



Znanje, ki pušča sled



SEDEMDESET LET
ZAVODA ZA GRADBENIŠTVO SLOVENIJE
1949–2019

Znanje, ki pušča sled

ZNANJE, KI PUŠČA SLED

Sedemdeset let Zavoda za gradbeništvo Slovenije 1949–2019

Uredniki: doc. dr. Aleš Žnidarič, dr. Tadeja Kosec,
dr. Maja Kreslin, Ema Kemperle, Metka Ljubešek

Fotografije: Mojca Mušič in arhiv ZAG Ljubljana

Lektoriranje: mag. Darja Gabrovšek Homšak

Izdal in založil: Zavod za gradbeništvo Slovenije
Ljubljana, november 2019

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

1. elektronska izdaja

Način dostopa (URL): <http://www.zag.si/dl/ZAG-bilten-2019.pdf>

Izšlo tudi kot tiskana publikacija.

Publikacija ni namenjena prodaji.

Za objavo gradiva, ki ni last Zavoda za gradbeništvo Slovenije,
je bilo pridobljeno dovoljenje lastnika.

© 2019 Zavod za gradbeništvo Slovenije

Vse pravice pridržane.

ISBN 978-961-94071-5-8 (pdf)

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

COBISS.SI-ID=302389248

ISBN 978-961-94071-5-8 (pdf)

Vsebina

Zavod za gradbeništvo Slovenije leta 2019	8
Mejniki 1949–2019	16
Znanstvenoraziskovalne dejavnosti na ZAG	20
Znanje, ki ustvarja prihodnost	27
Digitalizacija grajenega okolja	29
Gradnja prihodnosti – gradnja z lesom	35
Krožno gospodarstvo v gradbeništvo – moderna krilatica ali uspešen poslovni sistem	41
Napredni materiali v gradbeništvo	49
Potresi in stavbe	55
Prihodnost bivanja je v trajnostni stavbi	61
Stavbe – zdravo in udobno okolje	65
Voda – zrak – zemlja	71
Kdo smo in kaj počnemo	77
Oddelek za materiale	78
Laboratorij za kamen, agregat in reciklirane materiale	78
Laboratorij za beton	80
Laboratorij za kovine, korozijo in protikorozijsko zaščito	82
Laboratorij za polimere	84
Laboratorij za cemente, malte in keramiko	86
Oddelek za gradbeno fiziko	88
Laboratorij za toplotno zaščito in akustiko	88
Požarni laboratorij in požarno inženirstvo	90
Oddelek za konstrukcije	92
Odsek za stavbe in potresno inženirstvo	92
Odsek za mostove in inženirske objekte	94
Odsek za kovinske in polimerne konstrukcije	96
Odsek za lesene konstrukcije	98
Laboratorij za konstrukcije	100
Oddelek za geotehniko in prometnice	102
Odsek za geotehniko	102
Odsek za vzdrževanje in gospodarjenje s cestami	104
Laboratorij za asfalte in bitumenske proizvode	106
Laboratorij za metrologijo	108
Certifikacijska služba	110
Služba za tehnične ocene in soglasja	112



Zavod za gradbeništvo Slovenije leta 2019

Inštitut, ki ga danes poznamo kot Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG), je začel delovati leta 1949, ko je takratna Ljudska republika Slovenija ustanovila Gradbeni inštitut Slovenije. Že leta 1952 se je inštitut preimenoval v Zavod za raziskavo materialov in konstrukcij (ZRMK). Po nastanku samostojne države so leta 1994 nove razmere za delovanje botrovale razdelitvi ZRMK na javni in zasebni del. Laboratoriji in večina raziskovalnih aktivnosti je prešla 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 gradbeni inštitut v takratni Jugoslaviji. Po več kot četrto stoletje samostojnega delovanja ZAG uspešno hodi po začrtani poti, saj smo prepoznavni doma, še bolj pa v tujini. Med drugim smo enakopraven in aktiven član številnih pomembnih mednarodnih združenj s širšega področja gradbeništva, pri čemer velja omeniti predvsem ENBRI (European Network of Building Research Institutes), FEHRL (Federation of European Highway Research Centres) in EOTA (European Organisation for Technical Assessment), in po večini relevantnih kazalnikov popolnoma primerljivi z najboljšimi sorodnimi inštituti v državah Evropske unije.

ZAG se je ves čas uspešno razvijal, tudi v času gospodarske krize v začetku tega desetletja. Ključno je bilo povezovanje različnih področij, od raziskovalnega in strokovnega dela do certificiranja in potrjevanja skladnosti gradbenih proizvodov in kakovosti izvedenih del. Zelo se je obrestovalo vlaganje v nove vsebine in tesno sodelovanje z domačo in tujo industrijo ter posledično uspešno pridobivanje raziskovalnih projektov. Še vedno pa kot javni raziskovalni zavod čutimo negativne učinke nedavnih varčevalnih ukrepov. Da bi ostali konkurenčni, bo Slovenija morala povečati sredstva za znanost in raziskave in sistemsko urediti področje razvoja tehnologij. Zadnji podatki namreč potrjujejo, da se konkurenca v evropskem raziskovalnem prostoru, po za nas ugodnih razmerah po vstopu v Evropsko unijo, zaostruje, kar otežuje položaj partnerjev iz manjših držav. Brez ustreznega podpornega okolja države bomo izgubili s težavo pridobljen status učinkovitega in tehnološko primerne partnerja. Mehanizmi pametne specializacije so sicer delno nadomestili stabilno nacionalno financiranje, nekateri kasnejši ukrepi, kot so demonstracijski projekti, ki podpirajo industrijo, pa so za raziskovalne ustanove izrazito neatraktivni. Za pospešen tehnološki razvoj na področju gradbeništva bo v okviru javnega naročanja nujno treba vpeljati učinkovite mehanizme za implementacijo rezultatov raziskav in uporabo vrhunske stroke.

Znanstvena in raziskovalno-razvojna dejavnost

Vsebinsko in statusno sta znanstvena in raziskovalno-razvojna dejavnost ključni komponenti delovanja Zavoda za gradbeništvo Slovenije. Aktivnosti izvajamo pretežno na področju, ki je, gospodarsko gledano, eno pomembnejših. Z gradbeništvom se v Evropski uniji ukvarja 18 milijonov ljudi, ki ustvarijo približno 9 % bruto domačega proizvoda, skupaj s povezanimi dejavnostmi pa še precej več. Pri nas se je ta delež v zadnjih letih zmanjšal na približno 5 % slovenskega BDP, zato je prostora za razvoj veliko. Naše raziskave so pretežno aplikativno naravnane, pri številnih tesno sodelujemo z razvojnimi oddelki iz industrije. Sočasno na veliko področjih vzdržujemo neposreden stik z najnovejšimi znanstvenimi spoznanji, rezultat česar so objave v najpomembnejših mednarodnih revijah. Večina raziskav je vključena v mednarodne projekte, predvsem iz

različnih mehanizmov Obzorij 2020, kar dokazuje, da so pomembne za razvoj znanosti v širšem smislu. Trenutno smo vključeni v okoli 80 raziskovalnih projektov, od tega je dve tretjini mednarodnih. V nacionalnem merilu med drugim izvajamo raziskovalni program »Gradbeni objekti in materiali«, ki ima podporo v infrastrukturni skupini »Preskušanje materialov in konstrukcij«.

Gradbeni objekti, od stavb do inženirskih objektov, morajo v skladu z evropsko direktivo za gradbene proizvode zadostiti predpisanim zahtevam. Posebej za stavbe velja, da morajo poleg mehanske odpornosti in stabilnosti zagotoviti tudi varnost pri požaru, primerno higieno, okolje za zdravo bivanje, varnost in dostopnost pri uporabi, zaščito pred hrupom, biti morajo varčne z energijo in ohranjati toploto. Dodatno morajo v zadnjem času objekti v vseh fazah življenjske dobe, od gradnje do uporabe in odstranitve, zadostiti zahtevam po trajnostni rabi naravnih virov. Da bi izpolnili našete pogoje, moramo poznati oziroma razviti tehnološke rešitve in računske metode, s katerimi preverimo izpolnjevanje teh zahtev. Posledično so naše raziskave usmerjene predvsem v področja:

- varnosti in stabilnosti objektov, vključno s preprečevanjem posledic zaradi starajoče se infrastrukture, ekstremnih dogodkov, kot so potresi, ter klimatskih sprememb,
- trajnostnosti objektov, in to z vidikov okolja, krožnega gospodarstva, analiz celotnega življenjskega kroga, napak pri gradnji,
- energijske učinkovitosti objektov z upoštevanjem vplivov na zdravje, predvsem ustrezne uporabe novih materialov in tehnologij.

Posebno pozornost posvečamo objektom s posebnimi zahtevami, kot so prometna infrastruktura, energetski objekti, odlagališča, vključno s tistim za radioaktivne odpadke, ter objektom kulturne dediščine. Vedno bolj se posvečamo digitalizaciji ter industriji oziroma gradbeništvu 4.0, saj se zavedamo, da brez njih razvoj širšega področja gradbeništvu ni več mogoč. Smo partner v centru odličnosti InnoRenew, edinem evropskem Teaming projektu, ki ga je pridobila Slovenija in ki ga koordinira Univerza na Primorskem.

Podrobnejši opis raziskovalnih dejavnosti je podan v nadaljevanju.

Strokovno delovanje in potrjevanje skladnosti

Drugo ključno področje, ki obsega približno polovico dejavnosti zavoda, so strokovne aktivnosti in potrjevanje skladnosti gradbenih proizvodov in izvedenih del. Na širšem področju gradbeništvu pripravljamo tehnična mnenja in analize, študije, preiskave, meritve, nadzor, opazovanja, s preiskavami podprte detaljne preglede in analize stanja konstrukcij visoke in nizke gradnje, transportnih naprav ter prometne infrastrukture. Sodelujemo pri večini pomembnih nacionalnih infrastrukturnih projektov, predvsem pri izgradnji in obnovi cestnega in železniškega omrežja ter energetske in komunalne infrastrukture. Rezultati teh aktivnosti so v veliki meri pogojeni z rezultati znanstvenoraziskovalnih dejavnosti in se z njimi dopolnjujejo.

