



Znanje, ki pušča sled

PETINSEDEMDESET LET
ZAVODA ZA GRADBENIŠTVO SLOVENIJE
1949–2024

Znanje, ki pušča sled

Znanje, ki pušča sled

Petinsedemdeset let Zavoda za gradbeništvo Slovenije 1949–2024

Uredniki: doc. dr. Aleš Žnidarič, Ema Kemperle, dr. Maja Kreslin, mag. Nina Gartner,
Metka Ljubešek, Tamara Želimorski

Fotografije: arhiv ZAG-a

Lektoriranje: Nives Mahne Čehovin

Izdal in založil: Zavod za gradbeništvo Slovenije
Ljubljana, oktober 2024

Oblikovanje in prelom: Birografika BORI, d. o. o.

1. elektronska izdaja

Način dostopa (URL): <https://www.zag.si/dl/ZAG-bilten-2024.pdf>



Izšlo tudi kot tiskana publikacija.

Publikacija ni namenjena prodaji.

© 2024 Zavod za gradbeništvo Slovenije

Za delo velja licenca Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Deljenje
pod enakimi pogoji 4.0 Mednarodna.



Če si želite ogledati kopijo te licence, obiščite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 211479555

ISBN 978-961-7125-11-5 (PDF)

Vsebina

Zavod za gradbeništvo Slovenije leta 2024	10
Mejniki 1949–2024	18
Nekdanji direktorji	20
Intervju z mag. Damijano Dimic	22
Raziskave in razvoj za trajnostno grajeno okolje	27
Vodilni strokovnjaki o aktualnih temah v gradbeništvu	34
Napredni materiali v gradbeništvu	36
Uravnoteženje potreb ljudi z danostmi okolja	40
Požarna varnost trajnostnega grajenega okolja	44
Varne in trajne konstrukcije	46
Izzivi geotehnike in prometne infrastrukture	50
Kalibracija meril zagotavlja njihovo primerljivost	53
Prispevek ZAG-a k reševanju družbenih izzivov	57
Dediščinska znanost	58
Vozlišče za digitalno proizvodnjo – 3D tisk	62
Digitalna preobrazba gradenj	66
Rentgenska računalniška mikrotomografija	70
Krožno gradbeništvo	74
Pametne stavbe in dom z lesno verigo	80
Požarna varnost sončnih elektrarn	82
Ravnanje z mikroplastiko za trajnostno prihodnost	84
200 let cementa	88
Zunanja kontrola kakovosti	92
Tehnično opazovanje pregrad	94

Vsebina

Kdo smo in kaj počnemo	97
---	-----------

Oddelek za materiale

Laboratorij za kamen, agregat in reciklirane materiale	98
Laboratorij za beton	100
Laboratorij za kovine, korozijo in protikorozijsko zaščito	102
Laboratorij za polimerne materiale	104
Odsek za funkcionalne materiale	106
Laboratorij za cemente, malte in keramiko	108

Oddelek za gradbeno fiziko

Laboratorij za gradbeno fiziko	110
--	-----

Oddelek za požarno-varno trajnostno grajeno okolje

Požarni laboratorij in požarno inženirstvo	112
Odsek za požarne raziskave in inovacije	114

Oddelek za konstrukcije

Odsek za stavbe in potresno inženirstvo	116
Odsek za mostove in inženirske objekte	118
Odsek za kovinske in polimerne konstrukcije	120
Odsek za lesene konstrukcije	122
Laboratorij za konstrukcije	124

Oddelek za geotehniko in prometnice

Odsek za geotehniko	126
Odsek za vzdrževanje in gospodarjenje s cestami	128
Laboratorij za asfalte in bitumenske proizvode	130

Laboratorij za metrologijo	132
---	------------

Certifikacijska služba	134
---	------------

Služba za tehnične ocene in soglasja	135
---	------------

Knjižnica	136
----------------------------	------------

Podporno okolje	138
----------------------------------	------------



ZAVOD ZA GRADBENIŠTVO SLOVENIJE LETA 2024

Začetki Zavoda za gradbeništvo Slovenije (ZAG) segajo v leto 1949, ko je takratna Ljudska republika Slovenija ustanovila Gradbeni inštitut Slovenije. Leta 1952 se je le-ta preimenoval v Zavod za raziskavo materialov in konstrukcij (ZRMK), ki se je leta 1994 razdelil na javni in zasebni del. Laboratoriji in večina raziskovalnih aktivnosti so prešli v javni raziskovalni zavod. Eden temeljnih ciljev novega Zavoda za gradbeništvo Slovenije je bil nadaljevati tradicijo raziskovalnega in strokovnega dela ZRMK, ki je bil od nastanka osrednji slovenski gradbeni inštitut v takratni državi. Po treh desetletjih ZAG uspešno hodi po načrtani poti, saj smo prepoznavni doma in v tujini ter povsem primerljivi z najboljšimi sorodnimi inštituti v državah Evropske unije.

ZAG se je ves čas uspešno razvijal. Ključno je bilo povezovanje raziskovalnega in strokovnega dela. Zelo sta se obrestovala vlaganje v nove vsebine in tesno sodelovanje z domačo in tujo industrijo ter posledično uspešno pridobivanje raziskovalnih projektov. Dodaten zagon napredku v preteklem petletnem obdobju sta dala novi Zakon o znanstvenoraziskovalni in inovacijski dejavnosti (ZZrID), ki je dal večjo avtonomijo javnim raziskovalnim zavodom in znatno pospešil vlaganja v raziskave in razvoj, ter visoka gospodarska rast, tudi na področju gradbeništva kot eni ključnih gospodarskih panog. Gradbeništvo v Evropski uniji ustvari približno 6,2 % bruto domačega proizvoda, s povezanimi dejavnostmi še precej več. Tudi v Sloveniji se je delež gradbeništva v zadnjih letih znatno povečal in je v letu 2023 dosegel 7,5 %, kar je tretji najvišji delež med državami EU.



Dejavnosti

Ključni aktivnosti Zavoda za gradbeništvo Slovenije sta znanstveno-raziskovalna in strokovna dejavnost, ki sta zadnja leta zastopani v približno enakih deležih.

V letu 2023 smo prenovili strategijo našega delovanja, vključno z vizijo in poslanstvom, ter opredelili pet področij, ki jih udejanjamo v okviru znanstveno-raziskovalnih in strokovnih dejavnosti:

1. trajnostna raba virov v gradbeništvu,
2. energijska učinkovitost grajenega okolja,
3. varnost, odpornost in prilagodljivost grajenega okolja,
4. zdravo bivalno/grajeno okolje ter
5. nove preskusne metode in digitalizacija v gradbeništvu.

Posebno pozornost posvečamo objektom s posebnimi zahtevami, kot so prometna infrastruktura, energetski objekti, odlagališča, vključno s tistim za radioaktivne odpadke, ter objekti kulturne dediščine. Vedno bolj se posvečamo digitalizaciji, brez katere razvoj širšega področja gradbeništva ni več mogoč.

Znanstveno-raziskovalna dejavnost

Znanstveno-raziskovalna in razvojna dejavnost je statusno ključna komponenta našega delovanja.

Na veliko področjih vzdržujemo neposreden stik z najnovejšimi znanstvenimi spoznanji, ki jih objavljamo v najpomembnejših mednarodnih revijah. Večina raziskav je del mednarodnih projektov, financiranih iz različnih mehanizmov Obzorij, kar dokazuje, da so pomembne za razvoj znanosti v širšem smislu. Trenutno smo vključeni ali vodimo 105 raziskovalnih projektov, od tega dobro polovico mednarodnih. V nacionalnem merilu izvajamo raziskovalna programa *Gradbeni objekti in materiali* ter *Gozdno-lesna veriga in podnebne spremembe: prehod v krožno biogospodarstvo*, ki ju podpira infrastrukturni program *Preskušanje materialov in konstrukcij*.

Poleg programov je za ZAG statusno ključen »Horizon ERA Chair projekt FRISSBE« na temo požarno varnega trajnostnega grajenega okolja, eden redkih uspešnih evropskih projektov ERA Chair v Sloveniji. Poleg internacionalizacije delovanja zavoda zaradi velikega deleža novih sodelavcev iz tujine smo zaradi projekta FRISSBE posodobili velik del poslovanja, izkušnje pa pozitivno vplivajo na naše številne vsakodnevne aktivnosti. Bili smo tudi partner v projektu Center odličnosti InnoRenew, prvem evropskem *Teaming* projektu, ki ga je pridobila Slovenija in koordinirala Univerza na Primorskem.

Na znanstveno-raziskovalno dejavnost, in delovanje ZAG-a na splošno, je zelo vplival ZZrID, ki je omogočil številne pozitivne spremembe. Število mladih raziskovalcev smo povečali za štirikrat, v okviru razvojnega stebra vzpodbujamo mednarodne izmenjave raziskovalcev, vsako leto pripravimo razpise za interne prebojne projekte, v okviru katerih usposabljam mlajše sodelavce za vodenje raziskovalnih projektov, ter izvajamo številna izobraževanja za raziskovalce in podporno osebje, s katerimi krepimo kompetence na različnih področjih, kar pomembno prispeva k odličnosti znanstveno-raziskovalnega delovanja ZAG.

Poleg stalnih raziskav in razvoja na tradicionalno gradbenih področjih, kot so materiali, geotehnika, konstrukcije in gradbena fizika, smo močno razširili nova področja delovanja. Bolj celovito smo se pričeli ukvarjati s kulturno dediščino, kjer smo se vključili v evropsko mrežo E-RHIS za evropsko infrastrukturo za dediščinsko znanost, ter se močneje povezali s komplementarnimi inštitucijami. Krožno gospodarstvo se je intenzivno razvijalo in bilo zelo uspešno pri pridobivanju raziskovalnih projektov, vključno z mehanizmom EIT RawMaterials. Na področju mikrotomografije smo okrepili ekipo z mednarodno uveljavljenimi raziskovalci in kupili največji in najsodobnejši mikroCT instrument v Sloveniji. Velik napredek smo dosegli na področju digitalizacije in digitalne proizvodnje, med drugim z razvojem materialov za 3D tiskanje gradbenih elementov, ter metod za skeniranje in digitalno pregledovanje objektov s pomočjo brezpilotnih letalnikov. Po otvoritvi novega laboratorija in začetku projekta FRISSBE so nov zagon in mednarodno prepoznavnost doživele požarne raziskave in inženirstvo. Odprla so se nova področja, kot so požarna odpornost baterij, panelov za sončne elektrarne in večjih fasadnih elementov.

Na visoko specializiranih področjih uspešno sodelujemo z drugimi raziskovalnimi inštitucijami, kot so univerze v Ljubljani, Mariboru in Kopru, Geološki zavod Slovenije, Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Zavod za varstvo kulturne dediščine, Center odličnosti InnoRenew, Kemijski inštitut Slovenije in Institut Jožef Stefan.

Velik korak smo naredili na področju prepoznavnosti našega dela. Poleg organizacije dogodkov, kot so delavnice, poletne šole in dan odprtih vrat, smo okrepili službo za odnose z javnostmi, kar je za nekajkrat povečalo našo pojavnost in predstavitev dosežkov v medijih.

Podrobnejši opis raziskovalnih dejavnosti je podan v nadaljevanju.

Strokovno delovanje

Drugo ključno področje dejavnosti ZAG-a so strokovne dejavnosti. Na širšem področju gradbeništva izvajamo testiranja, pripravljamo tehnična mnenja in analize, študije, preiskave, meritve, nadzore, opazovanja, s preiskavami podprte detaljne preglede in analize stanja konstrukcij visoke in nizke gradnje, transportnih naprav ter prometne infrastrukture. Certificiramo in potrjujemo skladnosti gradbenih proizvodov in izvedenih del, izdajamo tehnične ocene in soglasja ter okoljske deklaracije, kalibriramo merilnike sile, navora, momenta sile, dolžine, mase, trdote in temperature ter izvajamo zunanjo kontrolo kot tretja neodvisna stranka. Sodelujemo pri večini pomembnih nacionalnih infrastrukturnih projektov, kot sta izgradnja in obnova cestnega in železniškega omrežja ter energetske infrastrukture. Z letom 2024 smo prevzeli vodenje Strateškega razvojno-inovacijskega partnerstva (SRIP-a) *Pametne stavbe in dom z lesno verigo*. Strokovne dejavnosti v veliki meri temeljijo na rezultatih znanstveno-raziskovalnih dejavnosti in nanje tudi vplivajo.

Aktivno sodelujemo v različnih organih in pogosto na evropski ravni predstavljamo državo Slovenijo. Strokovnost, širina in največje število akreditiranih metod na področju gradbeništva v Sloveniji bi morale biti naša konkurenčna prednost, a se za večino projektov borimo na javnih razpisih z ostalimi ponudniki. Žal razpisi prepogosto vsebujejo pomanjkljive tehnične zahteve, tudi na področjih, kjer razvijamo mednarodno primerljive metodologije, tehnologije in postopke preiskav. Kljub opozarjanju in zakonsko predvidenim zelenim naročilom ostaja najnižja cena – ne kakovost storitve – ključni kriterij za izbiro storitve, ne glede na posledično občutno višje stroške izvedbe in upravljanja med življenjsko dobo. Omenjena praksa žal tudi onemogoča hitrejšo vpeljavo rezultatov raziskav v prakso in posledično zavira tehnološki napredek Slovenije.

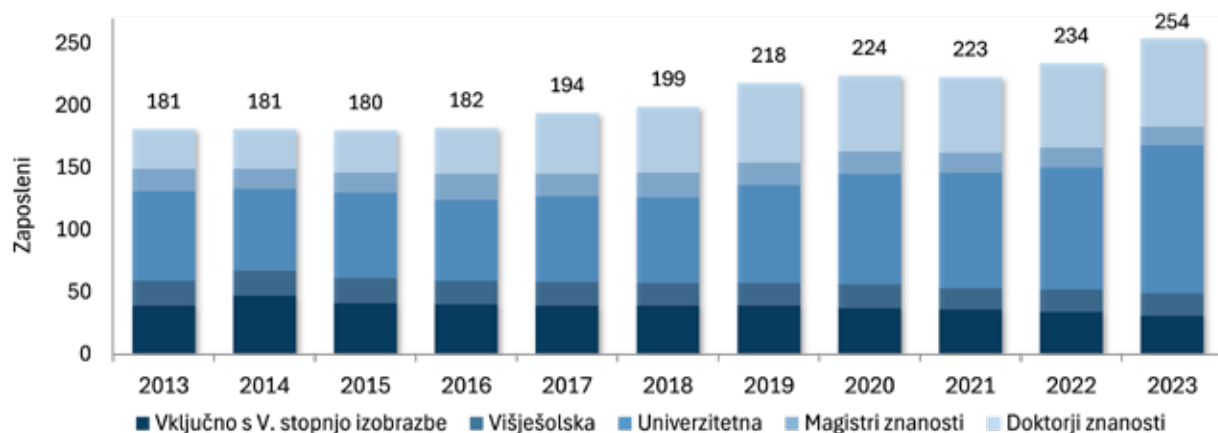


Zaposleni

Tako kot celotna Slovenija in razviti svet se srečujemo z izzivi na področju zaposlovanja. Zaradi kritičnega pomanjkanja tehničnih kadrov z visokošolsko izobrazbo na trgu dela, upokojevanj in plač v javnem sektorju težko konkuriramo zasebnim podjetjem.

Kljub temu je število zaposlenih konec leta 2023 doseglo 254, delež zaposlenih z univerzitetno izobrazbo pa 80 %. Na raziskovalnem področju je bil glavni razlog večja uspešnost pri pridobivanju mednarodnih in domačih raziskovalnih projektov, zaradi česar smo povečali število zaposlenih z doktoratom na 71. Na področju tržnih dejavnosti smo okrepili aktivnosti zunanje kontrole za državne naročnike, izdajanje tehničnih ocen, soglasij in okoljskih deklaracij, certificiranje ter odpiranje novih področij.

ZAG je zavezan načelom družbene odgovornosti, ki je globoko zakoreninjena v naše delovanje in usmeritve, in se odraža v pridobljenem naprednem certifikatu *Družbeno odgovoren delodajalec*. Poleg etičnosti poslovnih praks, vključevanja v skupnost, skrbi za okolje in inovacij v družbeno dobro smo se s tem certifikatom predvsem zavezali dobremu počutju zaposlenih. Aktivno si prizadevamo za njihovo zdravje, varnost in strokovni razvoj ter zato stalno izboljšujemo delovno okolje, ki spodbuja osebno in poklicno rast ter v katerem se vsi zaposleni počutijo cenjeni in spoštovani. Izrazito smo povečali število raznovrstnih izobraževanj za zaposlene in omogočili bolj fleksibilen delovni čas z večjim deležem dela od doma. Ustanovili smo Svet mladih, skozi katerega mlajši zaposleni, ki niso na vodstvenih funkcijah, razvijajo svoje poglede in jih predstavljajo vodstvu zavoda.

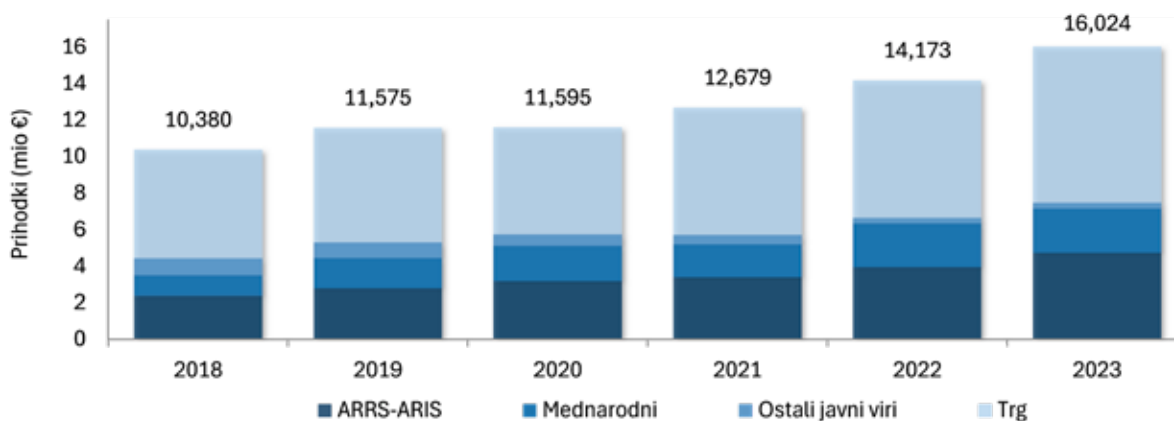


Poslovanje

Skozi vso zgodovino je ZAG uspešno posloval. Sodelujemo s številnimi partnerji, danes jih vedno več prihaja iz tujine. Najpomembnejši ostaja država. Kot javni raziskovalni zavod dobimo slabo četrtno prihodkov iz naslova stabilnega financiranja, ostale tri četrtine prihodkov pridobimo na trgu. Približno četrtnina je iz naslova raziskovalnih, razvojnih in drugih projektov, financiranih s strani različnih evropskih mehanizmov in Javne agencije za raziskave in inovacije Republike Slovenije (ARIS). Velik del preostalih tržnih projektov pridobimo na razpisih državnih naročnikov, kot so Družba za avtoceste RS, Direkcija RS za infrastrukturo, Slovenske železnice, 2TDK in Agencija za ravnanje z radioaktivnimi odpadki, za katere izvajamo kontrolo kakovosti del ter glavne in detaljne preglede ključne prometne in energetske infrastrukture. S številnimi drugimi partnerji sodelujemo na konkretnih projektih ali v okviru strateških razvojno-inovacijskih partnerstev.

Močno smo vpeti v mednarodno sodelovanje. Izpostavljam sodelovanje v Združenju evropskih raziskovalnih centrov na področju cestnega transporta (FEHRL), Združenju evropskih nacionalnih gradbenih laboratorijev (ENBRI) ter Evropski organizaciji za tehnična soglasja (EOTA). Leta 2022 smo postali član Evropske raziskovalne infrastrukture za dediščinsko znanost E-RIHS. Aktivni smo v evropskih tehnoloških platformah za gradbeništvo, grajeno okolje in energijsko učinkovite stavbe (ECTP), za cestni transport (ERTRAC) ter v Centru znanja in inovacij EIT RawMaterials. Naši predstavniki povsod delujejo v organih upravljanja. Udeležujemo se mednarodnih delavnic, konferenc in kongresov ter sodelujemo v komitejih, združenjih in odborih. Brez tovrstnega aktivnega sodelovanja bi pridobili manj raziskovalnih projektov, posledično bi bilo manj izmenjave znanj in napredka.

Rezultat naštetih aktivnosti je stabilno poslovanje, z rastjo, ki se je nekoliko upočasnila le v prvem letu epidemije covid-19, ki je občutno vplivala na tržne prihodke.



Infrastruktura

Za nabavo in modernizacijo raziskovalno-preizkuševalne opreme in infrastrukture smo v zadnjih petih letih, brez investicije v novi požarni laboratorij v Logatcu, namenili 4,5 milijona EUR ali 6,7 % poslovnih prihodkov. Približno tretjino tega zneska smo financirali s podporo ARIS-a, Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in inovacije (MVZI) in kohezijskega sklada. Zato imamo danes sodobno laboratorijsko in preizkuševalno opremo, ki zaposlenim omogoča kakovostno izvajanje raziskovalnih in tržnih aktivnosti.

V tem obdobju smo zaključili več pomembnih investicij. Leta 2021 smo odprli novo poslovno enoto v Mariboru. Stanovanjski prostori, v katerih je delovala enota od leta 1972, že dolgo niso bili več primerni. S sodobnimi prostori z laboratoriji v Dobrovcih pri Mariboru, ki omogočajo nadaljnjo širitev, krepimo svojo prisotnost v vzhodni kohezijski regiji.

Leta 2022 smo v Logatcu otvorili enega najsodobnejših požarnih laboratorijev v Evropi. Slabo polovico sredstev sta zagotovila MVZI za gradnjo objekta in operacija InnoRenew za del opreme iz evropskih kohezijskih sredstev. Preostanek smo pokrili iz presežkov iz poslovanja iz preteklih let. Novi prostori omogočajo širitev aktivnosti požarnega inženirstva in preizkušanja na nova področja. V požarnem laboratoriju v Logatcu domuje tudi ERA Chair projekt FRISSE, ki mu pomembno zvišuje prepoznavnost v mednarodnem okolju.

Po dokončni ureditvi lastniških razmerij smo večje število prej zapuščenih prostorov prenovili v laboratorije in spremljajoče objekte, redno tudi posodabljam pisarne in ostale laboratorije. V letu 2022 smo s pomočjo nacionalnih investicijskih sredstev MVZI odkupili zadnji objekt, ki ni bil v naši lasti – laboratorij za beton. Prenova in selitev iz sedaj neustreznih prostorov bosta omogočila hitrejši razvoj na področju enega temeljnih gradbenih materialov.

Sami ali s sofinanciranjem ARIS-a smo kupili nekaj pomembnih novih kosov raziskovalne opreme, kot so največji mikroCT v Sloveniji, robotska roka za 3D tisk, peči in čistilna naprava v požarnem laboratoriju, sodobni laserski skener in brezpilotni letalniki. Več kosov opreme smo nabavili v sodelovanju z drugimi JRZ.



Zaključek

Zavod za gradbeništvo Slovenije se je v zadnjih petih letih uspešno razvijal in posloval. Ponosni smo, da po najpomembnejših kazalnikih ostajamo primerljivi z najboljšimi sorodnimi inštituti v razvitejših državah Evropske unije. To je mogoče le z veliko angažiranostjo vseh zaposlenih, raziskovalcev, strokovnjakov in podpornega osebja, ki se jim na tem mestu posebej zahvaljujem.

Zadnje desetletje je dokaz, da sta znanje in tehnološka razvitost bistvena za preživetje posameznih delov gospodarstva in blaginjo državljanov. V tem smislu je ključno, da je Slovenija ohranila večino nacionalnih raziskovalnih inštitutov, ki na mednarodnem parketu dokazujemo, da smo primerljivi z najboljšimi. Zatakne se, ko je treba rezultate prenesti v prakso. Upam, da bo nova zakonodaja, ki daje veliko večji poudarek inovacijam, pospešila napredek v tej smeri in da bo večina igralcev na področju gradbeništva, ne zgolj izjeme, spoznala, da je za uspešno prihodnost treba več vlagati v razvoj. Zavod za gradbeništvo Slovenije bo pri tem s svojimi vrhunsko usposobljenimi kadri in sodobno opremo odigral svojo vlogo.

Ljubljana, 18. 10. 2024

doc. dr. Aleš Žnidarič, direktor



Mejniki

1949–2024

1949: Vlada Ljudske Republike Slovenije ustanovi Gradbeni inštitut Slovenije. Njegovi osnovni dejavnosti sta raziskovalno-preskuševalno delo in razvoj na področju gradbeništva in industrije gradbenega materiala.

1953: Gradbeni inštitut se preoblikuje v Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij (ZRMK).

1972: V Mariboru je ustanovljena enota za izvajanje dejavnosti na območju severovzhodne Slovenije.

1984: Zgrajen je sedemnadstropni prizidek z novimi laboratorijskimi in pisarniškimi prostori.

1986: V Gameljnah pri Ljubljani začne delovati požarni laboratorij.

1991: ZRMK v novi državi postane javni zavod.

1994: Del ZRMK se preoblikuje v javni raziskovalni zavod Zavod za gradbeništvo – ZRMK in postane član Združenja evropskih nacionalnih cestnih laboratorijev (FEHRL).

1996: Zavod za gradbeništvo – ZRMK se preimenuje v Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG).

1999: Slovenska (SA) in Švedska akreditacija (SWEDAC) akreditirata prvih osem laboratorijev. ZAG pridobi programski skupini Gradbene konstrukcije ter Gradbeni materiali.

2000: ZAG postane član Evropskega združenja gradbenih raziskovalnih inštitutov (ENBRI).

2003: ZAG postane slovenski organ za tehnična soglasja in predstavlja Republiko Slovenijo v Evropski organizaciji za tehnična soglasja (EOTA).

2007: Slovenski inštitut za kakovost (SIQ) podeli ZAG certifikat za sistem vodenja kakovosti po ISO 9001:2000. ZAG je med soustanovitelji platforme Energy Efficient Buildings (E2B).

2008: ZAG z družbama DDC in DRC v Ljubljani organizira največjo evropsko konferenco na področju cestnega transporta Transport Research Arena (TRA). Urad RS za meroslovje imenuje ZAG za nosilca referenčnega etalona za veličine silo, trdoto in množino snovi za cement. Direktor ZAG dr. Andraž Legat postane podpredsednik združenja FEHRL.

2009: ARRS odobri financiranje infrastrukturnega programa Preizkušanje materialov in konstrukcij. Direktor ZAG-a dr. Andraž Legat postane predsednik evropskega združenja ENBRI.

2011: ZAG prevzame vodenje kompetenčnega centra TIGR: Trajnostno in inovativno gradbeništvo.

2012: Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo imenuje ZAG za organ za tehnično ocenjevanje. Agencija RS za okolje pooblasti ZAG za ocenjevanje hrupa z modelnim izračunom.

2013: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje imenuje ZAG za pooblaščenega izvedenca za sevalno in jedrsko varnost. Ministrstvo za infrastrukturo in prostor pooblasti ZAG za izdajo energetskih izkaznic. ZAG dopolni obseg dejavnosti kot priglašeni organ po Uredbi o gradbenih proizvodih.

2014: Ministrstvo za infrastrukturo in prostor pooblasti ZAG za opravljanje strokovno-tehničnih pregledov žičniških naprav.

2015: ZAG postane član združenja EIT RawMaterials e.V. (EIT RM) in pridobi financiranje za prve projekte.

2016: Z evropskimi sredstvi je zgrajen prizidek laboratorija za konstrukcije. ZAG je v okviru Teaming projekta soustanovitelj Centra odličnosti za raziskave in inovacije na področju obnovljivih materialov in zdravega bivanjskega okolja (InnoRenew CoE).

2017: ZAG je med soustanovitelji štirih strateških razvojno-inovacijskih partnerstev (SRIP).

2021: ZAG odpre novo poslovno enoto v Dobrovcih. ZAG pridobi projekt ERA Chair FRISSBE.

2022: ZAG v Logatcu odpre največji in najsodobnejši požarni laboratorij v tem delu Evrope, ki je zgrajen z evropskimi, slovenskimi in lastnimi sredstvi.

2023: Direktor ZAG-a dr. Aleš Žnidarič postane predsednik združenja FEHRL.

2024: ZAG postane pridružen partner v okviru meduniverzitetnega programa »International Master of Science in Fire Safety Engineering« (IMFSE). ZAG prevzame vodenje SRIP-a Pametne stavbe in dom z lesno verigo (PSiDL).

Nekdanji

direktorji

Marjan Ferjan

1949–1951 (direktor Gradbenega inštituta LRS)

prof. **Viktor Turnšek**

1951–1954 (direktor Gradbenega inštituta LRS),
1954–1975 (direktor ZRMK)

Franc Čačovič

1976–1980 (direktor ZRMK)

prof. dr. **Jože Vižintin**

1980–1986 (direktor ZRMK)

Borut Gostič

1986–1992 (direktor ZRMK)

prof. dr. **Roko Žarnić**

1992–1993 (v. d. direktorja ZRMK)

mag. **Damijana Dimic**

1993–1995 (v. d. direktorja OE IRPK),
1995–1996 (v. d. direktorja Zavoda za gradbeništvo – ZRMK)

akad. prof. dr. **Miha Tomaževič**

1996–2005 (direktor ZAG Ljubljana)

izr. prof. dr. **Andraž Legat**

2005–2019 (direktor ZAG Ljubljana)



PROF.
VIKTOR
TURNŠEK
1911 - 1981

V letu 2024 poleg 75-letnice ZAG-a obeležujemo tudi 200-letnico Aspdinovega patenta portlandskega cementa, materiala, ki je povzročil konstrukcijsko revolucijo in še danes dominira kot konstrukcijski material. Ob posrečeni kombinaciji jubilejev cementa in Zavoda za gradbeništvo je odziv marsikaterega zaposlenega misel na danes drobno damo ognjenih las. V svojih dosežkih sicer ni nič kaj drobna, v tretjem življenjskem obdobju še vedno zelo bistrega uma in dobrega spomina, omikana, kritična, prodorna, zvedava, strokovna. Vodilna avtorica članka v sloviti znanstveni reviji *Cement and Concrete Research*, avtorica dveh samostojnih poglavij v RILEM-ovem poročilu *Application of admixtures in concrete: state-of-the-art report*, avtorica več kot petdesetih študij, elaboratov in končnih poročil o rezultatih preiskav.

O njej, cementu in ZAG-u.

»Ko sem prišla v službo na ZRMK, mi je moj šef, pokojni inženir mag. Stane Droljc, na mizo dal predlog za raziskavo, ki so ga poslali v Beograd: razvoj ekspanzivnega cementa. To je bila moja prva naloga. Nobenega pojma nisem imela o cementih.«



Mag. Damijana Dimic,

kemičarka, dolgoletna vodja laboratorija za cemente na Zavodu za raziskave materiala in konstrukcij (ZRMK), je bila doslej edina ženska na direktorskem mestu Zavoda. Od leta 1993 je na ZRMK vodila organizacijsko enoto Inštitut za raziskave in potrjevanje kakovosti, po preoblikovanju ZRMK pa je bila med letoma 1995 in 1996 vršilka dolžnosti direktorice novoustanovljenega Zavoda za gradbeništvo.

“ Jaz sem diplomirala pravzaprav na polimerih, ampak tudi takrat ni bilo služb in sem čakala tri, štiri mesece, da sem prišla do službe. Z ekspanzivnim cementom sem doživela veliko uspeha. S šefom, inženirjem mag. Stanetom Droljcem, sva dobila celo

nagrado takrat Kidričevega sklada za razvoj tega materiala. Uporabljal se je na hidrocentralah, veste. «

Nagrado Sklada Borisa Kidriča sta raziskovalca in razvijalca mag. Stane Droljc in mag. Damijana Dimic prejela leta 1984. Šlo je za prepoznavanje pomembnih znanstvenih del, ki so bila objavljena v preteklem letu, kategorizirana v štiri kategorije: naravoslovno-matematične vede, tehniške vede, biotehniške in medicinske vede ter družbene in humanistične vede. Opaženo je bilo njuno raziskovalno delo na področju sinteze in karakterizacije kalcijevih sulfoaluminatov kot osnovnih mineralnih komponent ekspanzivnih in neskrčljivih cementov ter raziskave procesov hidratacije, z utemeljitvijo, da je odlika dela originalno sklepanje in temeljita zasnova eksperimentov, s katerimi sta avtorja pojasnila mehanizem reakcije in ugotovila

podatke, ki še niso bili objavljeni v literaturi. Avtorja sta svoje delo predstavila na 7. mednarodnem kongresu kemije cementa (ICCC) v Parizu leta 1980, v petih elaboratih o raziskovalnem delu v letih 1978–1983 in v šestih javnih objavah. Posebna zasluga avtorjev je bila, da sta rezultate svojega raziskovalnega dela prenesla v prakso: v gradnji je bila naprava za letno proizvodnjo 2000 ton neskrčljivih in ekspanzivnih cementov, zagnana celo proizvodnja v cementarni v Trbovljah, uvedla sta uporabo teh cementov za zalivni beton pri gradnji HE Solkan na Soči, že prej pa uporabo neskrčljivih cementov drugih tipov pri gradnji HE Zlatoličje in HE Vuhred na Dravi.

“Velik problem v betonu je vedno bil – zdaj je manjši, ker so že razvili materiale, ki to preprečujejo – krčenje betona. Na ZRMK smo tedaj za hidrocentrale razvili ekspanzivni cement, za prednapete kable pa smo razvili ekspanzivni dodatek, t. i. Ikaton. Ta je prinesel največ h kakovosti vgradnje prednapetih kablov, saj se takrat kabli pred korozijo še niso ustrezno ščitili. Pravzaprav potrebe po zaščiti kablov takrat še niso opazili v taki meri, ker se ceste niso tako solile, pa tudi prednapetega betona je bilo manj. Prvi objekt, na katerem se je izvedla aplikacija Ikatona, je bil viadukt Verd. Izvajalec je bil beograjska Mostogradnja, direktor je bil Slovenec, kolega našega tehničnega direktorja inž. Marjana Ferjana. On je Ferjanu namignil, da potrebujejo tak dodatek, uvoz pa takrat ni bil dovoljen. In mi smo se lotili dela. V pol leta nam je uspelo. To je bil kar uspešen projekt. Za njim pa ekspanzivni cement.»

Delovanje ZRMK je bilo pretežno tržno, raziskovalno dejavnost je na podlagi prijav projektov financirala država. Po osamosvojitvi Slovenije, ustanovitvi javnih zavodov v začetku devetdesetih in zaradi zahtev Evrope po neodvisnosti zunanje kontrole je bilo treba dejavnosti Zavoda prilagoditi:

“Zavod za gradbeništvo je takrat postal nacionalni inštitut in treba je bilo urediti

status tako, da je bil neodvisen, mi pa tega nismo izkazovali, ker smo imeli polindustrijsko proizvodnjo in sanacije, kar nas je v prejšnjem režimu reševalo, ker nismo bili financirani od države, ampak s tržno dejavnostjo. Kolikor je bilo raziskav, je te financiral Savezni fond za naučni rad v Beogradu in tja smo pošiljali svoje predloge za raziskave. Moram reči, da je bil naš inštitut zelo poznan v Jugoslaviji, tedanji ZRMK je bil tudi prvi ustanovljen inštitut v Jugoslaviji. Zelo dobra sta bila tudi zagrebški inštitut Ruđer Bošković in beograjski inštitut za gradbeništvo (Inštitut za ispitivanje materijala, op. a.), kasneje pa so se ustanovili tudi manjši inštituti, mislim, da je bil v Banja Luki in Skopju. Mi smo delali kar veliko raziskav, ki so bile plačane, preostanek pa smo zaslužili na trgu. To so bile predvsem razvojne raziskave, manj je bilo temeljnih.»

S prisotnostjo na trgu so bile smeri raziskav in razvoja lažje določljive. Potrebe so bile jasne.

“Mi smo prepoznavali potrebe in predlagali teme. Gradbeništvo samo namreč ni prepoznavalo potreb, predvsem ne industrija gradbenega materiala. To pa zato, ker je bilo takrat tako malo gradbenega materiala na trgu, da niso čutili potrebe po razvoju novega. Tako smo mi vsiljevali trend. Veliko proizvodov in polproizvodov smo proizvajali v Gamelnjah, kar nam je prineslo kar nekaj dodatnega denarja, saj smo vedno našli proizvod, za katerega smo vedeli, da ga trg potrebuje. Kot rečeno, je bil takrat uvoz zelo problematičen. Pravzaprav ga sploh ni bilo. Vodstvo, ki je bolj poznalo trende in potrebe v gradbeništvu, nam je dajalo namige, kaj je treba raziskati in razviti. In tako smo razvijali. Zelo veliko razvoja je bilo ob gradnji avtocest in hidrocentral.»

Zaprtim mejam navkljub je bila opremljenost laboratorijev dobra.

« Imeli smo lastne delavnice. Takrat je bil, zaradi zaprte meje, problem tudi uvoz opreme. Mi pa smo imeli mehanično in mizarsko delavnico, ki sta nam izdelovali opremo, ki smo jo rabili pri delu v laboratoriju. Ko smo na primer potrebovali opremo za merjenje ekspanzije zalivne mase za kable za prednapenjanje, smo malce pobrskali po literaturi – seveda, to smo imeli – in v delavnicah so nam jo izdelali. Celo steklopihača smo imeli. Ob ločitvi obeh zavodov pa se je žal vse ukinilo, češ da ni več rentabilno. Danes je sicer lažje priti do opreme, sredstev je več, ampak mislim, da razvoj in laboratorij potrebujeta takšno podporo. Saj ne moreš čisto vsake steklene bučke kupiti na trgu. Greš v delavnico in poveš, kaj natanko potrebuješ, in ti jo napihajo.»

Uspešne inovacije in razvoj so zamenjali standardi, v čevlje kemičarke ... petke pravzaprav ... pa je stopil gradbenik.

