

Slavnostni nagovor direktorja IJS ob koncu leta.....	3
Nagrade in priznanja	5
Državne nagrade in priznanja za leto 2023 z IJS	5
Blinčeve nagrade 2023.....	7
53. Krkine nagrade za raziskovalna dela mladim raziskovalcem Instituta "Jožef Stefan"	10
Nov projekt Evropskega raziskovalnega sveta na IJS	11
Raziskave IJS.....	12
Kalorični odzivi v mehkih tekočerkristalnih materialih	12
Dinamika domenskih sten v feroelektrikih in relaksorjih.....	15
Vpliv kontrolirane oksidacije na površinsko energijo sintranih vzorcev, izdelanih iz atomiziranih kvazikristalnih prahov Al-Cu-Fe z dodanim borom	19
IJS na terenu: Avgustovske poplave razgalile Mežiško dolino	24
Nova raziskovalna oprema - DIGITOP in HyBReED - nova raziskovalna programa.....	27
Minuli dogodki	27
Obisk generalnega direktorja WIPO na Institutu "Jožef Stefan".....	27
Multikonferenca Informacijska družba 2023 – Pogled v prihodnost tehnologije in družbe	29
Podeljene nagrade za perspektivne tehnologije in inovativnost	30
Noč ima svojo moč 2023 na Institutu "Jožef Stefan"	31
In memoriam: prof. dr. Boris Žemva (1940–2023).....	36
Kje so naši nekdanji sodelavci: Boj proti koroziji v avtomobilski industriji.....	38
Dogajanje na IJS	42
F5 ga »banda« - novoletna zabava na F5.....	42
Prišli - odšli	42
Kulturno dogajanje: Odprtje razstave M. Verča - Zgodba s snemanja filma Varuhi formule	44

V letu 2023 smo osvežili podobo Novic IJS in dodali nove rubrike. Tudi za prihodnje leto načrtujemo nekatere spremembe. Zahvaljujemo se vsem avtorjem prispevkov in naslovnih, objavljenih v preteklem letu. Skozi prispevke se odraža velika raznolikost raziskav na IJS, poleg tega pa tako prispevamo k razvoju strokovnih izrazov v slovenščini. Vsi, ki imate idejo za prispevek ali naslovnico, ste vabljeni, da besedila pošljete na e-naslov novice@ijs.si.

Naj vam bo leto 2024 naklonjeno!

**Urednika Novic IJS
Polona Umek in Marjan Verč**

Novice IJS

Glasilo Instituta "Jožef Stefan", Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana
ISSN 1581-2707, e-ISSN 1581-2715

Urednika: dr. Polona Umek in mag. Marjan Verč
Lektorica: Špela Komac
Foto: mag. Marjan Verč in avtorji prispevkov
Naklada: 1250 izvodov
Naslovnica: Na Evropski noči raziskovalcev Noč ima svojo moč 2023, ki je potekala 29. septembra 2023 na različnih lokacijah po Sloveniji, med drugimi tudi na Institutu "Jožef Stefan", so pokazali zanimive eksperimente. Fotografija na naslovnici je nastala med šovom eksperimentov Blisk, vročina in mraz – kemija pokaže svoj pravi obraz in prikazuje raztapljanje fluoresceina v vodi, pojav fluorescence lahko opazujemo, če raztopino osvetlimo z UV-svetilko. Eksperiment je izvajal Marko Jeran, sodelavec Odseka za anorgansko kemijo in tehnologijo. Avtor fotografije je Marjan Verč.

<https://www.ijs.si/ijsw/Novice> IJS, e-pošta: novice@ijs.si

Ponatis vsebine je dovoljen z opombo, da gre za prispevek iz Novic IJS.

Članke, predloge in pripombe lahko pošljete po e-pošti: novice@ijs.si.

Za vsebino strokovnih in (poljudno)znanstvenih člankov odgovarjajo avtorji.



Drage sodelavke in sodelavci,

še eno precej zahtevno leto – leto, polno izzivov, je za nami. Naša največja »težava« je, da »pokamo po šivih«. Po številu raziskovalk in raziskovalcev vsekakor v vse bolj prenatrpanih in zastarelih prostorih. Na srečo pa tudi po obilju novih idej. Teh nam ne zmanjka, kar me resnično veseli. Kljub vsem slabim novicam, ki jih vsak dan slišimo v medijih in so včasih prav moreče, nam idej nikoli ne zmanjka, poleta za nove stvari pa tudi ne. Ampak življenje je pač takšno – polno izzivov, in brez optimizma preprosto ne moreš delovati.



Prof. dr. Boštjan Zalar, direktor IJS, med nagovorom

Včasih mi pravijo, da se premalo hvalimo. A se stvari, če so dobre, hvalijo same po sebi. Danes so malo drugačni časi, tudi mediji so drugačni, zato se je včasih treba pohvaliti. Vsekakor smo na prvi bojni črti pridobivanja projektov, naš kolega Lev Vidmar je na inštitut prinesel še en projekt Evropskega raziskovalnega sveta (ERC). Zdaj jih imamo skupaj že sedem, kar je največ v Sloveniji. Seveda smo tudi ustrezno veliki in tega se moramo zavedati. Naša osnovna naloga je delati čim bolj odlično znanost, karkoli že definicija odlične znanosti je. Objavljanje v vrhunskih revijah naj bi bila naša dolžnost, a je posledica dobrega dela, kajne? O svojem delu smo ponosno poročali, tako da tukaj prav nič ne zaostajamo. Morda smo v zadnjih dveh letih po vseh teh merilih še boljši. Ne nazadnje je treba omeniti tudi našo mednarodno vpetost. Saj veste, inštitut ne bi prišel do tu, kjer smo zdaj, če leta in desetletja ne bi bili povezani z raziskovalnimi kolegicami in kolegi v tujini. Veliko nam pomeni internacionalizacija, na IJS je zaposlenih skoraj 200 raziskovalcev iz tujine.

Konec leta je skupina z inštituta obiskala kolege na italijanskem raziskovalnem svetu (CNR) v Rimu. Skupaj smo začeli sodelovati pri pilotnih projektih – pri petih projektih, s katerimi bomo podprli

in spodbudili še bolj tesno sodelovanje. Upam, da se bo takšna oblika sodelovanja razširila tudi na druge sosednje države. Sodelovanje s sosedi je pomembno, v prihodnje si želimo tudi souporabo raziskovalno-tehnološke infrastrukture, ko bo morda kakšen laboratorij čez mejo po potrebi na voljo tudi nam. To je smisel združene Evrope.

Zadnje čase se veliko govori o umetni inteligenci. Ampak pri tem govoru si nisem pomagal s chatGPT. Še vedno verjamem v naravno inteligenco, ne v umetno. In prav te vam želim čim več tudi v naslednjem letu. Smo pa na področju umetne inteligence kar dejavni. V iztekajočem se letu smo skupaj z Univerzo v Ljubljani organizirali prvo evropsko poletno šolo o umetni inteligenci, ki je bila izredno uspešna. Slovenija se je postavila na zemljevid raziskovalk in raziskovalcev, ki na tem področju nekaj pomenijo.

Omenil bi tudi težavo s kadri na inštitutu, ki jo opažamo že kar nekaj let: vrhunski kadri nam uhajajo, predvsem v industrijo. Visokotehnološka podjetja pridno ustanavljajo filiale po Evropi. Vsaj ob začetku kariere pa novepečeni diplomantke in diplomanti s področij naše dejavnosti še vedno pogosto opravljajo svoje podiplomsko izobraževanje na naši instituciji. Avtonomija dela na tej stopnji očitno prevlada nad večjim zaslužkom. Upam, da se bo trend uhajanja kadrov v prihodnje obrnil. Podjetja, ki delujejo na področju visoke tehnologije, potrebujejo take institucije, kot smo mi.

Tudi glede prenosa tehnologije verjetno nismo tako nepomembni igralci. Jeseni nas je na primer obiskal direktor mednarodne patentne organizacije.

Ne moremo pa svojega uspeha utemeljevati izključno na odličnih objavah. Na inštitutu nas je 1200 in slovenska družba od nas upravičeno pričakuje, da bomo pomagali tudi gospodarstvu in sodelovali pri reindustrializaciji Evrope, ki je neizbežna za ohranjanje ekonomske samostojnosti. Apelim na vas, da poskušate čim bolje uporabiti osnovna znanja, ki jih gotovo imate, in poskušate iz njih ustvarjati kaj uporabnega. Seveda to v sodobnem, izredno tekmovalnem raziskovalnem okolju ni preprosto.

V Evropi se zelo izpostavlja tretji stebler razvojnih dejavnosti, ki ga usmerja Evropski inovacijski svet (EIC). Tudi tukaj smo uspešni pri pridobivanju projektov. Veseli me, da smo zelo močno vključeni tudi v tehnološke mreže ter centre za razvoj in prenos

tehnologije, med drugim sodelujemo tudi z Evropskim inštitutom za tehnologijo.

Želje za novo leto 2024? Kot že rečeno – čim več naravne inteligence, umetna inteligenca naj bo samo v podporo. Čim več sodelovanja, ne samo na inštitutski ravni, tudi na medinstitucionalni. Včasih je veljalo, samo milijon nas je, danes velja samo nekaj več kot dva milijona tristo tisoč nas je. Zato se ne smemo zapirati v ozke kroge in delati raziskave v majhnih skupinah, to ne vodi nikamor. Slovenija se bo morala tudi enkrat odločiti, da izberemo referenčna in najbolj obetajoča področja, na katerih smo dobri, in da financiramo manj raziskav z večjo intenziteto. Vseh področij naravoslovja preprosto ne moremo pokrivati kot velike ekonomije, na primer Nemčija ali Anglija. Tega se vedno bolj zavedajo tudi odločevalci, saj je na voljo vedno več večjih projektov, tudi prek razpisov ARIS (Javna agencija za znanstveno raziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije).

Kaj naj povem ob koncu? Užitek in čast mi je sodelovati z vami. Kljub vsem težavam še vedno z veseljem prihajam na inštitut, ker smo raziskovalci



Direktor IJS in Lidija Jarni

pač taki, da uživamo v reševanju težav. Če v enem dnevu rešimo vse, se morajo naslednji dan pojaviti nove, drugače je življenje čisto preveč dolgočasno. Če bomo s takim pristopom začeli tudi v novem letu, nam po mojem mnenju ne bo slabo. Vsem vam, vašim najbližjim in vsem okoli vas, v katere verjamete, da skupaj lahko kaj premaknemo, ob zaključku leta 2023 in prehodu v leto 2024 želim res vse dobro.

21. decembra 2023

NAGRADE IN PRIZNANJA

Državne nagrade in priznanja s področja znanstvenoraziskovalne in razvojne dejavnosti za leto 2023 z IJS

Na slavnostni podelitvi v Cankarjevem domu, ki je bila 28. novembra 2023, so podelili najvišje nagrade v Sloveniji za izjemne dosežke v znanstvenoraziskovalni in razvojni dejavnosti. Predsednica Odbora Republike Slovenije za podelitev nagrad in priznanj za izjemne dosežke v znanstvenoraziskovalni in razvojni dejavnosti prof. dr. Nataša Vaupotič je podelila dve Zoisovi nagradi za življenjsko delo, eno Puhovo nagrado za življenjsko delo, štiri Zoisove nagrade za vrhunske dosežke, eno Puhovo nagrado za vrhunske dosežke, šest Zoisovih priznanj za pomembne dosežke in eno priznanje ambasadorka znanosti Republike

Slovenije. Slavnostna govornica je bila predsednica države Nataša Pirc Musar.

Zoisovi nagradi za življenjsko delo sta prejela zasl. prof. Joso Vukman za delo na področju matematike ter prof. dr. Danilo Zavrtnik za delo na področju fizike in astrofizike osnovnih delcev. Puhovo nagrado za življenjsko delo pa je prejel prof. dr. Jože Vižintin za delo na področju strojništva.

Nagrajencem iskreno čestitamo!

Uredništvo

V nadaljevanju objavljamo utemeljitve za prejemnike nagrad z IJS.



Letošnji nagrajenci z IJS: prof. dr. Igor Križaj, prof. dr. Danilo Zavrtnik in prof. dr. Uroš Cvelbar

Zoisovo priznanje za pomembne dosežke na področju plazemske fizike

Prof. dr. Uroš Cvelbar z Instituta "Jožef Stefan" je priznan strokovnjak na področju plazemske fizike. Dosegel je velik preboj v razumevanju in uporabi plinske razelektritve, ki ustvarja nizkotemperaturno plazmo pri atmosferskem pritisku. Razložil je nastanek električnega vetra, ki je posledica sklopitve nabitih in nevtralnih delcev v plazmi. Pri tem nastane elektrohidrodinamska sila, ki je bila uporabljena za stabilizacijo nestabilnosti v tekočinah, kar je pomembno denimo v postopkih preoblikovanja v industrijski praksi.

Razumevanje nizkotemperaturne plazme je prispevalo k razvoju novih metod njene uporabe za sprejemanje s pomembnimi izzivi, kot je razvoj novih materialov ali onesnaženost hrane. Takšna plazma lahko z nastalimi reaktivnimi radikali s površin živil očisti škodljive mikroorganizme in strupene spojine, kot so kancerogeni aflatoksini, prisotni na koruzi in žitaricah. S sodelavci je dokazal, da je možno te naravne toksine razgraditi s plazmo, nastali produkti pa niso zdravju škodljivi.

Takšne plazme se lahko uporabljajo tudi za sintezo in oblikovanje nanostruktur, s katerimi je možno



Prof. dr. Nataša Vaupotič, predsednica odbora, prof. dr. Uroš Cvelbar in prof. dr. Igor Papič, minister za visoko šolstvo, znanost in inovacije

graditi zelo hitre zaznavne senzorje za prepoznavo molekul ali pa nove generacije shranjevalnikov energije, kot so superkondenzatorji ali baterije. Najzanimivejši so grafen in njegovi derivati.

Zoisova nagrada za vrhunske znanstvene dosežke na področju toksinologije

Prof. dr. Igor Križaj je raziskovalec živalskih strupov na Institutu "Jožef Stefan", kjer vodi Odsek za molekularne in biomedicinske znanosti. Raziskuje strupe oziroma toksine, predvsem lokalnih kač, kot

sta gad in modras, ter v njih išče zdravila prihodnosti. Živalski strupi so namreč bogati rezervoarji zdravilnih učinkovin in pomembnih orodij za raziskave temeljnih fizioloških procesov v človeškem

organizmu. Raziskave dr. Križaja imajo zato močno aplikativno noto s ciljem razvoja novih zdravil in diagnostičnih sredstev za zdravljenje ljudi in živali.

Ob številnih odmevnih dosežkih dr. Križaja na področju toksinologije še posebej izstopata dva, ki prinašata konceptualni preboj pri zdravljenju dveh najbolj perečih bolezni današnjega sveta – Alzheimerjeve bolezni in venske tromboembolije. Prvi izstopajoč dosežek je opis molekulskega mehanizma delovanja kačjega nevrotoksina, kar je vodilo do izvirnega predloga za razlago nastanka Alzheimerjeve bolezni, novih izhodišč za njeno zdravljenje in diagnostiko bolezni. Drugi izstopajoč dosežek pa je odkritje novega strukturnega tipa antikoagulantne beljakovine v modrasovem strupu. Na podlagi tega odkritja dr. Križaj z raziskovalno skupino razvija inovativne antikoagulate oziroma zdravila za preprečevanje strjevanja krvi. Ta bodo zaradi selek-



Predsednica odbora prof. dr. Nataša Vaupotič, prof. dr. Igor Križaj in prof. dr. Igor Papič, minister za visoko šolstvo, znanost in inovacije

tivnega delovanja na notranjo pot strjevanja krvi omogočila bistveno bolj varno zdravljenje venske tromboembolije od obstoječih terapij.

Zoisova nagrada za življenjsko delo na področju fizike in astrofizike osnovnih delcev

Prof. dr. Danilo Zavrtanik je na različnih področjih fizike visokih energij dosegel izjemne raziskovalne rezultate ter kot vodja slovenskih skupin v mednarodnih kolaboracijah utiral nove poti slovenskim fizikom. Njegovo znanstveno delovanje se je začelo v Evropski organizaciji za jedrske raziskave (CERN) z raziskavami osnovnih delcev z detektorjema delcev OMICRON in CPLEAR, nadaljevalo pa z iskanjem Higgsovega bozona z detektorjem DELPHI. Pozneje se je dr. Zavrtanik raziskovalno preusmeril k astrofiziki visokoenergijskih kozmičnih delcev, kjer je prispeval k meritvam njihovega spektra ter študiju izvorov. Aktivno je sodeloval pri zasnovi in izgradnji največjega observatorija za kozmične delce na svetu Pierre Auger v Argentini, v zadnjih letih pa se posveča raziskavam visokoenergijskih kozmičnih fotonov z nastajajočim observatorijem Cherenkov Telescope Array.

Dolgoletni sodelavec Univerze v Novi Gorici ter Instituta "Jožef Stefan" je bil vedno gonilna sila za

vzpostavitev enakopravnega delovanja slovenskih raziskovalcev v mednarodnem prostoru. Njegova prizadevanja in prizadevanja drugih slovenskih kolegov so pripomogla, da je Slovenija postala pridružena



Predsednica odbora prof. dr. Nataša Vaupotič, prof. dr. Danilo Zavrtanik in predsednik vlade RS dr. Robert Golob

članica CERN. Leta 1995 je s svojim posluhom za potrebe visokega šolstva ustanovil Mednarodno podiplomsko šolo za znanosti o okolju v Novi Gorici, ki jo je dolga leta vodil in jo uspel razviti vse do uspešne Univerze v Novi Gorici.

Blinčeve nagrade 2023

Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani ter Institut "Jožef Stefan" sta konec oktobra podelila pete Blinčeve nagrade za raziskovalno in strokovno delo na področju fizike. Blinčevo nagrado za fizike na začetku kariere je prejel **izr. prof. dr. Lev Vidmar**, Blinčevo nagrado za vrhunske enkratne dosežke **prof. dr. Tomaž Prosen**, Blinčevo nagrado za življenjsko delo pa **prof. dr. Svjetlana Fajfer**.

Nagrade se podeljujejo v spomin na življenje in delo enega od najuglednejših slovenskih fizikov, akademika prof. dr. Roberta Blinca (1933–2011). Akademik prof. dr. Robert Blinc je bil eden od najprodornejših slovenskih znanstvenikov, ki je s svojim delom dosegel velik mednarodni ugled. Velja za utemeljitelja uporabe jedrske magnetne resonance (NMR) pri študiju fizike faznih prehodov.

V nadaljevanju objavljamo obrazložitve.



Prof. dr. Lev Vidmar, prof. dr. prof. dr. Svjetlana Fajfer in prof. dr. Tomaž Prosen. Vse fotografije: FotoSpomini.si

Blinčeva nagrada za fizike na začetku kariere

Izr. prof. dr. Lev Vidmar je nedvomno eden od vodilnih mlajših raziskovalcev na področju teoretične fizike trdne snovi. Njegovo delo zajema tri širše problematike: visokotemperaturne superprevodnike, neravnovesno dinamiko kvantnih sistemov ter večdelčno lokalizacijo, termalizacijo in statistične lastnosti večdelčnih kvantnih sistemov. Med njegove najodmevnejše dosežke s prvega področja spada članek, ki je izšel leta 2015 v prestižni reviji *Nature Physics*. To delo obravnava ultrahitro dinamiko v močno koreliranih superprevodnih kupratih

in pokaže, da je primarni mehanizem relaksacije mogoče opisati z modelom, kjer močno vzbujeni nosilci naboja oddajo presežek energije spinskim fluktuacijam. V svojem najbolj citiranem delu s kar 400 citati, ki ga je objavil s profesorjem Rigolom, je profesor Vidmar raziskal statistične lastnosti integrabilnih kvantnih sistemov. Osrednja tematika tega obširnega dela se nanaša na posplošeno Gibbsovo porazdelitev, ki omogoča opis ravnovesnih lastnosti izoliranih integrabilnih kvantnih sistemov. V zadnjih letih se profesor Vidmar posveča problemu večdelčne

lokalizacije. V odmevnih delih izpred treh let, ki sta bili do zdaj citirani že več kot 200-krat, je s sodelavci problematiziral stanje večdelne lokalizacije v sklopljenih kvantnih sistemih z neredom, katere obstoj je veljal za znanstveno dejstvo. Ta članka sta vzbudila izjemno zanimanje in spodbudila mnoge dodatne poglobljene analize drugih raziskovalcev.

Profesor Vidmar je soavtor 57 znanstvenih publikacij, med temi po eno v revijah Nature Physics, Physical Review X in Physical Review X Quantum ter kar 16 v elitni reviji Physical Review Letters. Svoje delo je predstavil na 26 vabljenih predavanjih na mednarodnih konferencah, kar lepo odraža velik vpliv njegovega dela. Močno se angažira tudi kot mentor magistrskih in doktorskih študentov ter kot organizator znanstvenih srečanj.



Prof. dr. Boštjan Zalar, direktor IJS, prof. dr. Janez Bonča, dekan FMF, prof. dr. Lev Vidmar in prof. dr. Peter Prelovšek, predsednik Odbora za Blinčeve nagrade

Blinčeva nagrada za vrhunski enkratni dosežek na področju fizike

Prof. dr. Tomaž Prosen proučuje mehanizme in modele, ki razložijo pojav kvantnega kaosa in teorije slučajnih matrik v mnogodelčnih kvantnih sistemih. V zadnjem času se med drugim osredotoča na opis dinamike spinskih verig in kubitnih vezij z lokalno interakcijo. V teh vzorčnih sistemih so točne rešitve izjemno redke. V odkritju, objavljenem leta 2018 v reviji Physical Review Letters, je profesor Prosen s sodelavcema predstavil t. i. samodualen brcan Isingov model, v katerem je mogoče spektralno korelacijo oz. spektralni oblikovni faktor izračunati brez kakršnihkoli predpostavk in pokazati ujemanje s teorijo slučajnih matrik. To je redka ali morda sploh prva točna rešitev dinamičnih lastnosti mnogodelčnih kvantnih sistemov, ki jih lahko opišemo s teorijo naključnih matrik.

To odkritje ni bilo popolnoma nepričakovano. Že v svojem prejšnjem, prav tako vrhunskem članku, ki je bil objavljen leta 2018 v reviji Physical Review X, je profesor Prosen prišel do pomembnega rezultata, ki omogoča točen izračun spektralnega oblikovnega faktorja v Floquet-Isingovih spinskih verigah oz. predstavlja demonstracijski mehanizem, ki razloži uspešnost teorije slučajnih matrik v interagirajočih kvantnih mnogodelčnih sistemih brez perturbacijskega parametra. Leto pozneje je v tretjem članku

dodal še piko na i, saj je identificiral splošen razred kaotičnih mnogodelčnih sistemov. Takšne sisteme se lahko predstavi kot kvantna vezja, ki jih lahko beremo v običajni časovni smeri ali v na slednjo



Prof. dr. Boštjan Zalar, direktor IJS, prof. dr. Janez Bonča, dekan FMF, prof. dr. Tomaž Prosen in prof. dr. Peter Prelovšek, predsednik Odbora za Blinčeve nagrade

pravokotni prostorski smeri. Omenjeni članki so porodili plaz študij raziskovalcev z vsega sveta in bili do zdaj citirani že več kot 330-krat po podatkih baze Web of Science. Prebojno delo je temelj prestižnega projekta ERC Advanced Grant, ki je že drugi v karieri profesorja Prosen in ki ga je ta dobil poleti 2023.