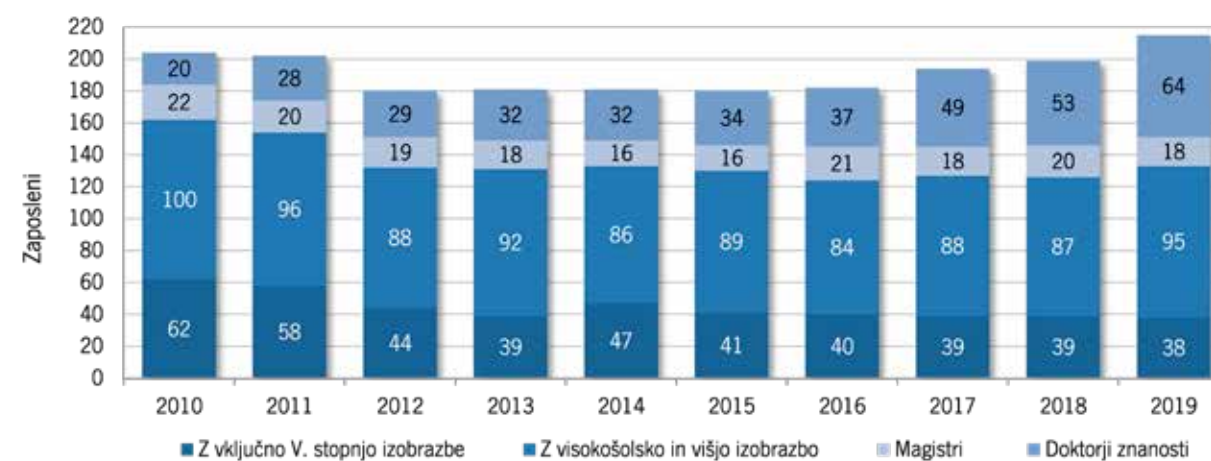
Vzporedno s strokovnimi dejavnostmi certificiramo gradbene proizvode in izdajamo tehnične ocene in soglasja, kalibriramo merilnike sile, navora in trdote ter izvajamo zunanjo kontrolo kot tretja neodvisna stranka.

Pri delu sledimo zahtevam evropske in slovenske zakonodaje, aktivno sodelujemo v ustreznih organih in pogosto na evropski ravni predstavljamo državo Slovenijo. Strokovnost in širina bi morali predstavljati določeno konkurenčno prednost, vendar se za večino projektov borimo na javnih razpisih z drugimi ponudniki. Žal razpisi prepogosto vsebujejo pomanjkljive tehnične zahteve. Z isto težavo se srečujemo tudi na področjih, na katerih razvijamo mednarodno primerljive metodologije, tehnologije in postopke preiskav. Kljub temu, da imamo več kot 500 akreditiranih merilnih metod in certifikacijskih postopkov, in kljub opozorilom Gospodarske in Inženirske zbornice Slovenije se najnižja cena le počasi umika kot najpomembnejši ali celo edini kriterij za izbiro storitve.

Posebej neugodne posledice ima tak pristop pri ugotavljanju stanja in pri načrtovanju ukrepov na konstrukcijah. Tam pomanjkljivi podatki v fazi analize po pravilu znatno povečajo stroške ukrepov in posledično privedejo do neracionalne rabe naravnih in finančnih virov. Poleg tega omenjena praksa in pomanjkanje implementacijskih projektov onemogočata hitrejšo vpeljavo rezultatov raziskav v prakso, posledično pa zavirata tehnološki napredek Slovenije. Žal tudi uveljavitev novega Zakona o javnih naročilih (ZJN-3) ni bistveno izboljšala stanja na tem področju.

Zaposleni

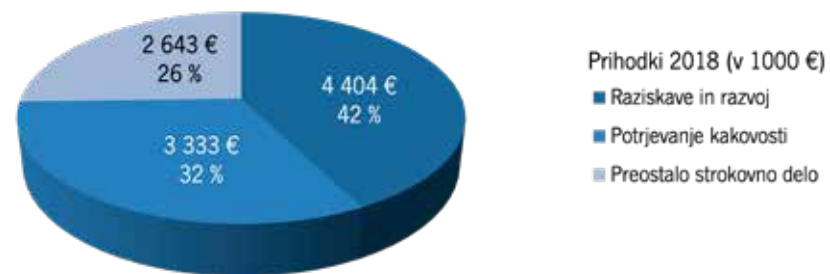
Ob koncu izgradnje avtocestnega omrežja pred desetletjem je število zaposlenih doseglo 211, kasneje se je zaradi manjšega obsega rutinskih preiskav število postopoma zmanjšalo za 15 %. Večja vključenost v mednarodne raziskovalne projekte, širša dejavnost na področju tehničnih ocen in certificiranja ter odpiranje novih področij, kot je sodelovanje z avtomobilsko in lesno industrijo, pa so zahtevali zaposlitev novih sodelavcev z visoko izobrazbo, praviloma z doktoratom. Trenutno nas je 215, od tega 68 % z vsaj visoko univerzitetno izobrazbo, med njimi je 64 doktorjev znanosti. Za področje gradbeništvu ter ob upoštevanju velikega dela strokovnih aktivnosti in v primerjavi s podobnimi inštituti v tujini so to številke, na katere smo lahko ponosni.



Dolgoročno kadrovsko načrtovanje je zahtevno, predvsem v luči že dolgo načrtovanih velikih infrastrukturnih projektov, kot so drugi tir, tretja razvojna os in modernizacija železnic. Veliko ključnih sodelavcev, ki so bili z nami desetletja, odhaja v pokoj, zato so nujne pomladitve. Te zaradi splošnega pomanjkanja tehničnih kadrov in zaradi plač v javnem sektorju niso enostavne, zato v javnih raziskovalnih zavodih žal težko konkuriramo zasebnim podjetjem. Upam, da bo novi zakon o raziskovalni in razvojni dejavnosti tehnične in podporne dejavnosti primerno uravnotežil. Zelo verjetno se bodo še naprej povečevale kadrovske potrebe za kompleksne aktivnosti v okviru slovenskih in mednarodnih raziskovalnih projektov, pri katerih je treba združiti znanje z več področij. Podobno pričakujemo pri zahtevnih strokovnih dejavnostih, ki povezujejo različne vede s področja materialov, konstrukcij, gradbene fizike, geotehnike in prometne infrastrukture.

Poslovanje

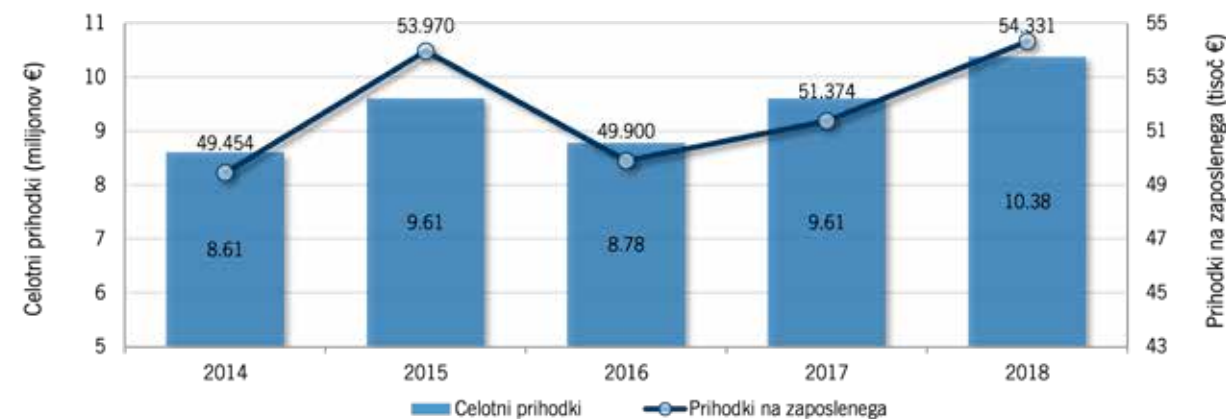
Vseh 70 let je uspešno delovanje zavoda temeljilo na sodelovanju s številnimi partnerji, danes jih vedno več prihaja iz tujine. Najpomembnejši partner vseeno ostaja država, predvsem preko našega krovnega ministrstva. 15 % prihodkov dobimo za zelo uspešni programsko in infrastrukturno skupino. Obe skupini sta sicer rezultat tekmovanja z drugimi inštituti in univerzami na področju znanstvene odličnosti in torej nista sami po sebi umevni. Preostale tri četrtine aktivnosti so tržne narave, vključno z raziskovalnimi, razvojnimi in drugimi projekti. Med drugimi ključnimi partnerji je treba omeniti upravljavce slovenske infrastrukture, Družbo za avtoceste RS, Direkcijo RS za infrastrukturo in Slovenske železnice, za katere izvajamo kontrolo kakovosti del ter glavne in detajlne preglede ključne infrastrukture. Industrijskih partnerjev je veliko, z njimi sodelujemo bodisi na konkretnih projektih ali v okviru strateških razvojno-inovacijskih partnerstev, t. i. SRIP-ov.



Močno smo vpeti v mednarodno sodelovanje. Izpostavim lahko sodelovanje v FEHRL, Združenju evropskih nacionalnih raziskovalnih centrov na področju cestnega transporta, v ENBRI, Združenju evropskih nacionalnih gradbenih laboratorijev, ter v EOTA, Evropski organizaciji za tehnična soglasja. Potem so tu še ECTP, Evropska platforma za gradbeništvo, grajeno okolje in energijsko učinkovite stavbe, ERTRAC, Evropski svet za transport, ter Center znanja in inovacij KIC RawMaterials. V vseh naštetih organizacijah naši predstavniki delujejo v

organih upravljanja. Brez tovrstnega aktivnega sodelovanja bi pridobili znatno manj raziskovalnih projektov, posledično bi bilo manj izmenjave znanj in napredka oziroma bi bil ta bistveno počasnejši. Redno se udeležujemo mednarodnih forumov, kot so delavnice, konference in kongresi, ter sodelujemo v komitejih, združenjih in odborih. Te aktivnosti so temeljni pogoj za navezovanje stikov, ki olajšajo pridobivanje koristnih informacij in vodijo do sodelovanja v projektih. V zadnjem času smo podpisali tudi kar nekaj novih sporazumov o sodelovanju s tujimi in domačimi univerzami.

