 14. 10. 2020
9. Delavnica: Representation Learning meets Exploratory Landscape Analysis, Lorenz workshop: BENCHMARKED: Optimisation meets Machine Learning, 9.–11. 11. 2020
10. Konferenca BIOMA 2020, The 9th International Conference on Bioinspired Optimisation Methods and Their Applications, BIOMA 2020, Bruselj, Belgija, 19.–20. 11. 2020 (virtualno)
11. Spletna delavnica TETRAMAX: Vgradni sistemi z vezji FPGA, Ljubljana, 25. 11. 2020
12. Delavnica: Big Food and Nutrition Data Management and Analysis (BFNDMA 2020), IEEE International Conference on Big Data 2020 (IEEE BigData), 10.–13. 12. 2020, (virtualno)
13. 37. delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, virtualno, Ljubljana, 2. 12. 2020
14. Delavnica: The Good Benchmarking Practices for Evolutionary Computation (BENCHMARK@PPSN) Workshop, virtualno, 5.–9. 12. 2020
15. Delavnica FNS-Cloud: Food and nutrition ontologies – advance module, Ljubljana, 18. 12. 2020

Patent

1. Gregor Papa, Barbara Koroušič-Seljak, Marko Pavlin, Naprava in postopek za zajem in prenos signalov, GB2525403 (B), UK Patent Office, 23. 12. 2020

Nagrade in priznanja

1. dr. Tome Eftimov; Rok Hribar, univ. dipl. fiz., prof. dr. Peter Korošec; Gašper Petelin, mag. inž. rač. in inf., Gorjan Popovski, mag. inf. in kom. teh.; Urban Škvorc, mag. inž. rač. in inf., so na tekmovanju, ki je bilo organizirano v sklopu konference GECCO 2020 (GECCO Open Optimisation Competition 2020), zasedli 1. mesto z delom:

Deep statistic: more robust performance statistics for single – objective optimization benchmarking. Nagrado je podelil The Nevergrad in IOHprofiler team. (<https://github.com/facebookresearch/nevergrad/blob/master/docs/opencompetition2020.md>)

- Simon Mezgec, mag. inž. rač. in inf., je osvojil 2. mesto na tekmovanju Food Recognition Challenge, ki ga je organiziral AICrowd (https://www.aicrowd.com/challenges/food-recognition-challenge/leaderboards?challenge_round_id=261)

MEDNARODNI PROJEKTI

- CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop
Helmholtz-zentrum Dresden-rossendorf E.v.
prof. dr. Gregor Papa
- COST CA15140 - ImAppNIO; Izboljšanje uporabnosti algoritmov po vzorih iz narave s povezovanjem teoretskih in praktičnih pristopov
Cost Office
dr. Vida Vukašinić
- H2020 - UTOPIAE; Obravnavanje negotovosti in optimizacija pri vesoljskem načrtovanju
European Commission
prof. dr. Gregor Papa
- H2020 - TomRes; Nov celosten pristop k povečanju tolerance rastlin na posamične in kombinirane strese na primeru paradiznika
European Commission
dr. Bojan Blažica
- H2020 - TETRAMAX; Prenos tehnologij prek večnacionalnih aplikacijskih eksperimentov
European Commission
dr. Marina Santo Zarnik
- H2020 - SAAM; Podpora aktivnemu staranju z večstransko pomočjo
European Commission
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
- 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
- H2020 - METROFOOD-PP; Projekt pripravljalne faze METROFOOD-RI
European Commission
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
- H2020 - iRel40; Inteligentna zanesljivost 4.0
European Commission
prof. dr. Gregor Papa
- H2020 - InSecTT; Inteligentne varne zanesljive stvari
European Commission
dr. Drago Torkar

PROGRAM

- Računalniške strukture in sistemi
prof. dr. Gregor Papa

OBISKI

- prof. dr. Paul Glen Flikkema, Univerza v Severni Arizoni, Oddelek za informatiko, računalništvo in kibernetike sisteme, ZDA, 1. 10. 2019–31. 1. 2020
- mgr. David Kubon, Karlova univerza, Praga, Češka, 30. 1.–5. 2. 2020
- Dani Irawan, MSc, Technische Hochschule Köln, Nemčija, 1. 3.–15. 6. 2020
- mgr. David Kubon, Karlova univerza, Praga, Češka, 6.–12. 7. 2020
- Gjorgjina Cenikj, Severna Makedonija, 1. 10.–31. 12. 2020
- Iva Ivanov, Severna Makedonija, 1. 10.–31. 12. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- prof. dr. Gregor Papa: ECS Brokerage Event 2020, 27. 1. 2020
- Barbara Krašovec: Predstavitev SLING-a, 11. 2. 2020
- Dani Irawan, MSc, Technische Hochschule Köln, Nemčija, Towards Many Objective Large Scale Optimisation, 9. 3. 2020

PROJEKTI

- Toponomastična dediščina Primorske
doc. dr. Jurij Šilc
- SRIP PMIŠ: Pametna mesta in skupnosti - Vertikale 2. faza
prof. dr. Gregor Papa
- SRIP PMIŠ: Pametna mesta in skupnosti Podpora strateškim razvoju inovacijskim partnerstvom (SRIP) na prioritetenih področjih pametne specializacije, SRIP Pametna mesta in skupnosti Vertikale 3. faza
prof. dr. Gregor Papa
- Šolski lonec: Kontinuirano posodabljanje spletnega portala Šolski lonec za podporo implementaciji nacionalnih prehranskih smernic v vzgojno-izobraževalnih zavodih in prenos večšin 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 Odprte platforme za klinično prehrano (OPKP) v skladu z nacionalnimi prehranskimi smernicami in sodobno računalniško tehnologijo
prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
- Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Gregor Papa

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

- Razvoj metode za razpoznavanje kapsul, Implementacija Android aplikacije BSH Hišni aparati, d. o. o.
dr. Bojan Blažica
- Izboljšano načrtovanje proizvodnih procesov za individualizirana orodja PLAMTEX INT., trgovina in proizvodnja, d. o. o.
prof. dr. Peter Korošec
- Nadzor kakovosti brizganih plastičnih izdelkov s strojnim vidom MPT, d. o. o.
dr. Drago Torkar

- Miloš Ljubotina: Pospješevanje množenja matrik z vezjem FPGA in razvojnim okoljem Vitis, 28. 8. 2020
- Gorjan Popovski, mag. inf. in kom. teh.: Food Information Extraction and Data Normalization, 28. 8. 2020
- dr. Vida Vukašinić: Nevtralna teorija evolucije: od izvora do uporabe v evulcijskem računanju, 8. 9. 2020
- prof. dr. Peter Korošec: Optimizacijski algoritmi na podlagi razumevanja njihovega obnašanja, 21. 9. 2020
- Simon Mezgec, mag. inž. rač. in inf.: Food and Drink Image Detection and Recognition using Deep Convolutional Neural Networks, 30. 9. 2020
- dr. Tome Eftimov: Deep Statistical Comparison: the past, the present and the future, 1. 10. 2020
- dr. Vida Vukašinić, predstavitev projekta ATHENA, 5. 10. 2020
- prof. dr. Barbara Koroušič Seljak, Moja raziskovalna vizija, 26. 10. 2020 (virtualno)
- dr. Vida Vukašinić, Moja kratkoročna vizija, 2. 11. 2020 (virtualno)
- dr. Drago Torkar, Predstavitev ideje, 7. 12. 2020 (virtualno)
- doc. dr. Anton Biasizzo, Predstavitev ideje, 14. 12. 2020 (virtualno)

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Margarita Antoniou, MSc, UTOPIAE Local Training Workshop, Milano, Italija, 9.–15. 2. 2020
2. Margarita Antoniou, MSc, Rok Hribar, univ. dipl. fiz., dr. Tome Eftimov, prof. dr. Peter Korošec, prof. dr. Gregor Papa, Gašper Petelin, mag. inž. rač. in inf., Gorjan Popovski, mag. inf. in kom. teh., Urban Škvorc, mag. inž. rač. in inf., ter dr. Vida Vukašinič, The Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2020, Cancun, Mehika, 8.–12. 7. 2020 (9) (virtualno)
3. Margarita Antoniou, MSc, International Conference on Uncertainty Quantification & Optimisation, 16.–19. 11. 2020 (1) (virtualno)
4. Margarita Antoniou, MSc, The 9th International Conference on Bioinspired Optimisation Methods and Their Applications, BIOMA 2020, Bruselj, Belgija, 19.–20. 11. 2020 (2) (virtualno)
5. dr. Bojan Blažica, webinar: Obravnava pacienta na daljavo; praktični prikaz prakse uporabe telemedicine v praksi, Zdravniška zbornica Slovenije, Ljubljana, 27. 5. 2020 (virtualno)
6. dr. Bojan Blažica, webinar: d.labs product sprint – achieving impact and learning in one-month, Ljubljana, 3. 6. 2020 (virtualno)
7. dr. Bojan Blažica, 4th TRUE General assembly, Univerza Hohenheim, Stuttgart, Nemčija 23.–24. 6. 2020 (virtualno)
8. dr. Bojan Blažica, 22nd International Conference HCI International 2020, København, Danska, 19.–21. 7. 2020 (1) (virtualno)
9. dr. Bojan Blažica, prof. dr. Barbara Koroušič Seljak in prof. dr. Gregor Papa, EMBO delavnica za krepitev vodstvenih veščin, Ljubljana, 15.–17. 12. 2020 (virtualno)
10. dr. Tome Eftimov, Biomedical data science, Skopje, Severna Makedonija, 2.–12. 1. 2020 (vabljen predavanje)
11. dr. Tome Eftimov in prof. dr. Barbara Koroušič Seljak, AMLD 2020, Ai & Nutrition Track: Applied Machine Learning Days 2020, Lozana, Švica, 26.–29. 1. 2020 (1)
12. dr. Tome Eftimov in dr. Vida Vukašinič, COST MC and Working Group Meeting, Vilna, Litva, 16.–19. 2. 2020
13. dr. Tome Eftimov, prof. dr. Barbara Koroušič Seljak, Wokshop Joining Forces at EU Level on the Implementation of Artificial Intelligence, Parma, Italija, 23.–24. 2. 2020 (2)
14. dr. Tome Eftimov, The Sixth International Conference on Machine Learning, Optimization, and Data Science 2020, LOD 2020, Siena, Italija, 19.–23. 7. 2020 (1) (virtualno)
15. dr. Tome Eftimov in prof. dr. Gregor Papa, IEEE World Congress on Computational Intelligence 2020, Glasgow, Škotska, 19.–24. 7. 2020 (2) (virtualno)
16. dr. Tome Eftimov, European Science Open Forum, ESOF2020, Trst, Italija, 3. 9. 2020 (1) (virtualno)
17. dr. Tome Eftimov, prof. dr. Peter Korošec in prof. dr. Gregor Papa, 16th International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, PPSN, Leiden, Nizozemska, 5.–9. 9. 2020 (2) (virtualno)
18. dr. Tome Eftimov, Gorjan Popovski, mag. inf. in kom. teh., prof. dr. Barbara Koroušič Seljak, prof. dr. Gregor Papa, Informacijska družba – IS 2020, SiKDD = Data Mining and Data Warehouses, Ljubljana, 5. 10. 2020 (1) (virtualno)
19. dr. Tome Eftimov, prof. dr. Barbara Koroušič Seljak, Gorjan Popovski, mag. inf. in kom. teh., ter dr. Marina Santo Zarnik, 23rd International Conference on Discovery Science, 19.–21. 10. 2020 (virtualno)
20. dr. Tome Eftimov, 7th International Conference Modelling and Development of Intelligent Systems, Sibiu, Romunija, virtualna konferenca 22.–24. 10. 2020 (1) (virtualno)
21. dr. Tome Eftimov, Online debate on artificial intelligence: MAAA and MENSA online for Artificial intelligence, 28. 10. 2020 (1) (virtualno)
22. dr. Tome Eftimov in prof. dr. Barbara Koroušič Seljak, National Symposium on Drug Repurposing for Future Pandemics, 17.–18. 11. 2020 (virtualno)
23. dr. Tome Eftimov, 2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (IEEE SSCI), 1.–4. 12. 2020 (1) (virtualno)
24. dr. Tome Eftimov, prof. dr. Peter Korošec, prof. dr. Gregor Papa in Urban Škvorc, mag. inž. rač. in inf., 37. delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, Ljubljana, 2. 12. 2020 (1) (virtualno)
25. dr. Tome Eftimov, EMBO delavnica za krepitev vodstvenih veščin, Ljubljana, 8.–10. 12. 2020 (virtualno)
26. dr. Tome Eftimov, Gordana Ispirova, mag. inf. in kom. teh., prof. dr. Barbara Koroušič Seljak in Gorjan Popovski, mag. inf. in kom. teh.: 2020 IEEE – International Conference on Big Data, 10.–13. 12. 2020 (5) (virtualno)
27. Rok Hribar, univ. dipl. fiz., European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2020), Santiago de Compostela, Španija, 29. 8.–8. 9. 2020 (virtualno)
28. prof. dr. Peter Korošec in prof. dr. Gregor Papa, iRel40 Kick-off meeting, Infineon, Dresden, Nemčija, 11.–12. 5. 2020 (virtualno)
29. prof. dr. Peter Korošec in prof. dr. Gregor Papa, UTOPIAE Supervisory board, University Strathclyde, Velika Britanija, 9. 12. 2020 (virtualno)
30. prof. dr. Barbara Koroušič Seljak, MetroFood-PP Kick off meeting, Lizbona, Portugalska, 8.–11. 1. 2020 (virtualno)
31. prof. dr. Barbara Koroušič Seljak, Virtual 1st Global Plant-Based Foods & Proteins Research Conference 2020, Bilthoven, Nizozemska, 7.–8. 10. 2020 (virtualno)
32. prof. dr. Barbara Koroušič Seljak, Open Data & Resources: Slovenian N40S-Europe Capacity Building, 25. 11. 2020 (virtualno)
33. doc. dr. Veljko Pejović, UbiComp/ISWC '20: 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers, New York, ZDA, 12.–17. 9. 2020 (1) (virtualno)
34. doc. dr. Veljko Pejović, dr. Marina Santo Zarnik, Informacijska družba – IS 2020, Human-Computer Interaction in Information Society, Ljubljana, 9. 10. 2020 (1) (virtualno)
35. prof. dr. Gregor Papa, ECS Brokerage Event, Bruselj, Belgija, 13.–16. 1. 2020
36. prof. dr. Gregor Papa, Posvetovanje: presek stanja strategij in akcijskih načrtov na področju prometa, Ministrstvo za infrastrukturo, Ljubljana, Slovenija, 30. 1. 2020
37. prof. dr. Gregor Papa, AI for industry, eseja, Ljubljana, Slovenija, 12. 2. 2020
38. prof. dr. Gregor Papa in dr. Marina Santo Zarnik, Business Forum – IFAM, Ljubljana, 12. 2. 2020
39. prof. dr. Gregor Papa, eseja General Assembly, eseja, Gradec, Avstrija, 7.–8. 4. 2020 (virtualno)
40. prof. dr. Gregor Papa, Medresorska delovna skupina za Nacionalni program umetne inteligence, 6. 5. 2020 (virtualno)
41. prof. dr. Gregor Papa, Strokovna komisija za ocenjevanje prispevkov, 12. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in 14. dan mladih raziskovalcev, Ljubljana, 15. 5. 2020 (1) (virtualno)
42. prof. dr. Gregor Papa in dr. Drago Torkar, InSecIT Kick-off meeting, Gradec, Avstrija, 15.–18. 6. 2020 (virtualno)
43. prof. dr. Gregor Papa, iRel40 General Assembly, Infineon, Dresden, Nemčija, 19.–20. 10. 2020 (virtualno)
44. prof. dr. Gregor Papa, eseja General Assembly, eseja, Gradec, Avstrija, 17. 11. 2020 (virtualno)
45. prof. dr. Gregor Papa, InSecIT General Assembly, Gradec, Avstrija, 18. 11. 2020 (virtualno)
46. prof. dr. Gregor Papa, ARTEMIS IA General Assembly, ARTEMIS, 24. 11. 2020 (virtualno)
47. prof. dr. Gregor Papa, Webinar: Raziščimo Obzorje Evropa, MIZŠ, 7.–8. 12. 2020 (virtualno)
48. Gorjan Popovski, mag. inf. in kom. teh., 13th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2020), Valletta, Malta, 24.–26. 2. 2020 (2)
49. dr. Marina Santo Zarnik, HiPEAC 2020, Bologna, Italija, 20.–21. 1. 2020
50. dr. Marina Santo Zarnik, Applied Artificial Intelligence Conference 2020, Dunaj, Avstrija, 11. 5. 2020 (virtualno)
51. dr. Marina Santo Zarnik, 23rd International Conference on Discovery Science, 20.–21. 10. 2020 (1) (virtualno)
52. Urban Škvorc, mag. inž. rač. in inf., poletna šola Eastern European Machine Learning Summer School, Krakov, Poljska, 1.–9. 7. 2020 (virtualno)
53. Eva Valenčič, mag. inž. preh., ISBNPA 2020, Vancouver, Kanada, 15.–25. 6. 2020 (virtualno)
54. dr. Vida Vukašinič, delavnica Sex and Gender dimension in frontier research, 16. 11. 2020 (virtualno)
55. dr. Vida Vukašinič, Seminar za diskretno matematiko, FMF, Univerza v Ljubljani (vabljen predavanje), naslov: Redundant binary representations with rigorous trade-off between connectivity and locality, 8. 12. 2020 (virtualno)
56. dr. Vida Vukašinič, Raziskovalni seminar FIS, FIS Novo mesto (vabljen predavanje), naslov: Neutrality and redundancy in evolutionary computation, 18. 12. 2020 (virtualno)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. dr. Tome Eftimov: Univerza Stanford, San Francisco, ZDA, 7. 1. 2019–6. 1. 2020 (postdoktorsko izpopolnjevanje)
2. dr. Tome Eftimov, Short-term scientific mission COST, Pariz, Francija, 9.–31. 3. 2020
3. Eva Valenčič, mag. inž. preh.: Univerza Newcastle, Newcastle, Avstralija, 15. 8. 2019–31. 5. 2020 (doktorsko izpopolnjevanje)
4. Gašper Petelin, mag. inž. rač. in inf., Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf, Dresden, Nemčija, 1. 8. 2020–30. 6. 2021 (strokovno izpopolnjevanje)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. doc. dr. Anton Biasizzo
2. dr. Tome Eftimov
3. prof. dr. Peter Korošec
4. prof. dr. Barbara Koroušič Seljak
5. **prof. dr. Gregor Papa, vodja odseka**
6. doc. dr. Veljko Pejovič*
7. dr. Marina Santo Zarnik
8. doc. dr. Jurij Šilc, strokovni sekretar odseka
9. dr. Drago Torkar
10. dr. Vida Vukašinović

Podoktorski sodelavci

11. dr. Bojan Blažiča
12. dr. Marko Pavlin*

Mlajši raziskovalci

13. Margarita Antoniou, Msc. in Environmental Protection and Sustainable Develop., Faculty of Eng., Hellenic Republic
14. Rok Hribar, univ. dipl. fiz.
15. Gordana Ispirova, Magistrica inf. in kom. tehnologij
16. Gorjan Popovski, Msc
17. Urban Škvorc, mag. inž. rač. in inf.
18. Eva Valencič, mag. inž. preh.

Strokovni sodelavci

19. Robert Modic, dipl. inž. rač. in inf.
20. Peter Novak, mag. graf. inž.
21. Matevž Ogrinc, dipl. inž. rač. in inf. (UN)
22. Gašper Petelin, mag. inž. rač. in inf.

Tehniški in administrativni sodelavci

23. Jolanda Jakofčič
24. Andreja Vlašič, dipl. ekon. (VS)

Opomba

* delna zaposlitev na IJS

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. BSH Hišni aparati, d. o. o., Nazarje, Slovenija
2. Cologne University of Applied Sciences, Cologne, Nemčija
3. Cosylab, d. d., Ljubljana, Slovenija
4. Domel, d. d., Železniki, Slovenija
5. Elaphe Propulsion Technologies Ltd, Ljubljana, Slovenija
6. Esea, Gradec, Avstrija
7. Esteco SpA, Trst, Italija
8. EuroFIR AISBL, Bruselj, Belgija
9. GINF Systems Ltd., Veszprem, Madžarska
10. GS1 Slovenija, Ljubljana, Slovenija
11. Hyb, d. o. o., Šentjernej, Slovenija
12. Infineon Technologies AG, Regensburg, Nemčija
13. Inštitut za nutricionistiko, Ljubljana, Slovenija
14. Karlova univerza, Praga, Češka
15. Leiden University, Leiden, Nizozemska
16. LIT Transit, Trzin, Slovenija

17. MPT, d. o. o., Šmartno ob Paki, Slovenija
18. National Council for Scientific and Technical Research (CONICET), Buenos Aires, Argentina
19. NIJZ, Nacionalni inštitut za javno zdravje, Ljubljana, Slovenija
20. Nutritics, Dublin, Irska
21. Onkološki inštitut Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
22. Pacific Northwest National Laboratory, PNNL, ZDA
23. PBM3, profesionalne biomehanske meritve in merilniki, d. o. o., Ajdovščina, Slovenija
24. PLAMTEX INT., d. o. o., Komenda, Slovenija
25. PROVENTUS, računalniške storitve, d. o. o., Šempeter pri Gorici, Slovenija
26. RI.SE, Göteborg, Švedska
27. RWTH Aachen University, Aachen, Nemčija
28. Simbioza Genesis, socialno podjetje, Ljubljana, Slovenija
29. Singidunum University, Beograd, Srbija
30. Slovensko združenje za klinično prehrano, Ljubljana, Slovenija
31. Sorbonne University, Pariz, Francija
32. Splošna bolnišnica Novo mesto, Slovenija
33. Stanford University, Stanford, USA
34. Technical University of Denmark, Roskilde, Danska
35. The University of Newcastle, Newcastle, Avstralija
36. TPV AUTOMOTIVE, d. o. o., Novo mesto, Slovenija
37. Trinet Informatika, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
38. Université des sciences et technologies de Lille, Lille, Francija
39. Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije Koper, Slovenija
40. Univerza na Primorskem, Fakulteta za zdravstvene vede, Izola, Slovenija
41. Univerza sv. Cirila in Metoda, Fakulteta za elektrotehniko in informacijske tehnologije, Skopje, Severna Makedonija (Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies)
42. Univerza sv. Cirila in Metoda, Fakulteta za računalništvo in inženiring, Skopje, Severna Makedonija (Faculty of Computer Science and Engineering)
43. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija
44. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Ljubljana, Slovenija
45. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
46. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, Slovenija
47. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, Slovenija
48. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
49. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana, Slovenija
50. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Ljubljana, Slovenija
51. Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta v Ljubljani, Slovenija
52. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru, Slovenija
53. Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko, Krško, Slovenija
54. Univerza v Mariboru, Fakulteta za zdravstvene vede, Maribor, Slovenija
55. Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta, Nova Gorica, Slovenija
56. Univerzitetni klinični center, Pediatrična klinika, Ljubljana, Slovenija
57. University of Buenos Aires, Faculty of Engineering (FIUBA), Buenos Aires, Argentina
58. University of California, UCSF, San Francisco, ZDA
59. University of Pannonia, Veszprem, Madžarska
60. University of Salzburg, Department of Computer Sciences, Salzburg, Avstrija
61. University of Strathclyde, Glasgow, Škotska
62. URI Soča, Ljubljana, Slovenija
63. Virtual Vehicle Research GmbH, Gradec, Avstrija
64. XLAB, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
65. Zgodovinski inštitut Milka Kosa, ZRC SAZU, Ljubljana
66. Zveza potrošnikov Slovenije, Ljubljana, Slovenija

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Matej Madeja, Jaroslav Porubán, Veljko Pejović, Martin Gjoreski, "Observation of students behaviour in programming courses with an automated testing platform at differently geolocated universities: a case study", *Acta electrotechnica et informatica*, 2020, **20**, 3, 39-47. [COBISS.SI-ID 31743491]
2. Martin Gjoreski, Tine Kolenik, Timotej Knez, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, Hristijan Gjoreski, Veljko Pejović, "Datasets for cognitive load inference using wearable sensors and psychological traits", *Applied sciences*, 2020, **10**, 11, 3843. [COBISS.SI-ID 17709571]
3. Kostadin Mishev, Aleksandra Karovska Ristovska, Dimitar Trajanov, Tome Eftimov, Monika Simjanoska, "MAKEDONKA: applied deep learning model for text-to-speech synthesis in Macedonian language", *Applied sciences*, 2020, **10**, 19, 6882. [COBISS.SI-ID 30601219]
4. Tome Eftimov, Gašper Petelin, Peter Korošec, "DSCTool: a web-service-based framework for statistical comparison of stochastic optimization algorithms", *Applied soft computing*, 2020, **87**, 105977. [COBISS.SI-ID 32930343]
5. Urban Škvorc, Tome Eftimov, Peter Korošec, "Understanding the problem space in single-objective numerical optimization using exploratory landscape analysis", *Applied soft computing*, 2020, **90**, 106138. [COBISS.SI-ID 33210407]
6. Michele Albano, Luis Lino Ferreira, Giovanni Di Orio, Pedro Maló, Godfried Webers, Erkki Jantunen, Iosu Gabilondo, Mikel Viguera, Gregor Papa, "Advanced sensor-based maintenance in real-world exemplary cases", *Automatika*, 2020, **61**, 4, 537-553. [COBISS.SI-ID 24306691]
7. Veljko Pejović, Ivan Majhen, Miha Janež, Blaž Zupan, "RICERCANDO: data mining toolkit for mobile broadband measurements", *Computer networks*, 2020, **177**, 107294. [COBISS.SI-ID 17175043]
8. Gregor Papa et al. (11 avtorjev), "Improving the maintenance of railway switches through proactive approach", *Electronics*, 2020, **9**, 8, 1260. [COBISS.SI-ID 25520131]
9. Miloš Ljubotina, Andrej Žemva, Anton Biasizzo, "Pospeševanje množenja matrik FPFA in razvojnim okoljem Vitis", *Elektrotehniški vestnik*, 2020, **87**, 5, 235-242. [COBISS.SI-ID 46402563]
10. Marta Jagodic Hudobivnik, Doris Potočnik, Janja Snoj Tratnik, Darja Mazej, Majda Pavlin, Ajda Trdin, Tome Eftimov, Lijana Kononenko, Nives Ogrinc, Milena Horvat, "Selected elements and fatty acid composition in human milk as indicators of seafood dietary habits", *Environmental research*, 2020, **180**, 108820. [COBISS.SI-ID 32785447]
11. Barbara Koroušič-Seljak, Denis Mlakar-Mastnak, Živa Mrevlje, Gregor Veninšek, Nada Rotovnik-Kozjek, "A multi-center survey on hospital malnutrition and cachexia in Slovenia", *European journal of clinical nutrition*, 2020, **74**, 3, 419-426. [COBISS.SI-ID 32551463]
12. Tome Eftimov, Gorjan Popovski, Eva Valenčič, Barbara Koroušič-Seljak, "FoodEx2vec: new foods' representation for advanced food data analysis", *Food and chemical toxicology*, 2020, **138**, 111169. [COBISS.SI-ID 33217831]
13. Gordana Ispirova, Tome Eftimov, Barbara Koroušič-Seljak, "Evaluating missing value imputation methods for food composition databases", *Food and chemical toxicology*, 2020, **141**, 111368. [COBISS.SI-ID 14684419]
14. Doris Potočnik, Marijan Nečemer, Igor Perišič, Marta Jagodic Hudobivnik, Darja Mazej, Federica Camin, Tome Eftimov, Lidija Strojnik, Nives Ogrinc, "Geographical verification of Slovenian milk using stable isotope ratio, multi-element and multivariate modelling approaches", *Food chemistry*, 2020, **326**, 126958. [COBISS.SI-ID 14984707]
15. Gorjan Popovski, Barbara Koroušič-Seljak, Tome Eftimov, "A survey of named-entity recognition methods for food information extraction", *IEEE access*, 2020, **8**, 31586-31594. [COBISS.SI-ID 33191463]
16. Veljko Pejović, Martin Gjoreski, Christoph Anderson, Klaus David, Mitja Luštrek, "Toward cognitive load inference for attention management in ubiquitous systems", *IEEE pervasive computing: mobile and ubiquitous systems*, 2020, **19**, 2, 35-45. [COBISS.SI-ID 1538568131]
17. Monika Simjanoska, Stefan Kochev, Jovan Tanevski, Ana Madevska Bogdanova, Gregor Papa, Tome Eftimov, "Multi-level information fusion for learning a blood pressure predictive model using sensor data", *Information fusion*, 2020, **58**, 24-39. [COBISS.SI-ID 33002535]
18. Veljko Pejović, Artemis Skarlatidou, "Understanding interaction design challenges in mobile extreme citizen science", *International journal of human-computer interaction*, 2020, **36**, 3, 251-270. [COBISS.SI-ID 1538289347]
19. Donatella Gubiani, Matjaž Mozetič, Barbara Koroušič-Seljak, Tanja Urbančič, "E-learning experiment: web conference activities in teaching at a traditional university", *International journal of innovation and learning*, 2020, **27**, 1, 37-57. [COBISS.SI-ID 33021479]
20. Pablo Daniel Cruces, Drago Torkar, Pedro David Arini, "Biomarkers of pre-existing risk of torsade de pointes under Sotalol treatment", *Journal of electrocardiology*, 2020, **60**, 177-183. [COBISS.SI-ID 13559299]
21. Uroš Bole, Gregor Papa, "Towards managerial support for data analytics results", *Journal of industrial engineering and management science*, 2020, 1-16. [COBISS.SI-ID 19908099]
22. Veljko Pejović, "Towards a holistic net neutrality violation detection system: a case study of Slovenia", *Journal of network and systems management*, 2020, **28**, 4, 1453-1481. [COBISS.SI-ID 18356739]
23. Pablo Daniel Cruces, Drago Torkar, Pedro David Arini, "Dynamic features of cardiac vector as alternative markers of drug-induced spatial dispersion", *Journal of pharmacological and toxicological methods*, 2020, **104**, 106894. [COBISS.SI-ID 21843715]
24. Peter Korošec, Tome Eftimov, "Multi-objective optimization benchmarking using DSCTool", *Mathematics*, 2020, **8**, 5, 839. [COBISS.SI-ID 16638467]
25. Peter Korošec, Tome Eftimov, "Insights into exploration and exploitation power of optimization algorithm using DSCTool", *Mathematics*, 2020, **8**, 9, 1474. [COBISS.SI-ID 26775811]
26. Gordana Ispirova, Tome Eftimov, Barbara Koroušič-Seljak, "P-NUT: Predicting NUTrient content from short text descriptions", *Mathematics*, 2020, **8**, 10, 1811. [COBISS.SI-ID 33221123]
27. Doris Potočnik, Lidija Strojnik, Tome Eftimov, Alenka Levart, Nives Ogrinc, "Fatty acid and stable carbon isotope composition of Slovenian milk: year, season, and regional variability", *Molecules*, 2020, **25**, 12, 2892. [COBISS.SI-ID 20851715]
28. Nina Zupanič, Hristo Hristov, Matej Gregorič, Urška Blaznik, Nataša Delfar, Barbara Koroušič-Seljak, Eric L. Ding, Nataša Fidler Mis, Igor Pravst, "Total and free sugars consumption in a Slovenian population representative sample", *Nutrients*, 2020, **12**, 6, 1729. [COBISS.SI-ID 19054339]
29. Nina Reščič, Tome Eftimov, Barbara Koroušič-Seljak, Mitja Luštrek, "Optimising an FFQ using a machine learning pipeline to teach an efficient nutrient intake predictive model", *Nutrients*, 2020, **12**, 12, 3789. [COBISS.SI-ID 45499651]
30. Andraž Krašovec, Daniel Pellarini, Dimitrios Geneiatakis, Gianmarco Baldini, Veljko Pejović, "Not quite yourself today: behaviour-based continuous authentication in IoT environments", *Proceedings of the ACM on interactive, mobile, wearable and ubiquitous technologies*, 2020, **4**, 4, 136. [COBISS.SI-ID 44888067]
31. Tome Eftimov, Gorjan Popovski, Matej Petkovič, Barbara Koroušič-Seljak, Dragi Kocev, "COVID-19 pandemic changes the food consumption patterns", *Trends in food science & technology*, 2020, **104**, 268-272. [COBISS.SI-ID 26928643]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Bojan Cestnik, Rebeka Kovačič Lukman, Andreja Abina, Andrej Flogie, Samo Repolusk, Maja Vičič Krabonja, Tanja Batkovič, Adem Kikaj, Ivan Boshkov, Nita Hasani, Maja Kurbus, Matevž Ogrinc, Jaka Progar, Nika Zagorc Okorn, Sabina Petek, Aleksander Zidanšek, "Development and implementation of a decision support expert system for monitoring sustainability-related competences at the secondary school", V: *15th SDEWES Conference, Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, September 1-5, 2020, Cologne, Germany*, Proceedings, SDEWES, 2020, 0681. [COBISS.SI-ID 33070851]
2. Tome Eftimov, Gorjan Popovski, Quentin Renau, Peter Korošec, Carola Doerr, "Linear matrix factorization embeddings for single-objective optimization landscapes", V: *IEEE SSCI 2020, 2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, December 1-4, 2020, Canberra, Australia*, Proceedings, IEEE, 2020, 775-782. [COBISS.SI-ID 49851395]
3. Monika Simjanoska, Gregor Papa, Barbara Koroušič-Seljak, Tome Eftimov, "ECGpp: a framework for selecting the pre-processing Parameters of ECG signals used for blood pressure classification", V: *BIOSTEC 2019, Biomedical engineering systems and technologies, 12th*

- International Joint Conference, February 22-24, 2019, Prague, Czech Republic*, revised selected papers, (Communications in computer and information science **1211**), Springer, 2020, 352-377. [COBISS.SI-ID 14235395]
4. Margarita Antoniou, Gašper Petelin, Gregor Papa, "On formulating the ground scheduling problem as a multi-objective bilevel problem", V: *BIOMA 2020, Bioinspired optimization methods and their applications, 9th International Conference, November 19-20, 2020, Brussels, Belgium*, Proceedings, (Lecture notes in computer science **12438**), Springer, 2020, 177-188. [COBISS.SI-ID 38323459]
 5. Dani Irawan, Margarita Antoniou, Boris Naujoks, Gregor Papa, "Refining the CC-RDG3 algorithm with increasing population scheme and persistent covariance matrix", V: *BIOMA 2020, Bioinspired optimization methods and their applications, 9th International Conference, November 19-20, 2020, Brussels, Belgium*, Proceedings, (Lecture notes in computer science **12438**), Springer, 2020, 69-83. [COBISS.SI-ID 38322179]
 6. Gorjan Popovski, Gordana Spirova, Nina Hadži-Kotarova, Eva Valenčič, Tome Eftimov, Barbara Koroušič-Seljak, "Food data integration by using heuristics based on lexical and semantic similarities", V: *BIOSTEC 2020, 13th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, February 24-26, 2020, Valletta, Malta*, Proceedings **1**: Biodevices, SciTePress, 2020, 208-216. [COBISS.SI-ID 33272615]
 7. Stefan Kochev, Neven Stevchev, Svetlana Kocheva, Tome Eftimov, Monika Simjanoska, "A novel approach for modelling the relationship between blood pressure and ECG by using time-series feature extraction", V: *BIOSTEC 2020, 13th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, February 24-26, 2020, Valletta, Malta*, Proceedings **1**: Biosignals, SciTePress, 2020, 228-235. [COBISS.SI-ID 33273127]
 8. Tome Eftimov, Gašper Petelin, Rok Hribar, Gorjan Popovski, Urban Škvorc, Peter Korošec, "Deep statistics: more robust performance statistics for single-objective optimization benchmarking", V: *GECCO '20, the 2020 Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 2020, Cancún, Mexico*, Proceedings, ACM, 2020, 5-6. [COBISS.SI-ID 22078211]
 9. Tome Eftimov, Rok Hribar, Urban Škvorc, Gorjan Popovski, Gašper Petelin, Peter Korošec, "PerformViz: a machine learning approach to visualize and understand the performance of single-objective optimization algorithms", V: *GECCO '20, the 2020 Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 2020, Cancún, Mexico*, Proceedings, ACM, 2020, 7-8. [COBISS.SI-ID 22080771]
 10. Tome Eftimov, Peter Korošec, "Is the statistical significance between stochastic optimization algorithms' performances also significant in practice?", V: *GECCO '20, the 2020 Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 2020, Cancún, Mexico*, Proceedings, ACM, 2020, 19-20. [COBISS.SI-ID 22074371]
 11. Urban Škvorc, Tome Eftimov, Peter Korošec, "Using exploratory landscape analysis to visualize single-objective problems", V: *GECCO '20, the 2020 Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 2020, Cancún, Mexico*, Proceedings, ACM, 2020, 27-28. [COBISS.SI-ID 22075139]
 12. Margarita Antoniou, Gregor Papa, "Solving min-max optimisation problems by means of bilevel evolutionary algorithms: a preliminary study", V: *GECCO '20, the 2020 Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 2020, Cancún, Mexico*, Proceedings, ACM, 2020, 187-188. [COBISS.SI-ID 24385795]
 13. Tome Eftimov, Gorjan Popovski, Dragi Koccev, Peter Korošec, "Performance2vec: a step further in explainable stochastic optimization algorithm performance", V: *GECCO '20, the 2020 Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 2020, Cancún, Mexico*, Proceedings, ACM, 2020, 193-194. [COBISS.SI-ID 22081539]
 14. Bojan Blažica, Franc Novak, Špela Poklukar, Peter Novak, Vanja Blažica, "Increasing awareness of avalanche DANGER: redesigning a bulletin", V: *HCI 2020, 22nd HCI International Conference - late breaking papers: user experience design and case studies*, Proceedings, (Lecture notes in computer science **12423**), Springer, 2020, 383-393. [COBISS.SI-ID 31096323]
 15. Nives Ogrinc, Helena Baša Česnik, Milena Bučar-Miklavčič, Jerica Ivanoš, Barbara Koroušič-Seljak, Mojca Milavec, Nataša Poklar Ulrih, Jelka Zabavnik Piano, "Infrastruktura za promocijo metrologije v živilstvu in prehrani", V: *Konferenca Hrana, prehrana, zdravje*, Evropska mreža deklaracije za hrano, tehnologijo, prehrano za zdravje, 2020, 311-318. [COBISS.SI-ID 38908931]
 16. Nataša Fidler Mis, Barbara Koroušič-Seljak, Tanja Kamin, "Predstavitev projekta Zmanjšanje pitja pijač z dodanim sladkorjem pri otrocih", V: *Konferenca Hrana, prehrana, zdravje*, Evropska mreža deklaracije za hrano, tehnologijo, prehrano za zdravje, 2020, 353-360. [COBISS.SI-ID 43194627]
 17. Andrej Martinovič, Veljko Pejovič, "Investigating the role of context and personalization in mobile advertising", V: *Interakcija človek-računalnik v informacijski družbi, 9. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek H, Institut "Jožef Stefan", 2020, 5-8. [COBISS.SI-ID 39081219]
 18. Gorjan Popovski, Barbara Koroušič-Seljak, Tome Eftimov, "FoodOntoMapV2: food concepts normalization across food ontologies", V: *IC3K 2019, 11th International Joint Conference, September 17-19, 2019, Vienna, Austria*, Revised selected papers, Knowledge discovery, knowledge engineering and knowledge management, (Communications in computer and information science **1297**), Springer, 2020, 413-426. [COBISS.SI-ID 48037379]
 19. Riste Stojanov, Gorjan Popovski, Nasi Jofce, Dimitar Trajanov, Barbara Koroušič-Seljak, Tome Eftimov, "FoodViz: visualization of food entities linked across different standards", V: *LOD 2020, 6th International Conference Machine learning, optimization, and data science, July 19-23, 2020, Siena, Italy*, Revised selected papers, Part II, (Lecture notes in computer science **12566**), Springer, 2020, 28-38. [COBISS.SI-ID 47137283]
 20. Gorjan Popovski, Tome Eftimov, Dunja Mladenčić, Barbara Koroušič-Seljak, "Ontology alignment using named-entity recognition methods in the domain of food", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD), 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 21-24. [COBISS.SI-ID 34494467]
 21. Kei Kamijima, Kenichi Ito, Yukihiko Ushiyama, Akiyoshi Shioiri, Miran Kondrič, Drago Torkar, "Estimation of table tennis ball drop position using a high-speed camera", V: *16th ITTF Sports Science Congress, April 19th - 20th, 2019, Budapest (HUN)*, Proceedings, International Table Tennis Federation, 2020, 138-154. [COBISS.SI-ID 50967043]
 22. Drago Torkar, Kei Kamijima, Matej Supej, Nataša Zenič, Miran Kondrič, "Net height impact to table tennis game", V: *16th ITTF Sports Science Congress, April 19th - 20th, 2019, Budapest (HUN)*, Proceedings, International Table Tennis Federation, 2020, 172-185. [COBISS.SI-ID 50972163]
 23. Aleksandar Cuculoski, Veljko Pejovič, "Trading energy for accuracy in mobile interruptibility inference", V: *UbiComp/ISWC '20 adjunct, the 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers, September 12-17, 2020*, Proceedings, ACM, 2020, 436-443. [COBISS.SI-ID 39063811]
- ## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI
1. Jurij Šilc, "Starejša zgodovina Vodice in bližnje okolice", V: *Dediščina ljudi in krajev: zbornik občine Vodice*, Občina Vodice, 2020, 66-99. [COBISS.SI-ID 28318467]
 2. Jurij Šilc, "Prebivalci in uprava Vodice od Marije Terezije do zloma Kraljevine Jugoslavije", V: *Dediščina ljudi in krajev: zbornik občine Vodice*, Občina Vodice, 2020, 100-117. [COBISS.SI-ID 28318723]
 3. Jurij Šilc, "Duhovniki, rojeni v župnijah Vodice in Zapoge", V: *Dediščina ljudi in krajev: zbornik občine Vodice*, Občina Vodice, 2020, 240-250. [COBISS.SI-ID 28318979]
- ## DRUGO UČNO GRADIVO
1. Gregor Papa, *Hardware/software codesign: overview lecture slides*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2020. [COBISS.SI-ID 52608771]
 2. Gregor Papa, *Human computer interaction: overview lecture slides*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2020. [COBISS.SI-ID 52609027]
 3. Gregor Papa, *Sensor technologies - ICT: lecture slides*, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2020. [COBISS.SI-ID 52606211]
 4. Bojan Blažica, Peter Novak, *User interface design*, Institut Jožef Stefan, 2020. [COBISS.SI-ID 35290883]
- ## PATENT
1. Gregor Papa, Barbara Koroušič-Seljak, Marko Pavlin, *Naprava in postopek za zajem in prenos signalov*, GB2525403 (B), UK Patent Office, 23. 12. 2020. [COBISS.SI-ID 29670951]

Področje dela Odseka za tehnologije znanja je razvoj metod umetne inteligence ter naprednih informacijskih tehnologij za zajemanje, shranjevanje in upravljanje znanja, ki so praktično uporabne za razvoj informacijske in na znanju temelječe družbe. Uveljavljena področja našega dela vključujejo strojno učenje (inteligentna analiza podatkov, rudarjenje podatkov in odkrivanje zakonitosti v podatkih), podporo odločanju, analizo besedil in omrežij, računalniško jezikoslovje, jezikovne tehnologije in digitalno humanistiko ter računalniško ustvarjalnost in računalniško odkrivanje znanja. Poleg raziskav tehnologij znanja razvijamo tudi aplikacije teh tehnologij na področju znanosti o okolju in agronomiji; bioinformatike, razvoja zdravil, medicine, biomedicine in ambientalne inteligence; ekonomije, financ in trženja; ter vesoljskih tehnologij.

Leta 2020 smo bili vključeni v devetnajst domačih projektov, trinajst projektov v okviru Obzorja 2020 (v projektih EMBEDDIA in IMSyPP kot koordinatorji), dve COST akciji, en projekt INTERREG V-A Slovenija-Italija, dva infrastrukturna projekta, en projekt pametne specializacije in pet tržnih projektov. Na odseku se je usposabljal pet mladih raziskovalcev.

Na področju **rudarjenja vele- in kompleksnih podatkov** smo razvili več metod za različne naloge strojnega učenja. Osnovni smo nove metode za rangiranje značilk v okviru napovedovanja strukturiranih vrednosti. Predlagali in ocenili smo jih v okviru naloge nadzorovane večoznačne klasifikacije, kjer smo izhajali iz metode Relief in ansambelskih metod ter v okviru naloge hierarhične večoznačne klasifikacije. Raziskovali smo tudi rangiranje z uporabo nase pozornih omrežij in rangiranje za relacijsko učenje z gradientnim spustom. Razvili in ocenili smo metodologijo za ocenjevanje kakovosti rangiranja značilk ter za učenje opcijskih dreves za večoznačno klasifikacijo in večtarčno regresijo. Nadalje smo razvili ansamble izjemno naključnih dreves za napovedno razvrščanje oz. za napovedovanje strukturiranih izhodov (ocenili smo jih v okviru nalog večciljne regresije, večoznačne klasifikacije in hierarhične večoznačne klasifikacije). Razvili smo pravila za večciljno regresijo z naključno izbiro izhodov. Prav tako smo razširili drevesa za napovedno razvrščanje, tako da so v notranjih vozliščih upoštevala več značilk, in predlagali hiperbolične vložitve izhodnega prostora pri hierarhični večoznačni klasifikaciji, kar je izboljšalo učinkovitost (in napovedno moč) osnovnih metod. Za namen polnadzorovanega učenja smo predlagali polnadzorovana drevesa in jih uporabili za reševanje naloge modeliranja QSAR (Quantitative Structure–Activity Relationship). Podobno smo storili v kontekstu večtarčne regresije in njene uporabe pri oceni kakovosti vode in v primeru inkrementalnih dreves za napovedno razvrščanje za večtarčno regresijo na podatkovnih tokovih.

Na področju **strojnega učenja in inteligentne analize podatkov** smo razvili metode za rudarjenje podatkov za analizo heterogenih omrežij podatkov in jih uporabili v več aplikacijskih domenah. Na področju učenja predstavitev smo razvili algoritem SNoRE za učinkovito učenje simboličnih reprezentacij iz nelabeliranih podatkov in ga objavili v reviji *IEEE access*. Algoritem na osnovi mere Silhouette za odkrivanje podskupin smo objavili v reviji *Machine learning*. Uspelo nam je razviti nov konceptualni okvir, v katerega smo vključili dva doslej nepovezana pristopa učenja predstavitev: propozicionalizacijo in vektorske vložitve, ter razvili dva nova algoritma PropDRM in PropSpace, ki kombinirata oba pristopa, delo pa smo objavili tudi v reviji *Machine learning*.

Delovali smo na področju **semantičnih tehnologij** za podporo procesu analize podatkov v duhu odprte znanosti. V okviru projekta IMPERATRIX, katerega cilj je izboljšanje ponovljivosti eksperimentov ter ponovne uporabnosti raziskovalnih izsledkov v analizi kompleksnih podatkov, smo nadaljevali načrtovanje in implementacijo ontologij za opis izbranih domen podatkovne analize ter razvoj baz znanja, ki temeljijo na razvitih ontologijah. Ontologijo OntoDM-core smo razširili z modulom za opisovanje eksperimentov v domeni napovednega modeliranja in z modulom za opisovanje metod za večoznačno klasifikacijo. Za potrebe semantičnega označevanja podatkovnih množic za napovedno modeliranje smo razvili anotacijsko shemo, ki vsebuje termine za opis porekla (ang. provenance) vsebovanega podatkovnega tipa in aplikacijske domene podatkovne množice. Prav tako smo razvili anotacijsko shemo za semantično označevanje eksperimentov v domeni napovednega modeliranja, s katero lahko anotiramo različne scenarije učenja in validacije. V kontekstu napovednega modeliranja smo razvili spletno aplikacijo, ki omogoča semantično označevanje različnih entitet (podatkovnih množic, nastavitvev eksperimentov in rezultatov) ter shranjevanje v sklad tripletov prek strežnika. Možno je tudi preiskovanje shranjenih tripletov s pomočjo jezika SPARQL. Mnogi od teh pristopov generirajo modele, ki so razumljivi in iz katerih lahko pridobimo razlage njihovih napovedi. V kontekstu umetne inteligence, ki je osredotočena na ljudi, kjer je postopke mogoče razložiti, in ki ji



Vodja (od 1. 4. 2020):

prof. dr. Sašo Deroski



Vodja (do 31. 3. 2020):

prof. dr. Nada Lavrač

Sašo Džeroski je 4. septembra v sodelovanju z ECAI2020, 24. evropsko konferenco o umetni inteligenci (ECAI), organiziral spletno konferenco Vesolje in umetna inteligenca, prvo spletno konferenco o vesoljski uporabi umetne inteligence. S petimi vabljenimi predavanji, 17 predstavitev in panelno razpravo s 6 uglednimi panelisti je dogodek privabil več kot 130 udeležencev in je bil daleč največji izmed več kot 60 stranskih dogodkov ECAI2020.

lahko zaupamo, omenimo dva nova projekta, v katerih sodelujemo: projekt EU TAILOR – *Temelji umetne inteligence vredne zaupanja, vključno z učenjem, optimizacijo in sklepanjem* ter slovenski projekt *Človekove pravice in regulacija umetne inteligence vredne zaupanja*.

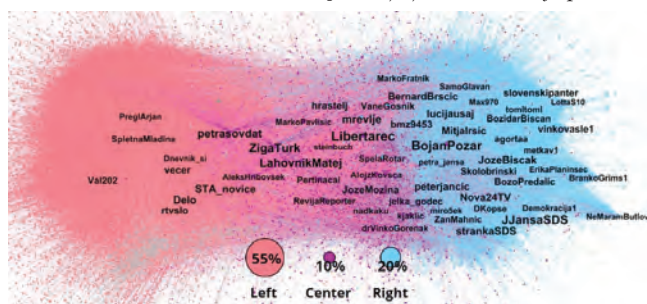
Poleg razvoja metod smo razvili tudi več aplikacij strojnega učenja na področju **uporabne znanosti o podatkih**, kar je imelo kot rezultat tako objave kot aplikativne raziskovalne in razvojne projekte. Na področju aplikacij velepodatkov in kompleksnih podatkov smo razvili spletni portal CaNDis za preiskovanje vzročnih relacij med boleznimi, zdravili in novimi tarčnimi zdravili ter delo objavili v reviji *Bioinformatics*, za potrebe razvoja proizvodnih sistemov pa smo razvili nov konceptualni okvir za uporabo velikih podatkov v proizvodnji. Razvili smo tudi metodo

za večpogledno gručenje s pristopom mvReliefF za odkrivanje podskupin pacientov s Parkinsonovo boleznijo. Nadalje smo razvili orodje DietHub, ki analizira prehranske navade skozi razumevanje receptov in orodje uporabili za analizo sprememb prehranjevalnih navad med prvim valom epidemije covid-19 spomladi leta 2020. Izvedli smo obširno študijo različnih reprezentacij molekul za napovedno modeliranje. Razvito metodologijo za ocenjevanje kakovosti značilnik smo uporabili za odkrivanje biomarkerjev za otroške tumorje. Predlagali smo napovedni model za kvantitativno analizo človeške kože z uporabo fototermalne radiometrije in difuzne spektrometrije. Odkrili smo, da različni tipi črevesne mikroflore pri hospitaliziranih gastroenteroloških pacientih ne vplivajo na bolezen in so določeni predvsem z bakterijskimi rodovi *Enterobacteriaceae* ali *Enterococcus*. Napovedovali smo tudi povezave med proteini in več boleznimi.

V projektu Obzorja 2020 SAAM (podpora aktivnemu staranju z večstransko pomočjo), kjer razvijamo sistem virtualnega trenerja za podporo starejšim osebam, ki živijo doma, smo nadaljevali razvoj komponent za analizo stanja in odločanje o izvedbi podpornih dejanj. Pripravili smo komponente spremljanja kakovosti spanja ter kuhanja in začeli njihovo testiranje v okviru pilotne študije. Uspešno smo končali projekt F4F (Funkcionalna živila prihodnosti), v okviru katerega smo razvili postopek za razlikovanje med naravnimi in sintetičnimi aromami ter ga implementirali v obliki spletne aplikacije. V okviru projekta Obzorja 2020 RESILOC (Odporna evropska družba z inovativnimi lokalnimi skupnostmi), katerega cilj je izboljšati odpornost lokalnih skupnosti, smo sodelovali pri opredelitvi metodologij za predstavitev znanja in sklepanje ter začeli razvijati programske komponente za samodejno zaznavanje sentimenta in zaupanja v besedilih, povezanih s postopki odzivanja na naravne nesreče. Več aplikativnih raziskovalnih projektov je posvečenih znanosti o življenju in medicini. Uspešno smo končali slovensko-italijanski projekt INTERREG V-A TRAIN: *(Velepodatki in modeli bolezni: čezmejnna platforma validiranih kompletov za biotehnoško industrijo)*, kjer smo razvili delotoke za strojno učenje za virtualni pregled in repozicioniranje zdravil. Uspešno smo sklenili naše sodelovanje v projektu FET Flagship projekta HBP (projekt Človeški možgani), kjer smo razvili nove metode za rudarjenje podatkov in jih uporabili za odkrivanje bioloških podpisov nevrodegenerativnih bolezni. Razvili smo tudi novo metodo za razvoj ansamblov pravil za večciljno regresijo in jo uporabili za analizo podatkov o bolnikih s parkinsonovo boleznijo. Trije nacionalni projekti razvijajo raziskovalne infrastrukture, npr. za bioinformatiko (RI-SI ELIXIR), in jih uporabljajo za probleme s področja znanosti o okolju ter za raziskovanje odnosa med izpostavljenostjo okolju in človeškega zdravja. Slednje je tema projekta *NEURODYS – Nevropsihološke disfunkcije, ki jih povzročata nizka stopnja izpostavljenosti izbranim onesnaževalom iz okolja pri občutljivi populaciji*, ki obravnava posledice izpostavljenosti živemu srebru na zdrave mater in otrok. Še en projekt s tega področja je *Restauriranje plesnivih slik na platnu: izboljšanje ali poslabšanje?*, ki se posveča škodi, ki jo

slikam povzročajo plesni. Sklop projektov in aplikativnih raziskav je bil posvečen uporabi strojnega učenja za opazovanje Zemlje in operacijam v vesolju, npr. projekt *GalaxAI – Strojno učenje za napovedovanje porabe energije podsistemov vesoljskih plovil in AiTLAS – Razvijanje prototipnega okolja umetne inteligence za opazovanje Zemlje*. Strojno učenje (predvsem globoke nevronske mreže) smo uporabili tudi za analizo daljinsko zaznanih podatkov (predvsem vizualizacijo slik 3D LIDAR) za klasifikacijo arhitekturnih objektov majske kulture.

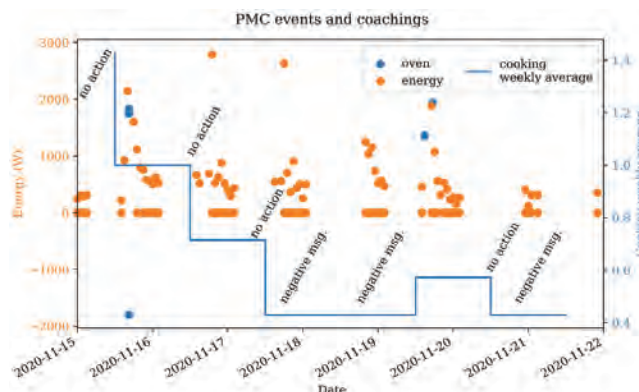
Na področju metod in sistemov za **podporo pri odločanju** razvijamo metode in tehnike odločitvenega modeliranja ter podpora računalniška orodja, ki jih povezujemo s sistemi za rudarjenje podatkov. V letu 2020 sta poleg v nadaljevanju opisanega projekta TRUE potekala dva projekta razvoja sistemov za podporo pri odločanju. V okviru EU H2020 projekta NARSIS smo razvili prototipni sistem Severa za podporo pri odločanju pri hudih nesrečah v jedrskih elektrarnah. Sistem je razvit v celoti, obširno testiranje



Slika 1: Slovensko omrežje retweetov (2018–2020) je obarvano glede na zaznane skupnosti. Legenda prikazuje delež uporabnikov Twitterja v posamezni skupnosti. Poimenovani so vplivni uporabniki Twitterja, kar ponazarja tudi velikost pisave (prikazana so imena uporabnikov, ki jih je retweetalo vsaj 700 različnih uporabnikov). Skupnost na desni je manjša in ima več vplivnih uporabnikov kot skupnost na levi.

je predvideno v letu 2021. V okviru domačega RRI2 projekta TOPP pa smo v sodelovanju s podjetjema Elea in XLab ter odsekom E9 razvili sistem za načrtovanje optimalnih tras predorov; naš glavni prispevek je modul, imenovan MAMo, za večriterijsko presojo dane trase predora. Razvojni del projekta je uspešno končan, publikacije so v pripravi. Objavljeni so bili tudi rezultati že končanega projekta EU H2020 *PD_manager*, kjer smo razvili ekspertne modele za svetovanje glede menjave terapij. S strani metodološke in sistemske podpore je najpomembnejši prispevek v letu 2020 novi sistem DEX2Web (<http://dex.ijs.si/>). Gre za prvo spletno implementacijo sistema za razvoj odločitvenih modelov po metodi DEX, ki jo uporabljamo pri večini naših projektov. Pomemben napredek je bil dosežen tudi pri razvoju metod za preiskovanje možnosti izboljšanja ali poslabšanja odločitvenih alternativ. Uspešno smo preizkusili pristop na osnovi Bayesove optimizacije in ga opisali v nagrajenem referatu.