« Že ob pripravah na ustanovitev javnega zavoda ZAG smo morali laboratoriji, ki smo bili dodeljeni v ZAG, proizvodnjo materialov, ki smo jih razvili in proizvajali v obratu v Gameljnah, opustiti, ker ne bi mogli zadostiti neodvisnosti inštituta po zahtevah direktive za gradbene materiale. Seveda smo se potem bolj ukvarjali s tem, kar je zahtevala Evropa – z novimi standardi. Moram reči, da smo v okviru tega – vsaj jaz osebno – veliko potovali, hodili na sestanke CEN, kjer smo začeli kot opazovalci, ker še nismo bili člani, nato pa smo kot člani lahko sodelovali. Tako smo prišli še do že omenjene nove direktive o gradbenih proizvodih, ki sem jo tudi prevedla, da bi vse zainteresirane čim prej seznanili z novostmi, ki jih je direktiva prinesla na področju zagotavljanja kakovosti gradbenih materialov. Prevod je bil mišljen predvsem kot priprava na spremembe, ki prihajajo, kajti prihajale so bistvene spremembe. V letu 1995 smo oba zavoda (ZAG in ZRMK, op. a.) dokončno ločili. Jaz sem bila še toliko časa vršilka dolžnosti direktorice, da smo sprejeli vse statute in

pravilnike. Za plače smo se morali boriti, ker nam je te predpisovalo ministrstvo. Naenkrat so bile vse plače nižje kot prej. Čez pol leta je bil objavljen razpis za direktorja, ampak jaz sem bila tik pred tem, da grem v pokoj, in sem menila, da kandidatura ne bi imela nobenega smisla. Bolje, da v preostanku časa nekemu pomagam, da se vpelje. To mojo ponudbo je nato sprejel dr. Tomaževič.»

Njena zgodba s cementi in Zavodom se sicer ni začela po končani fakulteti, pač pa že nekoliko prej.

« Na ZRMK-ju sem bila v tretjem letniku na praksi. Prav v laboratoriju za cemente. In tam sem se dobro počutila. Krasni ljudje.»

Pozitivnega vzdušja na zavodu v njenih časih ne gre spregledati, saj kar buhti iz njenih besed. Dotakne pa se tudi sodobnega hitrejšega menjevanja zaposlitve.

« Mislim, da je bilo to včasih malce drugače. Zaposleni smo bolj čutili pripadnost instituciji, podjetju, kamor si hodil služiti svoj kruh. Ni bilo toliko fluktuacije. Tudi moji kolegi so bili mlajši, ker je bil tudi inštitut mlad in je bilo z njimi izjemno lepo sodelovati, bil je res prijeten kolektiv. Razmere so pač to spremenile, zahteve Evrope ... in se je to razbilo. V najboljših letih je bilo na inštitutu zaposlenih celo 800 ljudi. Nato je številka padala, ker ni bilo toliko posla.»

Svoje predanosti zavodu ne more skriti in je tudi ne skriva.

« »ZRMK je bil pravzaprav moje življenje. Tam se je vse dogajalo. Jaz nisem nikoli razmišljala, da bi delala kaj drugega.»

Vse to pove z iskrami v očeh. Morda te iskre obetajo razvnetih naslednjih 75 let ZAG-a in 200 let cementa. No, vsaj toliko.

Ana Brunčič





Raziskave in razvoj za trajnostno grajeno okolje

Kot verodostojen partner ustvarjamo in prenašamo vrhunska znanja za razvoj trajnostnega grajenega okolja.

Zavod za gradbeništvo Slovenije je javni raziskovalni zavod, katerega temeljna dejavnost je znanstveno-raziskovalno delo. Stalen razvoj raziskovalnega dela ter iskanje novih izzivov in nišnih področij raziskav sta povzročila, da je v zadnjih letih transdisciplinarni pristop zamenjal multidisciplinarnega, v katerem raziskovalci združujemo znanje različnih področij in presegamo meje posameznih disciplin. Kakovostno raziskovalno delo, zmožnost povezovanja različnih disciplin ter povezovanje temeljnih in aplikativnih raziskav za reševanje realnih izzivov so vrline, zaradi katerih prepoznavnost našega znanstvenoraziskovalnega dela narašča.

Znanstvenoraziskovalna vizija Zavoda za gradbeništvo Slovenije

Leta 2022 je znanstveni svet zavoda oblikoval novo vizijo znanstvenoraziskovalne dejavnosti ZAG-a v obdobju do leta 2027, ki vključuje poslanstvo in prednostna področja razvoja znanj in raziskav ter pravi:

- V Sloveniji in širše bomo prepoznavni po znanstveni odličnosti.
- Kot partner bomo cenjeni v raziskovalnih projektih.
- Predavali bomo na prestižnih konferencah in sodelovali v uglednih strokovnih združenjih.
- Tvrno bomo sodelovali pri oblikovanju nacionalnih in mednarodnih politik.
- Svoje znanje bomo uspešno prenašali v gospodarstvo.
- Znanje bomo oplajali vključujoče, interdisciplinarno in z medsebojnim sodelovanjem.

Pri uresničevanju znanstvenoraziskovalnega poslanstva nas vodijo vrednote, kot so zanesljivost, sodelovanje, vrhunsko znanje, medsebojno spoštovanje, uporabnost, trajnostni razvoj, učenje, neodvisnost, etičnost, interdisciplinarnost, samoiniciativnost, odgovornost in poštenost.



V okviru prenovljene strategije smo identificirali pet prednostnih raziskovalnih področij ZAG-a:

01

Trajnostna raba virov v gradbeništvu vključuje inovativne principe krožnega gradbeništva, ki prinašajo snovno učinkovitost, vrednotenje odpadkov, industrijsko simbiozo, kaskadno recikliranje, zamenjavo kritičnih in nevarnih snovi, trajnostno uporabo naravnih materialov, digitalizacijo vrednostnih verig ter razvoj krožnih poslovnih modelov, ki bodo oblikovali prihodnost gradbeništva.

02

Energetska učinkovitost grajenega okolja obravnava učinkovito ravnanje z energijo v grajenem okolju, v sodelovanju s partnerji pripravlja inovativne rešitve za izkoriščanje in upravljanje obnovljivih virov energije ter s tem prispeva k trajnostni prihodnosti.

03

Varnost, odpornost in prilagodljivost grajenega okolja raziskuje nove načine za zagotavljanje mehanske in požarne odpornosti gradbenih objektov ter prometne infrastrukture z namenom preprečevanja poškodb zaradi stalnih in pogostih vplivov, kot so teža, zemeljski pritiski, promet in veter, ter zagotavljanja varnosti uporabnikov in okolja pri izrednih vplivih, kot so potresi, požari, plazovi, neurja in poplave. Rešitve prilagajamo podnebnim spremembam in novim zahtevam urbane mobilnosti.

04

Zdravo bivalno/grajeno okolje ustvarja pogoje za gradnjo objektov in infrastrukture, ki omogočajo zdravo bivalno okolje iz vseh pomembnih komponent okolja: zraka, vode, hrupa, toplote, vlage, vibracij in ergonomije. Raziskujemo in odkrivamo nove poti za odstranjevanje škodljivih dejavnikov iz okolja.

05

Nove preskusne metode in digitalizacija v gradbeništvu se osredotočajo na razvoj in uvedbo novih preskusnih metod, opazovalnih tehnik za gradbene objekte in infrastrukturo ter analitičnih orodij, ki izkoriščajo nove informacijske in komunikacijske tehnologije.



Prednostna področja raziskav so stebri raziskovalnega dela, povezovanje le-teh in raziskovalna svoboda, ki jo omogočamo raziskovalcem, pa odpirajo nova raziskovalna vprašanja in izzive. Z razvojem novih metod in tehnologij, ob upoštevanju socioloških vidikov bivanja, gradimo varnejšo in bolj trajnostno družbo. Posamezna področja raziskav dajejo izjemne znanstvene rezultate in izpostavljajo ZAG kot ključnega raziskovalnega partnerja, medtem ko na drugih področjih prednjačijo aplikativni rezultati, ki ZAG uvrščajo med pomembne partnerje za sodelovanje z gospodarstvom.

Raziskovalni projekti

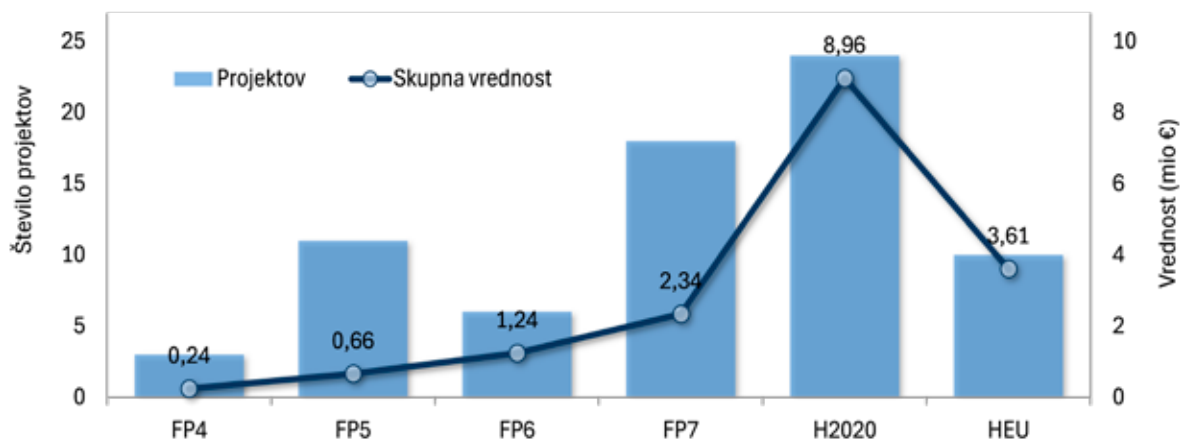
Slovenija je bila v projekte okvirnega programa Evropske unije za raziskave in inovacije vključena že v okviru tretjega okvirnega programa (FP3) med leti 1990 in 1994. ZAG je po nekaj akcijah COST izvajal prve projekte v okviru četrtega okvirnega programa (FP4), od takrat naprej sredstva za raziskave in inovacije naraščajo. Trenutno smo sredi devetega okvirnega programa (Obzorje Evropa), na koncu katerega pričakujemo, da bodo prihodki presegli 9 milijonov evrov. Pregled števila pridobljenih projek-

tov in sredstev v okvirnih programih Evropske unije za raziskave in inovacije prikazuje graf 1.

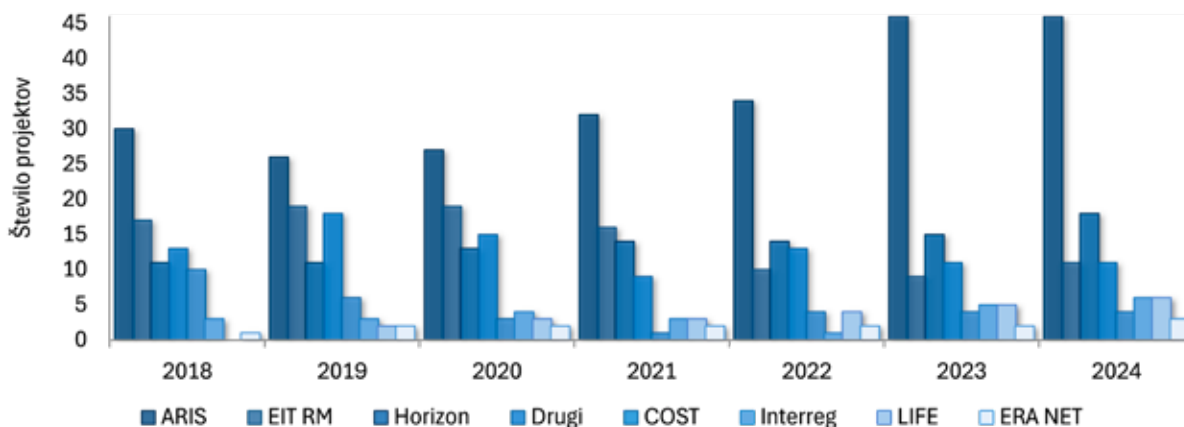
Poleg projektov okvirnega programa sodelavci ZAG-a izvajamo raziskovalne projekte drugih financerjev. V prvi polovici leta 2024 je v izvajanju 105 projektov, do konca leta jih pričakujemo vsaj 10 dodatnih. Število projektov v zadnjem petletnem obdobju je naraslo za več kot 20 %. Uspešnost naših raziskovalcev se kaže tudi v pridobivanju projektov iz novih programov ter pridobivanju koordinatorskih vlog v pomembnejših programih. Razporeditev projektov po letih glede na program financiranja je prikazana v grafu 2.

Pozitivno je, da kljub rasti števila projektov delež domačih ali tujih projektov nikoli ne preseže 60 %; ostaja uravnotežen, kar zagotavlja trajnostni razvoj in omogoča stabilnejše financiranje raziskav tudi v obdobjih, ko se menjajo okvirni program, strategije ...

Izmed mednarodnih projektov, ki trenutno potekajo na ZAG-u, izpostavljamo projekt FRISSBE – Požarno varno trajnostno grajeno okolje, ki je bil izbran v financiranje v okviru razpisa H2020 WIDESPREAD ERA Chair. Projekt FRISSBE je med najuspešnejši-



Graf 1: Število projektov in pridobljena sredstva po okvirnih programih EU, vir: Horizon Dashboard Country Profiles (vir: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/horizon-dashboard>, 29. 7. 2024)



Graf 2: Število projektov po posameznih programih v letih 2018–2024

mi projekti ERA Chair v regiji in trenutno zaposluje 10 večinoma tujih raziskovalcev, nekaj podpornega osebja, hkrati pa pomaga ustvarjati nove znanstvenike na področju požarno varnega trajnostnega grajenega okolja skozi gostujoče študente raziskovalce s celega sveta.

Raziskave v okviru financiranja ARIS

V letu 2022 je velik del sredstev Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS) prešel v stabilno financiranje. Pridobljena avtonomija v skladu z ZZrID je po eni strani naložila veliko odgovornosti vsakemu prejemniku, po drugi pa nam omogoča svobodo in izvajanje pomembnih aktivnosti, ki so bile prej otežene.

ZAG znotraj stabilnega financiranja izvaja dva raziskovalna programa: Gradbeni objekti in materiali (P2-0273) kot samostojni izvajalec in Gozdno-lesna veriga in podnebne spremembe: prehod v krožno biogospodarstvo (P4-0430) kot soizvajalec; vodilni partner je Gozdarski inštitut Slovenije. Oba raziskovalna programa imata podporo infrastrukturne skupine Preizkušanje materialov in konstrukcij (IO-0032).

V okviru raziskovalnih programov potekajo aktivnosti na vseh omenjenih petih strateških področjih, dodatno pa še v horizontalnih raziskovalnih aktivnostih, kot so grajena kulturna dediščina, aditivne tehnologije, digitalizacija, mikrotomografija in druge. Pri vseh raziskavah, tako v okviru strateških področij kot tudi znotraj horizontalnih aktivnosti ali drugih presečnih internih projektov, je poudarek na znanstvenem pristopu. Pomembnost rezultatov raziskav dokazuje število člankov in citatov, ki se je v zadnjih letih izjemno povečalo.



S sredstvi stabilnega financiranja smo raziskovalno dejavnost opazno povečali z vidika celotnega obsega sredstev in deleža stroškov dela v sestavi sredstev. Od leta 2022 aktivno povečujemo število mladih raziskovalcev in tako načrtno krepimo strateške kadre, potrebne za nadaljevanje odličnega znanstveno-raziskovalnega dela.

raziskovalci so na več področjih v svetovnem raziskovalnem in tehnološkem vrhu, povsod pa zaradi podpornega okolja, ki ga omogočata infrastrukturni program in podporno osebje v skupnih službah, v stiku z najnovejšimi svetovnimi raziskavami. Svoboda stabilnega financiranja omogoča prilagajanje raziskav hitro spreminjajočim se tehnološkim pogojem in



Graf 3: Bibliografski kazalniki raziskovalne uspešnosti
(vir: Vzemna baza podatkov COBISS.SI/COBIB.SI, 10. 7. 2024)

Raziskovalni program P2-0273 Gradbeni objekti in materiali

Raziskovalni program deluje kot osrednji motivator našega znanstvenoraziskovalnega dela, saj povezuje vseh pet strateških raziskovalnih področij, vseh šest znanstvenoraziskovalnih oddelkov in vse horizontalne raziskovalne skupine. Nova raziskovalna področja so najpogostejše rezultat tesnega sodelovanja članov raziskovalnega programa ter seveda vključenosti le-teh v slovensko in mednarodno raziskovalno okolje. Z združevanjem različnih skupin raziskovalcev dosegamo tudi sinergijski učinek raziskav na posameznih ožjih področjih. Pomembnost in aktualnost raziskovalnih področij potrjujejo številne znanstvene objave in zelo uspešno delovanje v mednarodnih in nacionalnih projektih. ZAG-ovi

potrebam družbe ter okolja, pri čemer nam transdisciplinarna skupina raziskovalcev omogoča potrebno fleksibilnost in celovit pristop k reševanju izzivov.

Raziskovalni program P4-0430 Gozdno-lesna veriga in podnebne spremembe: prehod v krožno biogospodarstvo

Raziskovalni program se odziva na trenutne izzive znotraj gozdno-lesne verige vrednosti (od stoječih dreves do končnih izdelkov). Povezuje tri raziskovalne organizacije: Gozdarski inštitut Slovenije kot vodilnega partnerja ter Zavod za gradbeništvo Slovenije in Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani kot soizvajalca. Raziskovalci zagotavljajo interdisciplinarni in inovativni pristop za doseganje zastav-



ljenih ciljev ter povezovanje skupine z industrijo, znanstveno-raziskovalno delo pa se osredotoča na iskanje optimalnih rešitev na podlagi znanja in razpoložljivih virov (laboratoriji in podatkovne zbirke).

ZAG ima pomembno vlogo pri raziskavah in razvoju optimalnega nebiocidnega postopka zaščite predvsem domačih vrst lesa pred biološkim propadanjem, ne da bi spremenili njegove pozitivne lastnosti. Hkrati pa iščemo rešitve za izboljšanje odpornosti na ogenj. Dodatno smo močno vpeti v raziskave masivnih lesenih konstrukcij, izdelanih iz lepljenega lesa, kot sta lepljeni (GLT) in križno lepljeni (CLT) les, pri čemer v veliki meri koristimo podporo infrastrukturnega programa.

Infrastrukturni program IO-0032 Preizkušanje materialov in konstrukcij

Infrastrukturni program nudi podporo znanstveno-raziskovalnemu delu, tako raziskovalnim programom, kot tudi slovenskim in mednarodnim raziskovalnim projektom. Aktivnosti infrastrukturnega programa obsegajo več specifičnih ciljev, od sledenja napredku na področju raziskovalne opreme ter vzdrževanja le-te, podpore programom in projektom, podpore državnim in vladnim organom, usposabljanja osebja ter povezave v infrastrukturne mreže in žive laboratorije do prenosa znanja in popularizacije znanosti. Vsebinsko so podporne aktivnosti porazdeljene po oddelkih, povezovane in spodbujane pa

so s strani Službe za projektno podporo in Službe za odnose z javnostmi, ki skrbita za vzpostavitev sistema upravljanja znanja, organizacijo Dneva odprtih vrat ter ostale promocijske aktivnosti.

Sodelovanje v mednarodnih združenjih

Z transdisciplinarnim delovanjem na različnih področjih gradbeništva ter s povezovanjem temeljnih in uporabnih raziskav za reševanje realnih problemov je ZAG postal prepoznaven doma in v tujini.

Pri raziskovalnih aktivnostih sodelujemo predvsem s partnerji iz evropskih združenj ENBRI (European Network of Building Research Institutes) in FEHRL (Forum of European National Highway Research Laboratories). Slednjemu direktor ZAG-a v obdobju od leta 2023 do 2026 predseduje. Koristno je tudi naše delovanje v tehnoloških platformah ECTP (European Construction Technology Platform), ERTRAC (European Road Transport Research Council) in E2BA (Energy Efficient Buildings). Vpetost v raziskovalni prostor EU ter povezovanje z univerzami in industrijo smo dodatno okrepili kot partner v EIT KIC (European Institute of Technology, Knowledge and Innovation Centre) RawMaterials. Posledično smo po večini pomembnih kazalnikov (vpetost v raziskovalni prostor EU, sodelovanje v tehničnih odborih, povezovanje z univerzami in industrijo) povsem primerljivi z nam podobnimi evropskimi raziskovalnimi inštituti.





Vodilni strokovnjaki o aktualnih temah v gradbeništvu

Napredni materiali v gradbeništvu

dr. Alenka Mauko Pranjić
vodja Oddelka za materiale



S katerimi dejavnostmi se vaš oddelek trenutno ukvarja?

Na Oddelku za materiale pokrivamo različne materiale (npr. proizvodi iz sekundarnih surovin, novi funkcionalni materiali, korozija kovinskih materialov, aditivne tehnologije, okoljske tehnologije, novi cementi in CO₂ zajemanje v cementih, patologije materialov). Veliko ZAG-ovih znanstvenikov in strokovnjakov, ki delajo na tem področju, je vrhunskih. Veliko se ukvarjamo s krožnim gradbeništvom z namenom, da so raziskave tudi dejansko uporabne v praksi, da lahko nove proizvode in tehnologije damo

na trg. Naše aktivnosti potekajo tudi na rentgenskih tehnikah 3D slikanja, kjer ZAG s svojo odlično ekipo in opremo postaja eden izmed vodilnih na tem področju v Evropi. Številne aktivnosti v tem letu so potekale na področju kulturne dediščine – ta je bila vedno prisotna v oddelku, glede na raziskovalne in strokovne potrebe v modernem gradbeništvu pa nikoli ni bila osrednja tema. Ne glede na to so se letos zgodili vsekakor pomembni premiki na tem področju (npr. organizacija mednarodne poletne šole na temo nedestruktivnih orodij v kulturni dediščini, vključenost v infrastrukturni mreži E-RIHS, si in LINXS, novi raziskovalni projekti, publikacije).

Patologija gradbenih materialov je tudi stalnica že več let tako na strokovnem kot raziskovalnem področju, na nekaterih področjih pa smo edini, ki lahko dajemo celostne odgovore, zakaj je prišlo do nekaterih poškodb. Nekatero novejšo tematiko, na kateri delamo, so poškodbe kovinske infrastrukture pri zajemu vodika, pretvorba sončne energije s postopkom fotokatalize v energente, kot sta vodik in metan, ter hkratno zajemanje CO₂, senzorji na osnovi mezoporoznega SiO₂, izboljšanje kvalitete zraka s pretvorbo hlapnih organskih komponent s fotokatalizo ter izboljšanje trajnih in požarnih lastnosti z mineralizacijo lesa.

Pri katerih materialih bi lahko najbolj zmanjšali izpuste CO₂?

Cement in beton poleg jekla najbolj prispevata k visokemu ogljičnemu odtisu gradbeništva, zato veliko aktivnosti poteka na področjih razvoja novih bolj trajnostnih cementov in betonov z nadomestnimi cementnimi materiali na osnovi recikliranih odpadkov, alternativnih veziv ter mineralne karbonatizacije, pri čemer veziva na osnovi cementa, pepelov ali drugih dodatkov v gradbenih kompozitih vežejo CO₂. Raziskujemo alternativne primarne (npr. dolomiti, bogati s fosforjem, kot vir za t. i. fosfatne cemente) in sekundarne (različni odpadki, kot so s kalcijem bogati pepeli) vire, poznati pa je treba mehansko-fizikalne in kemijske lastnosti novih veziv ter kompozitov glede na nameravano uporabo (npr. spremembe trdnosti in trajnosti, mehanizme vezanja, nevarnost izluževanja potencialno nevarnih snovi). Že več let delamo na geopolimerih ali alkalijsko aktiviranih materialih, ki so zelo dobra alternativa cementnim kompozitom, pri čemer pa je treba glede na vir, ki se uporablja za aktivacijo, vedno preverjati nevarnost izluževanja, npr. težkih kovin v alkalnem mediju.

Sodelujete v veliko raziskovalnih projektih. Katerega bi izpostavili?

Res je, sodelujemo v veliko mednarodnih projektih – od tistih, kjer raziskujemo nove materiale (npr. projekti Obzorja, M-ERANET, ERAMIN) in tehnologije, do takšnih, ki so bolj aplikativni ali tržni, z višjo stopnjo pripravljenosti (ang. Technology Readiness Level – TRL), npr. EIT RawMaterials in LIFE. Nekateri naši projekti so namenjeni oblikovanju inovacijskih sistemov in predlogov za izboljševanje regulative in zakonodaje ali izobraževanju in krepitevi sposobnosti (npr. čezmejni, regionalni programi Interreg, izobraževalni programi EIT RawMaterials, integrirani programi LIFE). Tematike, ki jih raziskujemo v projektih, so recikliranje, krožno gradbeništvo in trajnostnost, aditivne tehnologije, področja novih materialov in tehnologij ter materialov v visokozahtevnih okoljih. V nekaterih primerih posegamo v razvoj novih materialov in tehnologij za shranjevanje energije, vodika in drugih energentov. Skratka, prisotni smo v celi vrednostni verigi gradbeništva ter povezujemo deležnike inovativnega ekosistema, ki ga gradijo raziskovalni inštituti, industrija, izobraževalne ustanove, odločevalci in splošna javnost. Glede slednjega moram izpostaviti tudi nekatere projekte, kjer imajo velik vpliv na raziskave tudi občani, to je t. i. občanska znanost, kot sta npr. vključevanje kolesarjev v dinamični monitoring kakovosti zraka ali občanov pri zbiranju podatkov o kvaliteti pitne vode.

Spodbujamo in oblikujemo programe vseživljenjskega izobraževanja ter akademskega izobraževanja na področjih novih tematik, ki jih običajno študentje oz. zaposleni ne dobijo v obstoječih sistemih izobraževanja.

Kako umetna inteligenca oz. digitalizacija vpliva na vaše delo?

To je področje, ki ga ne moremo zanemariti niti pri raziskovalnih metodah, niti pri oblikovanju ter razvoju novih materialov in tehnologij, niti pri odločanju. Digitalizacija in umetna inteligenca sta del našega raziskovalnega vsakdana tako pri naprednih tehnikah rekonstrukcije rentgenskih tomografskih posnetkov kot razvoju digitalnih potnih listov in spletnih tržnic materialov. Nas pa čaka veliko izizivov na tem področju, vključno s pridobivanjem dodatnega kadra.

Kakšne izboljšave materialov bi po vašem mnenju najbolj povečale odpornost bivališč na ujme?

Z ujмами se pri nas nismo veliko ukvarjali, morda zgolj s problemom širjenja različnih onesnažil na posameznih področjih ter nastajanja velikih količin materialov, ki so lahko uporabni za gradbeništvo, npr. agregati iz prodov in peskov, ki so se odlagali z ujмами. Predvsem mislim, da bi morali poseči po sistemskih rešitvah gradnje, ustvariti več zelenih površin v mestih (kar zmanjšuje urbane toplotne otoke) ter urbane površine, ki hitro odvodnjavajo vodo (npr. permeabilni betoni) v primeru ujм. Slednje morajo imeti celotno zaledje odvodnjavanja, da ne pride do mešanja komunalnih vod s pitnimi. Na tem področju želimo ozaveščati splošno javnost tudi glede potencialnih nevarnosti grajenega okolja v primeru katastrofalnih naravnih dogodkov ali po njih, npr. ravnanje z azbestnimi strešniki v primeru toče. Kar se tiče podnebnih vplivov, pa delujemo veliko na področju čiščenja in ponovne uporabe vode ter odpadkov, ki nastajajo pri tem.

Kakšni so trendi na področju bioloških materialov v gradbeništву?

Ena izmed tematik v zadnjem času je tudi uporaba naravnih in tradicionalnih materialov, npr. slame, konoplje in gline, ki pa se uporabljajo na modernejši način, npr. z aditivnimi tehnologijami tiskanja glinenih materialov. Pomembni premiki v uporabi naravnih materialov so pri uporabi ne samo lesa, ampak tudi naravnih vlaken in bioveziv v gradbeništву, ki nadomeščajo običajna polimerna veziva v kompozitih, tudi za konstrukcijske namene. Mislim, da bo na tem področju t. i. krožne bioekonomije v prihodnjih letih še več poudarka.

Kakšne preiskave vam bo omogočal nedavno kupljeni novi mikrotomograf?

Da vidimo bolje, hitreje in širše. V primerjavi z napravo, na kateri smo delali zadnjih 10 let, nam omogoča analize večjih kosov materialov, predmetov z večjo ločljivostjo, hitrejše analize, boljšo rekonstrukcijo 3D zajemov (tudi z orodji UI). Predvsem pa se intenzivira naše mednarodno povezovanje tako z industrijo kot tudi z raziskovalnimi in izobraževalnimi institucijami po svetu. Eno izmed področij, ki je novo za nas, je npr. karakterizacija post-Li baterij, ki bi imele enako zmogljivost skladiščenja energije, po drugi strani pa niso eksplozivne kot Li baterije. Manjša je tudi odvisnost od kritične surovine litija, ki jo v Evropi proizvajamo v manjših količinah in smo v veliki meri odvisni od izvoza iz geopolitično nestabilnih držav.

Kakšni so največji izzivi pri vašem delu?

Opravljanje več nalog hkrati in manko kadra. Vedno sem ponosna na naše raziskovalce, kaj vse zmorejo, vem pa, da je naporno biti znanstvenik, ki poskuša biti znanstveno odličen, pridobiti financiranje in biti

strokovnjak še na tržnem področju. To pomeni sicer zelo zanimiv način dela, ker se držimo tradicije, da smo ZAG-ovi znanstveniki usidrani v dejanske probleme, da odlično poznamo teren in da nismo nekje visoko v znanstvenih sferah. Je pa lahko zelo stresno in naporno, z veliko odgovornostjo do finančerja (javnih ali zasebnih), naših strank in splošne javnosti. Hkrati vsi seveda skrbimo za svoje zasebno življenje in družine, kar je lahko kdaj izziv, kljub vsem pogojem, ki ga ZAG nudi (delo od doma, premični urnik dela, odlična infrastruktura). Mislim, da smo na prelomni točki, kjer imamo kot zavod veliko potencialov tako na tržnem kot raziskovalnem delu, vendar to pomeni nove izzive upravljanja oz. dela. Japonski rek pravi, da voda, ki stoji, prične smrdeti. Napredovanje je naravni proces – kako bomo to naredili, da bo rast čim bolj trajnostna, pa je verjetno odvisno od vseh nas. Vsekakor vidim kot enega izmed potencialov, ki smo se ga deloma že lotili, razviti področje industrijskega razvoja, med odlično znanostjo in strokovnostjo, ter biti protagonista razvoja tudi v industriji, ne samo opravljati storitve za industrijo. To je seveda izziv zase, ker gre za težavno

pot. Ni naključje, da območju med ravnijsko tehnološke pripravljenosti 5 in 8 rečejo »dolina smrti«, saj tu veliko inovacij obstoji in ne prodre na trg. Za nas je izziv še nekoliko drugačen, in sicer da lahko s testiranjem v realnih okoljih, tudi z razvojem pilotnih tehnologij, pridobivamo sredstva in razvijamo znanje, proizvode, tehnologije, težje pa nam je tržiti te proizvode ali celo iti na samostojno podjetniško pot.

Kako vidite vaš oddelek čez 10 let?

Veliko je spremenljivk, ki bodo vplivale na to. Enkrat rekla, ko sem nastopila svojo funkcijo, da je naš cilj, da bi eden ali več naših raziskovalcev dobilo financiranje Evropskega raziskovalnega sveta (ERC). V prihodnosti vidim strokovnjake, ki uspešno rešujejo tudi najtežje izzive na delu. Vidim zadovoljne zaposlene, ki uživajo v svojem delu in svojih uspehih ter znajo poskrbeti zase in za svoje sodelavce. Vesela sem, da sem lahko del tega vznemirljivega potovanja.



Uravnoteženje potreb ljudi z danostmi okolja

doc. dr. Katja Malovrh Rebec
vodja Oddelka gradbena fizika

S katerimi dejavnostmi se vaš oddelek trenutno največ ukvarja?

Oddelek za gradbeno fiziko se trenutno osredotoča na širok spekter dejavnosti, ki vključujejo mednarodne in domače raziskave v skupinah priznanih znanstvenikov, kot tudi strokovno delo, testiranja v laboratoriju skladno s standardi in delo na terenu. Merimo in računamo toplotne karakteristike materialov in stavbnih elementov. Okna in senčila testiramo tudi za namen poročanja njihove tesnosti za vodo in odpornosti na veter. V laboratoriju za akustiko merimo zvočne karakteristike elementov za stavbe. Preučujemo, merimo in računamo, kako gradbeni materiali vplivajo na zvočno udobje, vrednotimo pa tudi prostorsko akustiko in terensko merimo lastnosti površin z namenom zmanjševanja hrupa. Za bolj zapletene objekte pripravljamo elaborate izračunov gradbene fizike. V zadnjem obdobju smo se začeli intenzivno ukvarjati z merjenim odzivom ljudi na različne pogoje v notranjih prostorih, kjer sta nam v pomoč napreden zajem in analiza podatkov s pomočjo strojnega učenja. Postavili smo nov laboratorij in meritvam dodali vrednotenje svetlobnih pogojev ter neposrednih odzivov ljudi. Iskana je naša storitev izdelave analize okoljskih



odtisov LCA (Life Cycle Assessment). Aktivno oblikujemo domači in mednarodni trg okoljskih certifikatov EPD (Environmental Product Declarations). Ti certifikati omogočajo transparentnost in informiranje uporabnikov o okoljski učinkovitosti izdelkov in grajenih objektov. Člani naše ekipe se vključujejo v domača in mednarodna združenja. Dva člana ekipe nadaljujeta svoje šolanje na doktorski stopnji, v kratkem se jima bo pridružil še tretji – nanje smo posebej ponosni. Vodja enote na magistrskem študiju poučuje obvezni predmet Načrtovanje energijsko učinkovitih stavb.

Kateri parametri gradbene fizike so se v zadnjih 100 letih najbolj izboljšali?

Izboljšalo se je predvsem povezano razumevanje sovplovanja faktorjev, ki jih razumemo kot gradbeno fiziko: toplota/hlad, kakovosten zrak, akustični in svetlobni pogoji, raba energije in s tem povezani finančni in okoljski vidiki ter splošno udobje in počutje ljudi v stavbah. Zmožni smo bistveno bolj zanesljivega napovedovanja, kako se bodo objekti obnašali, ko bodo zgrajeni. V zadnjih 100 letih se je nedvomno neprimerljivo izboljšal pristop k temu, kako izoliramo objekte, kar je pripomoglo k večji energetski učinkovitosti stavb, manjšim okoljskim odtisom in tudi povečanemu udobju ljudi v stavbah. Razviti so bili napredni materiali in elementi, ki učinkovito izboljšujejo toplotne, svetlobne in akustične pogoje, kar povečuje udobje ljudi v notranjih prostorih. Vgrajujemo sisteme za vse bolj avtonomno delovanje stavb. Več vemo o trajnosti in trajnostnosti materialov, kar vpliva na življenjsko dobo stavb in lahko zmanjšuje potrebe po obnovi ter okoljske odtise. V zadnjih 100 letih je prišlo tudi do bistvene spremembe z vidika rabe standardov in regulativ. Vpeljali smo sistematično testiranje gradbenih elementov in materialov, kar omogoča boljšo in pravičnejšo oceno ter primerjavo njihovih lastnosti. Pred stotimi leti je načrtovanje stavb potekalo popolnoma drugače kot danes, predvsem smo se naučili bistveno bolje povezovati in komunicirati med seboj. Uporabljamo pristope, kot je informacijsko modeliranje gradenj (Building Information Modelling – BIM). Gre za proces, podprt s številnimi orodji, tehnologijami in pogodbami, ki vključujejo ustvarjanje in upravljanje digitalnih modelov za opis fizičnih in funkcionalnih lastnosti grajenega okolja. Podatke zajemamo s senzorji in upravljamo digitalne dvojčke, kjer odločitve sprejemamo informirano s pomočjo povratnih zank.

Kakšne izboljšave bi po vašem mnenju najbolj povečale odpornost stavb?

Izboljšanje odpornosti objektov na klimatske spremembe, predvsem na povečanje povprečne temperature, ostaja v središču naših raziskav. Predvsem razmišljamo o prilagoditvah zasnove in materialov, na primer pri izolaciji in senčenju, ki bistveno vplivata na zmanjšanje potreb po hlajenju. Hlajenje in kakovost zraka nas začenjata bolj skrbeti od ogrevanja. Razmišljamo tudi o bodoči zasnovi objektov, ki bi utegnili bistveno bolje izkoriščati naravno senčenje in pasivno hlajenje ter prezračevanje. Vgradnja zelenih streh in fasad, ki absorbirajo toploto in izboljšajo mikroklimo, postaja vse bolj razumljena. Pomembna je tudi uporaba pametnih tehnologij za optimizacijo delovanja sistemov. Odpornost povečujejo tudi izboljšani sistemi za odvod padavinskih voda z vidika ekstremnih vremenskih dogodkov. Vse pomembnejša bosta verjetno tudi redno pregledovanje in vzdrževanje objektov za odkrivanje in odpravljanje poškodb. Tu ponovno ne morem mimo ključnega vidika sodelovanja med strokami in gradnje zaupanja. Za naslavljanje kompleksnih izzivov odpornosti objektov prihodnosti bo nujno vključevanje strokovnjakov različnih disciplin.

Ali trenutno sodelujete v kakšnem zanimivem projektu?

Sodelavci Oddelka za gradbeno fiziko trenutno sodelujemo v več mednarodnih in slovenskih raziskovalnih projektih. Eden od njih, ki se osredotoča na izboljšanje praks krožne gradnje, je na primer namenjen zmanjševanju potrošnje naravnih virov in zmanjševanju emisij. Pripravili smo tudi smernico, ki je uporabna predvsem za javne naročnike. V drugem mednarodnem projektu ustvarjamo digitalno gradbeno knjigo, ki je osnovana na decentralizira-

nem grafu znanj. Namenjena je izboljšanju kakovosti gradnje, povečanju učinkovitosti ter zmanjšanju okoljskih vplivov in odtisov. Še en mednarodni projekt se osredotoča na razvoj in implementacijo inovativnih rešitev zdravih in okoljsko premišljenih stavb predvsem z vidika razvoja tehnologij za gradnjo ter testiranje in standardizacijo teh tehnologij. Z domačimi znanstveniki sodelujemo pri razvoju tehnične smernice za štirislojne zasteklitve. Sodelujemo pa tudi pri študiji toplotnih lastnosti in zmanjšanja vseživljenjskega vpliva alternativnih hibridnih eko-nanomaterialov v okolju z nizkim tlakom. To je le nekaj od projektov, s katerimi se naša skupina trenutno ukvarja.

Kako se osredotočate na merjenje odziva ljudi na gradbeno fiziko v notranjem okolju v prebojnih raziskavah?