Rezultat naštetih aktivnosti je stabilno poslovanje, ki nekoliko niha glede na trenutno število raziskovalnih projektov in večjih aktivnosti na področju kontrole izvedenih del na infrastrukturnih projektih. Zmerni vsakoletni presežki iz dejavnosti na trgu so omogočili, da smo tik pred začetkom gradnje novega požarnega laboratorija v Logatcu.



Infrastruktura

Od formalne ustanovitve v letu 1994 smo za nabavo in modernizacijo raziskovalno-preskuševalne opreme vsako leto namenili 7 do 10 % poslovnih prihodkov. Del nakupa te opreme sta financirali Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Evropska komisija v okviru raziskovalnih projektov. Zato imamo danes pretežno sodobno laboratorijsko in preskuševalno opremo, ki zaposlenim omogoča kakovostno izvajanje tako raziskovalnih kot tržnih aktivnosti. Na posameznih visoko specializiranih področjih, ki ne sodijo med naše ožje dejavnosti, se povezujemo z drugimi raziskovalnimi ustanovami, predvsem s Centrom odličnosti za raziskave in inovacije na področju obnovljivih materialov in zdravega bivanjskega okolja InnoRenew, Geološkim zavodom Slovenije, Inštitutom za kovinske materiale in tehnologije, Zavodom za varstvo kulturne dediščine, univerzami v Ljubljani, Mariboru in Kopru, pa tudi s Kemijskim inštitutom Slovenije ter Inštitutom Jožef Stefan. V okviru skupnih raziskav in preskušanj imamo tudi možnost uporabe opreme drugih članic združenj ENBRI in FEHRL.

Leta 2016 smo dokončali obnovo laboratorija za konstrukcije, ki je bila sofinancirana s sredstvi Evropskega sklada za regionalni razvoj. Izvedli smo rekonstrukcijo in nadzidavo obstoječega prizidka ob laboratorijski hali, postavili novo reakcijsko steno za preskušanje konstrukcijskih sklopov do višine 7 m, z nadstreškom pokrili zunanjo žerjavno progo ter dopolnili in posodobili tehnološko in računalniško opremo. S tem smo izrazito nadgradili naše preskuševalne zmožnosti na področju konstrukcij in gradbene fizike.

Pred nami je največja investicija v zadnjih sedemdesetih letih. Po pridobitvi pravnomočnega gradbenega dovoljenja pravkar poteka razpis za gradnjo novega požarnega laboratorija v Logatcu, ki bo končan leta 2021. Brez njega bi morali postopoma zaključiti dejavnost požarnega laboratorija, edinega v tem delu Evrope. Opremo bomo pretežno kupili iz namenskih sredstev projekta InnoRenew, samo stavbo pa zgradili iz sredstev krovnega Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport ter prihrankov iz preteklega uspešnega poslovanja.

V skladu s prihajajočo novo finančno perspektivo krepimo naše aktivnosti v vzhodni kohezijski regiji. Obstoječi stanovanjski prostori, v katerih deluje mariborska poslovna enota od leta 1972, že dolgo niso več primerni. Povečanje števila zaposlenih ter selitev nekaterih preskuševalnih in laboratorijskih kapacitet v Maribor narekujejo selitev v primernejše prostore; selitev načrtujemo prihodnje leto. Po nedavni ureditvi lastniških razmerij med Zavodom za gradbeništvo Slovenije in ZRMK d. d. nas čaka, v okviru zmožnosti, tudi revitalizacija zapuščenih prostorov na dvorišni strani poslovne stavbe na Dimičevi ulici.

Zaključki

Kljub nekaterim nedavnim pretresom v gospodarstvu Zavod za gradbeništvo Slovenije v vseh letih od nastanka uspešno posluje. Ponosni smo, da po večini najpomembnejših kazalnikov ostajamo primerljivi z najboljšimi sorodnimi inštituti v razvitih državah Evropske unije. To je mogoče le z veliko angažiranostjo vseh zaposlenih, ki se jim na tem mestu posebej zahvaljujem. Večina jih istočasno deluje tako pri strokovnih kot pri znanstvenih in razvojno-raziskovalnih nalogah, kar zahteva izjemen napor. Prav tako se iskreno zahvaljujem vsem sodelavcem v podpornih dejavnostih, brez katerih bi bile ključne dejavnosti zavoda bistveno težje izvedljive.

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 ob vstopu v Evropsko unijo poleg pomembnih industrijskih jeder ohranila večino nacionalnih raziskovalnih inštitutov. Na mednarodnem podiju dokazujemo, da smo na področju raziskav primerljivi z razvitimi državami, zatakne se, ko je treba rezultate preliti v prakso. Zato želim, da bi področje znanosti, raziskav in razvoja, predvsem pa implementacijo novih tehnologij poleg Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport v večji meri podprla tudi druga ministrstva, ki morajo ključno prispevati k trajnostnemu razvoju slovenske družbe.

Ljubljana, 12. 11. 2019

Doc. dr. Aleš Žnidarič, direktor




Mejniki 1949–2019

- 1949:** Vlada LRS je ustanovila Gradbeni inštitut Slovenije. Njegovi osnovni dejavnosti sta bili raziskovalno-preskuševalno delo in razvoj na področju gradbeništva in industrije gradbenega materiala.
- 1953:** Gradbeni inštitut se je preoblikoval v Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij (ZRMK).
- 1972:** V Mariboru je bila ustanovljena enota za izvajanje dejavnosti na območju severovzhodne Slovenije.
- 1984:** Zgrajen je bil sedemnadstropni prizidek z novimi laboratorijskimi in pisarniškimi prostori.
- 1986:** V Gameljnah pri Ljubljani je bil zgrajen sodoben požarni laboratorij.
- 1991:** ZRMK je v novi državi postal javni zavod.
- 1994:** Del ZRMK se je preoblikoval v javni raziskovalni zavod Zavod za gradbeništvo – ZRMK in postal član FEHRL, Združenja evropskih raziskovalnih centrov v cestni stroki.
- 1996:** Zavod za gradbeništvo – ZRMK se je preimenoval v Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG). Kot partner je sodeloval v prvem mednarodnem projektu, imenovanem PARIS.
- 1999:** Slovenska (SA) in Švedska akreditacija (SWEDAC) sta akreditirali prvih osem laboratorijev. ARRS je ZAG odobril programski skupini Gradbeni objekti ter Gradbeni objekti in materiali.
- 2000:** ZAG je postal član ENBRI, Evropskega združenja gradbenih raziskovalnih inštitutov.
- 2003:** ZAG je postal slovenski organ za tehnična soglasja. Od tedaj dalje predstavlja Republiko Slovenijo v Evropski organizaciji za tehnična soglasja, EOTA.
- 2004:** ZAG je po Direktivi o gradbenih proizvodih 89/106/EGS (CPD) pridobil status priglašene organa EU s številko 1404.
- 2005:** Urad RS za meroslovje je ZAG imenoval za nosilca referenčnega etalona enote za mol na področju gradbenih materialov. ZAG je koordiniral prvi projekt EU z naslovom Revitalization of the Carthusian Monastery at Žiče v okviru programa CULTURE 2000.

- 2006:** ZAG je prevzel vodenje nacionalne zrcalne skupine organov za ugotavljanje skladnosti OUS.
- 2007:** Slovenski inštitut za kakovost (SIQ) je ZAG podelil certifikat za sistem vodenja kakovosti po ISO 9001:2000. ZAG je bil med soustanovitelji združenja E2B (Energy Efficient Buildings).
- 2008:** ZAG je skupaj z družbama DDC in DRC v Ljubljani organiziral največjo evropsko konferenco na področju cestnega transporta Transport Research Arena (TRA). Urad RS za meroslovje je ZAG imenoval za nosilca referenčnega etalona za veličine sila, trdota in množina snovi za cement. Direktor ZAG dr. Andraž Legat je postal podpredsednik združenja FEHRL.
- 2009:** ARRS je ZAG odobril financiranje infrastrukturnega programa Preizkušanje materialov in konstrukcij. Direktor ZAG dr. Andraž Legat je postal predsednik evropskega združenja ENBRI.
- 2011:** ZAG je v sodelovanju z industrijskimi in raziskovalnimi partnerji vodil kompetenčni center TIGR: Trajnostno in inovativno gradbeništvo.
- 2012:** Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo je ZAG imenovalo za organ za tehnično ocenjevanje. Agencija republike Slovenije za okolje je ZAG pooblastila za ocenjevanje hrupa z modelnim izračunom.
- 2013:** Ministrstvo za kmetijstvo in okolje je ZAG imenovalo za izvajanje del pooblaščenega izvedenca za sevalno in jedrsko varnost. Ministrstvo za infrastrukturo in prostor je ZAG pooblastilo za izdajo energetskega izkaznika. ZAG je dopolnil obseg dejavnosti kot priglašeni organ z identifikacijsko številko 1404 s pridobitvijo statusa priglašene organa tudi po Uredbi o gradbenih proizvodih 305/2011 (CPR).
- 2014:** Ministrstvo za infrastrukturo in prostor je ZAG pooblastilo za opravljanje strokovno-tehničnih pregledov žičniških naprav.
- 2016:** Z evropskimi sredstvi je bil zgrajen prizidek laboratorija za konstrukcije. ZAG je bil v okviru Teaming projekta soustanovitelj Centra odličnosti za raziskave in inovacije na področju obnovljivih materialov in zdravega bivanjskega okolja (InnoRenew CoE).
- 2017:** ZAG je bil med soustanovitelji štirih SRIP (strateških razvojno-inovacijskih partnerstev).