Na področju odkrivanja znanja iz ekoloških in agronomskih podatkov smo vključeni v več projektov, kjer uporabljamo metode podatkovnega rudarjenja in odločitvenega modeliranja za razvoj napovednih in odločitvenih modelov na področju agronomije in sistemske ekologije. V okviru projekta H2020 TRUE (*Poti prehoda v trajnostne sisteme stročnic v Evropi*) razvijamo sistem za podporo odločanju za oceno trajnosti agroživilskih verig. Obravnavamo tri različne vidike trajnosti – okoljski, družbeni in ekonomski. Združili smo petnajst odločitvenih modelov za oceno trajnosti v sedem integriranih modelov na treh ravneh. Vsi ti modeli so bili združeni v sistem za podporo odločanju (DSS) za oceno trajnosti celotne agroživilske verige – PathFinder, za katerega smo razvili grafični uporabniški vmesnik. Razvili smo knjižnico programske opreme, imenovano TrueEval, ki olajša uporabo integriranih odločitvenih modelov v kontekstu PathFinder DSS. Funkcionalnosti, ki jih podpira knjižnica, vključujejo pregled odločitvenih modelov in njihovih komponent, oceno alternativ (agroživilske verige) in raziskovanje možnosti za izboljšanje ali poslabšanje določene alternative. Sistem temeljito vrednotijo projektni partnerji. Metodologijo za razvoj DSS-sistema in odločitvenih modelov za oceno trajnosti agroživilske verige smo opisali v projektih poročilih. Pri projektu H2020 TomRes (*Nov celosten pristop k povečanju tolerance rastlin na posamične in kombinirane strese na primeru paradižnika*) imamo dve nalogi. Prva obravnava napovedovanje učinkovitosti rabe virov različnih sistemov pridelave paradižnika s pomočjo podatkovnega rudarjenja. Pri drugi nalogi smo s pomočjo ekspertnega znanja in znanja, pridobljenega iz modelov podatkovnega rudarjenja (ustvarjenih v prvi nalogi), razvili odločitvene modele, ki ocenjujejo različne sisteme pridelave paradižnika glede na učinkovitost rabe virov, ter njihove okoljske in socialno-ekonomske vidike. Pri obeh nalogah smo analizirali dve vrsti sistemov pridelave paradižnika: rastlinjake in pridelavo na prostem. Modeli podatkovnega rudarjenja so bili razviti z uporabo eksperimentalnih podatkov iz Grčije in Majorke. Odločitveni modeli so bili razviti za vrednotenje odločitvenih alternativ (npr. upravljanje ali druge dejavnosti pri pridelavi paradižnika) in izbiro najboljše glede na določene cilje (npr. povečanje učinkovitosti rabe virov). Opravljena je bila verifikacija modelov za preizkus njihovega pričakanega obnašanja. Za ta namen smo uporabili podatke iz več študijskih primerov. Cilj H2020 projekta IPM Decisions je izboljšati rabo obstoječih sistemov za podporo odločanju (DSS) v integriranem varstvu rastlin (IVR). Naš cilj je modeliranje prednosti in slabosti DSS za potencialne uporabnike glede na njihove značilnosti in specifično odločitvenih problemov v povezavi z IVR. Da bi dobro razumeli potrebe potencialnih uporabnikov DSS (kmetje, svetovalci, raziskovalci), so bile v začetku leta 2020 v 12 partnerskih državah projekta organizirane delavnice. V Sloveniji smo organizirali dve delavnici, eno v Ljubljani in eno v Mariboru, s skupno 40 udeleženci. Z vprašalniki smo zbrali podatke o prednostih in slabostih uporabe platforme DSS za IVR. Ti podatki so bili skupaj s podatki z delavnic iz drugih 11 držav predhodno obdelani in pripravljeni za nadaljnje analize. Cilj COST akcije EUDaphobase je ustvariti strukture in postopke, potrebne za razvoj odprte vseevropske infrastrukture podatkov o biotski raznovrstnosti tal. Končni cilj EUDaphobase je vzpostaviti vseevropsko skladišče podatkov o biologiji tal in znanja, ki se lahko uporablja za razumevanje, zaščito in trajnostno upravljanje tal, njihove biotske raznovrstnosti in ekosistemskih storitev. V tem projektu vodimo delovno skupino, kjer so ključni cilji določiti, katera orodja moramo ponuditi zainteresiranim strankam za doseg njihovih ciljev. Pri tem bomo poskušali vzpostaviti povezave uporabnikov s podatkovnimi skladišči s pomočjo ustreznih algoritmov. V letu 2020 smo razvili konceptualni okvir za povezovanje podatkov o tleh z uporabniki s pomočjo pametnih tehnologij umetne inteligence.



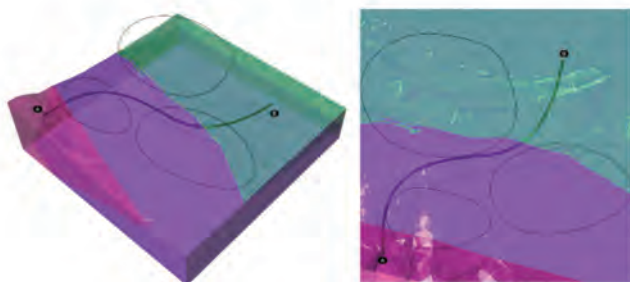
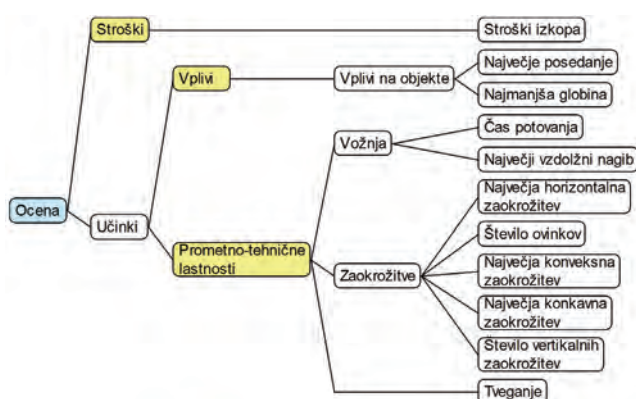
Slika 2: Pregled podpornih sporočil za enotedensko obdobje. Sistem virtualnega trenerja za podporo starejšim osebam, razvit v okviru projekta SAAM, uporablja pametni števec električne energije (PMC) za zaznavanje uporabe kuhinjskih naprav (modre pike) in drugih porabnikov električne energije (oranžne pike). Nato niz odločitvenih modelov oceni situacijo (ali se je uporabnikova kuharska dejavnost povečala ali zmanjšala) in odloči, ali je potrebno podporno sporočilo (npr. neg. message – sporočilo, ki uporabnika spodbuja, naj več kuha) ali ne (no action – brez sporočila).

Nada Lavrač in Sašo Džeroski sta organizirala celodnevni seminar z naslovom Umetna inteligenca za industrijo in družbo, ki je potekal na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani 12. februarja 2020. Z osmimi predavatelji iz akademskih krogov (štirje z našega oddelka) in osmimi iz slovenskih podjetij, ki ponujajo storitve UI, je dogodek privabil več kot 100 udeležencev.

Nada Lavrač je imela vabljeno predavanje z naslovom *Semantic Relational Learning* na 43. German Conference on Artificial Intelligence, ki je potekala od 21. do 25. septembra 2020 v Bambergu, Nemčija.

tudi objavili še pred začetkom epidemije koronavirusa, so razmere v naslednjih mesecih dodatno potrdile njegovo relevantnost. Skupaj z Unescovo katedro o odprtih tehnologijah za prosto dostopne izobraževalne vire in odprto učenje na IJS smo nadaljevali tudi razvoj inovativnega modela odprtega izobraževanja, ki ga v praksi preizkušamo v programu OE4BW *Open Education for a Better World*. Zlasti se osredotočamo na obvladovanje kompleksnosti, kar tudi v praksi prihaja v ospredje zaradi izjemnega povečanja potreb. Število v program vključenih projektov se je od 14 v letu 2018 namreč povečalo na 110, ki bodo obravnavani v letu 2021. Novosti, kot npr. vsebinsko opredeljena stičišča, so se v praksi izkazale kot zelo uspešne. Decembra 2020 smo sodelovali na pre-Expo virtualnem dogodku, na katerem se je Slovenija predstavila z dosežki na področju odprtega izobraževanja in kjer je bil program OE4BW izpostavljen kot primer dobre prakse. Open Education Global, mednarodna organizacija s približno 200 institucionalnimi člani z vsega sveta, je omenjenemu programu v letu 2020 podelila nagrado *Open Collaboration Award for Excellence*.

Na področju **analize besedil, spletnih podatkov in omrežij** naš raziskovalni pristop temelji na povezavi rudarjenja besedil, analize omrežij in analize besedil s ciljem poiskati zanimive lastnosti in povezave v različnih domenah. Glavni viri podatkov, ki jih analiziramo, so družbena omrežja (Twitter, Facebook, YouTube), spletne novice, letna finančna poročila podjetij in drugi bolj strukturirani podatki. Smo koordinator novega EU-projekta IMSyPP (Innovative Monitoring Systems and Prevention Policies of Online Hate Speech). Cilj projekta je razvoj modelov za avtomatsko detekcijo in sledenje sovražnega govora v štirih evropskih jezikih (angleščina, italijanščina, slovenščina in flamščina). Z aplikacijo naučenih modelov na velikih količinah podatkov analiziramo tako časovne kot tudi geografske vidike manifestacij sovražnega govora. Do zdaj smo že zbrali veliko čvkov na Twitterju v Sloveniji in komentarjev na YouTube kanalih in italijanščini in angleščini. Zbrane podatke je označilo več anotatorjev glede na raven in ciljne skupine sovražnega govora. Z uporabo metod globokega učenja smo se že naučili prvih modelov za klasifikacijo sovražnega govora. Zgradili in analizirali smo omrežje vseh slovenskih ponovljenih čvkov (ang. retweets) za obdobje 2018–2020, ki tipično kažejo na strinjanje z originalnim čvkom. Z detekcijo skupnosti v omrežjih smo pokazali, da na slovenskem Twitterju prevladujejo politične teme in da se povečuje polarizacija med levo in desno usmerjenimi uporabniki Twitterja. Vektorske vložitve besed preslikajo posamezne besede v visokodimenzionalen vektorski prostor, kjer so podobne besede blizu skupaj. Izkaže se, da se pogosto besede iz različnih jezikov preslikajo na podoben način, zato jih je možno poravnati v skupen medjezikovni prostor. Vektorske vložitve so osnova za izgradnjo klasifikacijskih modelov z globokimi nevronskimi mrežami, kar je trenutno prevladujoč način za obdelavo naravnega jezika. Večjezične vektorske vložitve smo uporabili za prenos klasifikacijskih modelov za analizo sentimenta na Twitterju med 13 evropskimi jeziki. Eksperimenti so pokazali, da prenos modelov med sorodnimi jeziki izboljša klasifikacijsko natančnost modelov, medtem ko razširitev modelov ne pokaže izboljšanja klasifikacijske natančnosti. V sodelovanju z beneško univerzo Ca'Foscari in enim od glavnih italijanskih časopisov Corriere della Sera smo izvedli raziskavo, v kateri smo merili odziv uporabnikov na različne načine podajanja novic o migrantih. Spremljali smo komentarje na Facebook strani časopisa glede ustrezne novice na temo migrantov in obravnavali odzive uporabnikov z vidika strupenosti, kritike časopisa in stališč do migrantov. Ugotovili smo, da vizualni prispevki in poročila o stanju vzbujajo najvišjo stopnjo zaupanja v medijski vir, medtem ko so mnenja in uvodniki bolj pogosto kritizirani. Opazili smo tudi, da podatkovno novinarstvo vzbuja presenetljivo majhno zaupanje v vir novic. Na področju avtomatskega učenja ocenjujemo sposobnost posploševanja napovednih modelov z različnimi metodami ocenjevanja. Pogosto ni očitno, katero metodo ocenjevanja uporabiti, da dobimo najbolj realistično oceno napak, ki jih bo prediktivni model naredil na še nevidnih podatkih. V našem delu smo empirično ovrednotili uporabo več ocenjevalnih metod na podatkih v obliki časovnih vrst. Uporabili smo



Slika 3: Struktura kriterijev odločitvenega modela za ocenjevanje trase predora, razvit v okviru projekta TOPP (v sodelovanju z Elea iC, d. o. o., in XLAB, d. o. o.), in primer optimalne trase predora, ki je bila z njim določena ter upošteva različno geološko sestavo tal (označeno z različnimi barvami) in vplivnih območij (označeno z zaključnimi krivuljami).

Na področju uporabe tehnologij znanja v izobraževanju smo nadaljevali sodelovanje z Univerzo v Novi Gorici in Centrom za prenos znanja na področju informacijskih tehnologij na IJS, pri čemer smo bili še naprej osredotočeni predvsem na raziskave transformacije izobraževalnih aktivnosti v smeri bolj fleksibilnega in odprtega izobraževanja. Eksperimentalne analize in proces smo obravnavali v kontekstu visokega šolstva na primeru Univerze v Novi Gorici. Čeprav smo delo zastavili in tudi objavili še pred začetkom epidemije koronavirusa, so razmere v naslednjih mesecih dodatno potrdile njegovo relevantnost. Skupaj z Unescovo katedro o odprtih tehnologijah za prosto dostopne izobraževalne vire in odprto učenje na IJS smo nadaljevali tudi razvoj inovativnega modela odprtega izobraževanja, ki ga v praksi preizkušamo v programu OE4BW *Open Education for a Better World*. Zlasti se osredotočamo na obvladovanje kompleksnosti, kar tudi v praksi prihaja v ospredje zaradi izjemnega povečanja potreb. Število v program vključenih projektov se je od 14 v letu 2018 namreč povečalo na 110, ki bodo obravnavani v letu 2021. Novosti, kot npr. vsebinsko opredeljena stičišča, so se v praksi izkazale kot zelo uspešne. Decembra 2020 smo sodelovali na pre-Expo virtualnem dogodku, na katerem se je Slovenija predstavila z dosežki na področju odprtega izobraževanja in kjer je bil program OE4BW izpostavljen kot primer dobre prakse. Open Education Global, mednarodna organizacija s približno 200 institucionalnimi člani z vsega sveta, je omenjenemu programu v letu 2020 podelila nagrado *Open Collaboration Award for Excellence*.

Na področju **analize besedil, spletnih podatkov in omrežij** naš raziskovalni pristop temelji na povezavi rudarjenja besedil, analize omrežij in analize besedil s ciljem poiskati zanimive lastnosti in povezave v različnih domenah. Glavni viri podatkov, ki jih analiziramo, so družbena omrežja (Twitter, Facebook, YouTube), spletne novice, letna finančna poročila podjetij in drugi bolj strukturirani podatki. Smo koordinator novega EU-projekta IMSyPP (Innovative Monitoring Systems and Prevention Policies of Online Hate Speech). Cilj projekta je razvoj modelov za avtomatsko detekcijo in sledenje sovražnega govora v štirih evropskih jezikih (angleščina, italijanščina, slovenščina in flamščina). Z aplikacijo naučenih modelov na velikih količinah podatkov analiziramo tako časovne kot tudi geografske vidike manifestacij sovražnega govora. Do zdaj smo že zbrali veliko čvkov na Twitterju v Sloveniji in komentarjev na YouTube kanalih in italijanščini in angleščini. Zbrane podatke je označilo več anotatorjev glede na raven in ciljne skupine sovražnega govora. Z uporabo metod globokega učenja smo se že naučili prvih modelov za klasifikacijo sovražnega govora. Zgradili in analizirali smo omrežje vseh slovenskih ponovljenih čvkov (ang. retweets) za obdobje 2018–2020, ki tipično kažejo na strinjanje z originalnim čvkom. Z detekcijo skupnosti v omrežjih smo pokazali, da na slovenskem Twitterju prevladujejo politične teme in da se povečuje polarizacija med levo in desno usmerjenimi uporabniki Twitterja. Vektorske vložitve besed preslikajo posamezne besede v visokodimenzionalen vektorski prostor, kjer so podobne besede blizu skupaj. Izkaže se, da se pogosto besede iz različnih jezikov preslikajo na podoben način, zato jih je možno poravnati v skupen medjezikovni prostor. Vektorske vložitve so osnova za izgradnjo klasifikacijskih modelov z globokimi nevronskimi mrežami, kar je trenutno prevladujoč način za obdelavo naravnega jezika. Večjezične vektorske vložitve smo uporabili za prenos klasifikacijskih modelov za analizo sentimenta na Twitterju med 13 evropskimi jeziki. Eksperimenti so pokazali, da prenos modelov med sorodnimi jeziki izboljša klasifikacijsko natančnost modelov, medtem ko razširitev modelov ne pokaže izboljšanja klasifikacijske natančnosti. V sodelovanju z beneško univerzo Ca'Foscari in enim od glavnih italijanskih časopisov Corriere della Sera smo izvedli raziskavo, v kateri smo merili odziv uporabnikov na različne načine podajanja novic o migrantih. Spremljali smo komentarje na Facebook strani časopisa glede ustrezne novice na temo migrantov in obravnavali odzive uporabnikov z vidika strupenosti, kritike časopisa in stališč do migrantov. Ugotovili smo, da vizualni prispevki in poročila o stanju vzbujajo najvišjo stopnjo zaupanja v medijski vir, medtem ko so mnenja in uvodniki bolj pogosto kritizirani. Opazili smo tudi, da podatkovno novinarstvo vzbuja presenetljivo majhno zaupanje v vir novic. Na področju avtomatskega učenja ocenjujemo sposobnost posploševanja napovednih modelov z različnimi metodami ocenjevanja. Pogosto ni očitno, katero metodo ocenjevanja uporabiti, da dobimo najbolj realistično oceno napak, ki jih bo prediktivni model naredil na še nevidnih podatkih. V našem delu smo empirično ovrednotili uporabo več ocenjevalnih metod na podatkih v obliki časovnih vrst. Uporabili smo

174 časovnih vrst realnih podatkov in 3 sintetične časovne vrste. Izkazalo se je, da je izbor najprimernejše ocenjevalne metode odvisen od stacionarnosti časovne vrste oziroma od različnih tipov nestacionarnosti. V letu 2020 smo začeli delati na novem projektu FORMICA 2 (Quantitative and qualitative analysis of the unregulated corporate financial reporting). V začetnem delu v okviru tega projekta smo pripravili rešitev za avtomatsko zaznavanje stavkov iz letnih računovodskih poročil, ki se nanašajo na bodoče dogajanje in napovedi. Tovrstni stavki bodo uporabljeni pri vzorčenju podatkov in pripravi s finančnim sentimentom označenih jezikovnih virov.

Na področju jezikovnih tehnologij in digitalne humanistike razvijamo različne vrste jezikovnih virov in metod za označevanje in analizo besedil s poudarkom na slovenščini in sorodnih jezikih. Nadaljevali smo delo na evropskem projektu EMBEDDIA (Cross-Lingual Embeddings for Less-Represented Languages in European News Media), ki ga koordiniramo. Projekt EMBEDDIA naslavlja številne naloge novinarske industrije, vezane na analizo novic in komentarjev, ter se osredotoča na razvoj novih metod. Razvoj metod temelji predvsem na koriščenju potenciala medjezikovnih vektorskih vložitev v kombinaciji z globokimi nevronskimi mrežami, kar omogoča tudi prenos modelov med jeziki. V letu 2020 smo razvili številne nove metode in aplikacije ter organizirali računalniško tekmovanje v okviru serije dogodkov SemEval. Organizirali smo tudi delavnico na temo obdelave naravnega jezika in digitalne humanistike, ki je potekala v okviru konference PROPOR, in odprto nalogo v okviru tekmovanj SemEval. Razvili smo več metod za reševanje nalog klasifikacije novic. V okviru analize sentimenta smo obravnavali nalogo čezjezikovne klasifikacije, kjer se jezika učne in testne množice razlikujeta. Ukvarjali smo se tudi z evalvacijo različnih pristopov za semantično podobnost dokumentov in jih uporabili za priporočanje sorodnih novinarskih vsebin. Obravnavali smo tudi metode za razvrščanje kratkih besedil, kjer smo razvili nov pristop tax2vec, ki izkoristi predhodno znanje iz taksonomij, da izboljša različne naloge razvrščanja kratkih besedil. Sledilo je delo na moderiranju komentarjev novic (npr. zaznavanje žaljivega govora), kjer smo zgradili klasifikacijske modele na podatkovnih množicah medijskih partnerjev projekta EMBEDDIA v hrvaščini in estonščini. Prav tako smo sodelovali pri številnih skupnih nalogah s področja profiliranja avtorjev besedil ter dosegli 2. mesto na področju profiliranja slavnih oseb in 3. mesto na področju večjezičnega zaznavanja uporabnikov, ki širijo lažne novice. Obe skupni nalogi sta potekali v okviru PAN@CLEF. Objavili smo članek, ki opisuje rešitev za tekmovanje GxG-CLIN29, ki je ena od redkih rešitev, ki uporablja pristope globokega učenja za naloge profiliranja avtorjev. V okviru dogodka SemEval2020 smo organizirali tekmovalno nalogo napovedovanja stopnjevanja podobnosti besed v kontekstu, ki predstavlja novo nalogo na področju obdelave naravnega jezika in se je lotilo več mednarodnih skupin v okviru omenjenega tekmovanja. Za potrebe naloge smo razvili nov vir CoSimLex, ki je na voljo prek repozitorija CLARIN.SI. Naše nove metode za zaznavanje semantičnega premika so bile ocenjene v okviru odprte naloge ter uporabljene za diahrono analizo novic v eno- in večjezičnih kontekstih.

Nadaljevali smo delo na nacionalnem raziskovalnem projektu FRENK *Viri, metode in orodja za razumevanje, prepoznavanje in razvrščanje različnih oblik družbeno nesprejemljivega diskurza v informacijski družbi* ter na slovensko-flamskem bilateralnem raziskovalnem projektu LiLaH *Linguistic landscape of hate speech on social media*. Uredili in napisali smo uvodno poglavje monografije *The dark side of digital platforms: linguistic investigations of socially unacceptable online discourse practices* in raziskovali Twitter diskurz o LGBTQ+ v Sloveniji, metaforične izraze, povezane s tokom vode v slovenskih spletnih novicah na temo migracij, slovenske družbeno nesprejemljive diskurze na Facebookovih straneh novinarskih portalov ter nestandardne jezikovne značilnosti, slovnične karakteristike in uporabo kazalnih zaimkov v slovenskem družbeno nesprejemljivem diskurzu na družbenih omrežjih. Izdali smo leksikon čustev LiLaH za hrvaški, nizozemski in slovenski jezik [<http://hdl.handle.net/11356/1318>]. Soorganizirali smo tudi odprte naloge o računalniški obdelavi jezika. V sklopu konference WMT20 *Conference on Machine Translation* smo bili pristojni za slovensko-hrvaške in slovensko-srbske prevodne pare, v sklopu naloge o napovedovanju geolokacije v družbenih omrežjih konference VarDial 2020 pa za srbsko-hrvaško jezikovno skupino. V okviru nacionalnega projekta TERMFAME smo objavili članek na temo ponovitve in prilagoditve pristopa za poravnavo terminologije, razvili metode za rudarjenje terminoloških semantičnih relacij z uporabo vektorskih besednih vložitev in predstavili novo orodje za vizualizacijo terminologije NetViz skupaj s primeri uporabe pri modeliranju domene krasoslovja. V okviru že omenjenega evropskega projekta SAAM smo se ukvarjali s prepoznavanjem čustev iz govornih podatkov, pri čemer smo se osredotočali na prilagoditve za delovanje s skupimi viri, razvili pa smo tudi multimodalne pristope za samodejno prepoznavanje Alzheimerjeve



Slika 4: Transition PathFinder – sistem za podporo odločanju za ocenjevanje trajnosti agroživilske verige v skladu s tremi stebri trajnosti (okoljski, socialni in ekonomski) ter njihovimi preseki (sprejemljivost, pravičnost in izvedljivost).

Petra Kralj Novak je kot plenarni govornik nastopila na International School and Conference on Network Science 2020 in na delavnici Language Technology vs. Disinformation, ki jo je organiziral DG CNECT Evropske komisije.



Slika 5: V okviru projekta TRAIN smo razvili navidezne presejalne pristope za repositioniranje zdravil in predstavitev procesa v navidezni resničnosti, vključno s strojnimi učenjem naključnih gozdov.

bolezni. Pripomogli smo k vzpostavitvi in ocenjevanju virov za slovenščino, vključno z vzpostavitvijo referenčnega seznama običajnih pogostih besed v slovenščini in primerjavo različnih modelov vektorskih besednih vložitev glede na spolno pristranost. Objavili smo pregledni znanstveni članek o rezultatih v letu 2019 končanega nacionalnega raziskovalnega projekta *Slovenska znanstvena besedila: viri in opisi*, v sklopu katerega smo ustvarili zelo velik (1,5 milijarde besed) označen korpus slovenskih diplomskih in magistrskih del ter doktorskih disertacij. Zaključili in objavili smo podatkovno bazo angleško-slovenskih terminoloških kandidatov, avtomatično izluščenih iz korpusa projekta, in izvedli na korpusu osnovano analizo uporabe epistemskih naklonskih prislovov v slovenskem akademskem diskurzu.

Vodimo in vzdržujemo CLARIN.SI, slovensko nacionalno vejo raziskovalne infrastrukture CLARIN ERIC, ki omogoča preprosto objavljane in trajnostni dostop do digitalnih jezikovnih podatkov za raziskovalce s področja humanistike in družboslovja ter drugih disciplin, ki uporabljajo ali izdelujejo jezikovne vire. V letu 2019 je CLARIN.SI pridobil financiranje

za nadgradnjo svoje računalniške skupine, v letu 2020 pa smo pridobili in začeli uporabljati večino skupine ter objavili opis njenega trenutnega stanja in načrtov za prihodnost. Leta 2020 je repozitorij za jezikovne vire in orodja CLARIN.SI pridobil certifikat Core Trust Seal in spet pridobil certifikacijo kot CLARIN ERIC Centre type B. V tem letu je bilo v repozitorij CLARIN.SI deponiranih 51 novih jezikovnih virov, tako da je ob koncu leta vseboval skupno 202 jezikovna vira. Prispevali smo k opisu glavnega korpusa za strojno učenje označevanja slovenskega jezika ssj500k, novi različici slovenskega referenčnega korpusa Gigafida, naboru podatkov za informacije, ki se širijo v novicah, ter k naboru podatkov za raziskovanje in analizo kompleksnih odnosov med dogodki in poročanjem o njih. Poleg tega smo preiskovali, kako in koliko jezikovnih virov je bilo citiranih v slovenskih znanstvenih publikacijah v obdobju od leta 2013 do leta 2019. V letu 2020 se je začel novi nacionalni projekt *Razvoj slovenščine v digitalnem okolju*, ki ga financira ministrstvo za kulturo in v katerem sodelujejo raziskovalci z 12 ustanov. Cilj projekta je razviti bogat nabor jezikovnih tehnologij in virov za slovenščino, vsi jezikovni viri, ki bodo nastali v okviru projekta, pa bodo na voljo v repozitoriju CLARIN.SI. CLARIN.SI bo v projektu sodeloval tudi s podporo označevalnim nalogam na svoji platformi za ročno označevanje korpusov WebAnno ter z razvojem smernic za uporabo standardov in primerov dobre prakse za kodiranje in označevanje jezikovnih virov. Prispevali smo tudi na področju digitalne humanistike, kjer smo organizirali delavnico na temo digitalne humanistike in obdelave naravnega jezika DHandNLP 2020 v okviru Mednarodne konference računalniške obdelave portugalščine PROPOR 2020. Uredili smo zbornik omenjene konference, ki vključuje tudi naš prispevek analize del Zofke Kveder prek vektorskih vložitev besed.

Kot del delovnih obveznosti v okviru CLARIN.SI in CLADA-BG centra znanja za južnoslovanske jezike CLASSLA [<https://www.clarin.si/info/k-centre/>] smo nadgradili oziroma ustvarili modele za različne ravni jezikoslovnega označevanja standardnega in nestandardnega (družabna omrežja) jezika za slovenščino [<http://hdl.handle.net/11356/1312>, <http://hdl.handle.net/11356/1354>, <http://hdl.handle.net/11356/1325>, <http://hdl.handle.net/11356/1337>, <http://hdl.handle.net/11356/1350>, <http://hdl.handle.net/11356/1339>], hrvaščino [<http://hdl.handle.net/11356/1322>, <http://hdl.handle.net/11356/1331>, <http://hdl.handle.net/11356/1352>, <http://hdl.handle.net/11356/1340>, <http://hdl.handle.net/11356/1348>, <http://hdl.handle.net/11356/1357>], srbsščino [<http://hdl.handle.net/11356/1349>, <http://hdl.handle.net/11356/1323>, <http://hdl.handle.net/11356/1332>, <http://hdl.handle.net/11356/1351>, <http://hdl.handle.net/11356/1341>], makedonščino [<http://hdl.handle.net/11356/1373>, <http://hdl.handle.net/11356/1374>], in bolgarščino [<http://hdl.handle.net/11356/1326>, <http://hdl.handle.net/11356/1328>, <http://hdl.handle.net/11356/1353>, <http://hdl.handle.net/11356/1329>]. Te prosto dostopne modele lahko uporabimo s CLASSLA vejo dobro poznanega orodja za označevanja besedil StanfordNLP v omenjenih jezikih, in sicer na ravni oblikoskladnje, lematizacije, skladnje in imenskih entitet. Hkrati smo ustvarili tudi prve besedne vložitve za makedonščino [<http://hdl.handle.net/11356/1359>] in semantično označeni korpus za hrvaščino [<http://hdl.handle.net/11356/1377>]. Center znanja

CLASSLA je poleg tega razširil svoja na spletu dostopna pogosta vprašanja (FAQ), ki sedaj pokrivajo, poleg slovenščine, hrvaščine in srbsščine, tudi informacije o jezikovnih virih in orodjih za makedonščino in bolgarščino. CLASSLA je organiziral tudi virtualno delavnico, ki je potekala 6. 5. 2020, kjer smo skupaj z 42 sodelujočimi debatirali o prihodnji usmeritvi računalniške obdelave besedil za južnoslovanske jezike. CLARIN.SI je soorganiziral konferenco *Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika*, ki je potekala virtualno 24. in 25. septembra 2020. Mednarodna konferenca z

Sodelovali smo na računalniškem tekmovanju s področja profiliranja avtorjev besedil PAN, kjer smo dosegli 2. mesto na področju profiliranja slavni oseb (izmed 66 skupin) in 3. mesto na področju večjezičnega zaznavanja uporabnikov, ki širijo lažne novice.

22 leti tradicije je glavni forum za področja jezikovnih tehnologij in digitalne humanistike v Sloveniji, objavili smo tudi zbornik z 28 prispevki. Sodelovali smo pri organizaciji druge mednarodne delavnice ParlaCLARIN z naslovom *Creating, Using and Linking of Parliamentary Corpora with other Types of Political Discourse*. V sklopu konference smo sodelovali pri urejanju zbornika delavnice, pri pisanju uvodnega dela zbornika in predstavili naše delo (v sodelovanju s slovensko infrastrukturo za humanistiko DARIAH-SI) na korpusu parlamentarnih razprav Državnega zbora Republike Slovenije siParl, kjer smo ustvarili drugo različico tega korpusa, ki vsebuje skrbno strukturirane razprave slovenskega državnega zbora v letih od 1990 do 2018 z več kot 200 milijonov besed. Na podlagi izdelanega korpusa smo oblikovali tudi učne materiale, ki prikazujejo, kako lahko korpus uporabimo za raziskovanje uporabe jezika in komunikacijskih praks v socio-kulturnem kontekstu političnega diskurza. CLARIN.SI je hkrati postal tudi partner pri projektu ParlaMint *Towards Comparable Parliamentary Corpora*, ki ga financira CLARIN ERIC in kjer smo sodelovali pri oblikovanju prve različice korpusa ParlaMint, ki vsebuje jezikoslovno označene parlamentarne razprave 2015–2020 v državnih zborih Bolgarije, Hrvaške, Poljske in Slovenije [<http://hdl.handle.net/11356/1345>]. V okviru evropske infrastrukture CLARIN ERIC smo sodelovali v raziskavah o ustvarjanju infrastrukture učnih korpusov, interoperabilnosti infrastruktur, ki bi omogočale multidisciplinarnе raziskave, razširitvi družin jezikovnih virov in orodij CLARIN ter prispevali k razumevanju in spodbujanju sodelovanja z digitalno humanistiko. Prispevali smo tudi k delu Slovenskega inštituta za standardizacijo kot slovenski predstavniki pri oblikovanju standardov ISO/TC37/SC4 (Terminology and Other Language and Content Resources/Language Resources Management), kjer smo recenzirali, prevajali in potrjevali slovenske standarde s tega področja. Prav tako smo nadaljevali sodelovanje kot tehnični uredniki za spletni portal Slovenska biografija.

Na področju **računalniške ustvarjalnosti** smo razvili več metod za odkrivanje znanja, ki uporabljajo tehnike obdelave naravnega jezika. Najprej smo predstavili stanje in nove smernice na področju bisociativnega odkrivanja znanja iz znanstvene literature ter razvili nov pristop, ki temelji na besednih vektorskih vložitvah. Slednjega smo uporabili v kontekstu čezdomenskega odkrivanja znanja iz bioloških znanstvenih besedil. Prav tako smo razvili metodo za odkrivanje možnih ciljev za terapije bolezni covid-19. K področju računalniške ustvarjalnosti smo prispevali tudi z analizo objav skupnosti z vidika standardov ponovljivosti.

Na povezanem 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*. V kontekstu sinteze modelov smo razvili metode za hevristično iskanje po prostoru procesnih modelnih struktur, ki delujejo dobro, so učinkovite in omogočajo preiskovanje večjih prostorov možnih modelov. V okviru analize modelov smo raziskovali učenje in uporabo nadomestnih modelov v več praktičnih primerih. To vključuje uporabo zapletenih simulacijskih modelov odziva človeške kože na svetlobo v diagnostične namene, kjer se naučimo nadomestnih modelov, ki jih lahko uporabimo za zelo hitro oceno različnih parametrov kože in njenih lastnosti. Sem spada tudi učenje hitrih preslikav med vektorji atmosferskih parametrov in kratkovalovnimi infrardečimi spektri za satelit Sentinel 5P.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Mileva Boshkoska, Biljana, Miljković, Dragana, Valmarska, Anita, Gatsios, Dimitros, Rigas, George, Konitsiotis, Spyros, Tsiouris, Kostas M., Fotiadis, Dimitrios I., Bohanec, Marko, Decision support for medication change of Parkinson's disease patients, *Computer methods and programs in biomedicine*, 2020, 196, 105552
2. Petković, Matej, Džeroski, Sašo, Kocev, Dragi, Multi-label feature ranking with ensemble methods, *Machine learning*, 2020, 109, 11, 2141–2159
3. Osojnik, Aljaž, Panov, Panče, Džeroski, Sašo, Incremental predictive clustering trees for online semi-supervised multi-target regression, *Machine learning*, 2020, 109, 11, 2121–2139
4. Lavrač, Nada, Škrlić, Blaž, Robnik Šikonja, Marko, Propositionalization and embeddings : two sides of the same coin, *Machine learning*, 2020, 109, 7, 1465–1507
5. Jean-Denis, Mathias, Debeljak, Marko, Trajanov, Aneta, *et al.*, Grounding social foundations for Integrated Assessment Models of climate change : [commentary], *Earth's future*, 2020, 8, 7, e2020EF001573

Nagrade in priznanja

1. Članek Generating alternatives for DEX models using Bayesian optimization, napisan v soavtorstvu Martina Gjoreskega (odsek E9), Vladimira Kuzmanovskega (E8) in Marka Bohanca (E8), je prejel nagrado za najboljši referat na Slovenski konferenci o umetni inteligenci SCAI 2020, Ljubljana, 6.–7. 10. 2020
2. Najboljša bliskovita predstavitev (Best lightning presentation award): Bojan Evkoski, Igor Mozetič, Nikola Ljubešić, Petra Kralj Novak, Evolution of political polarization on Slovenian Twitter, Complex Networks and their Applications, Madrid, Španija, 1.–3. 12. 2020

3. Boshko Koloski, Senja Pollak in Blaž Škrj: sodelovanje na računalniškem tekmovanju s področja profiliranja avtorjev besedil PAN, kjer so dosegli 2. mesto na področju profiliranja slavnih oseb (izmed 66 skupin) in 3. mesto na področju večjezičnega zaznavanja uporabnikov, ki širijo lažne novice.

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Vesolje in umetna inteligenca, prva spletna konferenca v sodelovanju z ECAI2020, 24. evropsko konferenco o umetni inteligenci, 4. 9. 2020, virtualno
2. Organizacija celodnevne seminarja z naslovom Umetna inteligenca za industrijo in družbo, Gospodarsko razstavišče, Ljubljana, 12. 2. 2020
3. SSHOC Webinar: CLARIN Hands-on Tutorial on Transcribing Interview Data, 3. 3. 2020, virtualno
4. ParlaCLARIN II Workshop on Creating, Using and Linking Parliamentary Corpora with Other Types of Political Discourse, 11. 5. 2020, virtualno
5. CLARIN Café I: CLARIN in times of Corona, 8. 6. 2020, virtualno
6. CLARIN Café II: How to use CLARIN in (online) higher education, 10. 6. 2020, virtualno
7. SSHOC Train-the-Trainer Bootcamp for Librarians, 22. 6. 2020, virtualno
8. CLARIN Café III – CLARIN for Researchers: Literary Studies, 16. 7. 2020, virtualno
9. Workshop Twin Talks 3: Understanding and Facilitating Collaboration in DH 23. 7. 2020, virtualno
10. Konferenca Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika 2020, 24.-25. 9. 2020, virtualno
11. CLARIN Annual Conference 2020, 5.-7.10. 2020, virtualno
12. Café@CLARIN2020: This is CLARIN. How Can We Help You?, 5. 10. 2020, virtualno
13. Panel on Artificial Intelligence, Language Data and Research Infrastructures @ CLARIN2020, 7. 10. 2020, virtualno
14. SSHOC Webinar: Sharing Datasets of Pathological Speech, 14. 10. 2020, virtualno
15. Workshop Twin Talks 2: Understanding and Facilitating Collaboration in DH at DHN 2020 20. 10. 2020, virtualno
16. CLARIN Café – Join Our Parliamentary-flavoured Coffee: ParlaMint, 3. 11. 2020, virtualno
17. Seventh Workshop on NLP for Similar Languages, Varieties and Dialects VarDial2020, 13. 12. 2020, virtualno
18. CLASSLA workshop, 6.-8. 5. 2020, virtualno
19. Workshop on Digital Humanities and Natural Language Processing (DHandNLP 2020), co-located with International Conference on the Computational Processing of Portuguese (PROPOR 2020), Évora, Portugalska, 1.-4. 3. 2020

MEDNARODNI PROJEKTI

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. CLARIN projekt ParlaMint - K primerljivemu parlamentarnemu diskurzu
Clarín Eric
prof. dr. Tomaž Erjavec 2. COST CA16204; Oddaljeno branje za evropsko literarno zgodovino
Cost Association Aisbl
prof. dr. Tomaž Erjavec 3. COST CA18237; Evropska zbirka talnih bioloških podatkov za varstvo tal
Cost Association Aisbl
prof. dr. Marko Debeljak 4. H2020 - TRUE; Poti prehoda v trajnostne sisteme stročnic v Evropi
European Commission
prof. dr. Marko Debeljak 5. H2020 - TomRes; Nov celosten pristop k povečanju tolerance rastlin na posamične in kombinirane strese na primeru paradiznika
European Commission
prof. dr. Marko Debeljak 6. H2020 - NARSIS; Nov pristop za varnostne izboljšave reaktorjev
European Commission
prof. dr. Marko Bohanec 7. H2020 - SAAM; Podpora aktivnemu staranju z večstransko pomočjo
European Commission
doc. dr. Bernard Ženko 8. H2020 - HBP SGA2; Projekt „Človeški možgani“
European Commission
prof. dr. Sašo Džeroski 9. H2020 - AI4EU; Evropska platforma za razvoj umetne inteligence in pripadajočega ekosistema
European Commission
prof. dr. Sašo Džeroski | <ol style="list-style-type: none"> 10. H2020 - RESILO; Odporna evropska družba z inovativnimi lokalnimi skupnostmi
European Commission
dr. Aljaž Osojnik 11. H2020 - FNS-Cloud; Računalniški oblak in storitve za obdelavo podatkov iz področja ved o hrani, prehrani in varnosti
European Commission
prof. dr. Nada Lavrač 12. H2020 - HECAT; Uporaba prebojnih tehnologij za podporo pri upravljanju s trgov delo
European Commission
doc. dr. Biljana Mileva Boshkoska 13. H2020 - TAILOR; Temelji umetne inteligence vredne zaupanja, vključno z učenjem, optimizacijo in sklepanjem
European Commission
prof. dr. Sašo Džeroski 14. H2020 - ELEXIS; Evropska likesikografska infrastruktura
European Commission
prof. dr. Tomaž Erjavec 15. H2020 - EMBEDDIA: Medjezikovne vektorske vložitve za manj zastopane jezike v evropskih medijih
European Commission
doc. dr. Senja Pollak 16. H2020 - IMSyPP; Inovativno spremljanje sovravnega 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 mutageneza s CRISPR/CAS9 za odpornost vinske trte in krompirja proti fitoplazmam
prof. dr. Nada Lavrač
6. Viri, metode in orodja za razumevanje, prepoznavanje in razvrščanje različnih oblik družbeno nesprejemljivega diskurza v informacijski družbi
prof. dr. Tomaž Erjavec
7. Semantično rudarjenje prostodostopnih povezanih podatkov
prof. dr. Nada Lavrač
8. Izboljšanje ponovljivosti eksperimentov in večkratne uporabe raziskovalnih izsledkov pri analizi kompleksnih podatkov
doc. dr. Panče Panov
9. Nevropsihološke disfunkcije, ki jih povzročata nizka stopnja izpostavljenosti izbranim onesnaževalom iz okolja pri občutljivi populaciji - NEURODYS
prof. dr. Sašo Džeroski
10. Restavriranje plesnivih slik na platnu: izboljšanje ali poslabšanje?
prof. dr. Sašo Džeroski
11. Avtomatizirana sinteza in analiza znanstvenih modelov
prof. dr. Sašo Džeroski
12. Napovedno razvrščanje na podatkovnih tokovih
prof. dr. Sašo Džeroski
13. Računalniško podprta večjezična analiza novičarskega diskurza s kontekstualnimi besednimi vložitvami
doc. dr. Senja Pollak
14. Človekove pravice in regulacija umetne inteligence vredne zaupanja
prof. dr. Ljupčo Todorovski
15. Klinični potek in izid Covid-19
prof. dr. Sašo Džeroski
16. F4F: Funkcionalna živila prihodnosti
doc. dr. Bernard Ženko
17. TRAIN: Big data in modeli bolezní: Čezmejna platforma validiranih kompletov za biotehnoško industrijo
prof. dr. Sašo Džeroski
18. RI-SI ELIXIR: Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora
prof. dr. Sašo Džeroski
19. RSDO: Razvoj slovenščine v digitalnem okolju
prof. dr. Tomaž Erjavec
20. Rudarjenje podatkov in podpora odločanja pri trajnostni pridelavi hrane
dr. Vladimir Kuzmanovski
21. Učenje modelov bolezní in terapij za sistemsko in osebno medicino
dr. Jovan Tanevski
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. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Nada Lavrač

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Strojno učenje za napovedovanje porabe energije podsystemov vesoljskih plovil Bias Variance Labs, d. o. o.
prof. dr. Sašo Džeroski
2. Razvijanje prototipnega okolja umetne inteligence za opazovanje Zemlje Bias Variance Labs, d. o. o.
prof. dr. Sašo Džeroski
3. Večkriterijsko modeliranje odločitev za transparentno načrtovanje predorov Elea I, d. o. o.
doc. dr. Bernard Ženko
4. Nadzor kakovosti brizganih plastičnih izdelkov s strojnim vidom MPT, d. o. o.
doc. dr. Bernard Ženko

OBISKI

1. dr. Gianvito Pio, KDDE Research Group @ Dept. of Computer Science, University of Bari Aldo Moro, Bari, Italija, 5. 2. 2020-5. 8. 2020
2. Francesca Prisciandaro, KDDE Research Group @ Dept. of Computer Science, University of Bari Aldo Moro, Bari, Italija, 5. 2. 2020-5. 8. 2020
3. dr. Ivica Dimitrovski, Faculty of Computer Science and Engineering, University of Skopje, Severna Makedonija, 5.-12. 2. 2020
4. Nela Petrzalkova, Czech Technical University, Praga, Češka, 1. 7.-31. 8. 2020
5. Michal Artur Szlupowicz, Warsaw University of Technology, Poljska, 1. 7.-31. 8. 2020
6. dr. Richard Wheeler, The University of Edinburgh, Edinburgh, Velika Britanija, 1. 9. 2020
7. Viktor Andonovikj, Ss. Cyril and Methodius University of Skopje, Severna Makedonija, 1. 9.-30. 11. 2020
8. Marija Causevska, Ss. Cyril and Methodius University of Skopje, Severna Makedonija, 1. 9.-30. 11. 2020
9. Bojan Evkoski, Ss. Cyril and Methodius University of Skopje, Severna Makedonija, 1. 9.-30. 11. 2020
10. dr. Jean-Noël Aubertot, INRAE-INPT-ENSAT-EI-Purpan, University of Toulouse, Castanet Tolosan, Francija, 26. 9.-1. 10. 2020
11. dr. Octave Lacroix INRAE-INPT-ENSAT-EI-Purpan, University of Toulouse, Castanet Tolosan, Francija, 26. 9.-1. 10. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Jean-Noël Aubertot, INRAE-INPT-ENSAT-EI-Purpan, University of Toulouse, Castanet Tolosan, Francija: Modeling for Agroecological Crop Protection, 28. 9. 2020
2. Jure Brence: Probabilistic Grammars for Equation Discovery, 10. 12. 2020
3. dr. Ivica Dimitrovski, Faculty of Computer Science and Engineering, University of Skopje, Makedonija: Earth Observation applications using deep learning, 6. 2. 2020
4. Boshko Koloski: LocAI - your local oil spill detection AI information system, 19. 11. 2020
5. Božidar Stevanoski: Quantitative evaluation of MTR data stream methods, 26. 11. 2020
6. Tomaž Stepišnik: Complex nodes in trees for structured output prediction, 3. 12. 2020
7. Blaž Škrj: Singularity containers: A gateway to replicable AI, 21. 1. 2020
8. Aneta Trajanov: AI in agriculture, 11. 6. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI

STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Marko Bohanec, Biljana Mileva Boshkoska: ICDSST 2020, 6th EWG-DSS International Conference on Decision Support System Technology, Zaragoza, Spain, 27.-29. 5. 2020, virtualno (referat)
2. Marko Bohanec: IFIP DS 2020: 20th Open Conference of the IFIP WG 8.3 on Decision Support, Wrocław, Poljska, 24.-26. 6. 2020, virtualno (referat)
3. Marko Bohanec, Biljana Mileva Boshkoska, Jure Brence, Petra Kralj Novak: IS 2020, Information Society 2020, Slovenian Conference on Artificial Intelligence, Ljubljana, Slovenija, 6.-7. 10. 2020, virtualno (4 referati)
4. Jure Brence: zimska Šola Machine Learning in Physics, Vienna Doctoral School in Physics - ESI Winter School, Dunaj, Avstrija, 10.-20. 2. 2020
5. Jure Brence: Qubits Quantum Computing Conference, Japonska, 28.-29. 9. 2020, virtualno (pasivno)
6. Jure Brence, Sašo Džeroski, Petra Kralj Novak, Jovan Tanevski: Discovery Science, DS 2020, Thessaloniki, Grčija, 19.-21. 10. 2020, virtualno (3 referati)
7. Jure Brence, Sašo Džeroski, Petra Kralj Novak, Aneta Trajanov: European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases ECML-PKDD, Ghent, Belgija, 14.-18. 9. 2020, virtualno (pasivno)
8. Jure Brence, Blaž Škrj: Conference on Neural Information Processing Systems NeurIPS, Vancouver, Kanada, 6.-12. 12. 2020, virtualno
9. Marko Debeljak: sestanek COST projekta, Frankfurt, Nemčija, 12.-13. 2. 2020
10. Tanja Dergan, Aneta Trajanov: Agrobiznis konferenca, Gospodarska zbornica Slovenije, 12. 2. 2020 (predavanje)
11. Tanja Dergan: Izobraževanje APMA - Agri-Food Value Chain Course, University of Reading, Velika Britanija, 4. 5. 2020-26. 6. 2020, virtualno
12. Tanja Dergan: Innovation in post-harvest loss and food waste reduction, Wageningen University, 28. 5. 2020, virtualno (pasivno)
13. Tanja Dergan: Varnost hrane, naša skupna odgovornost - 2. konferenca ob 7. juniju, svetovnem dnevu varnosti hrane, 8. 6. 2020, virtualno (pasivno)
14. Tanja Dergan: Data sharing in the agriculture. Towards a European agriculture data space, 10. 6. 2020, virtualno (pasivno)

15. Tanja Dergan: Imagining the Ecocivilisation: Circular Business Academy, Slovenija, 4. 11. 2020, virtualno (pasivno)
16. Tanja Dergan, Aneta Trajanov: ESA SEVILLA 2020 CONGRESS XVI European Society for Agronomy Congress, 1.-4. 9. 2020, Španija, virtualno (pasivno)
17. Tanja Dergan: U.N. Food Systems Summit, Barilla Center for Food & Nutrition Foundation, 1. 12. 2020, virtualno (pasivno)
18. Sašo Džeroski: Delavnica COPERNICUS and Artificial Intelligence, Bruselj, 28. 1. 2020 (vabljen predavanje)
19. Sašo Džeroski, sestanek za prijavo projekta Leonardo, Trst, Italija, 29. 1. 2020
20. Sašo Džeroski: Seminar AI for Industry and Society, Ljubljana, 12. 2. 2020 (predavanje)
21. Sašo Džeroski: delavnica ESA-Croatia EO Workshop, Space powering Green Deal and Digital Economy, Zagreb, 5.-6. 3. 2020 (vabljen predavanje)
22. Ana Kostovska, Nada Lavrač, Blaž Škrjrlj: Spring workshop on Mining and Learning 2020, 2.-9. 2. 2020
23. Darja Fišer, Tomaž Erjavec: delavnica Odprta znanost, Ljubljana, 23. 1. 2020 (2 referata)
24. Darja Fišer, Tomaž Erjavec: delavnica Ravnjanje z raziskovalnimi podatki, Ljubljana, 11. 3. 2020, virtualno (1 referat)
25. Darja Fišer, Tomaž Erjavec: 1st International Workshop on Language Technology Platforms, 11.-16. 5. 2020, virtualno (1 referat)
26. Darja Fišer, Tomaž Erjavec: ParlaCLARIN II Workshop on Creating, Using and Linking Parliamentary Corpora with Other Types of Political Discourse, 11. 5. 2020, virtualno (1 referat)
27. Darja Fišer, Tomaž Erjavec: International Conference on ICT enhanced Social Sciences and Humanities (ICTeSSH 2020), 29. 6.-1. 7. 2020, virtualno (1 referat)
28. Darja Fišer, Tomaž Erjavec, Katja Meden: konferenca Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika 2020, 24.-25. 9. 2020, virtualno (4 referati)
29. Darja Fišer, Tomaž Erjavec: CLARIN Annual Conference 2020, 5.-7. 10. 2020, virtualno (3 referati)
30. Darja Fišer, Tomaž Erjavec: 12th Conference on Language Resources and Evaluation, 11.-16. 5. 2020, virtualno (3 referati)
31. Darja Fišer, Tomaž Erjavec: Obdobja 39: Slovenščina - diskurzi, zvrsti in jeziki med identiteto in funkcijo, 18.-20. 11. 2020, Ljubljana (1 referat)
32. Darja Fišer, Tomaž Erjavec: 3rd PEOPLES Workshop 2020, Computational Modeling of People's Opinions, PersonalLity, and Emotions in Social media, 13. 12. 2020, virtualno (1 referat)
33. Dragi Kocev, Tomaž Stepišnik, 25th International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems, ISMIS 2020, Gradec, Avstrija, 23.-25. 9. 2020, virtualno (2 referata)
34. Petra Kralj Novak: NetSci Rim, Italija 17.-25. 9. 2020, virtualno (1 referat)
35. Petra Kralj Novak: delavnica Language Technology vs. Disinformation DG CONECT, 24. 11. 2020, virtualno (predavanje)
36. Nada Lavrač: 43rd German AI Conference, Bamberg, Nemčija, 21.-25. 9. 2020, virtualno (vabljen predavanje)
37. Nikola Ljubešić: The 28th International Conference on Computational Linguistics COLING 2020, Barcelona, Španija, 8.-13. 12. 2020, virtualno
38. Igor Mozetič, Blaž Škrjrlj: Ninth International Conference on Complex Networks & Their Applications COMPLEX NETWORKS 2020, Madrid, Španija, 1.-3. 12. 2020, virtualno (1 referat)
39. Senja Pollak: Posvet Komisije za enake možnosti na področju znanosti, Prezrte dimenzije spola v znanstvenih raziskavah, Ljubljana, 9. 3. 2020 (1 referat)
40. Senja Pollak: Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, Ljubljana, virtualno (3 referati)
41. Senja Pollak: Workshop on Digital Humanities and Natural Language Processing DHandNLP 2020, co-located with International Conference on the Computational Processing of Portuguese PROPOR 2020, Évora, Portugalska, 2.-4. 3. 2020, virtualno (1 referat)
42. Blaž Škrjrlj: International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics SAMI 2020, Herl'any, Slovaška, 23.-25. 1. 2020 (1 referat)
43. Blaž Škrjrlj: the 24th European Conference on Artificial Intelligence ECAI, Santiago de Compostela, Španija, 29. 8.-8. 9. 2020 (1 referat)
44. Jovan Tanevski: 24th International Conference on Research in Computational Molecular Biology, Online, 22.-25. 6. 2020, virtualno (1 referat)
45. Aneta Trajanov: European Research and Innovation Days, 22.-24. 9. 2020, virtualno (pasivno)
46. Aneta Trajanov: British Ecological Society Annual Meeting, 14.-18. 12. 2020, virtualno (pasivno)
47. Bernard Ženko, AAL Info Day 2020, Dunaj, Avstrija, 29.-30. 1. 2020
48. Martin Žnidaršič: Mreža znanja 2020, Ljubljana (spletno), 25. 11. 2020, 1 referat (vabljen predavanje, virtualno)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Sašo Džeroski: ESA/ESRIN, Phi-Lab, Frascati, Italija (gostujoči profesor v šolskem letu 2020/21)
2. Vladimir Kuzmanovski: Aalto University, Helsinki, Finska, 4.-8. 3. 2020
3. Blaž Škrjrlj: Stanford University InfoLab, Stanford, ZDA, 19. 6.-21. 9. 2020
4. Jovan Tanevski: Institute for computational medicine, Faculty of Medicine, Heidelberg University & Heidelberg University Hospital, Heidelberg, Nemčija, 8. 2.-7. 3. 2020

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. dr. Dragi Kocev
9. prof. dr. Nada Lavrač, znanstveni svetnik
10. prof. dr. Zoran Levnjajič*
11. dr. Nikola Ljubešić
12. dr. Dragana Miljković
13. prof. dr. Igor Mozetič
14. dr. Vid Podpečan
15. Matthew Richard John Purver, PhD. Združeno kraljestvo
16. prof. dr. Ljupčo Todorovski*, znanstveni svetnik
17. doc. dr. Aneta Trajanov
18. prof. dr. Tanja Urbančič*, znanstveni svetnik
19. *doc. dr. Vedrana Vidulin*, odšla 1. 6. 2020*
20. dr. Ana Zwitter Vitez*
21. doc. dr. Bernard Ženko
22. doc. dr. Martin Žnidaršič

Podoktorski sodelavci

23. dr. Martin Breskvar
24. *dr. Božidara Cvetković*, odšla 1. 10. 2020*
25. dr. Jan Kralj*
26. doc. dr. Petra Kralj Novak
27. dr. Janez Kranjc
28. dr. Vladimir Kuzmanovski
29. doc. dr. Biljana Mileva Boshkoska
30. dr. Aljaž Osojnik
31. doc. dr. Panče Panov
32. dr. Matej Petković
33. doc. dr. Senja Pollak

34. dr. Nikola Simidjievski

35. dr. Jovan Tanevski

36. dr. Anita Valmarska*

Mlajši raziskovalci

37. Jure Brence, mag. fiz.
38. Tanja Dergan, mag. agr. ekon.
39. Enja Kokalj, mag. kog. zn.
40. Ana Kostovska, mag. inf. kom. tehnol.
41. Matej Martinc, univ. dipl. fil. in soc. kult.
42. Martin Marzidovšek, Msc.
43. *Stevanče Nikoloski, univ. dipl. prav., asistent, odšel 1. 4. 2020*
44. Andraž Pelicon, mag. prev.
45. Andraž Repar*, univ. dipl. prev.
46. Tomaž Stepišnik, mag. mat.
47. Blaž Škrjrlj, mag. inf. kom. tehnol.
48. Tadej Škvorc, mag. inž. rač. in inf.