Blinčeva nagrada za življenjsko delo na področju fizike

Prof. dr. Svjetlana Fajfer je teoretična fizičarka, katere delo je posvečeno raziskovanju narave na najmanjših skalah, torej zakonitostim osnovnih delcev kot gradnikov znanega vesolja. Spada med vodilne

raziskovalce pojavov, ki bi lahko bili občutljivi na fiziko onkraj tako imenovanega Standardnega modela osnovnih delcev. Njeni izračuni verjetnosti za takšne procese znotraj in onkraj Standardnega modela

predstavljajo ključne smernice za tekoče in prihodnje eksperimentalne študije v največjih laboratorijskih centrih, na primer v CERNu blizu Ženeve in v KEKU na Japonskem. Nekateri njeni najpomembnejši prispevki obravnavajo leptonsko univerzalnost. Ta univerzalnost velja v Standardnem modelu in implicira, da temeljne interakcije leptonov niso odvisne od njihovega okusa oziroma mase. Profesorica Fajfer je leta 2012 s sodelavci predlagala eksperimentalne teste leptonske univerzalnosti pri razpadih mezonov, ki vsebujejo kvark b . To temeljno delo je spodbudilo številne eksperimentalne študije in vodilo do nekaterih eksperimentalnih namigov za kršitev univerzalnosti leptonov. Njeno nadaljnje delo je ponudilo enega redkih možnih scenarijev nove fizike, ki lahko razloži vse opažene razpade, ki kršijo leptonsko univerzalnost, hkrati pa je predlog združljiv z drugimi meritvami. Ta scenarij temelji na poenotenju treh osnovnih interakcij in napoveduje obstoj leptokvarkov – hipotetičnih delcev, ki lahko kvarke spremenijo v leptone. Poleg tega je profesorica Fajfer vodilna svetovna raziskovalka redkih razpadov hadronov, ki vsebujejo kvark c in predstavljajo pomemben preizkus raznolikih scenarijev nove fizike.

Profesorica Svjetlana Fajfer je s sodelavci objavila več kot 150 znanstvenih člankov v uglednih revijah ter svoje delo predstavila v številnih vabljenih in plenarnih predavanjih na najpomembnejših mednarodnih konferencah. Predavala je tudi na vrsti mednarodnih fizikalnih šol po vsem svetu.

Profesorica Fajfer je imela in ima ključno vlogo pri razvoju teoretične fizike delcev v srednjeevropski regiji. Po prihodu iz Sarajeva je v Ljubljani ustanovila zelo uspešno raziskovalno skupino za teorijo delcev in uvedla ustrezne vsebine v predmetnik na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, s čimer je utemeljila to novo področje v slovenskem znanstvenem prostoru. Ljubljanska skupina za teoretično fiziko delcev prav po njeni zaslugi in zaslugi njenih mednarodno uspešnih doktorandov vse do danes uživa velik ugled v svetu. Ob tem je delovala

teti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, s čimer je utemeljila to novo področje v slovenskem znanstvenem prostoru. Ljubljanska skupina za teoretično fiziko delcev prav po njeni zaslugi in zaslugi njenih mednarodno uspešnih doktorandov vse do danes uživa velik ugled v svetu. Ob tem je delovala



Prof. dr. Boštjan Zalar, direktor IJS, prof. dr. Janez Bonča, dekan FMF, prof. dr. Svjetlana Fajfer in prof. dr. Peter Prelovšek, predsednik Odbora za Blinčeve nagrade

izredno povezovalno, gojila in spodbujala je sodelovanje med raziskovalnimi skupinami, še posebej na območju Balkana. Skoraj 20 let je vodila raziskovalni program *Teorija delcev, jeder in polj*. Sodelovala je pri organizaciji vrste mednarodnih in domačih znanstvenih srečanj. Kot profesorica na Univerzi v Ljubljani je navdihovala generacije študentov. Kot dolgoletna vodja Odseka za teoretično fiziko na Institutu "Jožef Stefan" je načrtno internacionalizirala vzdušje na tem odseku. V vseh svojih vlogah, ne nazadnje kot članica znanstvenega sveta Instituta, pa se je vseskozi zavzemala za znanstveno odličnost na najvišji ravni. Njena vztrajna prizadevanja so odločilno vplivala na kariero številnih mladih fizikov v regiji, še posebej na Balkanu. Njeni znanstveni, mentorski, pedagoški in vodstveni dosežki so izjemni, njena navdušenost nad znanostjo brezmejna.

Odbor za Blinčeve nagrade

Podeljene 53. Krkine nagrade za raziskovalna dela mladim raziskovalcem Instituta "Jožef Stefan"

Marko Jeran, Evelin Gruden, Gašper Tavčar,

Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K-1), Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

Novomeško farmacevtsko podjetje Krka že od leta 1971 nagraduje raziskovalna dela nadobudnih mladih raziskovalcev. V svojem več kot 50-letnem poslanstvu so Krkine nagrade postale zgled popularizacije raziskovalnega dela med študenti, dijaki in mentorji v izobraževalnih in raziskovalnih ustanovah. Letos so podelili že 53. Krkine nagrade v nizu dveh

jine – na poti k topnemu aluminijevemu trifluoridu je opravila pod mentorstvom izr. prof. dr. Gašperja Tavčarja (IJS, K-1). Krkini nagradi za magistrski deli sta prejela Jan Jelen in Tina Černič. Jan Jelen je svoje delo z naslovom Praktični pristopi k deoksifluoriranju elektron-deficitnih fenolov opravil pod mentorstvom prof. dr. Jerneja Iskre (Fakulteta za kemijo



Slika 1: Slovesna podelitev 53. Krkinih nagrad za dodiplomska in podiplomska raziskovalna dela (Foto: arhiv Krka, d. d.).

dogodkov, sestavljenih iz simpozija ter slovesne podelitve Krkinih nagrad in priznanj. Krkine nagrade za srednješolske raziskovalne naloge so podelili 22. septembra 2023, Krkine nagrade za dodiplomske in podiplomske raziskovalne naloge pa 20. oktobra 2023. Med nagrajenimi deli na obeh stopnjah je bilo kar nekaj takih, ki so bila opravljena na Institutu "Jožef Stefan".

Krkino nagrado za doktorsko delo je prejela dr. Evelin Gruden. Delo z naslovom *Diskretne aluminijeve spo-*

in kemijsko tehnologijo, UL) in somentorstvom izr. prof. dr. Gašperja Tavčarja (IJS, K-1), Tina Černič pa je svoje delo z naslovom *Vpliv različnih prevlek na raztapljanje fluorescenčnih nanodelcev na osnovi NYF₄ pri fizioloških pogojih* izdelala pod mentorstvom prof. dr. Darje Lisjak (IJS, K-8).

Krkine nagrade za srednješolske raziskovalne naloge so prejeli Nika Kadunc, Katja Marinko, Luka Bonin, Jan Hafner Korošec, Ela Podboršek, Tim Strnad, Mitja Kapun in Daniil Gainullof. Nika Kadunc je svoje delo

z naslovom *Arzen in kadmij v žitnih pripravkih za otroke od 6. meseca dalje* izdelala pod mentorstvom dr. Zdenke Šlejkevec (IJS, O-2) ter somentorstvom Branke Klemenčič (Gimnazija Novo mesto) in dr. Ingrid Falnoga (IJS, O-2). Katja Marinko je svoje delo z naslovom *Priprava fluor vsebujoče fluorescenčne učinkovine in njen vpliv na mišično invazivne rakave celice urotelija sečnega mehurja in vitro* pripravila pod mentorstvom Marka Jerana (IJS, K-1) ter somentorstvom prof. dr. Mateje Erdani Kreft (Medicinska fakulteta, UL) in Lidije Gnidovec (Biotehniški izobraževalni center Ljubljana). Luka Bonin in Jan Hafner Korošec sta svoje delo z naslovom *Antimikrobno delovanje izolatov naravnih učinkovin vrtnega ognjiča (Calendula officinalis) in njihov potencial pri zaviranju tvorbe biofilma bakterij Escherichia coli*

opravila pod mentorstvom Marka Jerana (IJS, K-1) ter somentoric doc. dr. Martine Oder (Zdravstvena fakulteta, UL) in Lidije Gnidovec (Biotehniški izobraževalni center Ljubljana). Ela Podboršek in Tim Strnad sta svoje delo z naslovom *Večfunkcionalne superhidrofobne prevleke, nanesene na površino stekla in aluminija* izdelala pod mentorstvom doc. dr. Petra Rodiča (IJS, K-3) in somentorstvom Alenke Mozer (Gimnazija Vič). Mitja Kapun in Daniil Gainullov pa sta svoje delo z naslovom *Superhidrofobna površina aluminija s protikorozijskim in protimikrobnim učinkom* opravila pod mentorstvom Grege Celcarja (Gimnazija Jožeta Pučnika Ljubljana) in somentorstvom doc. dr. Petra Rodiča (IJS, K-3).

Vsem nagrajencem
Krkinih nagrad iskreno čestitamo!

NOVI PROJEKTI

Nov projekt Evropskega raziskovalnega sveta na IJS

Dr. Levu Vidmarju, sodelavcu Odseka za teoretično fiziko, je uspelo na razpisu Evropskega raziskovalnega sveta za utrditev samostojne raziskovalne kariere (angl. ERC Consolidator Grant). Za svoj petletni projekt *Meje kvantnega kaosa – Boundaries of quantum chaos* je pridobil 2 milijona evrov. Za Institut "Jožef Stefan" je to že sedmi raziskovalni projekt Evropskega raziskovalnega sveta in v tokratnem razpisu edini slovenski, kot partnerska ustanova pa bo sodelovala tudi Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Osrednja hipoteza projekta temelji na dveh premisah: da se bližina faznega prehoda lahko zazna že v režimu, ki se zdi globoko v področju kaosa, ter da se ključne lastnosti faznega prehoda lahko opazi kot univerzalne lastnosti kvantne dinamike. Te premise omogočajo nov vpogled v razumevanje pogojev, kdaj bo zares prišlo do faznega prehoda in kdaj se ta pojavlja zgolj kot navidezna lastnost v majhnih kvantnih sistemih. Cilj projekta je tudi, da se te napovedi testirajo na najnovejših eksperimentalnih platformah, ki jih danes imenujemo kvantni simulatorji.

Čestitamo!

Uredništvo



Kalorični odzivi v mehkih tekočeh kristalnih materialih

Brigita Rožič, Odsek za fiziko trdne snovi (F-5), IJS, in
Gregor Skačej, Oddelek za fiziko, Fakulteta za fiziko in
matematiko, Univerza v Ljubljani



Objava je razširjen povzetek članka *Caloric effects in liquid crystal-based soft materials*, ki je bil objavljen na povabilo urednikov (prof. dr. N. Mathurja in prof. dr. X. Moye z Univerze Cambridge) dr. Rožičevi, v posebni številki *Journal of Physics: Energy*, 2023. IF (2022) 7,5. doi članka : 10.1088/2515-7655/acf0ea.

Delo je bilo opravljeno v okviru projekta ARRS J1-9147 (2018–2022).

S povečanim ozaveščanjem o skrbi za okolje so postale okolju prijaznejše energijsko učinkovitejše in ekološko sprejemljivejše tehnologije (npr. hlajenje z uporabo kaloričnega elementa) tema številnih znanstvenih študij. Tako so kalorični materiali z velikimi kaloričnimi učinki, kot sta elektrokalični (EK) in elastokalorični (eK) odziv, doživeli povečano zanimanje zaradi njihovega potenciala za realizacijo novih hladilnih naprav. Pred kratkim pa se je povečalo zanimanje za kalorične lastnosti mehkih materialov, kot so tekoči kristali (TK) in tekočeh kristalnih elastomeri (TKE), ki jih spodbujajo v njih opaženi veliki kalorični odzivi. V prispevku bomo predstavili nedavne neposredne meritve velikih kaloričnih odzivov v smektičnem TK 14CB in v glavnoveržnih TKE.

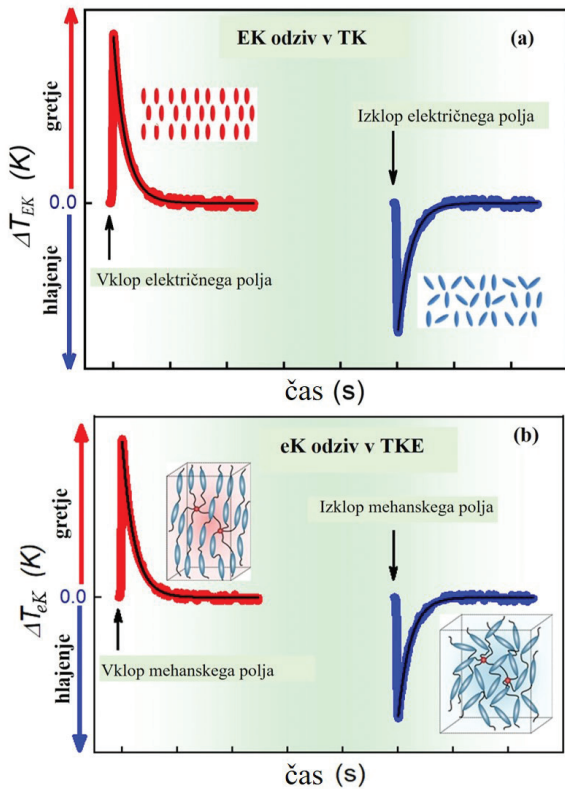
Meritve s pomočjo modificiranega kalorimetra visoke ločljivosti (elektrokalična termometrija) [1] so pokazale velik odziv EC v 14CB LC, ki presega 8 K [2]. Tako velik učinek je bil, v primerjavi s trdnimi EK materiali, dobljen pri sorazmerno majhni spremembi električnega polja 30 kV/cm. S tem je pokazano, da lahko tako majhno polje inducira fazni prehod iz izotropne (I) v smektično A (SmA) fazo, pri čemer se sprosti ali absorbira relativno velika latentna toplota, ki doprinese k povečanju EK odziva. V primeru glavnoveržnih TKE je bilo pokazano, da s pomočjo ustrezne gostote zamreževalcev dosežemo, da je prehod iz nematske (N) faze v izotropno (I) nezvezen oz. prehod 1. reda z latentno toploto, ki, podobno kot v TK, poveča eK odziv na več kot 2 K z rekordno

veliko elastokalorično odzivnostjo 24,2 K/MPa, kar je približno tri rede velikosti večja kot povprečna odzivnost eK, ki jo najdemo pri najboljših zlitinah z oblikovnim spominom [3].

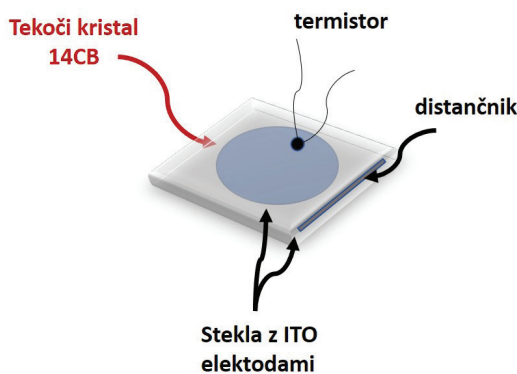
Kalorični odzivi, kot sta EK in eK odziv, so neposredno povezani z reverzibilno spremembo temperature ΔT materiala ob vklopu ali izklopu električnega/mehanskega polja pod kvazi-adiabatnimi pogoji (slika 1 (a) in (b)).

Smektični TK 14CB z direktnim prehodom ob ohlajanju iz I v SmA fazo je bil sintetiziran v Lichemu, v Varšavi. Za naše raziskave smo omenjeni TK dali v 120 μm celico, pokrito z ITO elektrodami (slika 2), in meritve EK odziva izvedli s pomočjo modificiranega kalorimetra. Podrobnosti eksperimenta in merjenja EK odzivov so v [1, 2].

14CB je najvišji homolog v TK družini nCB. V njem je latentna toplota (L), sproščena pri neposrednem prehodu iz I v SmA (T_c), $L = 14,7$ J/g, kar je več v primerjavi z latentno toploto $L = 12,2$ J/g v 12CB [4]. Smo pa videli, da se prispevek latentne toplote k EK odzivu doseže le z uporabo dovolj majhnih polj, ki ne inducirajo znatnih zveznih sprememb entropije. Povečan EK odziv je viden na sliki 3, kjer se vidi povečanje odziva v bližini T_c . Ob izhodu iz koeksistenčnega območja obeh faz, globlje v fazi SmA, pa se EK odziv hitro zmanjšuje. Slednje je posledica zmanjšanja latentne toplote in zmanjšana

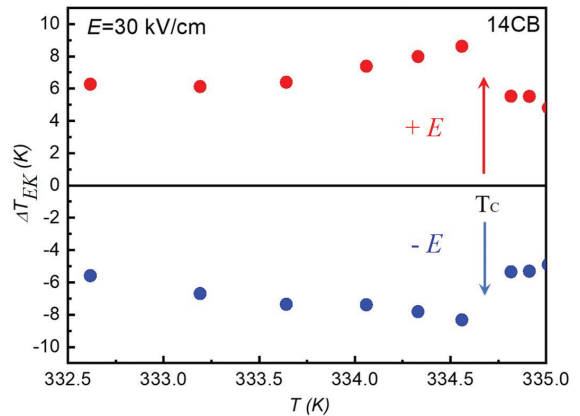


Slika 1: (a) Primer spremembe temperature EK odziva ΔT_{EK} kot funkcije časa v tekočih kristalih po vklopu ali izklopu električnega polja; (b) temperaturna sprememba eK odziva ΔT_{eK} kot funkcija časa v tekočokristalnih elastomerih ob vklopu ali izklopu mehanskega polja. Shematsko je prikazan tudi vpliv zunanjega električnega/mehanskega polja na ureditev gradnikov materiala.



Slika 2: Shematski prikaz celice, napolnjene s TK, za meritev EK odzivov.

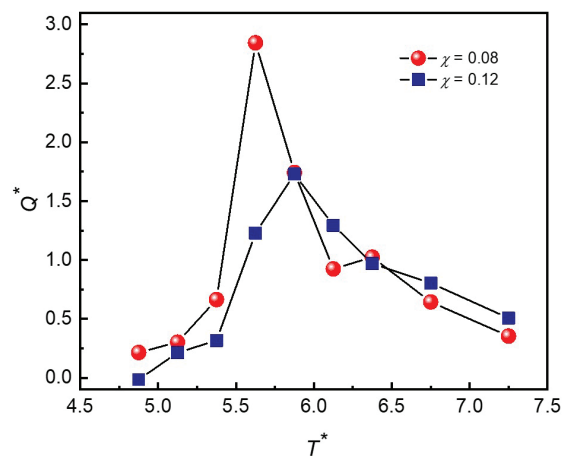
možnost induciranja ureditvenega parametra globlje v SmA fazi. Materiali z znatno latentno toploto so najboljši kandidati za mehke materiale z velikanskim EK odzivom.



Slika 3: Elektrokalorična sprememba temperature kot funkcija temperature ΔT_{EK} v 14CB. Zgornji graf prikazuje velikost elektrokaloričnega odziva, dobljenega po vklopu električnega polja E , spodnji pa po njegovem izklopu.

V nadaljevanju je predstavljen eK odziv v glavno-verižnih TKE, ki smo ga proučili z molekulskimi simulacijami Monte Carlo (MC) in z neposrednimi eksperimentalnimi metodami. Podobno kot v primeru termomehanskega odziva je mogoče doseči izboljšave eK odziva z uravnavanjem značaja nematsko-izotropnega faznega prehoda iz postopnega nadkritičnega v oster nezvezen prehod z zmanjšanjem koncentracije zamreževalcev [5].

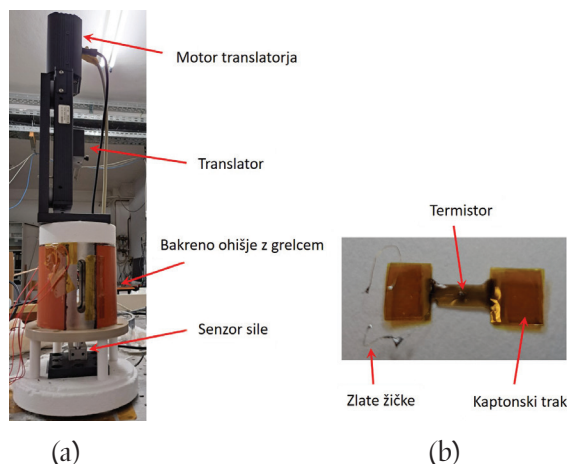
Cilj simulacij MC je bil pridobiti kvalitativni vpogled v vpliv koncentracije zamreževalcev na velikost eK odziva v obravnavanem vzorcu (podrobnosti so dostopne v [6].)



Slika 4: Temperaturna odvisnost sproščene toplote pri izotermnem raztezanju monodomenskega vzorca TKE za dva vzorca z različno koncentracijo zamreževalcev (8 % in 12 %), pridobljena iz simulacij MC. Pri enaki zunanji obremenitvi redkeje zamreženi vzorec kaže večji elastokalorični odziv.

Simulacije MC so pokazale, da (i) lahko razmeroma šibko mehansko polje povzroči precej velik eK odziv z dobro eK odzivnostjo in da se (ii) eK odziv povečuje z nižanjem koncentracije zamreževalcev, ki vodijo, kot je bilo prikazano v eksperimentih, TKE proti kritični točki [5].

Za elastokalorične in termomehanske meritve je bila uporabljena doma narejena naprava (slika 5a), ki lahko hkrati meri dolžino, raztezek in temperaturo vzorca. Slednji, pripravljen za uporabo v omenjeni napravi, je viden spodaj (slika 5b). Vse podrobnosti poteka meritev so dostopne v [2, 4, 5].

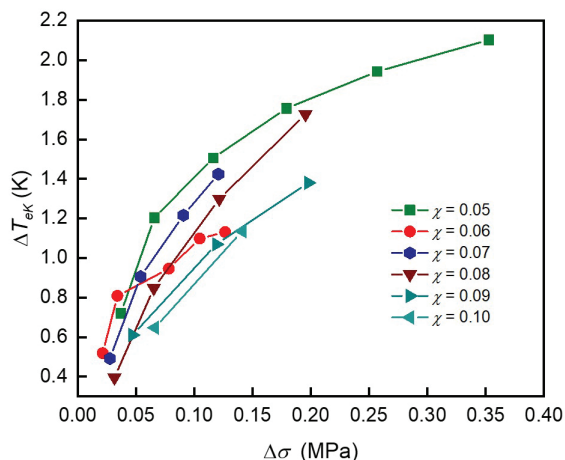


Slika 5: (a) na IJS narejena naprava za elastokalorične in termomehanske meritve; (b) vzorec, pripravljen za meritve.

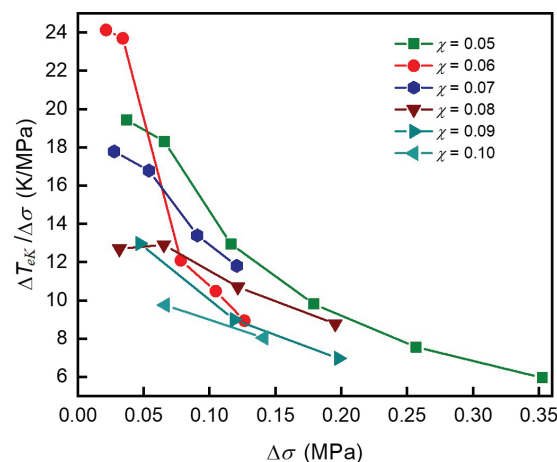
Meritve eK odziva so bile narejene na glavnoveržnih tekočokristalnih elastomerih s koncentracijo zamreževalcev χ med 0,05 in 0,10. Kot je bilo pričakovano in je razvidno s slike 6, je bil največji eK odziv, 2,1 K, viden v TKE s $\chi=0,05$. Vzorec s $\chi = 0,06$ kaže svojevrsten prehod z območja z največjim ΔT_{eK} pri nizki mehanski napetosti do nižjega ΔT_{eK} pri višji $\Delta\sigma$. To bi lahko bila posledica premika stanja vzorca stran od kritične točke (kjer je sam prehod zvezen) za višje vrednosti $\Delta\sigma$ v 3D faznem diagramu ($\chi, T, \Delta\sigma$), podobno kot je bilo ugotovljeno v relaksorski keramiki PMN-PT [7].