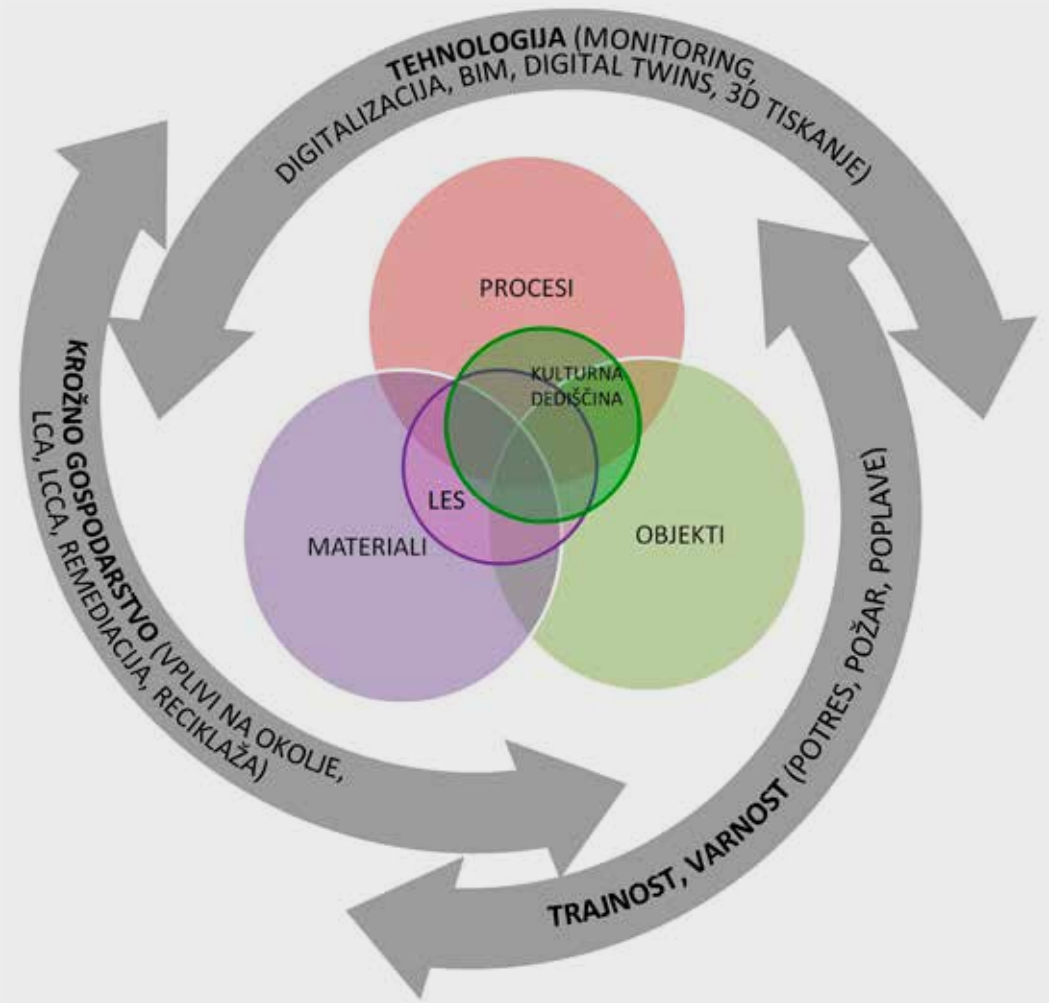
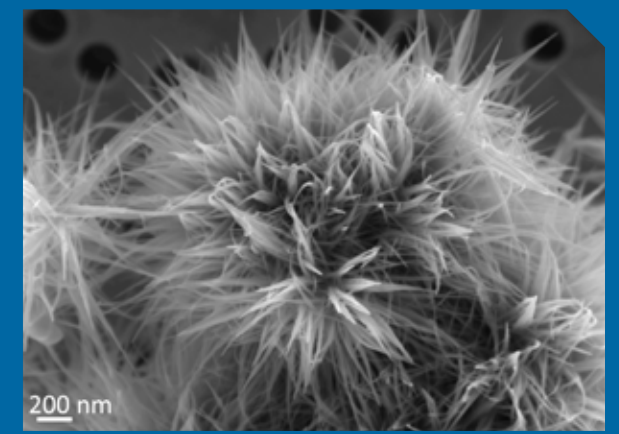
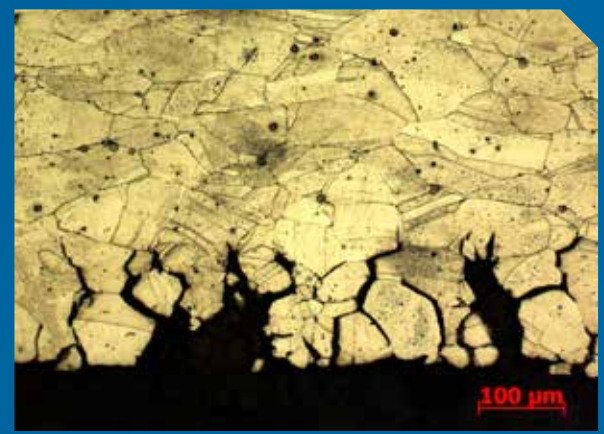
Nekdanji direktorji

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 Tomažević	1996–2005 (direktor ZAG Ljubljana)
prof. dr. Andraž Legat	2005–2019 (direktor ZAG Ljubljana)



Znanstvenoraziskovalne dejavnosti

Zavod za gradbeništvo Slovenije – ZAG je javni raziskovalni zavod, zato je znanstvenoraziskovalna dejavnost njegova osrednja aktivnost. Z intenzivnim multidisciplinarnim delovanjem na različnih področjih gradbeništva se je ZAG v zadnjih letih uveljavil kot odličen partner pri raziskovalnih in strokovnih aktivnostih. Naša glavna prednost je predvsem uspešno povezovanje temeljnih in uporabnih raziskav z reševanjem realnih problemov. Kakovostno in zdravo bivalno in delovno okolje, smotrna raba naravnih virov in učinkovita infrastruktura so med najpomembnejšimi pogoji za trajnostno družbo. Širše področje gradbeništva kot oblikovalca grajenega okolja in infrastrukture torej spada med najpomembnejše vsebine pri razvoju družbe.



Ključna področja raziskav

Cilji naših raziskav sledijo vsem usmeritvam trajnostnega gradbeništva, pri čemer uporabljamo tako nove metodologije in tehnologije kot tudi sociološki vidik bivanja. Na posameznih področjih smo dosegli izjemne znanstvene rezultate, druga pa so usmerjena bolj aplikativno. Večina področij se med seboj povezuje vsebinsko ali glede na tehnološko zrelost. Med ključnimi področji naših raziskav so in bodo tudi v prihodnje: stabilnost in varnost objektov, vključno s požarnim inženirstvom in varovanjem pred naravnimi nesrečami; razvoj in uporaba naprednih nanomaterialov/nanotehnologij pri gradbenih proizvodih in sistemih; trajnost in trajnostnost gradbenih elementov in sistemov; uporaba/recikliranje industrijskih in komunalnih odpadkov; imobilizacija nevarnih odpadkov, vključno z remediacijo okolja; modeliranje stavb, delov stavb in stavbnih sistemov za določanje njihovega toplotnega odziva za energijsko optimizacijo; vseživljenjske analize; metode in tehnologije uporabe različnih vrst in oblik lesa s poudarkom na zdravem bivalnem okolju; metode in tehnologije za obnovo stavb in inženirskih objektov; varovanje in obnova kulturne dediščine; razvoj merilnih metod, vključno s postopki umerjanja; implementacija digitalizacije pri načrtovanju, izvajanju in nadzoru gradbenih/tehnoloških procesov. Ključna področja naših raziskav so v grobem ponazorjena na shemi.

Programska in infrastrukturna skupina

ZAG izvaja raziskovalni program Gradbeni objekti in materiali (P2-0273), ki ima podporo infrastrukturne skupine Preizkušanje materialov in konstrukcij (I0-0032). Rezultat evalvacije raziskovalnega programa, ki je bila izvedena lani, je povečanje obsega in trajanja financiranja s strani ARRS (Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije). V okviru raziskovalnega programa potekajo aktivnosti na vseh prej omenjenih področjih, pri čemer je poudarek na znanstvenem pristopu (raven tehnološke razvitosti TRL od 0 do 2). Seveda je zelo pomembno, da je med omenjenimi vsebinami vzpostavljeno tesno sodelovanje, saj



se posamezne aktivnosti in rezultati med seboj vsebinsko in časovno povezujejo. Z združevanjem različnih skupin raziskovalcev dosegamo tudi sinergijski učinek raziskav na posameznih ožjih področjih. Pomembnost rezultatov naših raziskav dokazuje število znanstvenih objav in citatov, ki se je v zadnjih letih izjemno povečalo. V grafu 1 sta prikazana število znanstvenih objav ter delež izvernih znanstvenih člankov in citatov v letih od 2008 do 2018.

Infrastrukturni programi so podpora raziskovalnemu delu. Infrastrukturno skupino na ZAG sestavlja več skupin, ki delujejo na različnih področjih gradbeništva. Dejavnost posameznih skupin je izrazito razvejana in omogoča izvedbo tudi najzahtevnejših preiskav. Aktivnosti infrastrukturne skupine so porazdeljene po oddelkih.

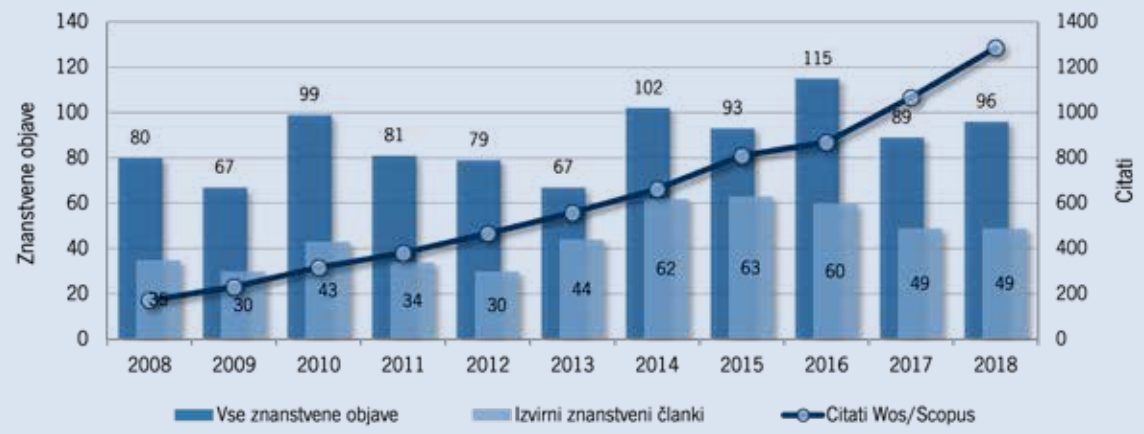
- ▶ Oddelek za konstrukcije se ukvarja z raziskavami odziva konstrukcij in konstrukcijskih sklopov na tipične obremenitve, kot so npr. lastna teža, veter in potres. Bistveni del opreme so zato preskusne naprave za izvajanje statičnih in dinamičnih obremenitev, dopolnjujejo pa jih merilne naprave za merjenje različnih mehanskih količin. Preskušanja se izvajajo v preskusni hali, ki je opremljena z vpenjalnim temeljem in dvema mostnima dvigalom. Sistem nosilnih elementov skupaj z vpenjalnim temeljem omogoča postavitev raznovrstnih preskuševališč. Obremenjevanje preizkušancev se izvaja s sodobnim elektronsko krmiljenim servohidrauličnim sistemom s hkratnimi obremenitvami v več oseh hkrati. Servohidraulični sistem krmiljenja zagotavlja nadzorovano dinamično obremenjevanje, s katerim je mogoče izvajati vrsto zahtevnejših preskusov.
- ▶ Oddelek za materiale deluje na področju raziskovanja različnih skupin gradbenih materialov, pri čemer nas posebej zanimajo mehanske in mikrostrukturne lastnosti ter obstojnost na zunanje vplive, kot sta temperatura in vlaga. Omeniti je treba, da so posamezni inštrumenti oziroma aparature v slovenskem prostoru edini te vrste. Raziskovalno opremo sestavljajo trije večji sklopi: oprema za določanje mehanskih lastnosti materialov, za raziskave obstojnosti materialov in za določanje mikrostrukturnih lastnosti.