Strokovni sodelavci

49. Milica Bauer, dipl. ekon.
50. Nika Eržen, mag. inž. rač. in inf.
51. Katja Meden, dipl. bibl. in inf. (UN)
52. Tehniški in administrativni sodelavci
53. Tina Anžič, Bolonjski študij II. stopnja

Opomba

* delna zaposlitev na IJS

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Aalto University, Aalto, Finska
2. ARVALIS - Institut du végétal, Pariz, Francija
3. BVL, d. o. o., Ljubljana
4. Czech Technical University, Praga, Češka republika
5. ELEA iC, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
6. ESEIA, Graz Office, Gradec, Avstrija
7. Fakulteta za informacijske študije, Novo mesto
8. Global Climate Forum, Nemčija
9. Queen Mary, University of London, London, Velika Britanija

10. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana
11. Helsinki Institute for Information Technology, Helsinki, Finska
12. Institut Rudjer Bošković, Zagreb, Hrvaška
13. Institute for Advanced Studies, IMT Lucca, Italija
14. Inštitut za novejšo zgodovino, Ljubljana, Slovenija
15. Inštitut za kriminologijo pri Pravni fakulteti v Ljubljani, Ljubljana
16. International centre for Genetic Engineering and Biotechnology, Trst, Italija
17. Javni zavod Republike Slovenije za varstvo kulturne dediščine, Ljubljana
18. Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgija
19. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana
20. Leiden University, Nizozemska
21. MPT, d. o. o., Šmartno ob Paki, Slovenija
22. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, Slovenija
23. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana
24. Teagasc, Johnstown Castle, Co., Wexford, Irsko
25. Temida, d. o. o., Ljubljana
26. Università degli Studi di Milano, Italy, Applied Intelligent Systems Laboratory Department of Computer Science, Milano, Italija
27. Universitaet, Zürich, Švica
28. University Auckland, Auckland, Nova Zelandija
29. University of Bari, Department of informatics, Bari, Italija
30. University of Cambridge, Cambridge, Velika Britanija
31. University of Coimbra, Coimbra, Portugalska
32. University of Helsinki, Helsinki, Finska
33. University of York, Department of Computer Science, York, Velika Britanija
34. University of Porto, Artificial Intelligence and Computer Science Laboratory, Portugalska
35. University of Skopje, Faculty of Computer Science and Engineering, Faculty of Electrical Engineering, Skopje, Makedonija
36. University of Twente, Enschede, Nizozemska
37. University of Venice, Ca' Foscari, Benetke, Italija
38. Univerza v Beogradu, Filološki fakultet, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, Srbija
39. Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica, Slovenija
40. Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija
41. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana
42. Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, Ljubljana
43. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Ljubljana
44. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana
45. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana
46. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana
47. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za upravo, Ljubljana
48. Univerza v Ljubljani, Pravna fakulteta, Ljubljana
49. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola
50. Wageningen University & Research, Wageningen, Nizozemska
51. ZRC SAZU, Ljubljana
52. ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije
53. ZRC SAZU, Inštitut za slovensko literaturo in literarne vede, Ljubljana
54. XLAB, d. o. o., Ljubljana

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Juan Antonio Álvarez-García, Božidara Cvetković, Mitja Luštrek, "A survey on energy expenditure estimation using wearable devices", *ACM computing surveys*, 2020, **53**, 5, 1-35. [COBISS.SI-ID 30416387]
2. Eleni Gregoromichelaki, Gregory James Mills, Christine Howes, Arash Eshghi, Stergios Chatzikyriakidis, Matthew Purver, Ruth M. Kempson, Ronnie Cann, Patrick G. T. Healey, "Completeness vs (In)completeness", *Acta Linguistica Hafniensia*, 2020, **52**, 2, 260-284. [COBISS.SI-ID 52140547]
3. Tomaž Stepišnik, Dragi Kocev, Sašo Džeroski, "Option predictive clustering trees for multilabel classification", *Acta polytechnica Hungarica*, 2020, **17**, 10, 109-128. [COBISS.SI-ID 45649667]
4. Matej Petković, Sašo Džeroski, Dragi Kocev, "Feature ranking for hierarchical multi-label classification with tree ensemble methods", *Acta polytechnica Hungarica*, 2020, **17**, 10, 129-148. [COBISS.SI-ID 45647619]
5. Blaž Škrlj, Benjamin Renoust, "Layer entanglement in multiplex, temporal multiplex, and coupled multilayer networks: evaluation of the community structure", *Applied network science*, 2020, **5**, 89. [COBISS.SI-ID 37516035]
6. Andraž Pelicon, Marko Pranjic, Dragana Miljković, Blaž Škrlj, Senja Pollak, "Zero-shot learning for cross-lingual news sentiment classification", *Applied sciences*, 2020, **10**, 17, 5993. [COBISS.SI-ID 28125699]
7. Nina Verdel, Jovan Tanevski, Sašo Džeroski, Boris Majaron, "Predictive model for quantitative analysis of human skin using photothermal radiometry and diffuse reflectance spectroscopy", *Biomedical optics express*, 2020, **11**, 3, 1679-1696. [COBISS.SI-ID 33232423]
8. Aladin Crnkic, Janez Povh, Vladimir Jaćimović, Zoran Levnjajic, "Collective dynamics of phase-repulsive oscillators solves graph coloring problem", *Chaos*, 2020, **30**, 033128. [COBISS.SI-ID 17094683]
9. Biljana Mileva Boshkoska, Dragana Miljković, Anita Valmarska, Dimitros Gatsios, George Rigas, Spyros Konitsiotis, Kostas M. Tsiouris, Dimitrios I. Fotiadis, Marko Bohanec, "Decision support for medication change of Parkinson's disease patients", *Computer methods and programs in biomedicine*, 2020, **196**, 105552. [COBISS.SI-ID 17642243]
10. Tomaž Stepišnik, Aljaž Osojnik, Sašo Džeroski, Dragi Kocev, "Option predictive clustering trees for multi-target regression", *Computer science and information systems*, 2020, **17**, 2, 459-486. [COBISS.SI-ID 22122499]
11. Jovan Tanevski, Ljupčo Todorovski, Sašo Džeroski, "Combinatorial search for selecting the structure of models of dynamical systems with equation discovery", *Engineering applications of artificial intelligence*, 2020, **89**, 103423. [COBISS.SI-ID 32975911]
12. Jurica Levatić, Michelangelo Ceci, Tomaž Stepišnik, Sašo Džeroski, Dragi Kocev, "Semi-supervised regression trees with application to QSAR modelling", *Expert systems with applications*, 2020, **158**, 113569. [COBISS.SI-ID 17623811]
13. Aleksander Mahnič, Martin Breskvar, Sašo Džeroski, Pavel Skok, Špela Pintar, Maja Rupnik, "Distinct types of gut microbiota dysbiosis in hospitalized gastroenterological patients are disease non-related and characterized with the predominance of either Enterobacteriaceae or *Enterococcus*", *Frontiers in microbiology*, 2020, **11**, 120. [COBISS.SI-ID 33165351]
14. Albert Zorko, Matthias Frühwirth, Nandu Goswami, Maximilian Moser, Zoran Levnjajic, "Heart rhythm analyzed via shapelets distinguishes sleep from awake", *Frontiers in physiology*, 2020, **10**, 1554. [COBISS.SI-ID 2048633875]
15. David P. Wall, Antonio Delgado, Lilian O'Sullivan, Rachel Creamer, Aneta Trajanov, Vladimir Kuzmanovski, Christian B. Henricksen, Marko Debeljak, "A decision support model for assessing the water regulation and purification potential of agricultural soils across Europe", *Frontiers in sustainable food systems*, 2020, **4**, 115. [COBISS.SI-ID 21854979]
16. Christian H. Holland, et al. (12 avtorjev), "Robustness and applicability of transcription factor and pathway analysis tools on single-cell RNA-seq data", *Genome biology*, 2020, **21**, 36. [COBISS.SI-ID 33179687]
17. Ana L. Schmidt et al. (16 avtorjev), "Measuring social response to different journalistic techniques on Facebook", *Humanities & social sciences communications*, 2020, **7**, 17. [COBISS.SI-ID 24321795]
18. Nikola Simidjievski, Ljupčo Todorovski, Juš Kocijan, Sašo Džeroski, "Equation discovery for nonlinear system identification", *IEEE access*, 2020, **8**, 29930-29943. [COBISS.SI-ID 33208103]
19. Sebastian Mežnar, Nada Lavrač, Blaž Škrlj, "SNoRE: scalable unsupervised learning of symbolic node representations", *IEEE access*, 2020, **8**, 212568-212588. [COBISS.SI-ID 41443587]
20. Monika Simjanoska, Stefan Kochev, Jovan Tanevski, Ana Madevska Bogdanova, Gregor Papa, Tome Eftimov, "Multi-level information fusion for learning a blood pressure predictive model using sensor data", *Information fusion*, 2020, **58**, 24-39. [COBISS.SI-ID 33002535]
21. Dominik Kozjek, Rok Vrabič, Borut Rihtaršič, Nada Lavrač, Peter Butala, "Advancing manufacturing systems with big-data analytics: a conceptual framework", *International journal of computer integrated manufacturing*, 2020, **33**, 2, 169-188. [COBISS.SI-ID 17034523]

22. Donatella Gubiani, Matjaž Mozetič, Barbara Koroušić-Seljak, Tanja Urbančič, "E-learning experiment: web conference activities in teaching at a traditional university", *International journal of innovation and learning*, 2020, **27**, 1, 37-57. [COBISS.SI-ID 33021479]
23. Ravi Shekhar, Marko Pranjic, Senja Pollak, Andraž Pelicon, Matthew Purver, "Automating news comment moderation with limited resources: benchmarking in Croatian and Estonia", *Journal for language technology and computational linguistics*, 2020, **34**, 1, 49-79. [COBISS.SI-ID 28132099]
24. Darja Fišer, Nikola Ljubešić, Tomaž Erjavec, "The Janes project: language resources and tools for Slovene user generated content", *Language resources and evaluation*, 2020, **54**, 1, 223-246. [COBISS.SI-ID 68029026]
25. Andraž Repar, Matej Martinc, Senja Pollak, "Reproduction, replication, analysis and adaptation of a term alignment approach", *Language resources and evaluation*, 2020, **54**, 3, 767-800. [COBISS.SI-ID 32998183]
26. Nada Lavrač, Blaž Škrlj, Marko Robnik Šikonja, "Propositionalization and embeddings: two sides of the same coin", *Machine learning*, 2020, **109**, 7, 1465-1507. [COBISS.SI-ID 24308739]
27. Vitor Cerqueira, Luís Torgo, Igor Mozetič, "Evaluating time series forecasting models: an empirical study on performance estimation methods", *Machine learning*, 2020, **109**, 11, 1997-2028. [COBISS.SI-ID 32669443]
28. Aljaž Osojnik, Panče Panov, Sašo Džeroski, "Incremental predictive clustering trees for online semi-supervised multi-target regression", *Machine learning*, 2020, **109**, 11, 2121-2139. [COBISS.SI-ID 37128707]
29. Matej Petković, Sašo Džeroski, Dragi Kocev, "Multi-label feature ranking with ensemble methods", *Machine learning*, 2020, **109**, 11, 2141-2159. [COBISS.SI-ID 32478211]
30. Blaž Škrlj, Jan Kralj, Nada Lavrač, "Embedding-based Silhouette community detection", *Machine learning*, 2020, **109**, 11, 2161-2193. [COBISS.SI-ID 24468483]
31. Dragi Kocev, Michelangelo Ceci, Tomaž Stepišnik, "Ensembles of extremely randomized predictive clustering trees for predicting structured outputs", *Machine learning*, 2020, **109**, 11, 2213-2241. [COBISS.SI-ID 25408771]
32. Darja Fišer, Kristina Pahor de Maiti, "Voices of the parliament", *Modern languages open*, 2020, 46. [COBISS.SI-ID 31202307]
33. Nada Lavrač, Matej Martinc, Senja Pollak, Maruša Pompe Novak, Bojan Cestnik, "Bisociative literature-based discovery: lessons learned and new word embedding approach", *New generation computing*, 2020, **38**, 773-800. [COBISS.SI-ID 31844867]
34. Ivica Slavkov, Matej Petković, Pierre Geurts, Dragi Kocev, Sašo Džeroski, "Error curves for evaluating the quality of feature rankings", *PeerJ computer science*, 2020, **6**, e310. [COBISS.SI-ID 41311235]
35. Ana Zwitter Vitez, "Forenzična analiza pisnih besedil v sodnem postopku", *Pravosodni bilten*, 2020, **41**, 2, 179-192. [COBISS.SI-ID 39376643]
36. Ana Zwitter Vitez, "Le discours politique et l'expression de l'opinion sur Twitter: analyse syntaxique, lexicale et orthographique", V: *Prepričevalna moč sodobnega političnega in medijskega diskurza*, 2020, **14**, 1, 157-170. [COBISS.SI-ID 37372163]
37. Nikola Ljubešić, "Deep lexicography - Fad or opportunity?", *Rasprave Instituta za hrvatski jezik i jezikoslovlje*, 2020, **46**, 2, 839-852. [COBISS.SI-ID 47773699]
38. Maja Somrak, Sašo Džeroski, Žiga Kokalj, "Learning to classify structures in ALS-derived visualizations of ancient Maya settlements with CNN", *Remote sensing*, 2020, **12**, 14, 2215. [COBISS.SI-ID 23613443]
39. Jakob Lenardič, Tomaž Erjavec, Darja Fišer, "Citiranje jezikovnih podatkov v slovenskih znanstvenih objavah v obdobju 2013-2019", *Slovenščina 2.0: empirične, aplikativne in interdisciplinarne raziskave*, 2020, **8**, 1, 1-34. [COBISS.SI-ID 25988099]
40. Vasja Vehovar, Blaž Povž, Darja Fišer, Nikola Ljubešić, Ajda Šulc, Dejan Jontes, "Družbeno nesporejmljivi diskurz na Facebookovih straneh novičarskih portalov", *Teorija in praksa*, 2020, **57**, 2, 622-645, 694. [COBISS.SI-ID 22060035]
41. Jey Han Lau, Carlos S. Armendariz, Shalom Lappin, Matthew Purver, Chang Shu, "How furiously can colorless green ideas sleep?: sentence acceptability in context", *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 2020, **8**, 296-310. [COBISS.SI-ID 52044291]
42. Milka Ljoncheva, Tomaž Stepišnik, Sašo Džeroski, Tina Kosjek, "Cheminformatics in MS-based environmental exposomics: current achievements and future directions", *Trends in environmental analytical chemistry*, 2020, **28**, e00099. [COBISS.SI-ID 24705283]
43. Tome Eftimov, Gorjan Popovski, Matej Petković, Barbara Koroušić-Seljak, Dragi Kocev, "COVID-19 pandemic changes the food

consumption patterns", *Trends in food science & technology*, 2020, **104**, 268-272. [COBISS.SI-ID 26928643]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Kristina Gruden *et al.* (11 avtorjev), "Ménage à trois: unraveling the mechanisms regulating plant-microbe-arthropod interactions", *Trends in Plant Science*, 2020, **25**, 12, 1215-1226. [COBISS.SI-ID 47574275]

KRATKI ZNANSTVENI PRISPEVEK

1. Mathias Jean-Denis *et al.* (14 avtorjev), "Grounding social foundations for Integrated Assessment Models of climate change: [commentary]", *Earth's future*, 2020, **8**, 7, e2020EF001573. [COBISS.SI-ID 19675651]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Bojan Cestnik, Rebeka Kovačič Lukman, Andreja Abina, Andrej Flogie, Samo Repolusk, Maja Vičič Krabonja, Tanja Batkovič, Adem Kikaj, Ivan Boshkov, Nita Hasani, Maja Kurbus, Matevž Ogrinc, Jaka Progar, Nika Zagorc Okorn, Sabina Petek, Aleksander Zidanšek, "Development and implementation of a decision support expert system for monitoring sustainability-related competences at the secondary school", V: *15th SDEWES Conference, Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, September 1-5, 2020, Cologne, Germany*, Proceedings, SDEWES, 2020, 0681. [COBISS.SI-ID 33070851]
2. Tanja Batkovič, Bojan Cestnik, Aleksander Zidanšek, Andreja Abina, "Competence model for factories of the future", V: *2nd International Conference on Technologies & Business Models for Circular Economy*, Proceedings, Maribor Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, 2020, 159-173. [COBISS.SI-ID 16396035]
3. Nikola Ljubešić, Ilija Markov, Darja Fišer, Walter Daelemans, "The LiLaH emotion lexicon of Croatian, Dutch and Slovene", V: *PEOPLES 2020, Computational Modeling of PEople's Opinions, PersonalItY, and Emotions in Social media, Barcelona, Spain, December 12-13, 2020*, Proceedings, (ACL Anthology), Association for Computational Linguistics, 2020, 153-157. [COBISS.SI-ID 47796227]
4. Yujian Gan, Matthew Purver, John R. Woodward, "A review of cross-domain text-to-SQL models", V: *AAAL-IJCNLP 2020, the 1st Conference of the Asia-Pacific Chapter of the Association for Computational Linguistics and the 10th International Joint Conference on Natural Language Processing, December 4 - December 7, 2020, Suzhou, China*, Proceedings of the Student Research Workshop, Association for Computational Linguistics, 2020, 108-115. [COBISS.SI-ID 52337923]
5. Alexander Norcliffe, Cristian Bodnar, Ben Day, Nikola Simidjievski, Pietro Liò, "On second order behaviour in augmented neural ODEs", V: *NeurIPS 2020, 34th Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, Canada*, Proceedings, (Advances in neural information processing systems **33**), NIPS Foundation, 2020. [COBISS.SI-ID 47627011]
6. Jacob Deasy, Nikola Simidjievski, Pietro Liò, "Constraining variational inference with geometric Jensen-Shannon divergence", V: *NeurIPS 2020, 34th Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, Canada*, Proceedings, (Advances in neural information processing systems **33**), NIPS Foundation, 2020. [COBISS.SI-ID 47624707]
7. Anita Valmarska, Dragana Miljković, Nada Lavrač, Marko Robnik Šikonja, "Multi-view clustering with mvRelief for Parkinson's disease patients subgroup detection", V: *AIME 2020, 18th International Conference on Artificial Intelligence in Medicine, August 25-28, 2020, Minneapolis, MN, USA*, Proceedings, (Lecture Notes in Computer Science **12299**), Springer, 2020, 287-298. [COBISS.SI-ID 30497027]
8. Boshko Koloski, Senja Pollak, Blaž Škrlj, "Multilingual detection of fake news spreaders via Sparse Matrix factorization: notebook for PAN at CLEF 2020", V: *CLEF 2020, Conference and Labs of the Evaluation Forum, September 22-25, 2020, Thessaloniki, Greece*, Working Notes, (CEUR workshop proceedings **2696**), CEUR, 2020, 145. [COBISS.SI-ID 33647875]
9. Boshko Koloski, Senja Pollak, Blaž Škrlj, "Know your neighbors: efficient author profiling via follower tweets: notebook for PAN at CLEF 2020", V: *CLEF 2020, Conference and Labs of the Evaluation Forum, September 22-25, 2020, Thessaloniki, Greece*, Working Notes, (CEUR workshop proceedings **2696**), CEUR, 2020, 146. [COBISS.SI-ID 34033411]
10. Mihaela Gaman *et al.* (11 avtorjev), "A report on the VarDial evaluation compaign 2020", V: *Fourteenth Workshop on Semantic Evaluation*,

- Barcelona, Spain, December 12-13, 2020, Proceedings, (ACL Anthology), International Committee on Computational Linguistics, 2020, 1-14. [COBISS.SI-ID 47804675]
11. Carlos S. Armandariz, Matthew Purver, Senja Pollak, Nikola Ljubešić, Matej Ulčar, Marko Robnik Šikonja, Ivan Vulić, Mohammed Taher Pilehvar, "SemEval-2020 task 3: graded word similarity in context", V: *Fourteenth Workshop on Semantic Evaluation, Barcelona, Spain, December 12-13, 2020*, Proceedings, (ACL Anthology), International Committee on Computational Linguistics, 2020, 36-49. [COBISS.SI-ID 41214723]
 12. Matej Martinc, Syrielle Montariol, Lidia Pivovarova, Elaine Zosa, "Discovery Team at SemEval-2020 Task: context-sensitive embeddings not always better than static for semantic change detection", V: *Fourteenth Workshop on Semantic Evaluation, Barcelona, Spain, December 12-13, 2020*, Proceedings, (ACL Anthology), International Committee on Computational Linguistics, 2020, 67-73. [COBISS.SI-ID 47162371]
 13. Matej Martinc, Blaž Škrj, Sergej Pirkmajer, Nada Lavrač, Bojan Cestnik, Martin Marzidovšek, Senja Pollak, "COVID-19 therapy target discovery with context-aware literature mining", V: *DS 2020, 23rd International Conference Discovery Science, October 19-21, 2020, Thessaloniki, Greece*, Proceedings, (Lecture notes in computer science **12323**), Springer, 2020, 109-123. [COBISS.SI-ID 36467203]
 14. Ilin Tolovski, Sašo Džeroski, Panče Panov, "Semantic annotation of predictive modelling experiments", V: *DS 2020, 23rd International Conference Discovery Science, October 19-21, 2020, Thessaloniki, Greece*, Proceedings, (Lecture notes in computer science **12323**), Springer, 2020, 124-139. [COBISS.SI-ID 37131267]
 15. Ana Kostovska, Sašo Džeroski, Panče Panov, "Semantic description of data mining datasets: an ontology-based annotation schema", V: *DS 2020, 23rd International Conference Discovery Science, October 19-21, 2020, Thessaloniki, Greece*, Proceedings, (Lecture notes in computer science **12323**), Springer, 2020, 140-155. [COBISS.SI-ID 37133315]
 16. Jure Brenc, Jovan Tanevski, Jennifer Adams, Edward Malina, Sašo Džeroski, "Learning surrogates of a radiative transfer model for the sentinel 5P satellite", V: *DS 2020, 23rd International Conference Discovery Science, October 19-21, 2020, Thessaloniki, Greece*, Proceedings, (Lecture notes in computer science **12323**), Springer, 2020, 217-230. [COBISS.SI-ID 52269827]
 17. Vedrana Vidulin, Sašo Džeroski, "Hierarchy decomposition pipeline: a toolbox for comparison of model induction algorithms on hierarchical multi-label classification problems", V: *DS 2020, 23rd International Conference Discovery Science, October 19-21, 2020, Thessaloniki, Greece*, Proceedings, (Lecture notes in computer science **12323**), Springer, 2020, 486-501. [COBISS.SI-ID 52173315]
 18. Tomaž Stepišnik, Dragi Kocev, "Hyperbolic embeddings for hierarchical multi-label classification", V: *ISMIS 2020, 25th International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems, September 23-25, 2020, Graz, Austria*, Proceedings, Foundations of Intelligent Systems, (Lecture notes in computer science **12117**), Springer, 2020, 66-76. [COBISS.SI-ID 29150979]
 19. Tomaž Stepišnik, Dragi Kocev, "Multivariate predictive clustering trees for classification", V: *ISMIS 2020, 25th International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems, September 23-25, 2020, Graz, Austria*, Proceedings, Foundations of Intelligent Systems, (Lecture notes in computer science **12117**), Springer, 2020, 331-341. [COBISS.SI-ID 28868355]
 20. Matej Petkovič, Michelangelo Ceci, Kristian Kersting, Sašo Džeroski, "Estimating the importance of relational features by using gradient boosting", V: *ISMIS 2020, 25th International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems, September 23-25, 2020, Graz, Austria*, Proceedings, Foundations of Intelligent Systems, (Lecture notes in computer science **12117**), Springer, 2020, 362-371. [COBISS.SI-ID 28852483]
 21. Martin Breskvar, Sašo Džeroski, "Predicting Associations Between Proteins and multiple diseases", V: *ISMIS 2020, 25th International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems, September 23-25, 2020, Graz, Austria*, Proceedings, Foundations of Intelligent Systems, (Lecture notes in computer science **12117**), Springer, 2020, 383-392. [COBISS.SI-ID 48193283]
 22. Blaž Škrj, Sašo Džeroski, Nada Lavrač, Matej Petkovič, "Feature importance estimation with self-attention networks", V: *ECAI 2020, Twenty-fourth European Conference on Artificial Intelligence, August 29th to September 8th, Santiago de Compostela, Spain*, Proceedings, (Frontiers in artificial intelligence and applications **325**), IOS press, 2020, 1491-1498. [COBISS.SI-ID 49940227]
 23. Tome Eftimov, Gorjan Popovski, Dragi Kocev, Peter Korošec, "Performance2vec: a step further in explainable stochastic optimization algorithm performance", V: *GECCO '20, the 2020 Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 2020, Cancún, Mexico*, Proceedings, ACM, 2020, 193-194. [COBISS.SI-ID 22081539]
 24. Miljenko Hojnić, Biljana Mileva Boshkoska, "A web-based decision support system for employee redeployment", V: *ICDSSST 2020, 6th International Conference on Cognitive Decision Support Systems & Technologies, 27th-29th May, 2020, Zaragoza, Spain*, Proceedings, 2020, 228. [COBISS.SI-ID 17143555]
 25. Marko Bohanec, Adem Kikaj, Ivan Vrbanić, Ivica Bašič, Klemen Debelak, Luka Štrubelj, "Supporting severe accident management in nuclear power plants", V: *ICDSSST 2020, 6th International Conference on Cognitive Decision Support Systems & Technologies, 27th-29th May, 2020, Zaragoza, Spain*, Proceedings, 2020, 229. [COBISS.SI-ID 17511939]
 26. Kristian Miok, Blaž Škrj, Daniela Zaharie, Marko Robnik Šikonja, "Bayesian BERT for trustful hate speech detection", V: *ICML UDL 2020 Workshop on Uncertainty & Robustness in Deep Learning, July 17, 2020*, 2020. [COBISS.SI-ID 24034819]
 27. Žan Ternik, Ljupčo Todorovski, Irena Nančovska Šerbec, "Assessing the agreement in the Bebras tasks categorisation", V: *ISSEP 2020, International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives, 23-25 September 2020, Tallinn, Estonia*, Proceedings, Informatics in schools: engaging learners in computational thinking, (Lecture Notes in Computer Science **12518**), Springer, 2020, 30-41. [COBISS.SI-ID 36049411]
 28. Jennifer-Carmen Frey, Alexander König, Darja Fišer, "Creating a learner corpus infrastructure: experiences from making learner corpora available", V: *ICTeSSH 2020, International Conference on ICT enhanced Social Sciences and Humanities, June 29 - July 1, 2020*, Proceedings, (ITM Web of Conferences **33**), 2020, 03006. [COBISS.SI-ID 39079427]
 29. Matej Martinc, Senja Pollak, "Tackling the ADReSS challenge: a multimodal approach to the automated recognition of Alzheimer's dementia", V: *Interspeech 2020, 25-29 October, 2020, Shanghai, China*, Proceedings, ISCA online archive, 2020, 2157-2161. [COBISS.SI-ID 36473859]
 30. Špela Arhar Holdt, Senja Pollak, Marko Robnik Šikonja, Simon Krek, "Referenčni seznam pogostih splošnih besed za slovenščino", V: *Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 10-15. [COBISS.SI-ID 30568963]
 31. Simon Krek, Tomaž Erjavec, Kaja Dobrovoljc, Polona Gantar, Špela Arhar Holdt, Jaka Čibej, Janez Brank, "The ssj500k training corpus for Slovene language processing", V: *Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 24-33. [COBISS.SI-ID 30599683]
 32. Jakob Lenardič, Darja Fišer, "Epistemic modal adverbs in Slovenian academic discourse", V: *Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 34-41. [COBISS.SI-ID 37080067]
 33. Kristina Pahor de Maiti, Darja Fišer, Nikola Ljubešić, Tomaž Erjavec, "Grammatical footprint of socially unacceptable Facebook comments", V: *Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 48-57. [COBISS.SI-ID 37069827]
 34. Katja Mihurko Poniž, Narvika Bovcon, Aneta Trajanov, Tina Smrekar, "Digitalizacija kulturne dediščine v dveh projektih programa Študentski inovativni projekti za družbeno korist", V: *Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 66-73. [COBISS.SI-ID 30294531]
 35. Marko Pranjč, Vid Podpečan, Marko Robnik Šikonja, Senja Pollak, "Evaluation of related news recommendations using document similarity methods", V: *Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 81-86. [COBISS.SI-ID 31711235]
 36. Marko Robnik Šikonja, Kristjan Reba, Igor Mozetič, "Cross-lingual transfer of Twitter sentiment models using a common vector space", V: *Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 87-92. [COBISS.SI-ID 30213379]
 37. Anka Supej, Matej Ulčar, Marko Robnik Šikonja, Senja Pollak, "Primerjava slovenskih besednih vektorskih vložitev z vidika spola na analogijah poklicev", V: *Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 93-100. [COBISS.SI-ID 31707651]
 38. Andraž Pelicon, "Zaznavanje sentimenta v novicah z globokimi nevronske mrežami", V: *Jezikovne tehnologije in digitalna humanistika, 24.- 25. september 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik, Inštitut za novejšo zgodovino, 2020, 150-157. [COBISS.SI-ID 30561283]

39. Simon Krek, Špela Arhar Holdt, Tomaž Erjavec, Jaka Čibej, Andraž Repar, Polona Gantar, Nikola Ljubešič, Izток Kosem, Kaja Dobrovoljc, "Gigafida 2.0: the reference corpus of written standard Slovene", V: *LREC 2020, Twelfth International Conference on Language Resources and Evaluation, May 11-16, 2020, Marseille, France*, Proceedings, ELRA, 2020, 3340-3345. [COBISS.SI-ID 18023939]
40. Francisca de Jong, Bente Maegaard, Darja Fišer, Dieter Van Uytvanck, Andreas Witt, "Interoperability in an infrastructure enabling multidisciplinary research: the case of CLARIN", V: *LREC 2020, Twelfth International Conference on Language Resources and Evaluation, May 11-16, 2020, Marseille, France*, Proceedings, ELRA, 2020, 3406-3413. [COBISS.SI-ID 16872963]
41. Carlos S. Armentariz, Matthew Purver, Matej Ulčar, Senja Pollak, Nikola Ljubešič, Marko Robnik Šikonja, Mark Granroth-Wilding, Kristina Vaik, "CoSimLex: a resource for evaluating graded word similarity in context", V: *LREC 2020, Twelfth International Conference on Language Resources and Evaluation, May 11-16, 2020, Marseille, France*, Proceedings, ELRA, 2020, 5878-5886. [COBISS.SI-ID 16240643]
42. Abdul Sittar, Dunja Mladenič, Tomaž Erjavec, "A dataset for information spreading over the news", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD), 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 5-8. [COBISS.SI-ID 34477571]
43. Nela Petrželková, Blaž Škrlj, Nada Lavrač, "Knowledge graph aware text classification", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD), 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 13-16. [COBISS.SI-ID 34482947]
44. J. Abdul Sittar Swati, Tomaž Erjavec, Dunja Mladenič, "EveOut: reproducible event dataset for studying and analyzing the complex event-outlet relationship", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD), 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 17-20. [COBISS.SI-ID 34486275]
45. Bojan Evkoski, Igor Mozetič, Nikola Ljubešič, Petra Kralj Novak, "A Slovenian Retweet network 2018-2020", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD), 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 41-44. [COBISS.SI-ID 34506755]
46. Lidija Jovanovska, Panče Panov, "Toward improved semantic annotation of food and nutrition data", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD), 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 45-48. [COBISS.SI-ID 34509059]
47. Peter Zupančič, Biljana Mileva Boshkoska, Panče Panov, "Absenteeism prediction from timesheet data: a case study", V: *Odkrivanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD), 5. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek C, Institut "Jožef Stefan", 2020, 49-52. [COBISS.SI-ID 34510339]
48. Jakob Lenardič, Darja Fišer, "Extending the CLARIN resource and tool families", V: *CLARIN Annual Conference 2020, 05-07 October 2020*, Proceedings, CLARIN, 2020, 1-5. [COBISS.SI-ID 37636867]
49. Senja Pollak, Vid Podpečan, Dragana Miljković, Uroš Stepišnik, Špela Vintar, "The NetViz terminology visualization tool and the use cases in karstology domain modeling", V: *COMPUTERM 2020, 6th International Workshop on Computational Terminology at LREC 2020, Language Resources and Evaluation Conference, 11-16 May 2020, Marseille, France*, Proceedings, European Language Resources Association, 2020, 55-60. [COBISS.SI-ID 14646275]
50. Matej Martinc, Petra Kralj Novak, Senja Pollak, "Leveraging contextual embeddings for detecting diachronic semantic shift", V: *COMPUTERM 2020, 6th International Workshop on Computational Terminology at LREC 2020, Language Resources and Evaluation Conference, 11-16 May 2020, Marseille, France*, Proceedings, European Language Resources Association, 2020, 4811-4819. [COBISS.SI-ID 15628547]
51. Andrej Pančur, Tomaž Erjavec, "The siParl corpus of Slovenian parliamentary proceedings", V: *ParlaCLARIN II, Workshop Creating, Using and Linking of Parliamentary Corpora with Other Types of Political Discourse at LREC 2020, Language Resources and Evaluation Conference, 11-16 May 2020, Marseille, France*, Proceedings, European Language Resources Association, 2020, 28-34. [COBISS.SI-ID 39765507]
52. Maria Eskevich et al. (15 avtorjev), "CLARIN: distributed language resources and technology in a European infrastructure", V: *IWLTP 2020, 1st International Workshop on Language Technology Platforms at LREC 2020, Language Resources and Evaluation Conference, 11-16 May 2020, Marseille, France*, Proceedings, European Language Resources Association, 2020, 28-34. [COBISS.SI-ID 16901379]
53. Špela Vintar, Larisa Grčić-Simeunović, Matej Martinc, Senja Pollak, Uroš Stepišnik, "Mining semantic relations from comparable corpora through intersections of word embeddings", V: *13th Workshop on Building and Using Comparable Corpora at LREC 2020, Language Resources and Evaluation Conference, 11-16 May 2020, Marseille, France*, Proceedings, European Language Resources Association, 2020, 29-34. [COBISS.SI-ID 15706627]
54. Filip Markoski, Eftim Zdravevski, Nikola Ljubešič, Sonja Gievaska, "Evaluation of recurrent neural network architectures for abusive language detection in cyberbullying contexts", V: *CIIT 2020, 17th International Conference on Informatics and Information Technologies, 8-9 May, 2020*, Proceedings, Faculty of Computer Science and Engineering and Engineering Skopje, 2020, 42-46. [COBISS.SI-ID 47769091]
55. Nada Lavrač, Matej Martinc, Senja Pollak, Bojan Cestnik, "Bisociative literature-based discovery: lessons learned and new prospects", V: *ICCC'20, the Eleventh International Conference on Computational Creativity, 7-11 September, Coimbra, Portugal*, Proceedings, Association for Computational Creativity, 2020, 139-145. [COBISS.SI-ID 27799555]
56. George A. Wright, Matthew Purver, "Creative language generation in a society of engagement and reflection", V: *ICCC'20, the Eleventh International Conference on Computational Creativity, 7-11 September, Coimbra, Portugal*, Proceedings, Association for Computational Creativity, 2020, 169-172. [COBISS.SI-ID 52144387]
57. Martin Marzidovšek, Senja Pollak, "A study on reproducibility in computational creativity research: lessons learned and new prospects", V: *ICCC'20, the Eleventh International Conference on Computational Creativity, 7-11 September, Coimbra, Portugal*, Proceedings, Association for Computational Creativity, 2020, 350-357. [COBISS.SI-ID 27800579]
58. Matej Martinc, Senja Pollak, "Pooled LSTM for Dutch cross-genre gender classification", V: *GxG-CLIN29, the Shared Task on Cross-Genre Gender Prediction in Dutch at CLIN29, the 29th Conference on Computational Linguistics in The Netherlands, January 31, 2019, Groningen, The Netherlands*, Proceedings, (CEUR workshop proceedings **2453**), CEUR, 2020, 6. [COBISS.SI-ID 33075495]
59. Senja Pollak, Matej Martinc, Katja Mihurko Poniž, "Natural language processing for literary text analysis: word-embeddings-based analysis of Zofka Kveder's Work", V: *DHandNLP 2020, the Workshop on Digital Humanities and Natural Language Processing at PROPOR 2020, International Conference on the Computational Processing of Portuguese, March 2nd, 2020, Évora, Portugal*, Proceedings, (CEUR workshop proceedings **2607**), CEUR, 2020, 4. [COBISS.SI-ID 16930563]
60. Loïc Barrault et al. (21 avtorjev), "Findings of the 2020 Conference on Machine Translation (WMT20)", V: *EMNLP 2020, 5th Conference on Machine Translation, November 19-20, 2020*, Proceedings, (ACL Anthology), Association for Computational Linguistics, 2020, 1-55. [COBISS.SI-ID 47782147]
61. Martin Gjoreski, Vladimir Kuzmanovski, Marko Bohanec, "Generating alternatives for DEX models using Bayesian optimization", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 23-26. [COBISS.SI-ID 34227715]
62. Michał Artur Szlupowicz, Jure Brence, Jennifer Adams, Edward Malina, Sašo Džeroski, "Machine learning of surrogate models with an application to sentinel 5P", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 104-107. [COBISS.SI-ID 34407683]
63. Rok Novak, David Kocman, Johanna A. Robinson, Tjaša Kanduč, Denis Sarigiannis, Sašo Džeroski, Milena Horvat, "Low-cost environmental and motion sensor data for complex activity recognition: proof of concept", V: *ECSA-7, 7th International Electronic Conference on Sensors and Applications, 15-30 November 2020*, Proceedings, (Engineering proceedings **2**), MDPI, 2020, 54. [COBISS.SI-ID 41487619]
64. Matej Martinc, Syrielle Montariol, Elaine Zosa, Lidia Pivovarova, "Capturing evolution in word usage: just add more clusters?", V: *WWW '20, the Web Conference 2020, April 20-24, 2020, Taipei, Taiwan*, ACM, 2020, 343-349. [COBISS.SI-ID 14257923]

OBJAVLJENI STROKOVNI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Ljupčo Todorovski, "Razložljiva umetna inteligenca in preglednost avtomatiziranih odločitev", V: *1. konferenca prava informacijske*

varnosti, 7. in 8. september 2020, Portorož, Slovenija, Zbornik, GV založba, 2020, 64-72. [COBISS.SI-ID 30330883]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGlavJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Kristina Pahor de Maiti, Darja Fišer, Nikola Ljubešić, "Hateful messages under linguist's scrutiny", V: *CMC Corpora through the prism of digital humanities*, (Collection Humanités numériques), L'Harmattan, 2020, 55-74. [COBISS.SI-ID 48933379]
2. Jennifer-Carmen Frey, Alexander König, Egon W. Stemle, Achille Falaise, Darja Fišer, Harald Lungen, "The FAIR index of CMC corpora", V: *CMC Corpora through the prism of digital humanities*, (Collection Humanités numériques), L'Harmattan, 2020, 127-145. [COBISS.SI-ID 48939779]
3. Kristina Pahor de Maiti, Darja Fišer, Nikola Ljubešić, "Nonstandard linguistic features of Slovene socially unacceptable discourse on Facebook", V: *The dark side of digital platforms: linguistic investigations of socially unacceptable online discourse practices*, University Press, Ljubljana Faculty of Arts, 2020, 12-34. [COBISS.SI-ID 71579746]
4. Vojko Gorjanc, Darja Fišer, "Twitter discourse on LGBTQ+ in Slovenia", V: *The dark side of digital platforms: linguistic investigations of socially unacceptable online discourse practices*, University Press, Ljubljana Faculty of Arts, 2020, 36-55. [COBISS.SI-ID 71582050]
5. Zoran Fijavž, Darja Fišer, "Corpus-assisted analysis of water flow metaphors in Slovene online news migration discourse of 2015", V: *The dark side of digital platforms: linguistic investigations of socially unacceptable online discourse practices*, University Press, Ljubljana Faculty of Arts, 2020, 56-84. [COBISS.SI-ID 71580258]
6. Ana Zwitter Vitez, "La contribution de la linguistique dans l'analyse de la dynamique sociale: l'exemple des Gilets jaunes", V: *Mikro in makro: pristopi in prispevki k humanističnim vedam ob dvajsetletnici UP Fakultete za humanistične študije*, Založba Univerze na Primorskem, 2020, 2, 509-526. [COBISS.SI-ID 49486595]
7. Donatella Gubiani, Irina Elena Cristea, Tanja Urbančič, "Introducing e-learning to a traditional university: a case-study", V: *Qualitative and*

quantitative models in socio-economic systems and social work, Springer, 2020, 225-241. [COBISS.SI-ID 5406971]

8. Kristina Pahor de Maiti, Darja Fišer, Nikola Ljubešić, Tomaž Erjavec, "Analiza kazalnih zaimkov v družbeno nesprejemljivih spletnih komentarjih", V: *Slovenščina - diskurzi, vrstni in jeziki med identiteto in funkcijo*, (Obdobja 39), Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2020, 89-99. [COBISS.SI-ID 42756099]

ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Nataša Logar, Miha Grčar, Marko Brakus, Tomaž Erjavec, Špela Arhar Holdt, Simon Krek, *Korpusi slovenskega jezika Gigafida, KRES, ccGigafida in ccKres: gradnja, vsebina, uporaba*, Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2020. [COBISS.SI-ID 21029635]

DRUGO UČNO GRADIVO

1. Tomaž Erjavec, Andrej Pančur, *Video predavanja o CLARIN.SI pri predmetu "Obdelava naravnega jezika"*, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, 2020. [COBISS.SI-ID 16461571]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Stevanche Nikoloski, *Napovedovanje strukturiranih vrednosti in modeliranje funkcij tal: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Sašo Džeroski; somentor David P. Wall). [COBISS.SI-ID 43923715]
2. Matej Petković, *Rangiranje značilk za napovedovanje strukturiranih vrednosti: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Sašo Džeroski; somentor Dragi Kocev). [COBISS.SI-ID 33480707]
3. Tomaž Stepišnik, *Kompleksna vozlišča v drevesih za napovedovanje strukturiranih vrednosti: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Dragi Kocev; somentor Sašo Džeroski). [COBISS.SI-ID 52679939]
4. Albert Zorko, *Modelling human cardiorespiratory system through heart-rate variability: doktorska disertacija*, Novo mesto, 2020 (mentor Zoran Levnajič; somentor Maximilian Moser). [COBISS.SI-ID 29947651]

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, računska inteligenca, agentni in večagentni sistemi, 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.

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 **CrowdHealth**, katerega cilj je bil iskanje zakonitosti v zdravstvenih podatkih za pripravo boljših javnozdravstvenih politik. Metodo za napovedovanje telesne višine, ki smo jo pri projektu razvili v sodelovanju s Fakulteto za šport Univerze v Ljubljani, zdaj vgrajujemo v aplikacijo SLOFit (naslednico športnovzgojnega kartona). Pri projektu Obzorja 2020 **WellCo** je nastal računalniški svetovalec o zdravju in dobrem počutju za starejše uporabnike. Zanj smo razvili metode za spremljanje prehranjevanja s senzori in vprašalniki ter prepoznavanje čustev uporabnikov iz govora. Pri projektu Obzorja 2020 **Insension** ljudem s hudimi motnjami v duševnem razvoju pomagamo uporabljati digitalne storitve. Razvili smo metode za interpretacijo njihovega duševnega stanja na podlagi posnetkov kamere in drugih senzorjev. V flamsko-slovenskem projektu **STRAW**, katerega cilj je prepoznavanje stresa iz senzorskih podatkov in analiza dejavnikov stresa na delovnem mestu, smo zagnali zbiranje podatkov s senzorsko zapestnico in mobilno aplikacijo. Pri projektu programa AAL **CoachMyLife** bomo starostnikom, ki jim peša spomin, pomagali pri vsakdanjih opravilih. V ta namen smo za zdaj razvili metode za prepoznavanje prehranjevanja in pitja s senzorsko zapestnico in računalniškim vidom. Začeli smo projekt Obzorja 2020 **COVIRNA**, katerega cilj je razviti diagnostični test za srčne bolnike s covidom-19. Tudi sicer smo raziskovali covid in predvsem z metodami strojnega učenja podrobno analizirali dejavnike, ki vplivajo na širjenje bolezni po različnih državah. Zmagali smo na mednarodnem **tekmovanju** v prepoznavanju kuharskih aktivnosti s senzori Cooking Activity Recognition Challenge. Poleg tega smo se prebili v drug krog tekmovanja XPrize Pandemic Response Challenge na temo napovedovanja števila primerov covid in predpisovanja protiukrepov (tekmovanje se bo zaključilo leta 2021). Končali smo **doktorsko raziskavo** metod za inteligentno prilagajanje delovanja senzorjev, da porabijo čim manj energije, pri čemer čim manj trpi kakovost zaznav. Drugi končan doktorat se je posvečal kombiniranju klasičnega in globokega strojnega učenja za spremljanje zdravja in vedenja z nosljivimi senzorskimi napravami. Poteka pa tudi doktorska raziskava o brezstičnem zaznavanju fizioloških signalov in stanj.

Na področju **agentov in večagentnih sistemov** so glavna raziskovalna področja usmerjena v razvoj inteligentnih avtonomnih sistemov za upravljanje pametnih mest in pametnih domov 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 letu 2020 smo začeli izvajati vrsto novih projektov. V programu Interreg Italija-Slovenija smo začeli izvajati projekt **Insieme**, v okviru katerega



Vodja:

prof. dr. Matjaž Gams

Zaključili smo projekt Večkriterijska optimizacija za transparentno načrtovanje predorov. Naša naloga je obsegala razvoj in implementacijo prilagodljive metode, ki mora najti množico skoraj optimalnih tras predorov, pri čemer njihove omejitve in merila izbere uporabnik.



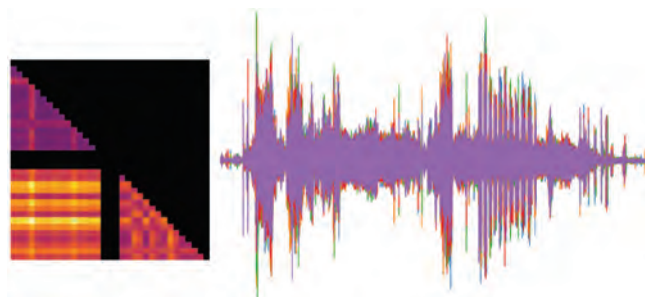
Slika 1: Za boljše načrtovanje proizvodnje orodij za tlačno litje smo razvili programsko rešitev za napovedovanje trajanja obdelovalnih operacij, ki temelji na pridobivanju značilk iz prostorskih risb orodij in strojnem učenju napovedi na osnovi teh značilk.



Slika 2: Soorganizirali smo 9. mednarodno konferenco *Bioinspired Optimization Methods and Their Applications*, BIOMA 2020, ki je potekala virtualno 19. in 20. novembra 2020. Zbornik konference je izšel pri založbi Springer v seriji *Lecture Notes in Computer Science*.



Slika 3: Sodelovali smo na tekmovanju XPRIZE: *Pandemic response challenge*, kjer je bilo v prvi fazi tekmovanja treba napovedati število okužb s covidom-19. Na sliki je napoved za Francijo za leto 2020 v primerjavi z dejanskim številom okužb.



Slika 4: V proizvodnji smo z analizo senzorskih podatkov ocenjevali obrabljenost orodij. Na sliki je prikazana primerjava tresljajev začetnih (tj. po menjavi orodja) in končnih obdelav (tj. pred naslednjo menjavo orodja).

razvijamo platformo za elektronsko in mobilno zdravstvo (EMZ), ki bo slovenskim in italijanskim uporabnikom ponujala vrsto storitev prek spleta, vključno z možnostjo spletnega pogovora s specialisti na področju EMZ. Razvili smo tudi več novih in inovativnih naprav ter rešitev za podporo starejšim in kroničnim bolnikom na domu, kjer smo med drugim že razvili pametno uro za starejše, sedaj pa jo prenašamo na mobilne telefone. Poleg izboljšav sistema za avtonomno reakcijo po padcu smo uvedli tudi sistem za napovedovanje padcev, ki s pomočjo zapestnice ugotavlja stabilnost hoje in v primeru poslabšanja opozori na nevarnost padca. Za projekt pametnih mest H2020 URBANITE smo razvili zasnovano sistema in prvi prototip, ki simulira promet v Bilbao. V projektu so vključena štiri evropska mesta: Amsterdam, Helsinki, Bilbao in Messina. Sistem bo v končni fazi upravljalcem mesta omogočil validacijo in ugotavljanje najboljših mobilnostnih politik in ukrepov. V okviru evropskega projekta ERA PerMed BATMAN, kjer je tema raziskava boleznih Acne Inversa, smo razvili prototip, ki omogoča vnašanje, prikaz in obdelavo podatkov. Partnerji – zdravniki iz evropskih držav bodo lahko vnašali podatke o bolnikih, s čimer bo ustvarjena dovolj velika zbirka podatkov za obdelavo z metodami umetne inteligence. V okviru projekta ROBKONCEL smo v sodelovanju z Gorenjem in Uniorjem razvili prototip inteligentnega sistema za celovito kontrolo kakovosti v proizvodnji z rekonfigurabilno robotsko kontrolno celico ter inteligentnim sistemom za nadzor procesov. Za podjetje Comland smo razvili inteligentni sistem za upravljanje aplikacije v naravnem jeziku, za podjetje NiceLabel pa sistem za inteligentno razvrščanje spletne pošte, ki glede na vsebino ugotovi področje in pomaga pri kreiranju odgovorov.

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 evlucijskem računanju in optimizaciji. Proučujemo evlucijske algoritme za večkriterijsko optimizacijo, njihove pohitritve z vzporednim računanjem in nadomestnimi modeli, obravnavanje omejitev v večkriterijski optimizaciji, vizualizacijo rezultatov optimizacije ter metodologijo primerjave algoritmov in njihovo uporabnost v znanosti in tehniki. Leta 2020 smo končali več industrijskih projektov, pri katerih smo uporabili znanja

s teh področjih. V sodelovanju s podjetjem INEA smo razvili **računalniški sistem za razporejanje prilagodljivih ponudb za proizvodnjo in porabo električne energije**, ki bo prispeval k zniževanju neujemanja med razpoložljivo in zahtevano električno energijo. Sistem kot optimizacijsko metodologijo uporablja mešano celoštevilsko linearno programiranje. Testiranje v več pilotnih postavitvah v različnih evropskih državah je pokazalo, da sistem daje kakovostne razporede prilagodljivih ponudb ob strogih časovnih zahtevah. Zaključili smo tudi projekt **Večkriterijska optimizacija za transparentno načrtovanje predorov** za podjetje XLAB. Naša naloga je obsegala razvoj in implementacijo prilagodljive metode, ki mora najti množico skoraj optimalnih tras predorov, pri čemer njihove omejitve in merila izbere uporabnik. Nalogo smo rešili z zapisom tras predora s klotoidami in z uporabo večkriterijskega evlucijskega algoritma za iskanje kompromisnih rešitev. Metoda se je izkazala za učinkovito pri reševanju problemov s tako raznolikimi merili, kot so minimalni stroški, najboljše tehnične lastnosti in minimalni vplivi na okolje. Poleg tega smo bili soizvajalci dveh projektov za mali proizvodni podjetji Plantex INT in MPT v okviru razpisa **Key Enabling Technologies for Clean Production (KET4CP)**. Prvi je bil namenjen izboljšavam načrtovanja proizvodnje orodij za tlačno litje, naloga pa je bila napovedati trajanje obdelovalnih operacij, potrebnih za izdelavo orodja. Razvili smo rešitev, ki temelji na pridobivanju značilk iz prostorskih risb orodij in strojnem učenju napovedi na osnovi teh značilk. Cilj drugega projekta je bil zasnovati sistem strojnega vida za nadzor kakovosti brizganih plastičnih izdelkov, naša vloga pa je bila v gradnji modelov za uvrščanje izdelkov v kakovostne razrede in oceni njihove točnosti.

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://ebralce.si/>). V letu 2020 je izšla že njegova četrta različica. Tako razumljivost kot naravnost umetno

generiranega govora sta se izredno izboljšali. Dodan je bil nov ženski glas. Programski paket ima že nekaj tisoč naročnikov in je nepogrešljiv pripomoček slepih in slabovidnih (uradni sintetizator govora Zveze društev slepih in slabovidnih 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 pa od leta 2017 uporablja tudi Narodna in univerzitetna knjižnica (NUK). Na prenovljeni Delovi spletni strani od letos prebira aktualne novice. Uspešno smo končali projekt CityVOICE: Govorne tehnologije z naprednimi jezikovnimi viri, v okviru katerega se je zgradila nova govorna zbirka za potrebe sinteze slovenskega govora. Nadaljuje se delo pri projektu Audiobook: Education accessibility through a digital audio library for the blind and visually-impaired.

Od 5. do 9. oktobra 2020 je na Institutu "Jožef Stefan" potekala **23. mednarodna multikonferenca Informacijska družba – IS 2020** (is.ijs.si). Sestavljalo jo je osem samostojnih konferenc, na katerih so udeleženci predstavili 160 referatov. Na multikonferenci so bila podeljena štiri priznanja: nagrado za življenjsko delo (priznanje Donald Michie in Alan Turing) je prejela prof. dr. Lidija Zadnik Stirn, za tekoče dosežke na področju informacijske družbe jo je dobil Programski odbor tekmovanja ACM Bober. Informacijsko limono je prejela neodzivnost pri razvoju elektronskega zdravstvenega kartona, jagodo pa Laboratorij za bioinformatiko, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani.

Skupaj z Univerzo v Strathclydu smo organizirali **9. mednarodno konferenco Bioinspired Optimization Methods and Their Applications (BIOMA 2020)**, ki je potekala virtualno 19. in 20. novembra 2020. BIOMA je serija konferenc, ki raziskovalni skupnosti na področju optimizacije po zgledih iz biologije omogoča predstavitev najnovejših dosežkov in razprave o novih idejah na tem področju. Program letošnje konference je obsegal vabljeni predavanji prof. dr. Gabriele Ochoa o napredku na področju mrež lokalnih optimumov in iskalnih poti ter prof. dr. Enriqueja Albe o algoritmih za pametna mesta in 24 predstavitev drugih prispevkov. Zbornik konference je izšel pri založbi Springer v seriji *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

- Gjoreski, M., Janko, V., Slapničar, G., Mlakar, M., Reščič, N., Bizjak, J., Drobnič, V., Marinko, M., Mlakar, N., Luštrek, M., Gams, M., Classical and deep learning methods for recognizing human activities and modes of transportation with smartphone sensors, *Information Fusion*, 2020, 62, 47–62
- Álvarez-García, J. A., Cvetković, B., Luštrek, M., A survey on energy expenditure estimation using wearable devices, *ACM Computing Surveys*, 2020, 53, 5, 91
- Gjoreski, M., Gradišek, A., Budna, B., Gams, M., Poglajen, G., Machine learning and end-to-end deep learning for the detection of chronic heart failure from heart sounds, *IEEE Access*, 2020, 8, 20313–20324
- Varelas, K., El Hara, O. A., Brockhoff, D., Hansen, N., Manh Nguyen, D., Tušar, T., Auger, A., Benchmarking large-scale continuous optimizers: The bbob-largescale testbed, a COCO software guide and beyond, *Applied Soft Computing*, 2020, 97, a, 106737-1–106737-13
- Zupančič, J., Filipič, B., Gams, M., Genetic-programming-based multi-objective optimization of strategies for home energy-management systems, *Energy*, 2020, 203, 117769-1–117769-15

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

36. slovenska delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, AVN, Maribor, 29. 9. 2020 (virtualno)
9. mednarodna konferenca Bioinspired Optimization Methods and Their Applications, BIOMA 2020, Bruselj, Belgija, 19.–20. 11. 2020 (virtualno)
37. slovenska delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, AVN, Ljubljana, 2. 12. 2020 (virtualno)
- UbiTtention 2020: 5th International Workshop on Smart & Ambient Notification and Attention Management, UbiComp 2020, Cancun, Mehika, 12. 9. 2020 (virtualno)



Slika 5: V letu 2020 je 23. mednarodno multikonferenco Informacijska družba – IS 2020 (is.ijs.si) sestavljalo osem samostojnih konferenc. Podeljena so bila štiri priznanja, od katerih je nagrado za življenjsko delo (priznanje Donald Michie in Alan Turing) prejela prof. dr. Lidija Zadnik Stirn.

Z uporabo strojnega učenja smo izvedli najbrž najpodrobnejšo analizo dejavnikov, ki vplivajo na širjenje covid-19 po različnih državah. Pri tem smo se osredotočili na zgodnje obdobje, preden so protiukrepi preglasili druge dejavnike.