Na sliki 7 je prikazana elastokalorična odzivnost $\Delta T_{eK}/\Delta\sigma$ kot funkcija mehanske napetosti $\Delta\sigma$ za TKE vzorce z različno koncentracijo kroslinkerjev χ , izmerjena pri temperaturi največjega eK odziva. Podobno kot pri relaksorskih feroelektrikih [8] je pri TKE vzorcu z $\chi=0,06$ pri nizki mehanski napetosti

$\Delta\sigma$ najvišja eK odzivnost $\Delta T_{eK}/\Delta\sigma = 24,2$ K MPa⁻¹, pri večji uporabljeni napetosti pa vrednosti $\Delta\sigma$ hitro padejo. Obnašanje drugih vzorcev sledi vzorcu $\chi=0,05$, ki kaže največjo vrednost $\Delta T_{eK}/\Delta\sigma$ pri nižjih vrednostih mehanske napetosti.



Slika 6: eK odziv ΔT_{eK} v TKE z različnimi koncentracijami zamreževalcev χ v odvisnosti od mehanske napetosti $\Delta\sigma$.



Slika 7: Elastokalorična odzivnost $\Delta T_{eK}/\Delta\sigma$ kot funkcija mehanske napetosti $\Delta\sigma$ za TKE vzorce z različno koncentracijo zamreževalcev χ .

Veliki kalorični učinki v mehkih materialih na osnovi TK, opaženi pri veliko manjših poljih kot v trdnih kaloričnih materialih, kažejo, da lahko mehki materiali igrajo pomembno vlogo v novih tehnologijah za upravljanje toplote, kot je razvoj novih hladilnih elementov, toplotnih diod in črpalk ter kalorično aktivnih regeneracijskih materialov.

Literatura

1. Z. Kutnjak, B. Rožič; R. Pirc; Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering (Wiley), 2015, str. 1-19
2. D. Črešnar in ostali; Phys energy, 2023, vol. 5, str. 1-12

3. J. Tušek in ostali; Nat. Energy, 2016, 1, 16134
4. M. Trček in ostali; Phil. Trans. Math. Phys. Eng. Sci., 2016, 374, 20150301-1-11
5. M. Lavrič in ostali; Liq. Cryst., 2021, 48, str. 405-11
6. G. Skačej; Liq. Cryst., 2018., 45, str. 1964-69
7. B. Rožič in ostali; J. Appl. Phys., 2011, 110, 064118

Dinamika domenskih sten v feroelektrikih in relaksorjih



Tadej Rojac, Odsek za elektronsko keramiko (K-5)

Objava je razširjen povzetek *Dynamics of domain walls in ferroelectric and relaxors*, ki je bil objavljen v *Journal of the American Ceramic Society*, 2022. IF (2020) 3,832 (scopus). doi članka: <https://doi.org/10.1111/jace.18623>. Delo je nastalo v okviru programa P2-0105 in temeljnega projekta J2-3042, ki ju financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

Znanstveno področje feroelektričnih materialov, posebne podskupine polarnih dielektrikov, v katerih lahko spontano polarizacijo obračamo z zunanjim električnim poljem¹, je v zadnjih 15 letih doživelo razcvet. Razlogov je več, a med njimi izstopata dva večja mejnika. Prvi se je zgodil leta 2006 v Qimondi, pomembnem nemškem proizvajalcu elektronskih spominskih elementov (nekoč Infineon Technologies), kjer so popolnoma po naključju odkrili feroelektričnost hafnijevega dioksida, HfO_2 ^{2,3}. Na prvi pogled odkritje nima posebnega pomena, dokler ne pogledamo faznega diagrama HfO_2 , ki v ravnotežnih pogojih določata obstoj izključno nepolarnih centrosimetričnih faz². Po definiciji tovrstne faze niso piezoelektrične, ne piroelektrične, niti feroelektrične (gre za osnovne termo-elektro-mehanske sklopitve). A težava je ravno v definiciji – kot na vsakem znanstvenem področju se tudi na našem držimo pravil, na primer Neumannovega, iz katerega sledi povezava med simetrijo kristala in njegovimi fizikalnimi lastnostmi. Profesor Newnham v svoji knjigi razlaga: »Quartz is an outstanding piezoelectric material while corundum is totally useless« (v prevodu: »Kvarc je izjemen piezoelektrični material, medtem ko je korund praktično neuporaben«)⁴. Korund je seveda centrosimetričen, zato bi lahko enako rekli za HfO_2 . Odkritje feroelektričnosti HfO_2 ima torej bistveno

večje razsežnosti; simetrijskih omejitev ni več, odprla se je nova smer pri iskanju feroelektrikov, ki so jo ameriški raziskovalci iz Pennstate University misijonarsko poimenovali kot Ferroelectricity everywhere (v prevodu: Feroelektričnost vsepovsod)⁵.

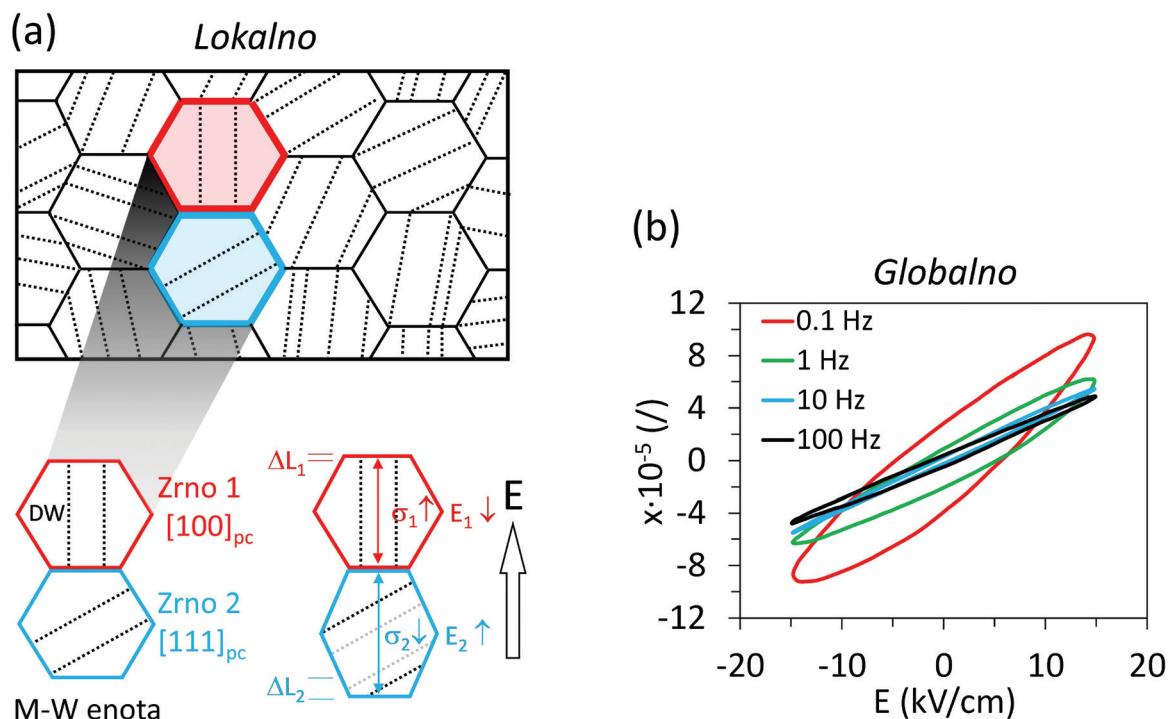
Drugi mejnik, ki ni nič manj pomemben, se je zgodil leta 2009. Odkrili so, da lahko domenske stene v feroelektričnem bizmutovem feritu (BiFeO_3) prevajajo električni tok bolj kot same domene⁶. Članek o prevodnih domenskih stenah, objavljen v reviji *Nature Materials* (1089 citatov; vir: WoS), je imel precej večji učinek kot predhodni članek iz leta 1998, objavljen v reviji *Journal of Physics* (277 citatov; vir: WoS)⁷, v katerem sta Aird in Salje poročala o superprevodnosti feroelastičnih dvojčičnih mej v kemijsko zreduciranem volframovem trioksidu WO_3 . Razlog za manjšo citiranost članka nikakor ni v manj kakovostni študiji ali v tem, da bi bili rezultati dela Airda in Salja manj pomembni za področje, temveč v dosegu bralcev kot rezultat nečesa, kar bi lahko s sodobno nomenklaturo poimenovali kot marketing znanosti. Zanimiv je podatek, da se o konceptu znanosti kot marketingu idej, ki ga podpirata tako del znanstvene sfere kot nekatere založbe znanstvenih revij, govori že od konca druge svetovne vojne⁸. Zares

praktičnih posledic koncepta pa smo deležni v dobi modernejše znanosti.

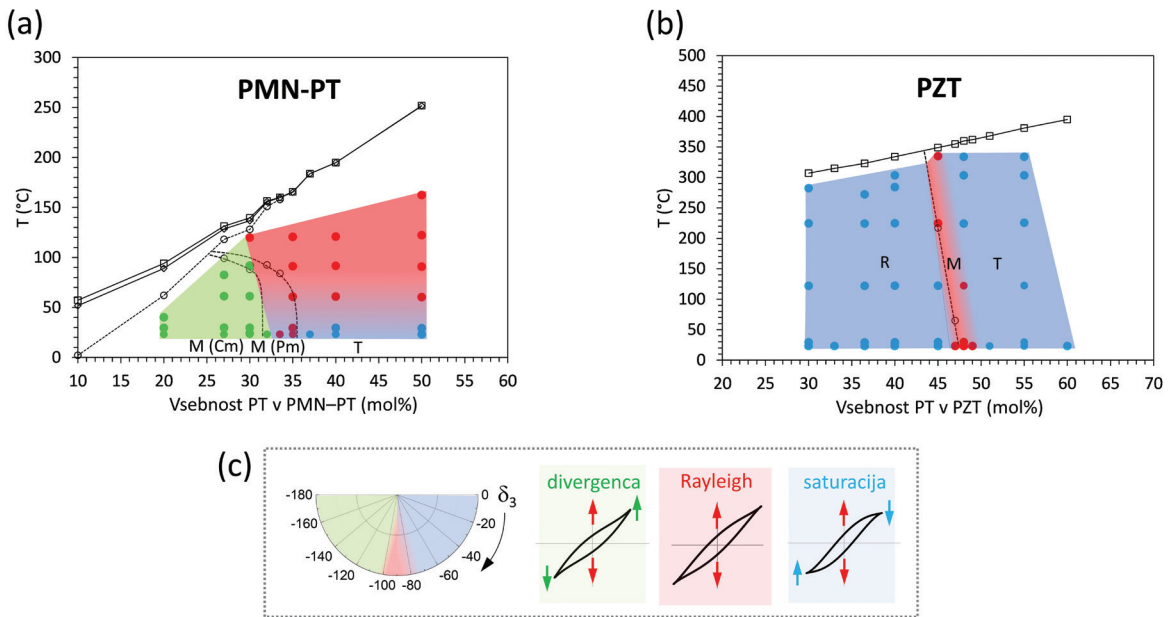
V polarni strukturi feroelektrikov definiramo domenske stene kot meje med posameznimi domeni, znotraj katerih je smer spontane polarizacije simetrijsko določena in homogena. Prav tako kot v zgodbi s HfO_2 je odkritje električne prevodnosti domenskih sten popolnoma spremenilo pogled na raziskave in možne uporabe feroelektrikov. Z razliko od na primer mej med zrni v keramiki, ki so statične, so domenske stene dinamične, kar pomeni, da jih lahko v materialu premikamo, na novo ustvarjamo

in preprosto odstranjujemo z zunanjo električno napetostjo⁹. Tako igrajo vlogo funkcijskih elementov, z njimi lahko lokalno spreminjamo električni tok znotraj materiala. Ker so domenske stene zelo tanke (nivo nanometrov), odpirajo popolnoma novo pot v nanoelektroniki¹⁰.

Odkritje prevodnih domenskih sten v BiFeO_3 je imelo širši vpliv na področje. Vse več študij se loteva raziskovanja fizike, kemije in lokalne strukture domenskih sten ter njihove dinamike pod zunanjimi električnimi polji⁹⁻¹². S sorodno idejo so Takenaka s sodelavci leta 2017 objavili članek¹³, s katerim naj



Slika 1: Nelinearni Maxwell-Wagnerjev mehanizem kot povezava med lokalno električno prevodnostjo domenskih sten in globalnim (makroskopskim) piezoelektričnim odzivom¹⁹. Shema pod (a) prikazuje primer dveh zrn v keramiki kot osnovno Maxwell-Wagner (M-W) enoto analitičnega modeliranja. Glede na smer zunanjega električnega polja (glej vertikalno puščico, označeno z E) je zrno 1 orientirano v smeri $[100]_{pc}$ (pc označuje pseudokubično simetrijo), zrno 2 pa v smeri $[111]_{pc}$. Posledično so tudi domenske stene v zrnih različno orientirane (stene so prikazane s pikčastimi črtami). Ko na material pritismo zunanje električno polje E , se zgodi dvoje. Zaradi visoke prevodnosti in povečanega električnega toka zrna 1 vzdolž vertikalne smeri (σ_1), ki je posledica vertikalno orientiranih prevodnih sten, se bo notranje električno polje tega zrna E_1 zmanjšalo. Obratno se zgodi v zrnu 2: zaradi nižje prevodnosti, ki je posledica poševne orientacije prevodnih domenskih sten glede na vektor zunanjega polja E , se bo notranje polje E_2 povečalo. Povečanje notranjega polja v zrnu 2 vodi do večjega prispevka premika domenskih sten (premik sten v zrnu je prikazan iz sivih pikčastih črt k črnim). Poenostavljeno rečeno gre za povečanje piezoelektričnega odziva zaradi povečanih notranjih električnih polj v nekaterih zrnih, kar povzroči premik sten (deformacija zrna 2 zaradi premika domenskih sten je razvidna iz ΔL_2). Ker mehanizem kontrolira električna prevodnost, torej migracija nabojev v materialu, se pojav pozna pri nizkih frekvencah vzbujevalnega električnega polja, kar je razvidno iz eksperimentalnih podatkov, prikazanih pod (b). Gre za piezoelektrične histerezne zanke (x je piezoelektrična mehanska deformacija, E je vzbujevalno električno polje), merjene pri različnih frekvencah, iz česar je razviden povečan odziv pri frekvenci 0.1 Hz (večji x pri istem vzbujevalnem polju $E = 14$ kV/cm). Z M-W modelom je možno razložiti tudi povečano površino histereze pri nizkih frekvencah.



Slika 2: Fazna diagrama relaksorskega feroelektričnega PMN–PT in feroelektričnega PZT, barvno označena glede na tip tretjega harmoničnega nelinearnega odziva¹⁹. Različna fazna področja so pod sliko (a) in (b) posebej označena: M ponazarja monoklinsko fazo (bodisi prostorske skupine C_{11} ali Pm), T označuje tetragonalno fazo, R pa romboedrično. Slika (c) prikazuje legendo barvnih področij, označenih na faznih diagramih. Fazni diagram, ki prikazuje merjene podatke faznega kota tretjega harmoničnega piezoelektričnega odziva δ_3 , smo razdelili v tri področja, označena z zeleno barvo (divergentni odziv viden v histezni zanki), rdečo barvo (odziv skladen z Rayleighovim modelom²²) in modro barvo (saturacijski odziv). Poenostavljeno rečeno, različne barve ponazarjajo različne tipe nelinearnih odzivov, ki jih pripisujemo različnim mehanizmom, pretežno povezanim s prispevkom domenskih sten. Analiza lepo prikazuje bistvene razlike med relaksorskim sistemom PMN–PT in nerelaksorskim PZT samo ob pogledu barvnih področij. Rdeče področje v diagramu PZT je vezano na t. i. morfotropno fazno mejo, kjer se zaradi soobstoja različnih faz poveča nered v materialu, s čimer se inducira Rayleighjev tip odziva. Najpomembnejše odkritje je zeleno področje v diagramu PMN–PT, ki smo ga enolično povezali z dinamiko nizkokotnih domenskih sten.

bi razčistili kompleksno polarno strukturo t. i. relaksorskih feroelektrikov. Gre za skupino materialov s perovskitno strukturo na osnovi svinca, kot je $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PMN–PT), z zelo burno raziskovalno zgodovino pretežno zaradi njihove zapletene strukturne narave^{14–17}. Avtorji¹³ so ugotovili, da je PMN–PT sestavljen iz goste domenske strukture, z domenami velikosti nekaj nm do ~ 10 nm, ki jih ločujejo t. i. nizkokotne domenske stene. Gre za poseben tip domenskih sten v neurejenih materialih s popolnoma drugačnimi lastnostmi kot stene v klasičnih feroelektrikih¹⁸.

Da bi ostali v stiku z aktualnimi raziskovalnimi temami, smo na odseku več let in v okviru več raziskovalnih projektov podrobneje proučevali prevodne domenske stene v BiFeO_3 in nizkokotne domenske stene v PMN–PT. Študije so potekale na keramičnih materialih in zajemale široko paleto metod, tako eksperimentalnih kot teoretičnih. Objavljeni pregledni članek v *Journal of the American Ceramic Society*,¹⁹ kot osrednja tema tega razširjenega povzetka, za-

jema bistvene rezultate našega večletnega dela na omenjenih temah.

Keramiko na osnovi BiFeO_3 se med drugim raziskuje za piezoelektrične aplikacije, kjer naprave ali komponente delujejo pri povišanih temperaturah, tipično >250 °C²⁰. Razlog je v visoki Curiejevi temperaturi (830 °C²¹) tega materiala. Piezoelektričnost, tj. sposobnost materiala, da razvije električni signal pod vplivom mehanske sile in obratno, se izniči nad Curiejevo temperaturo. S študijami v našem laboratoriju in v sodelovanju z raziskovalnimi partnerji iz tujine smo odkrili manjkajoči člen, ki razloži vpliv lokalne električne prevodnosti na piezoelektrični odziv¹⁹. Ko material vzbujamo z zunanji polji, se zaradi električne prevodnosti domenskih sten lokalna električna polja znotraj posameznih keramičnih zrn prerazporedijo, kar izrazito vpliva na dinamiko domenskih sten in s tem na celokupni piezoelektrični odziv (shema je prikazana in podrobneje razložena pod sliko 1). S kombinacijo strukturnih analiz na atomski, nanometrski in mikrometrski ravni ter

analitičnega modeliranja in harmoničnih piezoelektričnih analiz smo odkrili t. i. nelinearni Maxwell-Wagnerjev mehanizem, ki je nova različica že predhodno poznane linearne istoimenskega pojava. Mehanizem razloži, zakaj je piezoelektrični odziv BiFeO_3 izrazito odvisen od treh najpomembnejših zunanjih spremenljivk, to so jakosti vzbujevalnega električnega (ali mehanskega) polja, frekvence polja in temperature. Dognanja utegnejo biti pomembna pri razvoju visokotemperaturnih piezoelektrikov na podlagi BiFeO_3 , kjer je temperaturna stabilnost piezoelektričnega odziva ključnega pomena.

V drugem sklopu raziskav smo se podrobneje ukvarjali z vprašanjem, kako dinamika nizkokotnih domenskih sten vpliva na piezoelektričnost keramike PMN-PT. Treba je omeniti, da so mehanizmi, odgovorni za izjemne piezoelektrične in dielektrične lastnosti PMN-PT še vedno predmet intenzivnih debat. Eden od razlogov je zagotovo sodobni razvoj metodologij, s čimer odkrivamo vse več detajlov lokalne polarne strukture tovrstnih materialov^{17,18}. V našem delu smo izbrali težjo pot in se tako odločili za izredno širok spekter kemijskih sestav PMN-PT. Tisti, ki se ukvarjamo s keramično sintezo, zelo dobro vemo, koliko vložka in truda zahteva sinteza kakovostnih keramičnih vzorcev. V tem primeru

lahko uspeh dela pripišemo predvsem vztrajnosti odsečnega sodelavca Silva Drnovška. Študija je zajela tudi sintezo in analizo vzorcev $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ (PZT), ki smo jih uporabili kot referenčne, saj ne izkazujejo relaksorskih značilnosti. S skrbno analizo strukture na več velikostnih nivojev in naprednimi piezoelektričnimi meritvami smo po štirih letih intenzivnega dela prišli predvsem do številnih novih vprašanj, ki so in morajo biti gonilo znanosti, a tudi do nekaterih odgovorov. Od najpomembnejših rezultatov bi omenil prevladujoči vpliv nizkokotnih domenskih sten na nelinearni piezoelektrični odziv monoklinskih sestav PMN-PT, ki zasedajo obsežen del faznega diagrama tega sistema (za zahtevnejše bralce sem več strokovnih podrobnosti razložil pod sliko 2)¹⁹. S sodelavkami z odseka doc. dr. Mojco Otoničar in doc. dr. Mirelo Dragomir smo za objavljeni članek prejeli nagrado Edward C. Henry award, ki jo Ameriško keramično društvo na letni osnovi podeljuje izjemnemu prispevku, objavljenem v *Journal of the American Ceramic Society in Bulletin*. Študija je lep primer, kako z velikim trudom, vztrajnim timskim delom, medsebojnim izpopolnjevanjem znanja in sinergijo med sodelavci dosežemo skupne in nesebične cilje, predvsem pa nahranimo vsem nam znano in nepotešljivo raziskovalno radovednost.

Literatura

1. G. Brennecke, R. Sherbondy, R. Schwartz, J. Ihlefeld; *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 2021, 99, str. 24–30.
2. U. Schroeder, M. H. Park, T. Mikolajick, C. S. Hwang; *Nature Reviews*, 2022, 7, str. 653–669.
3. T. S. Boscke, J. Muller, D. Brauhaus, U. Schroder, U. Bottger; *Appl. Phys. Lett.*, 2011, 99, 102903.
4. R. E. Newnham; *Properties of materials*, Oxford University Press, 2007, str. 35.
5. K. Ferri, S. Bachu, W. Zhu, M. Imperatore, J. Hayden, N. Alem, N. Giebink, S. Trolier-McKinstry, J.-P. Maria; *J. Appl. Phys.*, 2021, 130, 044101.
6. J. Seidel in sodelavci; *Nature Mater.*, 2009, 8, 229–234.
7. A. Aird, E. K. H. Salje; *J. Phys. Cond. Matter.*, 1998, 10, L377–L380.
8. J. P. Peter, J. C. Olson; *Journal of Marketing*, 1983, 47, 111–125.
9. G. Catalan, J. Seidel, R. Ramesh, J. F. Scott; *Rev. Mod. Phys.*, 2012, 84, 119–156.
10. D. Meier, S. M. Selbach; *Nature Rev.*, 2022, 7, 157–173.
11. T. Rojac, A. Bencan, G. Drazic, N. Sakamoto, H. Ursic, B. Jancar, G. Tavcar, M. Makarovic, J. Walker, B. Malic, D. Damjanovic; *Nature Mater.*, 2017, 16, 322–327.
12. P. S. Bednyakov, B. I. Sturman, T. Sluka, A. K. Taganstevev, P. V. Yudin; *Comp. Mater.*, 2018, 4, 65.
13. H. Takenaka, I. Grinberg, S. Liu, A. M. Rappe; *Nature*, 2017, 546, 391–395.
14. I. Grinberg, A. M. Rappe; *Phase Trans.*, 2007, 80, 351–368.
15. A. Bokov in sodelavci; *Z. Kristallogr.*, 2011, 226, 99–107.
16. F. Li, S. Zhang, D. Damjanovic, L.-Q. Chen, T. R. Shrout; *Adv. Funct. Mater.*, 2018, 28, 1801504.
17. T. Rojac; *Comm. Mater.*, 2023, 4, 12.
18. A. Kumar, J. N. Baker, P. C. Bowes, M. J. Cabral, S. Zhang, E. C. Dickey, D. L. Irving, J. M. Lebeau; *Nature Mater.*, 2021, 20, 62–67.
19. M. Otonicar, M. Dragomir, T. Rojac; *J. Am. Ceram. Soc.*, 2022, 105, 6479–6507.
20. T. Stevenson, D. G. Martin, P. I. Cowin, A. Blumfield, A. J. Bell, T. P. Comyn, P. M. Weaver; *J. Mater. Sci. Mater. Electron*, 2015, 26, 9256–9267.
21. R. Palai in sodelavci; *Phys. Rev. B*, 2008, 77, 014110.
22. D. Damjanovic; *J. Appl. Phys.*, 1997, 82, 1788–1797.