- ▶ Oddelek za gradbeno fiziko deluje na področjih akustike, toplotne zaščite stavb in požarne varnosti. Oprema je zato smiselno razdeljena v dva dela: v opremo za določanje gradbenofizikalnih lastnosti materialov in konstrukcij (zvočna in toplotna izolativnost) ter sklop za izvedbo različnih kontroliranih preskusov požarne odpornosti.
- ▶ Oddelek za geotehniko in prometnice se ukvarja z raziskavo tal in materialov, ki se uporabljajo pri geotehničnih konstrukcijah, kot so nasipi, pregrade, oporne in cestne konstrukcije. Na večjih geotehničnih objektih se izvajajo meritve deformacij in odzivov geotehničnih objektov na različne obremenitve. V sklopu oddelka delujeta geomehanski laboratorij in laboratorij za asfalte, bitumne in bitumenske proizvode. Odsek za vzdrževanje in gospodarjenje s cestami izvaja meritve vozniških površin.
- ▶ Oddelek za metrologijo v okviru nacionalnega meroslovnega sistema skrbi predvsem za brezhibnost meril mehanskih veličin. Kot nosilec treh nacionalnih referenčnih etalonov, za silo, moment sile in trdoto, zagotavlja na teh področjih sledljivost meritev na mednarodni ravni, skrbi za razvoj meroslovja in aktivno sodeluje s sorodnimi ustanovami v drugih državah. Kot akreditirani laboratorij zagotavljamo s svojimi kalibracijami slovenski industriji primerljivost rezultatov meritev. Na področju izvajanja tehničnih pregledov motornih vozil – Slovenija na tem področju ureja preglede meril z zakonom – laboratorij s pregledi meril skrbi za varnost udeležencev v cestnem prometu.

Domači in mednarodni projekti

Vzporedno z intenziviranjem znanstvenoraziskovalnih aktivnosti se je v zadnjem obdobju izjemno povečalo tudi število domačih in mednarodnih raziskovalnih projektov. ZAG trenutno izvaja 79 raziskovalnih projektov (29 domačih in 50 mednarodnih), kar dokazuje izjemno uspešnost raziskovalcev. ZAG je med javnimi razisko-



Graf 1: Bibliografski kazalniki raziskovalne uspešnosti (vir: Vzajemna baza podatkov COBISS.SI/COBIB.SI, 30. 9. 2019)

valnimi zavodi torej edini, na katerem so raziskovalna sredstva, pridobljena od EU in industrije, primerljiva s sofinanciranjem s strani ARRS. Statusno je med mednarodnimi projekti najpomembnejši Teaming InnoRenew: Center odličnosti za raziskave in inovacije na področju obnovljivih materialov in zdravega bivanjskega okolja, ki ga koordinira Univerza na Primorskem. Ta projekt je edini Teaming projekt, s katerim so bile slovenske ustanove doslej uspešne. Omogoča nam široko kompatibilno sodelovanje s partnerji tudi na infrastrukturnem in visokošolskem področju.

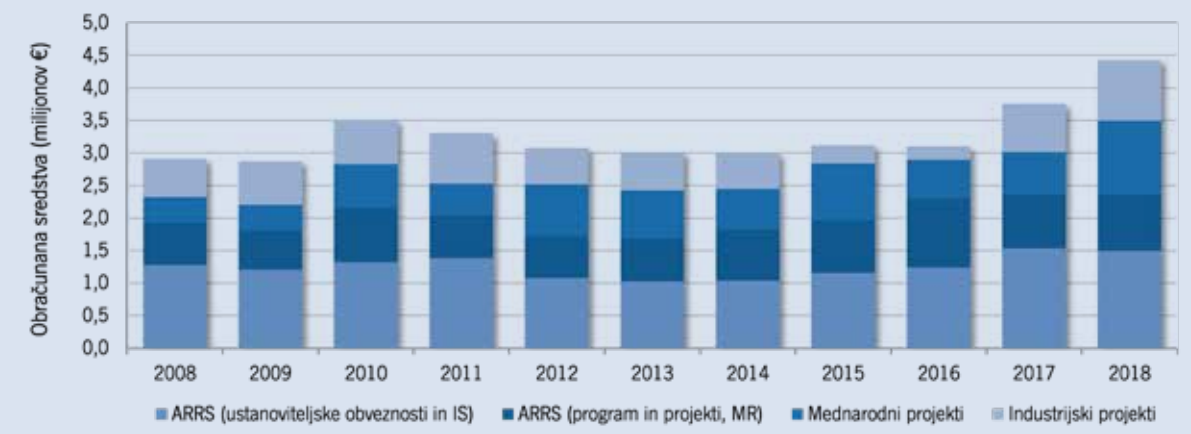
Pri večini omenjenih raziskovalnih projektov tesno sodelujemo z domačo in tujo industrijo, pri čemer je pomembno izpostaviti predvsem aktivnosti v okviru Strategije pametne specializacije. ZAG aktivno deluje na štirih področjih: Pametne zgradbe in dom z lesno verigo, Mreže za prehod v krožno gospodarstvo, Mobilnost, Razvoj materialov kot končnih produktov.

V grafu 2 so prikazana sredstva, ki jih je ZAG pridobil iz znanstvenoraziskovalne dejavnosti v letih od 2008 do 2018. Letna sredstva so razdeljena glede na vire: ARRS (ustanoviteljske obveznosti in infrastrukturna skupina), ARRS (program in projekti, vključno z mladimi raziskovalci), mednarodni projekti, industrijski projekti (vključno s kohezijskim sredstvi).

Vključevanje sodobnih smernic v raziskave (predlog)

Tehnološki pogoji ter potrebe družbe in okolja se hitro spreminjajo, zato je temu treba prilagajati tudi raziskave, pri čemer nam multidisciplinarna skupina raziskovalcev omogoča potrebno fleksibilnost in celovit pristop. Večina naših raziskovalnih področij je povezana s ključnimi tehnologijami (ang. key enabling technologies – KET) kot jih je definirala EU: uporaba nanotehnologije, napredni materiali in trajnostni razvoj.

Glede na svetovne trende, ki jih spremljamo z aktivnostmi v strokovnih telesih in raziskovalnih projektih EU,



Graf 2: Sredstva, ki jih je ZAG pridobil iz znanstvenoraziskovalne dejavnosti v letih od 2008 do 2018

pričakujemo, da bodo v prihodnjih letih na razvoj trajnostnega gradbeništva in s tem tudi na naše raziskave vplivali predvsem procesi, predstavljeni v preglednici v nadaljevanju.

Razvidno je, da se velik del omenjenih procesov obravnava v okviru industrije 4.0. Pri naših raziskavah se omenjenih trendov dobro zavedamo, pri čemer nam je seveda jasno, da ti procesi izhajajo tudi iz rezultatov temeljne znanosti. Trajnostno gradbeništvo je tudi nujen sestavni del družbenega razvoja: večje infrastrukturne investicije v določenem smislu predstavljajo izposojanje virov od prihodnjih generacij. Istočasno imajo preišljeni posegi zelo pozitivne učinke na družbo in okolje. Zato pri naših raziskovalnih aktivnostih tesno sodelujemo tudi z različnimi ustanovami, predvsem univerzami, in civilno družbo. Večina omenjenih raziskav ima velik vpliv na varnost in zdravje ljudi ter na varovanje naravnih virov in kulturne dediščine.

Sodelovanje v mednarodnih združenjih

Z multidisciplinarnim delovanjem na različnih področjih gradbeništva ter s povezovanjem temeljnih in uporabnih raziskav z reševanjem realnih problemov je ZAG postal prepoznaven doma in verjetno še bolj v tujini. Pri raziskovalnih aktivnostih sodelujemo predvsem s partnerji iz ENBRI (European Network of Building Research Institutes) in FEHRL (Forum of European National Highway Research Centres). 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 intenzivirali kot partner v EIT KIC (European Institute of Technology, Knowledge and Innovation Centre) RawMaterials. Po večini relevantnih kazalnikov (vpetost v raziskovalni prostor EU, sodelovanje v tehničnih odborih, povezovanje z univerzami in industrijo) smo primerljivi z nam podobnimi raziskovalnimi inštituti v EU, kot so VTT, RICE, EMPA, CSTB, BAM, BBRI in BBRC.