Ker ljudje večino časa preživimo v stavbah, je pomembno zagotavljati pogoje, ki prinašajo udobje in učinkovito rabo virov, v mislih pa imamo tudi zdravje in splošno dobrobit uporabnikov. Ustrezna osvetlitev na primer uporabnikom prostorov zagotavlja tako vizualno udobje kot tudi druge koristi. Neposredno vpliva na izločanje hormonov, ki nam pomagajo vzdrževati dnevno nočne ritme, dolgoročno pa neravnovesje lahko povzroča depresijo in povečano pojavnost nekaterih oblik raka. Ljudje povezano dojemamo toplotne, akustične, svetlobne in druge pogoje v prostorih. Potrebe posameznikov se lahko precej razlikujejo glede na njihovo starost, ozadje, tip dela in podobno. Zato je pomembno, da se naučimo meriti direktne odzive in z naprednimi analizami izluščiti odzive ljudi ter stavbe tako prilagoditi potrebam uporabnikov, da jih bodo stavbe prihodnosti z optimalno rabo virov zadovoljile.

Kakšni so največji izzivi pri vašem delu?

Izziv članov naše ekipe je učinkovito usklajevanje vodenja, raziskovalnega in pedagoškega dela ter družinskih obveznosti. Zato se veliko posvečamo učinkoviti organizaciji in razvoju sposobnosti, kako razporejati prioritete. Naša skupina ima moto, da si prisluhnemo, se spoštujemo in veliko damo na medsebojne odnose. Gradbena fizika je področje, ki se hitro razvija, zato je treba nenehno slediti novostim in prilagajati pristope. Veliko se posvečamo tudi veščinam, ki nam omogočajo pridobivanje finančnih sredstev za raziskovalne projekte. Vse članke ekipe se spodbuja, da nadgrajujejo vodstvene in komunikacijske spretnosti. Nekateri se vključujejo tudi v pedagoško delo na partnerskih institucijah. To pomeni dodatno usklajevati interese študentov, fakultete in industrije, da zagotovimo relevantno in kakovostno izobraževanje. Po mojem mnenju je sicer največji izziv današnjega časa najti ravnovesje med različnimi zahtevami. Gradbena fizika se mi zdi stičišče, kjer vidimo družbene spremembe, kot so podnebne spremembe in trajnostni razvoj, ter nosimo odgovornost, da pomagamo pri rešitvah, ki jih nujno potrebujemo za prihodnost. To zahteva prilagodljivost in inovativnost. Zahteva pa tudi zaupanje vase in v soljudi.

Kakšna bi bila vaša idealna hiša?

Moja idealna hiša se prilagaja različnim potrebam, ki jih vsi doživljamo, ko potujemo skozi življenje. Po potrebi se večja in manjša, materiali in elementi so ponovno uporabljeni in prilagojeni temu, da se bodo ponovno uporabili, tudi ko ne bi bili več vgrajeni v hišo. Omogoča mi delo, raziskovanje, razmišljanje, počitek in igro. Veliko mi pomeni, da je usklajena z okoljem in da na okolje minimalno vpliva. Moja idealna hiša je tudi testno polje za napredne in manj standardne rešitve, na primer pa-

sivne pristope k ogrevanju, hlajenju in prezračevanju, dovršeno zasnovo transparentnih delov fasade in senčil glede na lokacijo ter uporabo solarnega dimnika.

Kako vidite vaš oddelek čez 10 let?

Oddelek gradbene fizike bo imel čez 10 let vrhunsko ekipo strokovnjakov in novo stavbo, kjer bomo združili naše laboratorije z vrhunsko opremo. Člani ekipe bodo strokovnjaki in vrhunski znanstveniki, ki doma in po svetu redno prejemajo najprestižnejše nagrade za svoje delo. Redno bomo objavljali vrhunske znanstvene članke in pisali knjige, ki jih bomo s ponosom promovirali na različnih dogodkih in konferencah. Aktivno bomo sodelovali v projektih, ki se osredotočajo na trajnostnost in okoljske

vidike grajenih objektov, ter pomagali pri zagotavljanju vrhunskih pogojev z vidika gradbene fizike (toplota, svetloba, akustika). Sodelovali bomo s številnimi domačimi in mednarodnimi institucijami ter podjetji. Tudi takrat bomo znani po tem, da smo vrhunski, nepristranski in zanesljiv partner. Vodilni v podjetjih in javnih institucijah se bodo zanašali na naše izsledke ter nas iskali za strokovna mnenja. Poleg trajnostnih rešitev, ki omogočajo kakovostno bivanje na Zemlji, bomo ključni člani ekip, ki bodo kreirale prvo »lunarno vas« in prostore za daljša potovanja in bivanja v vesolju. Svoja bogata znanja s področja odzivov ljudi na različne parametre grajenega okolja bomo znali praktično predstaviti. Na ta način bomo prispevali k znanstvenemu razvoju in izboljšanju življenjskega okolja za vse.



Požarna varnost trajnostnega grajenega okolja

prof. Grunde Jomaas

vodja Oddelka za požarno-varno trajnostno grajeno okolje

Lahko na kratko opišete vaš oddelek?

Glavna lokacija oddelka za požarno varno trajnostno grajeno okolje je Požarni laboratorij ZAG v Logatcu. Skupaj ima 25 zaposlenih v dveh sekcijah – sekcija za požarni laboratorij in požarno inženirstvo, ki jo vodi Friderik Knez, ima 15 zaposlenih, sekcija za raziskave in inovacije, ki jo vodi Aleš Jug, pa 10 zaposlenih. Imamo sodelavce in stranke iz cele Evrope, nekaj pa tudi iz drugih delov sveta. Pri slednjem je torej prednost, da osebje na oddelku govori več kot 10 jezikov.

Katere so trenutno glavne dejavnosti na oddelku?

V oddelku imamo dve glavni dejavnosti, in sicer raziskave in akreditirana požarna testiranja (odziv na ogenj in požarna odpornost). Kot pove že ime oddelka, se osredotočamo na raziskave za požarno varno trajnostno grajeno okolje. Glavne teme eksperimentalnih raziskav so povezane s fotovoltaike, baterijami, biomateriali in masivnim lesom. Vključeni smo tudi v raziskave, povezane s požarno varnostjo in trajnostjo. Kot taki smo dobro usklajeni s trenu-



tnimi prednostnimi nalogami na evropski ravni, kot so Green Deal, RePowerEU, New European Bauhaus in Direktiva o energetske učinkovitosti stavb.

Kateri so največji izzivi pri vašem delu?

Trenutno je zelo velik pritisk na hitro izvedbo novih gradbenih rešitev. Zaradi hitrega razvoja veliko predlaganih rešitev ni mogoče preizkusiti ali oceniti po uveljavljenih metodah. Zato vsak test zahteva več načrtovanja in razprave, saj brez standardov, ki bi jih morali upoštevati, v svojih poročilih na koncu podajamo priporočila in ne klasifikacije. Zato moramo biti pri svojem delu še toliko bolj previdni, saj moramo biti prepričani, da so naša priporočila splošno uporabna.

Katere so prednosti oddelka?

Imamo najsodobnejše objekte in izjemno osebje za izvedbo projektov in testiranja. Požarni labora-

torij ZAG je bil odprt leta 2022. Znanje temelji na 50-letnih izkušnjah, ki jih ima ZAG pri testiranju in raziskavah požara. Naše osebe sestavljajo zelo kompetentni tehniki in inženirji z veliko izkušnjami ter raziskovalci z doktoratom znanosti na številnih področjih. Ta kombinacija nam omogoča, da prevzamemo zahtevne in zelo zapletene projekte raziskav in razvoja.

Kako delite znanje, ki ga ustvarjate na oddelku?

Izsledke našega dela delimo v poljudnih in znanstvenih člankih, na seminarjih in delavnicah, v časopisnih in televizijskih intervjujih, na konferencah in spletnih seminarjih ter v smernicah. Seminarji in delavnice so pogosto v sodelovanju s Slovenskim združenjem za požarno varstvo (SZPV) in velikokrat tudi z Gasilsko šolo na Igu. Za nas je zelo pomembno, da sodelujemo z drugimi slovenskimi deležniki. S tem poskušamo na področju požarne varnosti pozitivno delovati tudi v Sloveniji. Širjenje na nacionalni ravni poteka tudi preko revije Požar, ki je osrednja publikacija o požarni varnosti v Sloveniji, SZPV pa ga izda štirikrat letno. Aktivno sodelujemo tudi na številnih konferencah po vsem svetu.

Kako tržite požarni laboratorij v majhnem mestu, kot je Logatec, za mednarodne stranke?

Pravzaprav je lažje, kot bi si mislili. Nekaj tega pride zelo naravno skozi dolgo in trdno zgodovino ZAG-a v zvezi s testiranjem požara, ki je dodatno utrjeno s članstvom v združenju EGOLF (European Group of Organisations for Fire Testing, Inspection and Certification). Pomemben vidik EGOLF-a je tesno sodelovanje v zvezi z izmenjavo znanja in spretnosti ter nenehno prizadevanje za odličnost s številnimi primerjalnimi študijami, da se zagotovi usklaje-

nost rezultatov testov v laboratorijih po vsej Evropi. Poleg tega so raziskovalci na oddelku vključeni v številne evropske projekte, kar ustvarja dobro prepoznavnost, tako neposredno z eksperimentalnim delom kot posredno s promocijo (npr. konference in spletni seminarji) ter od ust do ust. Končno vidimo, da naše spletne strani, ki se nenehno posodablajo, skupaj z aktivno uporabo LinkedIna ustvarjajo zelo dobro prepoznavnost. Potrdimo lahko, da je to privedlo do sodelovanja z mednarodnimi strankami, tudi izven Evrope.

Ali želite omeniti zanimiv dogodek, ki je zaznamoval vašo kariero?

Mislím, da je moja kariero bolj kot posebni dogodki oblikovala mobilnost oziroma moja pripravljenost na selitev, da raziščem nove izzive in priložnosti. Po študiju v dveh različnih izobraževalnih programih in mestih na Norveškem sem se preselil v ZDA, kjer sem ponovno študiral v dveh različnih programih in mestih. Po doktoratu sem delal v Franciji, na Danskem, v Avstraliji in Sloveniji – in prav skupek vseh teh izkušenj in ljudi, ki sem jih spoznal in z njimi delal, me oblikuje kot raziskovalca in vodjo.

Kako vidite svoj oddelek čez 10 let?

Upam, da bomo čez 10 let prepoznani kot vodilni laboratorij za raziskave in testiranja požarov, tako po ažurnosti in kakovosti našega dela kot tudi po strokovnem znanju, ki ga nudijo naši zaposleni. Posledično bomo imeli stabilno delovanje uravnoteženo med nacionalnimi in mednarodnimi raziskovalnimi projekti, raziskovalno-razvojnimi partnerji in strankami za akreditirano testiranje. Poleg tega bomo razširili svoje delovanje, tako da bomo ponudili večji obseg storitev in bomo lahko še bolje kot danes služili ter svetovali podjetjem in državnim institucijam.

Varne in trajne konstrukcije

dr. Iztok Klemenc
vodja Oddelka za konstrukcije



S katerimi dejavnostmi se vaš oddelek trenutno največ ukvarja?

Približno polovico resursov usmerjamo v različne raziskovalne in razvojne projekte na širšem področju gradbeništva. Tradicionalno nadaljujemo večletne raziskave za zmanjšanje potresne ogroženosti masivnih stavb. Trenutno so aktualne raziskave večetažnih lesenih gradenj, kot tudi uporabe lesa v kompozitih in možnosti alternativnih lepil. Na segmentu infrastrukture raziskujemo na področju ocen varnosti in trajnosti obstoječih mostov, v trendu krožnega gospodarstva razvijamo možnosti ponovne uporabe starih elementov mostov. Na strokovnem področju kot podlaga za sanacije ali

potresno utrditev pripravljamo ocene stanja stavb, pri gradnji in vzdrževanju državne prometne infrastrukture izvajamo izredne in obdodne preglede za DARS ter podajamo ocene stanja mostnih konstrukcij. Vključeni smo v naloge zunanje kontrole kakovosti, preko izdajanja soglasij in postopkov certificiranja smo vpeti v dajanje gradbenih proizvodov na slovenski in evropski trg.

Kateri projekti se vam zdijo še posebej zanimivi in bi jih radi izpostavili?

Z vidika podpore odločevalcem želimo izpostaviti raziskovalni projekt CRP ARIS »Strateške podlage za zmanjšanje potresne ogroženosti stavb pravosod-

ja v Sloveniji«, sofinanciran s strani Ministrstva za pravosodje, v katerem za 49 izbranih sodišč glede na potresno ogroženost izdelujemo kategorizacijo. Na reprezentativnih stavbah izvajamo in-situ preiskave ter nelinearne statične analize za obstoječe in z različnimi variantami utrjeno stanje, vključili pa bomo tudi finančno oceno. Za dvig tehnične kulture na področju kakovosti gradnje z lesom je pomemben strokovni projekt »Zagotavljanje kakovosti lesene trajnostne gradnje«. Zanimiv je tudi raziskovalni projekt CIRCUIT, v katerem razvijamo celosten pristop za spodbujanje krožnega gospodarstva prometne infrastrukture. Skupaj s partnerji bomo iz nosilcev, odvzetih iz mosta za rušenje, zgradili most v Črni na Koroškem. Omenil bi še projekt DataB-ridge, usmerjen v podatkovno podprto modeliranje obnašanja konstrukcij, pri katerem na osnovi meritev dinamičnih karakteristik konstrukcije določamo njihovo poškodovanost.

Kako vidite vplive podnebnih sprememb in nedavnih ujm na poškodovanost konstrukcij?

V zadnjih letih so se vremenski vzorci spremenili, kar se odraža v obsegu in intenzivnosti padavin, pogostejše so ujme v obliki neviht s točo in visoke hitrosti vetra. Ujme razkrijejo ranljivost zlasti starejših stavb. Na to temo smo pred leti izvedli projektno nalogo »Poškodbe ostrešij v poletnih neurjih«, v kateri smo ugotovili, da je treba pri presoji poškodovanosti upoštevati tudi stanje objektov pred pojavom ujme. Pošodbam objektov se v ujmah v celoti ne moremo povsem izogniti, lahko pa jih omilimo že z manjšimi ukrepi, kot na primer z dodatnim sidranjem strešne konstrukcije. Na drugi strani pa odpornost objektov na ujme ni odvisna le od konstrukcijske zasnove objektov, pač pa tudi od umeščanja v prostor – posebno problematična so

plazovita in poplavna območja. Posledica dolgotrajnejših intenzivnih padavin je pojav hudournikov, močno se dvigne nivo vode v strugah vodotokov. V lanskim ujmah se je pokazalo, da sta kombinacija nepremišljenih zasnov in intenzifikacija erozije zaradi naplavin ključna faktorja za razvoj hudih poškodb ali celo porušitev mostu med poplavami. Povsem slučajno smo ravno v tistem času te tematike preučevali v evropskih projektih oVERFLOW in CROSScade, v katerih smo razvili metode za oceno poplavne ranljivosti mostov.

Ali je po vašem mnenju vprašanje potresne varnosti grajenega okolja še vedno aktualno?

Seveda, v Sloveniji so močnejši potresi pričakovani, vendar se nanje zaradi redke pojavnosti pogosto pozablja. Močnejši potresi bodo prizadeli mostove. Čeprav v Sloveniji obsežnih porušitev mostov ne pričakujemo, bo do določenih poškodb zagotovo prišlo, kar lahko resno vpliva na pretočnost prometne infrastrukture, zato sta za varno uporabo infrastrukture nujna pravilna ocena in odločanje. Na ZAG-u smo se že pred desetletji začeli ukvarjati z ocenjevanjem potresne ogroženosti stavbnega fonda, ko so bile potresne obtežbe še zelo podcenjene. Skozi čas so predpisi za potresno odporno projektiranje zelo napredovali, zato so utrditve marsikaterega starejšega objekta res nujne! Pred dobrimi 10 leti smo s partnerji razvili in nato večkrat nadgradili model POTROG za oceno potresne ogroženosti stavb za načrtovanje ukrepov zaščite in reševanja ob potresu. V okviru projekta je bila razvita tudi aplikacija »Oceni svojo stavbo«, s katero lahko lastniki pridobijo grobo indikativno oceno poškodovanosti svoje stavbe na določeni lokaciji ob projektnem potresu.

Uporaba lesa kot gradbenega materiala doživlja preporod, vendar pa naj bi začetki ukvarjanja z lesenimi konstrukcijami na ZAG-u segali precej v preteklost. Ali to drži?

Področje lesenih konstrukcij je bilo kot pomembno prepoznano že pred štirimi desetletji, ko je bil oblikovan Odsek za lesene konstrukcije. Takrat je bil les primarni nosilni material za izvedbo strešnih konstrukcij in gradnjo začasnih objektov. Aktivnosti pregledovanja objektov so se razvile v povezovanje z industrijo v obliki raznovrstnih mehanskih laboratorijskih preiskovanj, danes igramo pomembno vlogo na področjih izdelave tehničnih soglasij in certificiranja. Vseskozi smo se povezovali z izobraževalnimi ustanovami, preko projektov krepimo sodelovanje z domačimi in tujimi raziskovalnimi inštitucijami, naše kompetence pa prepoznajo tudi ministrstva, ki so nam zaupala izvedbo projektov »Poškodbe zaradi neurij« in »Zagotavljanje kakovosti lesene gradnje«. Še nadalje podpiramo popularizacijo področja gradnje z lesom, a se na drugi strani zavedamo tudi specifičnosti lesa kot materiala in zahtevnosti gradnje z lesom, čemur se v praksi pogosto posveča premalo pozornosti.

Kakšen bo vpliv digitalizacije in umetne inteligence na področju nosilnih konstrukcij?

Pri analizi objektov nam digitalizirana dokumentacija lahko prihrani veliko časa pri ugotavljanju zasnove in predelav nosilne konstrukcije. Pričakujemo velik napredek orodij in sistemov za pregledovanje in monitoring objektov, posebno tistih z večjimi tveganji ali negativnimi posledicami v primeru njihove odpovedi. Digitalizacija in umetna inteligenca sta opazna pri razvoju merilne in preizkuševalne opreme za izvedbe in obdelave meritev, vpeljavi pametnih senzorjev in naprednih merilnih tehnologij, kot

tudi pri obdelavi in uporabi prostorskih podatkov. Umetna inteligenca omogoča večje zmogljivosti raziskovalnih orodij, medtem ko se vpliv digitalizacije kaže v večji razpoložljivost različnih merskih podatkov, ki omogočajo naprednejše raziskave ter učinkovitejše vzdrževanje sistemov in upravljanje sredstev. V prihodnosti bodo projektiranje, ocena stanja in vzdrževanje nosilnih konstrukcij močno povezani z digitalizacijo in umetno inteligenco, kar bo izboljšalo učinkovitost in varnost, omogočilo inovacije in bolj trajnostne gradbene rešitve. Poleg naštetih prednosti pa se moramo zavedati tudi omejitev, pri čemer lahko neodgovorna raba privede do napačnih rezultatov za nadaljnje odločanje.

Ali je po vašem mnenju tematika nosilnosti konstrukcij v senci energetske prenove stavb in zelenega prehoda?

Fokus evropske politike pri prenovi stavb je v zadnjih 15 letih usmerjen v energetske prenove. Glede na to, da je v Sloveniji potresna nevarnost povečana, je pri prenovi obstoječih stavb nujno potrebna celostna prenova, ki vključuje tudi konstrukcijske utrditve. Mehanska odpornost in stabilnost namreč ne predstavljata brez razloga prve bistvene zahteve, ki jo mora izpolnjevati vsak konstrukcijski element in objekt kot celota. V tem kontekstu prepoznavamo kot problematične tudi določbe Gradbenega zakona, ki omogočajo legalizacijo objektov daljšega obstoja na podlagi starosti brez preverbe njihove mehanske odpornosti in stabilnosti ter potencialnega ogrožanja sosednjih objektov in okolice, zlasti v območjih strnjenih pozidav.

Katere konstrukcije so se v zadnjih 100 letih najbolj izboljšale?

V tem obdobju je prišlo do ogromnega napredka v razumevanju obnašanja konstrukcij pri različnih



obremenitvah in standardiziranih smernicah za zasnovno in gradnjo konstrukcij, kot tudi razvoja in napredka na področju sistemov gradnje z različnimi materiali in tehnologijami. V mislih imamo pojav armiranega betona in tehnologijo prednapenjanja, ki sta omogočila moderne premostitvene objekte današnjih oblik in gabaritov, ogromen je napredek tudi pri zidani gradnji. Nenazadnje velja omeniti tudi skokovit napredek lesenih konstrukcij, hitro se razvija gradnja iz križno lepljenih CLT plošč, ki samostojno ali v kombinaciji z jeklom in armiranim betonom omogoča gradnjo objektov v gabaritih, ki si jih prej ni bilo mogoče zamisliti.

Ali menite, da je pri gradnji objektov obseg nadzora zadosten?

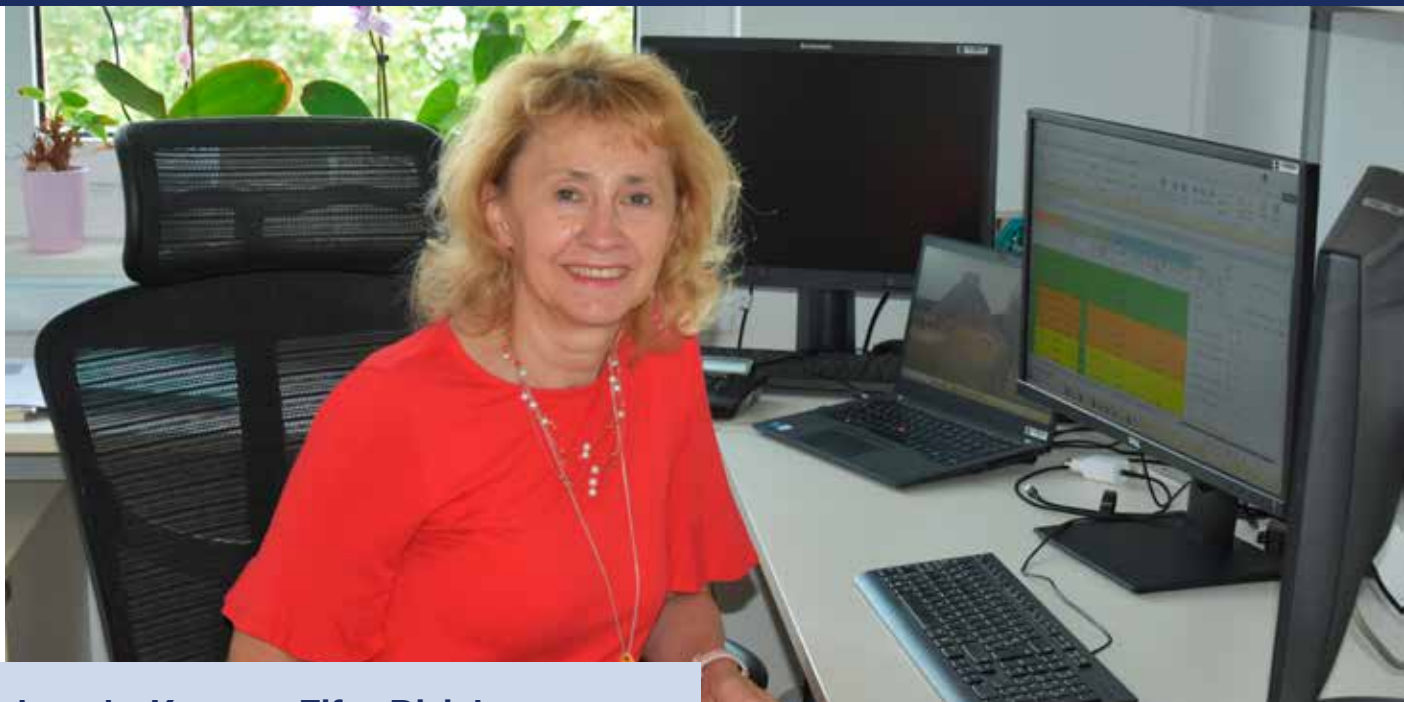
Razvoj materialov in kompleksnost sodobne gradnje zahtevata dobro poznavanje vseh področij s strani projektantov, izvajalcev in nadzornikov, ki so pogosto postavljeni pred specifične naloge, za katere nimajo vedno dovolj podrobnih znanj in izkušenj. V teh primerih je še posebej nevarno zmanjševanje obsega nadzora, ki se lahko negativno odraža na kakovosti gradnje, zato zagovarjamo vzpostavitev in ohranitev strogih standardov ter dosledno izvajanje nadzora, vključno z zunanjo kontrolo kakovosti in revizijo projektov. To je bil tudi pristop DARS-a na začetku gradnje avtocestnega križa pred slabimi

tremi desetletji, ko je vključil strokovnjake ZAG-a kot zunanjo kontrolo kakovosti. S svojim znanjem in izkušnjami smo v pomoč nadzornikom, investitorju, v določenem delu pa tudi projektantom.

Kateri so največji izzivi pri vašem delu?

Vsi odseki oddelka preskušanja izvajajo v Laboratoriju za konstrukcije, kar vodi do pogostih trenj pri razporeditvi resursov laboratorija, posledično je naša stalna naloga usklajevanje prioritet. Soočeni smo z omejitvami razpoložljivega kadra na trgu delovne sile, kar predstavlja oviro pri prenosu znanja in izkušenj ob upokojitvah naših dolgoletnih sodelavcev, zaradi česar bo težko ohraniti visoko raven strokovnosti. Velik izziv predstavlja, kako različne tematike nosilnih konstrukcij vključiti v aktualne razpise zelenega prehoda in krožnega gospodarstva. Ob tem je treba upoštevati, da so eksperimentalni preskusi konstrukcijskih elementov in sistemov zelo dragi in tudi dolgotrajni, saj zahtevajo realne in velike vzorce ter sodobno infrastrukturo za preskušanje z izkušenimi strokovnjaki za izvedbo in interpretacijo rezultatov. S širšega vidika vsakodnevni izziv ostaja zakonodaja v sistemu javnega naročanja, v katerem najnižja cena še vedno prevlada nad strokovnostjo, po drugi strani pa je najnižja cena praviloma v koliziji z obsegom in kakovostjo storitve, ki zahteva več časa in boljše materiale.

Izzivi geotehnike in prometne infrastrukture



doc. dr. Karmen Fifer Bizjak
vodja Oddelka za geotehniko in prometnice

Kateri so skupni izzivi geotehnike in prometne infrastrukture v prihodnosti?

Področji geotehnike in prometne infrastrukture se danes soočata z več skupnimi izzivi na področju zagotavljanja varnosti, trajnosti in učinkovitosti infrastrukturnih objektov. Ob vse bolj zaznanih podnebni vplivih je poleg zagotavljanja stabilnosti in nosilnosti tal treba upoštevati tudi vplive ekstremnih vremenskih pojavov. Povečana pogostost teh pojavov, kot so intenzivne padavine, poplave, suše in visoke temperature, vpliva na stabilnost tal in trajnost infrastrukture. Omejen prostor za novo prometno infrastrukturo v urbanih območjih zahteva inovativne

rešitve in tehnologije, ki minimalizirajo motnje za prebivalce in obstoječe objekte. Trajnostna gradnja temelji na uporabi naprednih tehnologij in uporabi recikliranih materialov.

Kako v raziskave vključujete usmeritve trajnostne gradnje v gradbeništvu?

V ta namen se izvajajo obsežne raziskave novih mostovnih konstrukcij z oporniki, ki zagotavljajo stabilnost mostu tudi ob izjemnih pretokih rek, kot smo jim bili priča ob lanskoletnih poplavah. Tehnologija gradnje mostnih opornikov iz armirane zemljine je bila z ravni laboratorijskih preiskav uspešno prene-

sena v naše okolje že leta 2014, to je bil most čez Pavlovski potok v občini Ormož. Sedaj se dopolnjuje z uporabo recikliranih materialov z namenom vključevanja področja gradbeništva v krožno gospodarstvo. Novi koncept gradnje mostov je bil potrjen v mednarodni javnosti z objavami v uglednih znanstvenih revijah. V okviru EU projekta Circuit se bo mostni opornik iz armirane zemljine izvedel tudi v občini Črna na Koroškem, z uporabo izključno recikliranih materialov.

Ali so pri tem kakšne zakonodajne omejitve?

Okoljske direktive so glede porabe recikliranih materialov v gradbeništvu izjemno stroge, zato je treba izvesti obsežne raziskave na makro- in mikroskopskem nivoju, da se dokaže okoljska sprejemljivost teh materialov, ki se večinoma uporabljajo za zasipe in nasipe. Dodajanje alkalijskih aktivatorjev in ostalih recikliranih proizvodov trdnostne karakteristike bistveno poviša, zato bo razvoj v naslednjih letih podprt v smeri stabilizacije slabo nosilnih materialov z dodatki, razvitimi s postopki recikliranja odpadkov gradbene industrije. Ohranitev naravnih virov je nujna za naslednje generacije, prav tako ponovna uporaba odpadkov, ki bi sicer končali na že tako prenapolnjenih odlagališčih. Omenjene materiale smo uspešno razvili in uporabili pri gradnji demonstracijskih objektov v EU projektih Paperchain in Cinderella, sedaj pa se raziskave osredotočajo na razvoj materialov za protipoplavni nasip v okviru projekta LIFE IP Restart.

Kakšno je stanje na področju železniške infrastrukture?

V zadnjih letih je v Sloveniji novogradnja in posodobitev železniške infrastrukture v polnem zamahu. Razvoj novih materialov in njihova uporaba sta

še posebej zahtevna s stališča dinamičnih obremenitev ter dolgoročne zanesljivosti in stabilnosti železniške proge. Tudi v tem primeru je prisotna želja po ponovni uporabi materialov.

V okviru projekta LIAISON razvijamo tirno gredo z uporabo izrabljenega kamenega agregata tirne grede, kateremu se doda agregat iz recikliranih odpadnih avtomobilskih pnevmatik. Takšna modificirana tirna greda ima lahko še vedno zadostno nosilnost in togost, poleg tega pa tudi zmanjšuje emisije zvoka in vibracij v okolje. Znižanje hrupa v okolici prometne infrastrukture je poglobljen doprinos k dvigovanju kakovosti bivanja vseh prebivalcev, ki ob infrastrukturi živijo. Novi materiali in tovrstna posboljšana tirna greda bodo uporabljeni na demonstracijskem objektu v okviru projekta.

Ali stara in obremenjena prometna infrastruktura na naših cestah in železnicah potrebuje temeljito obnovo ali celo zamenjavo?

Bistvenega pomena za pravilno odločitev so zanesljivi podatki o stanju prometne infrastrukture. V zadnjih letih je bil dosežen velik napredek pri razvoju tehnologij za zbiranje različnih podatkov o infrastrukturi in pri razvoju naprednih metod za obdelavo podatkov o njenem stanju. Tehnologije, kot so daljinsko zaznavanje, satelitsko spremljanje stanja, množično zbiranje podatkov, komunikacije med vozili in infrastrukturo, napredna obdelava podatkov in internetna podpora, bistveno pripomorejo h kakovostnejšemu zaznavanju kritičnih lokacij na infrastrukturi in ustrežnejšemu ukrepanju. Na podlagi dela z novimi metodami in tehnologijami lahko cestne in železniške uprave bolje gospodarijo s prometno infrastrukturo.

Verjetno uvajate nove metode?

Da, nove metode smo preskusili v projektu IN-FRACOMS – Innovative & Future-proof Road Asset Condition Monitoring Systems. Treba pa jih je predvidno prilagoditi specifičnim okoljem predorov in nedostopnih strmih pobočij ob prometni infrastrukturi, visokim mostovom in pregradam ter viaduktom velikega razpona. Razvoj orodij prepoznavanja poškodovanosti objektov je še vedno izziv, ki ga nadgrajujemo z razvojem učnih algoritmov prepoznavanja poškodb v objektih posebnega pomena. Naš cilj je razvoj lastnih orodij za popolno avtomatizacijo prepoznavanja poškodovanosti težko dostopnih objektov, ki so zahtevni z vidika varnosti delavcev, ki izvajajo preglede konstrukcij, kot tudi z vidika oviranja ali preusmerjanja prometa. Vključevanje sodobnega daljinskega zaznavanja kot metode za oceno varnosti in funkcionalnosti objektov posebnega pomena bo doprineslo k skrajšanju avtomobilskih kolon in zmanjšanju nejevolje voznikov ob zaporah.

Kakšne prilagoditve bodo potrebne za prihajajoča samovozeča vozila?

Samovozeča vozila različnih ravni samovoznosti zahtevajo vzpostavitev in vpeljavo novih konceptov ter podpornih rešitev na področju fizične (prometne), digitalne in komunikacijske infrastrukture. S testiranjem na zaprtih območjih, v prometu in s pomočjo simulacij prometa je treba preveriti učinkovitost rešitev vsaj za področja funkcionalne varnosti prometne infrastrukture, prometne varnosti in učinkovitosti, obnašanja voznikov, okoljskega odtisa ter zanesljivosti storitev v prometu. S tem se ukvarjamo v mednarodnem raziskovalnem projektu Augmented CCAM (Augmenting and Evaluating the Physical and Digital Infrastructure for CCAM deployment).

Kako bi lahko izboljšali kvaliteto asfalta, ki močno vpliva na udobje vožnje?

Asfalt je material, ki je po eni strani v cestni prometni infrastrukturi podnebnim spremembam najbolj izpostavljen, po drugi strani pa se zaradi številnih okoljskih in ekonomskih prednosti vanj vgrajuje oziroma meša vedno več recikliranih materialov. Tovrstni dodatki niso vedno primerni za praktično uporabo, zato se naše raziskave odvijajo v smeri iskanja optimalne sestave naravnih in recikliranih snovi v asfaltni mešanici. To pa lahko izvajalcem del in upravljavcem cestnih omrežij prinese okoljske prednosti in finančne prihranke. Naslavljanje teh izzivov in rezultati raziskav uvrščajo naš laboratorij med evropsko priznane laboratorije.

Za konec bi prosila še za oris dela vašega oddelka in želj za prihodnost?

Naše delo zahteva celovit in interdisciplinaren pristop, ki vključuje sodelovanje med geotehniki, gradbeniki, kemiki, fiziki in okoljskimi strokovnjaki. S številnimi evropskimi projekti smo že trdno zasidrani v evropskem raziskovalnem prostoru, to dejavnost pa želimo še okrepiti. Tesna povezanost z gospodarstvom nam omogoča hiter prenos novih tehnologij in spoznanj v prakso. Naši raziskovalci dosegajo izjemne uspehe. Vodja Laboratorija za asfalte in bitumenske proizvode je letos povabljen na Forum o znanosti in tehnologiji v družbi (STS forum). S celega sveta je bilo izbranih 130 mladih vodij raziskovalnih oddelkov in laboratorijev za posebno srečanje z Nobelovimi nagrajenci. Raznolika kadrovska sestava ZAG-u omogoča premikanje meja razvoja na področju gradbeništva. Želimo uvesti še več novih, naprednih raziskav in sodelovati pri razvoju tehnologij, ki so ključne za reševanje teh izzivov ter zagotavljanje varne, trajnostne in dostopne prometne infrastrukture.

Kalibracija meril zagotavlja njihovo primerljivost

dr. Miha Hiti

vodja Laboratorija za metrologijo



Zakaj je metrologija pomembna?

Metrologija ali meroslovje je stalno prisotna na vseh področjih življenja, tako zasebnega kot poslovnega. Če želimo nekaj ovrednotiti, primerjati ali ugotoviti skladnost, moramo to najprej izmeriti. In čim govorimo o merjenju, se podamo na področje meroslovja. Vsako merilo, ki ga uporabimo za merjenje, mora kazati pravilne vrednosti, kar zagotovimo s tem, da merilo kalibriramo, to pomeni, da ga primerjamo z referenčnim merilom oz. etalom. Brez kalibracije bi bila merila med seboj neprimerljiva. Poslanstvo Laboratorija za metrologijo je prav

izvajanje kalibracij meril, s čimer zagotovimo njihovo primerljivost, pa naj bo to med uporabniki v Sloveniji ali po celem svetu.

Kako umetna inteligenca oz. digitalizacija vpliva na metrologijo?

Izvajanje kalibracij je v osnovi relativno enostaven postopek: kazanje neznanega instrumenta primerjamo z referenčnim instrumentom, vendar pa je na mnogih področjih avtomatizacija kalibriranja težko izvedljiva. Še vedno je večinoma potrebna prisotnost človeka, ki s seboj nosi merilno opremo, jo

priključi in tudi ročno upravlja merilne aparate. Nekateri preskusni stroji, ki jih kalibriramo, so starejši od 75 let, v takih primerih težko govorimo o uporabi digitalizacije in umetne inteligence. V zadnjih letih gre sicer digitalizacija predvsem v smeri izdelave digitalnih kalibracijskih certifikatov, ki bodo strojno izmenljivi, berljivi in razumljivi. S tem bo uporabnik merilne opreme izločen iz procesa, naš računalnik bo lahko neposredno naložil rezultate kalibracije v merilno opremo in s tem zagotovil pravilno kazanje. Algoritmi strojnega učenja pa so zanimivi pri bolj zahtevnih kalibracijah, kjer želimo modelirati referenčno merilno opremo, da bi z modelom lahko med kalibracijo korigirali izmerjene vrednosti glede na neželene vplive in s tem omogočili manjše merilne negotovosti.

Ali trenutno sodelujete v kakšnem zanimivem projektu?

Lansko leto smo zaključili štiriletni mednarodni raziskovalni projekt s področja merjenje sile pod dinamičnimi pogoji, torej takimi, ki se večinoma pojavljajo v praksi. Cilj projekta je bil zagotoviti ustrezno meroslovno sledljivost in ustrezne postopke za kalibriranje dinamične sile. Kljub novo razvitim metodologijam in predlogom za standardizirane postopke je ostalo še precej odprtih vprašanj.

Na katerem področju metrologija najbolj vpliva na varnost?

V Laboratoriju za metrologijo kalibriramo opremo za različne panoge industrije, za preskušanje materialov za avtomobilsko industrijo, farmacevtsko industrijo ali gradbeništvo, pa naj gre za preskušanje nosilnosti vrvi, preverjanje nosilnosti mostov ali odziv stavb na potres. Če želimo dokazati, da je nekaj varno, moramo običajno izvesti preskus

in meritve, v vseh teh primerih pa lahko šele kalibrirana oprema zagotovi pravilne in zanesljive rezultate.