Vpliv kontrolirane oksidacije na površinsko energijo sintranih vzorcev, izdelanih iz atomiziranih kvazikristalnih prahov Al-Cu-Fe z dodanim borom



Monika Kušter, Odsek za nanostrukturne materiale (K-7)

Objava je razširjen povzetek članka: *Impact of Tuned Oxidation on the Surface Energy of Sintered Samples Produced from Atomised B-Doped Al-Cu-Fe Quasicrystalline Powders*, ki je objavljen v reviji *Crystals* 2023, 13(6), 859, (IF 2.7), <https://doi.org/10.3390/cryst13060859>. Delo je nastalo v okviru sodelovanja z LIA PACS2, financirali pa so ga Slovenska raziskovalna agencija (P2-0084), CNRS in Univerza Lorraine v Franciji ter Obzorje Evropa 2020 pod številko 823717—ESTEEM3. Uredniki so članek in grafični povzetek izbrali za naslovnicu revije v juniju 2023.

Prav tako je bil delni izsek članka predstavljen na Mednarodni konferenci o materialih in tehnologijah 2023, kjer je bilo predavanje Monike Kušter nagrajeno s prvo nagrado za predavanje z naslovom *Composite material based on polymer matrix reinforced with Al-based Quasicrystal powder*.

Uvod

Površinski inženiring vključuje številne raziskave, katerih cilj je doseganje boljših lastnosti, kot je npr. omočljivost površin. Pri tem ni vprašanje le, kako zagotoviti čisto površino, ampak tudi kako zanesljivo kvantitativno določiti njeno čistočo. Omočljivost površine je definirana kot sposobnost kapljevine, da ohranja stik s površino. Merilo zanjo je kontaktni kot, ki ga oklepata kapljica in trdnina oz. trdna površina [1]. V vsaki kapljevine so prisotne privlačne medmolekularne sile, ki so daleč od površine enako velike in kažejo v različne smeri, zato je njihova vsota nič. Na meji med dvema tekočinama (npr. med vodo in zrakom) je določena smer odlikovana, zaradi česar se tvori površina, npr. napeta membrana v primeru kapljice. Za tvorbo je potrebna energija, ki je sorazmerna z velikostjo površine. Zaradi težnje po minimumu energije so nastale površine čim manjše, iz česar sledi sferična oblika prostih kapljic. Obnašanje kapljevine v stiku s trdnino je odvisno od sestave oz. od kontaminacije površine ali natančneje od povr-

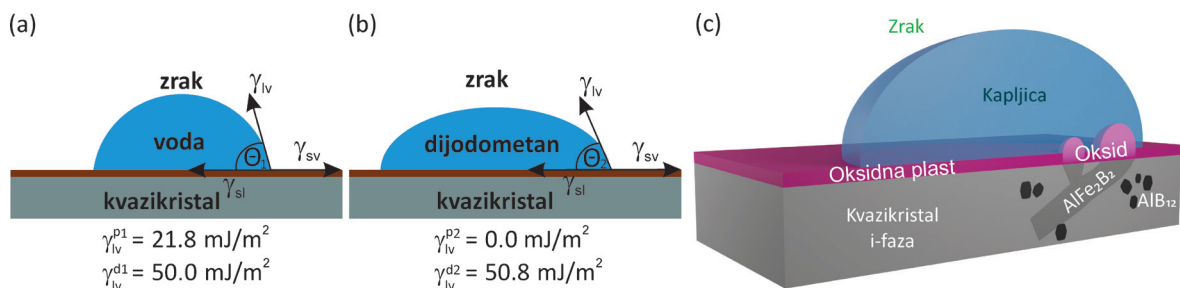
šinske energije trdnine. Če je ta visoka, se trdnina prekrije s kapljičnim filmom in tako zmanjša svojo površinsko energijo, pri čemer je kot omočljivosti majhen. Če ima podlaga že v osnovi nizko površinsko energijo, se ta ne prevleče s kapljičnim filmom, tvori pa se velik kot omočljivosti. Tako kemija kot hrupavost površine imata pomemben vpliv na površinsko energijo in posledično na omočljivost.

Kot omočljivosti Θ je definiran z Youngovo enačbo [2,3], ki določa ravnotežje treh prispevkov k površinski napetosti roba kapljice na trdni površini:

$$\cos \Theta \gamma_{lv} = \gamma_{sv} - \gamma_{sl}, \text{ (enačba 1)}$$

kjer γ_{sl} označuje površinsko napetost med trdnino in kapljevine (solid-liquid), γ_{sv} površinsko napetost med trdnino in plinom (solid-vapour) ter γ_{lv} površinsko napetost med kapljevine in plinom (liquid-vapour), kot je prikazano na sliki 1. Kot omočljivosti ima, glede na lastnosti posameznih komponent,

vrednosti med 0° do 180° , na osnovi česar površine delimo na hidrofilne ($\Theta \leq 90^\circ$) in hidrofobne ($\Theta \geq 90^\circ$). V primeru $\Theta = 90^\circ$ govorimo o nevralni omočljivosti. Skrajna primera sta $\Theta \leq 5^\circ$, pri čemer je kapljica skoraj popolnoma ploska, in $\Theta \geq 150^\circ$, ki ustreza okrogli kapljici z omejenim stikom s površino. Enačba 1 natančno velja zgolj za idealno gladke, ravne, toge in kemično homogene površine, kar je v realnosti redko izpolnjeno.



Slika 1: Skica sistema plin/tekočina/trdna snov s pripadajočo kapljico. Prikazan je kontaktni kot (Θ), (a) oblika vodne kapljice kot polarne tekočine (γ_{lv}^{p1}) na površini kvazikristala in (b) oblika kapljice dijodometana kot nepolarne tekočine (γ_{lv}^{d1}) na površini kvazikristala s pripadajočimi komponentami; (c) glavne pripadajoče faze kvazikristala z oksidno plastjo in pripadajočo kapljico.

V okviru raziskave smo analizirali časovno odvisnost lastnosti oksidne plasti in morebitnih površinskih adsorbatov ter vpliv na površinsko topografijo kvazikristalnega materiala $\text{Al}_{59}\text{Cu}_{25}\text{Fe}_{13}\text{B}_3$ (at.%). Spremljali smo spremembe omočljivosti in površinske energije. Izbrani kvazikristal Al-Cu-Fe [4–6] odlikujejo nizka površinska energija, visoka trdota, visoka odpornost proti koroziji, oksidaciji in obrabi v primerjavi z običajnimi kovinami. Kvazikristali so kompleksne, urejene zlitine, ki v nasprotju z običajnimi kristali nimajo translacijske simetrije in periodične strukture [4]. Zanimivi so z vidika osnovnih in aplikativnih raziskav [4]. Pri kontrolirani površinski oksidaciji in karakterizaciji oksidnega sloja na kvazikristalni zlitini Al-Cu-Fe z dodanim borom v atmosferskih pogojih je bila poglobljena metoda merjenje kontaktnega kota s kapljično metodo. Velikost kapljice, nanesene na površino kvazikristala, je imela prostornino do $10 \mu\text{l}$. Kot med tekočino in podlago je bil določen optično. Meritev je potekala statično ob konstantni prostornini.

Rezultati

Omočljivost površine in površinska energija

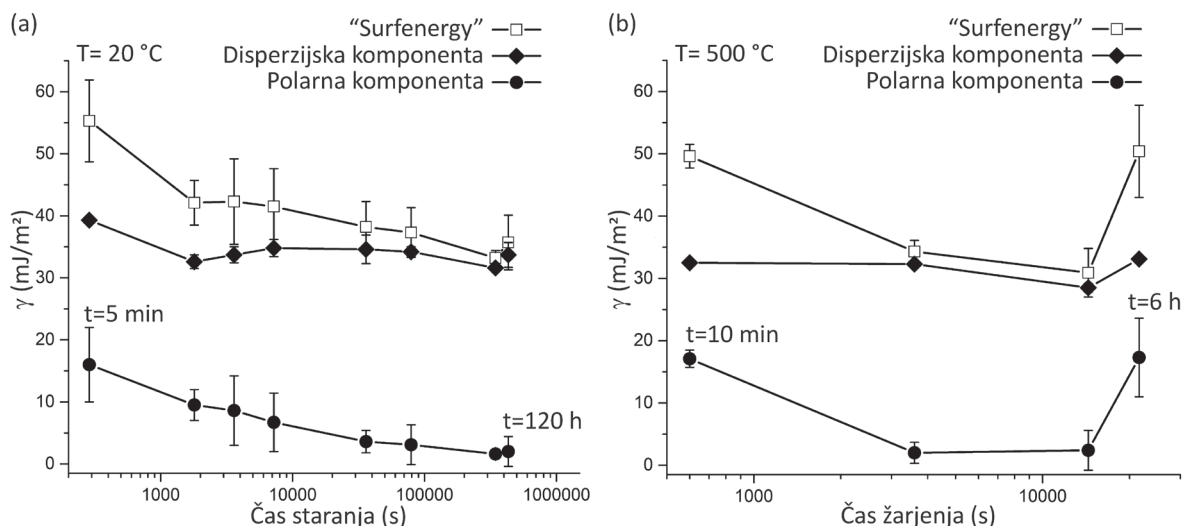
Za izračun površinske energije smo izbrali najbolj poznano in razširjeno metodo, ki temelji na teoriji OWRK ali Owen/Wendt/Rabel/Kaelble [1], pri kateri se uporabita dve različni tekočini. V našem primeru smo za polarno tekočino uporabili čisto vodo

Milli-Q, za nepolarno pa dijodometan. S pomočjo Youngove enačbe smo izračunali celotno površinsko energijo kvazikristala s tanko oksidno plastjo. Pri tem smo predpostavljali termodinamsko ravnovesje med tekočino, fazo in plinom. Eksperimenti so potekali na zraku, zato smo za energijo površine, ki vključuje tanko oksidno plast, zasnovali pojem »surfenergy«, s čimer poudarimo razliko s površinsko energijo »čiste« površine. Proučevali smo korelacijo

med površinsko energijo in debelino oksidnega sloja pri atmosferskem staranju in žarjenju na 500°C v odvisnosti od časa (slika 2). Disperzijska komponenta je po poskusu staranja in žarjenja, v skladu s pričakovanji, ostala dokaj nespremenjena $\sim 35\text{--}37 \pm 2 \text{ mJ/m}^2$ [4], saj je povezana z vplivom oksidne plasti na površini materiala. V obeh primerih je izmerjena disperzijska komponenta časovno neodvisna. S to raziskavo smo pokazali, da je prispevek disperzijske komponente kvazikristala zanemarljiv v primerjavi z disperzijskim prispevkom oksidne plasti, če je ta debela od 5 do 10 nm. V prid tej ugotovitvi govori dejstvo, da se rezultati kapljičnega poskusa v prvih petih minutah izpostavljenosti atmosferi spreminjajo. Takrat oksidna plast še raste in na njene lastnosti vpliva tudi prispevek disperzijske komponente samega kvazikristala. Velike spremembe polarne komponente so domnevno povezane s prisotnostjo različnih ogljikovih, vodikovih in oksidnih vezi na zgornjem sloju površine kvazikristala. Raziskava je pokazala, da je k oksidacijskim in morfološkim spremembam po staranju ter žarjenju najbolj nagnjena faza, bogata z borom in železom AlFe_2B_2 . Oksidirana plast se na površini razlikuje od kvazikristalne matrične ikozaedrične faze (i-faza), ki ima gladek amorfni oksidni sloj, in faze AlFe_2B_2 , ki ima igličasto morfologijo ter vidne nanokristalite v oksidnem delu. Iz rezultatov je razvidno, da na površinsko energijo posledično najbolj vpliva polarne komponenta, ki se lahko spremeni za okoli red

velikosti, od $\sim 17 \pm 1$ mJ/m² do 2 ± 2 mJ/m², odvisno od oksidacijske obdelave.

Debelina Al-oksидne plasti je bila ocenjena na 5,0 nm po izpostavljenosti 0,5 h, po izpostavljenosti zraku za 22,5 h pa se je povečala za 10 %.



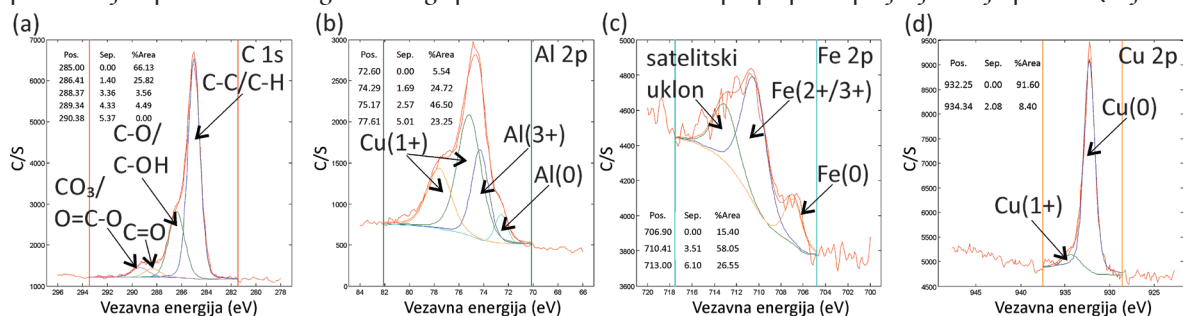
Slika 2: (a) Razvoj disperzijske (polni diamanti) in polarne (polni krogi) komponente celotne površinske energije »surfenergy« kvazikristala (odprti kvadrati) med poskusom staranja pri sobni temperaturi v različnih časih na logaritemski skali. Simboli so povezani s polnimi črtami za lažjo ponazoritev; (b) disperzijska in polarna komponenta ter »surfenergy« pri različnih časih žarjenja na temperaturi 500 °C.

Površinska kemija kvazikristala

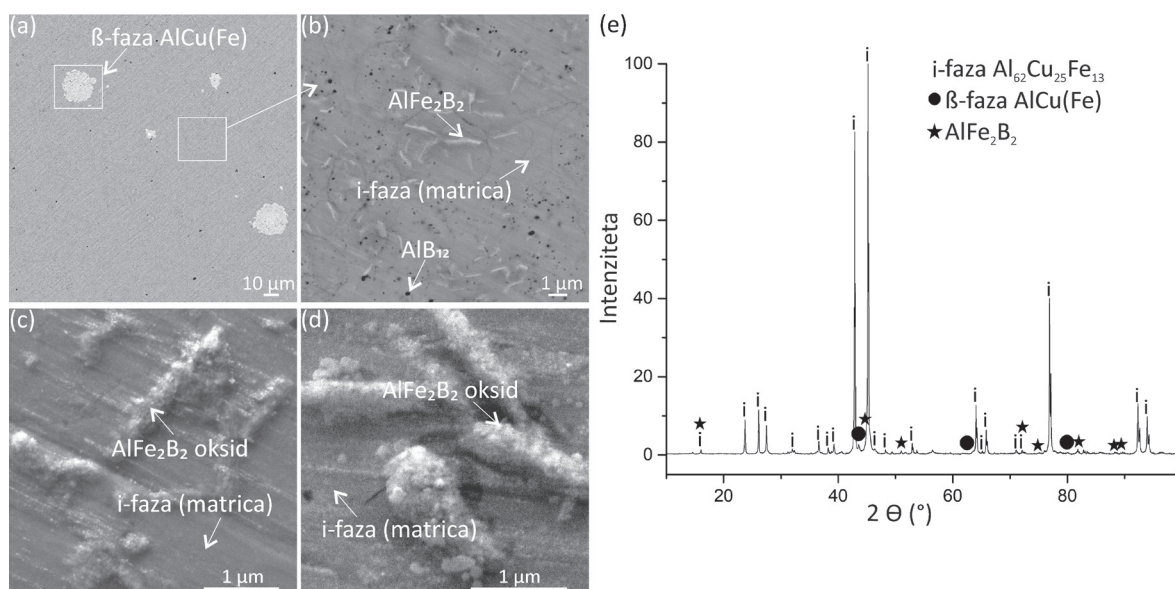
Z metodo rentgenske fotoelektronske spektrometrije (XPS) smo dobili informacije o kemiji površine, oksidacijskih stanjih elementov in njihovih vezeh ter debelini oksidne plasti na površini. Oksidacijska stanja elementov na površini so bila določena s spektri XPS visoke energijske ločljivosti. Rezultati kažejo, da sta glavna elementa na površini ogljik in kisik. Reprezentativni spektri XPS [7] C 1s, Al 2p/Cu 3p, Fe 2p in Cu 2p so za čas staranja 0,5 h prikazani na sliki 3. Po 22-urni izpostavljenosti zraku so bile v spektrih XPS vidne nekatere spremembe; opazno je bilo znižanje vrha Fe(0) in znižanje vrha pri 286,4 eV za vezi C-O v spektrih ogljika C 1s. Za informacije o kemijski sestavi površinske plasti oksida in globinski porazdelitvi v podpovršinskem območju smo na vzorcih po staranju opravili meritve globinskega profila XPS.

Mikrostruktura in kristalne faze kvazikristalnega vzorca

S pomočjo vrstičnega elektronskega mikroskopa (SEM) smo proučevali vplive površinske kemije pri različnih časih staranja in žarjenja na zraku ter raziskali morfologijo faz v mikrostrukturi, slika 4. Pregledani kvazikristalni vzorec je bil sestavljen iz 94 % matrice kvazikristalne ikozaedrične Al₆₂Cu₂₅Fe₁₃ faze (i-faza) ter dodatnih faz v skupnem deležu 6 %, ki jih predstavljajo binarna β -faza AlCu(Fe), ternarna faza, bogata z borom AlFe₂B₂, ter vključki AlB₁₂. Borovi fazi sta se tvorili zaradi dodatka 3 at.% bora, saj je z dodanim borom plinsko razprševanje kvazikristalne taline lažje [8]. Nodularno oblikovana β -faza je vsebovala tudi krom in nikelj. Slednja elementa nista bila del sestave prahov, temveč sta izvirala iz ostankov po pripravi prejšnje serije prahov (najver-



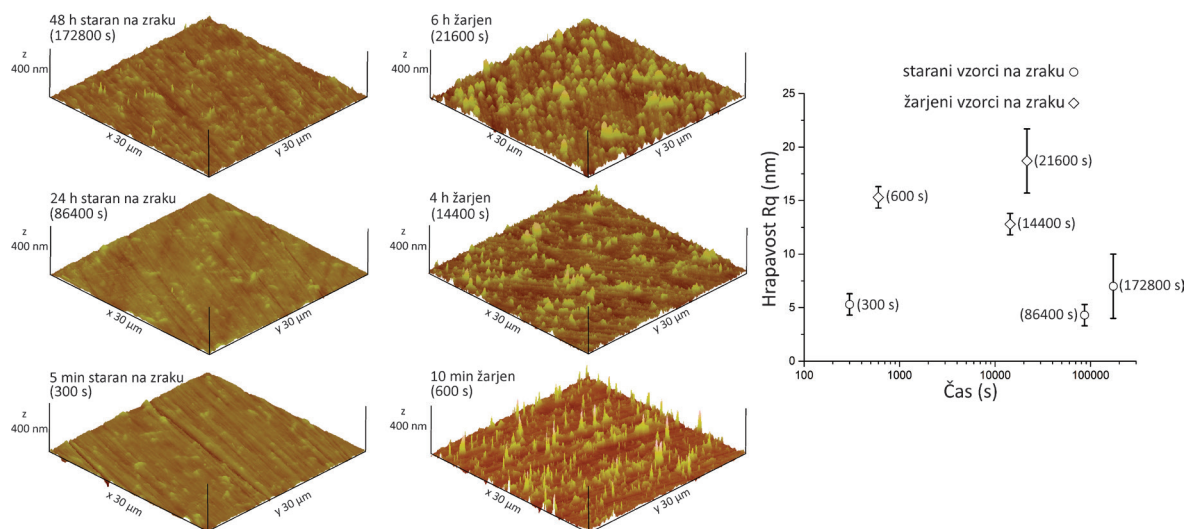
Slika 3: Spektri XPS (a) C 1s, (b) Al 2p/Cu 3p, (c) Fe 2p in (d) Cu 2p z navedenimi oksidacijskimi stanji, izmerjeni na površini vzorca po 0,5-urnem staranju.



Slika 4: Slike SEM vzorca $\text{Al}_{59}\text{Cu}_{25}\text{Fe}_{13}\text{B}_3$ (at.%) po staranju in žarjenju za različne čase: (a) reprezentativna mikrostruktura vzorca, (b) pripadajoče faze v vzorcu in (c, d) prikaz rasti oksida na vrhu faze AlFe_2B_2 ter matrične i-faze po žarjenju 1 uro oziroma 6 ur pri 500°C . (e) Pripadajoči diagram PXRD kvazikristalnega materiala z nominalno sestavo $\text{Al}_{59}\text{Cu}_{25}\text{Fe}_{13}\text{B}_3$ (at.%), kjer najintenzivnejši vrhovi pripadajo i-fazi. Drugi manjšinski fazi pa sta $\beta\text{-AlCu(Fe)}$ in AlFe_2B_2 .

jetneje iz nerjavnega jekla) v stolpu za atomizacijo. Pri industrijskih izdelkih je to povsem pričakovano. Nikelj in krom sta med strjevanjem iz taline reagirala z elementi Al, Cu in Fe ter tvorila majhna zrna β -faz, ki jih s pomočjo metode praškovne rentgenske difrakcije (PXRD) ni mogoče ločiti od prave β -faze sistema Al-Cu-Fe. Rezultati kažejo, da se po staranju in žarjenju pri različnih časih morfologija faze $\text{Al}_{62}\text{Cu}_{25}\text{Fe}_{13}$, β -faze AlCu(Fe) in vključkov AlB_{12} na površini ni bistveno spremenila. Po drugi strani se je morfologija faze AlFe_2B_2 že po 1 uri žarjenja zelo spremenila, kar se je kazalo v debelini oksidne plasti

in po 6 urah z vidnimi nanokristaliničnimi delci v oksidu. Količina kisika v teh vzorcih je bila vsaj za 25 % višja kot v staranem vzorcu. Meritve s pomočjo metode PXRD so dale informacije o kristalni zgradbi faz v mikrostrukturi (slika 4 e). Potrdili smo tri kristalne faze. Glavna matrična faza je kvazikristalna i-faza, faza $\beta\text{-AlCu(Fe)}$ pripada kubični prostorski skupini, $Im\text{-}3m$, 229. Faza AlFe_2B_2 pripada prostorski ortorombični, $Cmmm$, 65, medtem ko so vrhovi, ki ustrezajo vključkom AlB_{12} , premajhni in se prekrivajo z vrhovi i-faze, kar onemogoča določitev natančne kristalne strukture s pomočjo PXRD.