Razvoj novih materialov	Poudarek je na materialih, ki temeljijo na nanotehnologiji, čeprav se njihova uporaba praviloma najprej pokaže v medicini in farmaciji. Osnovni principi z določenim časovnim zamikom preidejo na druga področja in so prisotni tudi pri razvoju gradbenih materialov.
Razvoj elektronskih elementov	Nadaljnji razvoj vključuje miniaturizacijo. Izjemna kompleksnost elektronskih komponent bo omogočila vzpostavitev in uporabo širokega nabora senzorjev in distribuiranih merilnih sistemov v stavbah, infrastrukturi in mestih.
Razvoj novih procesov / robotizacija proizvodnje	Dodajne tehnologije (3D tiskanje) se bodo iz kovinske industrije preselile tudi na področje anorganskih in organskih materialov. Omogočile bodo kreiranje materialov/izdelkov z natančno določenimi lastnostmi.
Obravnavanje velikega števila podatkov	Umetna inteligenca bo omogočila urejanje, filtriranje in ponderiranje zbranih/izmerjenih podatkov. Vzpostavljeno bo parametrično grajenje urejenih struktur podatkov. Omogočeno bo napovedovanje odzivov za zdravje, varnost, okolje. Podane bodo informacije o napovedih in posledicah odločitev.
Digitalizacija procesov	BIM (informacijsko modeliranje objektov) s podatkovnimi bazami o materialih, sklopih, sistemih, ki vključujejo mehanske, okoljske, estetske in druge lastnosti, bo postal inherentni del trajnostnega gradbeništva. Vzpostavljene bodo povezave z robotizirano gradnjo, rušenjem in recikliranjem gradbenih odpadkov, z vizualizacijami in vzdrževanjem objektov in sistemov.
Vplivi na okolje	Celostna analiza in zmanjševanje vplivov na okolje bosta postala nujna sestavna dela vseh industrijskih aktivnosti, vključno z gradbeništvom. Vseživljenjske analize bodo splošno orodje pri vzpostavitvi krožnega gospodarstva.



**Znanje, ki ustvarja
prihodnost**



Digitalizacija grajenega okolja

Digitalizacija grajenega okolja

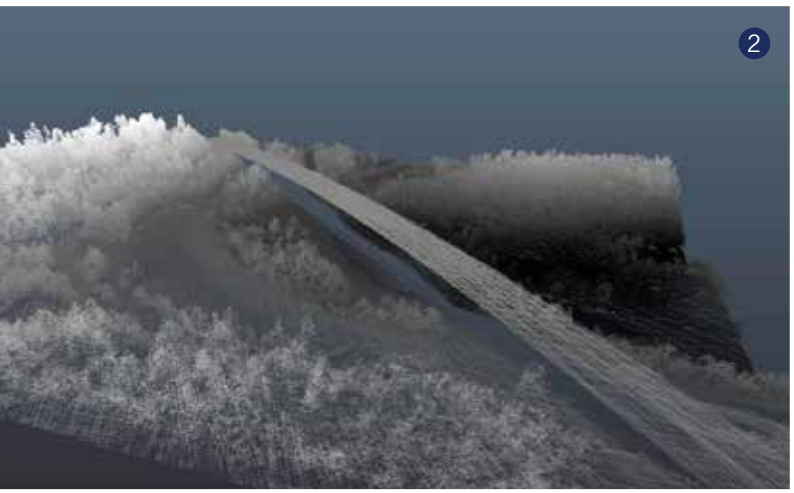
Digitalizacija grajenega okolja je v gradbeništvu verjetno vsaj takšen mejnik, kot je v inženirstvu ikona informacijske dobe – osebni računalnik. Čeprav se veliko vpletenih tega najbrž niti ne zaveda, bo sčasoma poznavanje, če ne celo obvladovanje novih pristopov pogoj za sodelovanje v katerem koli procesu življenjskega cikla objektov, od načrtovanja in gradnje do vzdrževanja in sanacije ter celo do rušitve.

► Gradbeništvo 4.0

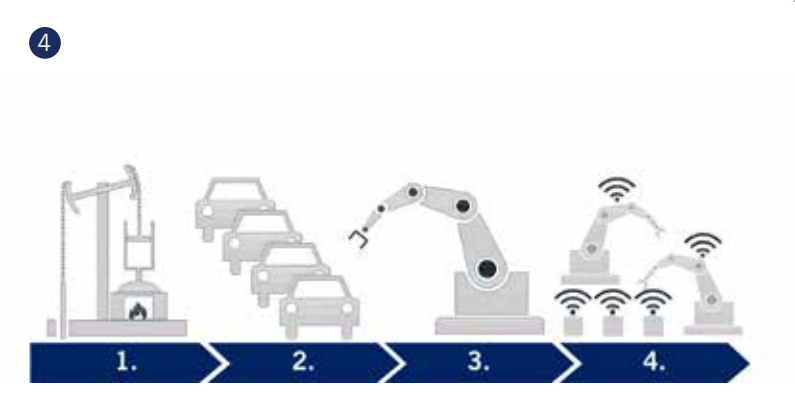
Digitalizacija grajenega okolja izhaja iz koncepta industrije 4.0. Po tem konceptu se podatki, ki jih v resničnem svetu zbirajo senzori, kamere, družbena omrežja, uporabijo za izboljšavo serijskih izdelkov. Gradbeništvo je specifično v tem, da proizvaja unikatne izdelke. Za prebojno implementacijo tega koncepta je tako ključno, da se digitalizirajo vsi procesi, pri katerih nastajajo informacije. Building information modelling ali BIM, ki se ukvarja z upravljanjem informacij o zgradbah (objektih) v njihovem celotnem življenjskem ciklu, je pomemben, ni pa osrednji del digitalizacije v gradbeništvu. Tako se vse bolj digitalizirajo tudi drugi procesi gradnje, npr. s 3D tiskanjem, robotiko, digitalnim upravljanjem gradbišč in infrastrukture. Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije tako v zadnjem času iščemo prebojna področja digitalizacije grajenega okolja, tudi BIM kot koncept boljšega upravljanja informacij (ang. better information management) in digitalizirani način spremljanja stanja premostitvenih objektov s senzorji ali brezpilotnimi letalniki.

► Boljše upravljanje informacij (BIM)

Komunikacija in sodelovanje lahko hitro postaneta najbolj kritična elementa uspešne izvedbe projekta. BIM prinaša nov koncept organizacije in izmenjavo informacij v procesu načrtovanja, gradnje in vzdrževanja grajenega okolja. V tem multidisciplinarnem procesu se tvori velika količina različnih informacij, ki jih potrebujejo arhitekti, inženirji, nadzorniki, investitorji, vzdrževalci itd. Danes podatki niso zbrani centralno in niso urejeni na vnaprej dogovorjen način, kot je to značilno za BIM. Rešitve posledično nastajajo spontano in med seboj niso usklajene vse do izvedbe na gradbišču, tam pa se nato kopiči seznam dodatnih del, popravkov, usklajevanj in posledično stroškov. Če bi želeli upravljati bolj učinkovito, bi vsak deležnik v tem procesu moral imeti na voljo verodostojne in celovite podatke (ang. better information management). Za BIM bi morali biti najbolj zainteresirani prav investitorji, saj lahko po nekaterih ocenah tak pristop poceni gradnjo objektov do 20 %, hkrati pa se bistveno povečata zanesljivost terminskih planov in tudi kakovost gradnje. BIM pomika sprejemanje pomembnih odločitev o zasnovi, rekonstrukciji, materialih, opremi, načinu upravljanja in drugih elementih veliko bolj na začetek procesa snovanja. To je mogoče ena od nje-



1. Pregled objekta (slika zgoraj) in termična slika (levo)
2. Oblak točk viadukta Ravbarkomanda (lidar + skener)
3. Posnetek viadukta Ravbarkomanda z brezpilotnim letalnikom (DARS)
4. Faze industrijskih revolucij



govih težav, saj so tako v začetnih fazah projektiranja potrebni večji napori oziroma stroški, se pa tako izognemo bistvenim spremembam v kasnejših fazah gradnje, nadzora in vzdrževanja, kar prinese znatne prihranke. Referenčni projekti po svetu in pri nas kažejo, da je – še zlasti pri večjih investicijah – BIM smiselni naslednji korak v procesu digitalizacije grajenega okolja. Javne investicije lahko predstavljajo zgleden katalizator tehnološkega napredka. Posledično je uporaba BIM-a v nekaterih državah EU že obvezna. Pri tem je na mestu razmislek o tem, da je treba dodatno investirati v boljše in digitalne podatke, saj se tak napor večkratno povrne zaradi predvidljivejše gradnje in boljšega vzdrževanja.

Večina inovacij, ki nas čaka na področju načrtovanja, gradnje, upravljanja in rušenja objektov grajenega okolja, je povezanih s tehnologijo BIM. Če smo se še pred nedavnim ukvarjali z ogljičnim odtisom stavbe, se danes projektanti srečujejo z vprašanji

Primerjava termične in optične slike poškodovane konstrukcije



investitorja, kakšen je ogljični odtis za dve primerljivi rešitvi konstrukcijskega sistema, že v bližnji prihodnosti pa bo postalo običajno, da se investitorju pripravijo primerjalne parametrične analize možnih kombinacij številnih parametrov. Posledično bo načrtovanje doživelo korenite spremembe. S pomočjo umetne inteligence bo postalo iskanje optimalnih rešitev veliko dostopnejše. Ob tem bo postalo ključno zagotavljanje kakovostnih podatkov o materialih in lastnostih elementov, ki bodo vključeni v model BIM.

► Digitalizirani način spremljanja stanja objektov

V Sloveniji za redno pregledovanje stanja premostitvenih objektov uporabljamo metodologijo, ki smo jo razvili pred skoraj 30 leti. Ta tehnologija v največji meri temelji na uporabi klasične vizualne metode, pri glavnih in izrednih pregledih pa zahteva uporabo specialnih vozil ali dvižnih ploščadi, ki omogočijo dostop do vseh pomembnih elementov konstrukcije. Tak način pregledovanja objektov je zlasti pri konstrukcijah z večjimi razponi, ki premoščajo dolino ali reko, časovno zamuden in za pregledovalce nevaren. Ker je med pregledom objekta običajno treba zagotoviti vsaj polovično zaporo prometnice, predstavlja tak pregled zaradi prometnih zastojev tudi znaten posredni strošek za uporabnike. Z vključitvijo brezpilotnih letalnikov, ki imajo nameščene optične, supersonične in termične senzorje, lahko postane proces spremljanja stanja premostitvenih objektov veliko varnejši in učinkovitejši, tako zbrane informacije pa so natančnejše in objektivnejše. Tak pristop k pregledu objektov prinaša povsem nove dimenzije na področju učinkovitega upravljanja infrastrukture in je naslednji korak v digitalizaciji gradbeništva.