V preteklosti ste bili nosilci referenčnega etalona. Kakšno pa je trenutno stanje?

V preteklosti, od leta 2004 do 2009, je bil laboratorij priznan kot nosilec referenčnega etalona za silo, trdoto in moment sile, skupaj z referenčnim etalonom za množino snovi. Na žalost smo po letu 2009 izgubili uradni status, vzdržujemo pa v laboratoriju še vedno referenčne etalone za silo, ki so na najvišjem nivoju v Sloveniji. V teh letih smo jih redno nadgrajevali in širili obseg ter tako zagotovili primerljivost s tujimi kalibracijskimi laboratoriji in nacionalnimi meroslovnimi instituti. Lahko rečemo, da izvajamo aktivnosti, kot da bi bili uradno imenovani kot nacionalni etalon za področje sile: zagotavljamo najboljše kalibracijske zmogljivosti, organiziramo medlaboratorijske primerjave, izvajamo izobraževanja, raziskujemo in objavljamo znanstvene prispevke, sodelujemo v mednarodnih raziskovalnih projektih in še več.

Kakšni so največji izzivi pri vašem delu?

Največji izziv pri našem delu je stalno preverjanje in nadzor pravilnosti naših meritev oziroma našega dela. Vsak naš rezultat in kalibracijski certifikat namreč zagotavljata meroslovno sledljivost velikemu številu meritev, kjer naš napačen rezultat povzroči učinek domin – vsi nadaljnji rezultati bodo napačni. Včasih imamo občutek, da več časa in energije posvetimo preverjanju meritev kot izvajanju kalibracij. Vsaka naša kalibracija mora biti pravilna in zanesljiva, torej taka, za katero lahko stojimo. Drugi velik izziv je pokazati uporabnikom pomen rezultatov kalibriranja, da jih znajo pravilno upora-

biti in izkoristiti potencial, ki jim ga nudijo. Da jih vidijo kot potrditev procesa ali možnost za izboljšanje, ne le kot nepotreben strošek.

Kaj menite, kako bo videti vaš laboratorij čez 10 let?

Mislim, da se laboratorij v 10 letih ne bo bistveno spremenil. Razen digitalizacije kalibracijskih certifikatov, ki sem jo že omenil, bo večina referenčne opreme ostala enaka, prav tako bomo še vedno potrebovali sodelavce, ki izvajajo kalibracije, in prostore, kjer bo postavljena referenčna oprema. Desetle-

tje je na našem področju precej kratka doba, naša referenčna oprema šele s časom dokazuje svojo stabilnost, s čimer lahko opravičimo nizke merilne negotovosti. Bomo pa na podlagi izkušenj v zadnjih letih razširili kalibracijske postopke na dinamične sile in področje kalibriranja momenta sile, ki gre s področjem sile z roko v roki, prav tako področje trdote kovin. Drugače pa bi bili veseli, če bi Urad za meroslovje končno priznal naše referenčne stroje kot nacionalne etalone. Želimo si tudi čim več nadaljnega mednarodnega sodelovanja in zanimivih raziskovalno-razvojnih projektov.







Prispevek ZAG-a k reševanju družbenih izzivov

Dediščinska znanost

doc. dr. Sabina Dolenc
dr. Mateja Golež
Ana Brunčič

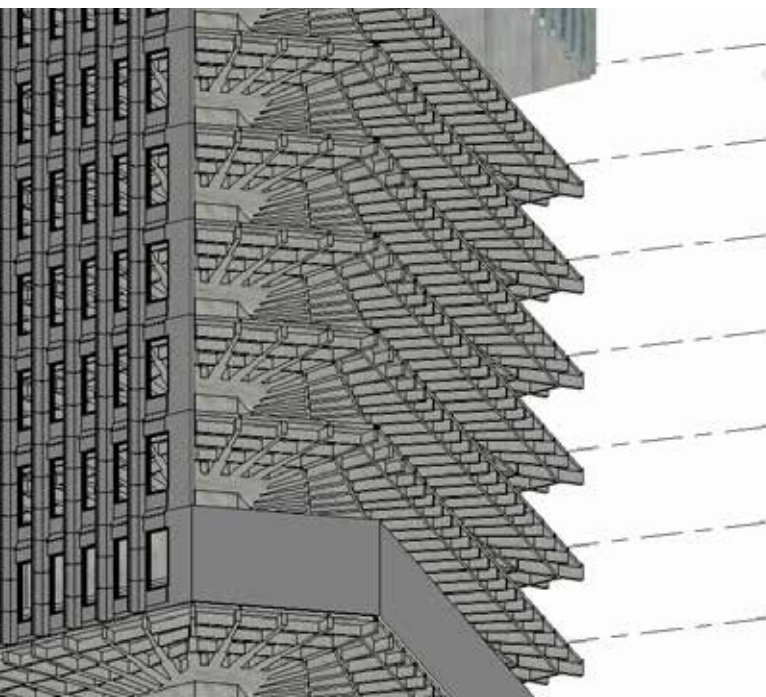
Obravnava dediščine je ena od stalnih dejavnosti na ZAG-u, trenutno delujoča v sklopu interne transdisciplinarne skupine raziskovalcev sHERezad: Trajnostna grajena dediščina. Raznolikost in širina, bogate izkušnje, mednarodne povezave ter širok nabor znanj in opreme zagotavljajo kompetentnost in kredibilnost skupine.

Kulturna dediščina je odraz identitete raznolikih kulturnih okolij, zato jo je treba celostno ohranjati in upravljati kot vir trajnostnega razvoja. Področje dediščinske znanosti se hitro razvija v samostojno vedo, ki zahteva izrazito interdisciplinaren pristop. Temelji njenega razvoja izhajajo iz naravoslovnih znanosti, v tesni povezavi s humanističnimi vedami, oboje pa danes povezujemo s sodobnimi digitalnimi tehnologijami. Slovenija ima bogato in raznoliko dediščino, ki je v svojem jedru zelo povezana z grajenim okoljem vasi, trgov in mest, znotraj njih pa s posameznimi obstoječimi objekti. Sodobni trendi,

kot je Novi evropski Bauhaus (NEB), pa tudi zahteve Zelenega dogovora, odpirajo možnosti in podpirajo zmožnosti, da se prepoznavne dediščinske vrednote prenesejo tudi v gradnjo novih objektov. Pri razumevanju in ohranjanju dediščine ter njeni trajnostni uporabi so zato ključnega pomena njeno dokumentiranje, preučevanje, vključevanje v sodobno življenje, zagotavljanje njene varne uporabe, omogočanje dostopa, izobraževanje, popularizacija in vključevanje v interdisciplinarne razvojne projekte.

ZAG je izrazito interdisciplinarna raziskovalna institucija, ki je v svoji 75-letni zgodovini delovanja med drugim pridobila bogate domače in mednarodne izkušnje na področju raziskav kulturne dediščine oz. dediščinske znanosti. V luči sodobnih trendov v družbi, kot so Novi evropski Bauhaus, Green Deal in drugi programi s področja kulturne dediščine, ki so bistveno bolj naravnani v prenovi stavbne dediščine kakor v preteklosti, si prizadevamo rezultate svojega raziskovalnega dela prenesti tudi v vsakdanjo prakso. Hkrati si prizadevamo še močnejše povezati znanost, umetnost in gospodarstvo na način, ki se bo v prostoru odražal skozi učinek več prenovljenih in zato tudi več ohranjenih objektov kulturne dediščine, kar je ključno za ohranjanje našega historičnega prostora in identitet v prihodnje.

Obravnava dediščinske znanosti na ZAG-u zajema karakterizacijo, sintezo in analizo materialov in sistemov za utrjevanje, konstrukcijske sisteme in njihovo nosilnost ter odpornost, analize nosilnosti, tehnologijo izvedbe, geomehaniko, analizo vplivov na okolje, digitalizacijo ter potresno in požarno odpornost. V zadnjem času pa vse bolj tudi analizo vpliva pod-





nebnih sprememb na stanje dediščine ter uvajanje neinvazivnih in nedestruktivnih tehnik v postopke karakterizacije stanja oziroma njegov monitoring. Z združevanjem širokega nabora pristopov zagotavljamo holistično obravnavo dediščine: razvoj tehnik, metod in načinov karakterizacije ter spremljanja procesov, ki vplivajo na ohranjanje dediščine. Poleg širokega nabora dejavnosti na področju raziskav kulturne dediščine dajemo močan poudarek tudi

na izobraževanju, zato je bila letos na začetku julija organizirana 1. mednarodna poletna šola 2024 z naslovom »In situ tehnike pri ohranjanju stavbne dediščine«.

Skupina je aktivni soustvarjalec dediščinske znanosti prek objav in članstev v E-RIHS Evropski raziskovalni infrastrukturi dediščinske znanosti E-RIHS, Mednarodnem svetu za spomenike in spomeniška območja (ICOMOS), Slovenskem konservatorskem

društvu (SKD), Društvu restavratorjev Slovenije (DRS), Združenju zgodovinskih mest Slovenije, Global Heritage Stone, Scientific Advisory Board for the X-ray microCT activity at the VisionLab in Evropski gradbeni tehnološki platformi/področje kulturne dediščine (ECTP C). Redno sodelujemo tudi pri reševanju strokovnih problemov dediščine, na nacionalnih razstavah ter v raziskovalnih projektih – doma in v tujini.



Osredotočeni smo na poglobitev znanj na področju identifikacije in reševanja specifičnih problemov raznolike kulturne dediščine s pomočjo interdisciplinarnih raziskav, vključno z inovativnim prenosom znanja med različne deležnike. Z vključevanjem najsodobnejših znanstvenih praks zagotavljamo celoten nabor analitskih tehnik in znanstvenih metod ter njihovo uporabo pri vsakodnevnih izzivih varovanja dediščine v praksi. Vključitev široke skupine raziskovalcev zagotavlja črpanje strokovnega znanja iz številnih disciplin, ne samo znotraj inštituta, ampak tudi znotraj mreže raziskovalne infrastrukture E-RIHS, skupnosti strokovnjakov, ki delujejo na mednarodnem področju raziskav kulturne dediščine. Obravnavamo »tisoč in eno« zgodbo v okviru štirih ključnih raziskovalnih tem: 1) dediščinsko znanost, 2) oceno tveganja dediščine in odpornost, 3) moderno in sodobno dediščino ter 4) dediščino prihodnosti.

Dediščinska znanost združuje razumevanje preteklosti in sodobno upravljanje dediščine. Njen razvoj omogoča najsodobnejša raziskovalna infrastruktura s področja znanosti o materialih, od prenosne za izvajanje neinvazivnih in nedestruktivnih merilnih tehnik, ki jih je mogoče uporabiti na kraju samem, do stacionarnih, ki so del opreme specializiranih raziskovalnih laboratorijev. Vključitev fototehnik omogoča vizualizacijo artefaktov, objektov ali zgradb – strukture in sestave njihovih površin. Del dediščinske znanosti je tudi državljanska dediščinska znanost, katere poslanstvo je prenos rezultatov raziskav v javnost.

Ocena tveganja dediščine in zagotavljanje njene odpornosti na različne vplive, od požara do potresa, je praktičnega pomena za upravljavce dediščine, njeno interpretacijo in krepitev odnosa do dediščine. Vključuje razvoj novih in vključujočih metodoloških in teoretičnih okvirjev ter obravnava participativno upravljanje dediščine, trajnostni razvoj, krožno go-

spodarstvo v dediščini, njene vrednote in dediščino na konfliktnih območjih.

Moderna in sodobna dediščinska znanost se ukvarja z materiali, ki so omogočili nove oblike umetniškega izražanja, kakor tudi načine gradnje, ter sledi ključnim znanstvenim dosežkom zadnjih 150 let. Poudarek je na spremljanju odziva uporabe novih materialov na okoljske pogoje, njihove vgradnje v stavbe ali umetniška dela, predvsem v smislu razumevanja degradacijskih procesov, podatki pa so ključni za razvoj strategij ohranjanja dediščine.

Dediščina prihodnosti se ukvarja z dediščino, ki še ne obstaja in ki lahko zahteva nove pristope k načinu teoretiziranja, kuriranja in zaščite dediščine. Išče načine, kako lahko dediščina prispeva k uspešnemu prilagajanju kompleksnejših družb na spreminjanje okolja, z vsemi tveganji, ki jih prinaša sodobni način življenja.



Vozlišče za digitalno proizvodnjo – 3D tisk

dr. Lucija Hanžič

Prizadevanja za digitalizacijo gradbenega sektorja so se pričela v 90. letih prejšnjega stoletja, ko se je zaradi naraščajoče količine digitalno zbranih podatkov in razširjene uporabe programskih orodij, pojavila potreba po učinkovitem hranjenju in dostopanju do generiranih podatkov. Sledil je razvoj BIM (Building Information Modelling) in digitalnih dvojčkov. Vendar pa globalno pomanjkanje delovne sile in potreba po racionalni rabi materialnih virov silita gradbeno industrijo v implementacijo digitalnih orodij tudi na področju fizične proizvodnje. Z napredkom, doseženim v zadnjem času, postajajo avtonomni roboti in sodelovanje med človekom in robotom realna možnost tudi v dinamičnem okolju na gradbiščih, s tem pa se spremeni način, kako razmišljamo in gradimo urbana okolja.

ZAG je potencial digitalne proizvodnje v gradbeništvu prepoznal leta 2018, ko je bila formirana skupina za 3D tisk. Zaradi hitrega razvoja in porasta zanimanja je bila skupina leta 2023 preoblikovana v projektno skupino poimenovano Vozlišče za digitalno proizvodnjo, krajše DFHub (iz ang. »Digital Fabrication Hub«). Skupina združuje več kot 20 ZAG-ovih raziskovalcev iz različnih področij in tako celovito obravnava digitalno proizvodnjo: od materialov in tehnologij, preko mehanskih, fizikalnih in požarnih lastnosti izdelkov, do razvoja novih metod za testiranje in analizo elementov proizvedenih z digitalnimi metodami. Trenutni fokus skupine je na digitalni aditivni proizvodnji, ki jo poljudno imenujemo 3D-tisk, saj ta vrsta digitalne proizvodnje kaže največji potencial za implementacijo.

Tehnike 3D tiskanja, ki so najbolj primerne za proizvodnjo gradbenih izdelkov, so selektivno spajanje

zrnavih materialov in ekstruzijske metode. Za spajanje zrnavih materialov so primerni tako inertni kot reaktivni zrnati materiali, ki jih v tankih slojih nanašamo enega na vrh drugega. Nanosu sloja sledi prehod tiskalne glave, ki selektivno nanaša bodisi vezi bodisi aktivator, v primeru kovinskih prahov pa selektivno raztali kovino z, na primer, laserskim žarkom. Nasprotno od spajanja zrnavih materialov, so za ekstruzijsko tiskanje primerni kohezivni, plastični materiali. To so materiali, katerih notranje kohezijske sile zagotavljajo koherentnost zmesi in primernost za plastično oblikovanje z iztiskanjem skozi šobo. Digitalno vodena naprava, to je tiskalnik, ekstrudirane filamente v slojih nalaga enega vrh drugega, prehod iz plastičnega v trdno stanje pa je posledica kemijskih ali fizikalnih procesov, kot sta hidratacija cementa ali sušenje gline.

ZAG razpolaga s tremi tiskalniki za raziskovalne namene, in sicer z enim za selektivno spajanje zrnavih materialov in z dvema ekstruzijskima tiskalnikoma. Tiskalnik za selektivno spajanje zrnavih materialov, ZPrinter 310 ima površino tiskalne komore 200 mm × 250 mm in višino tiskanja do 200 mm. Ta tiskalnik je primeren za tisk s fino zrnatimi reaktivnimi prahovi, na katere tiskalna glava kapljično nanaša aktivator. Od dveh ekstruzijskih tiskalnikov, manjši Delta WASP 40100 omogoča tiskanje na površini s premerom 400 mm ter do 1 m v višino. Tiskalnik ima dve zamenljivi tiskalni glavi in sicer gravitacijsko glavo, primerno za cementne zmesi, in kompresijsko glavo za glinene materiale. Večji tiskalnik je integriran v Robotsko postajo za digitalno proizvodnjo, katere centralni del je artikulirana robotska roka KUKA KR240 R2700 s šestimi prostostnimi



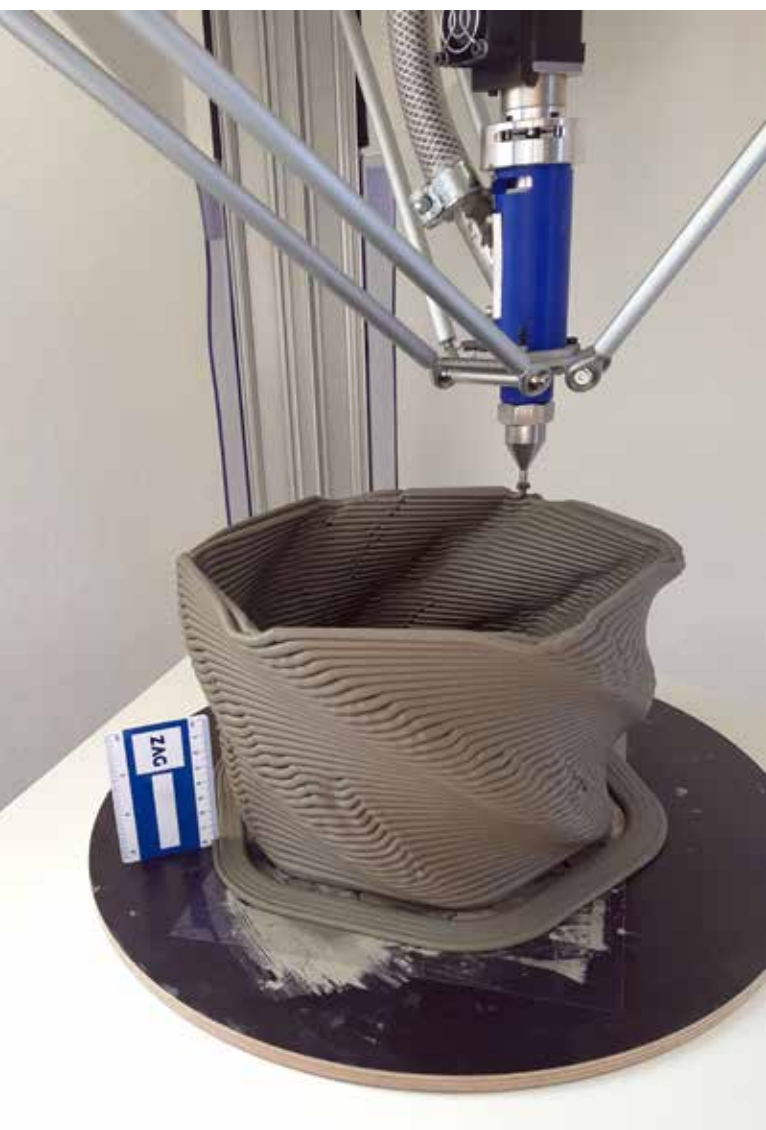
stopnjami, dosegom 2,7 m in nosilnostjo 240 kg. Na robotsko roko je pritrjena tiskalna glava za enokomponentni, 1K tisk s fiksno šobo okroglega prereza, za potisk materiala skozi šobo pa skrbi črpalka MAI 2PUMP Pictor 3D.

Ker se za proizvodnjo stavb in infrastrukturnih objektov porabijo velike količine materiala, je pomembno, da se uporabljajo lokalno dostopna gradiva. Po drugi strani pa prav te velike količine pomenijo priložnost

za uporabo odpadnih snovi iz drugih vej industrije. ZAG je tako uspešno razvil formulacijo iz odpadne sadre za selektivno spajanje in formulacijo za ekstruzijsko tiskanje, ki vključuje rdeči mulj iz proizvodnje aluminija in odpadni prah iz proizvodnje kamna. Trajnostna raba naravnih virov pa je možna tudi z uporabo materialov z reverzibilnimi lastnostmi in materialov iz obnovljivih virov. Gradnja z zemljino je primer uprabe materiala z reverzibilnimi lastnostmi,

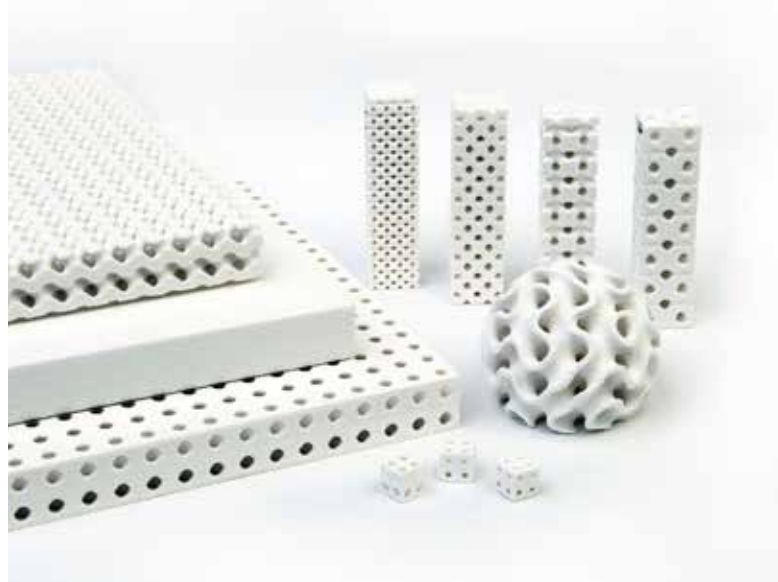
vendar njeno širšo rabo omejuje pomanjkanje tehnologije. Izvedljivost 3D tiskanja z zemljino je ZAG demonstriral na primeru makete paviljona. Uporabo materiala iz obnovljivih virov pa so raziskovalci proučevali na filamentih iz polilaktične kisline z lesnim polnilom. Prenosljivost ustvarjenega znanja tudi na druga področja delovanja družbe pa je najbolj markantna na področju tiskanja s kovinskimi materiali, kjer je ZAG soustvarjal na področju zlitin za tiskanje dentalnih implantantov in vstavkov.

Široki spekter znanj in raziskovalna oprema, ki omogoča ne le izvedbo tiska temveč tudi karakterizacijo materialov in tiskanih elementov od mi-



kro do makro dimenzij, je prepoznano tako med industrijskimi kot med raziskovalnimi inštitucijami doma in v tujini. Trenutno aktivni projekti, ki vključujejo 3D tiskanje, so Circuit, Transition in 2F-3D Print. V projektu Circuit, ki je financiran iz mehanizma Horizon Europe, ZAG sodeluje z Občino Črna na Koroškem pri izvedbi pilotnega mostu čez reko Mežo. Poleg drugih inovativnih rešitev, kot so oporniki iz geoarmirane zemljine in modularna prekladna konstrukcija iz rabljenih nosilcev in prefabriciranih plošč, bo varnostna ograja na mostu izdelana iz 3D tiskanih elementov. V projektu Transition, ki je financiran iz M-ERA.NET mehanizma, ZAG sodeluje pri razvoju predpripravljenе mešanice suhih komponent za ekstruzijski 3D tisk, ki vsebuje pepel oljnega skrilavca. V okviru nacionalnega projekta 2F-3D Print pa v sodelovanju z industrijskim partnerjem in Univerzo v Ljubljani poteka razvoj novega tipa ekstruzijskega tiskalnika.

V okviru članstva v mednarodnih združenjih so ZAG-ovi raziskovalci skupine DFHub aktivni v združenju RILEM, kjer so sodelovali pri medlaboratorijskih študijah dveh tehničnih komitejev in sicer 303-PFC ang. »Performance requirements and testing of fresh printable cement-based materials« in 304-ADC ang. »Assessment of Additively Manufactured Concrete Materials and Structures«. Namen obeh študij je bil pripraviti smernice za testiranje cementnih materialov glede njihove primernosti za ekstruzijsko tiskanje. Poleg mehanskih karakteristik in odpornosti na degradacijske vplive okolja, so proučevali tudi nove metode, kot na primer merjenje reoloških karakteri-



stik na osnovi velikosti in oblike ekstrudiranih svajlov, razvili pa so tudi prenosno napravo za merjenje priraščanja nosilnosti ekstrudiranih slojev.



Digitalna preobrazba gradenj

doc. dr. Katja Malovrh Rebec

Gradbeništvo je na pragu velike preobrazbe – poganja jo digitalizacija, ki bo v naslednjem desetletju bistveno preoblikovala panogo. Ta evolucija zajema različne tehnologije in prakse, katerih cilj je povečati učinkovitost, trajnost in splošne rezultate projektov. Ključni trendi na področju digitalizacije so sledeči:

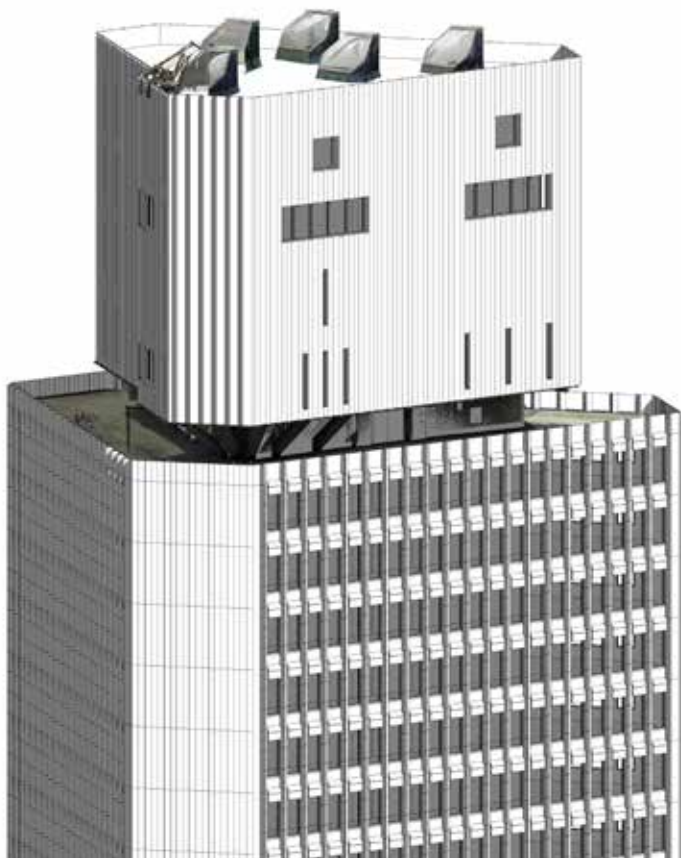
Kakovostno komuniciranje s pomočjo naprednih orodij

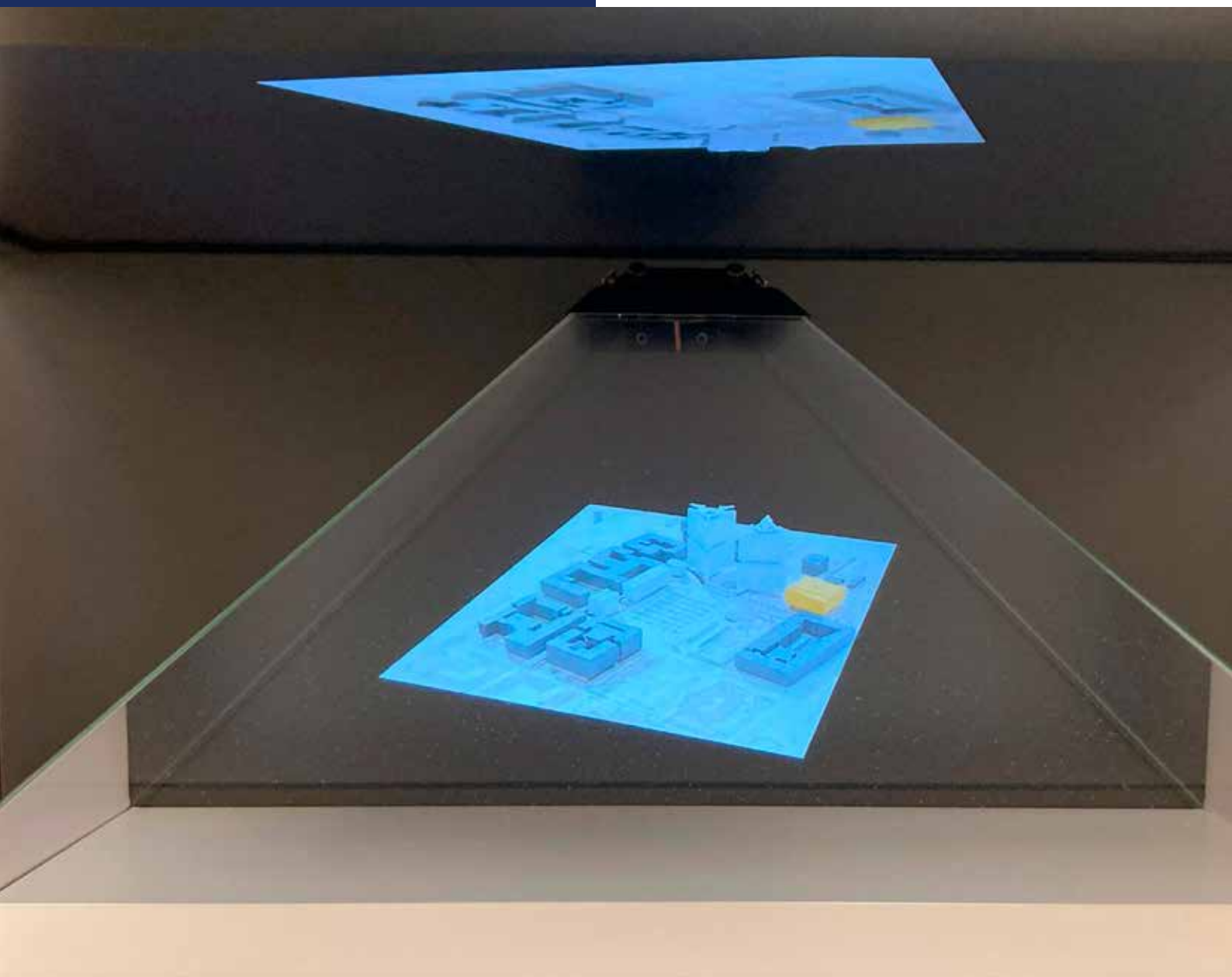
Informacijsko modeliranje gradenj (Building Information Modelling – BIM) je proces, podprt s številnimi orodji, tehnologijami in pogodbami, ki vključujejo ustvarjanje in upravljanje digitalnih modelov za opis fizičnih in funkcionalnih lastnosti grajenega okolja. Skupaj z rešitvami, kot so elektronska grad-

bena knjiga, potni list za materiale in kataster razpoložljivih sekundarnih materialov na nivoju mest, bo BIM omogočal celovito preobrazbo v gradbeništvu. Boljše sodelovanje med arhitekti, inženirji, izvajalci in drugimi udeleženi v postopku gradnje bo prineslo bistveno boljše objekte prihodnosti. Zmanjšali bomo število napak in predelav, bistveno povečali učinkovitost in kakovost projektov ter dosegli bistveno boljše ujemanje predvidenih učinkov z dejanskimi.

Napreden zajem in analiza podatkov, tudi s pomočjo strojnega učenja

Internet stvari (Internet of Things – IoT) že danes revolucionarno spreminja gradbeništvo s povezovanjem različnih naprav in senzorjev za zbiranje podatkov v realnem času. Ti podatki lahko zagotavljajo opozorila in vpoglede, ki pomagajo pri učinkovitejšem upravljanju gradbišč in že zgrajenih stavb ter njihovih delov, na primer senčil, sončnih elektrarn in podobno. Tudi digitalni dvojčki (virtualne replike fizičnih struktur) so vedno bolj uveljavljeni. Omogočajo neprekinjeno spremljanje delovanja stavbe s pomočjo senzorjev, ki spremljajo različne kazalnike, npr. rabo energije in kakovost zraka. Napovedno vzdrževanje s povratnimi zankami bo v prihodnje prineslo bistveno bolj transparentno in učinkovito rabo virov. Zajem velikih količin podatkov, njihovo skladiščenje in napredna analiza bodo postali običajni deli gradbenih procesov. Napovedna analitika bo odprla vrata tudi optimizaciji urnikov in odločanja na podlagi dejanskih potreb uporabnikov. Trg umetne inteligence oziroma strojnega učenja v gradbeništvu je v fazi skokovite rasti. Podobno velja tudi za trg s podatki, ki se komaj vzpostavlja.





Rast na področju robotike in avtomatizacije

Uporaba avtonomnih vozil in brezpilotnih letal za spremljanje gradbišč in dostavo materiala bo vse pogostejša, kar bo racionaliziralo delovanje in zmanjšalo stroške dela. Verjetno bodo roboti vse bolj opravljali ponavljajoče se in težke naloge. Morda bomo

priča porastu prefabriciranih rešitev, ki bodo vnaprej okoljsko premišljene in dovršene. Izboljšali bomo natančnost izvedbe in obenem povečali varnost delavcev na gradbiščih. Posebej obetavni so sodelovalni roboti (koboti), ki delajo skupaj s človeškimi delavci.

Nove veščine, pametna mesta in prenove

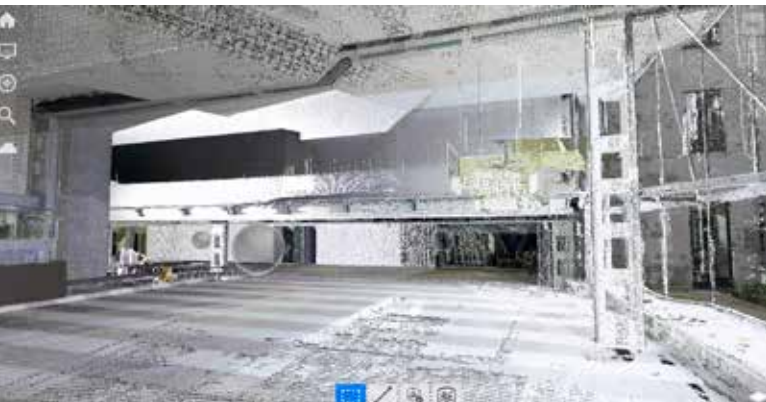
Posodobitev obstoječe grajene infrastrukture – pa tudi nabora veščin, ki jih uporabljajo zaposleni v gradbenem sektorju –, da ustreza standardom pametnih mest, bo predstavljala velik izziv. Starejše stavbe in infrastruktura bodo morda potrebovale obsežno prenovo za vključitev naprav interneta stvari, izboljšanje energetske učinkovitosti in povečanje povezljivosti. Gradbena podjetja bodo morala razviti specializirano strokovno znanje na področju naknadnega opremljanja. Vzpon pametnih mest v gradbeništvu samodejno pomeni razvoj inovacij, kar bo industrijo spodbudilo k sprejemanju naprednih tehnologij, dajanju prednosti tako trajnosti kot trajnostnosti ter razvijanju novih znanj in spretnosti. Vendar pa bo to pomenilo tudi številne izzive.

Digitalizacija človeških odzivov

Uporaba senzorjev v stavbah že omogoča zbiranje podatkov v realnem času o vedenju uporabnikov, njihovih željah in interakcijah z grajenim okoljem. Senzorji lahko spremljajo dejavnike, kot so stopnje zasedenosti, temperaturne preference, prilagoditve

razsvetljave in celo biometrični podatki, da bi pridobili vpogled v odzive ljudi, njihovo počutje in celo za uravnavanje njihovih čustev. Z analiziranjem podatkov senzorjev je mogoče zgradbe oblikovati ali nadgraditi tako, da se prilagodijo posameznikovim željam in potrebam. Podatke, zbrane s senzorji in povratnimi informacijami uporabnikov, je mogoče analizirati z algoritmi umetne inteligence in strojnega učenja, da bi prepoznali vzorce in optimizirali delovanje stavbe. Mogoče jih je združevati s podatki, ki jih zbirajo druge naprave, na primer slušalke, ki merijo možgansko aktivnost, nivo kisika v krvi, utrip srca in gibanje uporabnika. Povezovanje bo še izboljšalo napovedovanje vzorcev zasedenosti, predvidevanje potreb po vzdrževanju in pripravo priporočil za izboljšanje energetske učinkovitosti. Ker digitalizacija odzivov ljudi v grajenem okolju vključuje zbiranje in analizo osebnih podatkov, je ključnega pomena obravnavati vprašanja zasebnosti in varnosti podatkov. Za zagotovitev odgovorne in etične uporabe teh podatkov je treba uvesti zanesljive ukrepe za varstvo podatkov, jasno komunikacijo o uporabi podatkov in protokole o soglasju uporabnikov.





Rentgenska računalniška mikrotomografija

dr. Lidija Korat Bensa
dr. Miha Hren
dr. Rožle Repič
dr. Alenka Mauko Pranjič
dr. Lucia Mancini

Zavod za gradbeništvo Slovenije je edina raziskovalna ustanova v Sloveniji, ki že več kot 10 let deluje na področju rentgenske računalniške mikrotomografije, ter obenem edina, ki to tehnologijo uporablja na področju gradbenih materialov. Visokotehnološka raziskovalna oprema Oddelka za materiale omogoča 2D, 3D in 4D analize različnih materialov in njihovih struktur ter spremembe struktur v odvisnosti od časa, temperature ali mehanskih obremenitev.

Materiali, s katerimi se vsakodnevno srečujemo in jih uporabljamo za različne namene, se na dejavnike iz okolice (temperatura, vlaga, napetost, staranje) različno odzivajo. Mehansko-fizikalni in kemijsko-mineraloški procesi v materialih so izjemnega pomena za njihove lastnosti in zmogljivost, vplivajo pa tudi na njihovo mikrostrukturo. V zadnjih letih prihaja do vse večje uporabe naprednih tehnik za opazovanje mikrostrukture in njenega spreminjanja. Z opazovanjem mikrostrukture lahko napovedujemo mehansko-fizikalne in kemijsko-mineraloške procese ter lastnosti. Ena izmed naprednih tehnik je 3D rentgensko slikanje. Rentgensko slikanje je izjemno zmogljiva tehnologija, ki se že več kot sto let upo-

rablja v medicinski diagnostiki in pri kontroli kakovosti industrijskih delov, saj imajo rentgenski žarki sposobnost prodiranja skozi material, pri čemer ne spremenijo njihove strukture (neinvazivno slikanje), pridobivamo pa informacije, ki so prostemu očesu in drugim tehnikam slikanja nedostopne. Tehnološki pomen rentgenskega slikanja je privedel do hitrega razvoja visoko zmogljivih detektorjev rentgenskih žarkov in z njimi povezanih aplikacij za slikanje.