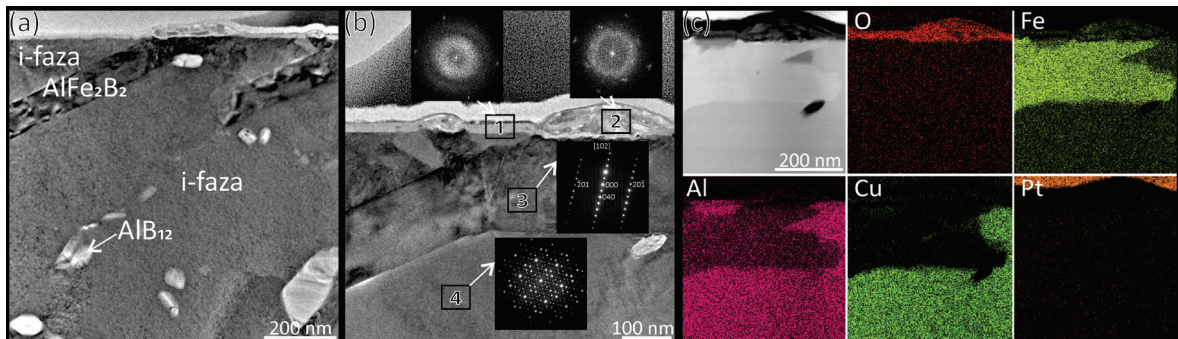


Slika 5: Topografija in hrapavost površine (R_q) kvazikristalnega materiala s sestavo $\text{Al}_{59}\text{Cu}_{25}\text{Fe}_{13}\text{B}_3$ (at.%).

Hrapavost ter nanoodnos med strukturo in kemijo v oksidni plasti

S pomočjo mikroskopije na atomsko silo (AFM) [9] smo dobili informacije o hrapavosti in obliki oksidov na površini (slika 5). Na površinsko energijo vplivata tako hrapavost površine kot populacija oksidov. Hrapavost površine vpliva tudi na hidrofobno obnašanje [10]. Praviloma se stopnja hidrofobnosti povečuje z večanjem hrapavosti, na katero vplivata oblika in velikost oksidnih oblik. Po drugi strani pa obstaja povezava med oksidi in obema komponentama površinske energije. Spremembe hrapavosti so v različnih časovnih intervalih večinoma povezane z nanokristalnimi oksidi faze AlFe_2B_2 . Pri krajših časih

žarjenja ima oksidna faza večinoma obliko ostrih iglic, ki se oblikujejo nad površino. Nasprotno pa se pri najdaljših časih žarjenja v veliki meri tvorijo različni oksidi v obliki kupole, ki zapolnjuje površino vzorca. Z uporabo presevne elektronske mikroskopije (TEM) in prostorskega kartiranja elementarne sestave vzorca (»EDXS mapping«), kot je prikazano na sliki 6, smo potrdili tudi natančno sestavo in debelino oksidnega sloja na površini pod različnimi fazami in s tem tudi razložili hrapavost, opaženo s pomočjo metode AFM. Vidno je bilo, da ima faza AlFe_2B_2 igličasto morfologijo in znatne nanokristalite v oksidnem sloju, medtem ko je na i-fazi opazen tanek amorfni oksidni sloj.



Slika 6: Slike TEM kvazikristala, žarjenega 1 uro na zraku pri 500 °C. (a) Celotna slika s predstavljenimi fazami; (b) slika oksidov na površini, označenih kot (1) in (2), s pripadajočim vzorcem hitre Fourierjeve transformacije (FFT) oksidov. Vstavljene slike prikazujejo vzorce elektronske difrakcije ternarne faze AlFe_2B_2 (3) in i-faze vzdolž osi (4); (c) kartiranje EDXS oksidnih plasti in faze AlFe_2B_2 ter i-faze.

Rezultati te raziskave bodo pripomogli k razumevanju površinske energije kvazikristala z oksidno plastjo, saj je zelo pomembno določiti ravnovesje med prispevkoma polarne in disperzijske komponente. Razumevanje oksidne plasti na kvazikristalnem materialu nas je vodilo do koristnih informacij za

natančno krojenje/inženiring kvazikristalnih površin. Proučevani material ima tehnološki potencial za uporabo na področjih, kjer je treba poiskati ravnovesje med obema komponentama površinske energije ali pa prilagoditi njeno polarno komponento.

Literatura

- [1] D. K. Owens and R. C. Wendt, Estimation of the surface free energy of polymers, *J Appl Polym Sci*, vol. 13, no. 8, pp. 1741–1747, 1969, doi: 10.1002/app.1969.070130815.
- [2] F. M. Fowkes, Attractive Forces At Interfaces, *Ind Eng Chem*, vol. 56, no. 12, pp. 40–52, 1964, doi: 10.1021/ie50660a008.
- [3] R. J. Good, Contact angle, wetting and adhesion, *J. Adhesion Sci. technol.*, vol. 6, no. 12, pp. 1269–1302, 1992.
- [4] J.-M. Dubois, *Useful Quasicrystals*. World Scientific Publishing Co Pte Ltd, 2005. doi: doi.org/10.1142/3585.
- [5] J. M. Dubois and E. Belin-Ferré, *Complex Metallic Alloys: Fundamentals and Applications*. 2010. doi: 10.1002/9783527632718.
- [6] J. M. Dubois and E. Belin-Ferré, Friction and solid-solid adhesion on complex metallic alloys, *Sci Technol Adv Mater*, vol. 15, no. 3, 2014, doi: 10.1088/1468-6996/15/3/034804.
- [7] V. Demange, J.W. Anderegg, J. Ghanbaja, F. Machizauda, D.J. Sordelet, M. Besser, P.A. Thiel, J.M. Dubois, Surface oxidation of Al-Cr-Fe alloys characterized by X-ray photoelectron spectroscopy, *Appl Surf Sci*, vol. 173, no. 3–4, pp. 327–338, 2001, doi: 10.1016/S0169-4332(01)00011-3.

- [8] V. Brien, V. Khare, F. Herbst, P. Weisbecker, J. B. Ledeuil, M. C. de Weerd, F. Machizaud and J. M. Dubois, Influence of boron content on the microstructure of sintered Al_{62.5-x}Cu_{25.3}Fe_{12.2}B_x alloys (x = 0, 3, 5), *J Mater Res*, vol. 19, no. 10, pp. 2974–2980, 2004, doi: 10.1557/JMR.2004.0366.
- [9] R. R. L. De, D. A. C. Albuquerque, T. G. S. Cruz, F. M. Yamaji, and F. L. Leite, Measurement of the Nanoscale Roughness by Atomic Force Microscopy: Basic Principles and Applications, *Atomic Force Microscopy - Imaging, Measuring and Manipulating Surfaces at the Atomic Scale*, 2012, doi: 10.5772/37583.
- [10] R.N. Wenzel, Resistance of solid surfaces to wetting by water, *Engineering Chemistry*, vol. 28, no. 8, pp. 988–994, 2015, doi: 10.1017/cbo9781316146743.

Avgustovske poplave razgalile Mežiško dolino



Jože Kotnik in Tea Zuliani,

Odsek za znanosti o okolju (O-2)

Širše območje Mežice je bogato s svinčevo in cinkovo rudo. Prvi pisni vir o izkopavanju svinčeve rude sega v 17. stoletje, njuno intenzivno izkopavanje pa se je začelo na začetku 19. stoletja. Od takrat pa do zaprtja rudnika leta 1995 so izkopali 19.000.000 ton rude, iz katere so pridobili 1.000.000 ton svinca (Pb) in 500.000 ton cinka (Zn) (Štrucl, 1995, Žibert in sod., 2017).

Zaradi dolge in intenzivne rudarske in predelovalne dejavnosti se je močno povečala obremenjenost okolja s Pb in Zn. Po zaprtju rudnika in talilnice svinčeve rude so potencialni viri onesnaženosti s Pb izpusti iz tovarne za proizvodnjo in reciklažo baterij, emisije

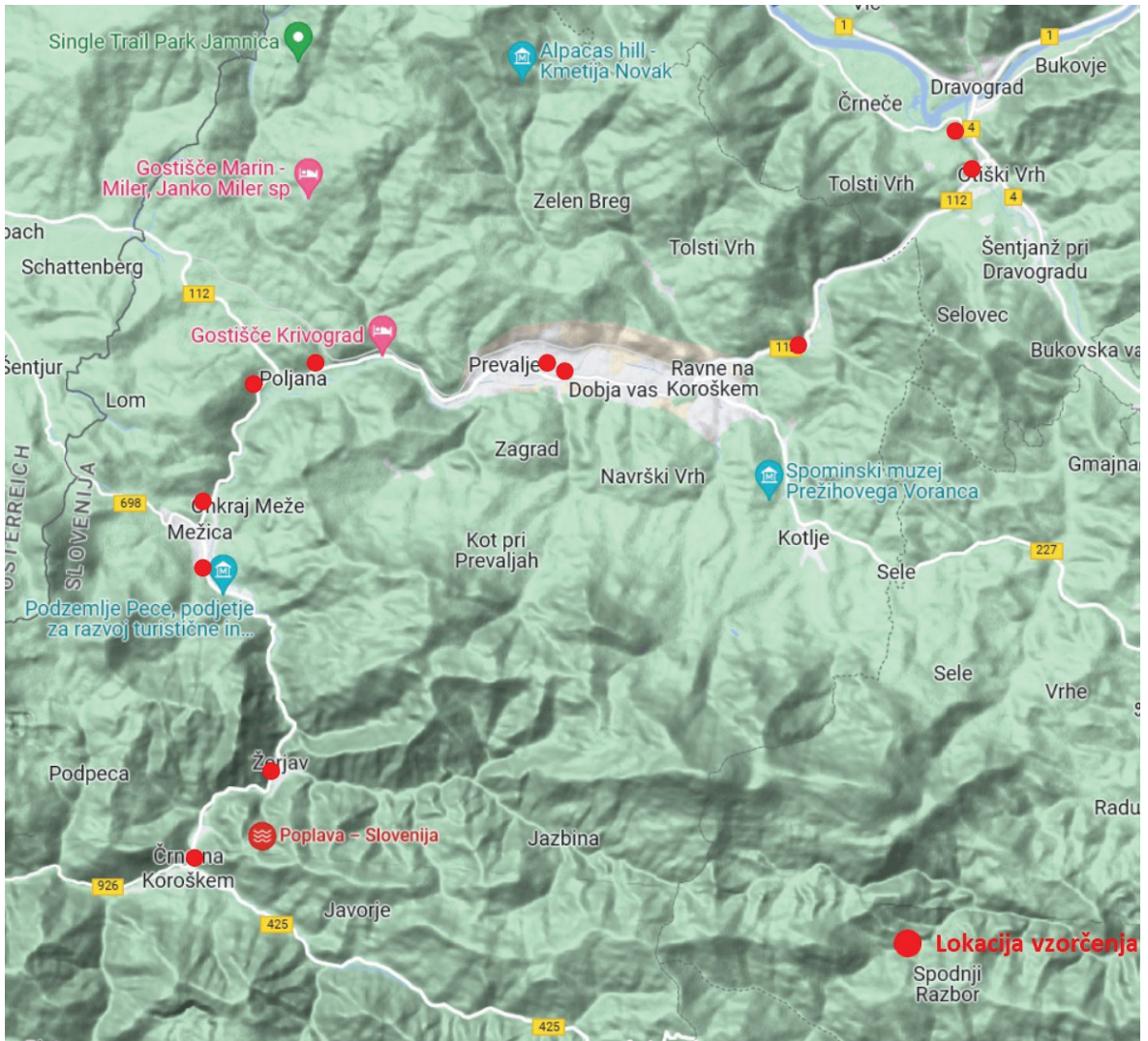
iz obrata za proizvodnjo gradbenih materialov in jeklarske industrije. Urejanje in ozelenitve nabrežin reke Meže, asfaltiranje makadamskih poti in zamenjava zemlje na javnih površinah so samo nekateri od ukrepov za izboljšanje stanja okolja in zdravja ljudi, ki so se v Mežiški dolini izvajali zadnjih 15 let.

V noči na 4. avgust 2023 so severno Slovenijo zajele hude hudourniške poplave, ki so nastale po neurjih z izjemno močnim dežjem. Po poplavih so zaradi razmočenosti terena sledili zemeljski plazovi. Močni nalivi so trajali vse do 6. avgusta. Izjemno so narasli predvsem hudourniški potoki in reke v Mežiški dolini, Zgornji Savinjski dolini in na Gorenjskem. Sledil je poplavni val, ki je povzročil poplave v spodnjem toku. Narasle reke so odnašale ceste, mostove, stanovanjske objekte, tovarne in seveda vse nevarne snovi, ki so jim prišle na pot, ter te snovi ob umirjanju vode odlagale v poplavljenе objekte, infrastrukturo in poplavne ravnice, ki se večinoma uporabljajo za kmetijstvo. Odloženi mulj in pesek pomenita tveganje za lokalno prebivalstvo in pridelke na poplavljenih območjih.

Da bi zaščitili prebivalce in prostovoljce, ki so prišli pomagat odstranjevati naplavljen sediment, sta se 12. avgusta, ko so bile ceste pogojno prevozne, aktivirala ELME (Ekološki laboratorij z mobilno enoto,



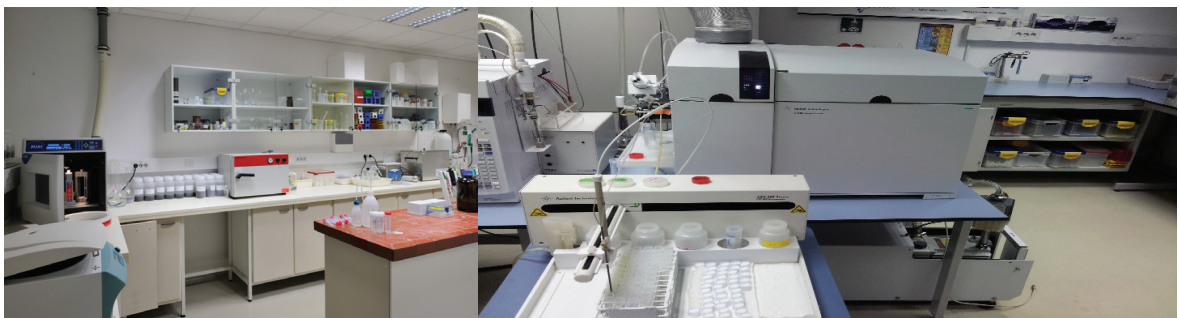
Vzorčenje naplavin v Mežici.



Slika 1: Prikaz lokacij, kjer so bili odvzeti vzorci mulja.

ki deluje v okviru Civilne zaštite RS, katerega člani so sodelavci Instituta "Jožef Stefan" z odsekov O-2 in K-3), in Agencija RS za okolje (ARSO), ki sta izvedla vzorčenje mulja oz. sedimenta. Dr. Jože Kotnik z O-2 in dr. Janja Turšič z ARSO sta povzročila enajst vzorcev naplavljenega sedimenta od izliva Meže v Dravo pri Dravogradu do Črne na Koroškem (prikaz

na sliki 1). Odvzetih je bilo deset vzorcev naplavin in en vzorec izčasne deponije že odstranjenih naplavin. Naplavine sestavljajo meljasto do peščeno gradivo, v zgornjem toku Mežice pa se zrnatost nanesenega materiala poveča, ko v Črni doseže dimenzije zelo grobega proda s primesmi peska in melja. V naplavinah je veliko kosov plastičnega ohišja



Slika 2: Laboratorij in oprema odseka O-2 za elementno analizo.

svinčenih akumulatorjev, ki se nizvodno manjšajo. Velika težava so tudi zasušene naplavine na cestah in deloviščih, kjer potekata čiščenje in sproščanje prahu v ozračje.

V laboratorijih Odseka za znanosti o okolju smo izvedli analize sedimenta na vsebnost Pb, Cd, Zn in drugih potencialno strupenih elementov (slika 2). Sedimente smo posušili, presejali, homogenizirali in jih razkrojili v mešanici kislin s pomočjo mikrovalov. Vsebnost elementov smo določili z masnim spektrometrom z induktivno sklopljeno plazmo.

Na sliki 3 so podani rezultati analiz vrednosti svinca (Pb), cinka (Zn) in kadmija (Cd) v sedimentu po poplavi, skupaj z mejnimi vrednostmi iz Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih za nevarne snovi v tleh (ULRS št. 68/96, 41/04-ZVO-1 in 44/22-ZVO-2) ter večletnimi povprečnimi vrednostmi izbranih elementov v tleh in sedimentih, ki se jih je spremljalo pred poplavo.

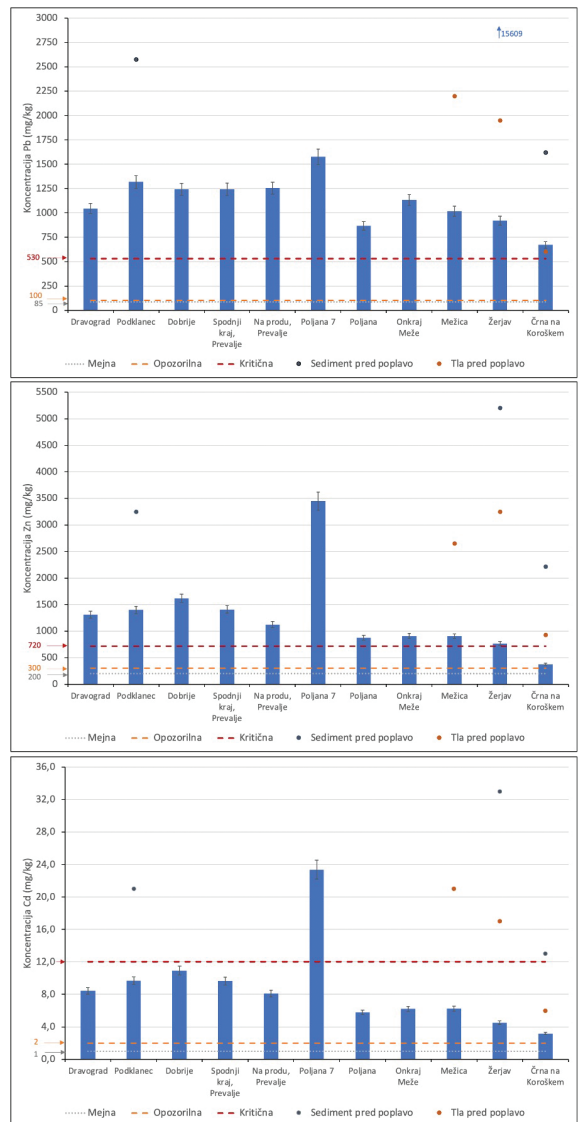
Glede na uredbo:

- Mejna vrednost je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni takšno obremenitev tal, da se zagotavljajo življenjske razmere za rastline in živali in pri katerih se ne poslabšuje kakovost podtalnice in rodovitnost tal. Pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolja še sprejemljivi.
- Opozorilna vrednost je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka ali okolje.
- Kritična vrednost je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, pri kateri zaradi škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje onesnažena tla niso primerna za predelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali ter za zadrževanje in filtriranje vode.

Zgornja Mežiška dolina ima večletno tradicijo rudarjenja, predelave svinca (Pb) in cinka (Zn) ter drugih s svincem povezanih dejavnosti, kar se je že pred poplavo v okolju odražalo v močno povečani obremenjenosti okolja s temi elementi, dodatno pa še s kadmijem (Cd), ki je kot nečistoča prisoten v svinčevi in cinkovi rudi. Vsebnost potencialno strupenih elementov se v Mežiški dolini spremlja že vrsto let, tako v tleh kot v sedimentu reke Meže

Reference

1. Štruel S.F., 1995. Elaborat ob zapiranju rudnika.
2. Žibert G., Gosar M., Miler M., Alijagić J., 2017. Land Degradation and Development 29, 4457-4470.



Slika 3: Predstavitev vrednosti za Pb, Zn in Cd v naplavljenem sedimentu.

in njenih pritokih, predvsem v najbolj obremenjenih krajih, kot so Žerjav, Mežica in Črna na Koroškem. Za primerjavo so na sliki 3 prikazane povprečne (mediane) vrednosti večletnih meritev za Pb, Zn in Cd v tleh, ki so bile odvzete v bližini reke Meže. Podane so tudi povprečne vrednosti za izbrane elemente v sedimentih, vzorčenih pred poplavami v obdobju med 2003 in 2021. Kot je razvidno iz vrednosti za tla in sedimente pred poplavo in po njej, so koncentracije Pb, Zn in Cd v območju, ki je pričakovano za Zgornjo Mežiško dolino.

DIGITOP in HyBReED - nova raziskovalna programa

IJS je bil kot koordinator programa DIGITOP in kot sodelujoči partner v programu HyBReED uspešen na ARIS-ovem Javnem razpisu za sofinanciranje dolgoročnejših velikih raziskovalno-inovacijskih sodelovalnih programov na lestvici TRL 3-6. Oba programa sofinancirata Republika Slovenija, Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in inovacije, ter Evropska unija - NextGenerationEU.

Program DIGITOP bo na IJS koordiniral odsek E1, vodja programa pa je prof. dr. Aleš Ude. Z IJS so v program vključeni tudi odseki E-2, E-6, E-8 in E-9. Kot partnerji sodelujejo Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Rudolfov - znanstveno in tehnološko središče Novo mesto, Kolektor Sisteh, Marovt proizvodno podjetje, L-Tek elektronika, Metronik, Datalab Tehnologije in Yaskawa Europe Robotics. Vrednost celotnega programa je nekaj manj kot 5 milijonov evrov, od katerih 3,75 milijona evrov prispeva ARIS. Program bo potekal 32 mesecev, z začetkom v letošnjem novembru. Cilj programa je razvoj in uvedba novih prebojnih tehnologij na področju robotike, inteligentnega vodenja procesov, umetne inteligence in industrije 4.0/5.0 v proizvodna podjetja.

Poleg DIGITOP-a je IJS na tem razpisu kot sodelujoči partner pridobil tudi program HyBReED. Program koordinira Kemijski institut, v njem pa z IJS sodelujejo odseki E-2, K-7, K-8, K-9, F-4, F-6 in F-8. V program



Vir: iStockphoto

je vključenih 15 partnerjev, od tega 10 industrijskih. Program je sofinanciran z dobrimi 3,73 milijona evrov, trajal bo 30 mesecev, začetek del pa bo 1. 1. 2024. Program HyBReED združuje vodilne nacionalne partnerje s področij vodika, baterij in industrijske tranzicije. Program sledi ciljem Evropskega zelenega dogovora, programa REPowerEU ter Okrevanja in odpornosti.

Pri obeh programih je začetno pobudo za sodelovanje in povezovanje podal SRIP ToP. Oba predloga sta bila sporazumno izbrana v okviru celotnega IJS. Programa sta skladna z akcijskimi načrti SRIP ToP in v okviru prijave tudi ustrezno podprta.

dr. Igor Kovač, E-1

MINULI DOGODKI

Obisk generalnega direktorja WIPO na Institutu "Jožef Stefan"

Zadnji septembrski ponedeljek smo na Institutu "Jožef Stefan" gostili Darena Tanga, generalnega direktorja Svetovne organizacije za intelektualno lastnino (World Intellectual Property Organization, WIPO), ki je potekal v okviru uradnega obiska Slovenije. Ta je med drugim vključeval tudi srečanja s predstavniki slovenskega političnega vrha, kolek-

tivnih organizacij, ljubljanskega tehnološkega parka ter izbranih zagonskih in inovativnih podjetij.

Na IJS ga je uvodoma sprejel direktor prof. dr. Boštjan Zalar v nadaljevanju pa si je z delegacijo ogledal laboratorije doc. dr. Matjaža Humarja in prof. dr. Mirana Čeha s predstavitev njihovega raziskovalnega dela.