5. Srečanje GECCO Job Market na konferenci Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2020, Cancun, Mehika, 10. 7. 2020 (virtualno)
6. On-Body Sensor Networks workshop (OBSN 2020) na International Conference on Embedded Wireless Systems And Networks (EWSN 2020), Lyon, Francija, 17. 2. 2020
7. 23. Mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS 2020, Ljubljana, 5.-9. 10. 2020, samostojne konference:
 - Etika in stroka
 - Interakcija človek računalnik v informacijski družbi
 - Izkopavanje znanja in podatkovna skladišča
 - Kognitivna znanost
 - Ljudje in okolje
 - Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij
 - Slovenska konferenca o umetni inteligenci
 - Vzgoja in izobraževanje v informacijski družbi

Patenta

1. Alexander Gilenson, Boštjan Kaluža, Oz Eyal, System and method for automated detection of anomalies in the values of configuration item parameters, US10635557 (B2), US Patent Office, 28. 4. 2020
2. Alexander Gilenson, Boštjan Kaluža, Oz Eyal, System and method for incident root cause analysis, US10691522 (B2), US Patent Office, 23. 6. 2020

Nagrade in priznanja

1. Stefan Kalabakov, Simon Stankoski, Nina Reščič, Andrejaana Andova, Ivana Kiprijanovska, Vito Janko, Martin Gjoreski, Mitja Luštrek: SHL Challenge – Sussex-Huawei Locomotion and Transportation Recognition Challenge, 3rd Place Award, virtualno, Dr. Hristijan Gjoreski, University of Sussex (UK) & Ss. Cyril and Methodius University (MK), Dr. Lin Wang, University of Sussex (UK), Prof. Daniel Roggen, University of Sussex (UK), Dr. Kazuya Murao, Ritsumeikan University (JP), Dr. Tsuyoshi Okita, Kyushu Institute of Technology (JP), Mathias Ciliberto, University of Sussex (UK), Paula Lago, Kyushu Institute of Technology (JP), metoda za prepoznavanje načina gibanja s senzorji v pametnem telefonu
2. Clément Picard, Vito Janko, Nina Reščič, Martin Gjoreski, Mitja Luštrek: The Cooking Activity Recognition Challenge 1st Place Award; Kitakyushu, Japonska, ABC Conference, metoda za prepoznavanje kuharskih aktivnosti s senzorji
3. Maj Smerkol: nagrada za najboljši prispevek na konferenci Ljudje in Okolje, 23. mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS 2020, Ljubljana, Institut "Jožef Stefan", Traffic Simulation Software in the Context of Mobility Policy Support System
4. Tea Tušar: Nagrada za najboljši prispevek na konferenci Interakcija človek-računalnik v informacijski družbi, 23. mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS 2020, Ljubljana, Institut "Jožef Stefan", Interaktivna vizualizacija proračuna Republike Slovenije s Sankeyevim diagramom

MEDNARODNI PROJEKTI

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. ERASMUS+; Audio Library for Visually Impaired; Dostopnost do izobraževanja s pomočjo digitalne zvočne knjižnice za slepe in slabovidne
European Commission
dr. Tomaž Šef 2. COST CA17129: CardioRNA - Spodbujanje raziskav transkriptomike v povezavi s srčno-žilnimi boleznimi
COST Association AISBL
dr. Mitja Luštrek 3. H2020 - CrowdHEALTH; Modrost množice kot gonilo javnozdravstvene politike
European Commission
dr. Mitja Luštrek 4. H2020 - INSESION; Personalizirana inteligentna platforma, ki posameznikom z najtežjimi in mnogoterimi učnimi težavami omogoča interakcijo z digitalnimi storitvami
European Commission
dr. Mitja Luštrek | <ol style="list-style-type: none"> 5. H2020 - WellCo; Navidezni svetovalec za dobro počutje in zdravje
European Commission
dr. Mitja Luštrek 6. H2020 - PlatformUptake.eu; Analiza in podpora odprtih platform in storitev za aktivno in zdravo staranje
European Commission
prof. dr. Matjaž Gams 7. H2020 - URBANITE; Odločitvena podpora v urbani transformaciji z uporabo prelomnih tehnologij
European Commission
prof. dr. Matjaž Gams 8. H2020 - COVIRNA; Diagnostični test za boljšo oskrbo bolnikov s COVID-19
European Commission
dr. Mitja Luštrek 9. Razvoj metod umetne inteligence za ugotavljanje afektne stanja z neobtruzivnimi senzorji
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Matjaž Gams |
|---|--|

10. Večkriterijska optimizacija za sisteme umetne inteligence v industriji
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Bogdan Filipič

PROGRAM

1. Umetna inteligenca in inteligentni sistemi
dr. Mitja Luštrek

PROJEKTI

1. Ugotavljanje virov in kontesta dnevnega stresa na delovnem mestu: celostno modeliranje na podlagi stalnega zaznavanja z nosljivimi napravami in drugo tehnologijo
dr. Mitja Luštrek
2. F4F: Funkcionalna živila prihodnosti
dr. Mitja Luštrek

3. ISE-EMH:Italijansko-slovenski ekosistem za elektronsko in mobilno zdravstvo
prof. dr. Matjaž Gams
4. SI4CARE
dr. Mitja Luštrek
5. CoachMyLife; OrganizirajMojeŽivljenje
dr. Mitja Luštrek
6. ML-Aml: Uporaba metod strojega učenja v ambietalni inteligenci: analiza stresa in vedenja
prof. dr. Matjaž Gams
7. BATMAN: Biomolekularne analize za personalizirano zdravljenje acne inversa
prof. dr. Matjaž Gams
8. Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Matjaž Gams
9. 23. mednarodna multikonferenca Informacijska družba 2020, IS 2020, Ljubljana, Slovenija, 5. 10. 2020-9. 10. 2020
prof. dr. Matjaž Gams
10. CLD - Zbirka podatkov o kognitivni obremenitvi
dr. Mitja Luštrek

OBISKI

1. prof. dr. Boris Naujoks, Beate Breiderhoff, Cologne University of Applied Sciences (TH Köln), Gummersbach, Nemčija, 9.-11. 3. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Tine Kolenik, mag. kog. zn.: European Conference on Artificial Intelligence (ECAI) 2020 Summary, 28. 9. 2020
2. Anže Marinko, dipl. fin. mat.: Evklidske razdaljne matrike velikosti 3x3, Vodenje psa ovčarja s pomočjo umetne inteligence, Interakcije Odseka za inteligentne sisteme, 16. 11. 2020
3. Gašper Slapničar, mag. inž. rač. in inf.: Physiological parameter and mental state estimation using contact-free sensors, 27. 5. 2020
4. Gašper Slapničar, mag. inž. rač. in inf.: Predicting mental states of people with profound intellectual and multiple disabilities, 17. 2. 2020
5. David Susič, mag. fiz.: Dark matter nucleon decay, Interakcije Odseka za inteligentne sisteme, 9. 11. 2020
6. doc. dr. Tea Tušar: Optimiranje tras predorov z evolucijskimi algoritmi, Interakcije Odseka za inteligentne sisteme, 14. 12. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Andrejaana Andova, Mitja Luštrek, sestanek projekta WellCo, Nijmegen, Nizozemska, 28.-29. 1. 2020
2. Andrejaana Andova, Carlo M. De Masi, Erik Dovgan, Bogdan Filipič, Anton Gradišek, Vito Janko, Primož Kocuvan, Tine Kolenik, Junoš Lukan, Mitja Luštrek, Nina Reščič, Gašper Slapničar, Maj Smerkol, David Susič, Jakob Valič, Aljoša Vodopija, Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 23. mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS 2020, Ljubljana, 5.-9. 10. 2020 (20)
3. Andrejaana Andova, Erik Dovgan, Bogdan Filipič, Tea Tušar, 36. slovenska delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, AVN, Maribor, 29. 9. 2020 (1) (virtualno)
4. Andrejaana Andova, Erik Dovgan, Bogdan Filipič, Aljoša Vodopija, 9. mednarodna konferenca Bioinspired Optimization Methods and Their Applications, BIOMA 2020, Bruselj, Belgija, 19.-20. 11. 2020 (1) (virtualno)
5. Andrejaana Andova, Erik Dovgan, Bogdan Filipič, David Susič, Tea Tušar, Aljoša Vodopija, 37. slovenska delavnica Algoritmi po vzorih iz narave, AVN, Ljubljana, 2. 12. 2020 (1) (virtualno)
6. Carlo M. De Masi, ECCV2020 Online, 16th European Conference on Computer Vision, 23.-28. 8. 2020 (virtualno)
7. Erik Dovgan, Seminar Best Practices for Smart Digital Health Systems, Pordenone, Italija, 25. 11. 2020 (1) (virtualno)
8. Bogdan Filipič, Seminar AI for Industry and Society, Ljubljana, 12. 2. 2020 (1)
9. Bogdan Filipič, Tea Tušar, Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2020, Cancun, Mehika, 8.-12. 7. 2020 (2) (virtualno)
10. Bogdan Filipič, IEEE World Congress on Computational Intelligence, WCCI 2020, Glasgow, Velika Britanija, 19.-24. 7. 2020 (virtualno)

11. Bogdan Filipič, 16. mednarodna konferenca Parallel Problem Solving from Nature, PPSN XVI, Leiden, Nizozemska, 5.-9. 9. 2020 (1) (virtualno)
12. Bogdan Filipič, 23. mednarodna konferenca Discovery Science, DS 2020, Solun, Grčija, 19.-21. 10. 2020 (virtualno)
13. Bogdan Filipič, Aljoša Vodopija, Mednarodna konferenca Uncertainty Quantification and Optimization, UQOP 2020, Bruselj, Belgija, 16.-19. 11. 2020 (virtualno)
14. Anton Gradišek, sestanek projekta CrowdHealth, Bukarešta, Romunija, 3.-7. 2. 2020
15. Anton Gradišek, 3rd Workshop of Nuclear Magnetic Resonance Relaxometry, Talin, Estonija, 17.-19. 2. 2020 (2)
16. Anton Gradišek, Prospective of Interdisciplinary Research in Science and Technology in the Present Scenario, Meerut, Indija, 15.-16. 5. 2020 (1) (virtualno)
17. Vito Janko, Human Activity Recognition Challenge, Singapur, 26.-29. 8. 2020 (1) (virtualno)
18. Primož Kocuvan, Tea Tušar, Interakcija človek in računalnik v informacijski družbi, 23. mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS 2020, Ljubljana, 5.-9. 10. 2020 (2) (virtualno)
19. Tine Kolenik, Persuasive Technology 2020, Alborg, Danska, 20.-23. 4. 2020 (1) (virtualno)
20. Tine Kolenik, AI for social good: Harvard CRCS Workshop 2020, Cambridge, Massachusetts, Združene države Amerike, 20.-21. 7. 2020 (1) (virtualno)
21. Tine Kolenik, European Conference on Artificial Intelligence (ECAI) 2020, 29. 8.-8. 9. 2020 (1)
22. Tine Kolenik, Konferenca Kognitivna znanost, 23. mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS2020, Ljubljana, 5.-9. 10. 2020 (1)
23. Junoš Lukan, peti sestanek skupnega projekta FWO-ARRS, STRAW, 22. 5. 2020 (virtualno)
24. Junoš Lukan, konferenca 23rd International Conference on Discovery Science, 19. 10. 2020 - 21. 10. 2020 (virtualno)
25. Junoš Lukan, konferenca Neural Information Processing Systems (NeurIPS) 2020, 6. 12. 2020 - 12. 12. 2020 (virtualno)
26. Junoš Lukan, šesti sestanek skupnega projekta FWO-ARRS, STRAW, 9. 12. 2020 (virtualno)
27. Mitja Luštrek, sestanek projekta Insension, Gijon, Španija, 14.-16. 1. 2020
28. Mitja Luštrek, sestanek projekta CoachMyLife, Bukarešta, Romunija, 4.-5. 2. 2020
29. Mitja Luštrek, sestanek projekta CrowdHealth, Bukarešta, Romunija, 6.-7. 2. 2020
30. Mitja Luštrek, Nina Reščič, 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp 2020), 12.-17. 9. 2020 (2) (virtualno)
31. Nina Reščič, 2020 IEEE Big Data (BigData 2020), 10.-13. 12. 2020 (1) (virtualno)
32. Maj Smerkol, Ljudje in Okolje, 23. mednarodna multikonferenca Informacijska družba, IS 2020, Ljubljana, 5.-9. 10. 2020 (1)
33. Tea Tušar, Scalability in Multiobjective Optimization, Dagstuhl seminar 20031, Dagstuhl, Nemčija, 13.-17. 1. 2020
34. Tea Tušar, Benchmarked: Optimization Meets Machine Learning, delavnica Lorentz Center, Leiden, Nizozemska, 9.-13. 11. 2020 (virtualno)
35. Aljoša Vodopija, 12. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in 14. dan mladih raziskovalcev, KMBO, Ljubljana, 15. 5. 2020 (1) (virtualno)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Andrejaana Andova: Open University of the Netherlands, Heerlen, Nizozemska, 1. 1.-31. 3. 2020, mobilnost za prakso Erasmus

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*
12. dr. Rok Piltaver*
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.
18. dr. Jana Krivec*
19. *Alina Luminita Machidon, Msc., odšla 18. 10. 2020*
20. Gašper Slapničar, mag. inž. rač. in inf.
21. David Susič, mag. fiz.
22. Aljoša Vodopija, mag. mat.
23. *Jernej Zupančič, mag. mat., odšel 4. 9. 2020*

Strokovni sodelavci

24. *David Golob, mag. fin. mat., odšel 1. 4. 2020*
 25. Primož Kocuvan, dipl. inž. rač. in inf. (VS)
 26. Anže Marinko, dipl. fin. mat. (UN)
 27. Maj Smerkol, dipl. inž. rač. in inf. (UN)
 28. Jakob Valič, mag. teol.
 29. Zdenko Vuk, dipl. inž. rač. in inf. (VS)
- ### Tehniški in administrativni sodelavci
30. Jani Bizjak, mag. inž. rač. mat.
 31. Matej Cigale, univ. dipl. inž. rač. in inf.
 32. Vesna Koricki, dipl. org. tur.
 33. Mitja Lasič
 34. Liljana Lasič
 35. Junoš Lukan, MSc, Združeno kraljestvo VB in Severne Irske
 36. Blaž Mahnič, dipl. inž. rač. in inf.
 37. Nina Reščič, univ. dipl. mat.
 38. *Marjetka Šprah, dipl. upr. org., odšla 1. 9. 2020*
 39. 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. Cinkarna Celje, d. d., Ljubljana
13. Cologne University of Applied Sciences (TH Köln), Gummersbach, Nemčija
14. Comland, d. o. o., Ljubljana
15. ConnectedCare, Dieren, Nizozemska
16. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Messina, Italija
17. Deutsches Forschungszentrum für Kuenstliche Intelligenz GmbH, DFKI, Bremen, Nemčija
18. Doktor24, d. o. o., Ljubljana
19. Dublin City University, Dublin, Irska
20. ELEA iC, projektiranje in svetovanje, d. o. o., Ljubljana
21. Elgoline, d. o. o., Podskrajnik
22. Energie Baden. Württemberg AG (EnBW), Karlsruhe, Nemčija
23. Engineering Ingeneria Informatica Spa, Rim, Italija
24. Euro Plus, d. o. o., Senčur

25. European Federation for Medical Informatics, Le Mont-sur-Lausanne, Švica
26. European Heart Network, Bruselj, Belgija
27. Eurotronik, d. o. o., Kranj
28. Evropska komisija, Bruselj, Belgija
29. Fondazione Bruno Kessler, Trento, Italija
30. Fundacion CTIC Centro Tecnologico para el Desarrollo en Asturias de las Tecnologias de la Informacion, Gijon, Španija
31. Fundacion para la Investigacion del Hospital Universitario La Fe de la Comunidad Valenciana, Valencia, Španija
32. General Hospital of Thessaloniki, Solun, Grčija
33. Gerencia Servicios Sociales Castilla y León, Valladolid, Španija
34. Ghent University, Gent, Belgija
35. Gorenje Gospodinjski Aparati, d. d., Velenje
36. Graz Tourismus und Stadtmarketing GmbH, Gradec, Avstrija
37. Harpo, sp. zo. o., Poznanj, Poljska
38. HI-Iberia Ingeniería y Proyectos SL, Madrid, Španija
39. INEA - Informatizacija, energetika, avtomatizacija, d. o. o., Ljubljana
40. Information Catalyst, Northwich, Velika Britanija
41. INRIA Lille-Nord Europe, Lille, Francija
42. INRIA Paris, Francija
43. INRIA Saclay-Île-de-France, Saclay, Francija
44. Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), Osservatorio Astronomico di Trieste, Trst, Italija
45. IT - Innovation Center, University of Southampton, Southampton, Velika Britanija
46. Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Ljubljana
47. Javni zavod za turizem, šport, mladinske in socialne programe SPOTUR Slovenj Gradec, Slovenj Gradec
48. Karolinska Institutet, Stockholm, Švedska
49. Kolektor Group, d. o. o., Idrija
50. LeanXcale, Brunete Madrid, Španija
51. Lotrič Meroslovje, d. o. o., Selca
52. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana
53. Mestna občina Ljubljana, Ljubljana
54. MLS Multimedia AE, Solun, Grčija
55. Monsenso ApS, Kobenhavn, Danska
56. MPT, proizvodnja in trgovina, d. o. o., Šmartno ob Paki
57. Nacionalni institut za javno zdravje, Ljubljana, Slovenija
58. National Organization for Health Care Services Provision, Atene, Grčija
59. NERVtch, raziskave in razvoj, d. o. o., Ljubljana
60. Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), Delft, Nizozemska
61. Open University in the Netherlands, Heerlen, Nizozemska
62. Pädagogische Hochschule Heidelberg, Heilderberg, Nemčija
63. Pharmacie Principale, Ženeva, Švica
64. Philips Lighting B. V. PHL, Eindhoven, Nizozemska
65. Plamtex INT, Trgovina in proizvodnja, d. o. o., Komenda
66. Poznań Supercomputing and Networking Center, Poznańj, Poljska
67. Queen Mary University of London, London, Velika Britanija
68. Result računalniški sistemi, d. o. o., Ljubljana
69. Robotina, d. o. o., Kozina
70. Roessingh Research and Development BV (RRD), Enschede, Nizozemska
71. SC Teamnet International SA, Bukarešta, Romunija
72. SenLab, d. o. o., Ljubljana
73. SGS SINERCO, Gijón, Španija
74. SGS Tecnos S. A., Madrid, Španija
75. Sheffcare Ltd, Sheffield, Velika Britanija
76. Shinshu University, Nagano, Japonska
77. Siemens Romania, Bukarešta, Romunija
78. Singular Logic Cyprus Ltd, Lemesos, Ciper
79. Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj
80. Smart Com, d. o. o., Ljubljana
81. Stowarzyszenie Na Tak, Poznanj, Poljska
82. Sveučilište u Rijeci, Odjel za informatiku, Reka, Hrvaška
83. Špica International, d. o. o., Ljubljana
84. Store Steel, d. o. o., Štore
85. Technische Universität Graz, Institut für Softwaretechnologie, Gradec, Avstrija
86. Technische Universiteit Delft, Delft, Nizozemska
87. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, Nizozemska
88. terzStiftung, Berlingen, Švica
89. Unicredit Banka Slovenija, d. d., Ljubljana
90. UnieKBO, Hertogenbosch, Nizozemska
91. Unior Kovaška industrija, d. d., Zreče
92. Universidad Politecnica de Madrid (UPM), Madrid, Španija
93. Università di Roma La Sapienza, Rim, Italija
94. Università di Udine, Videm, Italija
95. Università degli studi di Trieste, Trieste, Italija
96. University of Copenhagen, Kobenhavn, Danska
97. University of Geneva, Ženeva, Švica
98. University of Klagenfurt, Celovec, Avstrija
99. University of Leuven - KU Leuven, Leuven, Belgija
100. University of Lille, Lille, Francija
101. University of Paris Sud XI, Pariz, Francija

102. University of Piraeus Research Centre, Pirej, Grčija
 103. University of Southern Denmark, Odense, Nizozemska
 104. Univerza na Primorskem, Fakulteta za turistične študije – Turistica, Portorož
 105. Univerza v Ljubljani, Ljubljana
 106. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
 107. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana
 108. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana
 109. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana
 110. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana

111. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana
 112. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor
 113. Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj
 114. Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta, Nova Gorica
 115. Univerzitetna klinika Golnik, Ljubljana
 116. XLAB, d. o. o., Ljubljana
 117. Zavod za pokojninsko in invalidsko zavarovanje Slovenije
 118. Združenje občin Slovenije, Ljubljana

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Juan Antonio Álvarez-García, Božidara Cvetković, Mitja Luštrek, "A survey on energy expenditure estimation using wearable devices", *ACM computing surveys*, 2020, **53**, 5, 91. [COBISS.SI-ID 30416387]
- Matej Madeja, Jaroslav Porubán, Veljko Pejović, Martin Gjoreski, "Observation of students behaviour in programming courses with an automated testing platform at differently geolocated universities: a case study", *Acta electrotechnica et informatica*, 2020, **20**, 3, 39-47. [COBISS.SI-ID 31743491]
- Martin Gjoreski, Tine Kolenik, Timotej Knez, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, Hristijan Gjoreski, Veljko Pejović, "Datasets for cognitive load inference using wearable sensors and psychological traits", *Applied sciences*, 2020, **10**, 11, 3843. [COBISS.SI-ID 17709571]
- Konstantinos Varelas, Ouassim Ait El Hara, Dimo Brockhoff, Nikolaus Hansen, Duc Manh Nguyen, Tea Tušar, Anne Auger, "Benchmarking large-scale continuous optimizers: the bbob-largescale testbed, a COCO software guide and beyond", *Applied soft computing*, 2020, **97**, a, 106737. [COBISS.SI-ID 31431427]
- Luka Pirker, Anton Gradišek, Bojana Višič, Maja Remškar, "Nanoparticle exposure due to pyrotechnics during a football match", *Atmospheric environment*, 2020, **233**, 117567. [COBISS.SI-ID 16262915]
- Jana Krivec, Matej Guid, "The influence of context on information processing", *Cognitive processing*, 2020, **21**, 2, 167-184. [COBISS.SI-ID 5594363]
- Jernej Zupančič, Bogdan Filipič, Matjaž Gams, "Genetic-programming-based multi-objective optimization of strategies for home energy-management systems", *Energy*, 2020, **203**, 117769. [COBISS.SI-ID 16883203]
- Martin Gjoreski, Anton Gradišek, Borut Budna, Matjaž Gams, Gregor Poglajen, "Machine learning and end-to-end deep learning for the detection of chronic heart failure from heart sounds", *IEEE access*, 2020, **8**, 20313-20324. [COBISS.SI-ID 33111591]
- Martin Gjoreski, Matjaž Gams, Mitja Luštrek, Pelin Genc, Jens-U. Garbas, Teena Hassan, "Machine learning and end-to-end deep learning for monitoring driver distractions from physiological and visual signals", *IEEE access*, 2020, **8**, 70590-70603. [COBISS.SI-ID 14444035]
- Veljko Pejović, Martin Gjoreski, Christoph Anderson, Klaus David, Mitja Luštrek, "Toward cognitive load inference for attention management in ubiquitous systems", *IEEE pervasive computing: mobile and ubiquitous systems*, 2020, **19**, 2, 35-45. [COBISS.SI-ID 1538568131]
- Gizem Gültekin Várkonyi, Anton Gradišek, "Data protection impact assessment case study for a research project using artificial intelligence on patient data", *Informatica*, 2020, **44**, 4, 497-505. [COBISS.SI-ID 45281795]
- Martin Gjoreski, Vito Janko, Gašper Slapničar, Miha Mlakar, Nina Reščič, Jani Bizjak, Vid Drobnič, Matej Marinko, Nejc Mlakar, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, "Classical and deep learning methods for recognizing human activities and modes of transportation with smartphone sensors", *Information fusion*, 2020, **62**, 47-62. [COBISS.SI-ID 13625603]
- Larissa Bolliger, Junoš Lukan, Mitja Luštrek, Dirk De Bacquer, Els Clays, "Protocol of the STRESS at Work (STRAW) project: how to disentangle day-to-day occupational stress among academics based on EMA, physiological data, and smartphone sensor and usage data", *International journal of environmental research and public health*, 2020, **17**, 23, 8835. [COBISS.SI-ID 45258499]
- Octavian-Mihai Machidon, Aleš Tavčar, Matjaž Gams, Mihai Duguleană, "CulturalERICA: a conversational agent improving the exploration of European cultural heritage", *Journal of cultural heritage*, 2020, **41**, 152-165. [COBISS.SI-ID 32551719]
- Nina Reščič, Tome Eftimov, Barbara Koroušič-Seljak, Mitja Luštrek, "Optimising an FFQ using a machine learning pipeline to teach an efficient nutrient intake predictive model", *Nutrients*, 2020, **12**, 12, 3789. [COBISS.SI-ID 45499651]
- Jernej Stare, Anton Gradišek, Janez Seliger, "Nuclear quadrupole resonance supported by periodic quantum calculations: a sensitive tool for precise structural characterization of short hydrogen bonds", *PCCP. Physical chemistry chemical physics*, 2020, **22**, 47, 27681-27689. [COBISS.SI-ID 43022851]
- Jana Krivec, Tjaša Popović, "Vpliv interakcije in vzgojnega stila na koncentracijo predšolskih otrok", *Pedagoška obzorja*, 2020, **35**, 3/4, 100-116. [COBISS.SI-ID 44205827]
- Erik Dovgan, Anton Gradišek, Mitja Luštrek, Mohy Uddin, Aldilas Achmad Nursetyo, Sashi Kiran Annavarajula, Yu-Chuan Li, Shabbir Syed-Abdul, "Using machine learning models to predict the initiation of renal replacement therapy among chronic kidney disease patients", *PLoS one*, 2020, **15**, 6, e0233976. [COBISS.SI-ID 18414851]
- Shkurta Gashi, Elena Di Lascio, Bianca Stancu, Vedant Das Swain, Varun Mishra, Martin Gjoreski, Silvia Santini, "Detection of artifacts in ambulatory electrodermal activity data", *Proceedings of the ACM on interactive, mobile, wearable and ubiquitous technologies*, 2020, **4**, 2, 44. [COBISS.SI-ID 24416259]
- Alina Luminila Machidon, Fabio Del Frate, Matteo Picchiani, Octavian-Mihai Machidon, Petre Lucian Ogrutan, "Geometrical approximated principal component analysis for hyperspectral image analysis", *Remote sensing*, 2020, **12**, 11, 1698. [COBISS.SI-ID 22645507]
- Alina Luminila Machidon, Octavian-Mihai Machidon, Cătălin Bogdan Ciobanu, Petre Lucian Ogrutan, "Accelerating a geometrical approximated PCA algorithm using AVX2 and CUDA", *Remote sensing*, 2020, **12**, 12, 1918. [COBISS.SI-ID 24607491]
- Luca Monto, Michele Schiariti, Pietro Fedele Calvisi, Silvio Bonfiglio, Mitja Luštrek, Paolo Emilio Puddu, "Association of patient-reported outcomes and heart rate trends in heart failure: a report from the Chiron project", *Scientific reports*, 2020, **10**, 576. [COBISS.SI-ID 33089575]
- Shabbir Syed-Abdul, Rianda-Putra Firdani, Hee-Jung Chung, Mohy Uddin, Mina Hur, Jae Hyeon Park, Woo Kim Hyung, Anton Gradišek, Erik Dovgan, "Artificial intelligence based models for screening of hematologic malignancies using cell population data", *Scientific reports*, 2020, **10**, 4583. [COBISS.SI-ID 33270311]
- Maciej Dzieżyc, Martin Gjoreski, Przemysław Kazienko, Stanisław Saganowski, Matjaž Gams, "Can we ditch feature engineering? End-to-end deep learning for affect recognition from physiological sensor data", *Sensors*, 2020, **20**, 22, 6535. [COBISS.SI-ID 38447619]

STROKOVNI ČLANEK

- Luka Pirker, Anton Gradišek, "Virusu vstop prepovedan: kako nas maske ščitijo", *Alternator: misliti znanost*, 19. 11. 2020. [COBISS.SI-ID 38392835]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

- Tine Kolenik, Matjaž Gams, "Progressing social good by reducing mental health care inequality with persuasive technology", V: *Harvard CRCS Workshop AI for social good, July 20-21, 2020*, Proceedings, 2020. [COBISS.SI-ID 47121923]

2. Aljoša Vodopija, Vito Janko, Mitja Luštrek, Bogdan Filipič, "Constrained multiobjective optimization for the design of energy-efficient context recognition systems", V: *BIOMA 2020, Bioinspired optimization methods and their applications, 9th International Conference, November 19-20, 2020, Brussels, Belgium*, Proceedings, (Lecture notes in computer science **12438**), Springer, 2020, 308-320. [COBISS.SI-ID 39207171]
3. Argyro Mavrogiorgou et al. (17 avtorjev), "CrowdHEALTH: an e-health big data driven platform towards public health policies", V: *ICT4AWE 2020, 6th Interational Conference on Information and Communication Technology for Aging Well and e-Health*, Proceedings, 2020. [COBISS.SI-ID 15144451]
4. Simon Stankoski, Nina Reščič, Grega Mežič, Mitja Luštrek, "Real-time eating detection using a smartwatch", V: *EWSN '20, 2020 International Conference on Embedded Wireless Systems and Networks, 17-19 Februar 2020, Lyon, France*, Proceedings, ACM, 2020, 247-252. [COBISS.SI-ID 21330435]
5. Matjaž Gams, "Izumiranje Slovencev in drugih narodov", V: *Okrogla miza kadrovska vrzel v Sloveniji: zakaj v Sloveniji primanjkuje ljudi v delovni starosti, 30. januar 2020, Ljubljana*, zbornik, Inštitut dr. Antona Korošca, 2020, 30-32. [COBISS.SI-ID 15187459]
6. Andrejaana Andova, Stefano Bromuri, Mitja Luštrek, "Using Mozilla's DeepSpeech to improve speech emotion recognition", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 7-10. [COBISS.SI-ID 34222339]
7. Carlo De Masi, Mitja Luštrek, "Drinking detection from videos in a home environment", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 15-18. [COBISS.SI-ID 34224131]
8. Erik Dovgan, Bogdan Filipič, "Semantic feature selection for AI-based estimation of operation durations in individualized tool manufacturing", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 19-22. [COBISS.SI-ID 34225667]
9. Martin Gjoreski, Vladimir Kuzmanovski, Marko Bohanec, "Generating alternatives for DEX models using Bayesian optimization", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 23-26. [COBISS.SI-ID 34227715]
10. David Golob, Primož Kocuvan, Jože Ravničan, Janko Petrovič, Jani Bizjak, Matjaž Gams, Stefan Kalabakov, Gregor Dolanc, "Detekcija napak na industrijskih izdelkih", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 27-31. [COBISS.SI-ID 34230787]
11. Gizem Gültekin Várkonyi, Anton Gradišek, "Data protection impact assessment - an integral component of a successful research project from the GDPR point of View", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 31-34. [COBISS.SI-ID 34233091]
12. Stefan Kalabakov, Primož Kocuvan, Jani Bizjak, Samo Gazvoda, Matjaž Gams, "Deep transfer learning for the detection of imperfections on metallic surfaces", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 35-38. [COBISS.SI-ID 34235139]
13. Ivana Kiprijanovska, Jani Bizjak, Matjaž Gams, "Fall detection and remote monitoring of elderly people using a safety watch", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 39-42. [COBISS.SI-ID 34236419]
14. Ivana Kiprijanovska, Jani Bizjak, Samo Gazvoda, Matjaž Gams, "Machine vision system for quality control in manufacturing lines", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 43-46. [COBISS.SI-ID 34332931]
15. Ivana Kiprijanovska, Hristijan Gjoreski, Matjaž Gams, "Abnormal gait detection using wrist-worn inertial sensors", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 47-50. [COBISS.SI-ID 34333699]
16. Primož Kocuvan, Jani Bizjak, Stefan Kalabakov, Matjaž Gams, "Avtomatska detekcija obrabe posnemalnih igel", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 51-54. [COBISS.SI-ID 34334979]
17. Tine Kolenik, Matjaž Gams, "Povečevanje enakosti (oskrbe duševnega zdravja) s prepričljivo tehnologijo", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 55-58. [COBISS.SI-ID 34336515]
18. Andraž Levstek, Darja Silan, Aljoša Vodopija, "Analiza glasu kot diagnostična metoda za odkrivanje Parkinsonove bolezni", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 59-62. [COBISS.SI-ID 34339075]
19. Junoš Lukan, Marko Katrašnik, Larissa Bolliger, Els Clays, Mitja Luštrek, "STRAW application for collecting context data and ecological momentary assessment", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 63-67. [COBISS.SI-ID 34340867]
20. Alina Luminila Machidon, Maj Smerkol, Matjaž Gams, "URBANITE H20 project: algorithms and simulation techniques for decision makers", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 68-71. [COBISS.SI-ID 34344963]
21. Nina Reščič, Marko Jordan, Jasmin de Boer, Ilse Bierhoff, Mitja Luštrek, "Mobile nutrition monitoring system: qualitative and quantitative monitoring", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 80-83. [COBISS.SI-ID 34400003]
22. Gašper Slapničar, Erik Dovgan, Jakob Valič, Mitja Luštrek, "Mental state estimation of people with PIMD using physiological signals", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 92-95. [COBISS.SI-ID 34404867]
23. Simon Stankoski, Mitja Luštrek, "Energy-efficient eating detection using a wristband", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 96-99. [COBISS.SI-ID 34405891]
24. Jernej Zupančič, Borut Budna, Miha Mlakar, Maj Smerkol, "Smart retrieval application", V: *Slovenska konferenca o umetni inteligenci, 6.-7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek A, Institut "Jožef Stefan", 2020, 112-115. [COBISS.SI-ID 34409219]
25. Anže Marinko, Klara Golob, Ema Jemec, Urša Klun, Matjaž Gams, "A new study of expected human longevity", V: *Kognitivna znanost, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek B, Institut "Jožef Stefan", 2020, 38-41. [COBISS.SI-ID 344895107]
26. Gašper Slapničar, Vito Janko, Tine Kolenik, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, "Cognitive, psychological and social influence on spread of COVID-19", V: *Kognitivna znanost, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek B, Institut "Jožef Stefan", 2020, 56-59. [COBISS.SI-ID 34466051]
27. Matjaž Gams, "Etika in mediji", V: *Etika in stroka, 7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2020, 8-11. [COBISS.SI-ID 34880771]
28. Matjaž Gams, "Zmanjševanje človeške populacije in razlogi - ali sta žensko izobraževanje in emancipacija med njimi?", V: *Ljudje in okolje, 7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek F, Institut "Jožef Stefan", 2020, 5-8. [COBISS.SI-ID 34864131]
29. Maj Smerkol, Žan Počkar, Alina Luminila Machidon, Matjaž Gams, "Programska oprema za simulacijo prometa v kontekstu sistema za podporo mobilnostne politike", V: *Ljudje in okolje, 7. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek F, Institut "Jožef Stefan", 2020, 34-37. [COBISS.SI-ID 34865411]
30. Tea Tušar, "Interaktivna vizualizacija proračuna Republike Slovenije s Sankeyevim diagramom", V: *Interakcija človek-računalnik v*

- informacijski družbi, 9. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek H, Institut "Jožef Stefan", 2020, 9-12. [COBISS.SI-ID 34882307]
31. Jernej Zupančič, Miha Štravs, Miha Mlakar, "MightyFields Voice: voice-based mobile application interaction", V: *Interakcija človek-računalnik v informacijski družbi*, 9. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek H, Institut "Jožef Stefan", 2020, 13-16. [COBISS.SI-ID 34883075]
 32. Jerneja Žganec Gros, Miro Romih, Tomaž Šef, "eBralec 4: hibridni sintetizator slovenskega govora", V: *Interakcija človek-računalnik v informacijski družbi*, 9. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonference Informacijska družba (IS 2020), zvezek H, Institut "Jožef Stefan", 2020, 17-20. [COBISS.SI-ID 34882563]
 33. Tine Kolenik, Martin Gjoreski, Matjaž Gams, "Designing an intelligent cognitive assistant as persuasive technology for stress, anxiety and depression relief", V: *PERSUASIVE-ADJ 2020, 15th International Conference on Persuasive Technology Adjunct, April 20th - 23rd, 2020, Aalborg, Denmark, Proceedings*, (CEUR workshop proceedings **2629**), CEUR, 2020, poster 6. [COBISS.SI-ID 21775107]
 34. Stefan Kalabakov, Simon Stankoski, Nina Rešičič, Ivana Kiprijanovska, Andrejaana Andova, Clement Picard, Vito Janko, Martin Gjoreski, Mitja Luštrek, "Tackling the SHL challenge 2020 with person-specific classifiers and semi-supervised learning", V: *UbiComp/ISWC '20 adjunct, the 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers, September 12-17, 2020, Proceedings*, ACM, 2020, 323-328. [COBISS.SI-ID 33234435]
- computational intelligence **833**), Springer, 2020, 93-112. [COBISS.SI-ID 32412711]
3. Jörg Stork, Martina Friese, Martin Zaefferer, Thomas Bartz-Beielstein, Andreas Fischbach, Beate Breiderhoff, Boris Naujoks, Tea Tušar, "Open issues in surrogate-assisted optimization", V: *High-performance simulation-based optimization*, (Studies in computational intelligence **833**), Springer, 2020, 225-244. [COBISS.SI-ID 32412967]
 4. Jana Krivec, Primož Rakovec, Tjaša Stepišnik Perdih, "The role of ICT in adolescents dealing with psychosocial problems", V: *Technology and social choices in the era of social transformations*, P. Lang, 2020, 59-79. [COBISS.SI-ID 36336131]

ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

1. Andrej Raspor, Metka Nežič, Nevenka Podgornik, Jana Krivec, Primož Rakovec, Bojan Macuh, Miha Černetič, Kaja Kos, Vanja Tajnšek, Marija Turnšek Mikačič, Irena Kopitar, Maja Ptičar, MilošPožar, *S skrbjo za sodelavce do boljših rezultatov podjetja*, Perfectus, 2020. [COBISS.SI-ID 17559299]

STROKOVNA MONOGRAFIJA

1. Lina Boljka *et al.* (37 avtorjev), *Bela knjiga o strokovnem varovanju okolja*, Institut "Jožef Stefan", 2020. [COBISS.SI-ID 304706304]

PATENTA

1. Alexander Gilenson, Boštjan Kaluža, Oz Eyal, *System and method for automated detection of anomalies in the values of configuration item parameters*, US10635557 (B2), US Patent Office, 28. 04. 2020. [COBISS.SI-ID 22066691]
2. Alexander Gilenson, Boštjan Kaluža, Oz Eyal, *System and method for incident root cause analysis*, US10691522 (B2), US Patent Office, 23. 06. 2020. [COBISS.SI-ID 22066435]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Martin Gjoreski, *Spoj klasičnega in globokega strojnega učenja za mobilno spremljanje zdravja in obnašanja z nosljivimi senzorji: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Matjaž Gams; somentor Mitja Luštrek). [COBISS.SI-ID 46834435]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGLAVJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Hristijan Gjoreski, Simon Stankoski, Ivana Kiprijanovska, Anastasija Nikolovska, Natasha Mladenovska, Marija Trajanoska, Bojana Velichkovska, Martin Gjoreski, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, "Wearable sensors data-fusion and machine-learning method for fall detection and activity recognition", V: *Challenges and trends in multimodal fall detection for healthcare*, (Studies in systems, decision and control **273**), Springer, 2020, 80-96. [COBISS.SI-ID 33140775]
2. Hernan Aguirre, Tanaka Kiyoshi, Tea Tušar, Bogdan Filipič, "Optimization and visualization in many-objective space trajectory design", V: *High-performance simulation-based optimization*, (Studies in

Na 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 fisijskih in fuzijskih reaktorjev, trdnostne varnostne analize in verjetnostne 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. V letu 2020 smo se z uporabo znanja s področja jedrske energije lotili tudi modeliranja razvoja epidemije covid-19 v Sloveniji.

Modeliranje osnovnih termohidrodinamičnih pojavov

V okviru raziskav dvofaznih tokov plin-kapljevina smo s programom za računsko dinamiko tekočin (CFD) OpenFoam simulirali Taylorjev mehur v protitočnem turbulentnem toku. Uporabljena je bila metoda VOF (volume of fluid) skupaj z metodo velikih vrtincev (LES), kar omogoča natančno simulacijo turbulence. Rezultati so bili validirani z meritvami, opravljenimi v lastnem laboratoriju THELMA. Izkazalo se je, da tovrstne simulacije precenjujejo hitrost razpadanja Taylorjevega mehurja za približno enega do dveh redov velikosti, kar kaže, da je simulirano nastajanje majhnih mehurčkov za mehurjem močno precenjeno.

Do parne eksplozije med težko nesrečo v jedrski elektrarni (JE) bi lahko prišlo, če bi staljena reaktorska sredica prišla v stik s hladilom. Nadaljevali smo študije eksplozij v razslojenih razmerah, ko je plast taline pod plastjo hladila. Na tem področju smo lastni mehanističen model nastanka mešalne faze, ki je zasnovan na podlagi teoretičnih raziskav ob upoštevanju eksperimentalnih spoznanj, vgradili v program MC3D (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire – IRSN, Francija) in opravili njegovo validacijo na eksperimentalnih rezultatih.

Nadaljevali smo raziskave na področju parnih eksplozij ob stiku taline in tekočega natrija. S programom MC3D smo izvedli simulacije parne eksplozije v natriju pri potencialnih eksperimentalnih pogojih. Rezultati občutljivostne analize, pridobljeni v izbranih geometrijah, nakazujejo, da so tlačne obremenitve parnih eksplozij v natriju manjše kot v vodi. Nadalje smo predlagali modificirano Biotovo število, ki nam omogoča vrednotenje pomena toplotne prevodnosti taline na ohlajanje razcepov.

Na področju raziskav porazdelitve vodika v zadrževalnem hramu JE smo nadaljevali simulacije poskusov erozije razslojene atmosfere hrama z navpičnim curkom, izvedene v napravi PANDA (Paul Scherrer Institute – PSI, Švica). Sodelovali smo tudi v primerjalnih simulacijah poskusa erozije razslojene atmosfere z vzpostavitvijo naravne konvekcije, izvedenega v napravi THAI+ (Becker Technologies, Nemčija), pri čemer smo uporabili sistemski program ASTEC (IRSN). Za tovrstne scenarije smo tudi predlagali metodologijo za povečevanje rezultatov, dobljenih na eksperimentalnih napravah, na prave elektrarne.

Na področju raziskav zgorevanja vodika smo v okviru projekta SAMHYCO-NET s programom ASTEC sodelovali v primerjalnih simulacijah dveh poskusov zgorevanja, izvedenih v eksperimentalni napravi ENACCEF II (Centre national de la recherche scientifique, Francija).

S CFD-programom ANSYS CFX smo simulirali poskus obnašanja taline reaktorske sredice v spodnjem plenumu reaktorske posode, ki je bil opravljen na eksperimentalni napravi LIVE2D (Karlsruhe Institute of Technology, Nemčija).

Eksperimentalne raziskave v laboratoriju THELMA

V laboratoriju za termohidravliko večfaznih tokov (THELMA) smo nadaljevali eksperimente konvektivnega vrenja v geometriji, ki predstavlja del gorivne palice v svežnju lakovodnega jedrskega reaktorja. Po meritvah v vodoravnem položaju palice so bili izvedeni tudi prvi testi v navpičnem položaju. V enofaznem toku hladila so bile opravljene meritve za izračun toplotnih bilanc, ki smo jih uporabili za validacijo CFD-modela celotne testne sekcije. Prenos toplote v testni sekciji smo proučevali v seriji CFD-simulacij, ki so bile izvedene za različne primere, ko sta primarna in sekundarna tekočina enakih in različnih temperatur. V dvofaznem režimu pretoka smo s hitro kamero opazovali mehurčkasto vrenje in iz pridobljenih slik pridobili informacijo o porazdelitvi mehurčkov. V ta namen so bile slike obdelane s programom, ki ga razvijamo sami.

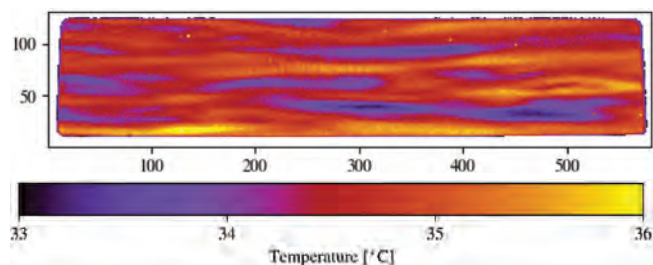
Eksperimentalna praga za opazovanje Taylorjevega mehurja je bila izboljšana tako, da omogoča večje pretoke vode, boljši nadzor pretoka ter boljšo osvetlitev in kakovost posnetih fotografij. Okoli prozorne steklene cevi je bila nameščena steklena škatla, ki zmanjša optična popačenja posnetih fotografij mehurjev v cevi. Meritve razpadanja



Vodja:

prof. dr. Leon Cizelj

Z infrardečo kamero smo opazovali turbulentne temperaturne fluktuacije na greti foliji v toku kapljevine.



Slika 1: Trenutno temperaturno polje na greti foliji v toku kapljevine

vzporednimi simulacijami z metodo LES smo uspešno napovedali izide meritev, vključno z močnostnim spektrom temperaturnih fluktuacij na greti foliji.

Termohidravlične varnostne analize fisijskih in fuzijskih reaktorjev

Po jedrski nesreči v elektrarni Fukušima Daiči na Japonskem leta 2011 so bile v Evropi predlagane varnostne analize razširjenih projektnih nesreč kot prednostna metoda za ustrezno upoštevanje kompleksnih nesreč z več okvar in težkih nesreč. Simulacija preskusa LP-FW-01, izvedena leta 1983 na eksperimentalni napravi LOFT (Idaho National Engineering Laboratory, ZDA), ki predstavlja razširjeno projektno nesrečo, je bila izvedena z računalniškim programom RELAP5/MOD3.3. Preskus predstavlja zaporedje okvar, ki privede do popolne izgube napajalne vode

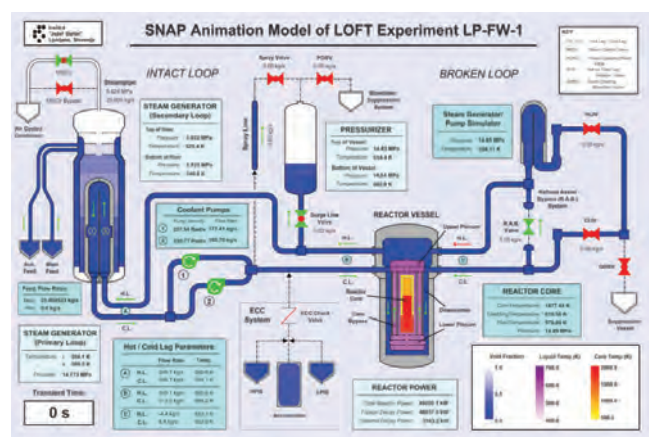
v uparjalniku, po kateri se uporabi postopek polnjenja in praznjenja primarnega sistema. V kratkoročni simulaciji preskusa rezultati zelo dobro napovejo glavne dogodke, medtem ko je v dolgoročni simulaciji za pravilno napoved pomemben pojav odnašanja vodnih kapljic v prelivni vod.

Evropski projekt PIACE obravnava koncept pasivnega izolacijskega kondenzatorja, ki je primeren za samodejno omejevanje hitrosti hlajenja reaktorske sredice med nesrečo. V primeru vodno hlajenih reaktorjev je koncept primeren za preprečevanje termičnih šokov v stenah posod in cevovodov. Poskusi na pomanjšani skali bodo izvedeni na napravi SIRIO (SIET, Italija). Opravili smo pomanjševalno analizo in predlagali primerne eksperimentalne pogoje ter potrebno spremembo naprave za poskus, povezan s tehnologijo tlačnovodnih reaktorjev.

Analizirali smo toplotno obremenitev aktiviranih notranjih komponent vakuumske posode fuzijskega reaktorja DEMO med scenarijem menjave oplodnih oblog in med nezgodnim scenarijem izgube hladila (v okviru Evropskega fuzijskega projekta WPPMI). Za oceno temperaturne porazdelitve pasivnih komponent zaradi zaostale toplote, kar je posledica naravne konvekcije vpihanega zraka, smo izvedli nestacionarne simulacije z računsko dinamiko tekočin (CFD). Za napovedovanje časovno odvisne temperature komponent smo razvili in umerili enotočkovni model, ki je v primerjavi z računsko zahtevnimi CFD-simulacijami učinkovitejši.

Razvijali smo novo sondo za diagnostiko plazme v evropskih fuzijskih tokamakih (v okviru Evropskega fuzijskega projekta WP-MST2). Pred uporabo sonde v pravem tokamaku moramo njen dizajn preveriti eksperimentalno in teoretično. Tako smo s pomočjo simulacij analizirali odpornost sonde na toplotne obremenitve v tokamaku AUG (ASDEX Upgrade) v Nemčiji. Izračunani termični odziv sonde med tipičnim plazemskim poskusom v tokamaku AUG je pokazal potrebo po debelejšem zaščitnem plašču, pri čemer zadostuje že 2-milimetrsko povečanje.

Nadaljevali smo razvoj dizajna 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 z vstavljenimi zviti trakovi. Dizajn temelji na pričakovani porazdelitvi moči nevtralnih žarkov, termohidravličnih parametroh (dovoljene temperature konstrukcij in toka hladila, padec tlaka) in geometrijskih omejitvah. Realistične porazdelitve temperatur v panelu smo določili z dvostopenjskim postopkom: v prvem koraku smo na delnem



Slika 2: Animacijski model eksperimentalne naprave Loss of Fluid Test Facility (INEL, ZDA)

Kot prvi smo izvedli natančno simulacijo porazdelitve temperature v oplodni oblogi fuzijskega reaktorja med njeno robotsko menjavo.

modelu panela izvedli podrobne sklopljene numerične simulacije toka hladila in trdnine; v drugem koraku smo ekstrapoliran koeficient toplotne prestopnosti uporabili za izračun temperatur po celotnem panelu. Delo smo izvedli v sodelovanju s Consorzio RFX (Italija).

Trdnostne varnostne analize

Analizirali smo pogoje za nastanek medkristalnih razpok v nerjavnem jeklu, ki nastanejo kot posledica mehanske obremenitve, korozije in nevtronskega sevanja (v sodelovanju s Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives – CEA, Francija). Pomerjeno mikrostrukturo smo prepisali v numerični model, s katerim smo pridobljene korelacije o nastanku razpok prevedli na en sam napetostni kriterij.

V modelu kovinskega polikristala smo študirali vpliv različnih tipov kristalnih mej na medkristalne normalne napetosti (prav tako v sodelovanju s CEA). Vpeljali smo nov parameter, s katerim dokaj enoznačno kvantificiramo fluktuacije normalnih napetosti, ki se pojavijo na določenem tipu kristalnih mej.

Razvijamo strategijo za učinkovito rabo visoko ločljivih rezultatov CFD v analizah utrujanja (v okviru evropskega projekta ATLAS+). Pri tem želimo termomehanske analize izvajati na poljubnih mrežah končnih elementov. Za analizo rasti razpoke v cevi smo razvili model mehanike loma, ki uporablja tako CFD kot tudi stohastična temperaturna polja.

V okviru študije toplotnega udara pod tlakom se je nadaljevalo sodelovanje s PSI. Izvedene so bile analize mehanike loma krhke reaktorske tlačne posode z modeli 1D in 3D pri upoštevanju enakomernih in neenakomernih pogojev hlajenja stene posode. Pregled najsodobnejših metod in nacionalnih izkušenj na temo toplotnega udara pod tlakom smo naredili v okviru evropskega projekta APAL.

Termomehanske analize suhega zabojnika za shranjevanje izrabljenega jedrskega goriva so bile izvedene v okviru sodelovanja s Politehnično univerzo v Madridu (Španija).

Sodelovali smo tudi pri treh evropskih fuzijskih projektih. V projektu WPDC (diagnostika in kontrola) smo študirali izvedljivost meritev termoelektričnega toka v modelu divertorja z izolirano tarčo v reaktorju DEMO. Analizirali smo integriteto hladilnih cevi med plazemsko nestabilnostjo za različne upornosti kontakta med cevjo in kaseto divertorja.

Opravili smo termomehanske analize, s katerimi smo ocenili deformacije in napetosti v idejni zasnovi kalorimetra v napravi Neutral Beam Injector v reaktorju DTT. Analizirali smo tudi termomehanski odziv nove diagnostične sonde znotraj tokamaka ASDEX Upgrade.

Verjetnostne varnostne analize

Namen verjetnostnih varnostnih analiz je kvantifikacija tveganja v kompleksnih industrijskih sistemih. Cilj evropskega projekta NARSIS je razširitev sedanje metodologije verjetnostnih varnostnih analiz na ekstremne dogodke z zelo nizko frekvenco. V letu 2020 smo se ukvarjali z omejevanjem negotovosti za nezgodo dolgotrajne zatemitve elektrarne. Upoštevali smo najbolj vplivne parametre na verjetnostno varnostno analizo ter z metodo na osnovi hitre Fourierjeve transformacije z zrcaljenjem signalov (FFTBM-SM) ocenili vpliv spreminjanja parametrov (čas delovanja dizel generatorja, vrsta izgube hladila, zakasnitev hlajenja sredice in zniževanja tlaka), ki lahko močno vplivajo na dogodke ter kvalitativno spremenijo njihov tok, ki se obravnava z verjetnostno varnostno analizo.

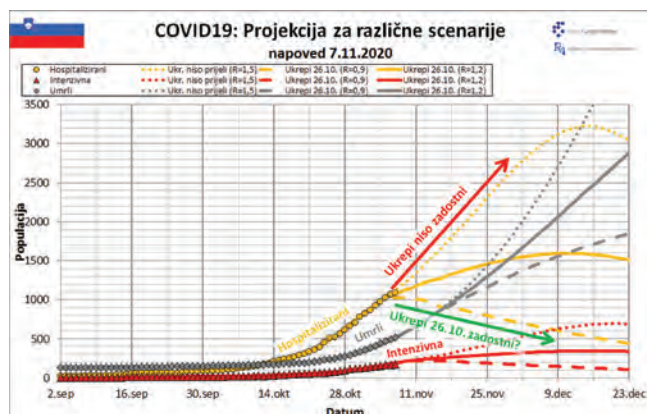
Modeliranje razvoja epidemije covid-19 v Sloveniji

Razvili smo globalni točkovni model za napovedovanje razvoja epidemije, ki vso kompleksnost epidemije zreducira na obnašanje ene točke, ki predstavlja celo državo, in spada v skupino tako imenovanih SEIR (Susceptible, Exposed, Infectious, Recovered) modelov z razširitvami. Enačbe širjenja okužb so podobne enačbam verižne reakcije v jedrskem reaktorju. Model, ki smo ga uglasili z javno dostopnimi podatki, omogoča tudi upoštevanje odziva prebivalcev na sprejete ukrepe za preprečevanje širjenja.

V modelu sklopljeno upoštevamo večino razpoložljivih podatkov, kot so: dnevno in kumulativno število potrjenih primerov, dnevno, trenutno in kumulativno število hospitaliziranih in v enotah intenzivne nege, dnevno in kumulativno število umrlih ter starostne strukture. Upoštevamo tudi prekuževanje in cepljenje. Posebej obravnavamo domove za starejše občane in preostalo Slovenijo ter iz tujine vnesene okužbe. Primerjalno obravnavamo štiri različne poteke bolezni in računamo devet specifičnih reprodukcijskih števil širjenja okužbe, na podlagi 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, na intenzivni negi in na koncu umrli. Upoštevamo tudi mehke podatke, torej informacije, ki niso podane v obliki števil, kot na primer, da se je okužba prikradla v dom za starejše občane in je nastalo novo žarišče s specifično starostno strukturo.

Analizirali smo pogoje za nastanek medkristalnih razpok v nerjavnem avstenitnem jeklu, ki nastanejo kot posledica skupnih učinkov mehanske obremenitve, korozije in nevtronskega sevanja.

Za strokovno vladno svetovalno skupino smo vsak dan pripravljali analizo stanja epidemije in napoved števila hospitaliziranih.



Slika 3: Projekcija števila hospitaliziranih bolnikov s covid-19 na navadnih oddelkih in oddelkih intenzivne terapije ter kumulativnega števila umrlih za različne scenarije razvoja epidemije

Za strokovno vladno svetovalno skupino smo vsak dan pripravljali analizo stanja epidemije ter napoved števila hospitaliziranih (ločeno za enote intenzivne terapije) in umrlih ter oceno reprodukcijskega števila okužbe R (ki mora biti pod ena, če želimo epidemijo obvladati), na podlagi katerega je možno oceniti vpliv ukrepov na R. Rezultate analiz in napovedi smo redno javno objavljali na spletni strani odseka.

Strokovno sodelovanje, svetovanje in izobraževanje

Tudi v letu 2020 smo raziskovalci Odseka za reaktorsko tehniko sodelovali pri projektu za industrijo. Na podlagi pooblastila Uprave RS za jedrsko varnost smo sodelovali pri izdelavi strokovnega mnenja o spremembah licenčne dokumentacije JE Krško v delih, ki se navezujejo na izolacijo zadrževalnega hrama in signala za zaustavitev reaktorja.