Rentgenska računalniška mikrotomografija je tehnika 3D rentgenskega slikanja, ki omogoča nove dosežke in spoznanja na področju materialov, prebojne inovacije in razvoj tako v znanosti kot v industriji. Gre za eno najbolj aktualnih nedestruktivnih metod, ki raziskovalcem in strokovnjakom omogoča odpiranje novih področij inovacij ter razvoj in krepitev znanstveno-inovacijske odličnosti. Laboratorijska rentgenska računalniška mikrotomografija se od industrijske tomografije razlikuje po tem, da dosega visoke prostorske ločljivosti (do nekaj 100 nanometrov). Tehnologija temelji na računalniško podprti 3D rekonstrukciji dvodimenzionalnih (2D) posnetkov (projekcij), pridobljenih pri različnih kotih rotacije vzorca, ki nastanejo na osnovi zaznave rentgenskih žarkov različne jakosti, ki presvetijo vzorec na detektorju. Jakost žarka na detektorju je odvisna od absorpcije rentgenskih žarkov v materialu, ki je odvisna od kemijske sestave materiala, gostote in debeline vzorca.

Na ZAG-u razpolagamo z dvema laboratorijskima mikrotomografoma. Mikrotomograf ZEISS XRadia MicroXCT-400 sistem ima vgrajen vir rentgenskih žarkov z možnostjo nastavitve napetosti vira od 40 do 150 kV in moči do 10 W. Robustna mizi-





ca omogoča analizo vzorcev do premera 12 cm in višine pribl. 15 cm, težkih tudi nekaj kilogramov. Kombinacija geometrijske povečave in povečevalnih objektivov na detektorju omogoča opazovanje materialov pri prostorski ločljivosti, manjši od enega kubičnega mikrometra, pri čemer je končna ločljivost odvisna od velikosti, debeline in vrste materiala. Mikrotomograf EasyTOM XL Ultra proizvajalca RX Solutions je vsestranski instrument, opremljen z rentgensko cevjo, ki deluje v območju med 20 in 160 kV in ima največjo moč 32 W, ter dvema različnima detektorjema: večjega 16-bitnega ploščatega detektorja z ločljivostjo 2560 x 2048 slikovnih pik in aktivno površino 31,74 x 25,39 cm² ter manjše 14-bitne CCD kamere z vodnim hlajenjem in ločljivostjo 4008 x 2672 slikovnih pik in aktivno površino 24 x 36 mm². V napravi lahko analiziramo vzorce, težke do 80 kg, premera do 730 mm in višine do 940 mm. Največja prostorska ločljivost je od 0,4 kubičnega mikrometra. Naprava omogoča namestitve dodatnih rentgenskih virov in detektorjev ter skupaj s pripadajočo napredno programsko opremo omogoča najsodobnejše načine slikanja, npr. spiralno, v laminah, s faznim kontrastom v liniji žarka, mozaično, dinamično in z namestitvijo raznih komor za in-situ in operando poskuse (4D CT). Takšne so na primer

različne okoljske komore z možnostjo spreminjanja temperature in mehanske komore z možnostjo obremenjevanja vzorca, z minimalnimi omejitvami glede električnih in ostalih priključkov. Zmogljiv računalnik nam omogoča rekonstrukcijo in analizo velikih podatkovnih nizov, ki jih proizvajajo takšni CT sistemi. Omenjena infrastruktura nam tako omogoča analize statičnih in dinamičnih pojavov, pomembnih za raziskovanje, npr. dinamike mehanskih porušitev, transporta tekočin, vpliva toplotne in mehanske obdelave, vpliva staranja in vpliva konsolidacijskih materialov, ter izvajanje elektrokemijskih študij ipd.

Na ZAG-u z metodo mikrotomografije poleg gradbenih materialov raziskujemo tudi materiale s področja geologije, mineralogije, vulkanologije, kulturne dediščine, arheologije, lesne in avtomobilske industrije, hrambe energije, farmacije, biologije, senzoričke in dentalne medicine. Metoda se lahko uporablja za analizo vseh vrst materialov in predmetov, z njo lahko – poleg ponazoritve porazdelitve različnih mineralnih faz ali kemijske sestave – zaznavamo tudi različne deformacije, vključke, pore, vlakna, razpoke ter napake iz proizvodnje, ki vplivajo na obnašanje in trajnost materiala. Posamezne komponente lahko analiziramo kvalitativno in kvantitativno. Za ločeva-

nje posameznih komponent/materialov ter prostorske porazdelitve uporabljamo napredne komercialne računalniške programe za 3D in 4D slikovno analizo, kot sta Avizo Fire (Thermo Fisher Scientific) in Dragonfly (Comet Technologies Canada Inc), ter programske kode, kot sta knjižnici Fiji in PyPore3D. Z obdelavo posnetka lahko poleg posameznih slik izvozimo 3D model v različne formate (npr. raw, tiff, .stl in .obj), ki so lahko podlaga za 3D tisk, modeliranje, pregledovanje tomografskih posnetkov ali ugotavljanje odstopanja CT posnetka od idealnega 3D CAD modela. Po obdelavi posnetka lahko poleg vizualizacije iz mikrotomografskih podatkov pridobimo kvantitativne podatke, kot so količina, delež, velikost, porazdelitev in povezanost por, volumen, dolžina, širina in usmerjenost razpok, ter analiziramo ostale mikrostrukturne značilnosti, kot so porazdelitev delcev, analiza cone med fazami, homogenost materiala, strukturna celovitost, variacije v gostoti materiala, toplotno raztezanje ipd.

S posebno strukturirano komoro Deben 500N HRC (Deben UK Ltd.) lahko simuliramo realna okolja s spremembo temperature ali mehansko obremenitvijo vzorca. Takšen primer je časovno spremljanje hidratacijskih procesov v cementu ali rast razpok v betonu zaradi tlačne obremenitve. 3D posnetke vzorca zajamemo pred obremenitvijo, med njo in po njej. Z 2D posnetki spremljamo vzorec; ko opazimo vidno spremembo, test ustavimo in naredimo 3D zajem. Poleg tega lahko s tomografom EasyTOM XL Ultra izvajamo poskuse v realnem času in v načinu operando. Naknadna slikovna analiza posnetkov omogoča določitev mesta porušitve in nastanek poškodb v odvisnosti od obremenitve ali hitrosti obremenjevanja ter časa. Z uporabo okoljske komore lahko med drugim spremljamo deformacijo lesa pri testu trdote po Brinellu, pri čemer tlačno komoro uporabljamo za vtiskanje kroglice v material. Podatki, ki jih pri takšnem testu dobimo, nam ne omogočajo



le natančnih meritev deformacije, temveč je iz njih mogoče razbrati, kdaj je prišlo do določenega pojava, pri katerih pogojih (sila, pomik) in na katerem mestu (npr. zaradi prisotnosti nepravilnosti ali pore). Takšne analize je mogoče uporabiti za razumevanje kompleksnih sprememb materialov ali predmetov, saj nam omogočajo opazovanje materiala v procesu nastanka poškodbe, s čimer lahko prispevamo k izboljšanju materialov v prihodnje.

Kot nedestruktivna metoda je mikrotomografija uporabna na področju digitalizacije muzejskih artefaktov, saj pri analizi ne uničimo vzorca. Nekateri zanimivi primeri, ki smo jih analizirali na ZAG u, so: najstarejša neandertalčeva piščal iz najdišča Divje babe, egipčanski amuleti iz zbirke Slovenskega etnografskega muzeja, ropotulje iz Dežmanovih kolišč, paleolitska konica iz Ljubljane, odtisi jamskega medveda v jamskem sedimentu, nemški šifrirni stroj iz 2. svetovne vojne Enigma, lesena glava Janeza Krstnika z Bohinja itd.

Sodelujemo z različnimi strokovnjaki iz industrije, npr. pri razvoju senzorjev za temperaturo in elektromotorjev, kjer primerjamo odstopanja izdelkov od njihovega CAD modela. S strokovnjaki na področju dentalne medicine analiziramo poškodbe zatičkov in zobnih aparatov ter delamo matrice za 3D tisk zob. Z biologi analiziramo različne organizme, npr. čebele, hrošče, rake in rastline. S paleoantropologi preučujemo človeško evolucijo preko virtualne histološke analize kosti in zob, na področju elektrokemije pa



sodelujemo pri razvoju novih naprav za hrambo energije z zmanjšanim okoljskim vplivom in izboljšano varnostjo. Sodelujemo tudi z umetniki pri vizualizaciji umetniških del. ZAG na področju mikrotomografije aktivno sodeluje z nacionalnimi in tujimi univerzami, muzeji in inštituti, kot so ARAO, Ministrstvo za notranje zadeve, Univerza v Ljubljani in Univerza v Mariboru, Univerza v Antwerpnu (Belgija), Milanska univerza (Italija), Univerza Sapienza v Rimu (Italija), Nacionalni inštitut za geologijo in vulkanologijo (INGV, Italija), CEITEC (Češka), BAM (Nemčija) in Tehnološka univerza Delft (Nizozemska). Kot zanesljiv in strokoven partner sodelujemo pri 3D rentgenskih analizah poškodovanih predmetov pri nesrečah, proučujemo armaturo v betonih za namene shranjevanja jedrskih odpadkov, sodelujemo pri substituciji svinčnih in bizmutovih vključkov v aluminiju za izboljšanje njegovih lastnosti, analiziramo debelino premazov ali korozijskih plasti na kovini, določamo taksonomijo zgodnjetransnih ostrakodov in foraminifer, raziskujemo staranje polnilnih baterij Zn-zrak itd. Smo del združenja za napredne nevtronske in rentgenske značnosti v Lundu (LINXS, Švedska) in Evropske raziskovalne infrastrukture za dediščinsko znanost (E-RIHS).

Rentgenska računalniška mikrotomografija postaja nepogrešljiva kot nedestruktivna metoda za karakterizacijo materialov pri visoki ločljivosti. Z razvojem tehnologije in povezanih programskih orodij, vključno z uporabo pristopov strojnega in globokega učenja, sta se povečala tudi zanimanje in ozaveščenost deležnikov glede napredka na tem področju, podoban trend pa pričakujemo tudi v prihodnosti. Poleg zgoraj navedenega mikrotomografija omogoča 3D vpogled v mikrostrukturne lastnosti preiskovanega predmeta, kar omogoča opazovanje njegovih zunanjih in notranjih značilnosti, česar druge obstoječe optične metode (razen nevtronov, visoke frekvence in ultrazvoka) ne omogočajo. Raziskovalci ZAG-a imajo poleg laboratorijske mikrotomografije izkušnje tudi v velikih napravah, kot so sinhrotronski laboratoriji Elettra (Trst, Italija) in APS (Illinois, ZDA) ter nevtronski vir ILL (Francija), kjer so na voljo naprave za rentgensko in nevtronsko tomografijo. Omenjene tehnike slikanja in eksperimentalnih naprav se med seboj dopolnjujejo in privedejo do najboljših strokovnih in znanstvenih rezultatov ter novega znanja na področju materialov.

Krožno gradbeništvo

dr. Alenka Mauko Pranjic
dr. Primož Oprčkal
dr. Vilma Ducman

Zakaj krožno gradbeništvo?

Gradbeništvo je snovno zahteven gospodarski sektor, ki porabi več kot polovico vseh pridobljenih surovin na svetu. Ekonomske napovedi kažejo rast produktivnosti gradbenega sektorja (npr. do leta 2030 kar za 35 %), kar bo rast surovin za gradbeništvo v prihodnje še povečalo. Napovedi OECD npr. kažejo, da se bo do leta 2060 svetovna količina naravnega agregata kot osnovnega gradbenega materiala podvojila na 55 milijard ton. Zagotavljanje zadostnih količin materialov bo v gradbeništvu v prihodnosti velik izziv, ob upoštevanju omejenih zalog naravnih surovin, zmanjševanja izpustov toplogrednih plinov in razogljičenja gospodarstva ter ob dejstvu, da bomo kot družba morali znati živeti znotraj naravnih omejitev planeta. Zato je nujno iskati alternativne, bolj trajnostne vire v obliki sekundarnih surovin, ki nastanejo z recikliranjem odpadkov ali z uporabo stranskih proizvodov s pomočjo industrijske simbioze. Poleg tega je pomembno s smiselnim in sistemskim oblikovanjem ter zasnovavo stavb in infrastrukture zagotoviti enostavno razgradnjo, ponovno uporabo gradbenih proizvodov in s tem podaljšanje njihovih življenjskih ciklov. K temu v zadnjem času prispeva vedno bolj tudi razvoj digitalnih orodij v gradbeništvu, kot so orodja za povečanje sledljivosti in pretoka informacij, npr. digitalni produktni potni listi in digitalni dnevnik gradnje ter uporaba informacijskih modelov (BIM) gradnje za načrtovanje, gradnjo in upravljanje gradbenih objektov. Vse bolj je prisotna tudi uporaba robotskih in avtomatiziranih tehnik za natančnejšo, hitrejšo in varnejšo razgradnjo, obnovo in gradnjo objektov.

Dajanje gradbenih proizvodov iz sekundarnih surovin na trg

Gradbene proizvode iz sekundarnih surovin, tj. iz recikliranih odpadkov ali iz stranskih proizvodov, ki morajo izpolnjevati regulativne zahteve okoljske zakonodaje o prenehanju statusa odpadkov ali stranskih proizvodov, je treba dati na trg pod enakimi pogoji, kot veljajo za tiste iz primarnih surovin. Izpolnjevati morajo vse zahteve za lastnosti, ki vplivajo na bistvene zahteve gradbenih objektov glede na njihovo nameravano uporabo v skladu z evropsko in nacionalno zakonodajo ter regulativo o gradbenih proizvodih in grajenju. V letu 2024 smo aktivno prispevali k pripravi zakonodaje za oblikovanje pogojev za prenehanje statusa nekaterih odpadkov, primerljivih za predelavo in uporabo v gradbeništvu, sledimo pa tudi spremembam zakonodaje na evropski ravni, kot je npr. dokazovanje sedme bistvene zahteve za gradbene objekte, ki nagovarja trajnostno uporabo primarnih surovin v gradbeništvu, z orodji analize življenjskega ciklusa (ang. Life Cycle Assessment – LCA), kjer ima lahko uporaba sekundarnih surovin lokalnega značaja pomemben vpliv na znižanje okoljskih vplivov objektov.

Nove tehnologije in novi materiali iz sekundarnih surovin

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije že vrsto let aktivno delujemo na področjih razvoja in uporabe novih gradbenih proizvodov iz sekundarnih surovin. Pri tem je ključno dobro poznavanje mikrostrukture, mineralne sestave, kemijskih procesov in fizikalnih lastnosti tako različnih odpadkov in stranskih proi-





zvodov kot tudi končnih proizvodov. Snovne zanke vedno poskušamo zapirati lokalno z enostavnimi, dovolj robustnimi in učinkovitimi postopki predelave z nižjim okoljskim odtisom, ki lahko zagotovijo dovolj velike količine tehnično ustreznih in okoljsko sprejemljivih gradbenih proizvodov. Slednji lahko nadomestijo konvencionalne proizvode iz naravnih in umetnih materialov. Pri predelavi različnih vrst odpadkov ali uporabi stranskih proizvodov za gradbene namene smo pozorni, da ne prihaja do sproščanja snovi, ki so potencialno nevarne za zdravje ljudi, živali in okolje.

Na podlagi izkušenj, uporabe naprednih analitskih metod, ki so nam na voljo na ZAG-u, in s poglob-

ljenim poznavanjem lastnosti teh materialov in procesov recikliranja lahko zagotovimo, da bodo končni proizvodi varni in tehnično uporabljivi, ko bodo dani na trg. Nove izkušnje smo v preteklih letih pridobivali na učinkovitem upravljanju snovnih tokov, npr. pri selektivnem izločanju kvalitetnega materiala od tistih z neustreznimi fizikalnimi lastnosti glede na nameravano uporabo, predvsem s sodelovanjem na večjih infrastrukturnih projektih. Gradbeni proizvodi iz sekundarnih surovin, ki jih razvijamo in izboljšujemo, so reciklirani agregati iz predelave gradbenih ruševin in umetni agregati (iz predelave odpadkov ali stranskih proizvodov, nastalih pri termičnih procesih v metalurgiji, kot so žlindre, livarski peski, pepeli),

geotehnični kompoziti s kalcijskimi pepeli, alternativna hidravlična in/ali pucolanska veziva kot nadomestki in dodatki portlandskemu cementu v hidravlično/pucolansko vezanih zemljinah in cementnih kompozitih, dodatki iz sekundarnih surovin za asfalte, geopolimerni kompoziti kot alternativa betonu in alkalijsko aktivirani materiali. Velik poudarek dajemo raziskavam in razvoju gradbenih proizvodov s postopki karbonatizacije. Materiali na osnovi jeklarske žlindre, nekaterih pepelov ali recikliranih betonov so bogati s kalcijevimi minerali in pri določenih pogojih trajno vežejo CO₂ ter lahko tako prispevajo k razogljičenju gradbenega sektorja. Tovrstni proizvodi se lahko uporabljajo za zemeljska dela ali za proizvodnjo betonskih prefabrikatov, tlakovcev in zidakov. Poleg novih materialov razvijamo tudi različne trajnostne tehnologije, tehnologije za čiščenje in ponovno uporabo odpadnih vod, tehnologije za hidrometalurško čiščenje odpadkov in bogatenje ekonomskih spojin ter postopke imobilizacije težkih kovin in drugih onesnažil v tleh. Posebno pozornost namenjamo tudi t. i. kaskadnemu ali zaporednemu recikliranju s predhodnim izločanjem ekonomskih in/ali kritičnih surovin, npr. fosfor iz vrednostne verige predelave odpadnih komunalnih vod, ostanke izločanja pa predelamo za druge uporabe, npr. v gradbeništvu. Pomembna nova tehnologija, ki jo razvijamo na tem področju, je tako imenovano bioizluževanje kritičnih surovin iz različnih odpadkov s pomočjo bakterij in bioremediacija onesnaženih zemljin ali drugih materialov.

Kaj pa okoljsko označevanje in preverjanje?

Nove okoljske tehnologije imajo potencial za uspešno preverbo okoljskih trditev na osnovi ISO-standardiziranega postopka 14034 preverjanja okoljskih trditev (ang. Environmental Technology Verification). V letu 2024 smo zaključili evropski projekt LIFEProETV, katerega rezultate postopoma





prenašamo v storitve ZAG-a, tj. uvajamo postopke, da postanemo poleg organa za podeljevanje okoljskih deklaracij proizvodov tipa III (angleško Environmental Product Declaration – EPD) tudi organ za preverjanje okoljskih tehnologij. Naši strokovnjaki in znanstveniki so prisotni pri oblikovanju novih smernic in standardov na področju preskušanja in vrednotenja okoljskih tehnologij, proizvodov v gradbeništvu, npr. v tehničnem odboru TC CEN 350 Trajnostnost gradbenih objektov. Podjetjem lahko z našim znanjem pomagamo pri trajnostnem poročanju po novo nastali evropski direktivi EU 2023/2772, sodelujemo pa tudi pri nastajanju novih regulativ in zakonodaje na področju krožnega gradbeništva.





165/6

166/7

167/7

Kako naprej?

Potencialov za raziskave in razvoj v okviru krožnega gradbeništva je veliko; nova veziva na osnovi sekundarnih surovin, bolj trajni in trajnostni proizvodi z ničelnim ali celo neto-negativnim ogljičnim odtisom, učinkovite okoljske tehnologije tako na nivoju prepoznavanja in selektivnega izločanja ekonomskih ali potencialno nevarnih surovin kot tudi na področju remediacije onesnaženih materialov, dobro poznavanje in razvoj novih metod za monitoring stanja onesnaženosti vode, tal in zraka, uporaba biomaterialov (npr. ostankov iz kmetijstva) v gradbeništvu, ponovna uporaba, modularna gradnja in izboljšanje sledljivosti materialov so samo nekatere izmed tematik, ki jih bomo raziskovali tudi v prihodnje. Naši strokovnjaki na osnovi vrhunskega znanja in izkušenj s področja materialov (primarnih in sekundarnih) ter kemijskih, mehanskih in fizikalnih procesov v njih ter aktivnega sodelovanja z deležniki doma in po svetu uspešno podpiramo bolj trajnostni gradbeni sektor v Sloveniji ter pomagamo k uspešnemu zelenemu prehodu, vzpostavljanju stabilnih, varnih in zanesljivih verig dobave materialov ter oblikovanju končnega trga z jasno prepoznavnimi komponentami trajnosti.



Projekti s področja kožnega gospodarstva

ARIS J7-50228 (ARIS, 2024–2027, ZAG koordinator)	Rudarjenje tehnosfere za učinkovito rabo virov in izboljšanje stanja okolja
ReBuilt (Interreg srednja Evropa, 2023–2026, ZAG koordinator)	Krožna in digitalna prenova srednjeevropskega gradbenega sektorja
LIFE IP RESTART (LIFE, 2022–2030, koordinator MOPE (SI), ZAG partner)	Pospeševanje recikliranja odpadkov v vredne produkte skozi oblikovanje primerne okolja za krožno gospodarstvo v Sloveniji
VIRIDI (Interreg Slovenija - Avstrija, 2023–2026, koordinator Koroška gospodarska zbornica (AT), ZAG partner)	Krepitev skupnega prehoda na krožno in z viri učinkovito gospodarstvo s celostno in digitalno podporo MSPi v čezmejni regiji SI-AT
LIAISON (Obzorje Evropa, 2023–2027, koordinator TECNALIA (ES), ZAG partner)	Zmanjševanje okoljskih vplivov skozi celoten življenjski cikel za transportno infrastrukturo prihodnosti
CO2TREAT (ERAMIN, 2022–2025, koordinator VITO (BE), ZAG partner)	Pospešena obdelava alkalnih ostankov s CO2 za razvoj nizkoogljičnih veziv
ASHCycle (Obzorje Evropa, 2022–2026, koordinator Univerza v Oulu (FI), ZAG partner)	Integracija neuporabljenih pepelov v materialni cikel skozi industrijsko urbano simbiozo
ARIS N2-0320 (2023–2026, ZAG koordinator)	Uporaba odpadkov za alkalijsko aktivirane materiale (WIN)
ARIS J1-4413 (2022–2025, ZAG koordinator)	Študij hidravličnih lastnosti pepelov iz različnih termičnih procesov in izboljšanje njihove reaktivnosti za uporabo kot imobilizacijski aditiv
ARIS J1-3029 (2021–2024, ZAG koordinator)	Celostna ocena trajnostnosti kritičnih surovin – odpravljanje vrzeli in razvoj novih metodoloških pristopov
ARIS L7-3185 (2021–2024, ZAG koordinator)	Raziskava medsebojno povezanih procesov za trajnostno ravnanje s komunalnim blatom z namenom njegove snovne predelave in recikliranja
LIFEProETV (LIFE, 2020–2024, koordinator IETU (PL), ZAG partner)	Promocija in implementacija ETV kot prostovoljne verifikacijske sheme za preverjanje okoljskih tehnologij
EIT RawMaterials, RIS, WEEE-NET9 (2022–2024, ZAG koordinator)	Izboljšanje izločanja kritičnih surovin iz odpadne električne in elektronske opreme v regiji RIS
EIT RawMaterials, RIS, EPICENTER (2024–2026, koordinator Tehnična univerza v Rigi (LT), ZAG partner)	Izobraževalna platforma za analize življenjskega ciklusa
LIFE HIDAQUA (LIFE, 2019–2025, ZAG koordinator SI-AT WIN (2023–2026))	Trajnostno upravljanje vode v vodointenzivnih industrijah
	Uporaba odpadkov za alkalijsko aktivirane materiale (WIN)
EIT RM GEORIS (2022–2024)	Inovativne tehnologije za predelavo odpadkov v regiji ESE

Pametne stavbe in dom z lesno verigo

Martina Murko Gajšek
doc. dr. Sabina Jordan

Trajnostno, zdravo, okolju in uporabniku prijazno, povezljivo ter energijsko samozadostno bivalno in delovno okolje prihodnosti na osnovi slovenskega znanja in proizvodnje. To je vizija Strateškega razvojno-inovacijskega partnerstva Pametne stavbe in dom z lesno verigo – SRIP PSiDL.

V Sloveniji je vzpostavljenih več strateških razvojno-inovacijskih partnerstev. Združujejo podjetja, raziskovalne organizacije, državo, občine ter povezovalce, uporabnike in nevladno sfero. Zanje organizirajo razvojno-inovacijski ekosistem, usmerjen k prodoru na globalni trg in sledenju prednostnim področjem slovenske strategije pametne trajnostne specializacije S5. Eden od SRIP-ov, Pametne stavbe in dom z lesno verigo, deluje v okviru ZAG-a. Sooblikujeta ga konzorcijska partnerja Združenje lesne in pohištvene industrije pri Gospodarski zbornici Slovenije in inovacijski grozd TECES.

Cilji in vizija

Partnerstvo SRIP PSiDL se opira na fokusna področja »gradnja stavb«, »elementi interierja«, »oskrba in upravljanje stavb in povezljivost s sosesko« ter »pametne skoraj nič-energijske stavbe«. Preko njih projekt v svoje delovanje zajame slovenske proizvajalce materialov in rešitev, ki nastopajo pri gradnji stavb, proizvajalce notranje opreme, proizvajalce naprav, sistemov in storitev, ki omogočajo upravljanje stavbe skladno z zahtevami uporabnika, ter proizvajalce in druge deležnike inovativnega projektiranja in oblikovanja.



Tako SRIP PSiDL uresničuje svojo vizijo vzpostaviti trajno partnerstvo, ki omogoča celovite rešitve za izgradnjo pametnega, trajnostnega, zdravega, okolju in uporabniku prijaznega, povezljivega ter energijsko samozadostnega bivalnega in delovnega okolja prihodnosti na osnovi slovenskega znanja in izvora oz. proizvodnje.



Cilj je namreč vzpostaviti odprto, operativno in hitro prilagodljivo podporno okolje, ki bo s povezovanjem in ustvarjanjem sinergij spodbujalo podjetja in druge deležnike k visoki produktivnosti ter uspešnemu trženju konkurenčnih izdelkov in rešitev s področja pametnih stavb na evropskem in globalnem trgu.



Celovita podpora podjetjem in industriji

Vizijo in cilje SRIP PSiDL še potrjuje s svojim prenovljenim akcijskim načrtom, ki partnerstvo še bolj jasno usmerja h krepitvi podpornega okolja za člane. Z njim partnerstvo stremi k nadaljevanju in nadgrajevanju projektov, kakršen je bil v preteklih obdobjih projekt načrtovanja in ureditve Doma24h v okolici Maribora. Partnerstvo je vključeno v razvoj demonstracijskih stavb, lesenih stavb in pilotnih projektov za validacijo tehnologij. Vseskozi k sodelovanju vabi člane in jim tako nudi platformo za širjenje njihovega delovanja. SRIP PSiDL članom nudi tudi mrežo pomembnih in aktualnih informacij ter strokovnih dogodkov s področja njihovega delovanja.

SRIP PSiDL sooblikuje 67 organizacij. Med njimi so podjetja, javni in zasebni zavodi ter združenja. Članstvo vsem prinaša aktivno sooblikovanje razvojnih usmeritev in bodočih naložb države, skupni razvoj produktov, vzpostavljanje in krepitev dobaviteljskih verig, skupni nastop na domačem in tujem trgu, integracijo produktov, racionalizacijo dobavnih verig, skupne demonstracijske projekte, vzpostavitve novih poslovnih modelov in trženja ter podporo internacionalizaciji, podjetništvu in razvoju kadrov.

Požarna varnost sončnih elektrarn

Nik Rus

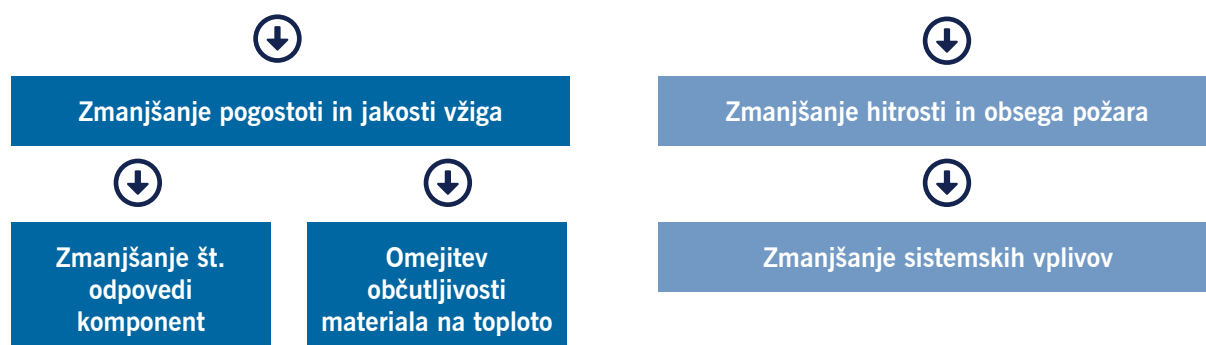
Sončne elektrarne (SE) so se izkazale kot cenovno dostopen in razmeroma hiter korak v smeri opuščanja goriv na osnovi ogljika kot ključnega vira energije. To je pomembno zlasti ob upoštevanju trajnostnih ciljev, ki se v zadnjem času spodbujajo po vsem svetu kot odziv na pričujoče podnebne spremembe. Vendar pa namestitev sončnih elektrarn na strehe stavb neizbežno s seboj prinese tudi nova požarna tveganja. Tveganje za stavbo, na kateri je nameščena SE, se spremeni zaradi povišane verjetnosti vžiga in možnih resnejših negativnih posledic, ki jih lahko požari, povezani s fotovoltaiiko (PV), povzročijo. Povečana verjetnost za vžig je posledica možnosti okvare vsakega od številnih električnih sestavnih delov sončne elektrarne. Negativne posledice se dodatno poslabšajo, ker je delo gasilcev na strehi s sončno elektrarno ovirano in ker lahko na ravni strehi sončna elektrarna omogoči hitrejše širjenje požara pod sabo, ki lahko posledično zajame večjo površino.

Skupina raziskovalcev iz Odseka za požarne raziskave in inovacije na Oddelku za požarno-varno trajnostno grajeno okolje (FRISSBE) je pripravila novo Smernico o požarni varnosti za fotonapetostne sisteme na ravnih strehah. V njej je izpostavila določene

pomanjkljivosti pri trenutnem ocenjevanju požarnih tveganj sončnih elektrarn, nameščenih na ravne strehe. Obstaja že nekaj sedanjih standardov in predpisov, ki obravnavajo zmanjševanje tveganj na ravni posameznih materialov in produktov, ki so del sončne elektrarne, vendar je treba upoštevati tudi tveganja, ki se pojavijo na ravni sistema, ko so vsi materiali, deli in produkti združeni skupaj. Za ponazoritev vrzeli pri oceni tveganja je bilo oblikovano drevo konceptov požarne varnosti (poenostavljeno različico prikazuje shema spodaj). Leva stran ponazarja dele, ki so do določene mere že zajeti v različnih predpisih in standardih za izdelke ter sestavne dele fotovoltaičnih sistemov. Nasprotno pa desna stran predstavlja tisto, kar še ni bilo dovolj upoštevano pri preprečevanju in zmanjševanju negativnih posledic požarov, povezanih s fotovoltaiiko.

Za vzpostavitev učinkovitih varnostnih ukrepov morajo ti temeljiti na zanesljivih znanstvenih dokazih v obliki eksperimentalnih ali statističnih podatkov. Objavljena smernica vključuje najnovejše znanstvene ugotovitve, podprta pa je tudi z lastnimi eksperimenti, ki so bili izvedeni v okviru raziskav in razvoja s straniki ter drugih lastnih projektov. Eksperimentalne

Preprečitev večjih posledic strežnega požara povezanega s fotovoltaiiko





raziskave so obravnavale različne materiale, velikosti in geometrije sončnih elektrarn.

Rezultati kažejo, da materiali strešnih membran in vrsta fotovoltaičnih panelov igrajo manjšo vlogo kot na primer geometrija sistema in vrsta izolacijskih materialov. V prevladujoči večini primerov, kjer so bili PV paneli nameščeni pod naklonom, se je požar uspel razširiti po celotni površini strehe pod paneli ter je povzročil veliko toplotno obremenitev strešnih materialov in sistemov.

Rezultati kažejo, da imajo sistemski vidiki, kot so geometrijska usmerjenost panelov, velikost polja panelov in razdalja med polji, pomembno vlogo pri obnašanju požarov, povezanih s fotovoltaiko. Te raziskave tvorijo dobro znanstveno podlago, ki lahko pripomore k razvoju robustnih rešitev za sončne elektrarne v prihodnosti, ki bodo bolj pripravljene na prihodnje požare. Izvajanje dobrih praks namestitve in vzdrževanja je ob hkratni uporabi ustreznih materialov ključnega pomena za zmanjšanje tveganja, kakovost in zasnova strešne konstrukcije pa sta druga temelja za zmanjšanje posledic požara in varnosti gasilcev.



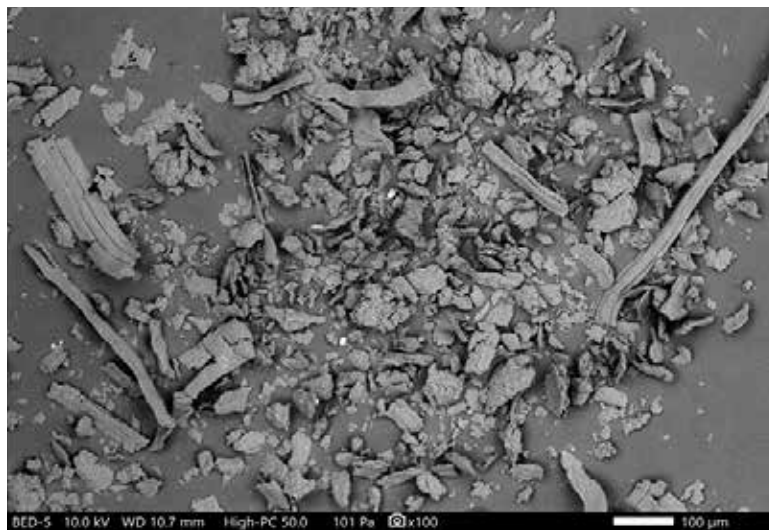
Ravnanje z mikroplastiko za trajnostno prihodnost

doc. dr. Branka Mušič

ZAG se nenehno razvija, saj je zavezan napredku znanja in obravnavanju sodobnih družbenih vprašanj, kjer je eden od aktualnih poudarkov okoljski izziv mikroplastike. Z vlaganjem v raziskave in inovacije želimo razviti trajnostne rešitve za ublažitev vpliva mikroplastike na naše okolje.

Ravnanje s plastičnimi odpadki je izziv v svetovnem merilu za raziskovalce, oblikovalce politik, državljane in druge deležnike, saj plastični odpadki, izpostavljeni okoljskim vplivom, tj. temperaturnim spremembam, UV sevanju, abraziji itd., degradirajo v manjše delce (mikro- in nanoplastiko) in so zaskrbljujoči za vse oblike življenja. Proizvodnja in kopičenje plastike v naravnem okolju potekata izjemno hitro zaradi neselektivne uporabe, neustreznega recikliranja in odlaganja na divjih odlagališčih. Zato tudi uhajanje mikroplastike v kopenske in vodne ekosisteme poteka z izjemno hitrostjo. Na sliki desno vidimo prikaz odpadnih plastičnih izdelkov, ki se lahko pod vplivom vremenskih razmer spremenijo v mikroplastiko (slika iz vrstičnega elektronskega mikroskopa).

Reševanja družbenih izzivov glede onesnaževanja naravnih ekosistemov z mikro- ali nanoplastiko se ZAG loteva z lastnimi, nacionalnimi in evropskimi raziskovalnimi projekti ter nalogami (Vračanje odpadnih izolacijskih poliuretanskih pen v kompozitne fasadne plošče in Vgrajevanje reciklirane odpadne gume v geopolimerne kompozitne tlakovce ...). ZAG s tem prispeva k povečanju recikliranja plastičnih odpadkov in h krožnemu gospodarstvu. Slika na naslednji strani prikazuje končni izdelek alkalijsko aktiviranega tlakovca na osnovi metakaolina, ki ima na pohodni površini vgrajeno rezano odpadno grobo.





Ta inovativna rešitev je bila nagrajena s srebrnim priznanjem SRIP Krožnega gospodarstva.

S ponovno uporabo odslužene, odpadne poliuretanske pene in odpadne gume, ki na koncu svoje življenjske poti uporabe velikokrat pristaneta na odlagališčih, kjer degradirata v mikroplastiko ali čakata na sežig, smo omejili nastanek potencialnega vira mikroplastike.

Zavedamo se, da se ni moč povsem izogniti nastajanju mikroplastike, zato ZAG jasno poudarja pomembnost razumevanja razvoja ekološko sprejemljivih (polimernih) materialov in tudi pomembnost vrednotenja nastajanja mikroplastike iz plastičnih oz. polimernih

matrik s pomočjo tehnik umetnega, pospešenega staranja. Z uporabo naprednih analitskih metod (mikro) plastiko karakteriziramo ter sledimo mehanskim, fizikalnim in kemijskim spremembam lastnosti polimernih matrik, kot so npr. spremembe velikosti in oblike delcev, gostote, termičnega odziva, trdote, cepitev kemijskih vezi, izluževanje onesnaževal iz mikroplastike idr. Ponosni smo na sodelovanje s priznanimi slovenskimi fakultetami, med drugimi z Biotehniško fakulteto in Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo, s katerima na tem področju tudi sodelujemo pri ocenjevanju vpliva mikroplastike na žive organizme z uporabo uveljavljenih, standardnih metod.