Okrogla miza o intelektualni lastnini in komercializaciji z dr. Špelo Stres, LL.M, MBA, prof. dr. Gregorjem Majdičem, mag. Robertom Blatnikom (moderator), Darenom Tangom, dr. Simonom Mandljem in prof. dr. Sašom Džeroskim

V Veliki predavalnici se je pridružil okrogli mizi o intelektualni lastnini in njeni komercializaciji. Pomen področja je v uvodnih nagovorih pred razpravo poleg obeh direktorjev izpostavila tudi mag. Karin Žvokelj, direktorica Urada Republike Slovenije za intelektualno lastnino. V živahni izmenjavi mnenj in pogledov je prof. dr. Gregor Majdič, rektor Univerze v Ljubljani, izpostavil izzive raziskovalne skupnosti pri pridobivanju ustreznih finančnih sredstev za prenos inovacij in tehnologij na trg, kar je potrdil uspešni raziskovalec in podjetnik dr. Simon Mandelj, direktor podjetja GEM Motors, d. o. o., ki je že pri razvoju prototipa sodeloval z zasebnim investitorjem. Prof. dr. Sašo Džeroski, vodja Odseka za tehnologije znanja na Institutu "Jožef Stefan", se je v luči osrednje teme okrogle mize pogloblje dotaknil vloge odprtokodnih rešitev in proste dostopnosti izumov ter vloge raziskovalk in raziskovalcev pri komercializaciji. Za izvajanje vrhunskega raziskovalnega dela je na tem področju namreč treba sodelovati z drugimi strokovnjaki. S tem se je strinjal Daren Tang, medtem ko je dr. Špela Stres, LL.M, MBA, v. d. direktorice Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije, poudarila, da se trenutno v Sloveniji intelektualna lastnina in iz nje izhajajoče priložnosti še ne cenijo dovolj.

V sklepnem delu obiska sta bili razglašeni in podeljeni nacionalni nagradi WIPO za leto 2023. Prejemnik nagrade WIPO Medal for inventors je prof. ddr. Denis Đonlagić s Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru za raziskovalno



Podelitev nagrad WIPO (z leve proti desni): dr. Aleš Rotar, Daren Tang, prof. ddr. Denis Đonlagić in mag. Karin Žvokelj

delo na področju laserskih diod, optičnih vlaken, senzorjev, sistemov in aparatov, podeljene patente s popolnim preizkusom ter vzpostavljene povezave z gospodarstvom. Nagrado WIPO IP Enterprise Trophy je prejelo podjetje Krka, d. d., kot eno vodilnih generičnih farmacevtskih podjetij, ki v svojem

celotnem korporativnem razvoju aktivno sodeluje z domačimi in tujimi raziskovalnimi organizacijami ter uveljavlja vlogo in pomen intelektualne z razno- vrstnimi aktivnostmi. V imenu podjetja je nagrado

prevzel dr. Aleš Rotar, član uprave in direktor farma- cevtskega razvoja in proizvodnje.

Robert Premk, (U-9) – Služba za projektno informatiko, organizacijo strokovnih dogodkov in konferenc, foto: Marjan Verč

Multikonferenca Informacijska družba 2023 – Pogled v prihodnost tehnologije in družbe

Letos smo priča izjemni znanstveni in tehnološki prelomnici s pojavom generativne inteligence, ki jo zaznamuje tudi šestindvajseta multikonferenca In- formacijska družba. Ta dogodek, ki poteka v obdobju kritičnega razvoja na področjih umetne inteligence, računalništva in informatike, je ključni mejnik za celotno informacijsko družbo. Konferenca, ki zdru- žuje vodilne mislece, znanstvenike in strokovnjake, razpravlja o napredku in prihodnosti, ki ju prinaša generativna umetna inteligenca.

predsednica države dr. Nataša Pirc Musar. Med nagrajenci izstopa prof. dr. Andrej Brodnik, ki je prejel prestižno nagrado Michie-Turing za izjemen življenjski prispevek k razvoju in promociji in- formacijske družbe. Prav tako je bil poudarjen dosežek Benjamina Bajda, ki je prejel priznanje za dosežek leta kot prvi slovenski računalniški olimpijec z zlato medaljo, priznanje za platformo Dostopno za pomoč invalidom pa je sprejel Zvezdan Martič.



Slavnostna govornica je bila predsednica države dr. Nataša Pirc Musar.

Letošnja konferenca izstopa po svoji interdiscipli- narnosti, saj povezuje deset neodvisnih konferenc z različnih področij, kot so poleg osnovnega RI in AI tudi demografija, kognicija, zdravstvo, okoljevarstvo in tehnološki transfer. Ta pristop omogoča celovit pogled na probleme in rešitve, ki jih ponuja umetna inteligenca, ter spodbuja k poglobljenemu dialogu in analizi za oblikovanje najboljših pristopov k upra- vljanju in izkoriščanju tehnologij.

Enotedenska konferenca je gostila okoli 500 ude- ležencev in ponudila več kot 160 predstavitev, povzetkov in referatov, slavnostna govornica je bila



Prof. dr. Andrej Brodnik je prejel nagrado Michie-Turing.

Soorganizatorji in podporniki konference, med kate- rimi so ACM Slovenija, SLAIS za umetno inteligenco, DKZ za kognitivno znanost in Inženirska akademija Slovenije, so prispevali k uspehu tega dogodka. Kon- ferenca je tako postala platforma za izmenjavo znanj, izkušenj in mnenj o ključnih temah, ki oblikujejo našo prihodnost.

V luči teh dogodkov je jasno, da multikonferenca Informatična družba 2023 ni le srečanje strokov- njakov, temveč tudi izraz skupnega prizadevanja za oblikovanje boljše prihodnosti. S poudarkom



na inovacijah, znanosti in tehnologiji ta dogodek postavlja temelje za razcvet in razvoj informacijske družbe. Hkrati je konferenca bolj odprta za delovne raziskovalne hipoteze in obravnavo kritičnih izzivov, s katerimi se spoprijema sodobna družba. V tem kontekstu se konferenca zavzema za hitro integracijo najnovejšega in najbolj kakovostnega tehnološkega in znanstvenega znanja v slovensko družbo in svet.

V zaključku je pomembno poudariti, da ima konferenca poudarek na interdisciplinarnosti in integraciji različnih znanstvenih in tehnoloških področij ter zavezo k oblikovanju bolj inkluzivne, varne in trajnostne informacijske družbe z več človekovimi pravicami, kar je ključno za prihodnji razvoj in blagostanje človeštva.

Matjaž Gams in Mateja Mavrič, foto: M. Verč

Podeljene nagrade za perspektivne tehnologije in inovativnost

11. oktobra 2023 je potekala že šestnajsta Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij (ITTTC), ki je bila letos del kampanje Evropske unije za spodbujanje valorizacije znanja ter je združila predstavnike akademske sfere in industrije z namenom okrepitev sodelovanja in prenosa inovacij iz raziskovalnih laboratorijev v industrijsko uporabo. V okviru EU

kampanje je dogodek soustvaril dr. Peter Dröll z ekipo Generalnega direktorata EK za raziskave in inovacije.

Konferenca se je, kot vsako leto, osredotočala na nove trende v prenosu tehnologij in je vključevala okroglo mizo o valorizaciji znanja, tekmovanje v predstavi-

tvah poslovnih idej za inovacijo z največjim tržnim potencialom iz javnih raziskovalnih organizacij ter predstavitve tematskih prispevkov o prenosu znanja.

Tekmovanja za inovacijo z največjim tržnim potencialom iz javnih raziskovalnih organizacij, ki ga v okviru ITTC organizirajo službe za podporo inovacijam in projektom (U7, U8 in U9), se je udeležilo šest raziskovalnih skupin, med drugim dve z IJS.

Nagrado za najboljšo inovacijo iz javnih raziskovalnih organizacij v skupni vrednosti 2.500 evrov sta prejeli dve enakovredni ekipi, od katerih je vsaka prejela polovico skupne vrednosti nagrade. Ekipa Univerze v Mariboru v sestavi doc. dr. Zoran Pučko in prof. dr. Danijel Rebolj je prejela nagrado za inovativni sistem za samodejno spremljanje gradenj WatchBuilt.

Ekipa z Instituta "Jožef Stefan" v sestavi doc. dr. Erik Zupanič in dr. Peter Jeglič pa je prejela nagrado za inovacijo *Nova platforma za proizvodnjo hladnih atomov za kvantne računalnike in kvantne senzorje*.

Uveljavljeno tekmovanje za najboljšo inovacijo bo potekalo tudi v letu 2024. Za podrobnosti lahko kontaktirate Službo za vsebinsko podporo projektom, prenos tehnologij in inovacije (U-7) na Institutu "Jožef Stefan".



Nagrajenci za najboljšo inovacijo iz javnih raziskovalnih organizacij (od leve proti desni): doc. dr. Zoran Pučko (Univerza v Mariboru) ter dr. Peter Jeglič in doc. dr. Erik Zupanič (oba IJS) v družbi dr. Špele Stres, LL.M., MBA.

Konferenčne vsebine so dostopne na spletni strani <http://ittc.ijs.si>, vključno z Zbornikom letošnjih trinajstih tematskih prispevkov.

Dogodek je bil organiziran v sodelovanju med Institutom "Jožef Stefan", Ministrstvom za visoko šolstvo, znanost in inovacije ter Evropsko komisijo.

Maša Rener in Robert Premk, Služba za projektno informatiko, organizacijo strokovnih dogodkov in konferenc (U-9), foto: Marjan Verč

Noč ima svojo moč 2023 na Institutu "Jožef Stefan"

Evropska noč raziskovalcev (European Researcher's Night (ERN)) je evropski strateški projekt za dvig ozaveščenosti o vrednosti in pomenu znanstveno-raziskovalnega dela za družbo. Projekt poteka kot vseevropska akcija v okviru programa za raziskovanje in tehnološki razvoj – Obzorje Evropa (Horizon Europe). Pod njegovim okriljem že vrsto let poteka projekt Noč ima svojo moč (The Night has its Might), pri katerem sodeluje tudi Institut "Jožef Stefan". Tokrat smo skupaj s konzorcijem partnerjev (Ustanova Hiša eksperimentov, Institut "Jožef Stefan", Kemijski inštitut, Botanični vrt Univerze v Ljubljani, Tehnični muzej Slovenije in Geološki zavod Slovenije) soustvarili kar dvoletni projekt, ki je zajemal vrsto aktivnosti v letih 2022 in 2023. S projektom Noč ima svojo moč želimo predvsem doseči, da bi čim širšemu krogu ljudi pred-



Mini Šola Swinga

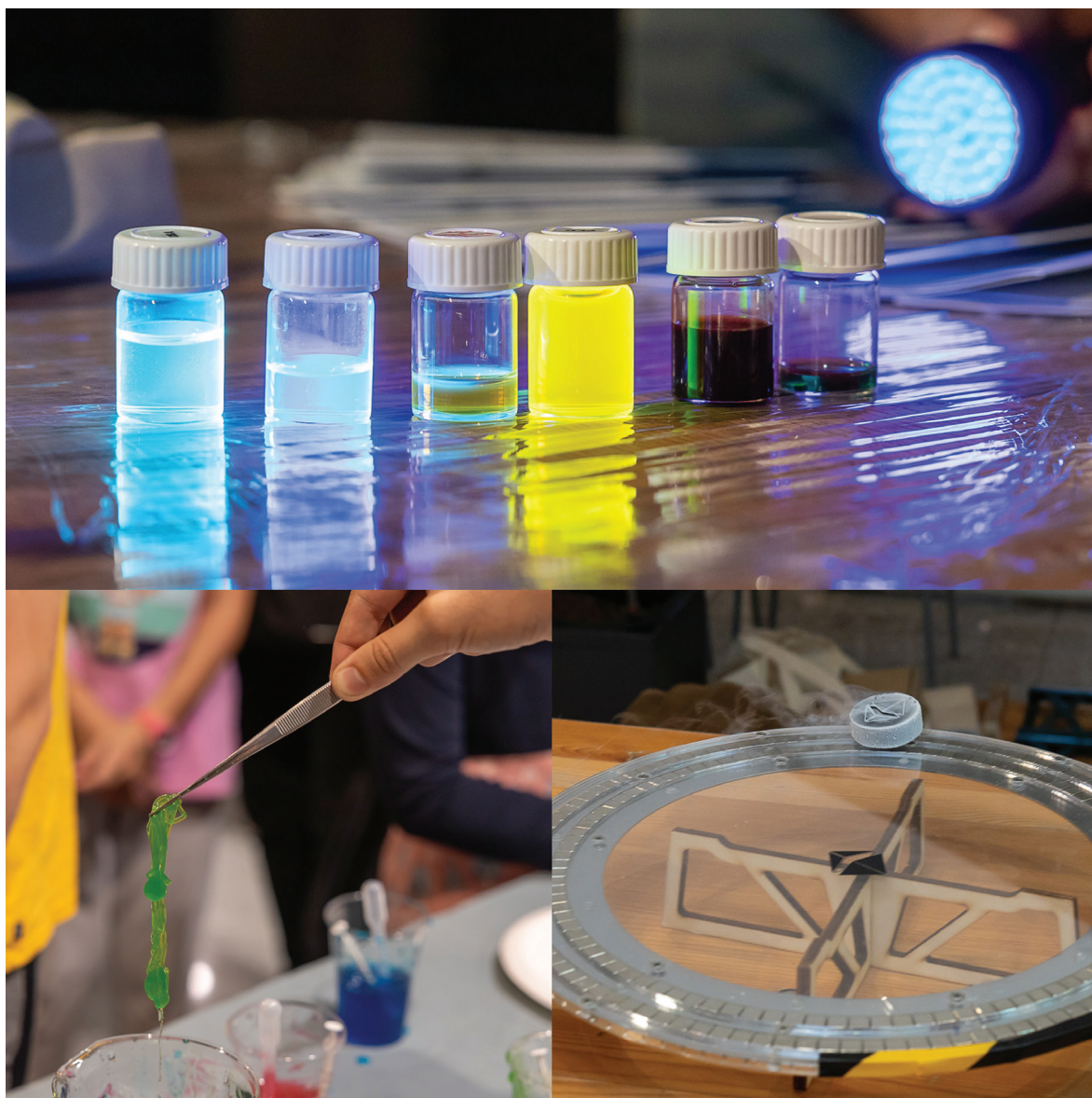
stavili pomen znanosti na naše vsakdanje življenje, kakšen je njihov vpliv na družbo in gospodarstvo

ter kakšne so karierne možnosti mladih na področju razvoja in raziskav.

Na pobudo Evropske komisije osrednji dogodek Evropske noči raziskovalcev vedno poteka zadnji petek v septembru – letos je bil to 29. 9. 2023. Na ta dan se za en dan v letu široko odprejo vrata številnih kulturnih znanstvenoizobraževalnih organizacij po vsej Evropi, da bi širši javnosti predstavile poklic in življenje znanstvenikov in znanstvenic. V Sloveniji se je v okviru projekta Noč ima svojo moč zvrstilo več kot 130 aktivnosti v več kot 20 krajih po vsej Sloveniji. Obiskovalci so se na ta dan lahko udeležili kar štirih festivalov znanosti, prisluhnili številnim poljudnim predavanjem in se pridružili mnogim zanimivim

delavnicam. Določene znanstvene centre in raziskovalne ustanove, ki so odprle svoja vrata, so si lahko ogledali tudi od blizu. Osrednji dogodek projekta Noč ima svojo moč je s spletnim nagovorom podprla tudi častna pokroviteljica projekta, predsednica Državnega zbora mag. Urška Klakočar Zupančič. Na dogodku je sodelovalo več kot 50 institucij, ki se ukvarjajo z znanostjo, raziskovanjem, kulturo in izobraževanjem. Med njimi je bil tudi Institut "Jožef Stefan".

29. septembra 2023 je Institut "Jožef Stefan" v večernih urah odprl svoja vrata za širšo javnost. Dogodek, ki smo ga poimenovali Večer odprtih vrat na Institutu "Jožef Stefan", je letos potekal že šesto leto zapored. Obiskovalci so si lahko ogledali obe lokaciji Instituta



Utrinki z delavnic



Utrinki s Šola eksperimentov

„Jožef Stefan“ – v Ljubljani na Jamovi in na Reaktorskem centru Podgorica – kjer so jim sodelavci z različnih odsekov pripravili zanimive delavnice, predavanja in vodene ogleda. Obe lokaciji sta bili povezani z brezplačnim avtobusnim prevozom.

Na Institutu „Jožef Stefan“ na Jamovi je dogodek potekal v galeriji instituta. Raziskovalke in raziskovalci so svoja raziskovalna področja predstavljali z interaktivnimi delavnicami. Obiskovalci so si sami izbirali obisk delavnic in čas, ki so ga namenili raziskovanju posameznega področja. V prijetnem vzdušju so se pogovorili z raziskovalkami in raziskovalci, eksperimentirali, izvedeli kaj novega in se pogovorili o temah, ki jih zanimajo. Med glasbeno spremljavo, za katero sta poskrbela Martin Pečar in mini Šola Swinga, so

si v galeriji instituta lahko ogledali tudi fotografsko razstavo Utrinki 1949–2019 avtorja Marjana Verča.

V okviru delavnic so obiskovalci lahko poiskali odgovor na vprašanje, ali in kako lahko vidimo osnovne delce (F-9), ter se poučili, kaj je vakuum in kako nastane plazma (F-4).

Iskali so tudi odgovore na vprašanja, kakšna hrana in od kod pride na naše krožnike, ter se preizkušali v prepoznavanju vonjev (O-2). Najmlajši so v Šoli eksperimentalne kemije spoznavali tekoči dušik in se igrali s »črvi« (K-1), starejši pa so lahko kaj več izvedeli o superprevodnikih (F-7).



Delavnice na Reaktorskem centru Podgorica

Poučili so se lahko tudi o koroziji kovin in protikorozijski zaščiti z inovativnimi prevlekami (K-3), se srečali s čarobnostjo magičnega peska in materialov na mikroskopski ravni (K-7) ter pod elektronskim mikroskopom opazovali skrivnosti sveta v malem (CEMM). Na dogodku se je predstavila tudi Služba za projektno informatiko, organizacijo strokovnih dogodkov in konferenc (U-9).

Dogajanje na Jamovi smo popestrili z dvema predstavama – šovoma eksperimentov – z naslovom Blisk, vročina in mraz – kemija pokaže svoj pravi obraz (K-1/Šola eksperimentalne kemije). Obe predstavi sta bili letos izrazito svetlobno obarvani. Med predstavama se je predvsem svetilo in bliskalo, kaj pa je tudi počilo. Obiskovalci vseh generacij, ki so napolnili veliko predavalnico Instituta "Jožef Stefan", so bili nad predstavama navdušeni.

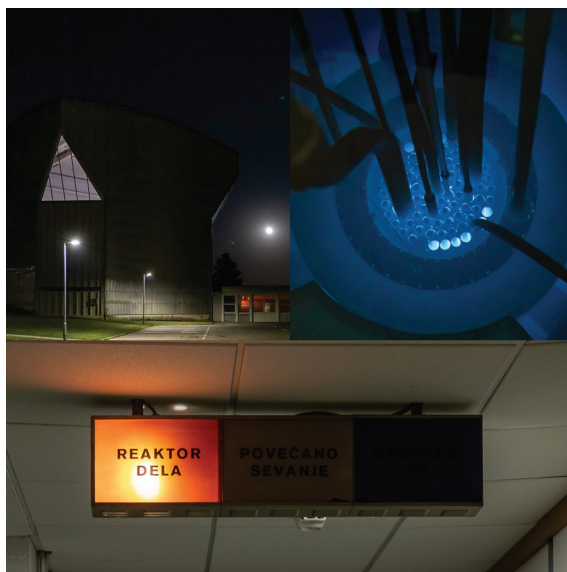
Na Reaktorskem centru Podgorica so si obiskovalci lahko od blizu ogledali raziskovalni jedrski reaktor TRIGA (RIC) in se poučili o njegovem delovanju. Sprehodili so se lahko skozi prenovljeno interaktivno razstavo o energiji in jedrski tehnologiji ter izvedeli veliko zanimivosti o energiji, sevanju, jedrski fiziki in jedrski varnosti (ICJT). Poigrali so se lahko tudi z LEGO mikrobnimi kockami (O-2). Na Reaktorskem centru Podgorica se letos lahko pohvalijo z res izjemnim obiskom. Pridobivanje električne energije je trenutno zelo aktualna tema bistvenega pomena za družbo. Veseli nas veliko zanimanje za to področje in menimo, da na takšen način tudi pripomoremo k razumevanju in ozaveščenju javnosti.

Noč je imela res svojo moč! Z Večerom odprtih vrat na Institutu "Jožef Stefan" smo bili zadovoljni tako organizatorji kot obiskovalci. Pohvalimo se lahko z res velikim obiskom. Iz leta v leto opažamo, da dogodek

postaja vse bolj uveljavljen in privablja vedno več obiskovalcev. To nas zelo veseli in dodatno motivira, da takšno delo nadaljujemo tudi v prihodnje. V tem nepozabnem večeru so obiskovalci lahko stopili v stik z raziskovalkami in raziskovalci, jih osebno povprašali o stvareh, ki jih zanimajo, si ogledali raznolike eksperimente in jih kar nekaj izvedli tudi sami. Za uspešnost dogodka se lahko zahvalimo predvsem več kot 60 raziskovalkam in raziskovalcem Instituta "Jožef Stefan", ki so aktivno sodelovali pri izvedbi. Številni obiskovalci so namreč pohvalili naše sodelavce, njihovo organiziranost in dostopnost za dodatna vprašanja. Pohvalili pa so tudi raziskovalke in raziskovalce, da so zapletena raziskovalna področja predstavili na preprost način. Kot je zapisala ena od mlajših obiskovalk:

»Hvala, da se za ta dogodek tako trudite. Pohvalila bi celo ekipo. Res ste me ogromno naučili! Naslednje leto spet.«

(učenka, vir anketa)



Delavnice na Reaktorskem centru Podgorica



Utrinki z delavnic

Obiskovalci so bili navdušeni nad zanimivimi eksperimenti, delavnicami, ogledi in razstavami. Menijo, da je bil dogodek »poučen za vse generacije«, da so se pri tem »naučili veliko novega o znanosti« in »se zabavali«. V veselje nam je, da smo mladim vzbudili tudi »zanimanje za znanstvene poklice«! (vir anketa)

Za konec bi se radi zahvalili vsem sodelavkam in sodelavcem Instituta "Jožef Stefan", ki so v preteklih dveh letih sodelovali z nami v okviru projekta Noč



Utrinki z delavnic

ima svojo moč. Zahvaljujemo pa se tudi vsem, ki so se udeležili Večera odprtih vrat na Institutu "Jožef Stefan" in pripomogli ustvariti nepozabni dogodek. Čarobno, znanstveno obarvano vzdušje zadnjega petka v septembru se nam je zapisalo v spomin. Verjamemo, da sta prav to vzdušje in prijetno druženje očarala tudi marsikaterega obiskovalca. Z malo sreče prihodnje leto ponovimo!

*Evelin Gruden, Marko Jeran in Melita Tramšek,
Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K-1),
foto: Marjan Verč*

In memoriam: prof. dr. Boris Žemva (1940–2023)

2. novembra 2023 nas je zapustil upokojeni sodelavec prof. dr. Boris Žemva, zaslužni znanstvenik Instituta "Jožef Stefan", dolgoletni vodja Odseka za anorgansko kemijo ter član Znanstvenega sveta in Upravnega odbora Instituta.

Ob tem žalostnem dogodku želimo na kratko osve-
tлити njegovo življenje in raziskovalno delo.