Raziskovalci odseka predstavljajo jedro Katedre za jedrsko tehniko na Fakulteti za matematiko in fiziko (FMF) Univerze v Ljubljani in so vključeni v izvajanje dodiplomskega študija prve stopnje programa Fizika, druge stopnje programa Jedrska tehnika ter doktorskega študija Jedrska tehnika, ki poteka v okviru programa Matematika in fizika. IJS je prek navedenih študijskih programov vključen v asociacijo ENEN (European Nuclear Education Network). V študijskem letu 2020/21 je FMF sprejela prve študente mednarodnega programa magistrskega študija jedrske tehnike SARENA, pri katerem je odsek aktivno udeležen.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Draksler, M., Končar, B., Tekavčič, M., Bachmann, C., CFD analysis of the natural circulation of helium in the DEMO cryostat during a leak accident, *Fusion Eng. Des.*, 2020, 158, 111752
2. Kljenak, I., Cizelj, L., Tiselj, I., Mavko, B., Basic vs. applied doctoral theses in nuclear engineering: case study of theses completed in Slovenia, *Nucl. Eng. Des.*, 2020, 367, 110758
3. Mikuž, B., Roelofs, F., Low resolution modelling of mixing phenomena in PWR fuel assemblies, *Nucl. Eng. Des.*, 2020, 360, 110504
4. El Shawish, S., Vincent, P. G., Moulinec, H., Cizelj, L., Gélébart, L., Full-field polycrystal plasticity simulations of neutron-irradiated austenitic stainless steel: a comparison between FE and FFT-based approaches, *J. Nucl. Mater.*, 2020, 529, 151927
5. Oder, J., Tiselj, I., Jäger, W., Hahn, T. S., Hering, W., Otič, I., Shams, A. Thermal fluctuations in low-Prandtl number fluid flows over a backward facing step, *Nucl. Eng. Des.*, 2020, 359, 110460
6. Uršič, M., Leskovar, M., Investigation of challenges related to vapour explosion modelling in sodium, *Nucl. Eng. Des.*, 2020, 363, 110646

Patent

1. Marko Matkovič, Iztok Tiselj, Ivo Kljenak, Andrej Prošek, Matjaž Leskovar, Ljubo Fabjan, Leon Cizelj, Method and apparatus for assessing the state of spent-fuel facility, GB2530969 (B), UK Patent Office, 8. 4. 2020

Nagrade in priznanja

1. Julio Benavides, Leon Cizelj, Oriol Costa Garrido, Gonzalo Jimenez: nagrada za najboljši poster (Konferenca NENE 2020, Portorož), Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije, Thermo-mechanical Analysis of a Dry Storage System
2. Jan Kren: dekanovo priznanje za izjemne študijske dosežke na magistrskem študiju Jedrske tehnike UL FMF, Univerza v Ljubljani
3. Rok Krpan: nagrada za najboljšo videoprezentacijo – European Award (Konferenca ICONE 2020, virtualno) American Society of Mechanical Engineers, Simulations of Experiments on Isothermal Containment Atmosphere Mixing Caused by Vertical Injection

MEDNARODNI PROJEKTI

- CROSSING - Prehajanje mej in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.
dr. Boštjan Končar
- Teoretično in praktično usposabljanje strokovnjakov jedrskih upravnih organov in tehniških podpornih organizacij za krepitev njihovih upravnih in tehniških zmožnosti - MC3.01/13 ITER-Consult Srl Independent
prof. dr. Leon Cizelj
- H2020 - ATLASplus; Napredna orodja za ocenjevanje strukturne celovitosti komponent za varno in dolgoročno obratovanje jedrskih elektrarn
European Commission
prof. dr. Leon Cizelj
- H2020 - NARSIS; Nov pristop za varnostne izboljšave reaktorjev
European Commission
dr. Andrej Prošek
- H2020 - ENENplus; Priletni, zadrži in razvij nove jedrske talente z več kot le akademskim izobraževanjem
European Commission
doc. dr. Ivo Kljenak
- H2020 - PIACE; Pasivni izolacijski kondenzator
European Commission
doc. dr. Ivo Kljenak
- H2020 - sCO₂-4-NPP; Inovativno odvajanje zaostale toplote na podlagi sCO₂ tehnologije za povečano raven varnosti jedrskih elektrarn
European Commission
dr. Andrej Prošek
- H2020 - EURAD; Evropski skupni program za obvladovanje radioaktivnih odpadkov
European Commission
prof. dr. Leon Cizelj
- H2020 - ECC-SMART; Evropsko-Kanadsko-Kitajski razvoj tehnologije malega modularnega reaktorja
European Commission
prof. dr. Leon Cizelj
- H2020 - AMHYCO; K izboljšanjem obvladovanju nezgode pri tveganju zgorevanja vodika in CO
European Commission
doc. dr. Ivo Kljenak
- H2020 - APAL; Napredna analiza toplotnega šoka pod tlakom za dolgoročno obratovanje
European Commission
dr. Oriol Costa Garrido
- H2020 - EUROfusion; Raziskovalna enota - vodenje in administracija RU-FU
European Commission
dr. Boštjan Končar
- H2020 - EUROfusion; Izobraževanje-ED-FU
European Commission
dr. Boštjan Končar
- H2020 - EUROfusion; Sistemski inženiring in integracija na nivoju fuzijske elektrarne-PMI-PPPT-FU
European Commission
dr. Boštjan Končar
- H2020 - EUROfusion; Diagnostika in kontrolni sistemi-WPDC-PPPT-FU
European Commission
dr. Boštjan Končar
- H2020 - EUROfusion; Preparation and Exploitation of Medium Size Tokamaks - WPMST2-FU
European Commission
dr. Boštjan Končar

- H2020 - EUROfusion; WPSAE-PPPT-FU, WP27
European Commission
dr. Boštjan Končar

PROGRAMA

- Reaktorska tehnika
prof. dr. Leon Cizelj
- Fuzijske tehnologije
dr. Boštjan Končar

PROJEKTI

- Proces uparjanja med parno eksplozijo v z natrijem hlajenih hitrih reaktorjih
dr. Mitja Uršič
- Koncepti učinkovitega hlajenja visoko toplotno obremenjenih komponent v fuzijskem reaktorju
dr. Boštjan Končar
- Raziskave turbulentnega prenosa toplote v kanalu z naprednimi eksperimentalnimi in računskimi metodami
prof. dr. Iztok Tiselj
- Simulacija izbranih razširjenih projektnih nesreč brez taljenja sredice
dr. Boštjan Končar
- Razumevanje stratificiranih parnih eksplozij v reaktorskih razmerah
dr. Matjaž Leskovar
- Povračilo stroškov znanstvenih objav v zlatem odprtem dostopu za leto 2019, 2020
prof. dr. Leon Cizelj

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

- Izzivi obratovanja NEK v obdobju po 40. letu življenjske dobe
Ministrstvo za okolje in prostor
dr. Martin Draksler
- Sodelovanje v mednarodnih raziskovalnih programih CAMP in CSARP
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
dr. Andrej Prošek
- 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
- L2-1827 Sofinanciranje L-projekta: Simulacija izbranih razširjenih projektnih nesreč brez taljenja sredice
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
dr. Boštjan Končar
- L2-1828 Sofinanciranje L-projekta: Razumevanje stratificiranih parnih eksplozij v reaktorskih razmerah
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
dr. Matjaž Leskovar
- REMONTE 2019
Elektroinštitut Milan Vidmar
dr. Mitja Uršič
- Neodvisni strokovni mnenji za licensing dokumente: SES 20-034, SE 20-005, TSCP 01/20
Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o.
dr. Mitja Uršič

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- Bruno Glaser, GEN energija: Predinvesticijska zasnova JEK2, 23. 11. 2020
- Igor Grljcarev, URSJV: Evolucija ukrepanja ob jedrskih in radioloških nesrečah, 13. 1. 2020
- Ivo Kljenak, IJS: Zadrževanje taline reaktorske sredice v reaktorski posodi, 10. 2. 2020
- Ivo Kljenak, IJS: Obnašanje aerosolov v zadrževalnem hramu jedrske elektrarne tekom težke nesreče, 2. 3. 2020
- Ivo Kljenak, IJS: Blaženje težkih nesreč v tlačnovodnih jedrskih elektrarnah, 19. 10. 2020
- Danijel Levičar, GEN energija: Vloga jedrske opcije v energetski mešanici Slovenije, 16. 11. 2020
- Stanko Manojlovič, NEK: Passive Containment Filtered Venting System, 9. 3. 2020
- Hirofumi Ohashi, Japan Atomic Energy Agency, Ibaraki, Japonska: Nuclear Energy for Hydrogen Production, 21. 12. 2020
- Arran Plant, Lancaster University, Lancaster, Velika Britanija: Valorisation of Waste Organic Feedstocks using a Nuclear Reactor, 19. 2. 2020
- Milan Simončič, NEK: Mehanizmi sproščanja produktov erozije in erozijske korozije v sekundarnem krogu jedrske elektrarne, omejevanje in posledice, 27. 1. 2020
- Milan Simončič, NEK: Izzivi pri omejevanju degradacijskih mehanizmov in omejevanju doz v reaktorskem hladilnem sistemu PWR jedrskih elektrarn, 3. 2. 2020

- Andrej Stritar: Jedrska varnost: kaj vse to je in kako jo zagotavljamo, 26. 10. 2020
- Iztok Tiselj, IJS: 10⁻³, 10. 6. 2020
- Tom Živko, URSJV: Razvoj jedrske varnosti, 30. 11. 2020
- Tomaž Žagar, GEN energija: Strokovno, jasno in učinkovito podajanje dejstev o jedrski energiji, 6. 1. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Anil Kumar Basavaraj, Leon Cizelj, Oriol Costa Garrido, Martin Draksler, Samir El Shawish, Ivo Kljenak, Tanja Klopčič, Janez Kokalj, Boštjan Končar, Rok Krpan, Matjaž Leskovar, Timon Mede, Blaž Mikuž, Jure Oder, Andrej Prošek, Nina Rehar, Mohit Pramod Sharma, Matej Tekavčič, Iztok Tiselj, Miloš Tomič, Mitja Uršič, Nikola Veljanovski, Boštjan Zajec, udeležba na mednarodni konferenci NENE 2020, Portorož, Slovenija, 7.–10. 9. 2020 (22)
- Leon Cizelj, udeležba na programskem odboru konference NESTET, Bruselj, Belgija, 7.–10. 1. 2020

3. Leon Cizelj, Boštjan Končar, udeležba na sestanku projekta PPPT WPSAE, Garching, Nemčija in Pariz, Francija, 27.–29. 1. 2020
4. Leon Cizelj, udeležba na sestanku tehničnega odbora ETSON, Pariz, Francija, 29.–31. 1. 2020
5. Leon Cizelj, udeležba na pripravljalnem sestanku konference ICONE28 in POWER 2020, Anaheim, Združene države Amerike, 2.–6. 2. 2020
6. Leon Cizelj, udeležba na seji odbora in generalni skupščini ENEN, Bruselj, Belgija, 4.–7. 3. 2020
7. Leon Cizelj, udeležba na sestanku ASME, JSME in CNS za konferenco ICONE 28, 9. 4. 2020 (virtualno)
8. Leon Cizelj, udeležba na začetnem sestanku projekta OPEN100, 29. 4. 2020 (virtualno)
9. Leon Cizelj, udeležba na »DEMO WPSAE Final Review Meeting«, 6.–7. 5. 2020 (virtualno)
10. Leon Cizelj, udeležba na programskem odboru konference NESTET, 11. 5. 2020 (virtualno)
11. Leon Cizelj, udeležba na upravnem odboru ETSON, 12. 5. 2020 (virtualno)
12. Leon Cizelj, udeležba na srečanju raziskovalne skupine ETSON, 29. 5. 2020 (virtualno)
13. Leon Cizelj, udeležba na programskem odboru konference NESTET, 8. 6. 2020 (virtualno)
14. Leon Cizelj, udeležba na upravnem odboru ETSON, 9. 6. 2020 (virtualno)
15. Leon Cizelj, udeležba na generalni skupščini SNETP, 22. 6. 2020 (virtualno)
16. Leon Cizelj, udeležba na upravnem odboru SNETP, 30. 6. 2020 (virtualno)
17. Leon Cizelj, udeležba na prvem sestanku usmerjevalne skupine PIKNUS, 1. 7. 2020 (virtualno)
18. Leon Cizelj, udeležba na upravnem odboru in generalni skupščini ETSON, 9.–10. 7. 2020 (virtualno)
19. Leon Cizelj, Rok Krpan, udeležba na mednarodni konferenci ICONE 2020, 4.–5. 8. 2020 (1) (virtualno)
20. Leon Cizelj, udeležba na generalni skupščini EURAD, 15. 9. 2020 (virtualno)
21. Leon Cizelj, Andrej Prošek, Iztok Tiselj, Mitja Uršič, udeležba na začetnem sestanku projekta ECC-SMART, 21.–22. 9. 2020 (virtualno)
22. Leon Cizelj, udeležba na drugem sestanku usmerjevalne skupine PIKNUS, 28. 9. 2020 (virtualno)
23. Leon Cizelj, udeležba na sestanku projekta EURAD UMAN, 28.–29. 10. 2020 (virtualno)
24. Leon Cizelj, udeležba na upravnem odboru SNETP, 29. 10. 2020 (virtualno)
25. Leon Cizelj, udeležba na upravnem odboru ENEN, 30. 10. 2020 (virtualno)
26. Leon Cizelj, udeležba na sestanku ETSON TBRS, 2. 11. 2020 (virtualno)
27. Leon Cizelj, udeležba na upravnem odboru ETSON, 3. 11. 2020 (virtualno)
28. Leon Cizelj, udeležba na generalni skupščini ETSON, 4. 11. 2020 (virtualno)
29. Leon Cizelj, udeležba na sestanku ETSON TBRS, 19. 11. 2020 (virtualno)
30. Leon Cizelj, udeležba na sestanku projekta EURAD UMAN, 20. 11. 2020 (virtualno)
31. Leon Cizelj, udeležba na »1st General MUSA Project Meeting«, 23.–25. 11. 2020 (virtualno)
32. Leon Cizelj, Oriol Costa Garrido, udeležba na sestanku SNETP/NUGENIA TA4, 7.–9. 12. 2020 (virtualno)
33. Oriol Costa Garrido, Boštjan Končar, udeležba na sestanku projekta DTT-NBI Kalorimeter – aktivnosti 2019/2020, 22. 4. 2020 (1) (virtualno)
34. Oriol Costa Garrido, Boštjan Končar, udeležba na sestanku »Work progress meeting on AUG tokamak probe activities«, 13. 7. 2020 (1) (virtualno)
35. Oriol Costa Garrido, udeležba na generalni skupščini projekta ATLAS+, 24. 9. 2020 (1) (virtualno)
36. Oriol Costa Garrido, Andrej Prošek, udeležba na začetnem sestanku projekta APAL, 26.–27. 10. 2020 (virtualno)
37. Oriol Costa Garrido, Andrej Prošek, udeležba na sestanku projekta APAL: WP1 in WP2, 11.–12. 11. 2020 (virtualno)
38. Oriol Costa Garrido, Boštjan Končar, udeležba na sestanku projekta DTT-NBI Kalorimeter – načrt aktivnosti za I. 2021, 30. 11. 2020 (virtualno)
39. Oriol Costa Garrido, Andrej Prošek, udeležba na začetnem sestanku projekta APAL: Task 2. 2., 16. 12. 2020 (virtualno)
40. Martin Draksler, Boštjan Končar, udeležba na 31. simpoziju o fuzijskih tehnologijah (SOFT 2020), 20.–25. 9. 2020 (2) (virtualno)
41. Samir El Shawish, udeležba na zaključnem sestanku projekta WPDC EUROfusion, Garching, Nemčija, 29.–30. 1. 2020 (1)
42. Samir El Shawish, udeležba na reviziji projekta WPDC (diagnostika in kontrola), 12.–13. 5. 2020 (2) (virtualno)
43. Samir El Shawish, udeležba na zaključnem sestanku projekta WPDC (diagnostika in kontrola), 18. 12. 2020 (2) (virtualno)
44. Ivo Kljenak, Jure Oder, udeležba na sestanku WP2 projekta PIACE, Bologna, Italija, 12.–14. 2. 2020 (1)
45. Ivo Kljenak, Jure Oder, udeležba na delovnem sestanku WP2 projekta PIACE, 28. 10. 2020 (1) (virtualno)
46. Ivo Kljenak, udeležba na začetnem sestanku projekta AMHYCO, 26.–27. 10. 2020 (virtualno)
47. Ivo Kljenak, udeležba na začetnem sestanku WP4 projekta PIACE, 4. 12. 2020 (virtualno)
48. Ivo Kljenak, udeležba na sestanku upravnega odbora projekta AMHYCO, 9. 12. 2020 (virtualno)
49. Janez Kokalj, Boštjan Zajec, udeležba na konferenci KMJS 2020, Reaktor, Dol pri Ljubljani, 28. 2. 2020 (2)
50. Boštjan Končar, udeležba na 29. generalni skupščini EUROfusion, 8. 4. 2020 (virtualno)
51. Boštjan Končar, udeležba na 30. generalni skupščini EUROfusion, 6.–7. 7. 2020 (virtualno)
52. Boštjan Končar, udeležba na »Info Meeting on FP9 Programme to the Beneficiaries«, 19.–20. 10. 2020 (virtualno)
53. Boštjan Končar, udeležba na 31. generalni skupščini EUROfusion, 27.–28. 10. 2020 (virtualno)
54. Boštjan Končar, udeležba na »EFPW 2020 Agenda: DEMO Plasma Scenarios«, 2.–4. 12. 2020 (virtualno)
55. Boštjan Končar, udeležba na 32. generalni skupščini EUROfusion, 14.–15. 12. 2020 (virtualno)
56. Matic Kunšek, udeležba na mednarodni konferenci NENE 2020, 7.–10. 9. 2020 (virtualno)
57. Matjaž Leskovar, udeležba na »DEMO project board meeting«, 20. 3. 2020 (virtualno)
58. Matjaž Leskovar, udeležba na »DEMO project board meeting«, 17. 7. 2020 (virtualno)
59. Matjaž Leskovar, udeležba na srečanju CSARP/MCAP/MELCOR, 31. 8.–4. 9. 2020 (1) (virtualno)
60. Blaž Mikuž, udeležba na delavnici CFD4NRS-8, »Computational Fluid Dynamics for Nuclear Reactor Safety OECD/NEA Workshop«, 25.–27. 11. 2020 (1) (virtualno)
61. Jure Oder, udeležba na konferenci »2020 ANS Winter Meeting«, 16.–19. 11. 2020 (1) (virtualno)
62. Andrej Prošek, udeležba na »sCO2-4-NPP WPs-cross meeting, WP3 and consortium meetings«, 17.–18. 3. 2020 (2) (virtualno)
63. Andrej Prošek, udeležba na sestanku izvršnega odbora sCO2-4-NPP, 22. 6. 2020 (virtualno)
64. Andrej Prošek, udeležba na NARSIS plenarnem srečanju, 2. 7. 2020 (1) (virtualno)
65. Andrej Prošek, udeležba na sestanku programa CAMP »catch-up«, 15.–16. 7. 2020 (virtualno)
66. Andrej Prošek, udeležba na »sCO2-4-NPP Thermodynamic design – joint web meeting of WP2, WP4 and WP5«, 11. 9. 2020 (virtualno)
67. Andrej Prošek, udeležba na sestanku izvršnega odbora sCO2-4-NPP, 28. 9. 2020 (1) (virtualno)
68. Andrej Prošek, udeležba na jesenskem sestanku programa CAMP, 4.–6. 11. 2020 (1) (virtualno)
69. Andrej Prošek, udeležba na »sCO2-4-NPP Consortium meeting«, 4. 12. 2020 (1) (virtualno)
70. Andrej Prošek, udeležba na NARSIS plenarnem srečanju, 10. 12. 2020 (1) (virtualno)
71. Mitja Uršič, udeležba na 15. sestanku organizacijskega odbora foruma za tehnično in znanstveno podporo, Dunaj, Avstrija, 16.–18. 2. 2020
72. Boštjan Zajec, udeležba na konferenci ICMFHT »International Conference on Multiphase Flow and Heat Transfer«, 10.–13. 10. 2020 (1) (virtualno)

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. Matej Tekavčič: Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), Dresden, Nemčija, 1. 9. 2019–31. 8. 2020 (post-doc)

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. dr. Boštjan Končar
7. dr. Matjaž Leskovar
8. dr. Timon Mede
9. dr. Blaž Mikuž
10. dr. Andrej Prošek
11. Mohit Pramod Sharma, PhD., Indija
12. prof. dr. Iztok Tiselj, znanstveni svetnik
13. dr. Mitja Uršič

Podoktorski sodelavci

14. dr. Jure Oder
15. dr. Matej Tekavčič

Mlajši raziskovalci

16. Janez Kokalj, mag. jedr. teh.
17. Jan Kren, mag. jedr. teh.
18. Rok Krpan, mag. jedr. teh.
19. Matic Kunšek, mag. jed. teh.
20. Nikola Veljanovski, Msc., Makedonija
21. Boštjan Zajec, mag. jed. teh.

Strokovni sodelavci

22. Anil Kumar Basavaraj, Bachelor of Engineering, Indija
23. Sandi Cimerman, dipl. inž. fiz.
24. Andrej Sušnik, dipl. inž. str.
25. *Miloš Tomič, dipl. mat., odšel 6. 11. 2020*

Tehniški in administrativni sodelavci

26. Tanja Klopčič
27. Zoran Petrič, univ. dipl. fiz.
28. 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. Elektrotinstitut 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, Šanghaj, 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

1. Diego F. Mora, Oriol Costa Garrido, Roman Mukin, Markus Niffenegger, "Fracture mechanics analyses of a reactor pressure vessel under non-uniform cooling with a combined TRACE-XFEM approach", *Engineering fracture mechanics*, 2020, **238**, 107258. [COBISS.SI-ID 26034435]
2. Concetta Fazio, Karl-Fredrik Nilsson, Dario Manara, Arjan Plompen, Andrea Bucalossi, Stéphane Bourg, Rik-Wouter Bosch, Jean-Claude Bouchter, Walter Ambrosini, Rosa Lo Frano, Leon Cizelj, Pedro Dieguez, "Infrastructure and international cooperation in research and knowledge transfer: supporting access to key infrastructures and pan-European research - lessons learned", *EPJ Nuclear sciences & technologies*, 2020, **6**, 27. [COBISS.SI-ID 24261379]
3. E. M. A. Frederix, Ed. M. J. Komen, Iztok Tiselj, Blaž Mikuž, "LES of turbulent co-current Taylor bubble flow", *Flow, turbulence and combustion*, 2020, **105**, 2, 471–495. [COBISS.SI-ID 33273383]
4. Boštjan Končar, Martin Draksler, Jernej Kovačič, Bernd Sebastian Schneider, Codrina Ioniță, Tomaž Gyergyek, Cedric Kar-Wai Tsui, Roman Schrittwieser, "Analysis of thermal response of new diagnostic probe in TCV", *Fusion engineering and design*, 2020, **156**, 111744. [COBISS.SI-ID 14775043]
5. Vito Imriani, Ugo Bonavolontà, Giuseppe Di Gironimo, Samir El Shawish, Mike Furdson, Louis Giannove, Domenico Marzullo, Giuseppe Mazzone, Eliseo Visca, Jeon-Ha You, "Insulated fixation system of plasma facing components to the divertor cassette in eurofusion-DEMO", *Fusion engineering and design*, 2020, **158**, 111710. [COBISS.SI-ID 12996099]
6. Martin Draksler, Boštjan Končar, Matej Tekavčič, Christian Bachmann, "CFD analysis of the natural circulation of helium in the DEMO cryostat during a leak accident", *Fusion engineering and design*, 2020, **158**, 111752. [COBISS.SI-ID 16829187]
7. Boštjan Končar, Oriol Costa Garrido, Martin Draksler, A. Herrmann, Jernej Kovačič, Codrina Ioniță, Roman Schrittwieser, "Analysis of thermal and structural responses of a new diagnostic probe to repeated exposure in ASDEX upgrade tokamak", *Fusion engineering and design*, 2020, **161**, 112047. [COBISS.SI-ID 35267331]
8. Samir El Shawish, Louis Giannone, "Shunt analysis in the isolated-target divertor model for plasma detachment measurement in DEMO", *Fusion engineering and design*, 2020, **161**, 112058. [COBISS.SI-ID 33853187]
9. Samir El Shawish, Pierre-Guy Vincent, Hervé Moulinec, Leon Cizelj, L. Gélébart, "Full-field polycrystal plasticity simulations of neutron-irradiated austenitic stainless steel: a comparison between FE and FFT-based approaches", *Journal of nuclear materials*, 2020, **529**, 151927. [COBISS.SI-ID 32917287]
10. Daniele Dovizio, Blaž Mikuž, Afaq Shams, Ferry Roelofs, "Validating RANS to predict the flow behavior in wire-wrapped fuel assemblies", *Nuclear Engineering and Design*, 2020, **356**, 110376. [COBISS.SI-ID 32889895]
11. Jure Oder, Iztok Tiselj, Wadim Jäger, Thomas Schaub Hahn, Wolfgang Hering, Ivan Otič, Afaq Shams, "Thermal fluctuations in low-Prandtl number fluid flows over a backward facing step", *Nuclear Engineering and Design*, 2020, **359**, 110460. [COBISS.SI-ID 32226855]
12. Blaž Mikuž, Ferry Roelofs, "Low resolution modelling of mixing phenomena in PWR fuel assemblies", *Nuclear Engineering and Design*, 2020, **360**, 110504. [COBISS.SI-ID 33010727]
13. Mitja Uršič, Matjaž Leskover, "Investigation of challenges related to vapour explosion modelling in sodium", *Nuclear Engineering and Design*, 2020, **363**, 110646. [COBISS.SI-ID 13554691]
14. Afaq Shams, Ferry Roelofs, Iztok Tiselj, Jure Oder, Yann Bartosiewicz, Matthieu Duponcheel, Bojan Ničeno, Wentao Guo, Enrico Stalio, Diego Angeli, Andrea Fregni, Sophia Buckingham, Lilla K. Koloszar, Agustín Villa Ortiz, Philippe Planquart, Chidambaram Narayanan, Djamel Lakehal, Katrien van Tichelen, Wadim Jäger, Thomas Schaub, "A collaborative effort towards the accurate prediction of turbulent flow and heat transfer in low-Prandtl number fluids", *Nuclear Engineering and Design*, 2020, **366**, 110750. [COBISS.SI-ID 24728579]
15. Ivo Kljenak, Leon Cizelj, Iztok Tiselj, Borut Mavko, "Basic vs. applied doctoral theses in nuclear engineering: case study of theses completed in Slovenia", *Nuclear Engineering and Design*, 2020, **367**, 110758. [COBISS.SI-ID 24727043]

PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Walter Ambrosini, Rosa Lo Frano, Leon Cizelj, Pedro Porras Dieguez, Egidijus Urbonavicius, Iskren Cvetkov, Daniela Diaconu, Jan Leen Kloosterman, Rudy J. M. Konings, "Education, training and mobility: towards a common effort to assure a future workforce in Europe and abroad", *EPJ Nuclear sciences & technologies*, 2020, **6**, 29. [COBISS.SI-ID 13902083]

STROKOVNI ČLANEK

1. Iztok Tiselj, "Kako daleč je obzorje?", *Presek*, 2019/2020, **47**, 6, 11-15. [COBISS.SI-ID 21555715]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Rok Krpan, Iztok Tiselj, Ivo Kljenak, "Simulations of experiments on isothermal containment atmosphere mixing caused by vertical injection", V: *ICONE28, 2020 International Conference on Nuclear Engineering*, Proceedings, 3: Student paper competition; thermal-hydraulics; verification and validation, ASME 2020, V003T12A013. [COBISS.SI-ID 37523203]
2. Gerard Cenerino, Sophie Pignet, Thibaut van Rompuy, Guido Mazzini, Fulvio Mascari, Martin Sonnenkalb, Marin Constantin, Ivo Kljenak, Egidijus Urbonavicius, Terttaliisa Lind, Juraj Jancovic, Ilona Lindholm, "TSO perspectives to review a reactor concept based on in-vessel melt retention (IVR) strategy for severe accident management", V: *IVMR 2020, International Seminar "In-vessel retention: outcomes of IVMR project"*, January, 21-22-23, Proceedings, IVRM, 2020. [COBISS.SI-ID 32304899]
3. Patrik Tarfila, Boštjan Končar, Matej Tekavčič, Saša Novak, Petra Jenuš, Matej Kocen, "Preliminary simulation of actively cooled divertor mono-

- block made of W-based composite", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 508. [COBISS.SI-ID 46905347]
4. Boštjan Končar, Domen Ovtar, Oriol Costa Garrido, Martin Draksler, Piero Agostinetti, "Calorimeter design for neutral beam injector of DTT - thermo-hydraulic analysis", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 513. [COBISS.SI-ID 46906627]
 5. Martin Draksler, Jakob Justin, Boštjan Končar, Christian Bachmann, "Thermal loading of DEMO breeding blanket during maintenance conditions", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 518. [COBISS.SI-ID 46907139]
 6. Jure Oder, Iztok Tiselj, "Statistical uncertainty of turbulent heat flux in a flow of low-prandtl fluid over a backward facing step", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 704. [COBISS.SI-ID 46908419]
 7. Blaž Mikuž, Ferry Roelofs, "Prediction of the flow and thermal field in a complete PWR fuel assembly using a reduced-resolution RANS", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 705. [COBISS.SI-ID 46909699]
 8. Jan Sotošek, Boštjan Končar, "Numerical simulation and validation of vortex shedding frequency in a vortex flow meter", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 706. [COBISS.SI-ID 46910211]
 9. Boštjan Zajec, Boštjan Končar, Leon Cizelj, "Heat transfer measurements and visualization of subcooled flow boiling of R245fa", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 707. [COBISS.SI-ID 46911747]
 10. Boštjan Zajec, Anil Kumar Basavaraj, Blaž Mikuž, Boštjan Končar, Mohit Sharma, Marko Matkovič, "Experimental and numerical analysis of heat transfer on the annular test section", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 708. [COBISS.SI-ID 46912771]
 11. Jan Kren, Blaž Mikuž, Iztok Tiselj, "Large eddy simulation of turbulent flow with different Prandtl numbers near uniformly heated wall", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 710. [COBISS.SI-ID 46913539]
 12. Mohit Sharma, Blaž Mikuž, Iztok Tiselj, Boštjan Zajec, Nikola Veljanovski, Jan Kren, Leon Cizelj, "Investigation of temperature fluctuations in conjugate heat transfer", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 711. [COBISS.SI-ID 46916355]
 13. Mohit Sharma, Vinary Menon, Samir Khirwadkar, "Assessment of CHF models for single side heating condition of ITER-like divertor", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 712. [COBISS.SI-ID 47108611]
 14. Matej Tekavčič, Richard Meller, Fabian Schlegel, Boštjan Končar, "Two-fluid model simulations of isothermal stratified counter-current flow of air and water with interface compression and turbulence damping", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 715. [COBISS.SI-ID 47109123]
 15. Rok Krpan, Iztok Tiselj, Ivo Kljenak, "Flow dependent turbulent schmidt number in containment atmosphere mixing", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 717. [COBISS.SI-ID 47109379]
 16. Julio Benavides Rodríguez, Oriol Costa Garrido, Gonzalo Jiménez, Leon Cizelj, "Thermo-mechanical analysis of a dry storage system", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 801. [COBISS.SI-ID 47109891]
 17. Andrej Prošek, Boštjan Končar, "Accuracy quantification with FFTBM-SM of Betsy 9.1b test simulations by TRACE and RELAP5", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 804. [COBISS.SI-ID 52441347]
 18. Andrej Prošek, "RELAP5/MOD3.3 simulation of LOFT LP-FW-1 total loss of feedwater test", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 805. [COBISS.SI-ID 52385027]
 19. Samir El Shawish, Timon Mede, "3D reconstruction of free-surface grain boundaries from 2DEBSD measurement maps", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1102. [COBISS.SI-ID 47111427]
 20. Oriol Costa Garrido, Nejc Kromar, Samir El Shawish, Leon Cizelj, "Development of a T-junction structural model in abaqus for efficient thermo-mechanical analyses using detailed CFD data", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1104. [COBISS.SI-ID 47111683]
 21. Matjaž Leskovar, Mitja Uršič, "Analysis of radionuclides distribution in Krško NPP during severe accident", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1801. [COBISS.SI-ID 47111939]
 22. Blaž Kamenik, Xiaoyang Gaus-Liu, Jure Marn, Ivo Kljenak, "Simulation of LIVE2D experimenton reactor core melt in reactor pressure vessel lower plenum", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1804. [COBISS.SI-ID 47112195]
 23. Kristina Jovanovska, Ivo Kljenak, "Downward scaling of experiment on containment atmosphere mixing", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1805. [COBISS.SI-ID 47110659]
 24. Mitja Uršič, Matjaž Leskovar, "Quenching of melt fine fragments during energetic fuel-sodium interactions", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1806. [COBISS.SI-ID 47112707]
 25. Janez Kokalj, Mitja Uršič, Matjaž Leskovar, "Premixed layer formation modelling in stratified configuration", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1810. [COBISS.SI-ID 47114755]
 26. Nadja Železnik, Leon Cizelj, Leon Kegel, "EURAD programme: effective and efficient public RD&D funding in Europe", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 2006. [COBISS.SI-ID 46963971]
 27. Boštjan Zajec, Boštjan Končar, Marko Matkovič, Leon Cizelj, "Experimental investigation of subcooled flow boiling of R245fa in a narrow horizontal annular duct", V: *MHMT'20, 5th World Congress on Momentum, Heat and Mass Transfer, October 14 - 16, 2020*, Proceedings, International ASET Inc., 2020, 170. [COBISS.SI-ID 33491971]
 28. Iztok Tiselj, Cedric Flageul, Jure Oder, "Direct numerical simulation and wall-resolved large eddy simulation in nuclear thermal hydraulics: critical review", V: *ATH 2018, the 2018 International Topical Meeting on Advances in Thermal Hydraulics, November 11-15, 2018, Orlando, Florida*, Selected papers, (Nuclear Technology **206** 2), 2020, 164-178. [COBISS.SI-ID 32439591]
 29. Blaž Mikuž, E. M. A. Frederix, Ed. M. J. Komen, Iztok Tiselj, "Taylor bubble behaviour in turbulent flow regime", V: *CFD4NRS-8, Computational Fluid Dynamics for Nuclear Reactor Safety OECD/NEA Workshop, 25-27 November, 2020*, Proceedings, (CFD4NRS series **8**), NEA, 2020. [COBISS.SI-ID 39983619]

STROKOVNA MONOGRAFIJA

1. Andrej Prošek, *LOCAs with loss of one active emergency cooling system simulated by RELAP5*, (International agreement report NUREG/IA-0516), U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2020. [COBISS.SI-ID 24219395]

PATENT

1. Marko Matkovič, Iztok Tiselj, Ivo Kljenak, Andrej Prošek, Matjaž Leskovar, Ljubo Fabjan, Leon Cizelj, *Method and apparatus for assessing the state of spent-fuel facility*, GB2530969 (B), UK Patent Office, 8. 04. 2020. [COBISS.SI-ID 28441383]

REAKTORSKI INFRASTRUKTURNI CENTER

RIC

Reaktorski infrastrukturni center (RIC) vključuje raziskovalni reaktor TRIGA Mark II in Objekt vroča celica (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 leta 2020 v 126 dneh obratoval 464 ur. Pri tem je proizvedel 78,8 MWh toplote. Narejenih je bilo tudi 37 pulzov. Obsevanih je bilo 952 vzorcev v obsevalnih kanalih. Reaktor je obratoval manj kot v prejšnjih letih, glavni razlog pa je epidemija virusa covid-19. Čeprav nismo zavrnil nobenega uporabnika, pa je bilo splošnega zanimanja za reaktor manj. Tako smo dosegli le 70 % proizvedene energije iz leta 2019, smo pa vseeno presegli število obsevanih vzorcev.

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 2020 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 končali sklop praktičnih vaj za študente FMF na II. stopnji bolonjskega študija. Enak sklop vaj se je začel oktobra, a v popolnoma drugačnem režimu – večina vaj za študente je potekala na daljavo.

V sodelovanju z Univerzo Lancaster smo januarja testirali učinkovitost avtonomnega robota, ki izmeri tako gama kot nevtronsko dozno polje. Nadaljevalo se je sodelovanje v okviru transmutacije glikola in glicerina.

Februarja smo zamenjali poškodovana stekla na oknih reaktorske stavbe.

Marca se je začel praktični del usposabljanj za bodoče osebe NEK.

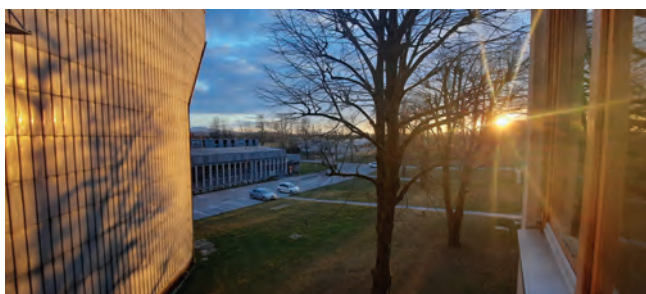
Aprila smo na reaktorju opravili testno sterilizacijo zaščitnih mask FFP2 in FFP3.



Slika 1: Testiranje robota, ki samodejno izmeri dozno polje prostora.



Slika 2: Septembra je osebje F8 in RIC izvedlo prvi tečaj reaktorske fizike na daljavo. Študenti z Univerze v Uppsali so lahko prek Zooma spremljali dogajanje na našem reaktorju vključno z razlago demonstratorja.



Slika 3: Reaktor TRIGA in sončni zahod

Junija in julija se je nadaljevalo praktično usposabljanje za bodoče osebje NEK. Nekatere vaje so bile delno izpeljane na daljavo, delno pa je situacija omogočala izpeljavo vaj v normalnem režimu.

S podjetjem Rolls-Royce Civil Nuclear SAS (Meylan, Francija) smo nadaljevali sodelovanje, in sicer sta bili v letu 2020 opravljene dve kampanji, ena junija in druga novembra. Namen raziskav je razvoj nuklearne instrumentacije.

Avgusta smo za CEA obsevali vzorce FT-TIMS (masna spektrometrija s pomočjo termične ionizacije).

Septembra je osebje F8 in RIC izvedlo prvi tečaj reaktorske fizike na daljavo. Študenti z Univerze v Uppsali so lahko prek Zooma spremljali dogajanje na našem reaktorju, vključno z razlago demonstratorja. Dovolili smo jim tudi upravljanje z našo eksperimentalno opremo. Tako so lahko zajemali podatke iz našega reaktorja in jih obdelali na Švedskem.

Decembra smo izvedli kampanjo pulznega obratovanja. Namen je bilo testiranje odziva detektorja Čerenkovskega sevanja.

Skozi celotno koledarsko leto smo obsevali veliko vzorcev za CERN in druge večje pospeševalnike v sodelovanju z odsekom F9 ali pa neposredno za naročnika.

Junija 2019 je Institut "Jožef Stefan" podpisal skupen dogovor z Generalnim direktoratom Evropske komisije za raziskave in inovacije (jedrska fisija) *Grant Agreement Number 847555*, skupaj s koordinatorjem projekta – Tehnično univerzo v Bratislavi ter z institucijami: Tehnično univerzo na Dunaju, Tehnično univerzo v Pragi ter Univerzo za tehnologijo in ekonomijo v Budimpešti. Naziv projekta je ENEEP (European nuclear experimental educational platform), njegov namen pa 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. Projekt, ki smo

ga odprli skupaj z Odsekom za reaktorsko fiziko (F8), se je nadaljeval v letu 2020. V tem letu smo skupaj z odsekom F8 sodelovali predvsem v WP3, katerega namen je zbiranje informacij o eksperimentalnih napravah in opreme, izobraževalnih aktivnostih ter potencialnih uporabnikih in izvedba SWOT-analize. Delo smo začeli v WP4, ki ga koordiniramo in katerega namen je izvajanje aktivnosti, ki bodo privedle do vzpostavitve platforme.

Nadaljevali smo sodelovanje s podjetjem DITO, ki razvija in prodaja najboljša na sevanje odporna svetila. V reaktorju smo obsevali posamezne komponente luči in tako določali njihovo odpornost.

Operatorji reaktorja so sodelovali pri menjavi radioaktivnih virov C0-60 in Cs-137 za laboratorij za dozimetrične standarde, ki obratuje v okviru F2.

Zaradi preprečevanja širjenja koronavirusa smo lani zelo omejili število obiskovalcev. Odpadel je tudi dan odprtih vrat. Sodelovali pa smo na dogodku Noč raziskovalcev, kjer smo vsem omogočili virtualni ogled reaktorja. Zaradi dobrega odziva smo v sodelovanju z ICJT posneli podoben video, ki si ga lahko ogledajo vsi virtualni obiskovalci iz slovenskih šol.

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. Obsevanje glikolov
dr. Anže Jazbec
3. Obsevanja na reaktorju TRIGA
prof. dr. Borut Smodiš

4. Obsevanje vzorcev FT-TIMS
dr. Anže Jazbec
5. Obsevanje in analiza vzorcev v letu 2019 - 2. del
dr. Anže Jazbec
6. Obsevanje kapsul FT-TIMS na reaktorju TRIGA za 2020-2022
prof. dr. Borut Smodiš
7. Prenovljen vrtiljak „Lazy Susan“
prof. dr. Borut Smodiš
8. Obsevanje vzorcev z uporabo tehnologije za določanje prejetih doz
prof. dr. Borut Smodiš

VEČJE NOVO POGODBENO DELO

1. Obdelava in priprava radioaktivnih odpadkov za potrebe skladiščenja
ARAO
prof. dr. Borut Smodiš

OBISKI

1. Ioannis Tsitsimpelis, Chris Tighe, Andrew West, Lancaster University, Združeno kraljestvo, 27. 1. 2020–31. 1. 2020
2. Clement Barnier, Seremie Durand, Stephane Fargues, Rolls Royce Civil Nuclear S.A.S, Meylan, Francija, 22. 6. 2020–24. 6. 2020
3. Gaël De Cargouët, Pierre Vignollet, Clemente Barnier in Stephane Fargues, Rolls Royce Civil Nuclear S.A.S, Meylan, Francija, 16. 11. 2020–19. 11. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Andrej Gyergyek, Second Technical Meeting of the International Project on Decommissioning of Small Medical, Industrial and Research Facilities, Dunaj, Avstrija, 24. 2. 2020–28. 2. 2020 (1)
2. Anže Jazbec, Technical Meeting on Current Practices and Developments in Research Reactor Spent Fuel Dry Storage, Dunaj, Avstrija, 3. 3. 2020–6. 3. 2020 (1)
3. Anže Jazbec, Sebastjan Rupnik, Vladimir Radulović, Jan Malec, Andraž Verdir, Marko Rosman, Borut Smodiš, Luka Snoj, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, NENE2020, Portorož, Slovenija, 7. 9. 2020–10. 9. 2020 (1)
4. Andraž Verdir, Technical Meeting on Protection of Nuclear Installations Against External Hazards, Dunaj, Avstrija, 16. 11. 2020–18. 11. 2020, virtualno srečanje (1)
5. Anže Jazbec, Workshop on Periodic Safety Review for Research, Dunaj, Avstrija, 23. 11. 2020–27. 11. 2020, virtualno srečanje (1)

SODELAVCI

Raziskovalci

1. **prof. dr. Borut Smodiš, znanstveni svetnik - vodja samostojnega centra Mlajši raziskovalci**
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.

8. International Atomic Energy Agency, Dunaj, Avstrija
9. Inštitut za kovinske materiale in tehnologije (IMT), Ljubljana
10. Ionix Advanced Technologies, Huddersfield, Združeno kraljestvo
11. ISEC Industrial Security AB, Helsingborg, Švedska
12. Istituto Tecnico Volta, Trst, Italija
13. Instrumentation Technologies, d. d.
14. ITER Organization, Saint Paul Lez Durance, Francija
15. Joint Research Centre (JRC)/Institute for reference materials and measurements (IRRM), Geel, Belgija
16. Lancaster University, Lancaster, Združeno kraljestvo
17. Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za jedrsko varnost, Ljubljana
18. Mk team elektro - strojni inženiring, d. o. o., Raka, Raka
19. National Nuclear Research Centre, Baku, Azerbajdžan
20. Nanocut, d. o. o.
21. Nuklearna elektrarna Krško, Krško
22. Univerza v Milanu (Politecnico di Milano), Milano, Italija
23. Precision Acoustics Ltd, Dorchester, Združeno kraljestvo
24. Rolls Royce Civil Nuclear S.A.S, Meylan, Francija
25. Rosatom Central Europe s.r.o., Budimpešta, Madžarska
26. Thermocoax SAS, Flers Cedex, Francija
27. TWI Ltd, Cambridge, Združeno kraljestvo
28. Univerza v Lancashiru, Anglija
29. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana
30. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana
31. Univerza v Uppsali, Uppsala, Švedska

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

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

1. Marcella Cagnazzo *et al.* (16 avtorjev), "The European nuclear experimental educational platform (ENEPP) for education and training", *Atw. Internationale Zeitschrift für Kernenergie*, 2020, **65**, 5, 251-256. [COBISS.SI-ID 15714563]
2. Borut Smodiš, Nuno Pessoa Barradas, Danas Ridikas, Peter Bode, Sheldon Landsberger, "An E-learning tool as living book for knowledge preservation in neutron activation analysis", *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 2020, **325**, 3, 737-741. [COBISS.SI-ID 33302311]
3. Sebastjan Rupnik, Borut Smodiš, Anže Jazbec, "Recent modifications of a TRIGA reactor for NAA and other applications", *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 2020, **325**, 3, 817-821. [COBISS.SI-ID 33296935]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. Luka Snoj *et al.* (22 avtorjev), "Radiation hardness studies and detector characterisation at the JSI TRIGA reactor", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04031. [COBISS.SI-ID 13466115]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Andrej Žohar, Anže Pungertič, Klemen Ambrožič, Vladimir Radulović, Anže Jazbec, Sebastjan Rupnik, Igor Lengar, Luka Snoj, "Conceptual design of irradiation facility with 6 MeV and 7 MeV gamma rays at the JSI TRIGA Mark II research reactor", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04014. [COBISS.SI-ID 33099559]
2. Igor Lengar, Sebastjan Rupnik, Andrej Žohar, Vid Merljak, Marjan Kromar, Luka Snoj, "Usage of multiple fission cells for neutron flux measurements during rod-insertion method", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04024. [COBISS.SI-ID 33102887]
3. Anže Jazbec, Bor Kos, Vladimir Radulović, Klemen Ambrožič, Luka Snoj, "Determination of backscattered neutrons/gammas from open beam port of a research reactor", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-*

- 21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 04032. [COBISS.SI-ID 13470467]
4. A. G. Plant, V. Najdanović-Visak, M. J. Joyce, Luka Snoj, Anže Jazbec, "Producing useful chemicals using a nuclear reactor", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, June 17-21, 2019, Portorož, Slovenia*, Proceedings, (EPJ Web of Conferences **225**), EDP Sciences, 2020, 09003. [COBISS.SI-ID 33103399]
5. Tanja Goričanec, Sebastjan Rupnik, Anže Jazbec, Luka Snoj, "On the optimisation of large sample in-core irradiation channel in the JSI TRIGA reactor", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 301. [COBISS.SI-ID 48870403]
6. Andrej Žohar, Vladimir Radulović, Anže Jazbec, Igor Lengar, Sebastjan Rupnik, Luka Snoj, "Water activation experiments and calculations at JSI TRIGA research reactor", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 302. [COBISS.SI-ID 48874499]
7. Anže Jazbec, Sebastjan Rupnik, Vladimir Radulović, Jan Malec, Andraž Verdir, Marko Rosman, Borut Smodiš, Luka Snoj, "Jožef Stefan Institute TRIGA research reactor activities in the period from September 2019 - August 2020", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 304. [COBISS.SI-ID 48880643]
8. I. Tsitsimpelis, A. West, Anže Jazbec, Luka Snoj, B. Lennox, Philippe A. Martin, M. J. Joyce, "Remote radiation inspection of Jožef Stefan Institute TRIGA Mark II reactor using a mobile robotic platform", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 608. [COBISS.SI-ID 49072643]
9. A. G. Plant, V. Najdanović-Visak, M. J. Joyce, Bor Kos, Anže Jazbec, Luka Snoj, "In-situ acid generation to catalyse solketal production from glycerol using ionizing irradiation from a TRIGA reactor", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1108. [COBISS.SI-ID 49079811]
10. Branislav Vrban *et al.* (16 avtorjev), "Concept of education and training provided by the European nuclear experimental educational platform (ENEPP)", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1607. [COBISS.SI-ID 49088515]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Anže Jazbec, *Izračun nevtronskega in gama doznega polja znotraj reaktorske hale reaktorja TRIGA Mark II na IJS: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Luka Snoj). [COBISS.SI-ID 49249795]

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.

Poglavitna naloga CMI je vzdrževanje računalniškega omrežja, storitev in naprav, ki jih uporabljajo pri svojem delu uporabniki na IJS ter njihovi sodelavci, projekti in skupine, delujemo pa tudi širše v nacionalnem in mednarodnem prostoru. Skrbimo za vključenost v lokalno in svetovno komunikacijsko omrežje, za 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

Na področju omrežja CMI z razvojem in vzdrževanjem omrežne hrbtenice IJS in omrežij posameznih odsekov zagotavlja dostop do notranjih storitev in interneta. V to področje dela spada tudi vzdrževanje brezžičnih omrežij ter namenskih omrežij za posamezne storitve, projekte in dejavnosti (npr. namenske povezave do tujih centrov, varnostne povezave do Reaktorskega centra Podgorica, povezave v namenska znanstvena omrežja prek omrežja GÉANT ipd.).

Fizično omrežje: V letu 2020 smo nadaljevali širjenje fizične zmogljivosti omrežja ter posodabljali in nadgrajevali aktivno opremo, brezžične postaje ter ključne aktivne komponente (usmerjevalnike hrbteničnega omrežja). Z uvedbo 100 Gbit/s hrbteničnega omrežja z dvojnimi priklpom na omrežje Arnes smo povečali pasovno širino, sprva le do namenskih povezav do večjih superračunalniških in podatkovnih kapacitet. Nadaljevali smo optimizacijo hrbteničnega omrežja in širili uporabo navideznih omrežij za lokacijsko razpršene odseke, gruče, virtualne strežnike ter sisteme za oddaljen dostop za različne oblike vzdrževanja in souporabe virov. Na zunanjih povezavah smo optimizirali uporabo za sodelovanja v nacionalnih in mednarodnih mrežnih superračunalniških projektih, prenose večjih količin podatkov ter razvoj in testiranje v okviru projektov EuroHPC, EOSC, HPC RIVR, WLCG (World Wide Large Hadron Collider Computing Grid), Belle2 ter uporabnikov EGI in PRACE prek omrežij GÉANT ter v okviru uporabe namenskih znanstvenih zasebnih omrežij LHCONe in PRACE.

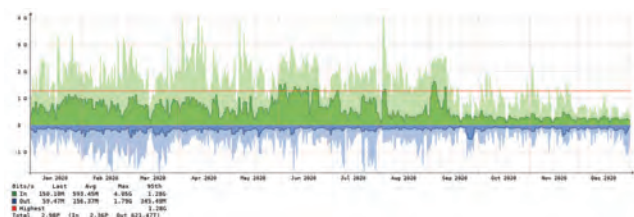
Nadzorni sistemi: Nadaljnji razvoj sistemov za spremljanje in nadzor omrežja, mrežnih dogodkov, prometa in storitev (sistem za nadzor in obveščanje Nagios, sistemi Ganglia, Cacti, sistem za spremljanje omrežnega prometa Observium, sistem za dinamično spremljanje in analitiko dogodkov Kibana/ElasticSearch ter sistem Grafana za integracijo ter spremljanje podatkov in trendov z različnimi vtičniki za zajemanje podatkov) je omogočil nadaljnje vključevanje internih orodij, sistemov in senzorjev za kontrolo pogojev v prostorih ter v posameznih sistemih in napravah. 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-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 zgoščanje omrežja in izboljševali brezžično pokritost na področjih povečane uporabe.



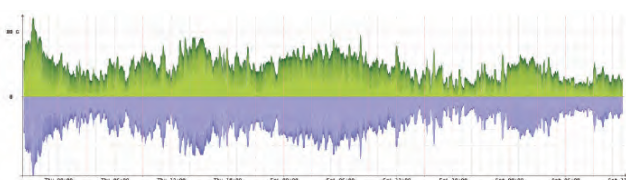
Vodja:

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



Slika 2: Promet po novih 100 G bit/s povezavah od aprila kaže zelo velike prenose v centru na Teslovi.

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 z aktivnim požarnim zidom, pri namenskih omrežnih povezavah pa s pasivnimi sredstvi (nastavitve, omejitve in nadzor), ki omogočajo večjo prepustnost. Dinamični nadzor, spremljanje prometa in delovanja ter upravljanje z nadzornimi mehanizmi so nujni za zagotavljanja ustrezne stopnje varnosti, saj moramo v omrežju IJS ob relativni odprtosti akademskega omrežja zagotoviti

Lastni razvoj varnostnih sistemov za elektronsko pošto, dinamični aktivni požarni zid, varno oddaljen dostop, virtualna omrežja ter napreden sistem za nadzor in analitiko zagotavljajo varno in odprto akademsko omrežje v dobi vse manj prijaznega interneta.

tudi visoko stopnjo varnosti, razpoložljivosti in prepustnosti. To zahteva uporabo vse zmogljivejše strojne in programske opreme ter sistemov za zajemanje in analitiko metrike dogodkov, zlasti v 100 Gbit/s omrežjih, in zato nesorazmerno veliko časa za nadzor in dinamično prilagajanje varnostnih ukrepov. V nekaterih omrežjih smo tesno vpeljali mehanizem za varovanje fizičnih priključkov s prijavo (ethernet port security), kar omogoča tudi avtonomno priklapljanje novih naprav, npr. v računalniških učilnicah in laboratorijih.

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 z razvojem odprtokodnega paketa Amavisd in njegovo integracijo s paketi, kot so SpamAssassin, ter izboljševali 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 se povečuje 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 GEANT. 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.

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 osebnega računalništva (podpora in upravljanje odsečnih sistemov enotne prijave) ter upravljanje s kritičnimi osebnimi računalniki in komponentami.

Infrastrukturo za intenzivno računanje, ki jo vzpostavljamo v Računalniškem centru IJS Teslova od leta 2015, smo v letu 2020 razširili z novo vrsto omar s hladilno in električno podporo ter tako omogočili



Slika 3: Razširitev kapacitet in nove omare v Računskem centru IJS Teslova so omogočile razširitev sistema NSC in namestitve Arnesove superračunalniške gruče, ki je bila ob zagonu najmočnejši superračunalniški sistem v Sloveniji (na sliki v prvi vrsti).

nadaljnjo širitev, ki pa jo omejuje obstoječa transformatorska infrastruktura na lokaciji. To je nujno treba nadgraditi. Med drugim je center sprejel novi superračunalnik Arnes, ki ga naši uporabniki s pridom izkoriščajo in je bil ob postavitvi najmočnejši sistem za intenzivne računske obdelave v Sloveniji.

V računalniškem centru CMI na Jamovi pa smo z dodatnimi omarami razširili možnost za gostovanje 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 130 virtualnih spletnih strežnikov).

Nadaljevali smo posodabljanje spletnih strani z dokumentacijo in razvoj preprostejših vmesnikov za uporabnike. Sistem enotne prijave za spletne storitve, vključen v nacionalno federacijo Arnes AAI ter evropsko federacijo eduGAIN, ima vse več uporabnikov, saj omogoča dostop do številnih storitev v Sloveniji in tujini. 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 EuroHPC, superračunalnik Vega, zaživel aprila 2021 na IZUM v Mariboru, kar je bil plod sodelovanja članic SLING, ter s projektom Nacionalnega kompetenčnega centra EuroHPC v okviru SLING v letu 2020 močno napredovala. Razvoj obstoječih tehnologij intenzivnega računalništva je bil zelo hiter in naša strategija združevanja teh pristopov je bila potrjena v sprejeti arhitekturi sistema Vega. CMI je naprej upravljal z osrednjo gručo in sodeloval s posameznimi računskimi gručami na IJS, kot del slovenskega nacionalnega superračunalniškega omrežja SLING pa je sooblikoval nacionalno strategijo in sodelovanje v projektu EUROCC. V okviru te dejavnosti CMI skrbi 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 2020 je bilo zaradi vidnih dejavnosti še močnejše naraščanje števila uporabnikov, v prostorih Računalniškega centra IJS Teslova pa smo skupno gručo z zmogljivostjo 1984 64-bitnih procesnih jeder, 16 vektorskimi koprocessori NVIDIA Kepler 40, skoraj 9 TB pomnilnika in 90 TB prostora za shrambo podatkov v sodelovanju z odsekom E7 nadgradili s štirimi novimi vozlišči, ki so prinesla procesorje AMD Epyc, NVIDIA Ampère 100 in Xilinx FPGA. Hkrati je bila na Teslovi nameščena Arnesova superračunalniška gruča, ki je postala največja javno dostopna gruča v državi. V okviru dela centra in gručice smo nadaljevali s podporo uporabnikom in integracijo nove gručice ter obstoječih inštitutskih 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), Evropski iniciativi za grid (EGI), Partnerstvu za napredno računalništvo v Evropi PRACE, v okviru projektov EuroHPC Vega in Leonardo 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 aktivnostih, 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 načrtovanju arhitekture projekta EuroHPC Vega kot slovenskega superračunalnika v sistemu EuroHPC.



Slika 4: Sodobno kabliranje z uporabo prilagojenih dolžin kablov v mrežnih omarah na Teslovi pomeni lažje vzdrževanje in hitrejše odpravljanje napak.

Repozitoriji za programsko opremo, datoteke in podatke ter podpora za skupinsko delo in razvoj programske opreme so nujne osnove za sodobno napredno znanstveno delo, IJS pa je vse bolj viden tudi na področju superračunalništva, ki je nujno za znanstvene obdelave vse večjih količin podatkov.

MEDNARODNA PROJEKTA

1. EACEA: B-AIR; Zvočna umetnost za dojenčke, malčke in ranljive skupine na umetniškem spletnem radijskem kanalu, podprtem z inovativno tehnologijo
EACEA - Educational, Audiovisual & Culture Executive Agency
dr. Jan Jona Javoršek
2. H2020 - EUROCC; Nacionalni kompetenčni centri v okviru EuroHPC
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 od 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 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 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 2020 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 financerjev 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

VEČJE NOVO POGODBENO DELO

1. Konzorcijska pogodba o nabavi elektronskih publikacij za leto 2020
Centralna tehniška knjižnica
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
10. Saša Žnidar, prof. angl. in univ. dipl. bibl.