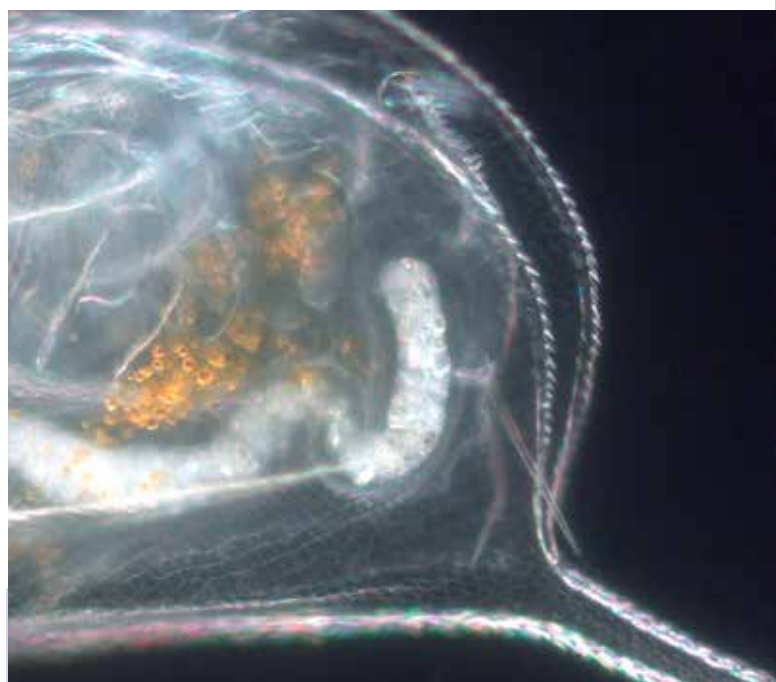
Kot uspehe štejemo tudi dosežke na področju objavljanja znanstvenih člankov. Skupaj s partnerji širimo izsledke izvirnih znanstvenih raziskav v javnost že v zelo zgodnjih fazah aktualnih problematik, kot je bil npr. drastičen porast uporabe in v okolje zavrnjenih zaščitnih mask v času pandemije covid-19. S člankom *Environmental hazard of polypropylene microplastics from disposable medical masks: acute toxicity towards Daphnia magna and current knowledge on other polypropylene microplastics* (Okoljska nevarnost polipropilenske mikroplastike iz medicinskih mask za enkratno uporabo: akutna toksičnost za *Daphnia magna* in trenutno znanje o drugi polipropilenski mikroplastiki) smo raziskali okoljske nevarnosti mikroplastike iz medicinskih mask kot novega vira okoljskega bremena. Spodnja slika prikazuje veliko vodno bolho (*Daphnia magna*) s svetlobnim mikroskopom po 48-urni izpostavljenosti mikroplastiki medicinske maske. Na levi strani slike vidimo mikroplastiko iz medicinske maske, pritrjeno na površino telesa *D. magna* ter na desni mikroplastiko medicinske maske v črevesju *D. magna*. (Vir: doi: 10.1186/s43591-021-00020-0). V raziskavi smo odkrili, da se mikodelci plastike pojavljajo celo v prehranjevalni verigi, kar je skrb vzbujajoče.

ZAG je tudi eden izmed vodilnih promotorjev ozaveščanja o mikroplastiki v gradbenem sektorju, ki aktivno soustvarja skrb za naravo s povezovanjem z drugimi eksperti in dolgoročnimi partnerstvi. Z njimi spodbujamo napredek, razumevanje in soustvarjamo čistejše bivalno okolje, saj se oblikovalci politike nemalokrat zanašajo na ugotovitve, navedene v znanstvenih člankih.

Raziskovalno področje mikroplastike bo ekipa ZAG-a krepila in bo že leta 2024 bogatejša za odličnega mladega raziskovalca. Namen je utrditi ključno vlogo pri naših družbeno koristnih in družbeno odgovornih pobudah, ki ne le pospešujejo inženirske prakse, ampak tudi pomembno prispevajo k blaginji skupnosti.

ZAG se zaveda, da je treba ozaveščati, spodbujati in izobraževati celotno skupnost za sodelovanje pri zmanjševanju onesnaževanja z (mikro)plastiko in za uporabo alternativ plastiki. Onesnaževanje z (mikro)plastiko je globalna skrb, ki jo je treba obravnavati kolektivno, na vseh področjih in z največjo prioriteto.

Hvala vsem, ki ste bili del naše poti pri vzpostavitvi raziskav na mikroplastiki, vsem, ki se vključujete v trenutne in prihajajoče projekte, ter vsem, ki nam zaupate in ste nam v podporo.





200 let cementa

doc. dr. Sabina Dolenec
Ana Brunčič
Lina Završnik

Letos mineva 200 let od patentiranja portlandskega cementa, in sicer je bil ta svetu predstavljen 21. oktobra leta 1824 z britanskim patentom BP 5022 *An Improvement in the Mode of Producing an Artificial Stone*. Izum je imel velik vpliv na sodobno družbo.

Običajni portlandski cement (OPC) je najpogostejša vrsta cementa, ki ga uporabljamo širom sveta kot glavno komponento betona ter tudi nekaterih ostalih gradbenih proizvodov, kot so malte in injekcijske mase. Portlandski cement ni postal najbolj razširjen material na Zemlji po naključju. Cement je v osnovi sestavljen iz oksidov silicija, aluminija, železa, kalcija, natrija, kalija in magnezija, ki predstavljajo več kot 98 % Zemljine skorje. To nam omogoča proizvo-

dnjo cementa skorajda povsod po svetu, iz lokalno dostopnih surovin. Minerali, ki vsebujejo druge elemente, namreč niso na voljo v količinah, potrebnih za zadovoljevanje svetovnega povpraševanja po cementnih materialih. Zagon prve cementarne na naših tleh je bil v Trbovljah leta 1876. To je bila ena prvih cementarn v Evropi in postavljena skoraj istočasno s prvo cementarno v ZDA (1875). V letu 1921 je s proizvodnjo pričela tudi cementarna v Anhovem. Na Slovenskem je v preteklosti obratovala še cementarna v Dovjem oz. Mojstrani, ki je pričela s proizvodnjo cementa leta 1893. Poraba cementa je tesno povezana z gospodarskim razvojem regije ali države.

Cement je omogočil in povzročil evolucijo gradbeništva, saj je palične jeklene in lesene konstrukcije, sestavljene iz mnoštva spojenih elementov, zamenjal beton, ki ga lahko vlijemo. Prevlada uporabe cementnih materialov v gradbeništvu se je začela leta 1880. Z iznajdbo armiranega betona (1884), in kasneje še prednapetega betona ter sovprežnih konstrukcij betona in jekla (1930) je beton samo utrdil svoj vodilni položaj med gradbenimi materiali. Beton je sicer kot sodoben material skozi svoja dela odmevno predstavil Le Corbusier, francoski arhitekt modernega gibanja 20. stoletja. Razmah uporabe cementnih materialov oz. betona v slovenskem prostoru je zaznati po potresu v Ljubljani, ko se je leta 1886 pojavila nova obrt, in sicer izdelovanje umetnega kamna in betonskih proizvodov, ki so bili znatno cenejši od naravnega kamna. Prelomnico v vrednotenju betona kot vizualne kakovosti naj bi predstavljal Zmajski most, zgrajen leta 1901, kjer beton v sodelovanju z vgrajenimi železnimi ločnimi nosilci predstavlja osnovni konstrukcijski material.





V ljubljanskem prostoru se je beton kot enakovredno gradivo uveljavil šele med obema vojnoma, predvsem pri mostovih, ki jih je načrtoval arhitekt Jože Plečnik. Poudariti velja, da so bila Plečnikova dela, kjer je za gradnike uporabljal beton, leta 2021 vpisana na Unescov seznam svetovne dediščine.

Cement ima ključno, a pogosto spregledano vlogo v sodobnem vsakdanjem življenju. Uporablja se predvsem kot vezivo v betonu, ki je takoj za vodo najpogostejše uporabljen material na svetu in predstavlja material za primarno infrastrukturo za večino človeških dejavnosti. Gre za vsestranski in zanesljiv gradbeni material s široko paleto uporabe. Razen za proizvodnjo betona, kjer cement predstavlja med 10 in 15 % volumna, se uporablja tudi pri maltah za zidane konstrukcije, ometih in injekcijskih masah ter utrjevanju oz. stabilizaciji zemljin.

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije deluje Laboratorij za cemente, malte in keramiko, edini tovrstni laboratorij v Sloveniji, namenjen proučevanju cementov, razvoju novih mineralnih veziv ter testiranju cementov in cementnih materialov (lepila, injekcijske mase in malte). Kakovost cementa je pomemben in odločilen dejavnik pri konstrukcijskih delih. Tako v laboratoriju izvajamo kemijska in fizikalno-mehanska preskušanja cementa za potrebe certificiranja in kontrole proizvodnje, strokovnjaki laboratorija pa delujejo tudi kot pooblaščen osebe za certificiranje cementov in cementnih proizvodov ter kot vodilni strokovnjaki za tehnične ocene in soglasja. Laboratorij je od leta 2001 akreditiran po ISO EN/IEC 17025. Od leta 2009 do 2023 je bil laboratorij s strani Urada za meroslovje imenovan kot nosilec nacionalnega etalona za področje množine

snovi v cementih in je bil član združenja EURAMET – European Association of National Metrology Institutes. V letih od 2004 do 2020 smo bili vključeni v mednarodno združenje NanoCEM – industrijsko-akademsko mrežo za raziskave cementa in betona, ki je združevala najpomembnejše evropske inštitucije s področja.

Pri svojem delu preiskujemo in raziskujemo predvsem vrste cementov iz družine OPC, pa tudi kalcijeve aluminatne cemente (CAC). V zadnjih letih razvijamo tudi nove nizkoenergijske in nizkoogljčne cementne klinkerje oz. cemente. Med drugim proučujemo kemijske procese hidratacije cementov, vpliv mineralnih in kemijskih dodatkov na hidratacijo cementnih mineralov, cementov in malt, kemijsko odpornost mineralnih gradbenih materialov na agresivne medije ter penetracijo kloridnih ionov v malte in beton. Laboratorij je v 75-letni zgodovini ZAG-a med drugim razvil ekspanzijski cement za slovenske hidroelektrarne in dodatek za neskrčljivost zalivnih mas za kable za prednapenjanje. Ukvarjamo se z uporabnostjo sekundarnih surovin v industriji gradbenih materialov in proizvodov. Delujemo tudi na področju kulturne dediščine.

V primerjavi z drugimi gradbenimi materiali gre za trajnosten material, saj ima cement nizek energijski in ogljični odtis. Problem povzroča predvsem količina proizvedenega cementa, saj ga porabimo več kot 10-krat več od drugih gradbenih materialov. Razvoj na področju cementov je že nekaj časa močno usmerjen v zmanjševanje ogljičnega odtisa, kar dosegamo predvsem z uporabo lokalno dostopnih nekarbonatnih sekundarnih surovin, nadomeščanjem klinkerja v cementu z mineralnimi dodatki ter razvojem alternativnih veziv, ki so pripravljena z delnim nadomeščanjem konvencionalnega OPC klinkerja ali pa slednjega ne vsebujejo. Uporaba mineralnih dodatkov, izmed katerih je veliko tudi sekundarnih surovin, prispeva k pridobivanju trajnostnega veziva in h krožnemu gospodarstvu. Velik del raziskav v laboratoriju zadnja

leta predstavlja razvoj alkalijsko aktiviranih veziv in gradbenih proizvodov iz njih, novih vrst cementnega klinkerja oz. cementov, kot sta belitno-kalcijevo sulfoaluminatni cement. Vsi ti cementi imajo svoje prednosti in omejitve. Slednje so predvsem (ne)do-stopnost surovin za širšo proizvodnjo in posledično omejena uporaba oz. posebne lastnosti, ki niso primerljive z OPC, kar omejuje njihovo rabo. Z vidika uporabe sekundarnih surovin je še posebej pomemben vidik izluževanja strupenih snovi iz proizvodov, zato v ta namen razvijamo tudi postopke za določanje elementov v izlužkih z metodo induktivno sklopljene plazme (ICP). V zadnjem času pa se posvečamo tudi razvoju cementa z dodatkom kalcinirane glin in apnenca-LC3, ki velja za eno od obetavnejših novih vrst cementov, ki je rezultat zamenjave klinkerja s kombinacijo kalcinirane glin in finega apnenca. V tej luči raziskujemo reaktivnost različnih glin z najdišč po Sloveniji, razvijamo cemente s tem mineralnim dodatkom in proučujemo procese karbonatizacije teh cementov. Cement oz. cementni materiali pa lahko predstavljajo tudi velik rezervoar za zajemanje ogljika, zaradi česar se v študijah posvečamo tudi možnosti sekvestracije ogljika in procesom karbonatizacije. S tem izboljšujemo tudi lastnosti nekaterih odpadnih materialov, npr. kalcijevih pepelov in jeklarskih žlinder, ki do sedaj niso bili primerni za uporabo kot mineralni dodatek cementom.

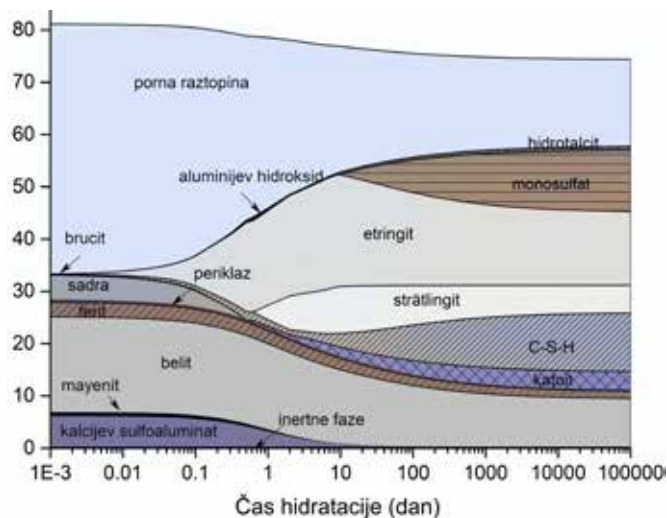
V laboratoriju določamo sestavo nehidratiziranih cementov ter proučujemo potek hidratacije in nastanek hidratacijskih produktov ter mikrostrukturo cementov in cementnih proizvodov. Pri tem uporabljamo napredne analitske tehnike, kot so rentgenska fluorescenčna spektroskopija, rentgenska praškovna difrakcijska analiza in Rietveldova metoda, Ramanova mikrospektroskopija, termogravimetrična analiza, vrstična elektronska mikroskopija z EDS, razvoj por pa lahko določamo z živosrebrovo porozimetrij in plinsko sorpcijo ter računalniško mikrotomografijo. Za razlago meha-

nizmov poteka hidratacije razvijamo tudi metodo za ekstrakcijo in določevanje kemijske sestave pornih vod. Ključnega pomena je tudi uporaba termodinamskega modeliranja cementnih sistemov, ki omogočajo enostavno in hitro spreminjanje parametrov ter napovedovanje sestave združb hidratacijskih produktov pod različnimi pogoji, poleg tega pa jih je možno ekstrapolirati na daljša časovna obdobja, kar prav tako pomaga pri eksperimentalnih poskusih.

Med drugim je cement tudi eden izmed najbolj razširjenih materialov, ki prihajajo v stik s pitno vodo. Zaradi vizualnih in higienskih razlogov ter zaščite betona cementne materiale oz. proizvode uporabljamo kot premaze v vodohranih, kjer so v stalnem stiku z vodo. Sodelovali smo pri pripravi Priporočil za ocenjevanje primernosti materialov in proizvodov, ki prihajajo v stik s pitno vodo, skladno s katerimi je možno tudi certificiranje kovinskih, organskih in cementnih materialov ter kombiniranih materialov, ki prihajajo v stik s pitno vodo.

Cement je pomemben tudi pri imobilizaciji nizko- in sredneradioaktivnih odpadkov. Vključeni smo v (EURAD 2 – European Partnership on Radioactive Waste Management), kjer sodelujemo pri inovativni in trajnostni zasnovi, optimizaciji in nadgradnji materialov za obdelavo in kondicioniranje za predhodno odlaganje problematičnih odpadkov. V vlogi nadzora pa sodelavci sodelujejo pri proizvodnji materialov pri projektu izgradnje odlagališča nizko- in sredneradioaktivnih odpadkov (NSRAO).

Z razvojem novih tehnologij, kot je 3D tiskanje, je v ospredju proučevanje lastnosti cementov v svežem stanju, kot so konsistenca, kohezivnost, obdelavnost in čas vezanja, pri čemer med drugim uporabljamo metodi izotermna kalorimetrija in reometer. Zgodnja hidratacija vključuje zapletene kemijske in fizikalne procese, ki nadzorujejo obnašanje svežega betona, vezanje in strjevanje betona ter vplivajo tudi na njegove



končne mehanske lastnosti in obstojnost. V sodelovanju z Laboratorijem za beton proučujemo vpliv različnih mineralnih dodatkov na sveže lastnosti cementnih mešanic, vpliv temperature na kohezivnost cementov v zgodnjih obdobjih hidratacije, pa tudi aktivni nadzor reoloških lastnosti cementnih materialov z magnetnimi delci, kar bi bilo uporabno za premikanje cementnega materiala oz. njegovega preprečevanja.

Poleg tega sodelujemo pri razvoju postopkov biomineralizacije kot biološko navdahnjenega in trajnostnega pristopa k ohranjanju kulturne dediščine ter samocečenja cementnih materialov. V povezavi z Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani proučujemo sposobnost samoceljenja z mikrobiološko induciranim obarjanjem kalcijevega karbonata v cementni matrici, pri čemer se osredotočamo na proučevanje v ta namen primer- nih ekstremofilnih gliv, tolerantnih na alkalije.

Sodelavci laboratorija smo aktivni tudi v nacionalnih in mednarodnih združenjih, kot so SIST – Slovenski inštitut za standardizacijo – Mineralna veziva in zidarstvo ter različni tehnični odbori RILEMA. Trenutno smo aktivni v odborih PHC (Performance testing of hydraulic cements), EBD (Test methods to evaluate durability of blended cement), UMW (Upcycling Powder Mineral “Wastes” into Cement Matrices), PFC (Performance requirements and testing of fresh printable cement-based materials) in MPA (Mechanical properties of alkali-activated concrete).

Zunanja kontrola kakovosti

Laura Vovčko
dr. Borut Petkovšek

Ena izmed enot, ki povezuje različne oddelke, je enota za zunanjo kontrolo kvalitete del in materialov. Naša naloga je povezovanje širokega znanstvenega in strokovnega znanja raziskovalcev ZAG-a s potrebami države, ki stremi h kvalitetni gradnji najpomembnejših infrastrukturnih objektov.

Kot neodvisna in največja gradbena inštitucija v Republiki Sloveniji preverjamo kakovost gradbenih proizvodov, kot so betonski izdelki, jekleni proizvodi, leseni in betonski pragovi ipd. Pri vgradnji materia-

lov pa smo pozorni tudi na morebitne vplive, ki bi lahko povzročili pospešeno degradacijo materialov ter posledično skrajšali življenjsko in uporabno dobo objektov. Z obiski delovišč preverjamo celovito izvedbo gradbenih del, usposobljenost in opremljenost izvajalcev gradbenih del ter predvsem delovanje njihove notranje kontrole kakovosti. Z izvajanjem kontrole kakovosti pravočasno opozorimo na nepravilnosti ter tako ključno prispevamo k trajnosti in dolgi življenjski dobi objektov.

Naročniku nudimo strokovno podporo na vseh področjih gradbeništva, zato smo na voljo za svetovanje pri reševanju najrazličnejših strokovnih problemov. Naša strokovna podpora je najbolj učinkovita, kadar smo v projekt vključeni pravočasno in je komunikacija med vsemi deležniki nemotena.

Naše delo se je pričelo v letu 1994, z začetkom gradnje avtocestnega križa, ki še vedno poteka (nadaljujemo pa tudi še pri obnovah AC in HC), ter se razširilo na pomembnejše odseke državnih cest. Delo sedaj opravljamo tudi na kontroli pri gradnji zemeljskih in betonskih pregrad, pri gradnji in rekonstrukciji železniških povezav pri nas, pa tudi pri drugih infrastrukturnih objektih posebnega pomena, kot so prenosniki signala (na železnicah GSMR) in Telekom, TE Šoštanj, odlagališče nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov, letališče Brnik, Luka Koper itd.

Delo trenutno pridobivamo na trgu – na razpisih za zunanjo kontrolo in s tem akademsko znanje, pridobljeno na univerzah in izpopolnjeno s sodelovanjem na mednarodnih raziskovalnih projektih, povezujemo s potrebami države ter njenih agencij, uprav in družb.





Trenutno naše delo poteka na naslednjih pomembnih infrastrukturnih projektih:

- gradnja 2. tira na odseku Divača–Koper,
- gradnja 2. cevi predora Karavanke,
- gradnja vseh odsekov HC na severnem delu 3. razvojne osi,
- zaključevanje del na rekonstrukciji in gradnji odseka proge Maribor–Šentilj in
- prav tako na odseku Brezovica–Borovnica,
- gradnja odlagališča nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov iz Jedrske elektrarne Krško ter skladišča Brinje, kjer deluje reaktor Triga.

Vizija enote je ohraniti vodilno mesto ZAG-a na zunanji kontroli v Republiki Sloveniji, poglobiti sodelovanje z velikimi državnimi in drugimi investitorji ter to dejavnost razširiti na druge segmente gradbeništva, kot so odlagališča posebnih odpadkov, daljnovodi, podzemna skladišča, pa tudi za gradnjo 2. bloka JEK in stanovanjsko gradnjo.



Tehnično opazovanje pregrad

dr. Pavel Žvanut

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije izvajamo tehnično opazovanje oz. spremljanje obnašanja naslednjih velikih pregradnih objektov v Sloveniji:

- vseh 10 betonskih hidroenergetskih pregrad na reki Dravi (Dravograd, Vuzenica, Vuhred, Ožbalt, Fala, Mariborski otok, Melje, Zlatoličje, Markovci in Formin) za naročnika Dravske elektrarne Maribor,
- petih hidroenergetskih betonskih pregrad na porečju reke Save (Završnica, Moste, Mavčiče, Medvode in Vrhovo) za naročnika Savske elektrarne Ljubljana,
- vseh treh betonskih hidroenergetskih pregrad na reki Soči (Ajba, Podsela in Solkan) za naročnika Soške elektrarne Nova Gorica in
- nasute zemeljske pregrade Vogršček za naročnika Hidrotehnik.

V sklopu tehničnega opazovanja izvajamo tako redne kot tudi izredne preglede in meritve. Slednji se izvajajo po visokih vodah in po močnejših potresih.

Vizualni pregledi, pri katerih si v zadnjih letih pomagamo tudi s pomočjo dronov, zajemajo:

- geološko-geomehanske preglede brežin akumulacij, podslapij in derivacijskih kanalov,
- preglede betonov z dopolnitvami katastrov razpok in ostalih poškodb ter
- potapljaške preglede.

Meritve obsegajo meritve deformacij pregrade, meritve filtracije podzemne vode na območju pregrade in meritve zunanje obežbe na pregrado ter vključujejo:

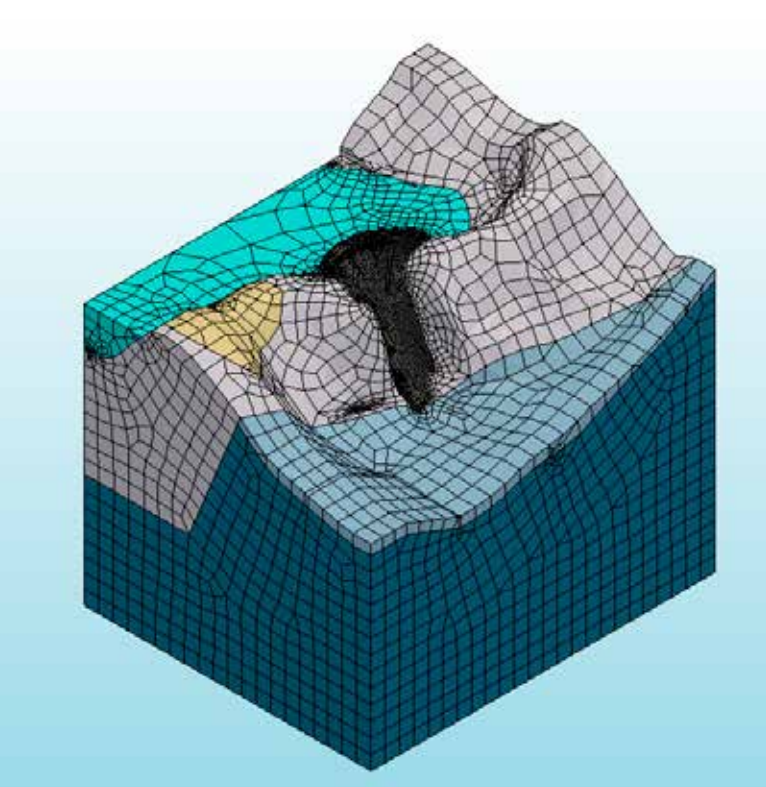
- meritve vertikalnih in horizontalnih premikov opazovanih geodetskih točk,
- meritve nagibov pregradnih objektov,

- meritve delovanja posameznih razpok in dilatacij,
- meritve piezometričnih nivojev in vzgonskih tlakov,
- meritve specifičnih električnih prevodnosti in temperatur vode,
- meritve drenažnih pretokov,
- meritve nivojev vode v akumulaciji,
- meritve temperature zraka,
- meritve pospeškov tal in
- termografske meritve.

Za boljši vpogled v stanje pregradnih objektov so bile meritve pomembnih parametrov avtomatizirane, že nekaj let pa se izvaja tudi posodobitev sistemov tehničnega opazovanja.

Podatki, pridobljeni s tehničnim opazovanjem pregrad, se uporabljajo tudi za 3D numerične analize, in sicer za kalibracijo numeričnih modelov za izračune statične in dinamične varnosti pregrad, ki smo jih v zadnjih letih že izvedli za pregrade Vrhovo, Završnica in Moste.









Kdo smo in kaj počnemo

Laboratorij za kamen, agregat in reciklirane materiale

Delujemo v okviru širokega spektra raziskav in razvoja s področij krožnega gradbeništva, trajnostne rabe virov, okoljske sprejemljivosti in tehnične ustreznosti materialov iz sekundarnih surovin. Hkrati ohranjamo tradicijo preiskav konvencionalnih gradbenih materialov, kamna in agregata ter recikliranih materialov. Delo v laboratoriju usmerjamo v implementacijo dobrih praks, ki izvirajo iz izkušenj in poglobljenega inženirskega znanja, v tesnem sodelovanju z raziskovalnimi inštitucijami in z različnimi vejami industrije. Jedro laboratorija združuje multidisciplinarno ekipo raziskovalcev in inženirjev s področij geologije, gradbeništva, okolja in kemije, vodilne strokovnjake za tehnične ocene in soglasja ter pooblašcene osebe za certificiranje proizvodov.

Vodja laboratorija: dr. Primož Oprčkal, univ. dipl. inž. geol.



Dejavnosti

- Preiskave naravnih, umetnih in recikliranih agregatov
- Preiskave naravnega, aglomeriranega in obložnega kamna
- Preiskave okoljske sprejemljivosti, tehnične ustreznosti in možnosti pridobivanja gradbenih proizvodov iz recikliranih materialov in stranskih proizvodov
- Preiskave materialov na področju kulturne dediščine
- Izdelava modelov analiz življenjskega cikla za procese recikliranja
- Mineraloške, petrografske in mikrostrukturne analize agregatov in recikliranih materialov
- Mikrotomografske analize materialov
- Kemijske analize gradbenih proizvodov in materialov
- Analize prisotnosti azbesta v gradbenih materialih, zračnih filtrih, vodi in vzorcih iz okolja

Raziskave in razvoj

- Procesi in metode za remediacijo onesnaženih zemljin, materialov in vode
- Kaskadno recikliranje z ekstrakcijo kritičnih surovin
- Implementacija recikliranih odpadkov v gradbene proizvode in objekte
- Raziskave patologije in potencialno škodljivih procesov pri uporabi agregatov in sekundarnih surovin v cementnih matrikah in gradbenih proizvodih
- Raziskave onesnaženosti zraka s trdimi delci
- Razvoj krožnih modelov in poslovnih sistemov
- Modeliranje okoljskih vplivov v okviru življenjskega cikla recikliranih materialov, tehnoekonomske analize
- Digitalizacija gradnje (BIM) in sledenje tokov od nastanka odpadka do vgradnje
- Mikrotomografija materialov in 3D slikovna analiza
- Raziskave materialov ter ohranjanje kulturne in industrijske dediščine

Projekti

- ReBuilt – Krožna in digitalna preobrazba gradbenega sektorja v srednji Evropi (Interreg Central Europe, 2023–2026)
- LIFE HIDAQUA – Sustainable water management on high water demanding industries (LIFE, 2019–2025)
- LIFE IP RESTART – Pospeševanje recikliranja odpadkov v vredne produkte skozi oblikovanje primerne okolja za krožno gospodarstvo v Sloveniji (LIFE, 2022–2030)
- CO2TREAT– Pospešena karbonatizacija alkalnih ostankov za nizkoogljična veziva (ERA MIN, 2022–2025)
- ZnOrgBat – Cink-organske baterije z možnostjo ponovnega polnjenja (EIT RawMaterials, 2024–2025)
- WEEE-NET9 – Izboljšanje kapacitete ekstrakcije kritičnih elementov v RIS regiji (EIT RawMaterials, 2022–2024)

Horizontalne aktivnosti

- Sodelovanje skupine za preiskave materialov v kulturni dediščini – Sherezad
- Sodelovanje v skupini za mikrotomografijo
- Sodelovanje v skupini za 3D tisk

Laboratorij za beton

V sodobno opremljenem laboratoriju za preiskave, raziskave in razvoj na področju betona in betonske tehnologije nudimo tehnično in strokovno podporo proizvajalcem in uporabnikom, ki se soočajo s problemi ali vprašanji v zvezi z betoni, njihovo pripravo, vgrajevanjem in dokazovanjem kakovosti.

Vodja laboratorija: dr. Aljoša Šajna, univ. dipl. inž. grad.



Dejavnosti

- Kontrola kakovosti betona, betonskih proizvodov in drugih cementnih kompozitov
- Kontrola kakovosti izvedbe betonerskih del
- Preiskave in analize betonov
- Testiranje betonskih proizvodov
- Pregledi, mnenja, ekspertize
- Izobraževanje

Raziskave in razvoj

- Uvajanje novih tehnologij, npr. digitalna proizvodnja oz. 3D tiskanje cementnih kompozitov
- Raziskave reoloških lastnosti svežega betona
- Raziskave s področja posebnih betonov in drugih cementnih kompozitov (samozgoščevalni, mikroarmirani, visokovredni, drenažni betoni)
- Implementacija sekundarnih surovin v betone
- Raziskave trajnostnih betonov in malt za hitro, trajno in trajnostno gradnjo, obnovo in zaščito AB konstrukcij
- Nedestruktivne preiskave betonov kulturne dediščine

Pomembna raziskovalna oprema

- Postaja za digitalno proizvodnjo oz. 3D tisk cementnih kompozitov (software, mešalec, črpalka, rokotska roka)
- Viskometer za merjenje reoloških lastnosti svežega betona ...)
- Oprema za merjenje razporeditve por v svežem betonu - Air Void Analyser AVA 3000
- Konfokalni-metalografski mikroskop za ugotavljanje velikostne razporeditve značilnosti por v strjenem betonu (po SIST EN 480-11)
- Izotermni kalorimeter za merjenje hidratacijske toplote betonov
- CO₂ komora za pospešeno določanje odpornosti betona na karbonatizacijo
- Oprema za merjenje zrakopropustnosti betona (Torrent)

Projekti

- CIRCUIT – Celostni pristop za spodbujanje krožnega gospodarstva in odpornosti na področju prometne infrastrukture ter podpora uvajanju zelenega in inovativnega javnega naročanja in inovativnih inženirskih praks (HORIZON, 2023–2027)
- L2-50045 – Dvofilamentni 3D tisk z betonom in zemljino (ARIS, 2023–2026)

Horizontalne aktivnosti

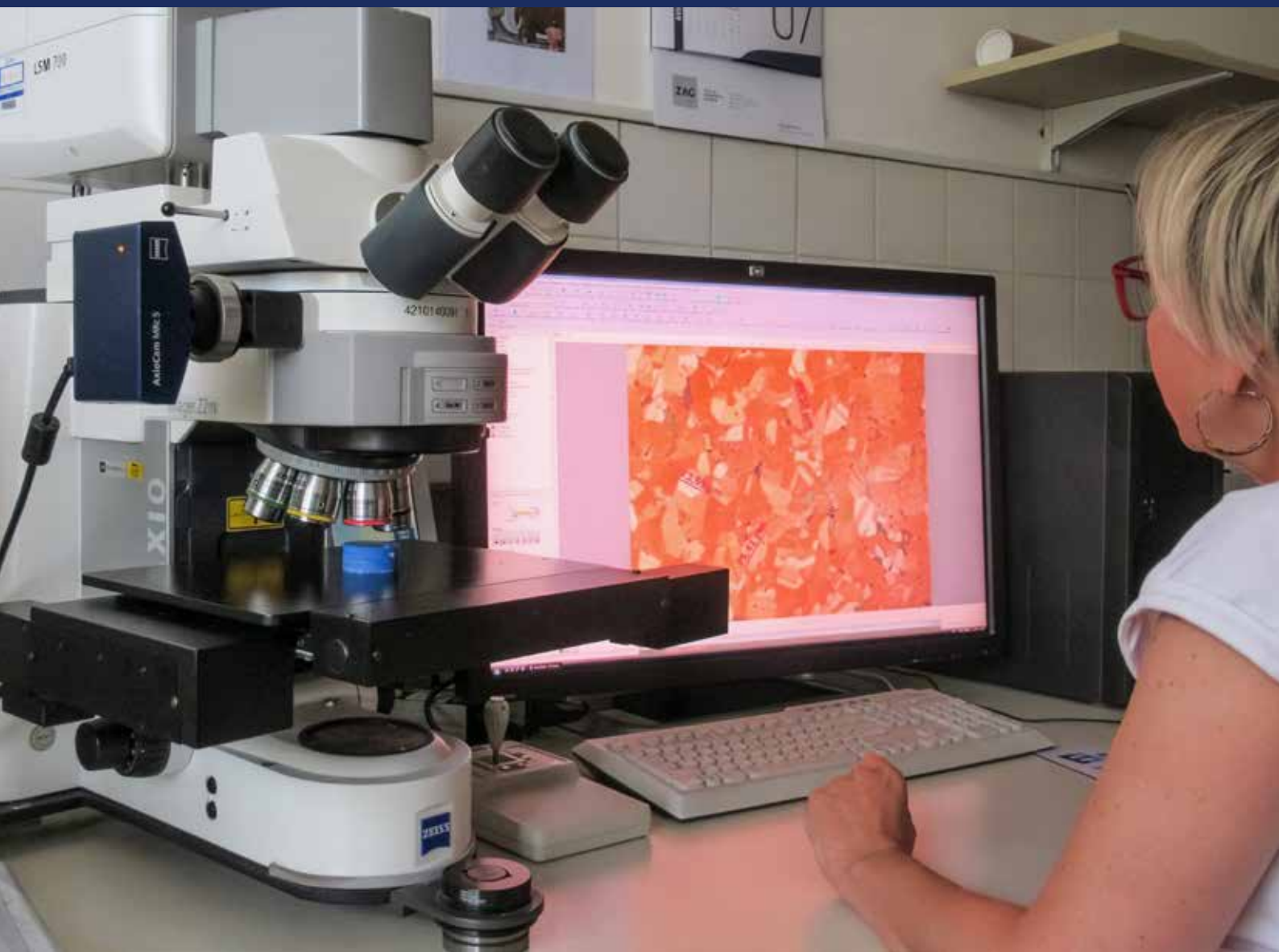
- Vodenje skupine za 3D tisk
- Sodelovanje v skupini za preiskave materialov v kulturni dediščini – Sherezad

Laboratorij za kovine, korozijo in protikorozijsko zaščito

V laboratoriju združujemo strokovno odličnost in sledimo najnovejšim razvojnim ter raziskovalnim trendom z uporabo vrhunske raziskovalne opreme. Nudimo celovito tehnično in strokovno podporo na področju lastnosti kovin, korozije in protikorozijske zaščite.

Sodelujemo z industrijo, podjetji in posamezniki, ki se soočajo z izzivi ali vprašanji v zvezi s kovinami. Naš laboratorij povezuje raziskovalce in strokovnjake z različnih področij, vključno z metalurgijo, kemijo, strojništvom, fiziko in gradbeništvom. Naši strokovnjaki so dejavni v številnih domačih in mednarodnih raziskovalnih projektih, strokovnih združenjih ter delovnih skupinah.

Vodja laboratorija: dr. Tadeja Kosec, univ. dipl. kem.