Boris Žemva se je izobraževal na Univerzi v Ljubljani, Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo, kjer je leta 1971 doktoriral iz kemije. Raziskovalno delo za doktorsko disertacijo je opravljal na Institutu "Jožef Stefan" v raziskovalni skupini pod vodstvom prof. Jožeta Slivnika. Velik del raziskav na oddelku in tudi njegovih raziskav je bil v tem obdobju posvečen hitro rastočemu področju kemije žlahtnih plinov. Njegova doktorska disertacija je bila posvečena raziskovanju reakcij med ksenonom in fluorom. Leta 1972 je prejel Fulbrightovo štipendijo za podoktorsko izobraževanje na Univerzi v Kaliforniji, Berkeley, ZDA, pri prof. Neilu Bartlettu, pionirju na področju kemije žlahtnih plinov. To je bil začetek plodnega sodelovanja in dolgotrajnega prijateljstva.

V letih od 1983 do 2006 je bil prof. dr. Boris Žemva vodja Odseka za anorgansko kemijo in tehnologijo Instituta "Jožef Stefan". Poleg področij, povezanih s

kemijo fluora, je bilo veliko dejavnosti odseka pod njegovim vodstvom posvečenih tudi tehnološkim, ekološkim in varnostnim problemom v Sloveniji ter izobraževanju na področju kemije. V raziskovalne aktivnosti odseka je bil aktivno vključen vse do polne upokojitve leta 2012. Zelo aktiven je bil tudi na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana.

Kemija žlahtnih plinov pa je bila eno od pomembnih področij njegovega raziskovalnega dela. Ne nazadnje je s sodelavci pomembno prispeval še k pripravi strukturno raznolikih koordinacijskih spojin, pri katerih najdemo binarne fluoride kot ligande na kovinskih centrih.

Skupno delo raziskovalnih skupin iz Ljubljane in Berkeleyja je vodilo do drugega zelo pomembnega raziskovalnega področja: priprave termodinamično nestabilnih fluoridov v visokih oksidacijskih stanjih. Nobelov nagrajenec za kemijo prof. Roald Hoffmann je v kolumni za revijo *American Scientist* (89, 2001, 311) povedal, da sta imela pionirsko vlogo pri sintezi in karakterizaciji visokoenergijskih oksidantov profesorja Boris Žemva in Neil Bartlett.

Domača in tuja raziskovalna sfera je nedvoumno prepoznala in nagradila raziskovalno delo, ki ga je opravljal skupaj s sodelavci na odseku. Prof. Žemva je objavil več kot 150 člankov v revijah in imel več kot sto vabljenih predavanj po vsem svetu – v Evropi, ZDA, na Kitajskem in Japonskem. Predaval je na univerzah, inštitutih in v industriji (3M, St. Paul, ZDA; AGC, Yokohama, Japonska; in BASF, Ludwigshafen, Nemčija), pa tudi na simpozijih in konferencah. Bil je gostujoči urednik štirih posebnih števil znanstvenih revij: *European Journal of Solid State and Inorganic Chemistry*, *Journal of Fluorine Chemistry* in tematske številke *Solid State Sciences*. Bil je član uredniških



11. evropski simpozij o kemiji fluora, Bled 1995



S sodelavci Odseka za anorgansko kemijo in tehnologijo, 2006

odborov več revij: *Journal of Fluorine Chemistry*, *Solid State Sciences* in *Acta Chimica Slovenica*.

Treba je omeniti njegovo delovanje in ugled v mednarodni skupnosti fluoro kemikov. Leta 1995 je bil predsednik 11. evropskega simpozija o kemiji fluora na Bledu; nato je bil leta 2010 častni predsednik 16. evropskega simpozija o kemiji fluora v Ljubljani, leta 2006 pa je bil predsednik 5. mednarodnega simpozija o anorganskih materialih v Ljubljani. Leta 1993

je bil povabljen kot gostujoči raziskovalni profesor (Visiting Miller Professor) na Univerzo v Kaliforniji, Berkeley, ZDA, leta 1997 pa kot gostujoči profesor na Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux, Pessac, Francija.

Rezultati raziskav Borisa Žemve so pomemben prispevek k našemu poznavanju kemije in so pogosto opisani in citirani v učbenikih sodobne anorganske kemije. Sodeloval je pri pisanju Enciklopedije anor-



Slovensko-japonski seminar, Ljubljana, 2005



16. evropski simpozij o kemiji fluora, Ljubljana, 2010

ganske kemije, kjer je prispeval poglavje o žlahtnih plinih (Noble Gases: Inorganic Chemistry, urednik King R. Bruce, John Wiley, 1994). Na tem mestu je pomembno omeniti tudi knjigo *Advanced Anorganic Fluorides: Synthesis, Characterization and Application*, uredniki: T. Nakajima, B. Žemva in A. Tressaud, Elsevier, 2000, v kateri najdemo poglobljen pogled na raznoliko področje anorganske kemije fluora.

Zelo tesno je sodeloval z več znanstveniki in skupinami z vsega sveta, od Japonske, Nemčije, Francije, Poljske in ZDA do Kanade. Večkrat je dejal, da je tesno sodelovanje z ljudmi po vsem svetu neprecenljivo in ga je treba negovati. Zelo je užival v družbi svojih mednarodnih prijateljev in kolegov.

Dotaknimo se še domačih in mednarodnih nagrad. Leta 1989 je prejel nagrado Borisa Kidriča za izjemne dosežke na področju kemije fluora. Omeniti je treba tudi prestižno nemško nagrado Alexander von

Humboldt Research Award, ki jo je prejel leta 1999. Leta 2001 je bil izvoljen za ambasadorja znanosti Republike Slovenije kot priznanje za sodelovanje z raziskovalnimi skupinami po svetu in promocijo Slovenije. Leta 2006 je prejel prestižno nagrado Ameriškega kemijskega združenja (ACS) za ustvarjalno delo na področju kemije fluora. Prof. dr. Boris Žemva je novembra 2011 prejel tudi najvišje znanstveno priznanje v Sloveniji, Zoisovo nagrado za življenjske dosežke na področju anorganske kemije fluora.

Poleg raziskovalnega dela pa je Boris našel čas tudi za hribe, smučanje, glasbo in uživanje ob dobri hrani in pijači. V pogovorih, nepovezanih s kemijo, pa smo začutili tudi veliko navezanost na njegove najbližje.

Melita Tramšek, Gašper Tavčar, Odsek za anorgansko kemijo in tehnologijo (K-1)

Fotografije: M. Smrke, M. Milojevič, osebni arhiv G. Tavčar, M. Tramšek

KJE SO NAŠI NEKDANJI SODELAVCI

Boj proti koroziji v avtomobilski industriji



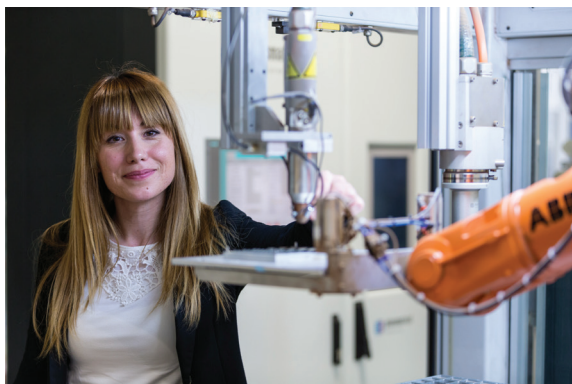
Nataša Kovačević je diplomirala iz kemije na Fakulteti kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani leta 2009. Leta 2013 je doktorirala iz kemije na FKKT. Danes je zaposlena v podjetju Kolektor Mobility, kjer vodi področje korozijskih raziskav in plazemskega inženiringa površin.

Že kmalu po doktoratu ste se odločili, da nadaljujete pot v gospodarstvu. Kako ste prišli v Kolektor?

Med dodiplomskim študijem sem pridobila študentsko stipendijo na Institutu "Jožef Stefan" in začela tam raziskovalno delo. Prof. dr. Ingrid Milošev me je vpeljala v svet korozije, kjer sem se najprej začela ukvarjati s korozijo kovinskih biomaterialov, ki se uporabljajo za ortopedske vsadke (umetni kolki in podobno). Raziskovanje korozije in biokompatibil-

nosti teh materialov je izredno pomembno zaradi možnih alergenskih, toksičnih in celo kancerogenih korozijskih produktov, ki se lahko tvorijo med dolgo trajnostno dobo ortopedskega vsadka v telesu in lahko povzročijo zdravstvene težave. Svojo pot sem nadaljevala na odseku kot mlada raziskovalka in poglobila svoje znanje o razumevanju korozijskih procesov na površinah in inhibiciji korozije. Proces na površinah kovin predstavljajo eksperimentalen in teoretičen izziv, zato je moje raziskovalno delo

vključevalo tako računalniške simulacije na atomistični ravni kot eksperimentalno laboratorijsko delo. Četudi korozijske eksperimente izvedemo pod točno določenimi pogoji, mehanizmi o delovanju korozijskih inhibitorjev ali zaščit niso čisto razjasnjeni. Zato je uporaba računalniških simulacij zelo pomembna, saj omogoča boljše razumevanje kemijskih procesov na površinah kovin. Izredno hvaležna sem mentorju prof. dr. Antonu Kokalju, ki me je vpeljal v računalniške simulacije in omogočil boljše razumevanja kemijskih procesov na površini kovin. Takšno razumevanje je zelo pomembno pri načrtovanju novih in izboljšanih korozijskih inhibitorjev ali zaščitnih prevlek, saj ima vsaka že tako majhna izboljšava pri korozijski zaščiti kovin velik ekonomski pomen. Področje korozije je tako široko, da vsak lahko vsaj najde košček, ki ga zanima, in pomaga iskati neke nove rešitve za prihodnost. Ker se dolgoročno nisem videla samo v znanosti in sem želela delati bolj na nekih realnih izzivih in aplikacijah, sem se leta 2013 zaposlila v takratnem podjetju Kolektor Group na oddelku za Raziskave, kjer sem s svojim prihodom odprla in razširila področje razumevanja in reševanja korozijske problematike. Pri svojem delu, predvsem za avtomobilske aplikacije, mi je predvsem všeč, ker nikoli ne zmanjka izzivov.



Kolektor je eno od večjih in pomembnejših slovenskih podjetij, ki je bilo dolga leta vodilni proizvajalec komutatorjev na svetu. S čim se ukvarjate zadnja leta in kje vse ste prisotni?

Skupina Kolektor temelji na treh ključnih področjih, to so Kolektor Mobility, Kolektor Technologies in Kolektor Construction. Skupaj je lani podjetje doseglo impresivne prihodke v višini 1,1 milijarde evrov in trenutno zaposluje več kot 5500 ljudi. V ospredju naše dejavnosti so globalni izzivi, ki jih odgovorno naslavljamo in z več kot polstoletno zgodovino ustvarjamo prihodnost. Znotraj skupine Kolektor Mobility, s sedežem v Idriji, kjer sem sama zaposlena in ki šteje približno 3500 zaposlenih, smo v letu 2022 dosegli 404 milijone evrov prometa na

14 proizvodnih lokacijah po svetu. Naše dolgoletne izkušnje in tradicija nas postavljajo med najbolj zanesljive globalne ponudnike celovitih rešitev za avtomobilske industrije. Naša predanost odgovornemu odnosu do okolja in trajnostnemu razvoju je vodilna pri oblikovanju naših izdelkov. Podjetje je usmerjeno v razvoj ter proizvodnjo komponent in sistemov za mobilnost. Program komponent zajema komutatorje, rotorje, elektronske, magnetne in hibridne komponente, program sistemov pa vključuje program elektronike in pogonov, kjer se usmerjamo predvsem v nišne pogone za elektromobilnost in industrijo. Prisotni smo tudi pri programu plastičnih izdelkov za notranjo in zunanjo opremo avtomobila.

S čim pa se ukvarjate na vašem raziskovalnem oddelku?

V podjetju Kolektor Mobility sem odgovorna za raziskave korozijskih procesov na hibridnih in magnetnih komponentah ter pogonskih sistemih za avtomobilske aplikacije. Korozijsko odpornost kovinskih in kompozitnih materialov izboljšujemo s površinskimi modifikacijami in razvojem primernih protikorozijskih zaščit, ki lahko omogočijo delovanje posameznih komponent in pogonov med celotno življenjsko dobo v agresivnih pogojih za avtomobilske aplikacije. Treba je predvideti, kaj bo določena komponenta ali izdelek preстал v času njegove življenjske dobe, temu primerno potem izbrati materiale, definirati teste, jih izvesti in včasih tudi že kar predvideti rezultate. Na podlagi tega moramo potem zagotoviti brezhrebno ustrezno delovanje posameznih komponent in izdelkov za celotno življenjsko dobo v vozilih.

Drugo področje, ki ga pokrivam, so raziskave in razvoj odprtozračnih plazemskih tehnoloških postopkov za površinske modifikacije različnih materialov, s katerimi lahko načrtno spreminjamo ali pa ustvarjamo neko lastnost ali kombinacijo površinskih lastnosti. Površino materialov ali izdelkov lahko izboljšamo na več načinov – s spremembo obstoječega materiala ali z nanosom nekaterih funkcionalnih prevlek, s katerimi potem načrtno spreminjamo ali ustvarjamo neko površinsko lastnost materiala, npr. izboljšamo tribološke lastnosti (hrapavost, obrabna zdržljivost, trenje), električne in termične lastnosti, korozijske odpornosti ali pa interakcijo pri spajanju z drugimi materiali. Namesto da bi pri izdelavi v celoti uporabili nek drag material, ki zagotavlja neke določene funkcionalne lastnosti, se lahko odločimo za cenejši material in naneseemo funkcionalno prevleko. S tem vplivamo na zmanjšanje materialnih stroškov in povečanje dodane vrednosti izdelkov.

Plazemske postopke predvsem vpeljujem v proces izdelave novih komponent in izdelkov, kjer bi radi zamenjali obstoječe mokre kemijske postopke s suhim ekonomičnim in okolju bolj prijaznim plazemskim postopkom.

Moj dan obsega poglobljene analize, iskanje in preverjanje novih idej in rešitev do delujočih prototipnih izdelkov in tehnoloških postopkov. Zadnja leta veliko sodelujem z oddelkom za razvoj pogonskih sistemov, kjer ponujam strokovno pomoč pri razvoju in validaciji novih izdelkov in iskanju novih bolj okolju in uporabniku prijaznih rešitev. Prav tako veliko sodelujem s proizvodnjo, kjer se vključujem v reševanje težav s predlaganjem korektivnih ukrepov.



Električna mobilnost je izraz, ki ga zadnja leta povsod srečujemo. Med slovenskimi izvoznimi produkti enega od ključnih deležev zavzemajo komponente za avtomobilsko industrijo. Kako se slovenska industrija prilagaja na pospešen prehod na električne avtomobile?

Kolektor se je ob koncu preteklega stoletja razvil v globalno največjega proizvajalca komutatorjev. Prek tega programa je dobro spoznal večino pomembnih igralcev na področju potreb po elektromotorskih pogonih. Pravočasno začeta diverzifikacija proizvodnega programa, razvoj trga BLDC-pogonov in elektrifikacija avtomobilov oziroma prehod na zeleno mobilnost je Kolektorju omogočil vstop na obsežen trg elektropogonov in prehod od proizvodnje komponent na proizvodnjo sistemov z višjo dodano vrednostjo.

Ob rasti trga električnih in elektrificiranih vozil se Kolektorju odpirajo poslovne priložnosti za osvojitve novih projektov tako na področju zahtevnejših komponent kot tudi na področju sistemov, ki prinašajo višje dodane vrednosti. Zato se proaktivno, z načrtnim vlaganjem v razvoj in krepitve kompetenc,

odzivamo na trende elektrifikacije pogonov prevoznih sredstev.

Napovedi do leta 2030 kažejo na stabilno rast avtomobilske industrije, pri čemer bo pripomogla tudi misija Gremo (GREen MObility), ki predstavlja razvojni načrt zelene in digitalne transformacije slovenske avtomobilske industrije. S projektom smo skupaj s preostalimi partnerji začeli lani. Projekt je eden od ključnih razvojnih projektov za celotno slovensko gospodarstvo in gre za prvi vzorčni primer povezovanja gospodarstva, znanosti in države s ciljem povečanja konkurenčne sposobnosti slovenske avtomobilske industrije na področju zelene mobilnosti. Pri projektu gre za razvoj novih izdelkov in tehnologij s poudarkom na komponentah in sistemih za visoko energetske učinkovite električne pogonske sklope, napredne rešitve za shranjevanje in kreiranje električne energije ter razvoj lahkih biomaterialov.

Kako se delo v razvojno-raziskovalnem oddelku podjetja v industriji razlikuje od dela v laboratoriju v raziskovalni organizaciji?

Gre za dva različna svetova. Zelo sem hvaležna za izkušnjo na IJS, ker sem podkrepila teoretično znanje in ustvarila dobre temelje za naprej. Predvsem pa sem se naučila poglobljenega razumevanja in sistematičnega pristopa reševanja izzivov. Trenutno imam precej večjo odgovornost in sem bolj ciljno usmerjena k rezultatom. Največji izziv je sledenje novim tehnologijam in zahtevam v avtomobilski industriji, na podlagi katerih je treba definirati, kaj bo določena komponenta oz. izdelek prestal v življenjski dobi, temu primerno definirati zahteve in izvesti testiranja ter velikokrat že nekoliko predvideti rezultate. Zelo je zahteven tudi prenos rešitev, ki delujejo v »čistem« laboratoriju, v »manj čisto« in idealno proizvodnjo. Projekti, na katerih trenutno delam, niso strogo kemijsko usmerjeni, ampak so multidisciplinarni.

Leta 2021 ste bili izbrani za inženirko leta. Lahko poveste več o tem projektu, ki je med drugim namenjen spodbujanju deklet k izbiri inženirskih poklicev?

V Evropi je na študijskih področjih STEM (angl. Science, technology, engineering, and mathematics) le dobra četrtnina deklet, v Sloveniji ena tretjina. Med glavnimi vzroki, da se dekleta ne odločajo za inženirske poklice, naj bi bilo tudi pomanjkanje zgledov in neustrezna obrazložitev pomena vloge in prispevka inženirjev k razvoju družbe. Na pobudo Siemens Slovenija so leta 2018 prvič organizirali



slovenski izbor za inženirko leta, ki poteka v soorganizaciji revije IRT3000, družbe Mediade ter drugimi sodelujočimi partnerji in je del projekta Inženirke in inženirji bomo, ki mlade navdušuje za inženirstvo, tehniko, naravoslovje in inovativnost. S projektom se naslavlja znan problem »nevidnosti« inženirki in njihov prispevek k dobrobiti in razvoju družbe. Cilj izbora Inženirka leta je s spoznavanjem slovenskih inženirki pokazati, kako zanimive stvari počnejo ter kako s svojim znanjem in delom prispevajo k napredku.

Zelo sem hvaležna, da je podjetje Kolektor prepoznalo moj prispevek k projektom, katerih del sem, in me predlagalo. Izredno počaščena sem bila ob prejetju tega prestižnega priznanja in da je komisija v meni prepoznala potencial, da je moja življenjska zgodba lahko zgled in navdih mlajšim generacijam deklet. Naziv mi je omogočil, da sem ne samo v lokalnem okolju, temveč tudi globalno delila svojo zgodbo, ozaveščala družbo o neuravnoteženosti spolov na področjih STEMa, govorila o inženirstvu, tehnologiji, raziskavah in razvoju na področju korozijske problematike in novih materialov ter o izzivih, s katerimi se spoprijema avtomobilska industrija.

Pomembno je, da mladim predstavimo vlogo in prispevek inženirjev k razvoju družbe. Kolektor danes zaposluje več kot 5000 ljudi, med njimi je

velik delež inženirjev najrazličnejših profilov. Delež inženirskega kadra se z leti zaradi izzivov, s katerimi se srečujemo, skladno povečuje. Menim, da bodo projekti, kot so Inženirji in inženirke bomo, Inženirka leta, in podobne iniciative bistveno pripomogli k ozaveščanju in spodbujanju mlajših generacij k izbiri naravoslovno-tehničnih poklicev.

Čprav se je vloga žensk z leti na teh področjih STEM povečala, je delež žensk v primerjavi z moškimi še vedno manjši. Študije dokazujejo, da so heterogene skupine trdnjše in bolj inovativne kot homogene skupine. Uravnoteženost spolov na teh področjih je ključna za dobro delovanje, lahko okrepi vire znanja, pripomore k pametni rasti in izboljša konkurenčnost gospodarstva.

Le z ustrezno vzgojo ter izobraževanjem otrok in mladine, pravimi zgledi in odpravo splošnih stereotipov o moških in ženskih vlogah se bomo v prihodnosti lahko izognili nezavedni pristranskosti, nekim dvojnimi merilom in izboljšali uravnoteženost spolov. Bodo pa za tako politiko mogle skrbeti tudi izobraževalne in znanstvene institucije ter podjetja in omogočati vsem enake možnosti pri izobraževanju, zaposlovanju in napredovanju ne glede na spol.

Ali ohranjate stike s kolegi z IJS?

Tudi po mojem odhodu smo ostali v stiku. Sodelujem predvsem s prof. dr. Ingrid Milošev in njeno skupino v okviru različnih projektov. Včasih tudi skupaj kaj objavimo. Ravno oktobra smo oddali članek, ki je nastal v okviru raziskav projekta MaMi Innovative Training Network. Letos smo začeli sodelovati tudi v okviru projekta GreMo, sodelujem pa tudi z drugimi oddelki na Institutu. Sodelovanje se mi zdi ključno za nastajanje novih idej in rešitev, mora pa biti to ustrezno definirano, strukturirano in ciljno usmerjeno. Pri svojem delu na splošno veliko sodelujem z izobraževalnimi in znanstvenimi institucijami,

predvsem prek nacionalnih in evropskih projektov. V industriji, sploh ko gre za avtomobilske aplikacije, moramo biti hitri, saj nam čas in dinamika dela ne dopuščata izvedbe osnovnih raziskav, zato potrebujemo podporo znanstvenih institucij, ki se lahko bolj poglobijo.

Za zaključek nam zaupajte še kaj o sebi, s čim se radi ukvarjate v prostem času?

Trenutno mi poleg službenih obveznosti večino prostega časa vzame gradnja hiše. Tako da kar mi ostane prostega časa, ga poskušam čim bolj kakovostno preživeti s svojo družino.

DOGAJANJE NA IJS

F5 ga »banda« - novoletna zabava na F-5

Kraj dogodka je bila seminarska soba fizike na IJS. Vse skupaj se je začelo ob 13. uri v sredo pred prazniki z govorom vodje odseka Denisa Arčona, končalo pa v zgodnjih jutranjih urah naslednjega dne. »Krivec« za razigranost je bil F5 band v sestavi Igor Muševič na bobnih, vokalistki Andreja Jelen in Katja Gosar, kitarista Peter Jeglič in Aleksander Matavž, Samo Kralj na klaviaturah in Tilen Knaflič na bas kitari. Da pa smo lahko zdržali do četrtega jutraj, je poskrbel okusen golaž. Zakuhalo so ga Miha Škarabot ter pomočniki Mahendran Vellaichamy, Subhadip Ghosh in Jaka Pišljar. Recept? Vsaj 50-litrski lonc, 12 kg mesa, mešanica divjačine in govedine, 12 kg čebule (ptujski luk) ter začimbe: poper sol, rdeča paprika, rožmarin in lovor ter še liter rdečega vina. Na roko sesekljana čebula pa je bila ključna za okus in teksturo.