CENTER ZA ENERGETSKO UČINKOVITOST

CEU

Osnovna usmerjenost delovanja Centra za energetska učinkovitost je področje učinkovite rabe energije, dolgoročnega načrtovanja v energetiki in aktivnosti za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov (TGP). Center je danes 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 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 vedno bolj vpet tudi v evropske raziskovalne projekte.



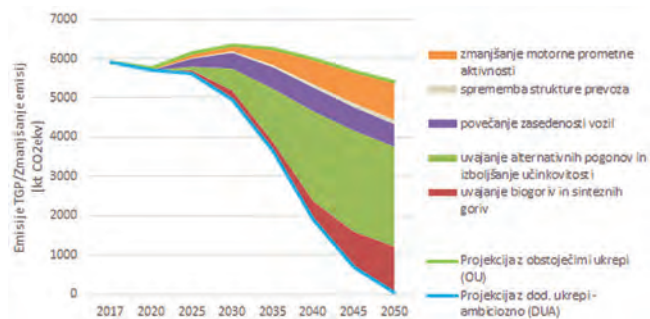
Vodja:
mag. Stane Merše

Energetika in okolje

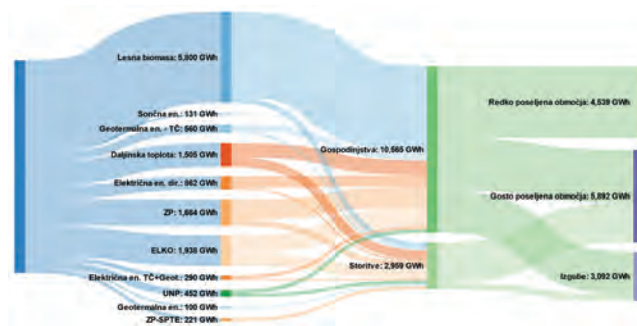
Tudi v letu 2020 je Center s svojim strokovnim delom zagotavljal kakovostno podporo ministrstvom pri pripravi razvojnih strateških dokumentov in prenosu EU-zakonodaje. Učinkovita raba energije je za doseganje podnebno energetskih ciljev prednostno področje in skladno z Direktivo o energetska učinkovitosti (2012/27/EU) je bilo izdelano poročilo o izvajanju akcijskega načrta za leto 2018. CEU je vodil konzorcij za pripravo strokovnih podlag ter osnutka Celovitega nacionalnega energetskega in podnebne načrta (NEPN) Republike Slovenije, ki je bil sprejet februarja 2020, ter nadaljeval pripravo Dolgoročne strategije energetske prenove stavb do leta 2050.

Pri strokovni podpori Ministrstva za okolje in prostor so bile aktivnosti Centra usmerjene v pripravo osnutka Dolgoročne podnebne strategije Slovenije do leta 2050, ki je bil izdelan na podlagi strokovnih podlag in dolgoročnih projekcij emisij TGP, izdelanih v okviru izvajanja projekta LIFE Podnebna pot 2050, ki je namenjen spremljanju napredka in načrtovanju podnebnih ukrepov za zmanjšanje emisij TGP na področjih stavb, prometa, industrije, kmetijstva, gozdarstva in odpadkov. Izdelano je bilo tretje 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, s ciljem učinkovitejšega doseganja ciljev Slovenije pri zmanjševanju emisij TGP do leta 2030 oziroma hitrejšega prehoda v podnebno nevtralno 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 in izdelavi dveletnega poročila Slovenije (4BR) ter nadaljeval pripravo strokovnih podlag za Nacionalni program nadzora nad onesnaževanjem zraka (OP NEC).

Center sodeluje s Statističnim uradom Republike Slovenije, kjer za potrebe nacionalne energetske statistike pripravlja modelski izračun rabe goriv in energije v gospodinjstvih. Tudi v letu 2020 je Center nadaljeval aktivnosti državnega referenčnega središča za energijo s pripravo razširjenega nabora kazalcev za področje energije in okolja. Za Agencijo za energijo je za podporno shemo za proizvodne naprave OVE in soproizvodnje CEU določil referenčne stroške električne energije za leto 2021.



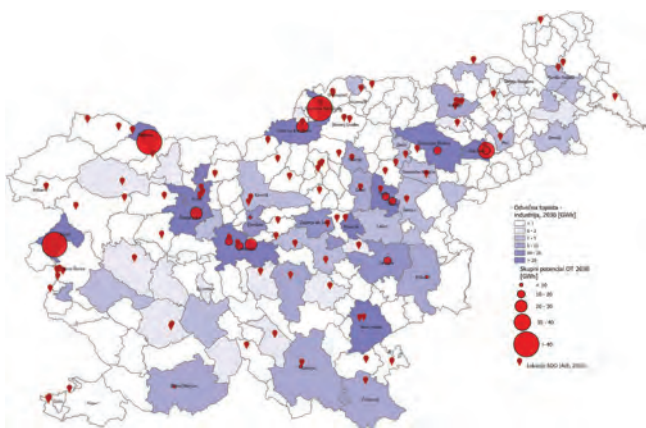
Slika 1: Učinek različnih ukrepov za zmanjšanje emisij TGP v prometu (LIFE Podnebna pot 2050)



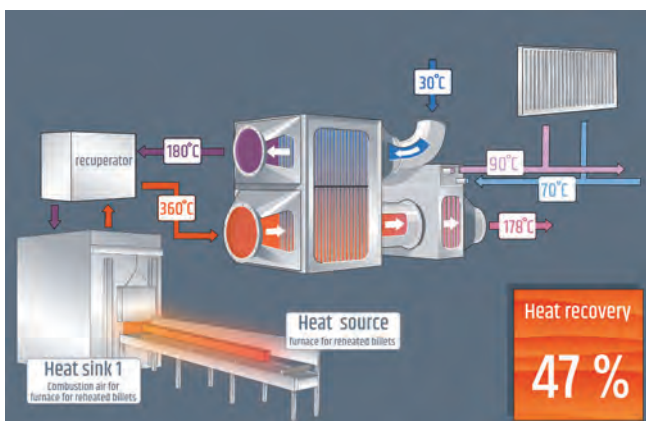
Slika 2: Struktura ogrevanja stavb v Sloveniji v letu 2017



Slika 3: Testno polje za oceno potenciala izkoriščanja sončne energije na strehi obrata SIJ-Acroni v okviru projekta CREATORS



Slika 4: Geografska porazdelitev potencialov energije odvečne toplote v industriji za referenčno leto 2030 (toplotna karta IJS-CEU)



Slika 5: Shema pilotne naprave za izkoriščanje odvečne toplote Allino peči v podjetju SIJ Metal Ravne, d. o. o., v okviru projekta ETEKINA

- uvajanje shem refinanciranja za pospešitev izvajanja projektov energetske učinkovitosti (REFINE),
- EU podnebni dialog (EUKI, Climate Recon 2050),
- strokovnjaki za energetsko učinkovitost (EEE),
- izvajanje EU direktive o energetske učinkovitosti (CA - EED2),
- izvajanje EU direktive o obnovljivih virih energije (CA - RES3).

Spodbujanje učinkovite rabe energije in energetske svetovanje

Center za energetsko učinkovitost je v letu 2020 nadaljeval svoje izobraževalne aktivnosti in začel že trinajsti cikel izobraževanja energetskih managerjev v okviru evropskega programa. Glede na zelo pozitiven odziv slušateljev in izkazan interes (v Sloveniji je že več kot 240 energetskih managerjev z licenco EUREM) se kaže velika potreba po tovrstnem izobraževanju, saj je kakovostno znanje na tem področju ključno za izvedbo učinkovitih rešitev v praksi.

V letu 2020 je CEU nadaljeval intenzivno razvojno delo na področju daljinskega ogrevanja (DO) in uspešno zaključil Primerjalno študijo podjetij daljinskega ogrevanja, kjer je bila izdelana podrobna analiza delovanja in razvoja 13 sistemov DO v Sloveniji. Nadaljeval se je intenzivni razvoj GIS-orodja za prostorsko analizo rabe toplote v stavbah (»heat map«) – toplotne karte Slovenije, ki je bilo uporabljeno za pripravo Ocene potencialov učinkovitega ogrevanja in hlajenja v Sloveniji ter Strategije ogrevanja in hlajenja.

CEU je prvič izdelal *Oceno okoljskih učinkov projektov iz sredstev Zelene obveznice SID banke za leto 2019* ter začel izvajati razširjen energetski pregled stavb URI Soča. Nadaljevala se je priprava *Strategije energetske in snovne učinkovitosti ter trajnostnega razvoja podjetja DARS, d. d., do leta 2030* ter strokovno sodelovanje s podjetjem Plinovodi, d. o. o., in podjetjem SIJ Metal Ravne, d. o. o., na področju izkoriščanja odvečne toplote.

Center je programsko vodil pripravo izvedbe 22. konference Dnevi energetikov, letnega srečanja energetskih managerjev z več kot 200 udeležencev, kar potrjuje kakovost in prepoznavnost strokovnega dela CEU v javnosti.

Mednarodno sodelovanje

V letu 2020 je CEU sodeloval pri izvedbi 14 mednarodnih projektov, ki se financirajo iz sredstev Evropske unije v okviru programa Life, Horizon 2020 in ERASMUS+ ter programa EUKI. Projekti zajemajo aktivnosti na naslednjih področjih:

- slovenska podnebna pot do sredine stoletja (LIFE Podnebna pot 2050),
- podpora učinkovitejšemu doseganju ciljev Slovenije pri zmanjševanju emisij TGP (Celostni integralni projekt LIFE IP CARE4CLIMATE),
- tehnologija toplotnih cevi za izkoriščanje odvečne toplote v industriji (ETEKINA),
- spodbujanje investicij v storitve energetske učinkovitosti z zagotavljanjem kakovosti (QualitEE),
- spremljanje kazalcev rabe energije in energetske učinkovitosti v EU (ODYSSEE MURE),
- izboljšanje delovanja daljinskih sistemov v centralni in vzhodni Evropi (KeepWarm),
- uvajanje učinkovitega, ekonomsko odpornega, čistega in podnebno prijaznega ogrevanja in hlajenja pri evropskih potrošnikih (REPLACE),
- razvoj aplikacij in storitev za ustvarjanje poslovno uspešnih razvoj lokalnih energetskih skupnosti - (CREATORS),
- podpora vrednotenju prihrankov energije (streamSAVE),

Projekti vključujejo sodelovanje z raziskovalno-razvojnimi organizacijami iz Evrope z močnim poudarkom na konkretnih aplikativnih primerih in promociji energetske učinkovitosti. V okviru vsakega od projektov so sodelavci CEU sodelovali pri številnih tujih strokovnih srečanjih, obiskih in sestankih.

Najpomembnejša dela in 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, osnutek Dolgoročne podnebne strategije Slovenije do leta 2050, Dolgoročne strategije energetske prenove stavb do leta 2050 idr.
2. Izvajanje izobraževanja energetskih managerjev v okviru evropskega programa EUREM ter strokovna podpora industriji in drugim ustanovam z izvedbo energetskih pregledov, študij izvedljivosti in drugih svetovanj (Goodyear, TE-TOL, Luka Koper, Salonit Anhovo, Telekom Slovenije, Letrika-Mahle, BTC idr.).
3. CEU je v okviru evropskega projekta *Transparensense* zelo uspešno vodil pripravo *Evropskega kodeksa ravnanja za energetske pogodbeništv*. Kodeks opredeljuje temeljne vrednote in načela, ki so ključnega pomena za uspešno pripravo in izvajanje projektov pogodbenega zagotavljanja prihranka energije. Kodeks je bil zelo dobro sprejet na evropski ravni in ima trenutno že 171 podpisnikov, med njimi tudi Evropsko združenje podjetij za energetske storitve (eu.ESCO) in Evropsko zvezo za inteligentne storitve energetske učinkovitosti (EFIEES), podpira pa ga tudi Evropska komisija. V Sloveniji je bil kodeks v praksi že preizkušen pri projektu celovite energetske prenove občinske stavbe občine Brda.

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 razvojnemu prestrukturiranju.

Patent

1. Marko Matkovič, Iztok Tiselj, Ivo Kljenak, Andrej Prošek, Matjaž Leskovar, Ljubo Fabjan, Leon Cizelj, Method and apparatus for assessing the state of spent-fuel facility, GB2530969 (B), UK Patent Office, 8. 4. 2020

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Podnebna strategija v luči lokalnih izzivov, delavnica v okviru projekta LIFE Podnebna pot 2050, RCP Brinje, 12. 2. 2020
2. EUREM izobraževanje, RCP, Brinje, od marca do maja 2020 (zaradi covida-19 le deloma izvedeno leta 2020, preostanek leta 2021)
3. Predstavitev osnutka Dolgoročne podnebne strategije Slovenije do leta 2050, Ljubljana, 18. 9. 2020 (soorganizacija z Ministrstvom za okolje in prostor)
4. Predstavitev analitičnih podlag za Dolgoročno podnebno strategijo Slovenije do leta 2050 v okviru LIFE Podnebna pot 2050, Ljubljana, 24. 9. 2020
5. Predstavitev osnutka Dolgoročne podnebne strategije Slovenije do leta 2050, Ljubljana, 25. 9. 2020 (soorganizacija z Ministrstvom za okolje in prostor)
6. 22. Dnevi energetikov, 23. in 24. 11. 2020, 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 energetska 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 - QualitEE; Certificiranje kakovosti storitev energetske učinkovitosti za povečanje obsega odgovornih naložb v stavbe
European Commission
mag. Damir Staničić
6. H2020 - KeepWarm; Izboljšanje delovanja daljinskih sistemov v centralni in vzhodni Evropi
European Commission
mag. Stane Merše
7. H2020 - ODYSEE-MURE; Spremljanje načela umestitve energetske učinkovitosti EU na prvo mesto in izvajanje ukrepov
European Commission
dr. Fouad Al-Mansour
8. H2020 - REPLACE; Narediti ogrevanje in hlajenje evropskim potrošnikom bolj učinkovito, ekonomsko prilagodljivo, čisto in podnebju prijazno
European Commission
dr. Gašper Stegnar

9. H2020 - REFINE; Vključevanje shem refinanciranja v podporo izvajanju projektov storitev energetske učinkovitosti
European Commission
mag. Damir Staničič
10. H2020 - streamSAVE; Podpora vrednotenju prihrankov energije
European Commission
dr. Matevž Pušnik
11. H2020 - CREATORS; Razvoj aplikacij in storitvenih paketov za ustvarjanje poslovnih uspešnih lokalnih energetskih skupnosti
European Commission
dr. Boris Sučić

PROGRAM

1. Modeliranje in ocene posegov v okolju in energetiki
dr. Fouad Al-Mansour

PROJEKTI

1. Družbena sprejemljivost prostorskih učinkov v scenarijih rabe OVE
mag. Andreja Urbančič
2. Raziskave turbulentnega prenosa toplote v kanalu z naprednimi eksperimentalnimi in računskimi metodami
doc. dr. Marko Matkovič
3. Vrednotenje ukrepov za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov v industriji
dr. Matevž Pušnik
4. Razvoj in načrtovanje spremljanja rabe energije preko povezovanja različnih podatkovnih baz
dr. Fouad Al-Mansour

5. Vrednotenje ukrepov za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov v industriji
dr. Matevž Pušnik
6. Razvoj in načrtovanje spremljanja rabe energije preko povezovanja različnih podatkovnih baz
dr. Fouad Al-Mansour

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Študije oz. analize preveritev upravičenosti in utemeljitev priprave območnih načrtov za goriško, gorenjsko in koroško regijo z namenom naslavljanja ukrepov in ciljev iz sklada za pravični prehod (JTF - JUST transition fund)
Golea, Nova Gorica
dr. Boris Sučić
2. Priprava osnutka Dolgoročne podnebne strategije Slovenije do leta 2050 in pomoč pri nadaljevalnem usklajevanju dokumenta
Ministrstvo za okolje in prostor
Katarina Trstenjak, M. Sc., univ. dipl. geog.
3. Priprava 4. dveletnega poročila (4BR) Slovenije v skladu s poročevalskimi določili Okvirne konvencije OZN za podnebne spremembe (UNFCCC)
Ministrstvo za okolje in prostor
Matjaž Česen, univ. dipl. meteorol.
4. Modelski izračun porabe energije in goriv v gospodinjstvu za leto 2019
Statistični urad Republike Slovenije
Matjaž Česen, univ. dipl. meteorol.
5. Izvedba ocene okoljskih učinkov
Sid Banka, d. d., Ljubljana
mag. Stane Merše
6. Analiza in posodobitev podatkov o načrtovani porabi zemeljskega plina za potrditev projekta M6 Ajdovščina – Lucija
Plinovodi, d. o. o.
mag. Stane Merše

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Fouad Al-Mansour: 6. konferenca Trajnostna energija lokalno 20, 17. 9. 2020, Ljubljana, virtualno
2. Matjaž Česen, Marko Đorić, Katarina Trstenjak: Statistični dan 2020, posvetovanje, Podnebna kriza – vroči podatki, Brdo pri Kranju, 28. 1. 2020
3. Matjaž Česen: TFEIP/EIONET 2020 – letno srečanje, 11.–14. 5. 2020, virtualno
4. Marko Kovač: 4. nacionalna konferenca o trajnostni mobilnosti, Ljubljana, 12. 2. 2020
5. Marko Kovač: 2020 5th International conference on Sustainable and Renewable Energy Engineering – ICREE 5, Pariz, Francija, 5.–8. 5. 2020, virtualno (1)
6. Stane Merše, Boris Sučić: predstavitev dopolnjenega osnutka Celovitega nacionalnega energetskega in podnebnega načrta (NEPN) – javna predstavitev NEPN in Okoljskega poročila, Ljubljana, 28. 1. 2020
7. Stane Merše, Gašper Stegnar: CA EED Workshop, Barcelona, Španija, 29.–31. 1. 2020
8. Stane Merše: 23rd Energy Community Energy efficiency coordination group meeting and workshops, 10. 6. 2020, virtualno (1)

9. Stane Merše, Damir Staničič, 6/7th Plenary Meeting Concerted Action for the Energy Efficiency Directive, 13.–15. 10. 2020, virtualno (1)
10. Matevž Pušnik: Priložnosti v krožnem in podnebno nevtralnem gospodarstvu in družbi, Prizadevanja za prehod na trajnostno in nizkoogljično gospodarstvo; vabljeno predavanje z naslovom: Podnebna nevtralnost – strokovne podlage za Dolgoročno podnebno strategijo s poudarkom na industriji, GZS, Ljubljana, 24. 11. 2020, virtualno (1)
11. Boris Sučić: Posvet Izzivi razvoja energetskega sektorja, pilotnih projektov in prestrukturiranja energetskega intenzivnih industrijskih panog v luči novega NEPN, Ljubljana, 1. 10. 2020 (1)
12. Katarina Trstenjak: The role of subnational governments in long-term climate strategies; experiences from consultative processes – GLZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), 6. 7. 2020, virtualno (1)
13. Katarina Trstenjak: LIFE UNIFY srečanje podporne deležniške skupine, Ljubljana, 2. 9. 2020 (1)
14. Katarina Trstenjak: Slovenska industrija prihodnosti: Prehod na krožno gospodarstvo preko industrije 4.0, Celje, TECOS, 10. 9. 2020 (1)
15. Andreja Urbančič: Drugo izobraževanje Podnebnega programa Mreže za prostor, 15. 12. 2020, virtualno (Zoom) (1)

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 Čižman
9. Marija Kavčič, dipl. ekon.
10. mag. Edvard Košnjek
11. dr. Marko Kovač
12. Polona Lah, univ. dipl. ekon.
13. Marko Pečkaj, univ. dipl. inž. str.
14. mag. Barbara Petelin Visočnik
15. dr. Gašper Stegnar
16. dr. Boris Sučić
17. Luka Tavčar, univ. dipl. inž. str.

Tehniški in administrativni sodelavci

18. Marko Đorić, univ. dipl. inž. el.
19. Tadeja Janša, mag. posl. ved.
20. Igor Ribič
21. Katarina Trstenjak, univ. dipl. geog.

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. ADEME, Angers, Francija
2. Agencija RS za okolje, Ljubljana, Slovenija
3. Agencija za energijo, Maribor, Slovenija
4. Agencija 101, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
5. AMZS, d. d., Ljubljana, Slovenija
6. ARAEN – Agenzia Regionale per l'energia, Pescara, Italija
7. Aquarius ekološki inženiring, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
8. Arbeitsgemeinschaft für Sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) im VKU, Köln, Nemčija
9. Austrian Energy Agency, Dunaj, Avstrija
10. Berliner Energie Agentur, Berlin, Nemčija
11. Bio Goriva, d. o. o.
12. Brunel University London, Velika Britanija
13. BTC, d. d., Ljubljana, Slovenija

14. Butan plin, d. d., Ljubljana, Slovenija
15. Center poslovne odličnosti Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani (CPOEF), Ljubljana, Slovenija
16. Centre for Renewable Energy Sources and Saving Fondation, Pikermi, Grčija
17. Ceramiche Atlas Concorde SPA, Modena, Italija
18. COGEN Europe, Bruselj, Belgija
19. CREARA CONSULTORES SL, Madrid, Španija
20. CRES, Pikermi, Grčija
21. Cyprus University of Technology, Ciper
22. Časnik Finance, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
23. Danish Energy Agency, København, Danska
24. DARS – družba za avtoceste, Celje Slovenija
25. Econotherm (UK) Limited (ECON), Bridgton, Velika Britanija
26. EEVS Insight Limited, Rochester, Velika Britanija
27. Elektrotinstitut Milan Vidmar, Ljubljana, Slovenija
28. EKODOMA, Riga, Latvija
29. ELAPHE, d. o. o.
30. ELEK svetovanje, d. o. o., Ljubljana
31. Elektro Slovenija, Ljubljana, Slovenija
32. ENERDATA SAS, Grenoble, Francija
33. Energetične Centrum Bratislava, Bratislava, Slovaška
34. Energetika Celje, Celje, Slovenija
35. Energetika Ljubljana, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
36. Energetika Maribor, d. o. o., Maribor, Slovenija
37. Energetska zbornica Slovenije (EZS), Ljubljana, Slovenija
38. Energy Saving Trust, London, Velika Britanija
39. ENOS, d. d.
40. EUREM Consortium c/o IHK, Nürnberg, Nemčija
41. EuroHeat&Power, European Science Communication Institute GGBH, Oldenburg, Nemčija
42. European Federation of Intelligent Energy Efficiency Services, Bruselj, Belgija
43. EVA, Dunaj, Avstrija
44. Evropska komisija, Bruselj, Belgija
45. E7 Energie Markt Analyse, Dunaj, Avstrija
46. Factor 4 BVBA, Duffel, Belgija
47. FAGOR EDERLAN S. COOP. (FED), Eskoritza, Španija
48. Finance, Ljubljana, Slovenija
49. Fraunhofer Gesellschaft zur Foerferung dr Angewandten Forschung E.V., München, Nemčija
50. Geološki zavod Slovenije (GeoZS), Ljubljana, Slovenija
51. Geoplin, Ljubljana, Slovenija
52. Goriška lokalna energetska agencija – GOLEA, Nova Gorica, Slovenija
53. Gospodarska zbornica, Ljubljana, Slovenija
54. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija
55. Gradbeni inštitut ZRMK, Ljubljana, Slovenija
56. Grazer Energie Agentur, Gradec, Avstrija
57. Holding Slovenske elektrarne, Ljubljana, Slovenija
58. Hot-Horse, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
59. IKERLAN S COOP (IK4-IKERLAN), Mondragon, Španija
60. INEA, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
61. IAEA, Dunaj, Avstrija
62. Industrial Fuinaces Insertec S.L. (INSER), Basauri, Biscay, Španija
63. Informa Echo, Ljubljana, Slovenija
64. Institut za ekonomska raziskovanja, IER, Ljubljana, Slovenija
65. Irish Energy Centre, Dublin, Irsko
66. Javni zavod Splošna bolnišnica Brežice, Slovenija
67. Javno podjetje KENOG, d. o. o., Nova Gorica, Slovenija
68. Javno podjetje Komunala Trbovlje, d. o. o., Trbovlje, Slovenija
69. Javno podjetje Komunala Slovenj Gradec, d. o. o., Slovenj Gradec, Slovenija
70. Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
71. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija
72. Komunala, javno podjetje, d. o. o., Murska Sobota, Slovenija
73. Komunalno podjetje Velenje, d. o. o., Velenje, Slovenija
74. Koto, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
75. Lokalna energetska agencija Gorenjske, LEAG, Kranj, Slovenija
76. Ljubljanske mlekarne, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
77. Luka Koper, Koper, Slovenija
78. Malaga City Council, Malaga, Španija
79. Mestna občina Kranj, Slovenija
80. Mestna občina Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
81. Ministrstvo za gospodarstvo, Ljubljana, Slovenija
82. Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana, Slovenija
83. Ministrstvo za infrastrukturo, Ljubljana, Slovenija
84. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Ljubljana, Slovenija, Moja Energija, d. o. o., Maribor, Slovenija
85. MOTIVA, Helsinki, Finska
86. Netherlands Enterprise Agency, Utrecht, Nizozemska
87. Odelo Slovenija, d. o. o., Prebold, Slovenija
88. O. Ö. Energiesparverband, Linz, Avstrija
89. Petrol, d. d., Ljubljana, Slovenija
90. Pivovarna Union, Ljubljana, Slovenija
91. Plinovodi, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
92. PNZ svetovanje projektiranje, Ljubljana, Slovenija
93. Resalta, družba za upravljanje energetskih storitev, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
94. RVO Netherlands Enterprise Agency, Nizozemska
95. Salonit, Anhovo, Slovenija
96. Sberbank banka, d. d., Ljubljana, Slovenija
97. Sdruzhenie Chernomorski Izsledovatelski Energien Tsentar, Sofija, Bolgarija
98. SEVEN, The Energy Efficiency Center, Praga, Češka
99. SID banka, d. d., Ljubljana, Slovenija
100. SIJ Acroni, d. o. o., Jesenice, Slovenija
101. SIJ Metal Ravne, d. o. o., Slovenija
102. Solvera Lynx, Ljubljana, Slovenija
103. Statistični urad RS, Ljubljana, Slovenija
104. Sustainable Energy, Dublin, Irsko
105. TANIN Sevnica d. d., Sevnica, Slovenija
106. Telekom Slovenije, d. d., Ljubljana, Slovenija
107. Termoelektrarna Šoštanj, Slovenija
108. Urad RS za makroekonomske analize in razvoj, Ljubljana, Slovenija
109. Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Modena, Italija
110. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija
111. Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
112. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Ljubljana, Slovenija
113. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
114. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, Portorož, Slovenija
115. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
116. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
117. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija
118. Univerza v Zagrebu, Fakulteta za strojništvo in ladjedelništvo, Zagreb, Hrvaška
119. Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana, Slovenija

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNA ZNANSTVENA ČLANKA

1. Jurgita Malinauskaite, H. Jouhara, B. Egilegor, Fouad Al-Mansour, L. Ahmad, Matevž Pušnik, "Energy efficiency in the industrial sector in the EU, Slovenia, and Spain", *Energy*, 2020, **208**, 118398. [COBISS.SI-ID 25095171]
2. Marko Kovač, Matjaž Česen, Andreja Urbančič, Stane Merše, "Is there a chance to limit transport in Slovenia in the light of the climate change?: top down approach for personal vehicles", *International journal of environmental sciences and development*, 2020, **11**, 11, 499-503. [COBISS.SI-ID 46767619]

STROKOVNI ČLANKI

1. Marko Kovač, "Klimatske spremembe kot Veliki filter razvoja (naše civilizacije)", *Alternator: misliti znanost*. [COBISS.SI-ID 51631107]
2. Marko Kovač, "Pogled v električno 2020", *Monitor*, 2020, **30**, 2, 52-57. [COBISS.SI-ID 33137959]
3. Marko Kovač, "Od korone do elektrike?", *Monitor*, 2020, **30**, 12, 30-37. [COBISS.SI-ID 46776579]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA

KONFERENCI

1. Andrej Trkov, Luka Snoj, Stane Merše, Johannes Teun van Elteren, Blaž Likozar, "A new paradigm on plastic waste (plastics - the problem or the solution)", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 601. [COBISS.SI-ID 49060611]
2. Boštjan Zajec, Anil Kumar Basavaraj, Blaž Mikuž, Boštjan Končar, Mohit Sharma, Marko Matkovič, "Experimental and numerical analysis of heat transfer on the annular test section", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 708. [COBISS.SI-ID 46912771]

3. Boštjan Zajec, Boštjan Končar, Marko Matkovič, Leon Cizelj, "Experimental investigation of subcooled flow boiling of R245fa in a narrow horizontal annular duct", V: *MHMT'20, 5th World Congress on Momentum, Heat and Mass Transfer, October 14 - 16, 2020*, Proceedings, International ASET Inc., 2020, 170. [COBISS.SI-ID 33491971]

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: Three decades of transitions in Central and Eastern Europe*, Elsevier, 2020, 247-282. [COBISS.SI-ID 5162779]

STROKOVNA MONOGRAFIJA

1. Barbara Petelin-Visočnik, Katarina Trstenjak, Andreja Urbančič, Polona Lah, Gašper Stegnar, Marko Kovač, Tadej Žaucer, Jože Verbič, *Podnebno ogledalo 2020: cilji v letu 2020 so prvi mejnik na poti v podnebno nevtralno družbo*, Institut "Jožef Stefan", 2020. [COBISS.SI-ID 49111043]

PATENT

1. Marko Matkovič, Iztok Tiselj, Ivo Kljenak, Andrej Prošek, Matjaž Leskovar, Ljubo Fabjan, Leon Cizelj, *Method and apparatus for assessing the state of spent-fuel facility*, GB2530969 (B), UK Patent Office, 08. 04. 2020. [COBISS.SI-ID 28441383]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Gašper Stegnar, *Progresivna metodologija informacijskega modeliranja za energijsko prenovo poslovnih stavb*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2020 (mentor Tomo Cerovšek; somentor Marjana Šijanec Zavrli). [COBISS.SI-ID 37117187]

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. Oprema centra uporabljajo raziskovalci, ki jih zanimata strukturna in kemijska karakterizacija materialov na mikrometrski in atomarni ravni. Del centra je v letu 2020 dobil novo podobo. Razlog za preureditev centra je bil nakup dveh novih vrstičnih elektronskih mikroskopov ter zagotovitev boljših pogojev uporabe posameznega mikroskopa za uporabnike in zaposlene (sliki 1 in 2). V okviru centra delujejo trije vrstični elektronski mikroskopi (SEM) JSM-7600F, Verios G4 HP in Quanta 650, dva presevalna elektronska mikroskopa (TEM) JEM-2100 (CO NiN) in JEM-2010F ter oprema za pripravo SEM- in TEM-vzorcev. Poleg opisane opreme je IJS solastnik mikroskopa JEM-ARM200F (20 %), s Cs korektorjem za atomarno ločljivost, ki je na Kemijskem inštitutu.



Vodja:
prof. dr. Miran Čeh

V letu 2020 smo začeli operaterje učiti na novem vrhunskem visokoločljivostnem vrstičnem elektronskem mikroskopu Verios G4 HP, Thermo Fisher Scientific (slika 3). Mikroskop je edini te vrste v tem delu Evrope in omogoča ekstremno visoko ločljivost pri nizkih vzbujevalnih napetostih. Odlikuje ga tudi avtomatsko vstavljanje vzorca, možnost opazovanja neprevodnih vzorcev in izjemen Z-contrast tudi pri nizkih napetostih. Poleg visokoobčutljivega EDXS-detektorja je mikroskop opremljen z najodobnejšim detektorjem za presevalno mikroskopijo (STEM).

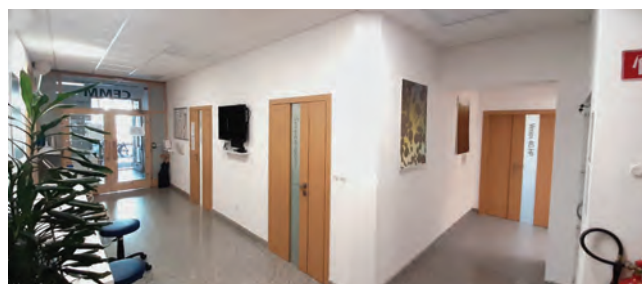
Prav tako smo leta 2020 začeli učiti operaterje na novem vrstičnem elektronskem mikroskopu Quanta 650, Thermo Fisher Scientific (slika 4). Glavna značilnost tega mikroskopa je, da je operativen v treh vakuumskih območjih, ki se dosežejo prek diferencialnega črpanja. To omogoča preiskavo širokega izbora materialov, tako prevodnih kot neprevodnih. Kolona omogoča delo tudi pri zelo nizkih energijah (200 eV).

Raziskave, 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 ter za preiskave mikrostruktur in določevanje kemijske sestave. V okviru CEMM se načeloma preiskujejo keramični materiali (polikristalinični oksidi), razni 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 povratnosipanih elektronov (EBSD) in z elektronsko litografijo. Oprema mikroskopa Verios 4G HP omogoča opazovanje morfologije nanodelcev in vzorcev, izredno občutljivih na dozo elektronov ter opazovanje presevalnih vzorcev (STEM). Mikroskop Quanta 650 omogoča opazovanje večjih prevodnih ali neprevodnih vzorcev.



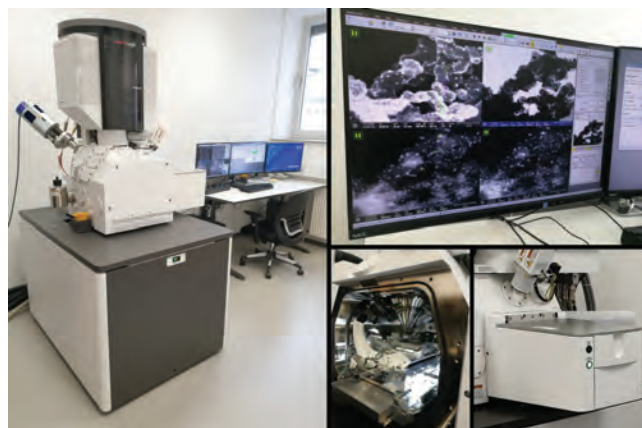
Slika 4: Mikroskop ESEM Quanta 650



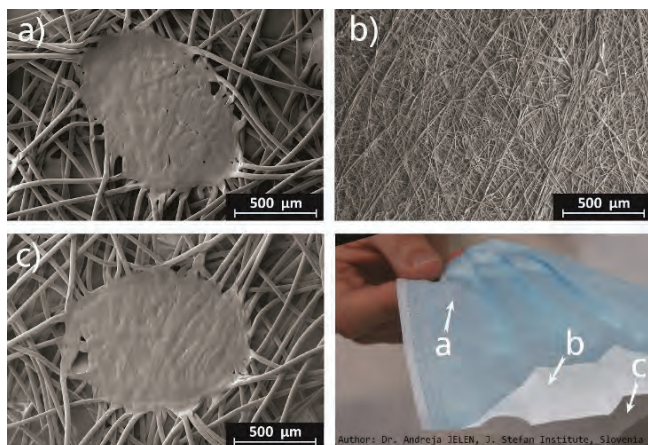
Slika 1: Končna podoba prostorov CEMM



Slika 2: Nov prostor za mikroskop JSM-7600F



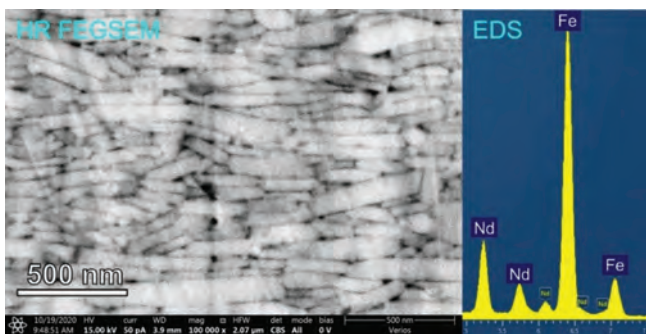
Slika 3: Mikroskop Verios 4G HP



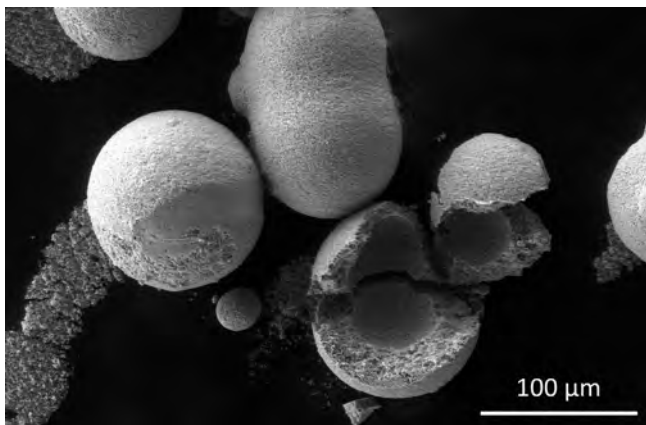
Slika 5: SEM-slika membrane v obrazni maski (Jelen A., F5, JSM-7600F)



Slika 6: SEM-slika kristalov aragonita CaCO_3 (Samardžija, Z., K7, Verios 4G HP)



Slika 7: Visokoresolucijska BSE-slika in EDS-analiza teksturiranih zrn v magnetu NdFeB (Samardžija, Z., K7, Verios 4G HP)



- Presevna elektronska mikroskopija ponuja celovit vpogled v strukturo preiskovanega materiala v nanometrskem merilu (atomarna raven). Omogoča strukturne in kemijske preiskave med zrn 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 presevani elektronski mikroskop (STEM), dodatno opremljen s CCD-kamero, EDXS-spektrometrom in spektroskopijo izgub energije elektronov (EELS). Na presevanih 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 dejavnosti centra spadajo 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 izvaja tudi akcije za popularizacijo področja elektronske mikroskopije in okviru obiskov, ki jih organizira IJS, ter prek objav v klasičnih in digitalnih medijih.

Primeri mikrostrukturnih in nanostrukturnih analiz, opravljenih na opremi CEMM

Primerne uporabe različnih tehnik elektronske mikroskopije pri strukturni in kemijski karakterizaciji materialov so prispevali operaterji odsekov IJS in zaposleni v CEMM.

1. Analiza polipropilenskih membran obraznih mask

Opravljena je bila študija sterilizacije polipropilenskih membran v obraznih maskah, ki so jih predhodno ionizirali (slika 5).

Vir: Pirker, L., Pogačnik Kranjc, A., Malec, J., Radulović, V., Gradišek, A., Jelen, A., Remškar, M., Mekjavić, I. B., Kovač, J., Miran, M., Snoj, L., Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation, *Journal of membrane science*, 2021, 619, 118756

2. Analiza aragonita CaCO_3

Na vrstičnem elektronskem mikroskopu je bila opravljena analiza vode iz aparata za vodo. Analiza je pokazala prisotnost kristalov aragonita CaCO_3 (slika 6).

3. Magnet NdFeB

Analiza magneta NdFeB je pokazala preferenčno usmerjenost zrn. Zrna so izredno majhna, manjša od 1 mikrometra (slika 7).

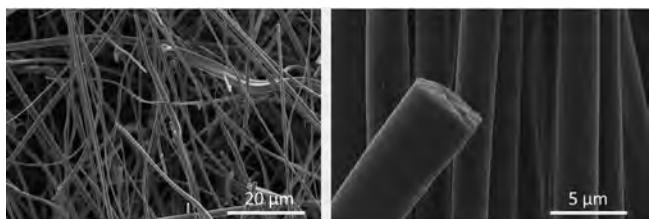
4. Granulata

Notranja struktura granulata. Posnetek je bil narejen brez naprševanja vzorca (slika 8).

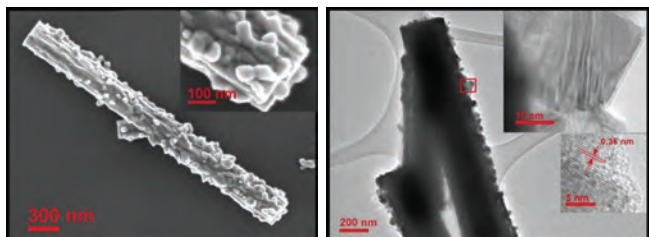
5. Vlakna

Posnetki polimernih vlaken v okviru študije razgradnje mikroplastike (slika 9).

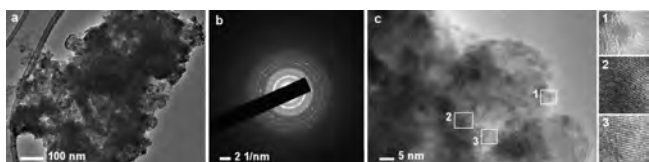
Slika 8: SEM-posnetek granulata v nizkem vakuumu (Bernik, S., K7, Kobljar, M., CEMM, Quanta 650)



Slika 9: SEM-slika vlaken (Radošević, T., K9, Koblar, M., CEMM, Quanta 650)



Slika 10: SEM- in TEM-posnetek nanožičke WO_3 , oplaščenih z nanodelci IrO_2 (Umek, P., F5, JEM-2100)



Slika 12: TEM-študija plastovitega dvojnega hidroksida Zn-Al z Mo-dopiranimi nanodelci TiO_2 v medplastnem prostoru (Umek, P., F5, JEM-2100)

6. Nanožičke WO_3 z delci IrO_2

Opravljeni sta bili SEM- in TEM-študija nanožičke WO_3 , ki so oplaščene z nanodelci IrO_2 , glede na različne sintezne postopke in glede na različno koncentracijo kristaliničnih nanodelcev IrO_2 na nanožičkah WO_3 (slika 10).

Vir: Navarrete, E., Bittencourt, C., Umek, P., Cossement, D., Guell, F., Llobet, E., Tungsten trioxide nanowires decorated with iridium oxide nanoparticles as gas sensing material, *Journal of alloys and compounds*, 2020, 812, 152156-1-152156-9

7. Študija vpliva lastnosti nanodelcev TiO_2 na vnetje pljuč

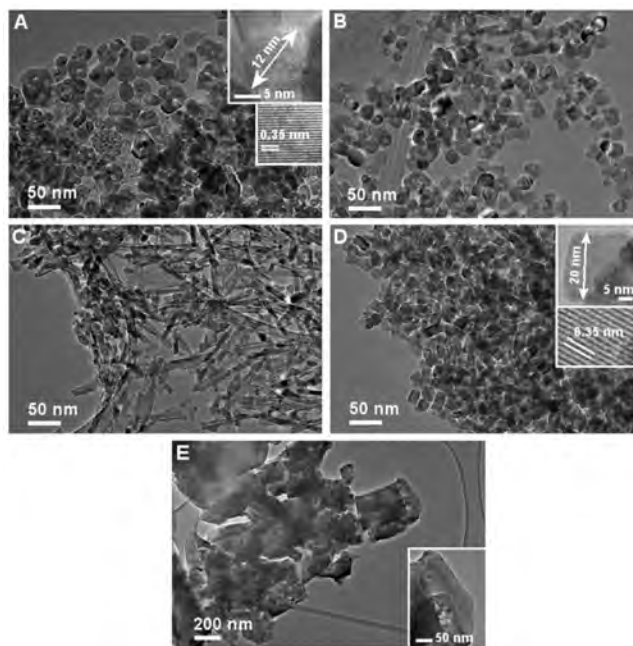
V okviru preiskav vpliva fizikalno-kemijskih lastnosti nanodelcev na vnetje pljuč so bile opravljene TEM-analize nanodelcev in nanocerk TiO_2 , nanokuboidov in kvarca (slika 11).

Vir: Danielsen, P., Štrancar, J., Umek, P., Koklič, T., Garvas, M. *et al.*, Effects of physicochemical properties of TiO_2 nanomaterials for pulmonary inflammation, acute phase response and alveolar proteinosis in intratracheally exposed mice, *Toxicology and applied pharmacology*, 2020, 386, 114830-1-114830-18

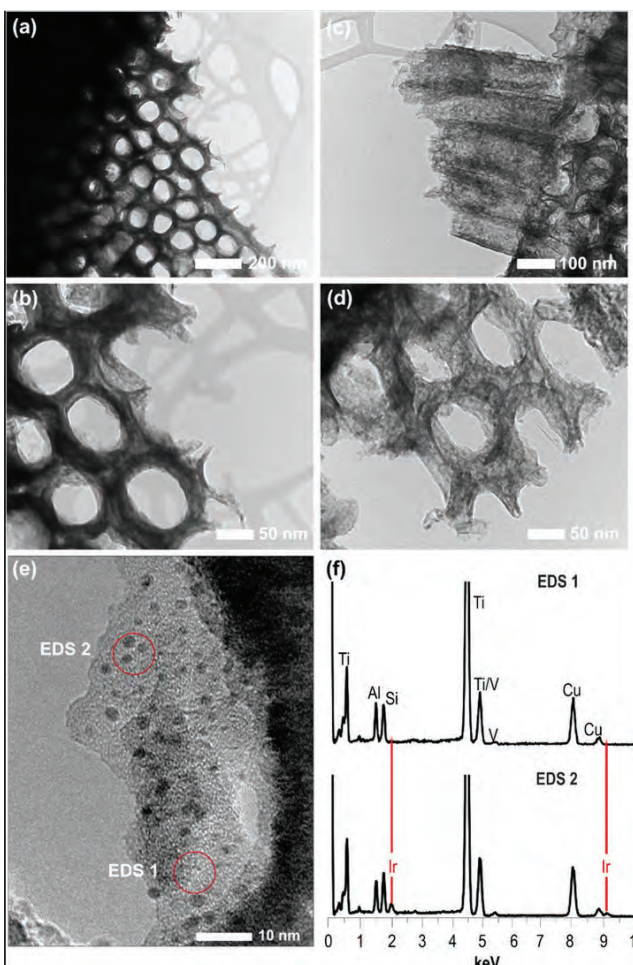
8. TEM-študija hidroksida Zn-Al

V TEM je bila opravljena študija morfoloških značilnosti plastovitega hidroksida Zn-Al z Mo-dopiranimi nanodelci TiO_2 v medplastnem prostoru, ki se uporablja pri katalitskih procesih (slika 12).

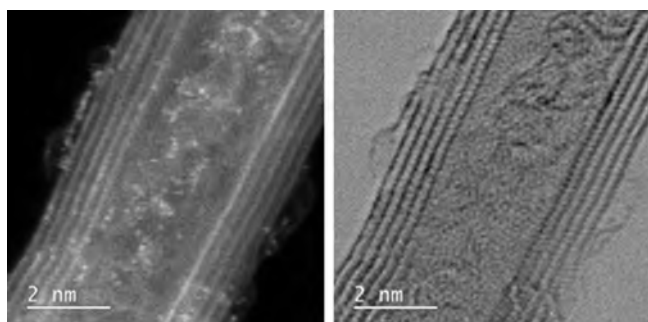
Vir: Cerc Korošec, R., Miljević, B., Umek, P., Bergh, J. M. van der, Vučetić, S., Ranogajec, J., Photocatalytic self-cleaning properties of Mo: TiO_2 loaded Zn-Al layered double hydroxide synthesised at optimised pH value for the application on mineral substrates, *Ceramics international*, 2020, 46, 6756-6766



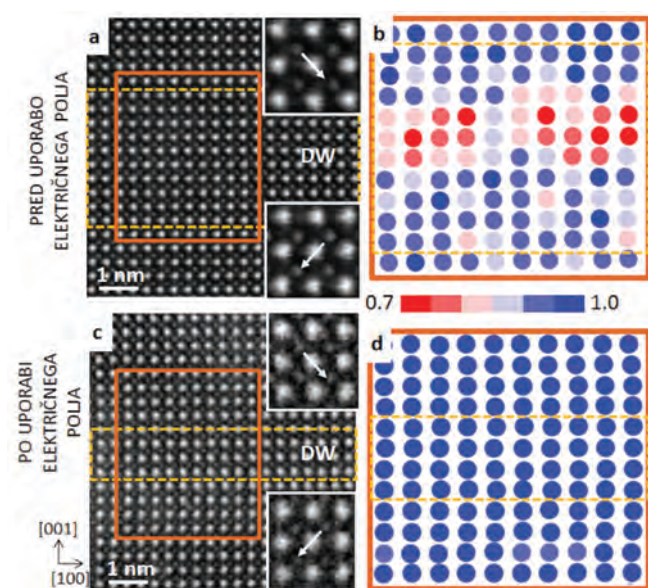
Slika 11: TEM-posnetki komercialnih vzorcev TiO_2 (A, B) na laboratorijski skali sintetiziranih TiO_2 nanocerk in nanokuboidov (C, D) ter komercialnega vzorca kvarca ĐQ12 (Umek, P., F5, JEM-2100)



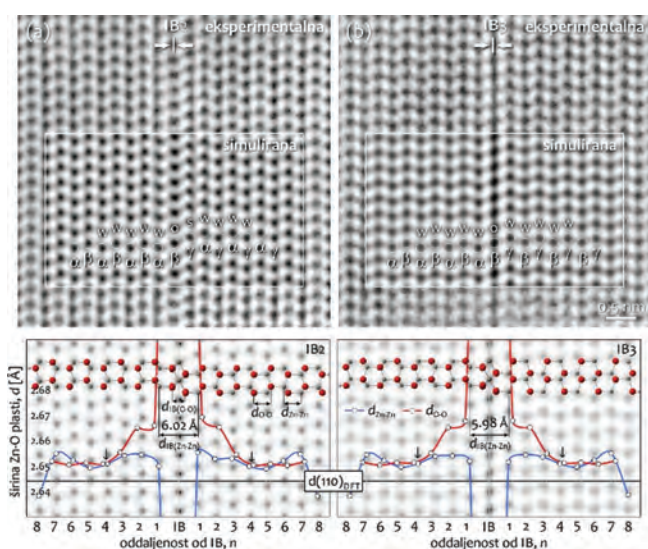
Slika 13: TEM-slika TiO_2 -nanocerk: (a, b, d) pogled z vrha in (c) stranski pogled nanocerk; (e) TEM-slika TiO_2 -nanocerk z Ir-nanodelci (f) in pripadajoča EDS-analiza (Drev, S., CEMM, JEM-2010F)



Slika 14: HAADF- in BF STEM-slika cinkovih atomov in skupkov atomov na površini ogljikove nanocevkve (Makovec, D., K8, JEM-ARM200F)



Slika 15: HAADF STEM-slika domenske stene v BiFeO_3 (Benčan, A., Dražič, G., K5, KI, JEM-ARM200F)



Slika 16: Dve strukturi inverzne meje (IB) v ZnO , dopiranem s Sb_2O_3 : (a) do zdaj poznana (Rečnik in sod., 2001), ki temelji na enojni sfaleritni napaki zlaganja v wurtzitu, in (b) nova, stabilnejša, z DFT-analizo napovedana struktura, ki temelji na dvojni zlogovni napaki (Ribič in sod., 2020) (Rečnik, A., Ribič, V., K7, JEM-2010F).

9. TEM-Študija TiON -nanocevk

V TEM je bila opravljena študija TiON -nanocevk, znotraj katerih so se ujela zrna Ir. Analiza TiON je pripomogla k zaključku študije vpliva kovinskega Ir znotraj TiON -nanocevk na povečanje učinkovitosti katalitskih reakcij (slika 13).

Vir: Bele, M., Jovanovič, P., Marinko, Ž., Drev, S., Šelih, V. S., Kovač, J., Gaberšček, M., Koderman Podboršek, G., Dražič, G., Hodnik, N., Kokalj, A., Suhadolnik, L., Increasing the oxygen-evolution reaction performance of nanotubular titanium oxynitride-supported Ir nanoparticles by a strong metal-support interaction, *ACS Catalysis*, 2020, 10, 13688–13700

10. Adsorbcija cinka na površini ogljikove nanocevkve

V TEM je bila opravljena študija položaja cinkovih atomov in skupkov atomov, absorbiranih na površini ogljikove nanocevkve. Narejeni sta bili HAADF- in BF STEM-analiza (slika 14).

11. Defekti v domenskih stenah BiFeO_3

TEM-analiza prikazuje vpliv zunanega električnega polja na prerazporeditev defektov na domenskih stenah (DWs) v BiFeO_3 na atomski skali. Narejeni sta bili (HAADF) STEM-sliki DWs s pripadajočima grafoma porazdelitve normaliziranih intenzitet kolon Bi pred uporabo električnega polja in po njej. Analiza intenzitet je bila narejena na področjih, označenih z oranžnim kvadratom. Zmanjšanje intenzitet kolon Bi znotraj DW v začetnem vzorcu kaže na prisotnost vakanc na mestih Bi. V nasprotju, po uporabi električnega polja, ni bilo zaslediti kopičenja Bi-vakanc na novonastalih domenskih stenah (slika 15).

Vir: Benčan, A., Dražič, G., Uršič Nemevšek, H., Komelj, M., Rojac, T., Domain-wall pinning and defect ordering in BiFeO_3 probed on the atomic and nanoscale, *Nature communication*, 2020, 11, 1762-1-1762-8

12. Določitev strukture inverznih mej v ZnO z uporabo DFT in HRTEM

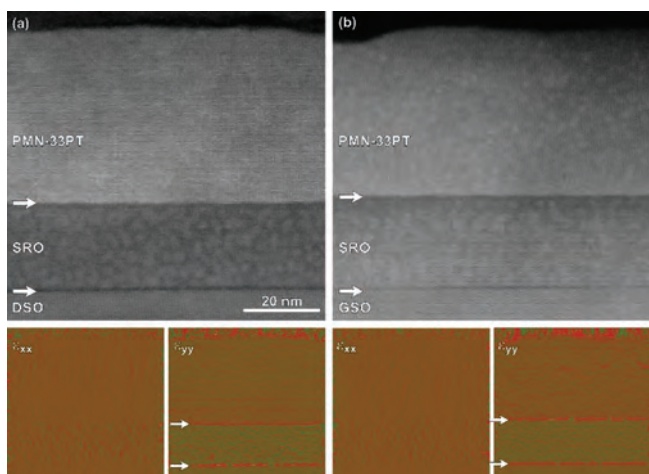
Raziskave obsegajo natančno določitev strukture posebnih mej z uporabo *ab-initio* računov (DFT) in visokoločljivostne elektronske mikroskopije (HRTEM). Prikazani sta dve strukturi inverzne meje (IB) v ZnO , dopiranem s Sb_2O_3 : do zdaj poznana (Rečnik in sod., 2001), ki temelji na enojni sfaleritni napaki zlaganja v wurtzitu, in nova, stabilnejša, z DFT-analizo napovedana struktura, ki temelji na dvojni zlogovni napaki (Ribič in sod., 2020). Kombinacija eksperimentalnega in računskega pristopa omogoča določanje strukturnih detajlov z zanesljivostjo pod 1 pm. Delo je rezultat sodelovanja med Inštitutom za multidisciplinarno raziskavo v Beogradu in Inštitutom "Jožef Stefan" v Ljubljani (slika 16).

Vir: Ribič, V., Rečnik, A., Komelj, M., Kokalj, A., Branković, Z., Zlatović, M., Branković, G., New inversion boundary structure in Sb-doped ZnO predicted by DFT calculations and confirmed by experimental HRTEM, *Acta Materialia*, 2020, 199, 633–648

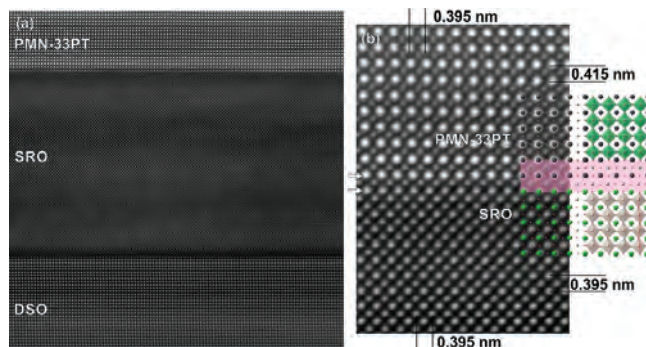
13. Analiza feroelektričnih heterostruktur

Opravljena je bila študija rasti in možnih učinkov napetosti na feroelektrične domene v epitaksialnih heterostrukturah (sliki 17 in 18).

Vir: Belhadi, J., Gabor, U., Uršič, H., Daneu, N., Kim, J., Tian, Z., Koster, G., Martin, L. W., Spreitzer, M., Growth mode and strain effect on relaxor ferroelectric domain in epitaxial $0.67\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nd}_{2/3})\text{O}_3\text{-}0.33\text{PbTiO}_3/\text{SrRuO}_3$ heterostructures, *RSC Adv.*, 2021, 11, 1222–1232



Slika 17: Presek heterostruktur (a) $0,67\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3/\text{SrRuO}_3/\text{DyScO}_3$ in (b) $0,67\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3/\text{SrRuO}_3/\text{GdScO}_3$ ter GPA analiza in-plane (ϵ_{xx}) in out-of-plane (ϵ_{yy}) mrežnih razdalj (Daneu, N., K9, JEM-ARM200F)



Slika 18: (a) Filtrirana HAADF-STEM-slika $0,67\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3/\text{SrRuO}_3/\text{DyScO}_3$ heterostrukture, ki kaže neprekinjen potek atomskih ravnin od substrata prek obeh kontaktnih ravnin brez prisotnosti dislokacij. DSO-SRO-kontakt je oster in sledi eni atomski ravnini, medtem ko so na SRO/PMN-33PT kontaktu vidni stopničasti prehodi v sosednjo atomsko ravnino, prav tako je verjetno atomsko mešanje na A- in B-mestih. (b) Lokalna atomska struktura SRO/PMN-33PT heterostrukture, pri čemer se SRO-plast zaključuje na B-plasti (RuO_2), PMN-33PT plast pa se začne z A-plastjo (PbO). Lokalne spremembe nagibov RuO_6 in morda tudi $((\text{Mg}_{2/3}\text{Nb}_{4/9}\text{Ti}_{3/9})\text{O}_6)$ oktaedrov na kontaktu so verjetne (območje, označeno z rožnato barvo). (Daneu, N., K9, JEM-ARM200F).