Poleg osnovnih podatkov o premostitvenih objektih



(sestava in vrsta objekta, okolica, dimenzije) lahko na podlagi fotografskih posnetkov in termičnih slik, posnetih z brezpilotnim letalnikom, ocenimo tudi stanje poškodovanosti objekta. Nato lahko po metodah strojnega učenja, npr. z uporabo konvolucijskih nevronske mreže, izvajamo tudi enostavne avtomatske prepoznave poškodb. Za armiranobetonske konstrukcije sta to dva izmed najbolj relevantnih kazalnikov, razpokanost in votlavost.

► Monitoring premostitvenih objektov

V okviru rekonstrukcije viadukta Ravbarkomanda je investitor prepoznal pomembnost zveznega zajemanja podatkov o stanju premostitvenega objekta. Zavod za gradbeništvo je v sodelovanju s partnerji in projektanti zasnoval in vzpostavil največji permanentni tehnični nadzor avtocestnega premostitvenega objekta v Sloveniji. Na viaduktu je nameščenih več kot 200 senzorjev (merilnikov pospeškov, deformacij in temperature), ki v realnem času spremljajo odziv konstrukcije. Na ta način lahko ocenimo resnost slabšanja poškodb in zmanjšamo negotovosti, povezane s prihodnjim obnašanjem objekta. V realnem času se spremljajo vplivi prometnih obremenitev tako zaradi pričakovanega porasta težkega tovornega prometa kot tudi zaradi spremenjenih prometnih režimov. Sočasno se spremljajo spremembe sil prednapetja v zunanjih kablích. Tako vzpostavljeno opazovanje razkriva nekatere rezerve v obnašanju konstrukcije, na osnovi katerih lahko bolj realno izračunamo njegovo dejansko varnost zaradi prometne obtežbe in njen vpliv na njegovo življenjsko dobo. V daljšem obdobju bodo pridobljeni številni podatki o stanju konstrukcije. Posledično bo lahko upravitelj izvajal učinkovitejšo strategijo sanacijskih in vzdrževalnih del na avtocestni infrastrukturi.



Gradnja prihodnosti -
gradnja z lesom



1



3

- 1. Les kot strateška surovina
- 2. Klasično leseno ostrešje – najpogostejša uporaba lesa
- 3. Skeletna gradnja
- 4. Lesena večetažna gradnja iz križno lepljenih plošč

Gradnja prihodnosti – gradnja z lesom

Les je eden najstarejših materialov, uporabljenih za gradnjo. Dostopnost, enostavna obdelava in ob primerni vgradnji tudi dolga življenjska doba so prednosti, ki so jih prepoznali že naši predniki. Gradili so z naravo in lesom, kar dokazuje preteklo skrbno gospodarjenje s slovenskimi gozdovi in z njimi tesno povezana kulturna in arhitekturna dediščina. Čeprav je razcvet industrije gradiv v času industrijske revolucije in v desetletjih po njej povzročil zaton gradnje z lesom, pa gradnja z naravnimi materiali – predvsem z lesom – spet pridobiva veljavo.

► Les kot gradbeni material

Največja prednost lesa in gradbenega materiala na osnovi lesa je ekološka neoporečnost. Izračuni ekološke bilance, pri katerih je upoštevana celotna življenjska doba proizvoda, kažejo, da uporaba lesa zmanjšuje količino CO₂ v atmosferi in s tem upočasnjuje pregrevanje planeta. Njegova prednost v Sloveniji je povezana tudi z lokalno dostopnostjo, saj več kot 58 % Slovenije pokrivajo gozdovi – les je tako edina surovina, ki je imamo pregovorno v izobilju. Slovenija je za Finsko in Švedsko tretja najbolj gozdnata država EU, kjer letno priraste več kot 9 milijonov m³ lesa. Gospodarjenje s slovenskimi gozdovi in nadalje predelava lesa in gradnja z njim so hkrati izziv in priložnost, da bi gradili z roko v roki z naravo in lesom. V Evropski uniji se namreč nekaj več kot 40 % žaganega lesa iglavcev porabi pri gradnji – brez upoštevanja pohištva in stavbnega pohištva, hkrati pa v zgljedno urejenih gozdno-lesnih sektorjih gospodarsko razvitejših držav vsakih 100 m³ predelanega lesa predstavlja eno delovno mesto, k čemur bi morali stremeti tudi v Sloveniji. Potenciali domačih gozdov predstavljajo tudi nacionalni interes – akcijski načrt za povečanje konkurenčnosti gozdno-lesne verige les opredeljuje kot strateško

surovino, ki si poleg boljšega izkoristka potenciala slovenskih gozdov kot poglaviten cilj zadaja povečanje dodane vrednosti lesa, izboljšanje konkurenčnosti lesno-predelovalne panoge in vzpostavitev temeljev za razvoj novih proizvodov na osnovi lesa oziroma novih tehnologij njegove uporabe. Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije se kot deležniki vključujemo v večino faz gozdno-lesne verige, začenši z raziskavami osnovnega materiala.

► Lastnosti lesne gradnje

Les oziroma materiali na osnovi lesa so okarakterizirani kot estetski materiali, z odličnim razmerjem med nosilnostjo in lastno težo. Slednje je bistvenega pomena za trende sodobne gradnje – višje, večje, drznejše. Le materiali, ki omogočajo fleksibilnost pri uporabi, bodo pri večjih zgradbah oziroma projektih lahko konkurirali trenutno najbolj uporabljenima betonu in jeklu. Gradnja z lesom ni več omejena na enodružinske stanovanjske in gospodarske objekte, temveč dviga zavest tudi pri investitorjih poslovnih, industrijskih, športnih, vzgojno-varstvenih in turističnih objektov. Četudi gradnja z lesom mogoče ni več vedno najcenejša, ima poleg



1



4



2

navedenih lastnosti še eno prednost: visoko stopnjo prefabrikacije in s tem hitrost gradnje.

► Klasična okvirna lesna gradnja

Lesna montažna gradnja, ki jo številni domači proizvajalci obvladujejo oziroma razvijajo že desetletja, je primerna in tudi cenovno učinkovita za nižje zgradbe. Pri tem načinu gradnje se v tovarnah vnaprej pripravijo ploskovni elementi, sestavljeni iz lesenega masivnega okvirja, raznovrstnih obložnih plošč (materiali na osnovi lesa, mavčne plošče) in izolacijskih materialov, ki zapolnjujejo prostor v okvirju in so lahko še dodatno nameščeni, praviloma na zunanjo stran elementov. Prav tako je na podoben način možno vnaprej izdelati tudi medetažne in stropne konstrukcije. Področje okvirne gradnje se še vedno razvija. Pojavljajo se novi ali izboljšani materiali in novi tehnološki postopki, vedno bolj pa se izpostavlja področje optimizacije. Zavod za gradbeništvo Slovenije aktivno sodeluje z uveljavljenimi proizvajalci montažnih objektov tako na področju raziskav kot na področju zagotavljanja kakovosti.

► Lesene skeletne konstrukcije

S široko uporabo računalniško krmiljenih strojev za obdelavo lesa se spet pojavljajo tudi lesene skeletne konstrukcije, pri katerih se vnaprej pripravijo samo nosilni elementi iz masivnega ali lepljenega lameliranega lesa, na gradbišču pa se postavijo v določeno mrežo – raster. Vmesni prostori se z izolacijskimi materiali zapolnijo na gradbišču, okvir pa je glede na zahteve arhitekture lahko tudi viden. Omejitve okvirne in tudi lesene skeletne gradnje se rešujejo z uporabo kompozitov (lepljeni lamelirani les, križem lepljene plošče) ali z uporabo jekla.

► Masivna lesena gradnja

Masivna lesena gradnja, ki je v preteklosti največkrat asociirala na brunarice, je že zdavnaj presegla okvire enostavnih enostanovanjskih objektov. Po učinkovitosti porabe lesa morda ne najbolj ekonomična, a pri drznejših arhitekturnih rešitvah okvirni gradnji konkurenčna rešitev je masivna gradnja z uporabo križem lepljenih plošč, tj. kompozitnega materiala, sestavljenega iz različnega števila križem lepljenih lamel, ki odpravlja eno bistvenih pomankljivosti masivnega lesa – anizotropijo. Križem lepljene plošče kot trenutno najbolj uveljavljen lesni kompozit v visoki gradnji se uporabljajo ne le za stenske elemente, pač pa lahko tudi za medetažne in strešne elemente. V Sloveniji se danes gradijo objekti do vključno pet etaž, v Evropi pa imajo taki objekti tudi več kot deset etaž. Proizvodnja ta hip najbolj priljubljenega lesnega kompozita, ki se je pojavil na trgu malo pred začetkom tisočletja, narašča eksponentno.

► Hibridne konstrukcije

Ko lesena skeletna ali masivna konstrukcija ne more konkurirati arhitekturnim predlogom z uporabo drugih gradbenih materialov, nastajajo hibridne konstrukcije. Največkrat se materiali na osnovi lesa združujejo z uporabo jekla ali armiranega betona, možnosti kombinacij pa so različne. Materiale oziroma konstrukcijske sisteme (npr. kombinacija križem lepljenih plošč in momentnih okvirjev) lahko združujemo samo po določenem območju zgradbe ali po njeni celotni višini. Praviloma so kritični deli hibridnih konstrukcij stiki med posameznimi materiali; običajno gre za jeklene vezne elemente ali lepljene stike. Z navedenimi sistemi se v Evropi gradi do višine 70 m (20 etaž). Materialov v hibridnih konstru-



kcijah ne gre zamenjevati z materiali, ki jih je treba vgraditi v objekt za izboljšanje nekaterih bistvenih značilnosti, pri čemer alternative v materialih na osnovi lesa še ni (npr. betonski estrihi za doseganje zvočne izolativnosti ali mavčne plošče za doseganje požarne odpornosti). Kljub trenutno relativno skromnemu deležu gradnje lesenih visokih stavb v Sloveniji je Zavod za gradbeništvo Slovenije prepoznal aktualnost področja in se aktivno vključil v raziskave na področju gradnje prihodnosti. Odsek za lesene konstrukcije našega zavoda je vodilni partner evropskega raziskovalnega projekta InnoCrossLam (razpis ForestValue), katerega cilj je povečati konkurenčnost križno lepljenega lesa kot vsestransko uporabnega gradbenega materiala z aplikacijami na področjih, ki jih aktualni in načrtovani predpisi oziroma smernice še ne obravnavajo.