Dejavnosti

- Preiskave in preizkušanja kovinskih materialov, proizvodov in sistemov
- Preiskave in preizkušanja protikorozijskih nekovinskih in kovinskih zaščit
- Neporušne preiskave napak in poškodb kovinskih elementov, zvarov in drugih spojev
- Ocene, mnenja, ekspertize, pregledi in nadzori
- Svetovanje in izobraževanje s področij lastnosti kovinskih materialov, korozije in protikorozijske zaščite

Raziskave in razvoj

- Razvoj in izdelava senzorjev za spremljanje korozije na različnih področjih
- Spremljanje korozijskih in repasivacijskih procesov v različnih okoljih
- Mehanizmi napetostno korozijskega pokanja ter pokanja zaradi vodikove krhkosti in/ali vpliva vodika
- Korozijski procesi v vodovodnih sistemih
- Korozija in tribokorozija novih materialov
- Študij korozije in zaščite objektov kulturne dediščine
- Degradacija materialov pri pogojih globinskega odlaganja jedrskih odpadkov

Projekti

- Razumevanje mehanizmov H-krhkosti v nerjavnih jeklih, izdelanih z aditivnimi tehnologijami (CEA, 2024–2025)
- ACES – Izboljšano ocenjevanje varnostne učinkovitosti dolgoročnega obratovanja jedrskih gradbenih objektov (H2020, 2020–2024)
- CastQC – Nova ulita Al zlitina s kvazikristali ultra visoke specifične trdnosti (EIT RawMaterials, 2022–2024)
- EURAD II – Evropski skupni program za ravnanje z radioaktivnimi odpadki (HORIZON, 2044–2028)

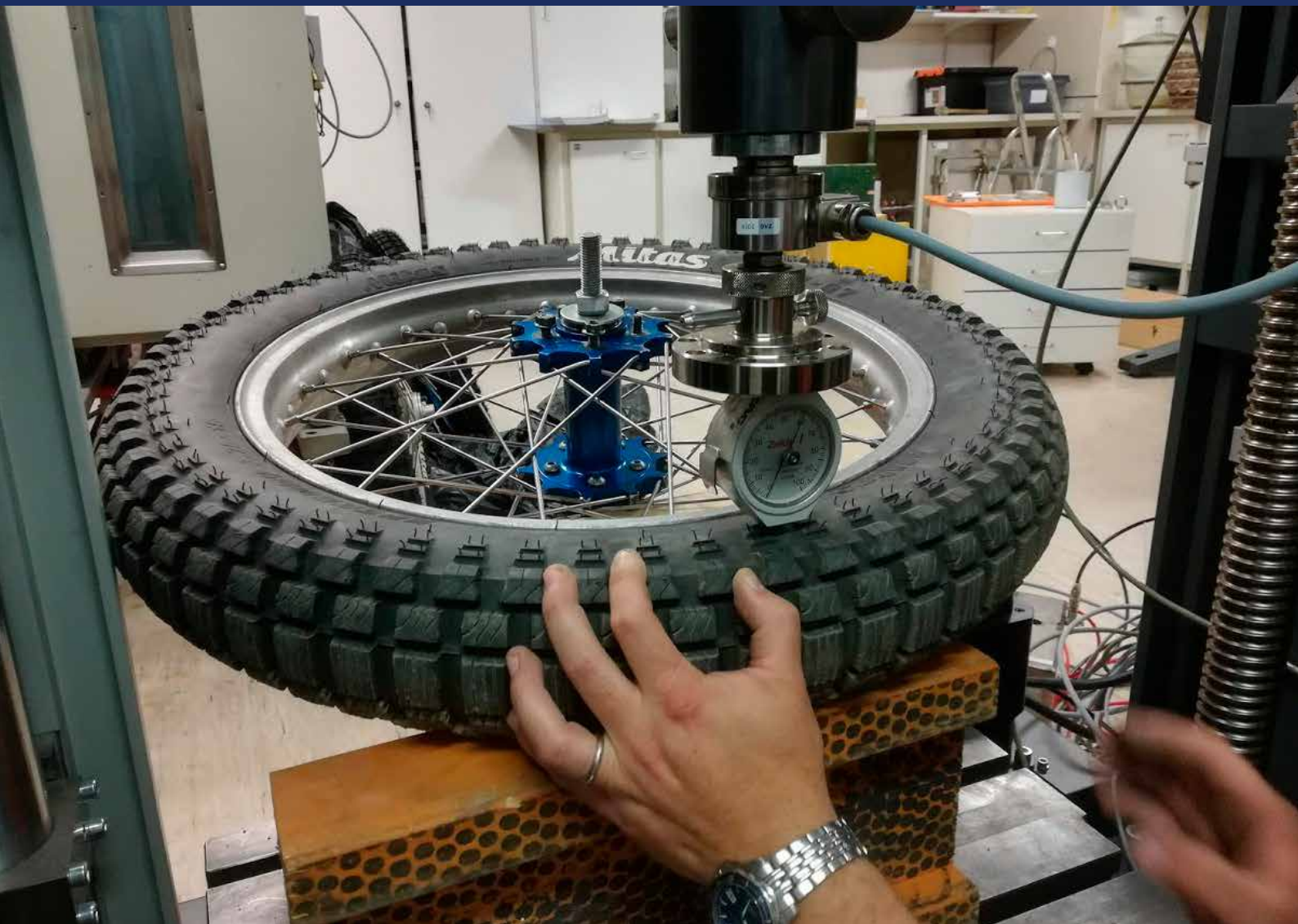
Horizontalne aktivnosti

- Sodelovanje skupine za preiskave materialov v kulturni dediščini – Sherezad
- Sodelovanje v skupini za mikrotomografijo
- Sodelovanje v skupini za 3D print

Laboratorij za polimerne materiale

V laboratoriju se prvenstveno osredotočamo na aplikativno uporabo vrhunskega znanja s področja materialov in preskušanja materialov. Pri svojem delu redno sodelujemo z industrijo, kjer strankam, našim partnerjem, vedno poskušamo ponuditi relevantne storitve, ki so pomembne za njihovo uspešno delovanje. Storitve, ki jih naši partnerji lahko pričakujejo vključujejo podporo pri razvoju inovativnih izdelkov, podporo pri dajanju le-teh na tržišče ter podporo pri vseh izzivih, s katerimi se soočajo pri svojem delovanju in kjer potrebujejo strokovno mnenje in pomoč. Pri delu se zanašamo tudi na svoje dolgoletne izkušnje s področja gradbene zakonodaje na slovenski in evropski ravni. Laboratorij deluje tudi na področju zunanje kontrole kakovosti vgrajenih materialov na cestni, železniški in drugi infrastrukturi v Republiki Sloveniji, ter na področju certificiranja gradbenih proizvodov.

Vodja laboratorija: Gregor Strmljan, univ. dipl. inž. kem. inž.



Dejavnosti

- Sodelovanje z industrijskimi partnerji in podpora pri njihovih dejavnostih
- Reševanje zahtevnejših izzivov, s katerimi se soočajo naročniki
- Preskušanje mehanskih lastnosti polimerov in drugih kompozitnih materialov
- Ocene, mnenja, ekspertize, pregledi in nadzori
- Priprava Evropskih tehničnih ocen (ETA) in Slovenskih tehničnih soglasij (STS) za gradbene proizvode
- Sodelovanje pri certificiranju različnih gradbenih proizvodov
- Zunanja kontrola kvalitete polimernih gradbenih materialov na cestni, železniški in drugi infrastrukturi
- Sodelovanje s širšo javnostjo, vladnimi in nevladnimi organizacijami

Raziskave in razvoj

Na voljo imamo vrhunsko preskuševalno opremo, s katero lahko naročnikom ponudimo pester nabor različnih storitev. Pri tem se opiramo tudi na dolgoletne izkušnje s področja preskušanja različnih materialov in znanje s področja gradbene in druge zakonodaje. Storitve, ki jih izvajamo, med drugim vključujejo:

- Razvoj novih preskusnih metod po meri naročnika
- Svetovanje in podpora pri razvoju novih izdelkov
- Svetovanje in podpora pri dajanju proizvodov na trg

Horizontalne aktivnosti:

V laboratoriju podpiramo delovanje horizontalnih dejavnosti na ZAG-u:

- Kolegom iz drugih laboratorijev svetujemo s področja materialov in preskušanja materialov
- Razvijamo in izvajamo napredne preskusne metode

Odsek za funkcionalne materiale

Prvenstveno se ukvarjamo z znanstveno-raziskovalnim delom, osredotočenim na razvoj in raziskave naprednih, obnovljivih in funkcionalnih materialov, ki se uporabljajo predvsem v gradbeništvu. Uvajamo nove, napredne preiskave in tehnologije, vključujemo se v izobraževalne procese na fakultetah in svetujemo industrijskim partnerjem na področju funkcionalnih materialov. Sodelujemo z razvojno-raziskovalnimi in izobraževalnimi inštitucijami v Sloveniji in izven, aktivno se udeležujemo pomembnejših domačih in mednarodnih konferenc ter simpozijev, rezultate raziskav pa redno objavljamo v člankih v mednarodnih znanstvenih revijah.

Vodja odseka: Gregor Strmljan, univ. dipl. inž. kem. inž.



Dejavnosti

- Raziskovalne aktivnosti in razvoj novih funkcionalnih materialov
- Aktivno sodelovanje v znanstveni skupnosti
- Sodelovanje z industrijskimi partnerji pri razvoju inovativnih, funkcionalnih materialov
- Izvajanje zahtevnejših analiz
- Podpora raziskovalnim dejavnostim Zavoda za gradbeništvo

Raziskave in razvoj

- Razvoj novih materialov za zdravo bivalno okolje: raziskave in razvoj indikatorjev/senzorjev za kvalitativno in kvantitativno identifikacijo relativne vlažnosti, hlapnih organskih snovi, ogljikovega dioksida in patogenov v zraku v notranjosti stavb
- Raziskovanje naprednih obnovljivih kompozitnih materialov: modifikacija lesenih materialov in kompozitov za povečanje požarne odpornosti in trajnosti
- Uporaba nanomaterialov v gradbeništvu: raziskave naprednih fotokatalitsko aktivnih materialov za čiščenje vode in zraka ter pridobivanje energetske bogatih spojin
- Razvoj funkcionalnih premaznih sistemov za trajne in učinkovite stavbne površine
- Razvoj utrjevalcev, impregnacij, premazov za zaščito in utrjevanje materialov kulturne dediščine
- Raziskave o vplivu mikroplastike na okolje
- Proučevanje možnosti uporabe odpadnih polimerov v gradbeništvu in razvoj tehnoloških postopkov za reciklažo

Projekti

- J7-50231 – GROWTH, Rastni potencial in lastnosti lesa izbranih drevesnih vrst različnih provenienc: možnosti zaščite z modifikacijo in izzivi pri odzivanju na podnebne spremembe (ARIS, 2024–2027)
- J7-50226 – NextGenHS, Analitska orodja nove generacije za dediščinsko znanost (ARIS, 2024–2027)
- CRP, Priprava predloga metodologije za oceno tveganja za zdravje ljudi zaradi sproščanja hlapnih in polhlapnih organskih spojin iz gradbenih in finalizacijskih materialov ter opreme v notranji zrak prostorov (VOC, 2023–2024)
- J2-4424 – Celostni pristop za ohranjanje stenskih poslikav kulturne dediščine (ARIS, 2022–2025)
- 4-4546 – Proteinska lepila za visoko zmogljive notranje lesene konstrukcije (ARIS, 2022–2025)
- J2-4441 – Dvojno delujoči Nb2O5 in Nb2O5-TiO2 materiali za sočasno redukcijo CO2 in oksidacijo organskih snovi v spojine z dodano vrednostjo (ARIS, 2022–2025)

Horizontalne aktivnosti

- Sodelovanje v skupini za preiskave materialov v kulturni dediščini – Sherezad
- Sodelovanje v skupini za mikrotomografijo
- Sodelovanje v skupini za 3D print

Laboratorij za cemente, malte in keramiko

Nudimo tehnično in strokovno podporo na področju različnih mineralnih veziv in dodatkov, malt, keramike in določenih sekundarnih surovin. Sodelujemo z vsemi vejami industrije, kakor tudi predstavniki drugih inštitutov in fakultet, ki delujejo na tem področju, ter združujemo strokovnjake in raziskovalce z različnih komplementarnih področij (kemija, gradbeništvo, geologija). Sodelavci laboratorija smo vodilni strokovnjaki za tehnične ocene in soglasja ter pooblaščen osebe za certificiranje tovrstnih proizvodov. Aktivno se vključujemo v nacionalne in evropske projekte ter združenja, kot so RILEM, COST, SIST, KIC in NEB. Rezultate dela predstavljamo na domačih in tujih konferencah ter v znanstvenih publikacijah in monografijah.

Vodja laboratorija: dr. Vilma Ducman, univ. dipl. inž. kem. inž.



Dejavnosti

- Preiskave mineralnih veziv, mineralnih dodatkov, malt, kemijskih dodatkov za beton, cementnih lepil in injekcijskih mas
- Preiskave opečnih izdelkov
- Preskušanje soli za posipavanje cestišč
- Ugotavljanje agresivnosti vode za beton
- Določevanje drsnosti talnih površin
- Petrografsko-mineraloške preiskave gradbenih materialov
- Mikrotomografske analize gradbenih in drugih materialov
- Ocene, mnenja, izobraževanja

Raziskave in razvoj

- Alkalijsko aktivirani materiali
- Nizkoogljični cementi in procesi hidratacije
- Karbonatizacija in sekvstracija
- Reciklirani agregati na osnovi različnih pepelov
- Proizvodi iz zemljine (nežgana glina)
- Uporabnost sekundarnih surovin v industriji gradbenih materialov

Projekti

- AshCycle – Integration of Underutilized Ashes into Material Cycles by Industry-Urban Symbiosis (HORIZON, 2022–2026)
- GEORIS – Innovative technologies for waste processing in ESEE Region (EIT RawMaterials GEORIS, 2022–2024)
- STILLMETAL – Trajnostni postopek obdelave žlindre za pridobivanje dragocene kovine (EIT RawMaterials, 2022–2024)
- WIN – Uporaba odpadkov za alkalijsko aktivirane materiale (SI-AT WIN, 2023–2026)
- TRANSITION – Spreminjanje odpadkov v visokovredni cementni kompozit za 3D tiskanje (M-ERA.NET, 2023–2026)
- J1-50032 – Geološka in litogeokemijska karakterizacija slovenskih dolomitov s poskusno ekstrakcijo magnezija (ARIS, 2023–2026)
- J7-50226 – Analitska orodja nove generacije za dediščinsko znanost (ARIS, 2024–2027)

Horizontalne aktivnosti

- Vodenje skupine za preiskave materialov v kulturni dediščini – Sherezad
- Sodelovanje v skupini za mikrotomografijo
- Sodelovanje v skupini za 3D tisk

Laboratorij za gradbeno fiziko

Raziskovalci in strokovnjaki laboratorija združujemo znanje s področij toplote, svetlobe, akustike, vlage in kakovosti zraka v okviru gradbeno-fizikalnih procesov v grajenem okolju, učinkovite rabe in obnovljivih virov energije v stavbah, vplivov na zdravje uporabnikov stavb, analiz življenjskega cikla objektov, vplivov gradbenih produktov na okolje in trajnostnega vrednotenja stavb. Z bogatimi izkušnjami in s kontinuiranim pridobivanjem novih znanj na naštetih področjih zagotavljamo strokovno odličnost in uspešno sodelujemo z industrijo, podjetji in posamezniki ter jim nudimo široko strokovno in tehnično podporo tako v procesu gradnje kot pri izpolnjevanju zakonodajnih zahtev v gradbeni industriji.

Vodja laboratorija: doc. dr. Katja Malovrh Rebec



Dejavnosti

- Laboratorijske preiskave in preizkušanja
- Terenske meritve in preizkušanja
- Numerične simulacije
- Ocene, strokovna mnenja, ekspertize
- Analize življenjskega kroga stavb
- Trajnostno vrednotenje stavb
- Izobraževanje

Raziskave in razvoj

Raziskujemo in razvijamo na področju toplotno in zvočno izolacijskih materialov, multifunkcijskih elementov stavb, zlasti stavbnega ovoja, celovitih energetskih prenov in učinkovite rabe energije, delovanja stavb s trajnostnega vidika, vrednotenja stavb z uporabo trajnostnih kazalnikov tako v domačem kot tudi tujem okolju. Angažirani smo v raziskavah, povezanih s hrupom v okolju ter specifično na cestah, s svojim raziskovalnim delom pa posegamo tudi na nivo uporabniško usmerjenih infrastrukturnih konceptov in storitev za mesta. Pri tem se povezujemo z raziskovalnimi inštituti, delujemo v združenjih in sodelujemo v raziskovalnih projektih. Rezultate raziskav in razvoja redno objavljamo v domačih in tujih revijah ter na konferencah. Poleg odzivov elementov in materialov merimo tudi direktne odzive ljudi na pogoje v stavbah, predvsem z vidika svetlobe in toplote. V letu 2023 smo pripravili mednarodno poletno doktorsko šolo pod okriljem IPERION HS z naslovom »Environmental impact on built heritage and its digitalization«.

Projekti

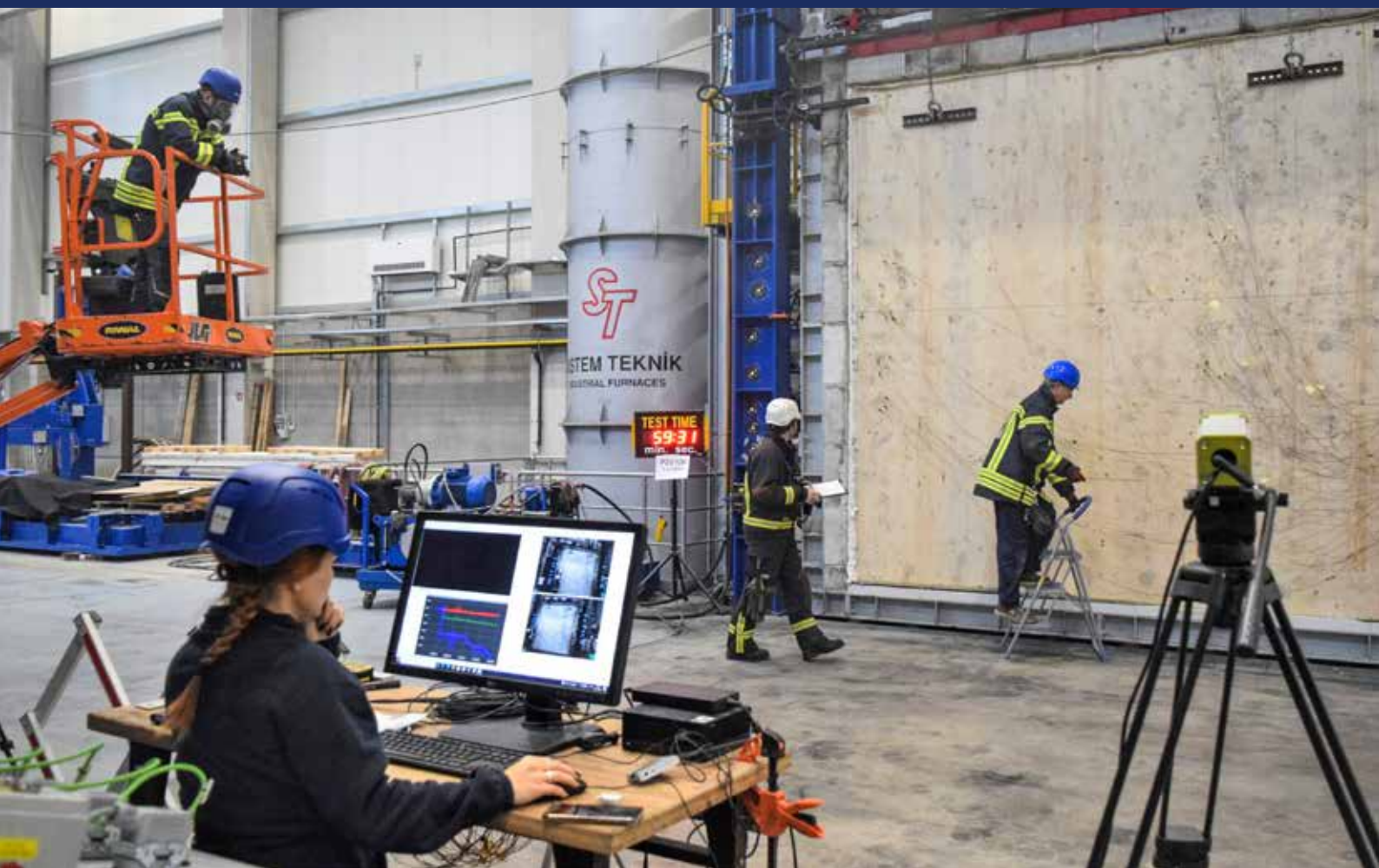
- BUILDCHAIN – Gradbeni dnevnik, osnovan na zanesljivem oziroma zaupanja vrednem decentraliziranem grafu znanja (HORIZON, 2023-2025)
- CirCon4Climate – Krepitev krožnih gradbenih praks za blažitev podnebnih sprememb (EUKI, 2022-2025)
- MEZeroE – Merjenje stavbnih ovojev za skoraj nič energijske stavbe (H2020, 2021-2026)
- E-RIHS – European Research Infrastructure for Heritage Science Implementation Phase
- N2-0258 – Študija toplotnih lastnosti in zmanjšanja vseživljenjskega vpliva alternativnih hibridnih eko-nanomaterialov v okolju z nizkim tlakom (ARIS, 2023-2024)
- Razvoj tehničnih smernic za štirislojne zasteklitve
- V4-2270 – Hitrejši prehod v podnebno nevtralno družbo z izkoriščanjem potenciala lesa v okviru zelenega javnega naročanja (ARIS, 2022-2023)

Požarni laboratorij in požarno inženirstvo

Preskušanje požarnih lastnosti proizvodov in konstrukcij za gradbeništvo in ladjedelništvo izvajamo že 50 let. Opravljamo standardna in nestandardna ter raziskovalno-razvojna preskušanja s področja požara. Področje našega delovanja je predvsem preskušanje odziva materialov na ogenj in požarne odpornosti konstrukcij, preskušanje sistemov za odvod dima in toplote, ter obravnava fasadnega požara. Izdelujemo tudi analize pogorišč in študije požarne varnosti v stavbah. Sodelujemo pri postopkih dajanja gradbenih proizvodov na trg. Aktivni smo v evropskem združenju požarnih laboratorijev EGOLF in ostalih mednarodnih organih, kot sta EOTA in CEN.

Na raziskovalnem področju smo aktivni predvsem na področju obnašanja lesa in lesenih kompozitnih elementov v požaru. Velik del raziskav predstavlja trajnostna gradnja, kjer sodelujemo na področju razvoja trajnostnih proizvodov ter na področju sistemskih rešitev za implementacijo trajnostne gradnje v prakso.

Vodja laboratorija: Friderik Knez, univ. dipl. fiz.



Dejavnosti

- Preskušanje požarnih lastnosti različnih proizvodov za gradbeništvo in ladjedelništvo
- Izvajanje modificiranih, nestandardnih ciljnih razvojnih preskušanj za slovensko in evropsko industrijo
- Izdelava strokovnih mnenj o požarnih lastnostih različnih proizvodov, o požarnovarnostnih problemih, o vzrokih za nastanek in razširitev požara ter pregled in ocena konstrukcij, poškodovanih v požaru
- Izdelava študij požarne varnosti glede na zahteve slovenske zakonodaje za gradnjo
- Izdelava smernic in pilotnih sistemov za sanacije stavb s povišano koncentracijo radona v zraku

Raziskave in razvoj

- Raziskave na področju toksičnosti in ekotoksičnosti dimnih plinov
- Raziskave na področju trajnostne gradnje v povezavi s požarom
- Raziskave obnašanja lesa in lesnih kompozitov v začetni fazi požara (odziv na ogenj)
- Raziskave na področju požarnih lastnosti proizvodov iz sekundarnih materialov
- Raziskave na področju povečane požarne nevarnosti, gradbenih materialov, proizvodov in konstrukcij iz lesa ter drugih naravnih materialov
- Raziskave na področju systemskega pristopa k trajnostni gradnji v Sloveniji in EU
- Razvoj smernic in raziskave na področju zaščite stavb pred škodljivimi vplivi radona na slovenski in mednarodni ravni

Projekti

- FRISSBE – Požarno-varno trajnostno grajeno okolje (H2020, 2021–2026)
- MEZeroE – Merjenje stavbnih ovojev za skoraj nič energijske stavbe (H2020, 2021–2026)
- GREEN LOOP – Sustainable manufacture systems towards novel bio-based materials (HORIZON EUROPE, 2022–2025)
- STAR*track– Support and networks To Accelerate the construction and Renovation innovation track to market (HORIZON EUROPE, 2024–2027)
- LIFE IP CARE4CLIMATE – Spodbujanje zmanjšanja emisij toplogrednih plinov do 2020 s pogledom na 2030 (LIFE IP in MOP, 2019-2026)
- POCITYF– A PPositive Energy CITY Transformation Framework (H2020, 2019-2024)
- RENOINVEST – Okrogle mize za krepitev pametnih investicij v trajnostno obnovo stavb (LIFE, 2023-2026)
- L2-50046 – Vrednotenje in izboljšanje požarne učinkovitosti sistemov stavbnega ovoja s poudarkom na sistemih ETICS, vsebujoč EPS z ali brez zaviralcev gorenja (ARIS, 2023–2026)
- J2-50063 – Trajnostna raba lesenih konstrukcij – požarne in popožarne deterministične in verjetnostne rešitve (ARIS, 2023–2026)

Odsek za požarne raziskave in inovacije

Odsek se ukvarja z različnimi vidiki preučevanja požarov in zagotavljanja požarne varnosti. Vzpostavitev odseka je rezultat uspešne prijave projekta na razpis ERA Chair Obzorje 2020, ki je del delovnega programa Spodbujanje odličnosti in povečevanje udeležbe (ang. Spreading Excellence and Widening Participation). Odsek si prizadeva ustvariti in podpreti močan raziskovalno-razvojni center na področju požarno varnega in trajnostno grajenega okolja, osredotočen na južno in srednjo Evropo. Namen odseka je tudi spodbujanje povezovanja na področju požarnih raziskav v Sloveniji in krepitev sodelovanja z industrijo.

Vodja odseka: ddr. Aleš Jug, univ. dipl. oec., var. inž.



Dejavnosti

- Preučevanje vzrokov požarov: Analiziramo, kako in zakaj požari nastanejo, kar vključuje raziskovanje različnih vnetljivih materialov, virov vžiga in pogojev, ki prispevajo k požaru, ter preučevanje okoliščin, v katerih se požari najpogosteje pojavijo.
- Modeliranje in simulacija požarov: Razvijamo in uporabljamo računalniške modele ter simulacije za napovedovanje vedenja požarov v različnih okoljih. To vključuje modeliranje širjenja plamena, dima in toplote.
- Raziskovanje požarne dinamike: Preučujemo fizikalne in kemijske procese, ki se odvijajo med požarom, kot so zgorevanje, širjenje plamenov in tvorba dima.
- Preizkušanje materialov in gradbenih elementov: Testiramo različne materiale in gradbene elemente za oceno njihove požarne odpornosti, kar vključuje laboratorijske teste in poskuse v kontroliranih pogojih.
- Razvoj požarne varnosti: Razvijamo smernice, standarde in predpise za izboljšanje požarne varnosti v stavbah, infrastrukturi in drugih okoljih. To vključuje tudi raziskave na področju požarne zaščite, kot so požarni alarmi, sprinkler sistemi in požarne pregrade.
- Izobraževanje in usposabljanje: Organiziramo izobraževanja, seminarje in usposabljanja za strokovnjake na področju požarne varnosti ter ozaveščamo javnost o požarni varnosti.

Pomembna področja raziskav

- Požarne raziskave na področju preučevanja fasadnih sistemov ETICS
- Požarne raziskave dinamike gorenja li-ionskih baterij
- Numerične metode v požaru (večstransko modeliranje, modeliranje procesa zgorevanja in mehanska analiza)
- Hibridne in napredne eksperimentalne metode v požaru (numerično/eksperimentalno povezovanje, metode za analizo toksičnosti, napredovanje požarov po fasadah)
- Analize emisij, strupenost in ekotoksičnost pri požaru (ugotavljanje sestave dimnih plinov pri zgorevanju, gorenje biomase)
- Požarne raziskave, vezane na sončne elektrarne (različne vrste streh, gorljive in negorljive izolacije, različne postavitve panelov sončnih elektrarn)
- Požarne raziskave na konstrukcijah (les, geopolimeri in kompozitni konstrukcijski elementi v požaru)
- Požarne raziskave na materialih (bioosnovani kompoziti, napredne toplotne izolacije, geopolimeri)

Projekti

- FRISSBE – Požarno-varno trajnostno grajeno okolje (H2020, 2021–2026)
- L2-50046 – Vrednotenje in izboljšanje požarne učinkovitosti sistemov stavbnega ovoja s poudarkom na sistemih ETICS (ARIS, 2023–2026)
- Ti-Rex – Framework for smart condition reassessment of Reclaimed Timber to extend the service life of long-lived wood products using non-destructive testing and automated data postprocessing (ForestValue2, 2024–2027)

Odsek za stavbe in potresno inženirstvo

Odsek deluje na širokem področju zagotavljanja mehanske odpornosti stavb in njihovih nosilnih konstrukcij. Z znanjem, pridobljenim skozi več desetletij raziskav in izkušnjami številnih generacij gradbenih inženirjev, nudimo podporo... gospodarstvu ter odločevalcem doma in v tujini.

Ukvarjamo se z raziskavami mehanskega obnašanja ter razvojem konstrukcijskih elementov, sistemov in stavb. Razvijamo metodologije in smernice za zmanjšanje potresne ogroženosti stavb. Na podlagi pregledov, terenskih in laboratorijskih preiskav ter računskih analiz obstoječih objektov nudimo strokovno podporo pri prenovi ali sanaciji stavb v sklopu projektiranja ali ukrepanja pri izrednih dogodkih, sodelujemo pri izdelavi tehničnih soglasij ter pripravljamo druge zahtevne ekspertize, povezane z varnostjo in zanesljivostjo nosilnih konstrukcij.

Vodja odseka: dr. Meta Kržan, univ. dipl. inž. grad.



Dejavnosti

- Pregledi stanja, računske analize in ocene potresne odpornosti obstoječih gradbenih konstrukcij (smernice za prenovo, smernice ukrepov ob izrednih dogodkih ...)
- Laboratorijske in terenske preiskave konstrukcijskih elementov, sklopov in konstrukcij
- Analize potresne ogroženosti stavb in stavbnega fonda
- Obremenilni preskusi različnih gradbenih konstrukcij
- Geodetska in druga tehnična opazovanja
- Sodelovanje pri pripravi standardov, tehničnih ocen in potrjevanju skladnosti
- Ekspertne storitve in izvedenska mnenja

Raziskave in razvoj

- Obnašanje stavb in inženirskih gradbenih objektov pri potresni obtežbi
- Učinkovitost sistemov za protipotresno utrjevanje obstoječih gradbenih konstrukcij
- Potresna odpornost novih konstrukcijskih elementov in sistemov
- Eksperimentalne in analitične metode za določitev obnašanja konstrukcijskih elementov ali sistemov
- Podlage za razvoj strategij za zmanjšanje potresne ogroženosti določenega stavbnega fonda

Projekti

- CRP ARIS V2-2257 – Strateške podlage za zmanjšanje potresne ogroženosti stavb pravosodja v Sloveniji (ARIS in Ministrstvo za pravosodje, 2022-2025)
- GreenRenoV8 – Stroškovno učinkovito razogljičenje stavbnega fonda in potresna odpornost: Vključevanje izvajanja EPBD v načrte prenove in energetske izkaznice (LIFE, 2024 - 2027)
- Strokovne podlage za pripravo Akcijskega programa krepitve potresne varnosti na podlagi Resolucije o krepitvi potresne varnosti do leta 2050 (»PREHITIMO POTRES«) (MNVP, 2024-2025)
- POTROG4: Nadgradnja sistema za določanje potresne ogroženosti in odzivnosti za potrebe potresne zaščite in reševanja v RS (MORS, 2019-2020)

Odsek za mostove in inženirske objekte

Naša vizija je delati in prepletati raziskovalno in visoko strokovno delo s področja upravljanja premostitvenih objektov za aplikativne potrebe industrije. Opravljamo obdobjne in izredne preglede zahtevnih objektov, analize varnosti obstoječih konstrukcij, kompleksna spremljanja konstrukcijskega stanja, obremenilne preiskave mostov, meritve vibracij ipd. Sodelujemo pri pripravi tehničnih smernic in tehničnih soglasij. V okviru dolgoletnega, priznanega in uspešnega raziskovalnega dela sodelujemo z domačimi in mednarodnimi raziskovalci, industriji nudimo podporo pri razvoju ter smo aktivni v domačih in tujih organizacijah in združenjih.

Vodja odseka: dr. Andrej Anžlin, univ. dipl. inž. grad.



Dejavnosti

- Pregledi stanja obstoječih premostitvenih objektov
- Laboratorijske in terenske preiskave konstrukcij
- Analize varnosti obstoječih premostitvenih objektov
- Obremenilni preizkusi infrastrukturnih objektov
- Meritve vibracij na objektih
- Ekspertne storitve in izvedenska mnenja
- Sodelovanje pri pripravi standardov, akcijskih načrtov, tehničnih ocen in potrjevanju skladnosti

Raziskave in razvoj

- Varnost in trajnost premostitvenih objektov
- Monitoring premostitvenih objektov
- Dinamično tehtanje vozil med vožnjo
- Digitalno pregledovanje objektov
- Ponovna uporaba starih/obstojećih nosilnih elementov
- Poplavna in potresna ranljivost premostitvenih objektov
- Modeliranje statičnega in dinamičnega obnašanja konstrukcij

Pomembnejša oprema

- Oprema za meritev odziva konstrukcij in dolgotrajno spremljanje konstrukcijskega stanja (meritve pospeškov, zasukov, pomikov in specifičnih deformacij)
- Oprema za neporušne in-situ preiskave konstrukcij
- Oprema za merjenje vibracij (hitrostne doze, sistem za oddaljen dostop do meritev)
- Brezpilotni letalniki (droni)
- Programska oprema za analizo konstrukcij in obdelavo podatkov meritev

Projekti

- BIM4CE – Spremljanje konstrukcijskega stanja mostov v Srednji Evropi s pomočjo podatkov v realnem času in digitalnih dvojčkov (Interreg Central Europe, 2022–2025)
- CIRCUIT – Celostni pristop za spodbujanje krožnega gospodarstva in odpornosti na področju prometne infrastrukture ter podpora uvajanju zelenega in inovativnega javnega naročanja in inovativnih inženirskih praks (HORIZON, 2023–2027)
- CrossCade – Analiza čezmejnih verižnih tveganj za kritično infrastrukturo v porečju reke Save (UCPM, 2022–2024)
- J7-50096 - BrAId – Izboljšanje sistema B-WIM na osnovi masovnih podatkov in umetne inteligence (ARIS, 2023–2026)
- Razvojni projekti digitalizacije spremljanja stanja premostitvenih objektov (DARS in DRSI)
- Spremljanje stanja premostitvenih pregledov na cestah v upravljanju DARS – glavni in izredni pregledi
- Razvojne in raziskovalne dejavnosti na sistemu dinamičnega tehtanja vozil med vožnjo SiWIM

Odsek za kovinske in polimerne konstrukcije

Na odseku združujemo raziskovalce in strokovnjake z dolgoletnimi izkušnjami v različnih specialnostih s področij gradbeništva in strojništva. Sodelujemo z industrijo in podjetji, ki se soočajo s problemi ali dilemami na strokovnih področjih delovanja odseka. Na področju nestandardnih preiskav razvijamo in uvajamo nove metode preskušanja.

V sklopu odseka deluje tudi Kontrolni organ za žičniške naprave (kontrolni organ tipa C v skladu s standardom SIST EN ISO/IEC 17020:2012).

Vodja odseka: dr. Iztok Klemenc, univ. dipl. inž. grad.

Vodja Kontrolnega organa za žičniške naprave: Milan Grkman, univ. dipl. inž. str.



Dejavnosti

- Tehnična in strokovna podpora pri uvajanju novih tehnologij in uveljavljanju nove regulative na področju kovinskih in polimernih konstrukcij ter geotehničnih sider
- Terenske meritve, pregledovanje in ocenjevanje stanja gradbenih konstrukcij in konstrukcijskih elementov in-situ (jekleni mostovi, drogovi, daljnovodi ipd.)
- Sodelovanje pri izvajanju nalog v okviru Službe za tehnične ocene in soglasja ZAG pri pripravi evropskih ocenitvenih dokumentov (EAD), evropskih tehničnih ocen (ETA) in slovenskih tehničnih soglasij (STS)
- Koordinacija, svetovanje, usmerjanje pri izvedbi, obdelava in analiza rezultatov različnih laboratorijskih preskušanj, preiskav in meritev konstrukcijskih sklopov, elementov ter gradbenih proizvodov
- Priprava strokovnih ocen, mnenj in ekspertiz na osnovi izvedenih pregledov, nadzorov in/ali predložene dokumentacije
- Izvajanje zunanje kontrole kakovosti jeklenih konstrukcij in geotehničnih sider na infrastrukturnih objektih (avtocestah, cestah, železnicah, hidroelektrarnah ipd.)
- Vključevanje v naloge Certifikacijske službe ZAG za gradbene proizvode s področja delovanja odseka
- Izvajanje magnetno induktivnih pregledov jeklenih vrvi na žičniških in rudniških napravah
- Opravljanje strokovno tehničnih pregledov žičniških naprav, pregledov in preskusov njihovih podsistemov v sklopu Kontrolnega organa za žičniške naprave
- Izobraževanje

Razvojno delo

- Razvijanja in uvajanja novih metod ter tehnologije preskušanj kovinskih in polimernih konstrukcij z vidika njihovega obnašanja pri statičnih in dinamičnih obremenitvah
- Preskušanja nosilnosti in ocenjevanja stanja prednapetih in pasivnih geotehničnih sider
- Ocenjevanja stanja, opazovanja, saniranja geotehničnih sider in obstoječih jeklenih nosilnih elementov, sklopov in konstrukcij

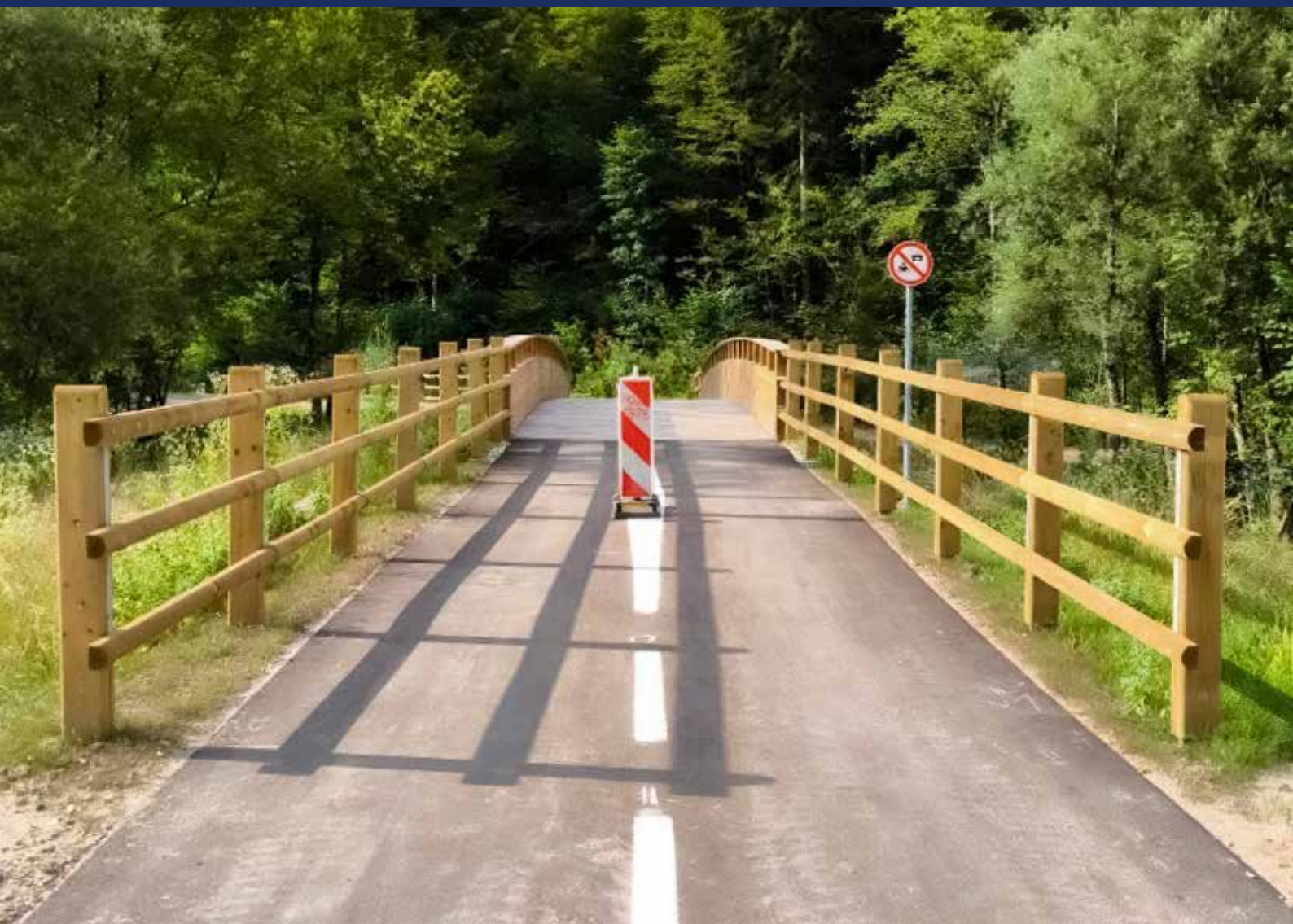
Merilna in preskuševalna oprema

- Magnetno induktivni napravi za pregledovanje jeklenih vrvi
- Vrvni tenzometer za meritve nateznih sil v obremenjenih jeklenih vrveh
- Komplet za izvedbo izvlečnih preskusov pasivnih geotehničnih sider (samouvrtnih injekcijskih sider, SN sider iz rebraste armaturne palice in hidravličnih ekspanzijskih trenjskih sider)

Odsek za lesene konstrukcije

Na odseku prepletamo celostno strokovno in raziskovalno delo, predvsem s področja lesenih konstrukcij, pozornost pa namenjamo tudi osnovnemu materialu, lesu in raznovrstnim proizvodom na njegovi osnovi, kot tudi ostalim pomembnim gradnikom tovrstne trajnostne gradnje. Uspešno sodelovanje z domačo in tujo industrijo na področju preskušanja proizvodov nadgrajujemo s skupnimi razvojno-raziskovalnimi aktivnostmi. Dejavno sodelujemo v nacionalnih in mednarodnih projektih in standardizacijskih odborih, izvajamo raznovrstne interdisciplinarne projektne naloge, na področju raziskav in izobraževanja pa uspešno sodelujemo s priznanimi univerzami doma in v tujini. Strokovnjaki odseka pokrivamo komplementarna področja gradnje z lesom, s skupnim razvojno-raziskovalnim delom in publikacijami svojega dela pa aktivno prispevamo k razvoju stroke ter znanosti na domači in mednarodni ravni.