MEDNARODNA PROJEKTA

- H2020 - EUROfusion; Izobraževanje-ED-FU
European Commission
prof. dr. Miran Čeh
- 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.

PROJEKT

- Nanostrukturne raziskave difuzijsko kontroliranih procesov med topotaksialnimi faznimi transformacijami v mineralih tipa rutil-korund
dr. Sandra Drev

VEČJE NOVO POGODBENO DELO

- BIO1-2020
Lek. d. d.
prof. dr. Miran Čeh

SODELAVCI

Raziskovalci

- prof. dr. Miran Čeh, znanstveni svetnik - vodja centra

Podoktorski sodelavci

- dr. Sandra Drev
- dr. Jitka Hreščak

Mlajši raziskovalci

- Andreja Šestan Zavašnik, univ. dipl. inž. kem. inž.

Strokovni sodelavci

- Maja Koblar, dipl. inž. fiz.

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Marjan Bele, Primož Jovanovič, Živa Marinko, Sandra Drev, Vid Simon Šelih, Janez Kovač, Miran Gaberšček, Gorazd Koderman Podboršek, Goran Dražič, Nejc Hodnik, Anton Kokalj, Luka Suhadolnik, "Increasing the oxygen-evolution reaction performance of nanotubular titanium oxynitride-supported Ir nanoparticles by a strong metal - support interaction", *ACS catalysis*, 2020, **10**, 22, 13688-13700. [COBISS.SI-ID 36706819]
- Blaž Leskovar, Zoran Samardžija, Maja Koblar, Iztok Naglič, Boštjan Markoli, "Development of an Al-Mn-Si-based alloy with an improved quasicrystalline-forming ability", *JOM: The journal of minerals, metals and materials society*, 2020, **72**, 4, 1533-1539. [COBISS.SI-ID 1819231]
- Sabina Markelj, Thomas Schwarz-Selinger, Matic Pečovnik, W. Chromiński, Andreja Šestan, Janez Zavašnik, "Deuterium transport and retention in the bulk of tungsten containing helium: the effect of helium concentration and microstructure", *Nuclear fusion*, 2020, **60**, 10, 106029. [COBISS.SI-ID 29341187]

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 2020 aktivni projekti WATER4CITIES (Holistic Surface Water and Groundwater Management for Sustainable Cities), MEET CINCH (A Modular European Education and Training Concept In Nuclear and RadioChemistry), X5GONE (Cross Modal, Cross Cultural, Cross Lingual, Cross Domain, and Cross Site Global OER Network), THEYBUYFORYOU (Enabling procurement data value chains for economic development, demand management, competitive markets and vendor intelligence), DATABENCH (Evidence Based Big Data Benchmarking to Improve Business Performance), PerceptiveSentinel (BIG DATA Knowledge Extraction and re-creation Platform), 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), EnviroLENS (Copernicus for Law Enforcement Support), FIN-TECH (A FINancial supervision and TECHnology compliance training programme), CyberSANE (Cyber Security Incident Handling, Warning and Response System for the European Critical Infrastructures), NAIADES; A Holistic Water Ecosystem for Digitisation of Urban Water Sector), Humane AI (Toward AI Systems That Argue and Empower Humans by Understanding US our Society and the World Around), 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), ERASMUS+: Micro HE (Support Future Learning Excellence through Micro-Credentialing in Higher Education) in MentorTrain (Training and Equipping Mentors in SMEs to provide Quality Apprenticeships).



Vodja:
mag. Mitja Jermol

V letu 2020 smo v CT3 aktivno sodelovali pri 19 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/>, ki ponuja izbrane izobraževalne vsebine in je trenutno največji referenčni spletni portal z videoizobraževalno vsebino na svetu. Kot tak sledi viziji centra po vzpostavljanju svetovno prepoznavnih storitev prenosa znanja in izobraževanj. Poslanstvo portala je brezplačno ponujanje vrhunskih izobraževalnih videovsebin, predvsem visoko kakovostnih znanstvenih vsebin, širšemu krogu obiskovalcev. Izvaja neomejen prenos znanj ter tako promovira znanost podiplomskemu in doktorskemu občinstvu. V letu 2020 smo na Videlectures.Net posneli in objavili 883 novih individualnih predavanj. Zaradi omejitev v povezavi s pandemijo covid-19 je bila večina znanstvenih konferenc in dogodkov, predvidenih za leto 2020, odpovedana.

Kot odgovor na ukrepe za zajezitev covid-19 in njihovega vpliva na organizacijo znanstvenih konferenc in drugih dogodkov je Videlectures.Net prilagodil svoje storitve. 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 več kot 100 prenosov v živo, za vse organizatorje, ki so svoje dogodke izvedli prek spleta ali deloma prek spleta in deloma v živo. Tehnološko smo se izpopolnili v uporabi orodij za prenos v živo na ustrezne socialne medije ali v orodja, ki omogočajo spletne konference in 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 2020, so bili: Konferenca ESWC 2020, Konferenca ACML 2020 in Konferenca PAKDD 2020.

V letu 2020 smo sodelovali pri devetnajstih evropskih projektih.

Poleg tega smo še naprej sodelovali pri projektih, kot je A-CINCH, in vzdrževali dolgoročna partnerstva, čeprav so se datumi nekaterih dogodkov prestavili za nedoločen čas. Videolectures je še naprej sodeloval pri objavljanju seminarjev IJS, predavanj Fakultete za arhitekturo, serije Pozitivna psihologija in vsebin, posnetih na Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport, če naštejemo samo nekatere.

Poleg objav novih vsebin na repozitoriju smo v projektih MeetCINCH, Mentortrain in X5GON zaključili ali omogočili izvajanje vseh nalog, povezanih z Videolectures.Net.

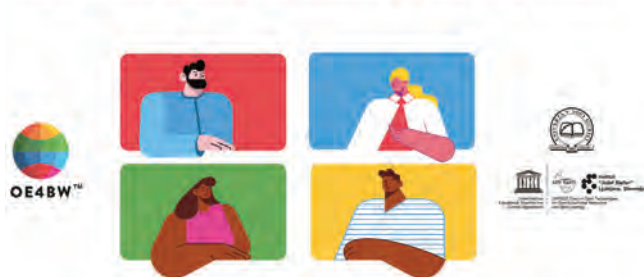
Videolectures.Net je razvil tudi mobilno aplikacijo, ki je trenutno že javno dostopna, vendar je še v fazi testiranja. Za projekt Water4Cities smo zagotovili kanale za diseminacijo ter se udeležili raziskovalno-strokovnega usposabljanja pri instituciji koordinatorja projekta.

Center je bil v letu 2020 vpet v aktivnosti pri treh Erasmus+ projektih. Pri prvem od teh projektov *Usposabljanje in opremljanje mentorjev v malih in srednjih podjetjih za zagotavljanje kakovostnega vajeništva* (Mentortrain) smo zaključili svojo vlogo pri izvedbi videovsebin v okviru spletnega repozitorija Videolectures.net. Tako smo s partnerji zaključili postprodukcijo modula za izobraževanje mentorjev dijakov poklicnih šol v vsej Evropi.

Pri drugem Erasmus+ projektu *Modularni evropski koncept izobraževanja in usposabljanja na jedrskih in radiokemijskih tečajih* (Meet-Cinch) smo posneli in objavili 45 tečajev. V tem projektu sodelujemo skupaj z Oddelkom za okoljske vede na IJS ter tako pripomoremo k razvoju in oblikovanju obsežnih tečajev s področja radiokemije. Projekt se je sicer končal, vendar se bo nadaljeval z aktivnostmi v novem projektu H2020 A-Chinch, v katerem je vloga Videolectures ustvarjanje videovsebin.

Delo pri tretjem Erasmus+ projektu *Podpora odličnosti izobraževanja v prihodnosti s pomočjo mikro kvalificiranj v visokošolskem izobraževanju* (MicroHE) je bilo v letu 2020 osredotočeno predvsem na zaključitev nalog tehničnega delovnega svežnja, ki ga vodimo. Leta 2020 smo dosegli vse cilje svežnja (metapodatkovni standard za mikro kvalificiranja v visokošolskem izobraževanju in podatkovna baza za mikro kvalifikacije), jih dokončali in testirali z uporabniki.

Online Mentoring Programme "Open Education for a Better World" (OE4BW)



Slika 1: Odprto izobraževanje za boljši svet - OE4BW

V okviru mednarodnega mentorskega programa za odprto izobraževanje, ki smo ga poimenovali Odprto izobraževanje za boljši svet – OE4BW – Open Education 4 better world, smo tretji cikel v letu 2020 zaključili z 82 razvitimi projekti in za naš trud prejeli nagrado za odličnost, ki jo je podelila skupnost Open Education Global.

OE4BW Promotes the Creation and Dissemination of OER in Line with the SDGs



Slika 2: OE4BW naslavlja trajnostne cilje združenih narodov.

Pomlad 2020 nam je skupaj s pandemijo covid-19 prvič prinesla tudi virtualno organizacijo in izvedbo 15. tekmovanja 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 168 dijakov in dijakin iz 24 srednjih šol in treh samostojnih zavodov, v panogi izdelava spletnih aplikacij je tekmovalo 16 dijakov, izziv v off-line nalogi je sprejelo 5 tekmovalcev. Vsako leto prejmemo tudi kar nekaj videoizobraževalnih posnetkov, tokrat so jih poslali iz štirih osnovnih šol, trinajstih srednjih šol in enajstih fakultet. Rezultati tekmovanja so dostopni na <http://rtk.ijs.si/2020/rezultati.html>, vsako leto najboljšim podarimo tudi praktične nagrade. Šolskega tekmovanja v programiranju, ki smo ga izvedli januarja, se je udeležilo 306 dijakov iz vse Slovenije.

V okviru mednarodnega mentorskega programa za odprto izobraževanje, ki smo ga poimenovali *Odprto izobraževanje za boljši svet – OE4BW – Open Education 4 better world*, smo tretji cikel v letu 2020 zaključili z 82 razvitimi projekti in za naš trud prejeli nagrado za odličnost, ki jo je podelila skupnost Open Education Global. Zaradi povečanega obsega udeležencev in časovnih razlik smo organizirali 5 regionalnih vozlišč in enega tematskega. Vozlišča pokrivajo Severno Ameriko, Južno Ameriko, Evropo, Afriko in Azijo. Prvič smo vzpostavili tudi tematsko vozlišče, ki pokriva področje 7. Trajnostnega cilja ZN, ki naslavlja dostop do cenovno sprejemljivih, zanesljivih, trajnostnih in sodobnih virov energije.

Julija smo zaradi pandemije covid-19 organizirali spletni zaključni dogodek z naslovom *OE4BW Eduscope 2020*, ki je v celoti potekal prek spletne platforme MiTeam in se ga je udeležilo 470 udeležencev iz 26 držav. Med letoma 2018 in 2020 je nastala zbirka 131 projektov, pri katerih je sodelovalo 100 mentorjev. Rezultati projektov so odprti izobraževalni viri z različnih področij in si jih lahko ogledate na spletni strani <https://oe4bw.org/projects/>.

V letu 2020 smo zaključili evropski projekt Obzorja 2020 TheyBuyForYou (Enabling procurement data value chains for economic development,

demand management, competitive markets and vendor intelligence). V okviru projekta smo skupaj s partnerji razvili podatkovno skladišče (Knowledge Graph), ki vsebuje podatke o javnih naročilih številnih evropskih držav. Podatkovno skladišče je prosto dostopno in kompatibilno z OCDS standardom (Open Contracting Standard). IJS je v okviru projekta razvil spletno platformo za analizo javnih naročil in porabe javnega denarja, pri čemer smo sodelovali z Ministrstvom za javno upravo, ki želi zagotoviti transparentnost porabe javnih sredstev ter preprečevati korupcijo in druge nepravilnosti pri porabi javnih sredstev. Naša platforma omogoča zaznavanje in vizualizacijo anomalij v javnih naročilih in finančnih transakcijah, dostopna pa je na naslovu <http://tbfy.ijs.si>.

Projekt CyberSANE (Cyber Security Incident Handling, Warning and Response System for the European Critical Infrastructures) se je začel v letu 2019, njegov namen 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.

V letu 2020 smo skupaj s partnerji začeli razvijati tehnologijo za zajem in analizo strukturiranih in nestrukturiranih podatkov iz temnega spleta (angl. dark web) in iz medijskih zapisov. Podatki, zajeti na novičarskem in temnem spletu, bodo uporabljeni v DarkNET komponenti CyberSANE platforme, omogočali pa bodo pripravo poročil in opozoril o zaznanih kibernetičnih grožnjah.

V sodelovanju z Laboratorijem za umetno inteligenco (E3) smo nadaljevali projekt Water4Cities (Integrated surface and groundwater management for sustainable urban development), ki poteka v okviru evropskega RISE projekta Obzorja 2020 Marie Skłodowska Curie. V tem letu 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. Nadaljevali smo razvoj modelov in platforme, ki bo omogočala spremljanje optimalnega upravljanja z vodo v realnem času. V tem obdobju smo posneli in objavili webinarje Water4Cities, intervjuje s sodelujočimi in javne predstavitve projekta. Vsi posnetki so dostopni v posebni podmapi na portalu Videlectures.NET (<http://videlectures.net/water4cities/>).

Namen projekta EU H2020 INFINTECH (Information and Communication Technologies) 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) smo sodelovali v pilotu, kjer bo z obdelavo velikih količin podatkov Banke Slovenije in drugih pristojnih organov razvita platforma za izboljšanje učinkovitosti obstoječih nadzornih dejavnosti na področju pranja denarja in boja proti financiranju terorizma (AML/CTF). V prihodnosti bo INFINTECH vzpostavil tržno platformo, ki bo omogočala dostop do projektne rešitve, skupaj z virtualiziranim digitalnim inovacijskim vozliščem (VDIH), ki bo podpiralo inovatorje FinTech/InsuranceTech.

Cilj EU H2020 projekta COG-LO (Kognitivne logistične operacije prek varnih, dinamičnih in priložnostnih mrež sodelovanja) je ustvariti okvir in orodja, ki bodo logističnim procesom dodali kognitivne funkcije spoznavanja in sodelovanja. Skupaj z odsekom za umetno inteligenco (E3) smo sodelovali pri oblikovanju in razvoju orodja kognitivni svetovalec, ki uresničuje kognitivno vedenje logističnih objektov. Sodelovali smo tudi pri projektne pilotih, še posebej pri pilotu Pošte Slovenije in hrvaške pošte. Ideja je dobiti tokove podatkov, ki bodo pomagali pri opredelitvi potrebnih kognitivnih metod in algoritmov za optimizacijo. Zaradi pandemije covid-19 je bilo končno preskušanje namestitve sistema in izvajanje testnih scenarijev prekinjeno, vendar se bo nadaljevalo v letu 2021. Ker je pandemija povzročila povečanje dostave pošiljk za 100 % ali več, je bil določen dodatni scenarij za slovenski pilot, to je obdelava zahtev za dostavo v istem dnevu in upravljanje povečane kratkoročne dostave na podlagi kognitivne logistike. V okviru diseminacijskih in eksploatacijskih aktivnosti smo sodelovali na virtualni konferenci Parcel + Post Expo 2020.

V letu 2020 je na IJS zaživel Mednarodni raziskovalni center za umetno inteligenco (kratica IRCAI), ki ga vodimo predstavniki CT3 in Odseka E3. Namenjen je združevanju različnih deležnikov s širokim spektrom znanj z vsega sveta. Ukvarjal se bo z reševanjem globalnih izzivov, podpiral UNESCO pri študijah ter sodeloval pri večjih mednarodnih projektih s področja umetne inteligence. IRCAI bo presegal meje Slovenije in meje Evrope. Center bo vladam, (mednarodnim) organizacijam, pravnim osebam in širši javnosti svetoval o sistemskih ter strateških rešitvah pri uvajanju umetne inteligence na različnih področjih. Pomagal bo pri razvijanju in širjenju zmogljivosti na različne načine, vključno z ustanavljanjem pomožnih raziskovalnih centrov po svetu, oblikovanjem programov usposabljanja in globalne ozaveščenosti ter oblikovanjem omrežja za izmenjevanje raziskav in znanja.



Slika 3: Izvedba zaključnega dogodka Eduscope 2020 je bila v celoti virtualna.

Letos je na IJS zaživel Mednarodni raziskovalni center za umetno inteligenco – IRCAI (International Research Centre on Artificial Intelligence), ki ga vodimo predstavniki našega centra CT3 in Odseka E3.

V letu 2020 smo postavili spletno stran z informacijami o koronavirusu in infrastrukturo za brezplačne videokonference (vse, kar potrebujete, je spletni brskalnik <https://ustavimokorono.si/videokonferenci-sistem-jitsi/>).

Pripravili smo tudi dokument z navodili in povezavami za objavo videoposnetkov na portalu videlectures.net, kjer sprejemamo v gostovanje videe, ki jih učitelji in drugi za namene nadaljevanja pedagoških in drugih procesov ustvarjajo v času ukrepov za zajezitev širitve virusa covid-19 (http://videlectures.net/site/news/COVID-19_online/).

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Organizacija tehničnega sestanka EU-projekta H2020 Silknow, Ljubljana, 10. 2. 2020
2. Organizacija 15. Srednješolskega tekmovanja ACM iz računalništva in informatike, 27. 3. 2020 (virtualno)
3. Organizacija in izvedba delavnice OE4BW 2020, 29. 6.–3. 7. 2020 (virtualno)
4. Organizacija in izvedba dogodka Dinamična koalicija, 23.–24. 7. 2020 (virtualno)
5. Organizacija in izvedba dogodka OE4BW Eduscope 2020, 13.–14. 10. 2020 (virtualno)

Nagrade in priznanja

1. V okviru mednarodnega mentorskega programa za odprto izobraževanje, ki smo ga poimenovali *Odprto izobraževanje za boljši svet - OE4BW - Open Education 4 better world*, smo tretji cikel v letu 2020 zaključili z 82 razvitimi projekti in za naš trud prejeli nagrado za odličnost, ki jo je podelila skupnost Open Education Global.

MEDNARODNI PROJEKTI

1. ERASMUS+: Micro HE - Podpora odličnosti izobraževanja v prihodnosti s pomočjo mikro-kvalificiranj v visokošolskem izobraževanju
European Commission
Mihajela Črnko
2. INEA/CEF - MARCELL, Večjezični viri za CET.AT na področju prava
Innovation and Networks Executive Agency (INEA)
mag. Mitja Jermol
3. ERASMUS+; MentorTrain - Usposabljanje in opremljanje mentorjev v malih in srednjih podjetjih za zagotavljanje kakovostnega vajeništva
European Commission
Mihajela Črnko
4. H2020 - Water4Cities; Celostno upravljanje površinskih in podzemnih voda za trajnostni razvoj mest
European Commission
mag. Mitja Jermol
5. H2020 - MEET-CINCH; Modularni Evropski koncept za izobraževanje in usposabljanje v jedrski in radiokemiji
European Commission
Mihajela Črnko
6. H2020 - X5gon; Čez modalno, kulturno, jezikovno, in čez spletno globalno omrežje za prosto dostopne izobraževalne viri
European Commission
mag. Mitja Jermol
7. H2020 - PerceptiveSentinel; BIG DATA platforma za pridobivanje znanja in bogatenja podatkov
European Commission
mag. Mitja Jermol
8. H2020 - DataBench; H2020 - DataBench; Merjenje z velikimi podatki za izboljšanje poslovne uspešnosti
European Commission
mag. Mitja Jermol
9. H2020 - TheyBuyForYou; Omogočanje vrednostnih verig podatkov o javnih naročilih za gospodarski razvoj, upravljanje povpraševanja, večanje konkurenčnosti ter analitično razumevanje prodajalcev
European Commission
dr. Matej Kovačič
10. H2020 - SILKNOW; Svilen dediščina v družbi znanja: od luknjastih kartic do velikih podatkov
European Commission
mag. Mitja Jermol
11. H2020 - COG-LO; Kognitivne logistične operacije preko varnih, dinamičnih in ad-hoc sodelovalnih omrežij
European Commission
mag. Mitja Jermol

12. H2020 - EnviroLENS; Copernicus kot podpora uveljavljanju okoljske zakonodaje
European Commission
mag. Mitja Jermol
13. H2020 - Humane AI; Za AI sisteme, ki ljudi z razumevanjem nas samih, naše družbe in sveta okoli nas, opolnomočijo
European Commission
mag. Mitja Jermol
14. H2020 - FIN-TECH; Program usposabljanja za finančni nadzor in tehnološko skladnost
European Commission
mag. Mitja Jermol
15. H2020 - NAIADES; Celovit vodni ekosistem za digitalizacijo urbanega vodnega sektorja
European Commission
mag. Mitja Jermol
16. H2020 - CyberSANE; Sistem za zaščito, opozarjanje in odzivanje na področju kibernetске varnosti za evropske ključne infrastrukture
European Commission, the Directorate-General
mag. Mitja Jermol
17. H2020 - INFINITECH; Prikrojena 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
18. H2020 - FACTLOG; Energetsko ozaveščena tovarniška analitika za procesno industrijo
European Commission
mag. Mitja Jermol
19. H2020 - A-CINCH; Razširjeno sodelovanje pri izobraževanju in usposabljanju na področju jedrske in radiokemije
European Commission
Mihajela Črnko
20. H2020 - ELEXIS; Evropska likesikografska infrastruktura
European Commission
mag. Mitja Jermol

PROJEKTI

1. Snemanje predavanj in obdelava podatkov
mag. Mitja Jermol
2. Postprodukcija in objava posnetkov za konzorcij CLARIN
mag. Mitja Jermol
3. Snemanje, objava in diseminacija znanstvenih vsebin projekta EnetCollect na [Videlectures.net](https://videlectures.net)
Mihajela Črnko
4. Znanstveno sodelovanje med ZDA in Slovenijo
dr. Matej Kovačič

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Mihajela Črnko, udeležba na tednu mobilnosti UNESCO Mobile Learning week 2020, Pariz, Francija, 1. 3.–5. 3. 2020
- Mihajela Črnko, regijski obisk in predstavitev centra IRCAL, Slovenj Gradec, Slovenija, 7. 10. 2020
- Ana Fabjan, srečanje s predstavniki podjetja MediaInteractive, predstavitev MiTeam platforme, Šenčur, Slovenija, 22. 1. 2020
- Mitja Jermol, udeležba na sestanku EU-projekta X5gone, Maribor, Slovenija, 15. 1. 2020
- Mitja Jermol, udeležba na srečanju Global Corporate Learning & Talent Summit, Seattle, ZDA, 1. 2.–6. 2. 2020
- Mitja Jermol, udeležba na sestanku EU-projekta H2020 FACTLOG, Izmit, Kocaeli, Turčija, 10. 2.–13. 2. 2020
- Mitja Jermol, udeležba na tednu mobilnosti UNESCO Mobile Learning week 2020, Pariz, Francija, 1. 3.–5. 3. 2020
- Mitja Jermol, sestanek za nove projektne predloge, Zagreb, Hrvaška, 17. 6. 2020
- Mitja Jermol, sestanek na Mednarodnem UNESCO centru za podvodno arheologijo, Zadar, Hrvaška, 15. 7. 2020
- Mitja Jermol, sestanek z vodjo Centra za evropsko prihodnost, Loka pri Mengšu, Slovenija, 15. 9. 2020
- Mitja Jermol, predstavitev EU-projektov, Brdo pri Kranju, Slovenija, 30. 9. 2020
- Mitja Jermol, regijski obisk in predstavitev centra IRCAL, Slovenj Gradec, Slovenija, 7. 10. 2020
- Matej Kovačič, srečanje s predstavniki podjetja MediaInteractive, predstavitev platforme MiTeam, Šenčur, Slovenija, 22. 1. 2020
- Matej Kovačič, udeležba na dogodku projekta x5gone Hackaton, Maribor, Slovenija, 23. 1. 2020
- Matej Kovačič, udeležba na sestanku projekta My Machine, Ajdovščina, Slovenija, 14. 2. 2020
- Matej Kovačič, udeležba na sestanku projekta My Machine, Ajdovščina, Slovenija, 9. 3. 2020
- Adis Krečo, snemanje kratkih videov za projekt MEET CHINCH, Podgorica, Brinje, Slovenija, 14. 2. 2020
- Adis Krečo, snemanje predavanja Znanost na cesti, Kranj, Slovenija, 1. 9. 2020
- Simon Marolt, snemanje intervjujev na sestanku EU-projekta X5gone, Maribor, Slovenija, 17. 1. 2020
- Simon Marolt, snemanje tekmovanja Heckaton v sklopu EU-projekta X5gone, Maribor, Slovenija, 23. in 24. 1. 2020
- Simon Marolt, snemanje dogodka ESTEEM-Spectroscopy School, Gradec, Avstrija, 3.–4. 2. 2020
- Simon Marolt, snemanje Delavnice za subjekte inovativnega okolja, Trbovlje, Slovenija, 12. 2. 2020
- Simon Marolt, snemanje predavanja Znanstveni večeri v UNI NG, Vipava, Slovenija, 20. 2. 2020
- Simon Marolt, snemanje tekmovanja Heckaton v sklopu EU-projekta X5gone, Pariz, Francija, 24.–27. 2. 2020
- Davor Orlič, organizacija tekmovanja Heckaton v sklopu EU-projekta X5gone, Maribor, Slovenija, 23.–24. 1. 2020
- Matija Ovsenek, snemanje predavanja Znanstveni večeri UNI NG, Vipava, Slovenija, 5. 3. 2020
- Matija Ovsenek, delo na projektu Water 4 cities, Atene, Grčija, 10. 8.–8. 9. 2020
- Matija Ovsenek, snemanje predavanja Znanost na cesti, Kranj, Slovenija, 20. 10. 2020
- Matija Ovsenek, snemanje predavanja Znanost na cesti, Kranj, Slovenija, 25. 11. 2020
- Anja Polajnar, srečanje s predstavniki podjetja MediaInteractive, predstavitev platforme MiTeam, Šenčur, Slovenija, 22. 1. 2020
- Anja Polajnar, udeležba na dogodku Heckaton v sklopu EU-projekta X5gone, Maribor, Slovenija, 23. 1. 2020

RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

- Črnko, Mihajela, Secondment projekta H2020 Water4cities, Singularlogic, Atene, Grčija, 18. 12. 2019–18. 1. 2020
- Ovsenek, Matija, Secondment projekta H2020 Water4cities, Singularlogic, Atene, Grčija, 26. 12. 2019–26. 2. 2020
- Ovsenek, Matija, Secondment projekta H2020 Water4cities, Singularlogic, Atene, Grčija, 10. 8. 2020–8. 9. 2020

SODELAVCI

Podoktorski sodelavci

- Ayse Salih Sunar, BSc in Mathematics, Turčija

Mlajši raziskovalci

- Anja Polajnar, mag. znanosti

Strokovni sodelavci

- mag. Mitja Jermol, vodja samostojnega centra**
- dr. Matej Kovačič
- dr. Ervin Pfejfer**, 1. 6. 2020 *razporeditev v odsek E3*
- Matjaž Rihlar, univ. dipl. inž. el., odšel 1. 4. 2020*
- dr. Tanja Zdolšek Draksler

Tehniški in administrativni sodelavci

- Aleš Buh
- Mihajela Črnko
- Ana Fabjan, dipl. multimed. prod.
- Adis Krečo, prof. fil. in soc.
- Monika Kropelj, univ. dipl. kult.
- Simon Marolt, inž. mep.
- Davor Orlič, univ. dipl. prev.
- Matija Ovsenek
- Kim Sevsšek, dipl. org. (UN)
- Špela Sitar, univ. dipl. inž. živ. tehnol.

Opomba

* delna zaposlitev na IJS

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

- ACM Slovenija, Ljubljana, Slovenija
- Association for Computing Machinery, New York, ZDA
- IEEE Slovenija, Ljubljana, Slovenija
- Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS, Ljubljana, Slovenija
- Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, Ljubljana, Slovenija
- Muzej za arhitekturo in oblikovanje, Ljubljana, Slovenija

- Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana, Slovenija
- Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana, Slovenija
- Pošta Slovenije, Maribor, Slovenija
- Skupina organizacij pri projektu EnviroLENS
- Skupina organizacij pri projektu COG-LO
- Skupina organizacij pri projektu SILKNOW
- Skupina organizacij pri projektu ELEXIS
- Skupina organizacij pri projektu PerceptiveSentinel
- Skupina organizacij pri projektu Water4Cities
- Skupina organizacij pri projektu Meet Cinch
- Skupina organizacij pri projektu FIN-TECH
- Skupina organizacij pri projektu CyberSANE
- Skupina organizacij pri projektu NAIADES
- Skupina organizacij pri projektu Human AI
- Skupina organizacij pri projektu INFINITECH
- Skupina organizacij pri projektu FACTLOG
- Skupina organizacij pri projektu A-CINCH
- Skupina organizacij pri projektu Micro HE
- Skupina organizacij pri projektu MentorTrain
- Skupina organizacij pri projektu Databench
- Skupina organizacij pri projektu X5gone
- Skupina organizacij pri projektu TheyBuyForYou
- Slovensko akademsko tehniško naravoslovno društvo Satena
- Stanford University, Stanford, ZDA
- The United Nations, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Pariz, Francija
- University College London, London, VB
- Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije, Koper, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija
- Univerza v Novi Gorici,
- U.S. Embassy Ljubljana, Slovenija

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.

Tako kot številna druga področja je tudi dejavnost ICJT leta 2020 močno zaznamovala epidemija covid-19. Nekatera izobraževanja in zlasti obiske šolskih skupin smo namesto v živo izvedli prek videokonferenčnega sistema. Prav tako smo prostore ICJT opremili s številnimi razkužilniki rok, pleksi zaščito katedrov, termometrom za merjenje telesne temperature pri vходу, v predavalnicah pa smo zmanjšali število stolov oziroma povečali razmik med njimi.



Vodja:
dr. Igor Jenčič

Usposabljanje na področju jedrskih tehnologij je naša primarna dejavnost. Izvedli smo tečaj Tehnologija jedrskih elektrarn, ki je začetek usposabljanja bodočih operaterjev jedrske elektrarne Krško. Zaradi epidemije smo marca prekinili predavanja v živo in jih nadaljevali po spletu. Od 1. junija smo ob upoštevanju preventivnih ukrepov nadaljevali v predavalnicah in z vajami na reaktorju TRIGA. Zaradi manjše intenzivnosti usposabljanja v času dela na daljavo se je trajanje tečaja podaljšalo za mesec in pol.

Na področju varstva pred sevanji smo izvedli 32 tečajev za medicinsko, industrijsko in raziskovalno uporabo virov ionizirajočega sevanja. Med njimi je bil tudi 6-tedenski začetni tečaj za delavko organizacijske enote varstva pred sevanji na reaktorju TRIGA (RZ-1).

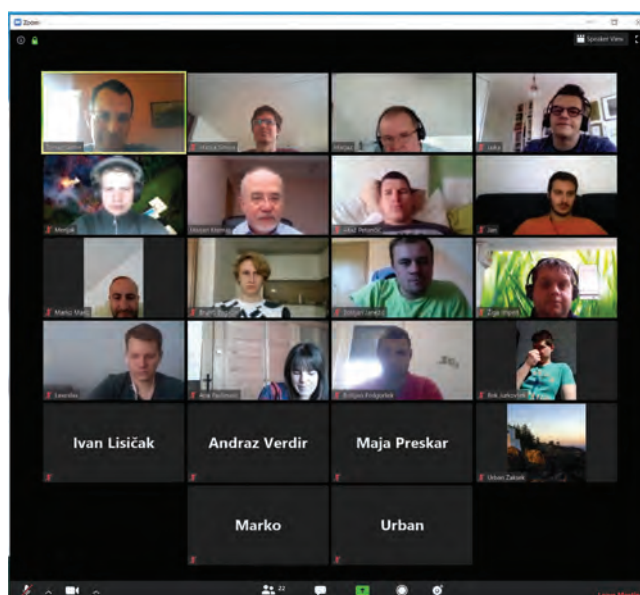
Organizirali smo dva mednarodna tečaja, enega v sodelovanju z Odsekom za reaktorsko tehniko, drugega pa v sodelovanju z Odsekom za reaktorsko fiziko in RIC.

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, fuziji, izotopih, energiji na splošno ter o uporabi sevanj v industriji, medicini in znanosti. Za otroke nižjih razredov osnovne šole smo pripravili delavnico o energiji. V letu 2020 smo imeli 63 skupin s skupno 2351 udeleženci. Od leta 1993 si je naš informacijski center ogledalo 189.770 učencev, študentov, učiteljev in drugih obiskovalcev. Spremljali in analizirali pa smo tudi medijske objave o jedrski energiji.

Dejavnost ICJT je vezana na predavanja tečajnikom oziroma obiskovalcem, zato smo morali svoje delo v času epidemije precej prilagoditi. Deloma smo svoje aktivnosti izvajali prek videokonferenčnega sistema, za predavanja v živo pa smo prostore in organizacijo pouka uskladili s preventivnimi ukrepi.



Slika 1: Delavnica o radioaktivnosti ob obisku Zvezne gimnazije za Slovence v Celovcu, februar 2020



Slika 2: Tečajniki in predavatelji na tečaju Tehnologija jedrskih elektrarn, ki je potekal prek Zooma.

Tečajji v Izobraževalnem centru za jedrsko tehnologijo v letu 2020

Datum	Naslov tečaja	Število udeležencev	Število predavateljev	Število tednov	Število tečajnikov-tednov
20. 1.–24. 1.	Requirements and safety evaluation for NPP SAR	12	9	0,8	9,6
21. 1.–12. 6.	Usposabljanje delavcev v organizacijskih enotah varstva pred sevanji (RZ1)	1	15	6	6
21. 1.–11. 8.	Tehnologija jedrskih elektrarn – teorija	18	16	28	504
9. 3.–11. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje prenosne XRF-spektroskopije	9	3	0,6	5,4
9. 3.–11. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje visokoaktivnih virov sevanja	1	3	0,6	0,6
9. 3.–13. 3.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrijske radiografije	3	5	1	3
1. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in ostalih dejavnosti	9	3	0,2	1,8
1. 6.–2. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje odprtih virov III. razreda	1	4	0,4	0,4
1. 6.–4. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje nuklearne medicine	10	7	0,8	8
4. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje prenosne XRF-spektroskopije – obnovitev	2	3	0,2	0,4
4. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje kontrole prtljage in pošiljk – obnovitev	4	3	0,2	0,8
4. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje odprtih virov III. razreda – obnovitev	4	4	0,2	0,8
4. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in ostalih dejavnosti – obnovitev	7	3	0,2	1,4
4. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje visokoaktivnih virov sevanja – obnovitev	1	3	0,2	0,2
4. 6.–5. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrijske radiografije – obnovitev	3	3	0,4	1,2
8. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in ostalih dejavnosti	15	3	0,2	3
18. 6.	Usposabljanje za izvedbo nadzora radioaktivnosti pošiljk	10	1	0,2	2
22. 6.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje kontrole prtljage in pošiljk	14	2	0,2	2,8
11. 8.–20. 8.	Usposabljanje delavcev v organizacijskih enotah varstva pred sevanji (RZ1) – obnovitev	8	1	1	8
14. 9.–15. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje nuklearne medicine – obnovitev	46	4	0,4	18,4
28. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in ostalih dejavnosti	4	3	0,2	0,8
28. 9.–29. 9.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje odprtih virov III. razreda	5	3	0,4	2
28. 9.–1. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje nuklearne medicine	2	6	0,8	1,6
28. 9.–2. 10.	Uppsala University Dedicated Practical Educational Course „Experimental reactor physics“	6	4	1	6
30. 9.–1. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za delavce, izpostavljene radonu in toronu	3	4	0,4	1,2
1. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje odprtih virov III. razreda – obnovitev	7	4	0,2	1,4

Tečajji v Izobraževalnem centru za jedrsko tehnologijo v letu 2020

Datum	Naslov tečaja	Število udeležencev	Število predavateljev	Število tednov	Število tečajnikov-tednov
1. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje prenosne XRF-spektroskopije – obnovev	1	3	0,2	0,2
1. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrije in ostalih dejavnosti – obnovev	7	3	0,2	1,4
1. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje visokoaktivnih virov sevanja – obnovev	1	3	0,2	0,2
10.–2. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrijske radiografije – obnovev	3	3	0,4	1,2
5. 10.–7. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje prenosne XRF-spektroskopije	6	3	0,6	3,6
5. 10.–9. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje industrijske radiografije	3	5	1	3
19. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje kontrole prtljage in pošilk – obnovev	7	1	0,2	1,4
20. 10.–5. 11.	Usposabljanje delavcev v organizacijskih enotah varstva pred sevanji (RZ1) – obnovev	10	1	1	10
26. 10.	Varstvo pred ionizirajočimi sevanji za področje kontrole prtljage in pošilk – obnovev	6	1	0,2	1,2
Skupaj		249	142	48,8	613



Slika 3: Vaje v komandni sobi raziskovalnega reaktorja TRIGA



Slika 4: Tečajniki v predavalnici na tečaju Tehnologija jedrskih elektrarn, junij 2020



Slika 5: Skupinska fotografija tečajnikov in predavateljev na zaključku tečaja Tehnologija jedrskih elektrarn

MEDNARODNI PROJEKT

1. Teoretično in praktično usposabljanje strokovnjakov jedrskih upravnih organov in tehniških podpornih organizacij za krepitev njihovih upravnih in tehniških zmožnosti - MC3.01/13
Iter-consult Srl - Independent
Saša Bobič

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. ENRAS: Zagotavljanje varnosti intervencijskih ekip v primeru jedrskih ali radioloških nesreč
mag. Matjaž Koželj

VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Manjše usluge (servisne usluge) v letu 2020
mag. Matejka Južnik
2. Tečajji varstva pred sevanji
mag. Matejka Južnik
3. Delovanje Infocentra v letu 2020
Gen energija, d. o. o.
dr. Igor Jenčič
4. Izvedba tečajev TJE in OTJE
dr. Igor Jenčič
5. Izvajanje programa ICJT v letu 2020
Nuklearna Elektrarna Krško, d. o. o.
dr. Igor Jenčič

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

1. Matjaž Koželj; udeležba na EUTERP Board meeting, Bruselj, Belgija, 10.-12. 2. 2020

SODELAVCI

Raziskovalci

1. **dr. Igor Jenčič, vodja centra**

Strokovni sodelavci

2. *Bojan Ambrožič, mag. inž. geol., odšel 15. 1. 2020*
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. Gen energija, d. o. o., Krško, Slovenija
2. ITER-Consult, Rim, Italija
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. Pošta Slovenije, d. o. o., Maribor, Slovenija
8. Uppsala University, Department of Physics and Astronomy, Uppsala, Švedska
9. Zavod RS za šolstvo, Ljubljana, Slovenija

BIBLIOGRAFIJA

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Marko Soderžnik, Bojan Ambrožič, Kristina Žagar, Matic Korent, "Limits of grain boundary engineering in nanocrystalline Nd-Fe-B melt-spun ribbons", *Materials letters*, 2020, **264**, 127338. [COBISS.SI-ID 33044263]

STROKOVNI ČLANEK

1. Bojan Ambrožič, "Od kod izvirajo meteoriti?", *Spika*, 2020, 28, 4, 158-161. [COBISS.SI-ID 33303847]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA

KONFERENCI

1. Matjaž Koželj, Vesna Slapar Borišek, Radko Istenič, "Practical demonstrations - key to efficient explanations of radioactivity to pupils and students", V: *ANIMMA 2019, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications*, June 17-

21, 2019, Portorož, Slovenia, Proceedings, [EPJ Web of Conferences **225**], EDP Sciences, 2020, 10001. [COBISS.SI-ID 33245479]

2. Matjaž Koželj, Vesna Slapar Borišek, "The possibility for distant training and examination in radiation protection in Slovenia", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1601. [COBISS.SI-ID 49082627]
3. Tomaž Skobe, "Distance nuclear training", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1602. [COBISS.SI-ID 49083651]
4. Radko Istenič, Igor Jenčič, "Public opinion about nuclear energy - year 2020 poll", V: *NENE 2020, 29th International Conference Nuclear Energy for New Europe, September 7-10, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Nuclear Society of Slovenia, 2020, 1701. [COBISS.SI-ID 49090051]

DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Bojan Ambrožič, *In situ sinteza in rast nanodelcev v tekočinski celici preseveda elektronskega mikroskopa: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2020 (mentor Sašo Šturm). [COBISS.SI-ID 33240323]

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 in spektrometrije gama po akreditirani metodi (LP-022, EN ISO/IEC 17025).



Vodja:
mag. Matjaž Stepišnik

Osebna dozimetrija

V letu 2020 smo z osebnimi termoluminiscenčnimi dozimetri nadzirali 135 delavcev, ki poklicno redno ali občasno prihajajo v stik z viri ionizirajočega sevanja. Največja izmerjena letna doza zaposlenega je znašala 0,56 mSv, kar je 3 % letne dozne omejitve za poklicnega delavca z viri sevanja (20 mSv na leto) oziroma 56 % letne dozne omejitve za prebivalstvo (1 mSv na leto). Kolektivna letna doza pri vseh delih na IJS je bila 3,2 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 je na IJS v uporabi več kot 100 virov sevanja, za katere je potreben upravni nadzor. Dodatno pa se uporablja še okoli 460 radioaktivnih virov z manjšo aktivnostjo.

Leta 2020 smo pod nadzorom neodvisne pooblaščenice opravili tudi 22 radioloških pregledov laboratorijev IJS, kjer uporabljajo vire sevanja. Neodvisna pooblaščenica je opravila še dodaten nadzor nad delom 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 visoko ločljivostjo spektrometrijo gama (VLG). SVPIS opravi letno okrog 500 različnih meritev VLG 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 menimo, 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 leta 2020 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 2020 smo izvedli več nadzornih pregledov in izdelali nekaj strokovnih mnenj pri zunanjih naročnikih v industriji in znanstvenih organizacijah (skupaj 46).

Sodelavci SVPIS so sodelovali tudi pri ocenah vpliva Jedrske elektrarne Krško, raziskovalnega reaktorja TRIGA in Skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju na okolje.

SODELAVCI

Strokovni sodelavci

1. dr. Tinkara Bučar
2. **mag. Matjaž Stepišnik, vodja SVPIS**

Tehniški in administrativni sodelavci

3. Thomas Breznik, dipl. inž. rad.
4. Tanja Murn, mag. prof. pouč. bio. in kem.
5. 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: *Ugotavljanje stopnje radioaktivnosti v okolju zaradi nadzorovanih izpustov iz NEK*, Institut Jožef Stefan, 2020, 108-1-108-19. [COBISS.SI-ID 27387651]

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). Pomagamo 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. 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, MBA, LLM

Uspešnost CTT izvira iz dela 13 strokovnjakov, šest jih ima naravoslovno-tehnično izobrazbo, devet ekonomsko, en pravno, dva s področja družbenih ved, med nami je tudi en patentni zastopnik in en nosilec naziva Registered Technology Transfer Professional (RTTP), trije člani pa imamo tudi pridobljene ameriške certifikate Certified Licensing Professional. Smo člani ASTP (Association of Science and Technology Professionals), LES (Licensing Executives Professionals) ter Združenja profesionalcev za prenos tehnologije in Združenja patentnih zastopnikov Slovenije.

Delujemo na področjih prenosa tehnologij in znanja. Pomembno orodje v naših rokah 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 2020 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 podjetij, izobraževanje in informiranje, dostop podjetij do raziskovalcev in raziskovalne infrastrukture ter podporo pri vzpostavljanju finančnih ukrepov – prilagodimo individualnim potrebam.

V letu 2020 je center čakalo nekaj **vsebinskih izzivov**, med njimi so bili najbolj zahtevni (i) vsebinska nadgradnja finančnega svetovanja za sodelovanje z JRO v podjetjih, (ii) razpis inovacijskega sklada Proof-of-Concept CTT na IJS in (iii) sistematična profesionalizacija poklica na področju prenosa tehnologij. (i) V letu 2020 smo poenotili podporo podjetjem pri iskanju finančnih sredstev za sodelovanje z raziskovalci, vključno s podporo pri uveljavljanju davčnih olajšav podjetij. (ii) V letu 2020 smo sprejeli Pravilnik o upravljanju inovacijskega sklada CTT na IJS ter odprli in izpeljali razpis Inovacijskega sklada CTT za dodelitev sredstev šestim raziskovalnim projektom IJS, s čimer smo podprli uspešne raziskovalne skupine v razvoju tehnologij k višji stopnji pripravljenosti za trg (TRL). (iii) V letu 2020 smo na mednarodni Konferenci za prenos tehnologij pilotno uvedli sekcijo znanstvenih prispevkov s področja prenosa tehnologij, ki so jih objavili in predstavili tako raziskovalci kot predstavniki pisarn za prenos tehnologij z različnih javnih raziskovalnih organizacij, ter tako dvignili problematiko prenosa tehnologij na raven znanstvene obravnave.

Kljub organizacijskim izzivom zaradi epidemioloških razmer smo svoje delo opravljali v celoti in povečini nemoteno, vključno z organizacijo letne Mednarodne konference za prenos tehnologij in organizacijo sestankov s podjetji, obiskov šol na Institutu ter mnogimi drugimi izobraževalnimi in informativnimi dogodki, ki so potekali na daljavo. Sklenili smo sporazum o sodelovanju konzorcija digitalnih inovacijskih stičišč Slovenije v okviru mreže eDIH. Vključili smo se v prijavo za izvajanje Infrastrukturnega programa IJS za obdobje 2022–2027.

V letu 2020 je Center za prenos tehnologij in inovacij svoje dejavnosti financiral iz dveh večjih in petih manjših **evropskih in nacionalnih projektov**. Projekti so potekali v različnih programskih shemah financiranja: Enterprise Europe Network (EEN) Slovenia (shema COSME), EEN We4SMESLO in KET4Clean Production (Obzorje 2020), SYNERGY in

Trženje 27 tehnologij IJS. Identificiranih 153 novih raziskovalnorazvojnih tem za sodelovanje. Sklenjenih 16 licenčnih in 31 raziskovalnorazvojnih pogodb z 19 podjetji, kar je iz naslova tovrstnih pogodb, pri katerih je CTT igral pomembnejšo vlogo, omogočilo 7-odstotno realizacijo denarnega toka IJS z domačimi ter 31-odstotno realizacijo denarnega toka IJS s tujimi partnerji.

Organizacija mednarodne konference ITTC. Več kot 120 obiskovalcev. Tekmovanje za najboljšo inovacijo. Podeljene nagrade za najboljšo inovacije in dve nagradi 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.

Sodelujemo v DG Research & Innovation v European Innovation Council Management Group ter v Združenih narodih v 10-članski skupini za podporo mehanizmu za prenos znanja in trajnostni razvoj (10MG TFM). Sodelujemo z World Intellectual Property Organization (WIPO) v okviru njihovih globalnih mednarodnih sodelavcev. Predsedujemo sektorski skupini BioChemTech mreže Enterprise Europe Network, Strokovnemu svetu samostojnih centrov na IJS in Združenju profesionalcev za prenos tehnologij Slovenije.



Slika 1: Prejemniki prve nagrade za najboljšo inovacijo iz javnih raziskovalnih organizacij (foto: M. Verč)

Izvedli smo Proof of Concept razpis za pomoč pri dvigu tehnološke pripravljenosti šestih raziskovalnih projektov IJS, ki je bil financiran iz direktnih prejemkov iz naslova licenčnih IJS, v višini 45.000 EUR.

Skupina je tudi pripravila in izvedla razpis inovacijskega sklada Proof-of-Concept CTT na IJS. Pripravili in sprejeli smo nov Pravilnik o upravljanju inovacijskega sklada CTT na IJS ter pripravili, razpisali in izpeljali razpis Inovacijskega sklada CTT za dodelitev sredstev iz zbranih licenčnih. Sredstva smo podelili šestim raziskovalnim projektom IJS, s čimer smo podprli uspešne raziskovalne skupine v razvoju tehnologij k višji stopnji pripravljenosti za trg (TRL).

Skupina za promocijo in izobraževanje

Za spodbudo raziskovalcem, da bi se podali v podjetniške vode, vsako leto objavijo razpis in podelijo nagrado za inovacijo z največjim komercialnim potencialom, 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 2020 prijavilo šest ekip: dve z IJS, tri mešane ekipe z več JRO in ena z drugega inštituta. Na 13. Mednarodni konferenci za prenos tehnologij sta bili slavnostno podeljeni dve nagradi za najboljše invencije in inovacije s tržnim potencialom, prvič v Sloveniji pa tudi 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 so tudi omogočili predstavitev na Mednarodni razstavi inovacij ARCA 2020 v Zagrebu, kjer so predstavljene tehnologije osvojile zlato in srebrno medaljo, in udeležbo na virtualnem Sejmu inovacij in podjetništva Sarajevo 2020, na katerem je bila prva tehnologija nagrajena kot inovacija leta, druga pa je prejela srebrno medaljo.

Presegli smo mejnik 300 uvodnih sestankov s podjetji (od začetka delovanja).

KETGATE (INTERREG Central Europe) in Co-Creato (INTERREG MED) ter nacionalni projekt KTT (MIZŠ). Dejavnosti 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 koordiniramo slovenski del evropske mreže Enterprise Europe Network.

Delo v CTT poteka v okviru štirih skupin, katerih dejavnosti se med seboj dopolnjujejo in prepletajo.

Skupina za zaščito in trženje intelektualne lastnine

Obravnavajo primere zaščite in trženja intelektualne lastnine, ki jih evidentira prek enotne vstopne točke informacijskega sistema EDS na podlagi prvih sestankov z raziskovalci (33), izdeluje ocene patentabilnosti in pripravi poglobljeni pregled stanja tehnike (19). Skupina izvaja tudi poglobljene ocene tržnega potenciala (14), pomaga pri pripravi dokumentacije in opisa izuma za razkritje znotraj matične JRO (19), pomaga izpolniti pogoje za vložitev patentnih prijav (14), pripravlja pogodbe o lastništvu IL (6), svetuje in predlaga ustrezne patentne zastopnike ter pripravlja in vlaga patentne prijave (20), svetuje o strategiji za razširjanje zaščite na mednarodno (13) in nacionalno raven (7). Skupina je v letu 2020 v bazi Enterprise Europe Network pasivno tržila nove tehnološke profile (27), na katere je prejela interese podjetij (65). Omenjene profile je tudi aktivno tržila več kot 200 podjetjem in drugim organizacijam ter prejela resna zanimanja za sodelovanje (12). Člani skupine so poskrbeli za ustrezno sklenjene pogodbe o nerazkrivanju informacij (13), sodelovali pri pogajanjih (22) ter pripravili in poskrbeli za sklepanje licenčnih (15) in raziskovalnorazvojnih (18) pogodb, pri nekaterih (5) pa so sodelovali v podporni funkciji.

Prav tako znotraj skupine poskrbijo za individualna svetovanja o vseh fazah ustanavljanja novih odcepljenih podjetij (6), pomagajo pri pripravi poslovnega načrta (3), vodijo dogovore o ureditvi razmerja med IJS in raziskovalci (1), uredijo dokumentacijo za ustanovitev odcepljenega podjetja (1), poskrbijo za sklepanje pogodb o uporabi opreme (2) in pripravijo licenčne pogodbe za uporabo tehnologije v odcepljenem podjetju (1).

Skupina je tudi pripravila in izvedla razpis inovacijskega sklada Proof-of-Concept CTT na IJS. Pripravili in sprejeli smo nov Pravilnik o upravljanju inovacijskega sklada CTT na IJS ter pripravili, razpisali in izpeljali razpis Inovacijskega sklada CTT za dodelitev sredstev iz zbranih licenčnih. Sredstva smo podelili šestim raziskovalnim projektom IJS, s čimer smo podprli uspešne raziskovalne skupine v razvoju tehnologij k višji stopnji pripravljenosti za trg (TRL).

Skupina je tudi pripravila in izvedla razpis inovacijskega sklada Proof-of-Concept CTT na IJS. Pripravili in sprejeli smo nov Pravilnik o upravljanju inovacijskega sklada CTT na IJS ter pripravili, razpisali in izpeljali razpis Inovacijskega sklada CTT za dodelitev sredstev iz zbranih licenčnih. Sredstva smo podelili šestim raziskovalnim projektom IJS, s čimer smo podprli uspešne raziskovalne skupine v razvoju tehnologij k višji stopnji pripravljenosti za trg (TRL).

Skupina je javnosti obveščala o dogajanjih prek eNovic CTT, na Facebook strani, prek LinkedIna, Twitterja in YouTube kanala. Pripravili in razposlali so sezname slovenskih in EU razpisov (12 seznamov z več

kot 200 razpisi) za projektne prijave, tuja povpraševanja po raziskovalnih/industrijskih partnerjih (35), pomagali pri pripravi projektnih prijav, predvsem v delih Exploitation in Dissemination, tedensko razpošiljali druge informacije TT-koordinatorjem po odsekih ter tako prispevali k prijavi novih projektov z novimi tujimi partnerji (24, 11 z IJS). Objavili smo tudi več člankov v različnih slovenskih revijah (9).

Med pomembnejšimi dogodki naj omenimo, da je skupina načrtovala Dan odprtih vrat IJS (ki nato zaradi epidemioloških dogodkov ni bil organiziran), organizirala obiske šol (20), izvedla izobraževanja iz podjetništva za mlade raziskovalce (1) (skupno 25 udeležencev) in Mednarodno konferenco o prenosu tehnologij (13. po vrsti) (več kot 120 udeležencev). Organizirali smo tudi svetovni obisk mednarodno priznane strokovnjakinje za prenos tehnologij dr. Alison Campbell na MIZŠ, MGRT, SID in SVRK.

Skupina je izdala več publikacij – zbrala in uredila je 550-stransko zbirko patentov in patentnih prijav za obdobje od leta 1999 do leta 2018, ki so v celotni ali delni lasti Instituta "Jožef Stefan". Zasnovo so Zbornik o prenosu tehnologij za slovensko gospodarstvo in slovensko znanost; Zbornik Modrosti iz podpornega okolja pa osvetljuje pereče teme prenosa tehnologij in je namenjen kreatorjem slovenske inovacijske politike. Izdali so tudi tri zloženke, s katerimi obveščamo raziskovalce o posameznih storitvah CTT. Ponatisnili so Priročnik o prenosu tehnologij, Priložnosti za sodelovanje in Razvojne priložnosti.

Skupina za pogodbeno sodelovanje z gospodarstvom

Obiskuje tako velika kot majhna podjetja (33 v letu 2020) ter organizira njihove povratne obiske na IJS (18), organizira sektorske in regijske obiske podjetij na IJS (oziroma z razglasitvijo epidemioloških razmer na daljavo) ter sodeluje z drugimi subjekti podpornega okolja. Sodelavci skupine v podjetjih in med raziskovalci iščejo nove teme za sodelovanje v okviru razvojnih projektov (153 identificiranih RR-tem), pripravljajo tehnološke ponudbe, sklepajo sporazume o varovanju informacij in pisna soglasja za nadaljnje sodelovanje (26 sklenjenih mednarodnih dogovorov o konkretnem dolgoročnem sodelovanju v poslovne ali tehnološko-raziskovalne namene) ter skrbijo za sklenitve licenčnih (1) in raziskovalno razvojnih pogodb (3), v podporni funkciji pa so sodelovali še pri nekaterih (5).

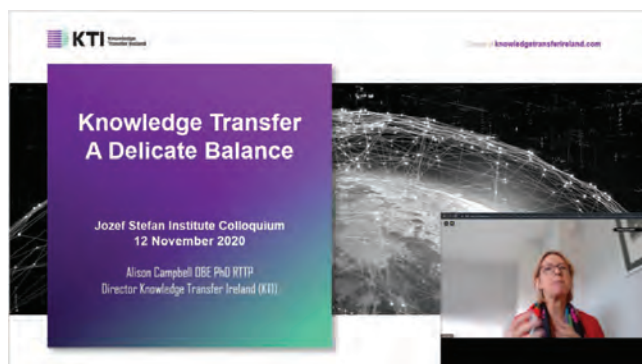
Skupine tesno sodelujejo pri pasivnem trženju tehnoloških in poslovnih profilov (53) v globalni bazi Enterprise Europe Network in koordiniranju interesov s trga (134) za podjetja (111) in raziskovalce (23), oddaji interesov na tuje objavljene profile (115) za podjetja (75) in raziskovalce (40) ter pri soorganizaciji 11 mednarodnih dogodkov (B2B), ki se jih je udeležilo 76 podjetij in raziskovalcev ter izvedlo 180 sestankov s tujimi partnerji.

V letu 2020 so sodelavci vseh treh skupin ob skupnem sodelovanju dosegli sklenitev 16 licenčnih pogodb in 31 raziskovalno razvojnih pogodb z 19 različnimi podjetji oziroma raziskovalnimi organizacijami. Na področju sklepanja pogodb so se dejavnosti CTT v zadnjem letu znatno povečale ter tako za IJS predstavljale 7 % denarnega toka na podlagi pogodb z domačimi in 31 % denarnega toka IJS iz naslova sklenjenih pogodb s tujimi partnerji.

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, RRI). JRC nas je prepoznal kot eno od 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 Organization (WIPO) v okviru njihovih globalnih mednarodnih sodelovanj, kjer

Zbrali in obvestili smo sodelavce IJS o več kot 200 razpisih domačih in tujih projektov ter programov.