Polona Ulmek



F5 band: Aleksander Matavž, Tilen Knaflič, Andreja Jelen, Katja Gosar, Igor Muševič in Peter Jeglič. Manjka le Samo Kralj, ki je zaradi četrtekovih obveznosti moral predčasno oditi. Foto: Andrej Zorko

PRIŠLI - ODŠLI

Prišli - odšli (23. 8.–1. 12. 2023)

Zaposlili so se:

- | | | | |
|--------|---|--------|---|
| 28. 8. | dr. Bor Arah, asistent z doktoratom, CEMM | 11. 9. | Nejc Skoporc, strokovni sodelavec, K7 |
| 28. 8. | Matjaž Logar, vodilni strokovni sodelavec, CToP | 1. 9. | dr. Patrick Douglas John Bolton, znanstveni sodelavec, F1 |
| 1. 8. | Martin Marzidovšek, asistent z doktoratom, E8 | 15. 9. | dr. Griša Močnik, višji znanstveni sodelavec |
| 1. 9. | Gabi Novak, strokovna sodelavka, ICJT | 1. 10. | dr. Blaž Fortuna, asistent z doktoratom, E3 |
| 1. 9. | dr. Bor Kos, znanstveni sodelavec, F8 | 1. 10. | Zoja Anžur, strokovna sodelavka, E9 |
| 1. 9. | Izidor Benedičič, strokovni sodelavec, F5 | 1. 10. | Miha Dagarin, strokovni sodelavec, F9 |
| 1. 9. | mag. Marjan Tkavc, vodilni strokovni sodelavec, ICJT | 1. 10. | Lara Einfalt, asistentka, K7 |
| 1. 9. | dr. Parvaneh Esmailnejad Ahranjani, asistentka z doktoratom, K8 | 1. 10. | dr. Miha Muškinja, znanstveni sodelavec, F9 |
| | | 1. 10. | Maša Voler, svetovalka, U1 |

- 1. 10. dr. Teodora Kocevka, asistentka z doktoratom, E6
- 9. 10. Katja Adamič, samostojna strokovna sodelavka, F9
- 9. 10. Tamara Hrabar Vovk, samostojna strokovna delavka, CToP
- 10. 10. Žiga Perne, strokovni sodelavec, R4
- 1. 10. dr. Jyotirmoi Borah, znanstveni sodelavec, F9
- 16. 10. Sebastien Strban, strokovni sodelavec, CMI
- 19. 10. Shih-Kai Chou, asistent z doktoratom, E6

Mladi raziskovalci:

- 1. 10. Anja Dremelj, B3
- 1. 10. Urban Železnik, F1
- 1. 10. Neža Škofljanc, B2
- 1. 10. Bor Bokalj, B1
- 1. 10. Ylenia Žiber, F8
- 1. 10. Jošt Oblak, K9
- 1. 10. Janko Stankič, O2
- 1. 10. Zala Potočnik, F5
- 1. 10. Gregor Humar, F7
- 1. 10. Patrik Tarfila, R4
- 1. 10. Benjamin Koroševič Koser, F5
- 1. 10. Rok Pintar, F1

Novim sodelavcem želimo prijetno počutje na delovnem mestu.

Odšli

- 15. 8. Pia Starič, mlada raziskovalka, F4
- 19. 8. Anatolii Abalymov, asistent z doktoratom, O2
- 31. 8. Borut Mavec, vodilni inženir VI, ICJT, upokojitev
- 31. 8. Slavko Slavič, programer aplikacij, F8, upokojitev
- 31. 8. Teodor-Daniel Andron, mlajši raziskovalec, O2
- 31. 8. Nobert Kavasi, uveljavljeni raziskovalec, O2
- 31. 8. dr. Adrijan Ivanušec, asistent, B2
- 31. 8. Jelena Papan Djaniš, asistentka z doktoratom, K8
- 31. 8. dr. Anita Valmarska, asistentka z doktoratom, E8
- 31. 8. Nikita Derets, asistent, F5
- 5. 9. Marcel Franse Martinšek, projektni sodelavec, E9
- 30. 9. Katja Doberšek, strokovna sodelavka, B2
- 30. 9. Darin Lah, mladi raziskovalec, F5
- 30. 9. Nastja Mahne, asistentka, F3
- 30. 9. dr. Jitka Hreščak, strokovna svetnica z doktoratom, CEMM
- 30. 9. Tadeja Bele, mlada raziskovalka, B2
- 30. 9. Alissa Shirley-Ann Howard, mlada raziskovalka, F9
- 30. 9. Michele Tammara, asistent z doktoratom, F1
- 30. 9. Banhi Chatterjee, znanstveni sodelavec, F1
- 30. 9. Jure Loboda, asistent z doktoratom, B1
- 30. 9. Mojca Kristl, samostojna strokovna delavka, CPMIS
- 30. 9. Jakob Jelenčič, mladi raziskovalec, E3
- 30. 9. Luka Terčon, strokovni sodelavec, E8
- 30. 9. prof. dr. Blaž Stres, znanstveni svetnik, E1
- 30. 9. dr. Matej Petković, asistent z doktoratom, E8

- 1. 10. Jošt Tručl, K8
- 1. 10. Ana Koblar, K3
- 1. 10. Jure Pirman, F5
- 1. 10. Domen Govekar, F8
- 1. 10. Jan Šifrer, E1
- 1. 10. Jaka Strohsack, F7
- 1. 10. Matija Hrovatin, B1
- 1. 10. Tomaž Mržljak, K1
- 1. 10. Karolina Belingar, B3
- 1. 10. Maj Mejak, F5
- 1. 10. Aljaž Hvala, F9
- 1. 10. Jan Kincl, E5
- 1. 10. Nikhil Bhoopur, K7
- 1. 10. Sara Podgornik, E1
- 1. 10. Ivan Vujmilović, F1
- 1. 10. Jelena Štrbac, F6
- 1. 10. Katarina Trailović, F1
- 1. 10. Andrii Hultiaiev, K1
- 1. 12. Neža Sodnik, strokovna sodelavka, K7
- 1. 12. dr. Marjeta Mencin, asistentka z doktoratom, O2
- 1. 12. Klemen Žagar, strokovni sodelavec, F2
- 1. 12. dr. Iztok Kosem, znanstveni sodelavec, E3
- 1. 12. Matej Polzelnik, strokovni svetnik, E3

- 30. 9. Govindanunni Padmakumar, strokovni sodel., F5
- 30. 9. dr. Olha Panteleieva, asistentka z doktoratom, K1
- 30. 9. dr. Mauro Danielli, asistent z doktoratom, B2
- 30. 9. dr. Tomaž Tomše, asistent z doktoratom, K7
- 1. 9. doc. dr. Andrej Vilfan, višji znanstveni sodel., F5
- 30. 9. dr. Arsim Kelmendi, strokovno raziskovalni sodelavec, E6
- 15. 10. Dominik Božič, mladi raziskovalec, O2
- 31. 10. dr. Oana Andreea Condurache, asistentka, K5
- 31. 10. Andreja Butina Čalič, samostojna strokovna delavka, F9
- 31. 10. dr. Blaž Leban, asistent, F9
- 31. 10. dr. Luka Pavešič, asistent, F1
- 31. 10. Jakob Merljak, strokovni sodelavec, F9
- 31. 10. dr. Špela Trafela, asistentka z doktoratom, K7
- 4. 11. dr. Špela Stres, strokovno raziskovalna svetnica, U1
- 11. 11. dr. Monika Biasizzo, asistentka z doktoratom, B1
- 14. 11. Jasmina Masten Rutar, asistentka, O2
- 15. 11. dr. Hsin-Chia Ho, asistent z doktoratom, K9
- 19. 11. Polona Gerjol, strokovna sodelavka, F2
- 20. 11. dr. Vandna Sharma, znanstvena sodelavka, F5
- 30. 11. dr. Marko Pavlin, asistent z doktoratom, E7
- 30. 11. dr. German Gabriel Blesio, asistent z doktoratom, F1
- 30. 11. Tina Černič, samostojna strokovna sodelavka, K8

Barbara Gorjanc

Odprtje razstave Marjana Verča - Zgodba s snemanja filma Varuhi formule

Ponedeljek, 6. november 2023, ob 18. uri

Formula življenja na snemanju v slovenskem reaktorju Triga

V letu, ko je predsednik Jugoslavije Josip Broz Tito 17. maja nekaj po 9. uri leta 1958 slovesno s pritiskom na gumb v okviru jugoslovanskih jedrskih sanj zagnal prvi raziskovalni jedrski reaktor Vinča pri Beogradu, je sovjetski satelit Sputnik 1 padel proti Zemlji in zgorel v ozračju, so Združene države Amerike uspešno izstrelile svoj prvi satelit Explorer 1, je potres sprožil plaz v zalivu Lituva na Aljaski, ki je povzročil 524 metrov visok cunami, je ameriški kongres ustanovil agencijo NASA, je pri nas začel z oddajanjem televizijski program RTV Slovenija, je izšel prvi strip o Smrkcih, je bila s skladbo Joaoja Gilberta v Rio de Janeiru rojena bossa nova, je v Ljubljani zadnjikrat vozil tramvaj, bil v Franciji izvoljen Charles de Gaulle, uporniki pod vodstvom Cheja Guevare pa so napadli mesto Santa Clara, da je moral odstopiti diktator Fulgencio Batista. In še isto leto, 15. oktobra, se je v jedrskem reaktorju Vinča zgodila usodna nesreča.

Šest mladih srbskih znanstvenikov, starih med 24 in 26 let, je bilo podvrženih smrtonosnemu radioaktivnemu sevanju, ko so izvajali poskus: merilni instrumenti so nenadoma pokazali, da so ravni sevanja previsoke. Odločale so sekunde. Eden od znanstvenikov, Života Vranić, se je zavestno žrtvoval: splezal je na reaktor in ustavil verižno reakcijo, ki bi sicer vodila v katastrofo z neslutnimi posledicami. Vse so prepeljali v beograjsko bolnišnico, a kmalu ugotovili, da jim v Jugoslaviji ne znajo pomagati. Dr. Pavle Savić, direktor Inštituta Borisa Kidriča v Vinči, je osebno poznal francoska znanstvenika Frédéricica in Irène Joliot-Curie (hčerko Marie Curie) in že naslednji dan so obsevane delavce s posebnim letalom odpeljali na Curiejev inštitut v Pariz.

V resnici so bili vsi obsojeni na smrt. Ampak leta 1958 je francoski onkolog in imunolog Georges Mathé



Priprava na snemanje prizora usodne nesreče v jedrskem reaktorju, digitalna fotografija, 20. 10. 2022

delal v svojem natrpanem laboratoriju na inštitutu Curie v Parizu. Nepristransko je opazoval smrtne muke nekaterih miši (kar je bil zadnji v vrsti njegovih



Dragan Bjelogrić in Predrag Miki Manojlović kot šef jugoslovanske Udbe Aleksandar Leka Ranković in direktor Instituta Vinča Pavle Savič, digitalna fotografija, 23. 10. 2022

neuspešnih poskusov presaditve), ko so ga poklicali na varno lokacijo v bolnišnici. Mlade jugoslovanske fizike in njihovega profesorja Dragoslava Popovića so pripeljali z letalom, potem ko so bili po nesreči izpostavljeni ogromni dozi sevanja, v upanju, da jim Mathé (kot morda edini zdravnik) lahko reši

življenje. Najprej ni hotel sprejeti naloge, tako zavite v skrivnost, da je bilo število varnostnih agentov skoraj večje od medicinskega osebja. A si je premislil. Zaradi potrditve pravilnosti lastnih raziskovanj je bila ponudba preveč mamljiva, da bi jo zavrnil – in morda ga je motivirala tudi ženina nosečnost. Postal je odgovoren za njihovo zdravljenje: petim znanstvenikom, ki so prejeli sicer smrtonosne odmerke, so v Parizu presadili kostni mozeg. Života Vranić je žal umrl, preostali pa so ozdraveli in preživeli. Vrnili so se v Beograd in nadaljevali svoje delo na inštitutu ter dočakali visoko starost. Operacije, ki jih je izvedel Mathé, so bile v svetovnem merilu prve uspešne presaditve kostnega mozga oseb, ki niso v sorodu. Vsi darovalci kostnega mozga so bili Francozi, eden je bil celo član njegove ekipe. Zdravniki so jim povedali, da je poseg tvegan in da jim ne morejo zagotoviti, da ga bodo preživeli, a so se kljub temu odločili tvegati in tako rešiti jugoslovanske znanstvenike, čeprav jih niso poznali. Radojko Maksić je 11. novembra 1958 postal prvi človek na svetu, ki so mu uspešno presadili kostni mozeg nesorodnega darovalca. Med ekipo znanstvenikov in Parižani se je spletlo vseživljenjsko prijateljstvo. In to je verižna reakcija, o kateri govori film z istim izvirnim srbskim naslovom (*Lančana reakcija*).



Slovenski reaktor Triga v vlogi srbskega reaktorja Vinča, digitalna fotografija, 20. 10. 2022



Prof. dr. Boštjan Zalar, dr. Viktor Dimic, Polona Strnad, mag. Marjan Verč, dr. Anže Jazbec in mag. Matjaž Stepišnik

Prvi, ki je opozoril na to dogajanje, je bil pisatelj Goran Milašinović, njegova knjiga z naslovom *Slučaj Vinča – prvi roman o srbskem Černobilju (Primer Vinča – prvi roman o srbskem Černobilju)* je izšla 15. junija 2017. Zgodba, opisana na 248 straneh, je navdihnila znanega srbskega igralca, režiserja in producenta Dragana Bjelogričiča, ki se je odločil o njej posneti celovečerni film. Scenarij za psihološko dramo je skupaj z Vukom Ršumovićem napisal po tej knjigi, a je hkrati začel tudi raziskovati. »Služba državne varnosti ni nikoli razkrila, da so delali pri projektu atomske bombe. Toda preko nekih ljudi sem dobil potrditev, da je ta projekt zares obstajal. Če želite izdelati atomsko bombo, potrebujete lastno jedrsko gorivo, saj vas tako nihče ne more nadzorovati. Iz rudnika na Stari planini v Srbiji so dobivali rudo, iz katere so v Vinči poskušali izdelati jugoslovansko jedrsko gorivo. S tem gorivom so eksperimentirali v Vinči. To je bil razlog za nesrečo, saj to gorivo ni bilo dovolj čisto. To je zgodba filma. Naša zgodba.«¹ A glavna tema filma ni le ta tragičen dogodek. Je precej širša, presunljiva, s posledičnim nadaljevanjem. Govori o humanosti, ki jo je sprožil ta dogodek, o solidarnosti in neverjetni požrtvovalnosti. Mladi (razposajeni) jugoslovanski pacienti so osvojili lokalne medicinske sestre, bolnišnične delavce in domačine, ki so prihajali kot krvodajalci. Zato je slogan filma lahko *Formula smrti postane formula življenja*.

Film *Varuhi formule* je nastajal kot srbsko-slovenska-črnogorsko-severnomakedonska koprodukcija. Del filma je bil posnet v reaktorju Instituta "Jožef

Stefan" pri Ljubljani, ki so ga morali prilagoditi, da ni bilo nevarnosti ne za številno ekipo ne za igralce. Dr. Anže Jazbec, vodja izmene reaktorja Triga²: »Največji izziv pri celotnem projektu je bilo vzpostaviti delovni režim, da bo sprejemljiv tako za nas, ki smo odgovorni za jedrsko in sevalno varnost, kot za celotno snemalno ekipo. Običajno so postopki za delo v radiološko nadzorovanem področju zelo strogi. Trudili smo se najti kompromis med tem, da je delo potekalo skladno z internimi pravili in da ta snemalne ekipe niso preveč ovirala pri delu. Tako smo en dan pred snemanjem odstranili vse vire sevanja z območij, kjer je potekalo snemanje. Odstranili smo tudi večino drugih predmetov, ki bi lahko motili snemalne kadre. Seveda reaktor med snemanjem ni obratoval. Celotno območje smo pregledali s kontaminatorji in ugotovili, da nimamo prisotne kontaminacije. Tako se je lahko snemalna ekipa gibala po označenih območjih brez zaščitnih oblačil. Še vedno pa so morali vsi člani nositi osebni dozimeter in se po koncu snemanja pomeriti na osebem kontaminacijskem monitorju.« Za to je še posebej skrbel mag. Matjaž Stepišnik, vodja Službe za varstvo pred ionizirajočim sevanjem, ki skrbi za jedrsko varnost. Tam, na snemanju filma, je bil tudi Marjan Verč, ki je po službeni dolžnosti s svojim fotografskim aparatom lahko tri snemalne dni spremljal dogajanje in dokumentiral ta – za reaktor Triga – tako izjemen dogodek.

»Dogovori o snemanju filma na reaktorju Triga so se začeli že nekaj mesecev prej,« se spominja vodja odnosov z javnostmi na Institutu "Jožef Stefan"

Polona Strnad. »Tako dogovori kot snemanje so potekali zelo profesionalno, presenetili so me zelo natančni načrti za vsakega posameznika iz igralske, organizacijske in tehnične zasedbe, ki so bili odlična osnova za dobro organizacijo dela res številčne ekipe. Sodelavke in sodelavci na reaktorju so se razdelili v tri skupine, ki naj bi spremljale ekipo med snemanjem,



a so nekateri ostajali tudi po koncu izmene, tako zanimivo in posebno je bilo dogajanje – preprosto nisi želel česa zamuditi. V resnici me je presenetila podobnost dela: igralci in režiser so prav tako perfekcionisti in ponavljajo svoje delo, dokler niso z njim popolnoma zadovoljni, enako kot raziskovalci raziskujejo določeno področje do končnega rezultata. Sodelovanje s slovensko produkcijsko hišo Perfo in s srbskim režiserjem Draganom Bjelogričem je bilo za Institut "Jožef Stefan" svojevrstna izkušnja, ki se zgodi verjetno enkrat v življenju, odlično vzdušje pa je izpostavilo morda celo več skupnih lastnosti, ki jih imamo eni in drugi v teh sicer na videz tako različnih svetovih.«

Tatjana Pregl Kobe

¹ Srbski režiser, igralec in producent Dragan Bjelogrič

² Reaktor se imenuje Triga, kar je blagovna znamka firme General Atomics in je kratica: TRIGA (Training, Research, Isotopes, General Atomics).

Varuhi formule

Režiser in scenarist filma, v katerem tudi igra, je Dragan Bjelogrič. V filmu poleg njega in slovenskega igralca Jurija Drevenška igrajo Predrag Miki Manojlović, Alexis Manenti, Radivoje Raša Bukvić, Lionel Abelanski, Ognjen Mićović, Anne Serra, Jérémie Laheurte in drugi. Na osnovi režiserjeve ideje sta zadnjo pesem filma Put skupaj ustvarila slovenski glasbenik Magnifico in srbska glasbenica Konstrakta. Film, ki ima za tujino francoske, sicer pa srbske podnapise, je leto dni nastajal kot srbsko-slovenska-črnogorsko-severnomakedonska koprodukcija.

Film v koprodukciji produkcijske hiše Perfo (Aleš Pavlin in Andrej Štritof) je nastal tudi s finančno podporo Slovenskega filmskega centra (SFC) in Ministrstva za kulturo Slovenije. Svetovna premiera je bila 4. avgusta 2023 na 76. mednarodnem filmskem festivalu v Locarnu v Švici, kjer je film prejel posebno nagrado, zelenega leoparda, ki je namenjen filmom s poudarkom na okoljevarstveni tematiki. Film je bil 15. avgusta 2023 prikazan tudi v glavnem programu 29. sarajevskega filmskega festivala, kjer je prejel nagrado občinstva. Premiera filma v Beogradu je bila 24. oktobra, v Ljubljani pa 8. novembra 2023.



Polona Strnad in Marjan Verč, fotografije z odprtja razstave: mag. Tomaž Velechovsky

Marjan Verč

Rodil se je l. 1969 v Ljubljani. Diplomiral je na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo Univerze v Ljubljani in magistriral na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani. Resnejše fotografske korake je naredil pri Oskarju Karlu Dolencu, pozneje se je izobraževal pri Arneju Hodaliču in Katji Bidovec ter se udeležil tudi drugih delavnic. Zaposlen je v Znanstvenoinformacijskem centru Instituta "Jožef Stefan" (IJS). Od svojega prihoda na IJS leta 1999 do leta 2017 je sodeloval z inštitutskim fotografom Marjanom Smerketom ter po njegovi smrti prevzel njegovo delo. Je urednik oziroma tehnični urednik Letnega poročila IJS, Novic IJS, zloženk Galerije IJS in drugih publikacij. Njegove fotografije so bile objavljene v več monografijah, znanstvenih in poljudnih člankih, revijah in časopisih tako doma kot v tujini. S sodelavci je ob 70-letnici IJS pripravil stalno razstavo *Utrinki 1949–2019*, ki je bila nagrajena s priznanjem Slovenske znanstvene fundacije: *prometej znanosti za odličnost v komuniciranju* (2021). Udeležil se je vrste pomembnejših skupinskih tematskih fotografskih razstav. Je član Fotokluba Ljubljana ter Društva popotnih fotografov in fotoreporterjev. Z družino živi v Logatcu.

Podlesni črnilec (*Melampyrum nemorosum*)

Rod črnilcev je zanimiv rod iz družine črnobinovk (Scrophulariaceae), saj so črnilci polzajedavci, ki zajedajo tako zelišča kot lesne rastline. Polzajedavci lahko na gostitelju zajedajo na nadzemnih poganjkih, kot na primer bela omela, večji del polzajedavcev pa se s svojim gostiteljem poveže prek korenin v tleh in je zato njihov parazitski značaj neopazen. Taki so tudi črnilci.

Polzajedavci imajo zelene liste in lahko sami vršijo fotosintezo ter proizvajajo hrano oz. gradbeni material zase in druge, vendar vodo z raztopljenimi mineralnimi snovmi in del fotosintatov dobijo z zajedanjem gostitelja.

Ta rod ima še eno zanimivo lastnost, in sicer se večina vrst pojavlja v različnih oblikah, predvsem v odvisnosti od letnega časa. Tako imajo poleti cvetoče rastline komaj razraslo ali nerazraslo steblo, rastline, ki cvetijo jeseni, pa imajo bujno razvejano steblo in se na videz močno razlikujejo od poletne oblike.

Ne glede na čas cvetenja in pojavno obliko pa podlesni črnilec od preostalih sedmih vrst rodu ločimo s pogledom od blizu. Njegovi cvetovi tvorijo rahlo socvetje in so nameščeni razločno enostransko, podporni listi cvetov pa so vsaj na vrhu stebela vijolični in pri dnu srčasti. Ti znaki so značilni še za eno vrsto črnilca – velebitski črnilec. Od slednjega pa se podlesni črnilec razlikuje po dlakavosti čašnih listov, saj je njegova čaša dolgodlakava – poraščena z 1 do 2 mm dolgimi laski, medtem ko je čaša velebitskega črnilca puhastodlakava – gosto poraščena z največ 0,5 mm dolgimi laski. Poleg tega je ustje venca (cveta) pri velebitskem črnilcu razločno odprto, pri podlesnem črnilcu pa skoraj zaprto in se mora čebela precej potruditi, da se prerine v njegov cvet, kjer jo čaka sladek obrok medicīne.

Podlesni črnilec je v večjem delu Slovenije pogosta ter v nižinah in sredogorju splošno razširjena vrsta, saj uspeva na gozdnih robovih, v svetlih gozdovih in med grmovjem, ki so pri nas zelo pogosti življenjski prostori. Izogiba se hladnim krajem visoko nad morjem, zato ga bomo v goratih predelih severozahodne in severne Slovenije le redkokje našli cveteti. V pogledu na njegove živo rumene cvetove in barvite podporne liste pa lahko uživamo od poletja do pozne jeseni, saj tu in tam cveti še oktobra.



Jošt Stergaršek

Viri:

Mala flora Slovenije: ključ za določanje praprotnic in semenk, A. Martinčič et. al, TZS 2007;

Gradivo za Atlas flore Slovenije, N. Jogan et. al., Center za kartografijo favne in flore, 2001;

Bildatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands, H. Haeupler & T. Muer, Verlag Eugen Ulmer, 2000.