Vodja odseka: dr. Tomaž Pazlar, univ. dipl. inž. grad.



Dejavnosti

- Tehnična in strokovna podpora pri uvajanju novih materialov in tehnologij ter uveljavljanju regulative na področju proizvodov na osnovi lesa in na področju lesenih konstrukcij
- In-situ pregledovanje in ocenjevanje stanja lesenih gradbenih konstrukcij in konstrukcijskih elementov
- Različna laboratorijska preskušanja, preiskave in meritve elementov oz. gradbenih proizvodov na osnovi lesa in konstrukcijskih sklopov
- Ocene, mnenja, ekspertize, pregledi in nadzori, izvajanje kontrole kakovosti
- Sodelovanje pri pripravi tehničnih ocen in certificiranju
- Izobraževanja

Raziskave in razvoj

- Razvrščanje lesenih konstrukcijskih elementov po trdnosti
- (Nedestruktivne) metode pregledovanja in ocenjevanja stanja lesenih konstrukcij
- Razvoj inovativnih lepljenih in mehanskih stikov v lesenih konstrukcijah
- Inovativne konstrukcije iz materialov na osnovi lesa
- Uporaba odsluženih materialov na osnovi lesa kot surovine za nove proizvode
- Izboljšanje mehanskih, fizikalnih in trajnostnih lastnosti lesa in materialov na osnovi lesa

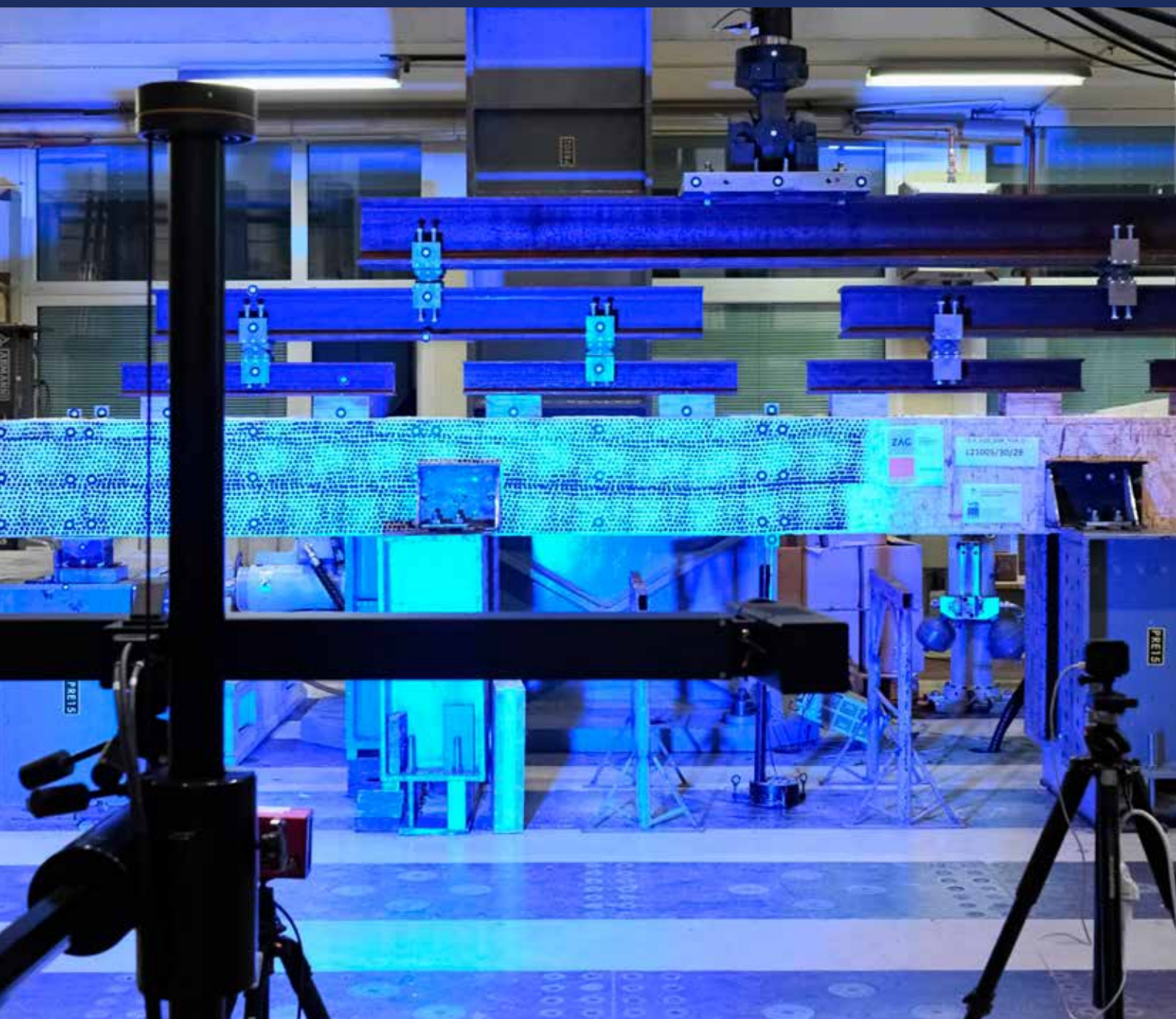
Projekti

- V2-2350 – Zagotavljanje kakovosti lesene trajnostne gradnje (ARIS, MGTŠ, 2023–2024)
- J4-4546 – Proteinska lepila za visoko zmogljive notranje lesene konstrukcije (ARIS, 2022–2025)
- N2-0280 – DIAMONDS - DIagnostika Mehanskih Ilastnosti starNih lepilnih sTikov v lesenih konstrukcijah (ARIS, 2023–2026)
- J7-50231 – GROWTH Rastni potencial in lastnosti lesa izbranih drevesnih vrst različnih provenienc: možnosti zaščite z modifikacijo in izzivi pri odzivanju na podnebne spremembe (ARIS, 2024–2027)
- InnoCrossLam – Inovativne rešitve za konstrukcije iz križno lepljenega lesa (ForestValue, 2019–2022)
- Sodelovanje v programski skupini Gozdno lesna veriga in podnebne spremembe – prehod v krožno biogospodarstvo

Laboratorij za konstrukcije

V laboratoriju, ki je opremljen s sodobno preskusno in merilno opremo, omogočamo postavitev ter izvedbo najzahtevnejših mehanskih preskusov konstrukcijskih in drugih elementov s statično ali dinamično obremenitvijo. Strokovno in kakovostno izvedbo preskusov zagotavljamo z interdisciplinarno ekipo s kompetencami z različnih področij. Med dejavnosti laboratorija sodijo tudi pregledi in preskusi na terenu, kjer uporabljamo najsodobnejše neporušne metode.

Vodja laboratorija: Uroš Ristić, mag. inž. grad.



Dejavnosti

- Izvajanje različnih statičnih in dinamičnih preiskav konstrukcijskih in nekonstrukcijskih elementov; največja statična obremenitev do 5000 kN, dinamična do 1000 kN s frekvencami do 100 Hz
- Terenski pregledi, ki obsegajo geodetsko merjenje pomikov, deformacij, vzorčenje vgrajenih materialov itd.
- Nedestruktivne preiskave konstrukcijskih in drugih elementov

Raziskave in razvoj

- Razvoj merilnih metod na področju statičnih in dinamičnih preiskav
- Uvajanje nedestruktivnih metod za zaznavanje stanja konstrukcij
- Razvoj optičnih metod za brezkontaktno merjenje pomikov

Pomembnejša oprema

- Preskuševalna ploščad 14 x 26 m, nosilnosti 1000 kN/m², z vpenjalnim temeljem 10 x 10 m, reakcijsko steno 6 x 7 m ter modularnim sistemom jeklenih konstrukcijskih elementov
- Servohidravlični sistem, ki omogoča simultano obremenjevanje z do 8 hidravličnimi cilindri zmogljivosti od 16 do 1000 kN
- Enokomponentna potresna miza 2,0 x 3,2 m (koristna masa do 5 t, največji pospešek do 5 g)
- Dve hidravlični stiskalnici zmogljivosti 5000 kN
- Univerzalni preskusni stroj ZWICK zmogljivosti do 2500 kN
- Preskusni stroj z možnostjo kombinirane dinamične osno-torzijske obremenitve (do 25 kN/200 Nm) MTS Bionix, opremljen s komoro, ki omogoča testiranje pri različnih temperaturah
- Več optičnih merilnih sistemov za brezkontaktne meritve pomikov
- Nabor različne opreme za neporušne preiskave: ultrazvočni tomograf, georadarski merilni sistem, detektor armature v betonu, ultrazvok, impact echo itd.
- Precizni nivelirji, teodoliti, optična grezila in totalne postaje Zeiss

Odsek za geotehniko

S pomočjo sodobne opreme in izkušenih strokovnjakov nudimo tehnično in strokovno podporo na področju zemeljskih del, geotehničnih raziskav in monitoringa. Izvajamo nacionalne in mednarodne raziskovalne projekte ter aktivno sodelujemo v nacionalnih in mednarodnih strokovnih združenjih in tehničnih odborih. Izvajamo celovito kontrolo kakovosti materialov in izvedbe zemeljskih del, geološko-geotehnična opazovanja ter geološko-geomehansko projektiranje za cestno in železniško infrastrukturo, energetske objekte in druge zahtevne geotehnične konstrukcije.

Vodja odseka: dr. Stanislav Lenart, univ. dipl. inž. grad.



Strokovna dejavnost

- Geomehanske raziskave tal za objekte visoke in nizke gradnje ter predore
- Geomehanske laboratorijske preiskave
- Geomehanske terenske preiskave
- Zunanja kontrola zemeljskih del
- Tehnična opazovanja objektov, kot so pregrade, predori, podporne konstrukcije, nasipi ipd.
- Geološko-geomehansko projektiranje

Raziskovalna dejavnost

- Raziskave dinamičnega obnašanja zemljine ob potresu ali vplivu prometa
- Geomehanske raziskave problemov nesaturiranih zemljin
- Geološko-geomehanske raziskave hribin
- Uporaba geosintetikov v zemeljskih delih
- Uporaba manj kakovostnih in odpadnih materialov v zemeljskih delih
- Odpornost infrastrukture v različnih klimatskih pogojih

Projekti

- GEOLAB, Krepitev evropske kritične infrastrukture (H2020, 2021–2025)
- CIRCUIT – Celostni pristop za spodbujanje krožnega gospodarstva in odpornosti na področju prometne infrastrukture ter podpora uvajanju zelenega in inovativnega javnega naročanja in inovativnih inženirskih praks (HORIZON, 2023–2027)
- LIAISON – Zmanjšanje vpliva prometa na okolje v celotnem življenjskem ciklu prihodnje transportne infrastrukture (HORIZON, 2023–2026)
- Academics4Rail – Izgradnja skupnosti raziskovalcev in omogočanje mreženja doktorantov s področja železnic za ERJU (H2020, 2023–2025)
- SAFETY4TMF – Preprečevanje in obvladovanje nesreč na objektih za ravnanje in skladiščenje odpadkov (INTERREG DANUBE, 2024–2026)
- BRIDGITISE – Mreženje industrije in doktorskih študentov za digitalizirano upravljanje mostov (HORIZON MSCA Doctoral Networks, 2024–2028)
- UPGRADE – Nadgradnja geomaterialov: od odpadkov do virov (HORIZON MSCA Staff Exchanges, 2025–2029)

Odsek za vzdrževanje in gospodarjenje s cestami

Nudimo tehnično in strokovno podporo pri vzdrževanju in gospodarjenju s cestami ter v zvezi z različnimi lastnostmi vozni površin. Uporabljamo in integriramo brezkontaktna merska metoda na področju prometne infrastrukture in njenega okolja. Ugotavljamo in vrednotimo začetno stanje in geometrijo ter spremljamo spremembe v cestni površini, pa tudi stanje in spremembe v naravnem okolju. Sodelujemo z različnimi strokovnjaki pri izvedbi mednarodnih in nacionalnih razvojno-raziskovalnih projektov ter aktivno sodelujemo na domačih in tujih strokovnih srečanjih.

Vodja odseka: mag. Darko Kokot, univ. dipl. inž. grad.



Dejavnosti

- Meritve lastnosti vozniških površin in voziščnih konstrukcij: ravnost, odpor proti drsenju, hrapavost, poškodbe površine
- Upravljanje prometne infrastrukture oziroma gospodarjenje z njo, vpliv cestne infrastrukture na okolje, na porabo prometne energije in na emisije toplogrednih plinov
- Lasersko skeniranje za evidentiranje infrastrukture, grajenih in naravnih prostorskih objektov ter sprememb njihovega položaja in oblike
- Ekspertize in svetovanje na področjih našega dela upravljavcem cestnih omrežij in drugim investorjem
- Vključitev rezultatov terenskih meritev v sisteme upravljanja za optimalnejše razporejanje finančnih sredstev za vzdrževanje cest
- Vključevanje novih znanj in raziskovalne opreme v vsakodnevno delo
- Mednarodno povezovanje z raziskovalci in strokovnjaki z različnih področij dela

Raziskave in razvoj

- Upravljanje cest in elementi upravljanja
- Mednarodne primerjave metod in naprav za spremljanje stanja različnih lastnosti vozniških površin
- Torne lastnosti za izboljšanje varnosti v prometu
- Vpliv gradnje in vzdrževanja cest na okolje
- Brezkontaktna laserska merske metode za evidentiranje in spremljanje stanja infrastrukture, objektov in prostora, zaščita cestne infrastrukture
- Digitalizacija in upravljanje podatkov o infrastrukturi

Projekti

- AUGMENTED CCAM – Augmenting and Evaluating the Physical and Digital Infrastructure for CCAM Deployment (HORIZON, 2022–2025)
- INFRACOMS – Innovative & Future-proof Road Asset Condition Monitoring Systems (CEDR, 2022–2024)
- CoDEC – Connected Data for Effective Collaboration (CEDR, 2019–2021)
- Assets4Rail (H2020, 2018–2021)
- RAGTIME – Risk based approaches for Asset integrity multimodal Transport Infrastructure Management (H2020, 2016–2019)
- ROSANNE – Rolling resistance, Skid resistance, AND Noise Emission measurement standards for road surfaces (FP7, 2013–2016)

Laboratorij za asfalte in bitumenske proizvode

Združujemo strokovnjake z dolgoletnimi izkušnjami na področju gradbeništva in kemije. Poleg raziskovalnega dela, ki ga izvajamo v tesnem sodelovanju z industrijo, opravljamo tudi terenske in laboratorijske preiskave za investitorje in izvajalce asfaltnih del. Na področju nestandardiziranih preiskav bitumnov in asfaltov razvijamo ter uvajamo nove metode preskušanja. Izvajamo več kot 80 standardiziranih preiskav na področju bitumnov, asfaltov in hidroizolacije, od katerih je 36 akreditiranih.

Vodja odseka: dr. Lidija Ržek, univ. dipl. inž. grad.



Dejavnosti

- Terenske meritve, pregledovanje in ocenjevanje izvedbe pri asfaltnih in hidroizolacijskih delih
- Izdelava strokovnih mnenj
- Kontrola kakovosti izvedenih del doma in v tujini
- Zahtevnejše preskušanje bitumnov in asfaltov ter bitumenskih hidroizolacij
- Priprava slovenske tehnične regulative na področju asfaltov
- Uvajanje proizvodnje asfaltov pri nižanih temperaturah
- Tehnična in strokovna podpora pri iskanju možnosti uporabe asfaltnih granulotov

Raziskave in razvoj

- Vpliv staranja na običajne cestogradbene in s polimeri modificirane bitumne
- Vpliv vrste in lastnosti asfaltna na odpornost proti utrujanju in nizkim temperaturam
- Modeliranje laboratorijskega zgoščanja asfaltnih preizkušancev
- Vpliv zgoščanja asfaltna na njegovo trajnost
- Uporaba sekundarnih surovin v asfaltnih
- Povezave med lastnostmi bitumnov in obnašanjem asfaltov

Projekti

- Izvajanje celovite kontrole kakovosti asfaltov in bitumenskih proizvodov za DARS
- Zastopanje Slovenije v CEN TC 227 WP 1 (preiskave in potrjevanje skladnosti asfaltnih zmesi)
- Sodelovanje v več projektih RILEM (International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures)

Laboratorij za metrologijo

Izvajamo kalibracije in kontrolo merilno-preskusne opreme v svojih prostorih in pri naročnikih. Pri Slovenski akreditaciji smo akreditirani po standardu SIST EN ISO/IEC 17025 za kalibriranje meril na področju sile, momenta sile, tlaka, trdote, preskusnih strojev, merilnikov udarne žilavosti, tehtnic, temperature in drugih. Kot vodilni slovenski kalibracijski laboratorij na področju sile in trdote zagotavljamo sledljivost preskusnih naprav za širok krog uporabnikov, od znanstveno-raziskovalnih ustanov do industrije, tako v Sloveniji kot v tujini. S sodelovanjem s tujimi nacionalnimi meroslovnimi instituti in univerzami ter s članstvom v mednarodnih meroslovnih organizacijah prispevamo k razvoju meroslovja na mednarodni ravni.

Vodja laboratorija: dr. Miha Hiti, univ. dipl. inž. el.



Dejavnosti

- Vzdrževanje referenčnih etalonov za silo in trdoto
- Kalibriranje merilno-preskusne opreme (mehanske veličine, dolžina, temperatura)
- Organiziranje medlaboratorijskih primerjav
- Pregledi merilno-preskusnih naprav in metrološko vzdrževanje
- Izvedba izobraževanj s področja meroslovja
- Sodelovanje v mednarodnih meroslovnih združenjih pri pripravi vodil in standardov

Raziskave in razvoj

- Razvoj referenčnih etalonov
- Raziskave na področju kalibriranja sile in trdote
- Raziskave in razvoj merilne instrumentacije
- Analiza in izboljšanje negotovosti kalibracijskih postopkov

Projekti

- TraInd BVK-H – Traceability for Indentation Measurements in Brinell-Vickers-Knoop Hardness (EMPIR, 2023–2026)
- ComTraForce – Comprehensive traceability for force metrology services (EMPIR, 2019–2023)

Certifikacijska služba

Kot certifikacijski organ (CO ZAG) se služba osredotoča na nenehno izboljševanje kakovosti svojih storitev. V ta namen ima vzpostavljen sistem vodenja kakovosti po zahtevah standarda EN ISO/IEC 17065. Učinkovitost delovanja tega sistema dokazuje z mednarodno priznana akreditacijsko listino CP-002, ki jo je izdala Slovenska akreditacija. CO ZAG je pod številko NB 1404 priglašen pri Komisiji EU kot certifikacijski organ po EU Uredbi o gradbenih proizvodih št. 305/2011 (CPR) ter imenovan kot certifikacijski organ (ang. certification body) za vse tehnične specifikacije po 5. členu Zakona o gradbenih proizvodih (ZGPro-1). Jedro službe je interdisciplinarna ekipa šestih zaposlenih, ki sodeluje z več kot 30 strokovnjaki iz drugih oddelkov zavoda ter različnimi laboratoriji doma in v tujini.

Vodja službe: mag. Egon Milost, univ. dipl. inž. grad.

Dejavnosti

- Certificiranje proizvodov in kontrole proizvodnje na področju obveznega in prostovoljnega certificiranja gradbenih proizvodov
- Certificiranje drugih proizvodov na reguliranem in prostovoljnem področju
- Certificiranje rezultatov začetnih preskušanj gradbenih in drugih proizvodov (Certification of initial type testing results for construction and other products)
- Certificiranje lastnosti gradbenih in drugih proizvodov (Certification of properties of construction products and other products)
- Prostovoljno certificiranje različnih procesov in storitev
- Prostovoljno certificiranje izvedenih del

Razvoj novih shem

- Sodelovanje pri postavitvi in nadgrajevanju zakonodaje, standardizacije in postopkov ugotavljanja skladnosti
- Upoštevanje potreb, želja in težav proizvajalcev, trgovcev in kupcev gradbenih proizvodov, projektantov ter izvajalcev gradbenih del in oblikovanje certifikacijskih shem po meri

Pomembnejši mejniki

- 1996 – ustanovitev Certifikacijske službe
- 1998 – izdani prvi certifikati o skladnosti
- 2003 – pridobitev akreditacije po EN 45011 (CP-002)
- 2004 – pridobitev statusa priglašene organa EU s številko 1404 po Direktivi o gradbenih proizvodih 89/106/EGS (CPD) ter prevzem vloge predstavnika Slovenije v svetovalni skupini priglašeni organov AG GNB
- 2006 – ZAG prevzame vodenje nacionalne zrcalne skupine organov za ugotavljanje skladnosti
- 2013 – dopolnitev obsega dejavnosti kot priglašeni organ EU tudi po EU Uredbi o gradbenih proizvodih št. 305/2011 (CPR)
- 2015 – nadgraditev akreditacije na EN ISO/IEC 17065
- 2016 – dopolnitev obsega z akreditacijo za namen priglasitve po EU Uredbi št. 305/2011 (CPR)
- 2019 do 2022 – vodja certifikacijskega organa ZAG predseduje evropski skupini priglašeni organov za gradbene proizvode GNB CPR (from 2019 to 2022 - The head of the certification body of ZAG presides the European Group of Notified Bodies for Construction Products GNB CPR)

Služba za tehnične ocene in soglasja

Služba izvaja aktivnosti podeljevanja Slovenskih tehničnih soglasij, Evropskih tehničnih ocen in Okoljskih deklaracij za gradbene proizvode. Zavod za gradbeništvo Slovenije je bil leta 2003 določen za Organ za tehnična soglasja in kot takšen pridobil pravico izdajanja Slovenskih tehničnih soglasij (STS) ter Evropskih tehničnih soglasij (ETA). Zaradi uveljavitve Uredbe št. 305/2011 je bil ZAG v letu 2012 imenovan za Organ za tehnično ocenjevanje ter je s tem pridobil pravico priprave in izdaje Evropskih tehničnih ocen (ETA). Od leta 2013 Službe pripravlja Okoljske deklaracije za proizvode (EPD). Lastništvo EPD predstavlja dober vpogled v okoljske parametre glede trajnostnosti gradbenih proizvodov. Ti podatki so v marsikateri evropski državi že obvezni oziroma kako drugače regulirani.

Vodja službe: mag. Franc Capuder, univ. dipl. inž. grad.

Dejavnosti

Slovensko tehnično soglasje (STS)

STS se podeli na zahtevo proizvajalca, ki daje na trg v Republiki Sloveniji gradbeni proizvod, ki ni zajet v harmonizirani tehnični specifikaciji po Zakonu o gradbenih proizvodih (ZGPro-1).

Evropska tehnična ocena (ETA)

ETA se izda na zahtevo proizvajalca za gradbeni proizvod, ki ga proizvajalec daje na trg v državah EU, za takšen gradbeni proizvod pa ne obstaja harmonizirani standard. Osnova za izdajo ETA je Evropski ocenjevalni dokument (EAD), ki ga pripravi Organ za tehnično ocenjevanje (TAB), potrđita pa Evropska organizacija za tehnične ocene (EOTA) in Evropska komisija.

Okoljska deklaracija proizvoda (EPD)

EPD podaja opis proizvoda in emisije, povezane s proizvodom v celotnem življenjskem ciklu, temelji na rezultatih ocenjevanja življenjskega cikla (LCA) ter predstavlja kompleksno, a potrebno in zanesljivo podlago trajnostnemu gradbeništvu.

Članstva

- EOTA – European Organisation for Technical Assessment (Evropska organizacija za tehnične ocene)
- ECO PLATFORMA – Združenje evropskih organizacij, ki izdajajo Okoljske deklaracije proizvodov EPD

Knjižnica

Specialna knjižnica deluje na področju znanosti in ima v okviru zavoda že več kot sedemdesetletno tradicijo. Izvaja knjižnično javno službo, namenjena je uporabnikom matične ustanove in zunanjim obiskovalcem. V knjižničnem sistemu Slovenije je evidentirana s siglo/ISIL SI-50214.

Naše poslanstvo je izvajanje knjižnične, informacijske in dokumentacijske dejavnosti ter vodenje bibliografije naših sodelavcev, s čimer se aktivno vključujemo v znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost ZAG-a. Z bogato zbirko in sodobnimi storitvami si prizadevamo podpirati delovni in raziskovalni proces raziskovalcev, strokovnjakov ter študentov pri njihovem znanstvenoraziskovalnem, strokovnem in pedagoškem delu. Dostop do naših zbirk gradiva in informacijskih virov nudimo tudi širši javnosti.

Naša vizija je izvajati delo strokovno, hitro in učinkovito, v tesni povezavi s potrebami uporabnikov.

Prizadevamo si za sodelovanje s partnerskimi ustanovami ter sledimo najnovejšim smernicam bibliotekarske stroke v okviru nacionalnega knjižnično informacijskega in raziskovalnega sistema.

Vodja: Metka Ljubešek, univ. dipl. bibl. in soc. kult.



Knjižnična zbirka in dostop do elektronskih virov

Strokovno delo knjižnice sega v sam začetek delovanja inštituta, kar nam omogoča, da hranimo bogato knjižnično zbirko. Ta vključuje monografske in serijske publikacije, standarde ter drugo regulativo s širšega področja gradbeništva in sorodnih naravoslovnotehniških ved. Tako danes zagotavljamo obsežno in kakovostno zbirko tiskanih ter elektronskih publikacij.

Prizadevamo si omogočiti dostop do čim večjega števila znanstvenih in strokovnih publikacij ter relevantnih elektronskih virov, kar našim uporabnikom omogoča dostop do najnovejših informacij na njihovem področju. S konzorcijskim povezovanjem pri nabavi mednarodne znanstvene literature sledimo sodobnemu konceptu znanstvenega informiranja. S članstvom v konzorcijih CTK preko servisov, kot sta ScienceDirect in SpringerLink, svojim uporabnikom omogočamo dostop do elektronskih virov s polnimi besedili in možnost brezplačnih objav v odprtem dostopu v hibridnih revijah založnikov.

Aktivna članica sistema COBISS – Kooperativni online bibliografski sistem in servisi

Že skoraj tri desetletja smo polnopravna članica nacionalnega knjižničnega informacijskega sistema. Z zbirko knjižničnega gradiva in bibliografijo raziskovalcev in strokovnih sodelavcev ZAG-a aktivno gradimo vzajemno bibliografsko-kataložno bazo podatkov COBIB ter zbirko dnevno dopolnjujemo. Poleg tega v okviru sistema COBISS ponujamo tudi vrsto drugih storitev in omogočamo dostop do multidisciplinarnih bibliografskih baz podatkov z indeksi citiranosti.

Aktivna članica repozitorija DiRROS – Digitalni repozitorij raziskovalnih organizacij Slovenije

Zadnji dve leti smo se aktivno posvetili objavljanju v institucionalnem repozitoriju DiRROS, kjer omogočamo dostop do elektronskih oblik znanstvenih in strokovnih del, objav, založniške dejavnosti, raziskovalnih podatkov in drugih rezultatov raziskav, ki so jih ustvarili zaposleni na ZAG-u. Tudi s tem zagotavljamo, da so dosežki naših raziskovalcev široko dostopni in vidni v znanstveni skupnosti ter širši javnosti.

Podporno okolje

Vodja: dr. Urška Kropf, univ. dipl. inž. živil. tehnol.

Na ZAG-u smo pomen kakovostne podpore raziskovalnemu procesu prepoznali že pred desetletjem in takrat začeli načrtovati spremembe v organiziranosti podpornega okolja. V zadnjih petih letih smo ustanovili dve novi enoti, nekatere enote pa preimenovali, da smo bolje zajeli področje dela, ki ga opravljajo posamezne službe.

Pri načrtovanju organizacijskih sprememb in uvajanju novih področij dela v skupnih službah smo se opirali na evropske smernice za raziskovalni prostor, saj so med glavnimi vodili ZAG-a krepitev raziskovalne odličnosti, zaposlovanje odličnih raziskovalcev in nudenje kakovostne podpore njihovem delu. S tem v mislih smo v zadnji polovici prejšnjega desetletja prijavi projekta ERA Chair. Projekt FRISSBE je tudi za skupne službe ZAG-a pomembna prelomnica. S sredstvi tega projekta smo kadrovske okrepili Službo za odnose z javnostmi, Enoto za pravne in kadrovske zadeve, Sekretariat in Službo za prenos znanj ter vzpostavili dvojezično delovno okolje. Številčna krepitev skupnih služb je sovpadla s splošno rastjo ZAG, kljub temu se je v desetih letih delež oseb v skupnih službah glede na vse zaposlene povečal s 14 na 17 %. Zaradi menjave generacij in velikega števila upokojitev v zadnjih petih letih se je znižala povprečna starost zaposlenih v skupnih službah za štiri leta, ob tem pa se je močno dvignila izobrazbena stopnja.

Z ZZrID (Zakon o znanstvenoraziskovalni in inovacijski dejavnosti), ki je stopil v veljavo v letu 2022, smo vsi javni raziskovalni zavodi dobili avtonomijo razpolaganja s sredstvi stabilnega financiranja. ZAG del sredstev t. i. razvojnega stebra (RSF) namenja za krepitev podpornih dejavnosti, natančneje za kakovost, odprtost in prenos znanja, promocijo znanosti ter sodelovanje z okoljem. S temi sredstvi organiziramo izobraževanja za dvig kompetenc raziskovalcev in podpornega osebja na različnih področjih: projektno vodenje, upravljanje intelektualne lastnine, promocija znanosti, umetna inteligenca itd.

V letošnjem letu Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS) sprejema splošni akt o evalvacijah in izvajanju stabilnega financiranja znanstvenoraziskovalne dejavnosti, kjer so opredeljeni trije ocenjevalni kriteriji. Skupne službe pomembno prispevajo h kriteriju *viabilnost* (kar vključuje vidik *vitalnosti, vzdržnosti in izvedljivosti*), in sicer na področjih:

- kakovost upravljanja kadrov, kadrovska struktura, enake možnosti,
- upoštevanje izvajanja odprte znanosti,
- učinkovitost ukrepov za prenos znanja,
- kakovost komunikacije znanosti,
- kakovost upravne, administrativne strukture, procesov in podpore poslovanju.

Skrb za razvoj teh področij je bila v naši zavesti že prej, zato se sedaj s toliko večjim zagonom lotevamo nadaljnjih aktivnosti. V letu 2021 smo v skupnih službah izdelali Akcijski načrt za enakost spolov (GEP), ki ga odtlej vsako leto pregledamo in posodobimo. S tem raziskovalcem omogočamo sodelovanje na razpisih Obzorje, hkrati pa se aktivno odzivamo na potrebe zaposlenih. Spolna struktura na ZAG-u je dobro uravnotežena že vrsto let, zato se bolj posvečamo drugim področjem, kjer je možen napredek. Vedno več zaposlenih bolje in lažje usklajuje zasebno in službeno življenje, saj imajo možnost dela od doma. Uvedba dvojezičnega delovnega okolja omogoča enakopravno vključitev tujcev v naše delovno okolje. Odbor za sprejem (t. i. *welcoming committee*) olajšuje zaposlovanje in vključevanje tujcev v slovensko okolje in na ZAG.

2020	Epidemija covid-19 Vzpostavitev dela na domu za zaposlene (tudi v skupnih službah)
2021	Projekt FRISBE - uvedba dvojezičnega delovnega okolja Akcijski načrt za enakost spolov Ustanovitev Službe za prenos znanj
2022	ZZrID Okrepitev Kadrovske službe - karierni načrti in odbor za sprejem tuje zaposlenih Okrepitev Službe za odnose z javnostmi Okrepitev Knjižnice ZAG
2023	Uredba o odprti znanosti Projekt ROAD3P - okrepitev Pisarne za projektno podporo Projekt SPOZNAJ
2024	Projekt KTO3 - okrepitev Službe za prenos znanj Okrepitev Knjižnice ZAG - podatkovni skrbnik Okrepitev Pravne službe

Septembra 2021 smo ustanovili Službo za prenos znanj, ki se še vedno kadrovske krepi. Za ZAG je področje upravljanja intelektualne lastnine izrednega pomena zaradi sodelovanja z okoljem in mnogih inovacij ter izumov, ki jih uspešno prenašamo v gospodarstvo. Gradbeništvo je v svojem bistvu aplikativna veda in ZAG od nekdanj pomaga reševati aktualne družbene izzive.

Okrepitev Kadrovske službe je omogočila, da od leta 2022 dalje postopno uvajamo načrtovanje kariernega razvoja zaposlenih, tako raziskovalcev kot podpornega osebja. Po okrepitvi Pravne službe smo tudi zelo uspešni pri pridobivanju investicijskih sredstev za gradnjo novih in obnovo obstoječih objektov. Pri izvajanju gradbenih del je velikega pomena lastna vzdrževalna služba.

Za podporo poslovanju smo s pomočjo podizvajalcev in lastnega razvojnega tima v Centru za informatiko razvili in vpeljali različna programska orodja. Mnoga od njih so zaposlenim dostopna preko internega portala in jim lajšajo vsakodnevno delo. Ponosni smo, da so v času epidemije covid-19 v izredno kratkem času uspešno vzpostavili delo na domu za večino zaposlenih.

V letu 2022 smo v Knjižnici ZAG zaposlili dodatno osebo za delo na področju odprte znanosti ter s tem aktivno prispevali k upoštevanju Uredbe o izvajanju znanstvenoraziskovalnega dela v skladu z načeli odprte znanosti, sprejete v letu 2023. V 2024 zaposlujemo podatkovnega skrbnika, ki bo spodbujal objavo raziskovalnih podatkov v odprtem dostopu, vzpostavljaj podatkovne baze na ZAG-u in torej deloval kot most med knjižnico, informatiki in raziskovalci.

Z okrepitvijo Službe za odnose z javnostmi je ZAG bistveno povečal svojo vidnost in prepoznavnost v slovenskem in mednarodnem prostoru ter dvignil kakovost promocije znanosti. Zadnja leta redno organiziramo dan odprtih vrat, kjer predstavimo delovanje ZAG-a širši javnosti ter okrepimo sodelovanje z gospodarstvom in raziskovalnimi institucijami.

Izredno pomemben del skupnih služb so Glavna pisarna, Sekretariat in Vložišče ter Služba za finance, računovodstvo in nabavo, ki omogočajo nemoteno vsakodnevno delo celotni organizaciji. Velik lasten avtopark zaposlenim omogoča učinkovito delo na terenu, saj imamo v lasti tudi nekaj specialnih vozil.

Služba za projektno podporo že desetletje nudi pomoč raziskovalcem pri pridobivanju in izvajanju raziskovalnih projektov ter pri vpeljavi novosti, ki izvirajo iz ZZrID in povezanih podzakonskih aktov ter Resolucije o znanstvenoraziskovalni in inovacijski strategiji Slovenije 2030 (REZRIS30).

Za razliko od prejšnjega petletnega obdobja sodelavci skupnih služb prijavljajo in izvajajo lastne projekte, ki so pomemben finančni vir in omogočajo njihovo kadrovsko krepitev ter dodano vrednost z vidika znanja. Z načrtovanjem izobraževanj posameznikov in z rednimi internimi izobraževanji krepimo tudi kompetence zaposlenih. Tako nudimo kakovostno podporo raziskovalnemu procesu ter pomembno prispevamo k viabilnosti ZAG-a.

Služba za upravljanje kakovosti je samostojna enota in ni del skupnih služb ZAG-a, vendar je pomemben del podpornega okolja zavoda. Skupaj z vsemi zaposlenimi skrbi za pridobitev ter ohranitev različnih certifikatov in akreditacij (ISO 9001, ISO/IEC 17025, ISO/IEC 17065) in pooblastil (priglašeni organ). ZAG je od leta 2022 ponosen imetnik certifikata Družbeno odgovorni delodajalec. Vse zahteve združujemo v integriran sistem kakovosti in se ob tem ves čas trudimo, da upravna struktura ostaja čim bolj enostavna in da optimiziramo delovne procese.



**ZAVOD ZA
GRADBENIŠTVO
SLOVENIJE**

SLOVENIAN
NATIONAL BUILDING
AND CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE

Dimičeva ulica 12
1000 Ljubljana
Slovenija

info@zag.si
www.zag.si