Slika 2: Spletni kolokvij: dr. Alison Campbell – Knowledge Transfer – A Delicate Balance

Sodelavce IJS smo obveščali ter pomagali pri prijavah na domača in mednarodna tekmovanja izumov in inovacij, kjer so prejeli šest nagrad.



Slika 3: Brošura Patents of the Jožef Stefan Institute 1999–2018

Pilotno smo na mednarodni konferenci uvedli sekcijo znanstvenih prispevkov s področja prenosa tehnologij ter tako z dvigom problematike prenosa tehnologij na raven znanstvene obravnave prispevali k profesionalizaciji poklica.

smo izvedli tudi nekaj pomembnejših predavanj v sklopu njihovega cikla izobraževanj, npr. v Belorusiji in Latviji. Sodelujemo v strokovni skupini **DG Research & Innovation v European Innovation Council (EIC) Management Group** za vzpostavitev upravljanja z mehanizmom European Innovation Council. V letu 2020 smo bili člani **sektorskih skupin Enterprise Europe Network Materials in ICT**.

Predsedovali smo sektorski skupini BioChemTech, Strokovnemu svetu samostojnih centrov na IJS in Združenju profesionalcev za prenos tehnologij Slovenije ter Komisiji za odcepljena podjetja Instituta "Jožef Stefan".

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Delavnica projekta Co-Create: Z igrifikacijo do zastavljenih ciljev, IJS, Ljubljana, Slovenija, 30. 1. 2020
2. Delavnica projekta SYNERGY: Simulated Crowdfunding, IJS, Ljubljana, Slovenija, 13. 2. 2020
3. 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij – 13. ITTC; na daljavo, 8. 10. 2020
4. Delavnica projekta SYNERGY: Simulated Crowd Innovation Day, na daljavo, 16. 10. 2020
5. Kolokvij IJS: Knowledge Transfer - A Delicate Balance; na daljavo, 12. 11. 2020
6. Srečanje dr. Alison Campbell, Knowledge Transfer Ireland, s predstavniki MIZŠ, MGRT, SVRK in SID banke; na daljavo, 12.–13. 11. 2020
7. Mladi upi 2020 – podjetniško inovacijska delavnica za mlade raziskovalce; na daljavo, 13. 11. 2020

MEDNARODNI PROJEKTI

1. COSME-EEN-SGA4 - EEN Slovenia 4; Storitve EEN Slovenija za pomoč pri poslovanju in inoviranju v Sloveniji
European Commission
dr. Špela Stres, MBA, LLM
2. 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, MBA, LLM
3. H2020 - We4SMESLO 5; Vzpodbijanje potenciala inovacijskega managementa v MSP s strani EEN Slovenija
European Commission
dr. Špela Stres, MBA, LLM

2. KETGATE: Dostop srednjeevropskih MSP do infrastrukture ključnih tehnologij Key Enabling Technologies, KET - Sprožitev novega transnacionalnega ekosistema KET inovacij
dr. Špela Stres, MBA, LLM
3. SYNERGY: Sinergijsko povezovanje s ciljem izboljšanja inovativnosti srednjeevropskih akterjev s področja visoko tehnološke industrije
dr. Špela Stres, MBA, LLM
4. Konzorcij za prenos tehnologij iz JRO v gospodarstvo (KTT)
dr. Špela Stres, MBA, LLM
5. Delež prihodkov IJS z naslova izkoriščanja izumov - tujina (IJS delež licenčnih - tujina)
dr. Špela Stres, MBA, LLM

PROJEKTI

1. Co-Create: Vzpostavitev mreže konkurenčnih grozdov s prispevkom kreativnih industrij na področju Mediterana
dr. Špela Stres, MBA, LLM

VEČJE NOVO POGODBENO DELO

1. Projekt inovacijskega sklada CTT IJS 2020
MK Team, d. o. o., Raka
dr. Špela Stres, MBA, LLM

OBISKI

1. Uroš Bijelič in Brigita Dane, Simbioza genesis, socialno podjetje, Ljubljana, Slovenija, 30. 1. 2020
2. Barbara Zorko, društvo Ekologi brez meja, Ljubljana, Slovenija, 30. 1. 2020
3. Jasna Hrovatin, Fakulteta za dizajn, Ljubljana, Slovenija, 30. 1. 2020
4. Jolanda Damiš Polanc, Mariborska razvojna agencija, Maribor, Slovenija, 27. 1. 2020
5. Uroš Bijelič, Simbioza genesis, socialno podjetje, Ljubljana, Slovenija, 13. 2. 2020
6. Lenka Puh, Jazon, d. o. o., Ljubljana, Slovenija, 13. 2. 2020
7. Vesna Žepič Bogataj TECOS – Razvojni center orodjarstva Slovenije, Celje, Slovenija, 13. 2. 2020
8. Patrizia Melpignano in Mario Ferianis, Or-El, d. o. o., Kobarid, Slovenija, 13. 2. 2020
9. Milenko Prerad, zasebni inventor, Ljubljana, Slovenija, 20. 2. 2020
10. Tomaž Terček, Le-Tehnika, d. o. o., Kranj, Slovenija, 20. 2. 2020
11. Boris Jordan, Kekon, d. o. o., Žužemberk, Slovenija, 25. 2. 2020
12. Roman Pestotnik in dr. Radmila Wollrab, Helios TBLUS, d. o. o., Domžale, Slovenija, 4. 3. 2020
13. Vinko Avguštin, Elan, d. o. o., Begunje na Gorenjskem, Slovenija, 10. 3. 2020

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. France Podobnik: delavnica projekta Co-Create, sestanek z deležniki, 27. 1. 2020
2. France Podobnik, Robert Premk: delavnica projekta Co-Create: Z igrifikacijo do zastavljenih ciljev, 30. 1. 2020
3. Matej Mrak: delavnica projekta SYNERGY: Simulated Crowdfunding, 13. 2. 2020
4. mag. Robert Blatnik in mag. Marjeta Trobec: Pomoč CTT pri pogodbenem sodelovanju med raziskovalci IJS in gospodarstvom; odsek F7, 6. 3. 2020
5. mag. Robert Blatnik in Matej Mrak: Komercializacija izumov – seminar na odseku F6, na daljavo, 12. 5. 2020
6. mag. Robert Blatnik in mag. Tomaž Lutman: predstavitev storitev CTT na odseku K1, na daljavo, 13. 5. 2020
7. mag. Robert Blatnik in mag. Marjeta Trobec: Podpora CTT pri zaščiti in prenosu izumov in znanja v gospodarstvo; na daljavo, 15. 5. 2020
8. mag. Robert Blatnik in mag. Tomaž Lutman: predstavitev storitev CTT na odseku O2, na daljavo, 19. 5. 2020
9. mag. Robert Blatnik: pripravljala delavnica za sodelovanje podjetniških ekip na tekmovanju za najboljšo inovacijo s tržnim potencialom – pitch pred investitorji; na daljavo, 11. 9. 2020
10. dr. Špela Stres, mag. Robert Blatnik, mag. Tomaž Lutman: Uvodne, predstavitvene in povezovalne vsebine na 13. mednarodni Konferenci o prenosu tehnologij – 13. ITTC; na daljavo, 8. 10. 2020

- Matej Mrak: delavnica projekta SYNERGY: Simulated Crowd Innovation Day, na daljavo, 16. 10. 2020
- mag. Robert Blatnik, mag. Tomaž Lutman in dr. Alison Campbell: Mladi upi 2020 – podjetniško inovacijska delavnica za mlade raziskovalce; na daljavo, 13. 11. 2020

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJH

- Tomaž Justin: projektni sestanek konzorcija KET4Clean Production; Oulu, Finska, 13.–14. 2. 2020 (1)
- Tomaž Justin: projektni sestanek konzorcija KET4Clean Production; na daljavo, 8.–9. 9. 2020 (1)
- Tomaž Justin, France Podobnik: Srečanje slovenskih DIHov (Digital Innovation Hub) 2020; Ljubljana, 8. 7. 2020 (1)
- mag. Tomaž Lutman: projektni sestanek konzorcija KETGATE; na daljavo, 6. 5. 2020 (1)
- mag. Tomaž Lutman: sestanek sektorske skupine Materiali mreže Enterprise Europe Network; na daljavo, 4. 6. 2020 (1)
- mag. Tomaž Lutman, Robert Premk: podjetniška konferenca Podjetništvo za svetlejšo prihodnost; Novo mesto, 17. 9. 2020 (1)
- Matej Mrak: projektni sestanek konzorcija SYNERGY; Dresden, Nemčija, 25.–26. 2. 2020 (1)
- Matej Mrak: projektni sestanek konzorcija SYNERGY; na daljavo, 9. 6. 2020 (1)
- Matej Mrak: projektni sestanek (zaključna konferenca) konzorcija SYNERGY; na daljavo, 21. 10. 2020 (1)
- Urška Mrgole, dr. Levin Pal, dr. Špela Stres: usmerjalni odbor Konzorcija za prenos tehnologij; na daljavo, 13. 5. 2020 (1)
- Urška Mrgole, dr. Levin Pal, dr. Špela Stres: sestanek s predstavniki TTO Univerze na Primorskem; Koper, 20. 7. 2020 (1)
- Urška Mrgole, dr. Levin Pal, dr. Špela Stres: sestanek s predstavniki TTO Nacionalnega inštituta za biologijo, Ljubljana, 22. 7. 2020 (1)
- Urška Mrgole, dr. Levin Pal, dr. Špela Stres: sestanek s predstavniki TTO Kmetijskega inštituta Slovenije; Ljubljana, 24. 7. 2020 (1)
- Urška Mrgole, dr. Špela Stres, mag. Marjeta Trobec: sestanek s predstavniki TTO Kemijskega inštituta; Ljubljana, 7. 7. 2020 (1)
- dr. Levin Pal: sestanek sektorske skupine ICT mreže Enterprise Europe Network; na daljavo, 3.–4. 6. 2020 (1)
- dr. Levin Pal: sestanek sektorske skupine BioChemTech mreže Enterprise Europe Network; na daljavo, 2. 10. 2020 (1)
- dr. Levin Pal: B2B Integration Workshop mreže Enterprise Europe Network; na daljavo, 24. 11. 2020 (1)
- dr. Levin Pal: srečanje sektorske skupine Healthcare mreže Enterprise Europe Network; na daljavo, 1. 12. 2020 (1)
- dr. Levin Pal: sestanek predsednikov sektorskih skupin mreže Enterprise Europe Network; na daljavo, 18. 12. 2020 (1)
- dr. Levin Pal, dr. Špela Stres: usmerjalni odbor Konzorcija za prenos tehnologij in predstavitev projekta KETGATE; Maribor, 12. 2. 2020 (1)
- dr. Levin Pal, dr. Špela Stres: sestanek s predstavniki TTO Fakultete za informacijske študije v Novem mestu; Novo mesto, 18. 8. 2020 (1)
- dr. Levin Pal, dr. Špela Stres, mag. Marjeta Trobec: sestanek s predstavniki TTO Univerze v Mariboru; Maribor, 21. 8. 2020 (1)
- dr. Levin Pal, dr. Špela Stres, mag. Marjeta Trobec: USIMP National Patent Fair and University-Industry Collaboration National Congress; na daljavo, 25. 11. 2020 (1)
- France Podobnik: konferenca FLIPPING the Odds in projektne sestanek konzorcija Co-Create; Bruselj, Belgija, 28.–29. 1. 2020 (1)
- France Podobnik, Robert Premk, mag. Marjeta Trobec: usmerjalni odbor Enterprise Europe Network Slovenija; Maribor, 16. 1. 2020 (1)
- Robert Premk: srečanje Enterprise Europe Network Communication Correspondents; Bruselj, Belgija, 24.–25. 2. 2020 (1)
- dr. Špela Stres: sestanek s predstavniki Strokovnega sveta samostojnih centrov; Dol pri Ljubljani, 13. 2. 2020 (1)
- dr. Špela Stres: WIPO Regional Seminar on Intellectual Property in the Contemporary World: New Challenges; Minsk, Belorusija, 25.–26. 2. 2020 (1)
- dr. Špela Stres: Europe Research & Innovation Days 2020; na daljavo, 22.–24. 9. 2020 (1)
- dr. Špela Stres, mag. Marjeta Trobec: Regional WeBex Workshop on IP Commercialization; na daljavo, 6. 10. 2020 (1)
- mag. Marjeta Trobec: sestanek s predstavniki Urada RS za intelektualno lastnino; Ljubljana, 28. 2. 2020 (1)

SODELAVCI

Raziskovalci

- dr. Špela Stres, MBA, LLM, vodja centra**

Mlajši raziskovalci

- mag. Robert Blatnik

Strokovni sodelavci

- Tomaž Justin, univ. dipl. ekon.
- Tomaž Lutman, mag. biokem.
- dr. Duško Odič
- dr. Levin Pal
- France Podobnik, univ. dipl. ekon.
- mag. Marjeta Trobec

Tehniški in administrativni sodelavci

- dr. Zdravko Balorda, odsel 1. 9. 2020
- Gregor Jus, univ. dipl. ekon.
- Matej Mrak, dipl. ekon. (VS)
- Urška Mrgole, univ. dipl. ekon.
- Miha Pitako, univ. dipl. kom.
- Robert Premk, univ. dipl. ekon.

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

- Acies Bio, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
- Balmar, d. o. o., Celje, Slovenija
- Bay Zoltán Nonprofit Ltd. for Applied Research (BZN), Budimpešta, Madžarska
- Chamber of Commerce, Industry, Crafts and Agriculture of Venice Rovigo Delta-Lagunare, Benetke, Italija
- Chemcolor Sevnica, d. o. o., Sevnica, Slovenija
- Chemets, d. o. o., Šenčur, Slovenija
- ChemiTek, Esposende, Portugalska
- CITEVE Technological Institute, Vila Nova de Famalicão, Portugalska
- CVS Mobile, d. d., Ljubljana, Slovenija
- Diffusion Alloys Ltd., Hatfield, Velika Britanija
- Elan, d. o. o., Begunje na Gorenjskem, Slovenija
- European Commission, Bruselj, Belgija
- Evropska organizacija za jedrske raziskave CERN, Ženeva, Švica
- EXOR ETI, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
- Fakulteta za informacijske študije v Novem mestu, Pisarna za prenos znanja in tehnologij
- Ferročrtalič, d. o. o., Dolenjske Toplice, Slovenija
- Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation, Stuttgart, Nemčija
- Gabrijel Aluminium, d. o. o., Grosuplje, Slovenija
- Gospodarska zbornica Slovenije, Ljubljana, Slovenija
- GUT&PET, d. o. o., Vrhnika, Slovenija
- Hahn Schickard – Gesellschaft für angewandte Forschung, Stuttgart, Nemčija
- Helios TBLUS, Domžale, Slovenija
- Hidria, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
- Innowear-Tex Kft., Hódmezővásárhely, Madžarska
- Institute of Solid State Physics, University of Latvia, Riga, Latvija
- Interkorn, d. o. o., Beltinci, Slovenija
- International Iberian Nanotechnology Laboratory INL, Braga, Portugalska
- Javna agencija Republike Slovenije za spodbujanje podjetništva, internacionalizacije, tujih investicij in tehnologije – SPIRIT Slovenija, Ljubljana, Slovenija
- Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Ljubljana, Slovenija
- Joanneum Research, Gradec, Avstrija
- Keko Oprema, d. o. o., Žužemberk, Slovenija
- Kemijski inštitut, Pisarna za prenos znanja, Ljubljana, Slovenija
- Kmetijski inštitut Slovenije, Pisarna za prenos tehnologij in znanja, Ljubljana, Slovenija
- Knowledge Transfer Ireland, Dublin, Irska
- Konditor, d. o. o., Rače, Slovenija
- Krka, d. d., Novo mesto, Slovenija
- Kronoterm, d. o. o., Gomilsko, Slovenija
- Leitat – Technological Center, Barcelona, Španija
- Le-Tehnika, d. o. o., Kranj, Slovenija
- Loga Präzisionsteile GmbH & Co. KG, Denkingen, Nemčija
- London Business School, Institute of Innovation and Entrepreneurship, London, Velika Britanija
- LXNAV, d. o. o., Celje, Slovenija
- Mariborska razvojna agencija, Maribor, Slovenija
- Materize, Riga, Latvija
- Mazzero Carpenteria & c. srl, Farra di Soligo, Italija
- Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Ljubljana, Slovenija
- Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije, Ljubljana, Slovenija
- MPT, d. o. o., Šmartno ob Paki, Slovenija
- Murexin, d. o. o., Puconci, Slovenija
- Nacionalni inštitut za biologijo, Pisarna za prenos tehnologij, Ljubljana, Slovenija
- Naviter, d. o. o., Kranj, Slovenija
- Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, Ljubljana, Slovenija
- Pardam, s. r. o., Roudnice, Czechia
- Phoenix, d. o. o., Orahovica, Hrvaška
- Plamtex Int., d. o. o., Komenda, Slovenija
- Plougmann Vingtoft, Technology Transfer, Kopenhagen, Danska
- Podgorje, d. o. o., Šentjernej, Slovenija

58. Politehnica University of Bucharest, Bukarešta, Romunija
59. PRAXI Network – Technology Transfer & Innovation Support, Atene, Grčija
60. RC eNeM, d. o. o., Zagorje ob Savi, Slovenija
61. RLSE Acreo AB, Norrköping, Švedska
62. Seamthesis Srl, Rim, Italija
63. SID – Slovenska izvozna in razvojna banka, d. d., Ljubljana, Slovenija
64. Simbioza Genesis, socialno podjetje, Ljubljana, Slovenija
65. SinusPro GmbH, Gradec, Avstrija
66. SIRRIS centre, Antwerpen, Belgija
67. Služba vlade za razvoj in evropsko kohezijsko politiko SVRK, Ljubljana, Slovenija
68. Standortagentur Tirol Ltd., Innsbruck, Avstrija
69. Steinbeis 2I GmbH, Stuttgart, Nemčija
70. Steklarna Hrastnik, d. o. o., Hrastnik, Slovenija

71. Stelem, d. o. o., Žužemberk, Slovenija
72. Technol, d. o. o., Izola, Slovenija
73. Ultrasonic, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
74. Univerza na Primorskem, Center za razvoj in prenos znanja, Koper, Slovenija
75. Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
76. Univerza v Ljubljani, Univerzitetna služba za prenos znanja, Ljubljana, Slovenija
77. Univerza v Mariboru, Služba za prenos znanja in tehnologij, Maribor, Slovenija
78. Vacutech, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
79. Vukmir and Associates, Zagreb, Hrvaška
80. World Intellectual Property Organization WIPO, Ženeva, Švica
81. Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poljska
82. Zavod 404 – Zasebni zavod za raziskave, razvoj in inovacije Ljubljana, Ljubljana, Slovenija

BIBLIOGRAFIJA

STROKOVNI ČLANEK

1. Duško Odič, "Pregled objav s področja mikrobiologije v Sloveniji, 2019", *Transpozon: interno glasilo Mikrobiološkega alumni kluba*, 2020, 3, 24-27. [COBISS.SI-ID 21014019]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

1. Špela Stres, Levin Pal, "Desetletje prenosa znanja v Sloveniji", V: *USIMP Ulusal Patent Fuarı ve Üniversite-Sanayi İşbirliği Kongresi 2020 Raporu, 30 Aralık 2020: sempozyum değerlendirme raporu, 25-26 Kasım 2020, Çevrimiçi*, 9-29. [COBISS.SI-ID 48084739]

OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Urška Mrgole, Špela Stres, "Kemijski programi za promocijo študija naravoslovja", V: *VIVID 2018, 12. oktober 2018, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik referatov, 21. mednarodna multikonferenca Informacijska družba (IS 2018), Založba UL FRI, 2020, 197-200. [COBISS.SI-ID 53673475]
2. Špela Stres, Levin Pal, "Desetletje prenosa znanja v Sloveniji", V: *13. ITTC, 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonferenca Informacijska družba (IS 2020), zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2020, 15-23. [COBISS.SI-ID 32538627]
3. Rok Pestotnik, Rok Dolenc, Andrej Seljak, Matej Mrak, "Real-time fluorescence lifetime acquisition system", V: *13. ITTC, 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonferenca Informacijska družba (IS 2020), zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2020, str. 33-37. [COBISS.SI-ID 78932739]
4. Janez Štrancar, Špela Stres, "Regulated toxicity-testing: spinning out a company in a rapidly changing market", V: *13. ITTC, 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonferenca Informacijska družba (IS 2020), zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2020, 38-42. [COBISS.SI-ID 32523267]
5. Levin Pal, "The awareness on environmental protection issues as reflected through the inventions", V: *13. ITTC, 13. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij, 8. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 23. mednarodne multikonferenca Informacijska družba (IS 2020), zvezek E, Institut "Jožef Stefan", 2020, 53-59. [COBISS.SI-ID 32539651]
6. Špela Stres, Levin Pal, "Razvoj obiskov na Institutu "Jožef Stefan" skozi čas - od odprtih vrat do virtualnega obiska", V: *Vzgoja in izobraževanje*

v informacijski družbi, 9. oktober 2020, Ljubljana, Slovenija, Zbornik 23. mednarodne multikonferenca Informacijska družba (IS 2020), zvezek G, Institut "Jožef Stefan", 2020, 254-259. [COBISS.SI-ID 34862083]

SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGLAVJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Angelos Dennis Keromytis, Jes Broeng, Julien Chiaroni, Carsten Dreher, Fiona Murray, Marie-Elisabeth Rusling, Špela Stres, "Recommendations & guiding principles: programme creation", V: *Implementing the pro-active management of the EIC pathfinder for breakthrough technologies & innovations: lessons from the ARPA model & other international practices*, European commission, 2020, 20-43. [COBISS.SI-ID 37506051]
2. Carsten Dreher, Franz-Werner Haas, Angelos Dennis Keromytis, Cheryl Martin, Špela Stres, "Active portfolio management: recommendations & guiding principles", V: *Implementing the pro-active management of the EIC pathfinder for breakthrough technologies & innovations: lessons from the ARPA model & other international practices*, European commission, 2020, 44-52. [COBISS.SI-ID 37511683]
3. Cheryl Martin, Jes Broeng, Julien Chiaroni, Franz-Werner Haas, Fiona Murray, Marie-Elisabeth Rusling, Špela Stres, "Recommendations & guiding principles: transition activities", V: *Implementing the pro-active management of the EIC pathfinder for breakthrough technologies & innovations: lessons from the ARPA model & other international practices*, European commission, 2020, 53-73. [COBISS.SI-ID 37590787]

STROKOVNA MONOGRAFIJA

1. Špela Stres, Levin Pal, *Priročnik o prenosu tehnologij: za slovensko gospodarstvo in slovensko znanost*, Center za prenos tehnologij in inovacij na Institutu Jožef Stefan, 2020. [COBISS.SI-ID 17898243]

DRUGO UČNO GRADIVO

1. Špela Stres, *Biological safety and ethics: lectures for microbiology BSc students of University of Ljubljana 2019/2020*, Institut "Jožef Stefan", 2020. [COBISS.SI-ID 53231619]
2. Špela Stres, *Economics and society: Mednarodna Podiplomska šola Instituta Jožef Stefan*, Institut "Jožef Stefan", 2020. [COBISS.SI-ID 53232643]
3. Špela Stres, *How to decide for publication or patenting ... and beyond: lectures for electrical engineering BSc students of University of Ljubljana*, Institut "Jožef Stefan", 2020. [COBISS.SI-ID 53233923]

CENTER ZA PAMETNA MESTA IN SKUPNOSTI

CPMiS

Center za pametna mesta in skupnosti C PMiS je bil ustanovljen na začetku leta 2017. Vodenje centra je 1. januarja 2019 prevzela dr. Nevenka Cukjati.

Glavni nalogi centra sta koordiniranje in delovanje Strateško 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.



Vodja:
dr. Nevenka Cukjati

Strateško razvojno inovacijsko partnerstvo Pametna mesta in skupnosti

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** ter usklajevati raziskovalne in 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; pomagamo pri analizi trgov, razvoju kadrov, zaščiti intelektualne lastnine ter 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 že več kot 120 podjetij (leto 2020) in raziskovalnih institucij iz vse Slovenije.

Ključna področja delovanja

SRIP Pametna mesta in skupnosti vključuje šest področij (vertikal), skozi vsa pa se prepleta področje sodobnih IKT-tehnologij (IKT-horizentalna mreža) s svojimi podpodročji (slika 1).

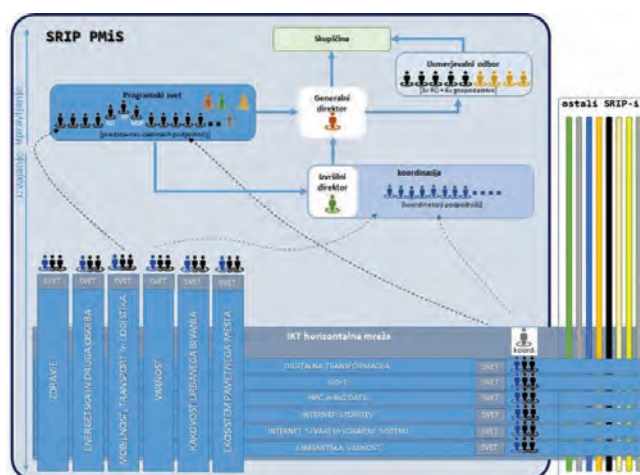
SRIP PMiS ustvarja in podpira **poslovne in raziskovalne sinergije** na področju pametnih mest za nove izdelke, storitve in tehnologije ter pomaga podjetjem pri vstopu na svetovni trg z osredinjenjem na **nišna področja** s ciljem, da postanejo slovenska podjetja pomemben evropski ponudnik tovrstnih rešitev.

V partnerstvu vključujemo aktualne vsebine nove finančne perspektive Evropa 2021–2027, misije – področje ogljično nevtralnih mest in smernice dokumenta GREEN DEAL zelenega dogovora. 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, raziskavami in razvojem;
- 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 ter njihovih izdelkov in storitev;
- neposredne informacije članom SRIP PMiS;
- izboljšanje kakovosti življenja v mestih in skupnosti: povezovanje z občinami, mesti.

Leta 2020 smo uspešno končali 2. fazo operacije SRIP PMiS ter podpisali **pogodbo z ministrstvom za gospodarstvo in tehnologijo** o sofinanciranju 3. faze operacije Strateško razvojno inovacijsko partnerstvo na področju Pametna mesta in skupnosti, ki potrjuje usmeritve SRIP PMiS, zapisane v akcijskih dokumentih. Konec leta 2020 je SVRK odobril podaljšanje operacij SRIP, kar za nas pomeni sofinanciranje SRIP PMiS do 30. 9. 2023.



Slika 1: Shema področij SRIP PMiS

Ker se je marca 2020 začela pandemija covid-19, smo poslovanje prilagodili razmeram ter večino dogodkov in srečanj izvedli virtualno.

Dejavnosti v sklopu organizacijske strukture delovanja SRIP PMiS

V začetku leta smo največ pozornosti namenili noveliranju akcijskega načrta in pripravam na oddajo vloge za 3. fazo operacije SRIP PMiS. 13. 2. 2020 smo na izrednih sejah PS in UO SRIP PMiS sprejeli Akcijski načrt 2020–2022 in Program dela za 3. fazo operacije SRIP PMiS. 14. 2. 2020 smo oddali vlogo za 3. fazo operacije SRIP PMiS.

Z začetkom 3. faze operacije SRIP PMiS smo se še bolj osredotočili na realizacijo aktivnosti prenovljenega Akcijskega načrta SRIP PMiS. Na 7. razširjeni seji PS SRIP PMiS 21. 5. 2020 smo predstavili povzetek akcijskih načrtov vertikal in horizontal SRIP PMiS s primeri dobrih praks ter izvolili člane predsedstva PS. 4. 6. 2020 smo na 3. redni skupščini predstavili spremembe Poslovnika SRIP PMiS, Poročilo o opravljenih aktivnostih v letu 2019 in volili člane UO SRIP PMiS. Na 6. seji UO SRIP PMiS 12. 11. 2020 je Gospodarska zbornica Slovenije imenovala novega predsednika UO. Usmerjevalni odbor je delovno telo, v domeni katerega je finančni vidik poslovanja SRIP PMiS. Na omenjeni seji so bili člani seznanjeni tudi z aktivnostmi 3. faze operacije SRIP PMiS in usmeritvami za poslovni načrt za leto 2021.

8. seja PS SRIP PMiS je potekala 18. 12. 2020 in je bila namenjena seznanitvi z aktivnostmi na področju prenove Strategije pametne specializacije S4 in usmeritvami glede aktivnosti SRIP PMiS po letu 2022.

Sodelovanje med SRIP-i in ministrstvi

V drugi polovici leta smo v sodelovanju s SVRK pripravljali SRIP-i osnutek dokumenta prenovljene Strategije pametne specializacije S4. Osredotočili smo se na merilo 4: proces podjetniškega odkrivanja (EDP) ter s tem povezano prenovljeno opredelitev fokusnih področij in pripadajočih produktov. V tem obdobju so potekali sestanki s posameznimi vertikalami in horizontalami ter sestanki z drugimi SRIP-i z namenom osredotočenja in definiranja potencialno sorodnih in komplementarnih področij delovanja.

Skozi vse leto 2020 so potekala srečanja delovne skupine koordinatorjev SRIP-ov (DSKS). Osnovna usmeritev, ki ji sledimo, je povezovanje partnerjev znotraj posameznih SRIP-ov in med SRIP-i s poudarkom na povezovanju gospodarstva, institucij znanja in države. Sodelovali smo pri oblikovanju slovenske industrijske strategije. V letu 2020 so bili naši sestanki osredotočeni na pregled stanja in nadaljnjih aktivnosti prenove S4 v sodelovanju z MGRT, MIZŠ in SVRK.

14. 9. 2020 je v okviru projekta Interreg A-RING potekala delavnica o pametni specializaciji v Sloveniji z namenom seznanitve o stanju aktivnosti na področju prenove Strategije S4 s strani SVRK, ki smo se je udeležili vsi SRIP-i.

Sodelovanje z drugimi ustanovami

V okviru sodelovanja z drugimi ustanovami smo namenili veliko pozornost sodelovanju z občinami pri predpripravi na razpis MJU o rešitvah IoT za mesta in občine. V katalogu digitalnih rešitev za pametna mesta in skupnosti smo za MJU zbrali aktivnosti in produkte članov SRIP PMiS. V Občini Grosuplje smo organizirali predstavitev storitev in produktov IoT naših članov. Vzpostavili smo povezavo med našimi člani, ki imajo produkte – storitev, in mesti – občinami, ki te storitve potrebujejo. Opravili smo niz usklajevalnih sestankov s severnoprimorskimi občinami, pridobili nabor prednostnih področij in pozvali člane SRIP PMiS k vključevanju v svojimi produkti in storitvami z izpolnjevanjem ankete. Na MJU smo posredovali osnutek strategije za pametna mesta za obdobje 2020–2024, ki ga pripravlja član SRIP PMiS Občina Krško.

SRIP PMiS je vključen v pripravo dokumenta *Nacionalni program spodbujanja razvoja in uporabe umetne inteligence v RS do leta 2025*, ki ga pripravlja skupaj z Direktoratom za informacijsko družbo in informatiko pri ministrstvu za javno upravo ter v sodelovanju s ključnimi deležniki v Sloveniji. V okviru Evropskega zelenega dogovora se SRIP PMiS v skladu s finančnim instrumentom misij vključuje v aktivnosti v zvezi s pobudo 100 podnebno nevtralnih mest do leta 2030. V sodelovanju s predstavniki Tehnološkega parka potekajo priprave na dogodek v okviru predsedovanja EU v Sloveniji.

Brezplačne delavnice in seminarji

Za člane SRIP PMiS smo organizirali brezplačne spletne delavnice in aktivnosti: 14. 10. 2020: Tetramax: Oblikovanje uporabniškega vmesnika – praktične smernice, spletna delavnica; 25. 11. 2020: Tetramax: Vgradni sistemi z vezji FPGA, spletna delavnica. V sodelovanju s strokovno skupino z UL FRI pripravljamo odprtokodno spletno platformo SRIP PMiS: Tržnica rešitev in Tehnološka igralnica. Sklenili smo članstvo z EIP-SCC, ki ima veliko podporo Evropske komisije in pomembno vlogo pri združevanju mest, industrij, vlagateljev, raziskovalcev in drugih akterjev pametnih mest.

V sklopu **promocije in internacionalizacije** smo sodelovali na odmevnejših dogodkih v Sloveniji in tujini: Partnerstvo pri projektu DEAS – Podatkovna ekonomija kot vir sodelovanja, konkurenčnosti in novih storitev na območju Alp; 23.–24. 9. 2020: Soorganizacija Mednarodne konference Living bits and things 2020, predstavitev

SRIP PMiS; 4. 11. 2020: Expo 2020 Dubai, v sklopu virtualnih dogodkov Pre Expo je potekala predstavitev Slovenije in Operacije SRIP PMiS; 10. 12. 2020: Sekcija slovensko združenje za energetska ekonomika, predstavitev projektov in aktivnosti SRIP PMiS v okviru SAE.

Na področju obveščanja javnosti o delovanju in viziji partnerstva SRIP PMiS so bili objavljeni članki v revijah *Eko Dežela* (november 2020) v zvezi z digitalizacijo in konceptom pametnih vasi in mest v RS ter članek v časopisu *DELO* (15. 5. 2020) z naslovom Koncept mesta, ki po epidemiji ne bo več le pametno, ampak tudi varno. Novembra so nas intervjuvali za radio Rai Furlanija - Julijska krajina, Trst, oddaja *Studio D* z naslovom Pametno po mestu. Na spletni strani SRIP PMiS redno objavljamo novice in dogodke za člane.

PROJEKTI

1. SRIP PMiS: Pametna mesta in skupnosti
dr. Nevenka Cukjati
2. SRIP PMiS: Pametna mesta in skupnosti Podpora strateškim razvojno inovacijskim partnerstvom (SRIP) na prioriternih področjih pametne specializacije, SRIP Pametna mesta in skupnosti (SRIP PMiS)
dr. Nevenka Cukjati
3. SI4CARE
dr. Nevenka Cukjati
4. Podpora strateškim razvojno inovacijskim partnerstvom (SRIP) na prioriternih področjih pametne specializacije, SRIP Pametna mesta in skupnosti (SRIP PMiS)
dr. Nevenka Cukjati

SODELAVCI

Tehniški in administrativni sodelavci

1. **dr. Nevenka Cukjati, vodja CPMiS**
2. Petra Hauschild, mag. tur. man.
3. Mojca Kristl, univ. dipl. ekon.
4. *Željka Kukec, univ. dipl. ekon., odšla 1. 4. 2020*
5. *Tjaša Lazič, univ. dipl. var., odšla 27. 4. 2020*

CENTER TOVARNE PRIHODNOSTI

CToP

Center Tovarne prihodnosti – CToP, ki ga vodi Rudi Panjtar, je bil ustanovljen na začetku leta 2017. Glavna naloga novoustanovljenega centra je koordiniranje in delovanje Strateško razvojno-inovacijskega partnerstva Tovarne prihodnosti (SRIP ToP). Poleg navedenega center spodbuja tudi medodsečno sodelovanje znotraj Instituta "Jožef Stefan" ter s tem prispeva k podpori partnerstvu na področju najnovejših tehnologij in hkrati aktivno sodeluje pri ustvarjanju razvojno-raziskovalnih politik 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 znanja in 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 (vertikal), skozi vsa pa se prepletajo horizontalne mreže s ključnimi tehnologijami (slika 1).

SRIP ToP z učinkovitim usmerjanjem raziskav in razvoja ter uvajanjem znanj in tehnologij, ki omogočajo proizvodnjo bolj kakovostnih izdelkov, ob manjši porabi energije in surovin, manjšem onesnaževanju okolja, boljši vključenosti ljudi itd., posredno prispeva tudi k pospeševanju prehoda v energijsko učinkovito gospodarstvo z majhnimi izpusti toplogrednih plinov oz. k intenzivnemu spodbujanju prehoda v nizkoogljično družbo in v krožno gospodarstvo. 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.

Na področju internacionalizacije smo aktivno sodelovali z gospodarsko diplomacijo na Ministrstvu za zunanje zadeve, ki se pripravlja na predsedovanje EU, kjer bi radi izpostavili tudi nekaj tem z našega področja.

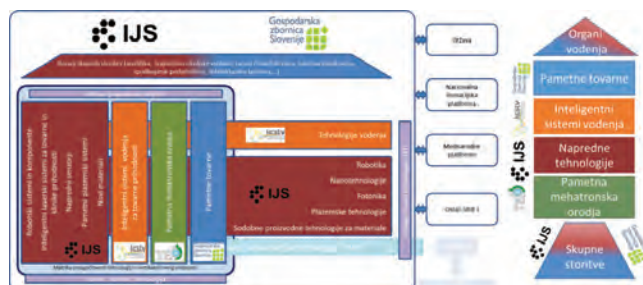
Pridružili smo se vplivnemu WMF (World Manufacturing Forum) in SPIRE (Sustainable Process Industry through Resource and Energy Efficiency). V robotiki smo se včlanili v RIA (Robotics Industries Association), s katero ambiciozno vstopamo tudi na trge zunaj EU.

Nadaljevali smo našo aktivnost v Iniciativi Vanguard, predvsem na področju virtualne tovarne in 3D-tiskanja, kjer smo postali polnopravni člani ožjih skupin pri omenjenih pilotih.

V EU S3 platformi in okviru področja modernizacije proizvodnje smo sovodilni partner za umetno inteligenco v proizvodnji (AI-HMI) in vodilni partner za implementacijo industrije 4.0. Aktivno zastopamo člane tudi pri pripravi slovenske strategije umetne inteligence in smo bili tudi med pobudniki ustanovitve združenja AI4SI. V okviru AI-HMI snujemo medregijski laboratorij za AR/VR, sodelovalne robote in pametno tovarno.

Na področju umetne inteligence vzpostavljamo tudi sodelovanje z BDVA (Big Data Value Association), kjer bomo sodelovali na področju uporabe AI in velikih podatkov v proizvodnji.

Vzpostavili smo sodelovanje s fotonimskim grozdom ALFA-RLH, s katerim smo pred podpisom sporazuma o sodelovanju.



Slika 1: Shema področij SRIP ToP

CToP je med letom intenziviral sodelovanje z mednarodnimi partnerstvi, kjer smo sodelovali pri skupnih prijavih treh projektov v okviru programov Obzorja 2020 in Cosme (Evropske agencije za mala in srednja podjetja) ter s projektom na področju EU programa Obzorje 2020 za obvladovanje covid-19. Čeprav so bile prijave projektov visoko ocenjene, pa zaradi konkurenčnosti razpisov niso bile uspešne, vendar pa je CToP vzpostavil pomembna zaveznitva z močnimi industrijskimi mrežami in partnerji iz vse Evrope (npr. AFIL Združenje pametnih tovarn Lombardija, ALPHA-RLH cluster na področju fotonike in mikrovalov iz Francije, EIT Manufacturing idr.). Z nekaterimi smo v letu 2020 pristopili k pripravi sporazumov za sodelovanje ali pa začeli s prijavo novega strateškega projekta sodelovanja večjih evropskih industrijskih clusterov za pospešitev prehoda v industrijo 4.0. Tako smo v okviru razpisa Obzorje Innosup, namenjenega povezovanju evropskih clusterov, pripravili in prijavi nov večji projekt sodelovanja industrijskih clusterov s pričakovanim začetkom sodelovanja v drugi polovici leta 2021, če bo prijava uspešna. CToP je bil uspešen tudi na razpisu Obzorje Innosup za razvoj novih, specializiranih znanj inovacijskih sistemov s projektom Go Dip, kjer smo vodilni partner. Pri projektu sodelujeta še HIT – Hub Innovazione Trentino iz Italije in INNOSQUARE, inovacijska platforma iz Fribourga v Švici. Projekt Go Dip je namenjen izgradnji specializiranih svetovalnih dejavnosti partnerjev na področju upravljanja z digitalno intelektualno lastnino in monetizaciji digitalnih podatkov podjetij prek valorizacije digitalne lastnine kot strateškega kapitala digitalnih podjetij. Projekt se je začel izvajati marca 2021. Skupna vrednost projekta je 50.000 EUR, od tega je sredstev za CToP 18.000 EUR.

Konec leta je Vlada Republike Slovenije (Ministrstvo za zunanje zadeve) povabila CToP, da sodeluje kot aktivni član v okviru delovne skupine 2 na področju razvoja digitalnega gospodarstva, ki alpski makroregiji daje strateške smernice za investicije v raziskave, razvoj in spodbude industriji i4.0. ter je podlaga za nove finančne programe Evropske unije na področju evropske teritorialne, raziskovalne, industrijske in okoljske politike.

V prizadevanju po intenzivnejši internacionalizaciji smo identificirali tudi vrsto novih finančnih in raziskovalno-razvojnih mehanizmov v okviru programov NATA, Evropske vesoljske agencije ter večjih evropskih in globalnih raziskovalnih infrastruktur in mrež, kot so npr. RIA na področju robotike in evropske platforme za bioekonomijo in druge, ki koristijo delovanju CToP in članom SRIP ToP.

V preteklem letu smo uspešno zaključili 2. fazo projekta SRIP Tovarne prihodnosti in prešli v 3. fazo projekta, kjer bomo naše aktivnosti še dodatno stopnjevali in osredotočali. Lansko leto je bilo posebno, saj ga je zaznamovalo več stvari, ki so zelo vplivale na naše delovanje, med temi sta zagotovo epidemija covid-19 in z njo povezani ukrepi tako doma kot v tujini ter prijava na 3. fazo projekta SRIP Tovarne prihodnosti z ambicioznim akcijskim načrtom.

Glede na akcijski načrt smo vzpostavili vse procese za delovanje notranje organizacije – vzpostavitev štirih grozdov, koordinacije in poslovnega modela za poslovanje med grozdi ter vzpostavitev mreže koordinatorjev vertikalnih verig vrednosti in horizontalnih mrež.

Vzpostavili smo sodelovanje s Pomurskim tehnološkim parkom, s katerim načrtujemo sodelovanje pri projektih, povezanih z industrijo 4.0 in robotiko.

Soorganizirali smo KOC 3.0 Tovarne prihodnosti, kjer smo poskrbeli za maksimalno vključenost naših članov in skupaj z drugimi partnerji pripravili pester in zanimiv program izobraževanja. Vzpostavili smo povezavo med KOC – Tovarne prihodnost, programom Munera in razvojem človeških virov v okviru SRIP ToP ter sprejeli zavezo o skupnem sodelovanju na področju kadrov. Sodelovali smo tudi na razpisu za KOC DM, kjer želimo našim članom (tako podjetjem kot raziskovalnim organizacijam) približati upravljalvske večine in procese za implementacijo trajnostnega dizajna.

Pripravili smo akcijski načrt za 3. fazo operacije SRIP, kjer smo skozi projekte, ki so jih predlagali člani iz gospodarstva, izvedli spremembe in prilagoditve ključnih področij delovanja ter smeri razvoja, ki bodo imele velik vpliv v domačih razpisih v naslednjih treh letih na pripravo operativnih programov na področjih gospodarstva in znanosti.

Sodelovali smo tudi pri pripravi predlogov za koronske ukrepe, kjer smo poskušali spodbuditi večjo pomoč pri investiranju države v nove tehnologije, digitalizacijo in avtomatizacijo.

Vzpostavili smo sodelovanje z drugimi SRIP-i in s ključnimi ministrstvi, ki so pomembni za naše delo (MGRT, MIZŠ) ter 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 produktivnih in razvojnih področjih, ki bodo vključena v prenovljeno strategijo pametne specializacije za obdobje 2021–2027. Pri tem smo v ospredje postavili vključevanje ključnih tehnologij, katerih razvoj in financiranje sta ključna za uspešnost celotne slovenske pametne specializacije.

Izvedli smo predstavitve SRIP ToP na različnih dogodkih ter predstavili SRIP ToP in našo dejavnost na različnih srečanjih doma in v tujini.

Prenovili smo našo spletno stran, ki postaja vse bolj obiskano stičišče novic s področja tehnologij in naše aktivnosti ter v kombinaciji s socialnimi omrežji seznanja z našo dejavnostjo vse širši krog sledilcev. Posodobili in obogatili smo naše tedenske novice, ki med prejemniki dosegajo lepo branost.

Obdobji epidemije in menjava vlade sta močno prizadeli naše neposredne aktivnosti, ki smo jih v letu 2020 načrtovali za člane. Obdobje brez veljavnih pogodb je tudi ustavilo financiranje zunanjih in notranjih izvajalcev storitev. V tem času smo se prijavili na več razpisov EU, na katerih rezultate še čakamo.

V sklopu priprave akcijskega načrta ter z namenom spodbujanja mreženja, izmenjave informacij ter spodbujanja organizacij k včlanitvi v SRIP ToP smo leta 2020 izvedli več predstavitev dogodkov SRIP ToP. Med najbolj odmevnimi so bili: organizacija in izvedba mednarodne dvodnevne delavnice Nanotechnology and nanoApplication Workshop, sejem IFAM, prisotnost na Prvem tehnološkem zajtrku, ki ga je SRIP ToP soorganiziral skupaj z Gospodarsko zbornico Slovenije, ter odmevni predstavitvi prebojnih podjetij predstavnikom regij EU v Bruslju. Od marca je bila zaradi slabih epidemioloških razmer odpovedana večina dogodkov, v tem času se je večina dogodkov preselila na splet. Tako smo pripravili zelo uspešen spletni dogodek Ponarejanje – kako se zavarovati in ukrepati, ki je nastal v sodelovanju s Finančno upravo RS, Uradom RS za intelektualno lastnino in Združenjem slovenskih zastopnikov za intelektualno lastnino.

Razvijamo 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. Organizirali smo tudi prvo praktično delavnico hands on, kjer so se slušatelji seznanili s teorijo in prakso uporabe digitalnih dvojčkov v okolju Demo centra – Pametna tovarna na Fakulteti za strojništvo.

S koordinaciji posameznih vertikalnih verig vrednosti in horizontalnih mrež potekajo pogovori in priprava programov za naslednje obdobje. Pripravljamo analizo potreb in želja članov za izobraževanja, na podlagi česar bomo pripravili več različnih delavnic in seminarjev, ponudili pa jih bomo tudi nečlanom.

Med letom smo aktivno sodelovali pri H2020 projektu QU4LITY, katerega cilj je na realističen, izmerljiv in ponovljiv način demonstrirati odprt, visoko standardiziran, SME-jem prijazen ZDM (Zero Defects Manufacturing) model produktov in storitev za Tovarno 4.0. SRIP ToP skupaj z IJS odsekom 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 koordinaciji in izvedbi vzpostavitve omenjene platforme, ki bo javno dostopna v letu 2021.

Decembra 2018 smo se vključili v Interreg Mediteran projekt Panoramedit kot sovoditelj področja inovacij. V letu 2020 smo nadaljevali načrtovane delovne obveznosti. V sodelovanju z vodjo delovnega sklopa za inovacije in tistim, ki skrbi za komunikacijo, smo pripravili vsebine za kratko dvomesečno komunikacijsko kampanjo. Skupaj z vodilnim partnerjem smo pripravili *ToR*, ključni dokument za pripravo razpisa za strateška projekta na področju inovacij. V tem obdobju je bil pripravljen razpis, izbrana pa sta bila dva projekta na področju inovacij. Projekt BlueBioMed promovira transformacijo razvoja trajnostnih ciljev na področju inovacij za modre bioekonomije v Sredozemlju. Projekt se osredotoča na izboljšavo politik na področju inovacij v povezavi s transnacionalnimi programi upravljanja, ki delujejo na območju Sredozemlja. Projekt B-Blue pa deluje na področju povezovanja skupnosti, ki delujejo v Sredozemlju. 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 Sredozemlja. 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.

Skupaj z vodilnim partnerjem smo pripravili tudi dokument *Policy Paper*, ki povzema ključne usmeritve za snovalce inovacijskih politik na območju Sredozemlja.

Začeli smo se pripravljati na strateški projekt follow-up, ki bo v celoti pripravljen v prvem delu leta 2021. V okviru slovenske vlade (SVRK) so nas tudi povabili k sodelovanju v delovni skupini za pripravo strategije za Interreg Mediteran.

CToP je v začetku leta 2020 začel izvajati projekt Digitalne tehnologije kot spodbuda za prehod v krožno gospodarstvo s strani malih in srednje velikih podjetij v Alpah – CIRCULAR 4.0. Projekt je financiran v okviru programa Interreg Alpine Space. Cilj projekta CIRCULAR 4.0 je pospešiti prehod malih in srednjih podjetij z alpskega območja iz linearnega v krožni sistem poslovanja s pomočjo digitalizacije in industrije 4.0. Projekt temelji na modelu, imenovanem Value Hill, tj. na treh stebrih krožnega gospodarstva: 1. model krožnega oblikovanja produktov, 2. model optimalne uporabe in 3. model obnovitve vrednosti.

V letu 2020 so se oblikovale t. i. delovne skupine ekspertov na posameznem stebru, kjer so sodelovali tudi raziskovalci z IJS z Odseka za okolje (O2) in Odseka za sisteme in kontrole (E2), ki partnerjem pomagajo identificirati ključne izzive na področju prehoda iz linearne v krožno gospodarstvo in še zlasti instrumente za podporo sprejemanja informiranih odločitev za investicije v digitalizacijo in spremembo poslovnih sistemov s strani podjetij, ki se bodo morala med drugim tudi prilagoditi na nove evropske regulative na področju predelave plastike,



vodnih virov, predelave odpadkov in kemikalij, predelave elektronskih naprav in IKT-odpadkov, uporabo digitalnih podatkov in druge direktive, ki bodo sprejete na ravni Evropske skupnosti in bodo dale pospešek tudi prehodu v zeleno in odpornejše gospodarstvo.

V letu 2020 je bilo v okviru projekta izvedeno t. i. mapiranje deležnikov, ki v alpski regiji delujejo na področju krožnega gospodarstva v javnem, raziskovalnem in gospodarskem sektorju. Primerjalna študija dobrih primerov in praks izvajanja krožnih sistemov s pomočjo digitalizacije in podpornih orodij je bila izvedena za 26 regij v osmih državah med petnajstimi projektnimi partnerji. Primeri dobrih praks so iz avtomobilske, pohištvne, prehranske industrije, zdravstva in bioekonomije, industrije pakiranja, tekstilne industrije, digitalne industrije/elektronike, izobraževanja in svetovalne dejavnosti ter predelave odpadkov. Opravljen je bil podrobnejši pregled potreb deležnikov v okviru posameznega modela krožnega gospodarstva (dizajn proizvodov, optimalna raba in obnovitev vrednosti), in sicer na posameznih segmentih industrijske proizvodnje, ki so strateško pomembna področja v vsaki od sodelujočih regij, npr. uporaba plastike v različnih industrijskih panogah, gradbeništvo, tekstil, prehrana, les in predelava lesa kot gradbeni material. V sklopu skupine za oblikovanje proizvodov, kamor je vključen CToP, so se identificirale faze v krožnem sistemu, npr. v gradbeništvu pridobitev materiala, gradnja, uporaba zgradbe in konec življenjskega cikla zgradbe; v industrijski proizvodnji celotna proizvodno-nabavna veriga. Zbrane so bile strategije sodelujočih regij pri uveljavljanju sistemov krožnega gospodarstva, vključno s pregledom omogočitvenih tehnologij in instrumentov regij v podporo krožnemu gospodarstvu s pomočjo digitalizacije, zlasti na področjih okolju prijaznih izdelkov, hrambe in distribucije energije, energetske učinkovitosti, trajnostne mobilnosti, zbiranja, sortiranja in predelave odpadkov, recikliranja in trajnega upravljanja z vodami in drugimi resursi. V okviru drugega delovnega sklopa, namenjenega vzpostavitvi orodij za presojo krožnosti in digitalnosti ter programa za usposabljanja podjetij in podpornih organizacij, je bil s strani CToP, ob aktivnem sodelovanju dveh raziskovalnih odsekov IJS in zunanega izvajalca, pripravljen program usposabljanja za celotno alpsko regijo ter razvoj novih in pregled obstoječih orodij za presojo krožnosti in oceno stopnje digitalizacije podjetij ter s pomočjo članov SRIP ToP tudi testiranje uporabnosti predlaganih orodij. Ta bodo podjetjem omogočala sistemski, sistematičen in predvsem informiran način presojanja, kakšne spremembe zmore podjetje uveljaviti in kolikšna investicijska in druga vlaganja so potrebna, da podjetje preide iz linearnega sistema poslovanja v krožni sistem poslovanja, vključno s prehodom v nov poslovni model – iz produktno orientiranega podjetja v servisno naravnano podjetje.

Takšen sistem izobraževanja in aplikacije orodij za presojo krožnosti in digitalnosti omogoča podpornim organizacijam, ki svetujejo pri poslovnih prenovah ali zagonu novih podjetij, predvsem pa managementu podjetja, da sprejme informirane, strateške odločitve za posodobitve v proizvodnih in drugih procesih v smeri optimizacije poslovanja, drugačnega dojemanja odpadkov kot resursov in drugačnega pristopa pri oblikovanju proizvodov, organiziranje in optimizacijo proizvodnje in drugih poslovnih procesov, ki vodijo v ogljično nevtravno gospodarstvo alpske regije s pomočjo tehnologij i4.0., kot so robotika, senzorika, 3D tisk, avtomatizacija, AI, digitalni dvojček, pa tudi aplikacijo novih materialov in tehnologij, kot so plazma, fotonika in druge.

Hkrati proces omogoča investitorjem, da presojo finančna in druga investicijska tveganja, povezana s prehodom v krožne sisteme poslovanja tudi skozi prizmo nove vrste t. i. krožnih tveganj, ki jih postavljajo krožno gospodarstvo in nove digitalne tehnologije i.4.0. Brezplačen program usposabljanja za posredniške organizacije in podjetja, ki so ga v sodelovanju s partnerji projekta razvili strokovnjaki IJS, CToP in zunanji izvajalci, bo dostopen na spletu v digitalni obliki za podporne organizacije in podjetja in se začne izvajati v vseh regijah v letu 2021. Hkrati so program in orodja za presojo krožnosti in digitalne zrelosti, ki so bila razvita v sklopu projekta in/ali izbrana med obstoječimi orodji, podlaga tudi za pripravo podpornih finančnih in drugih instrumentov ter pomoč za bolj strateško in usmerjeno načrtovanje podjetij, gospodarskih politik regij, držav, finančnih, regulatornih, raziskovalnih in drugih institucij, pomembnih pri pospešitvi prehoda v zeleno in digitalno gospodarstvo v prihodnjih letih. Rezultati projekta bodo upoštevanji v okviru akcijskega načrta alpske regije za prehod v krožno gospodarstvo in širše v okviru Evropske unije.

Projekt se je začel 1. oktobra 2019 in se bo končal junija 2022. Skupna vrednost projekta je 2.560.692 EUR. Sodeluje 15 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.

Več: https://www.alpine-space.eu/projects/circular4_0/en/home, <https://www.linkedin.com/company/circular4-0/about/>

V okviru projekta HIA (**High Impact Action**), ki ga je financirala EK, smo v letu 2020 v sodelovanju z Razvojnimi centrom orodjarstva Slovenije TECOS pripravili in izvedli tri javne razpise: razpis za vzpostavitev mednarodne skupine ekspertov, razpis za ponudnike storitev in razpis za SME-je. Prek razpisov bomo s pomočjo ekspertne skupine izbrali pet SME projektov, ki bodo deležni sofinanciranja z namenskimi sredstvi projekta HIA. Ti bodo pridobljena sredstva lahko porabili za sodelovanje s ponudniki storitev pri nadgradnji obstoječih lastnih proizvodnih celic tako, da bodo te

modularne in rekonfigurabilne, povezljive in bodo demonstrirale možnost vključitve v skupno nacionalno platformo pametne tovarne. Center ToP je v prvi fazi projekta za Tecos pripravil specifikacije za razpise za strokovne ocenjevalce projektov, tehnološke ponudnike in ciljne odjemalce (SME), pri čemer je uspešno združil znanje znotraj centra z znanjem tujih strokovnjakov s področja Industrije 4.0. Po zaključku projekta bomo pripravili tudi specifikacije za vzpostavitev celovite platforme pametne tovarne, ki bi tako predstavljale osnovo za vzpostavitev nacionalnega democentra, kjer bi se povezalo slovensko znanje in demonstriral praktičen pristop k viziji o tovarni prihodnosti.

MEDNARODNI PROJEKT

1. H2020 - QU4LITY; Digitalna resničnost v proizvodnji brez napak
European Commission
Rudi Panjtar, univ. dipl. inž. el.

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
Rudi Panjtar, univ. dipl. inž. el.
2. Circular 4.0: Digitalne tehnologije, kot omogočitelj spodbujanja prehoda h krožnemu gospodarstvu s strani MSP na območju Alp
Rudi Panjtar, univ. dipl. inž. el.
3. SRIP ToP: Tovarne Prihodnosti
Rudi Panjtar, univ. dipl. inž. el.
4. SRIP-ToP: Strateška razvojna inovacijska partnerstva - Tovarne prihodnosti
Rudi Panjtar, univ. dipl. inž. el.

SODELAVCI

Raziskovalci

1. doc. dr. Igor Kovač

Tehniški in administrativni sodelavci

2. Živa Antauer, univ. dipl. prim. jez. in prim. slov. jez.
3. Matic Eržen, dipl. inž. el. (VS)
4. Petra Lavtar, dipl. ekon. (VS)
5. Tina Mrak, mag. manag.
6. Bojana Omersel Weeks, univ. dipl. etn. in soc. kult.
7. **Rudi Panjtar, univ. dipl. inž. el., vodja CToP**