► Prihodnost v lesu

Porast gradnje z lesom potrjujejo tudi statistični podatki, ki kažejo, da se ozaveščenost investitorjev in projektantov o prednostih gradnje z lesom izboljšuje. Vsekakor je treba pri ocenah gradnje v prihodnosti upoštevati dejstvo, da se povečuje število prebivalcev v urbanih okoljih, kjer je zaradi prostorskih omejitev najpogosteje mogoča le gradnja v višino. Zaradi pričakovanih višjih cen surovine bo v prihodnosti racionalna raba lesa, tj. razmerje med porabo lesa in uporabno površino oziroma številom etaž, eden pomembnejših kazalnikov učinkovitosti gradnje. Predsodki izpred nekaj desetletij o ceneni in notranji gradnji z lesom se vse bolj izgubljajo. Trenutno stanje tehnike ponuja številne možnosti gradnje z lesom, vendar pa bo le pravilno pripravljen in vgrajen les trajen material in le tak bo izpolnil želje in pričakovanja oziroma bo glasnik trajnostne gradnje.





Krožno gospodarstvo v gradbeništvu



1. Zeleni beton z dodatkom umetnega agregata iz reciklirane jeklarske žlindre
2. Zeleni beton z dodatkom recikliranega agregata iz reciklirane opeke
3. Geotehnični kompozit iz remediirane zemljine z dodatkom papirniškega pepela
4. Drobljenje mešanih gradbenih ruševin na mestu rušitve
5. Vzorečenje geotehničnega kompozita za kontrolo kakovosti vgradnje
6. Priprava začasno skladiščene predobdelane onesnažene zemljine za remediacijo



Krožno gospodarstvo v gradbeništvu – moderna krilatica ali uspešen poslovni sistem?

Gradbeništvo je največji porabnik surovin, saj se v tej dejavnosti letno porabi več kot 50 % vseh eksploatiranih naravnih materialov. V EU ustvari gradbeni sektor 9 % BDP in zagotavlja več kot 18 milijonov delovnih mest. Po drugi strani je Evropa na področju virov še posebej ranljiva, saj je neto delež EU v letni svetovni proizvodnji surovin manjši od 5 % in surovine uvaža. V spreminjajočem se svetu, ko nam zaradi klimatskih sprememb, hitrega naraščanja svetovne populacije ter izginjanja živalskih in rastlinskih vrst grozi pomanjkanje hrane, vode in drugih virov, je odgovornost vsakega posameznika in celotne človeške skupnosti, da se začnemo obnašati drugače, bolj odgovorno do planeta in prihodnjih rodov.

Učinkovita ozelenitev gradbenega sektorja ima lahko zaradi njegove velikosti in vpliva na okolje in vire velik pozitivni učinek. Priložnost za to sta prepoznavanje odpadkov (3 tone na prebivalca letno v EU) kot potencialnih surovin za potrebe krožnega in vključujočega gospodarstva ter prehod iz linearnega modela potrošnje, v katerem proizvodi po končanem življenjskem ciklu končajo na deponijah, v krožni model, v katerem se proizvodi ne odvržejo, temveč začnejo

nove življenjske kroge v enaki ali predelani obliki. Družba recikliranja je že skoraj desetletje tudi vizija EU. Vzpostavlja se koncept krožnega gospodarstva, v katerem se snovne zanke zapirajo na lokalni ravni, količina odpadkov, ki jih je treba odlagati, pa se zmanjšuje. Največje prednosti takšnega pristopa v energetsko in surovinsko uvozno odvisni Evropi so učinkovitejša raba virov, manjše onesnaževanje, večja konkurenčnost gospodarstva in etična rast z upoštevanjem omejitev planeta.

Katranski rezkanec – nevaren odpadek postane zaradi trajne vezave v betonu inerten gradbeni proizvod.



► Recikliranje odpadkov v gradbeništvu

Zaradi potreb po veliki količini materialov v gradbeništvu in velikih količin razpoložljivih odpadkov je zagotovljena masna uravnoteženost. Če odpadki niso okoljsko inertni, je z različnimi vezivi ali postopki nevarne komponente možno trajno imobilizirati. Novi proizvodi so po kakovosti enakovredni ali celo boljši od konvencionalnih. Za to imamo znanje in tehnologije, poleg tega to omogoča tudi gradbena zakonodaja: materialov namreč ne diskrimini-

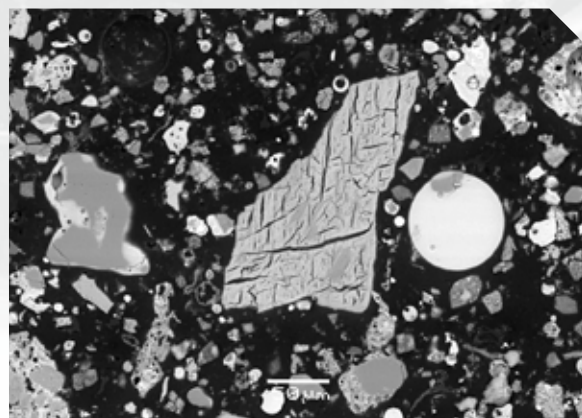
ra glede na izvor ali poimenovanje, pomembne so le njihove lastnosti, uporabnost in okoljski odtis. Leta 2013 novelirana evropska uredba o gradbenih proizvodih prinaša dodatno bistveno zahtevo 7 za objekte, s katero spodbuja učinkovito in trajnostno rabo virov. Gradbene proizvode iz recikliranih odpadkov je možno dati na trg na podlagi harmoniziranih standardov ali slovenskega tehničnega soglasja (STS).

► Recikliranje industrijskih in gradbenih odpadkov

Reciklirani industrijski in gradbeni odpadki v gradbenih kompozitih lahko nadomeščajo naravni agregat in/ali tradicionalna veziva (cement, apno, bitumen).

Odlična alternativa naravnemu agregatu je umetni agregat, ki nastane iz jeklarske žindre pri proizvodnji ogljičnih jekel. Zaradi visoke stopnje žilavosti in mikrohrapave strukture ga prištevamo med najboljše znane agregate. Velik potencial za recikliranje v agregate imajo tudi odpadni livarski in drugi peski iz industrije ter gradbene ruševine.

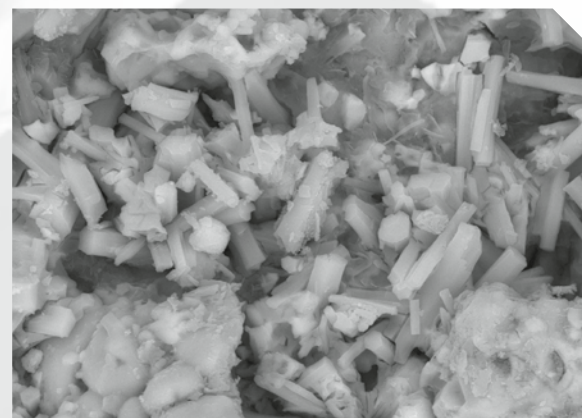
Pepel iz papirniške pulpe je odličen imobilizacijski aditiv



Beton je najpomembnejši gradbeni material, vendar pri proizvodnji ene tone cementa nastane 750 kg CO₂ (podatek za EU-28). Zmanjšanje vsebnosti cementa na račun veziv iz recikliranih odpadkov lahko zmanjša ogljični odtis betona tudi za 20 %. Razvoj t. i. »zelenih betonov« z uporabo recikliranih odpadkov (tudi nevarnih, kot sta galvanski mulj in katranski rezkanec) in njihova etična raba sta za industrijo betona zato potreba, izziv in tudi velika priložnost.

Odlična zamenjava za del cementa v betonu so odpadki, ki so prašnati in imajo vezivne sposobnosti, pucolanske ali hidravlične (npr. pepeli iz sežiga premoga, lesa, komunalnih odpadkov in papirniškega mulja, nekatere jeklarske žindre, odpadne sadre iz kemične industrije). Ti odpadki so lahko tudi odlična vhodna surovina za izdelavo cementnega klinkerja. Eden najbolj potencialnih nizkoogljičnih in nizkoenergijskih alternativ konvencionalnemu portlandskemu (OPC) klinkerju je belitno-kalcijev sulfoaluminatni (BCSA) klinker. BCSA ima zaradi nižje temperature žganja 20–30 % manjše emisije CO₂, zaradi uporabe recikliranih industrijskih in

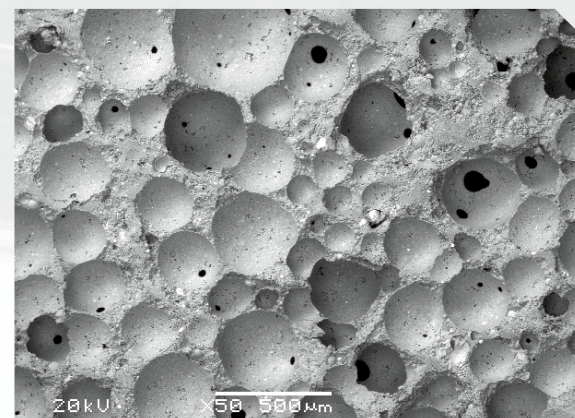
Mikroskopski posnetek hidratacijskih produktov nizkoogljičnega cementa



drugih odpadkov pa prispeva k ohranjanju naravnih surovin. Fizikalno-mehanske lastnosti tovrstnih cementov naj bi bile glede na dosedanje raziskave primerljive s portlandskimi cementi. Velika prednost tega veziva je, da lahko za njegovo proizvodnjo uporabljamo isto tehnološko opremo kot za proizvodnjo OPC.

V zadnjem času močno narašča proizvodnja in uporaba **geopolimerov** oziroma **alkalijsko aktiviranih materialov** (AAM) kot okoljsko prijazne in tehnično sprejemljive alternative keramiki, cementu in betonu. AAM nastanejo z mešanjem komponente v trdnem stanju, ki v zadostnih količinah vsebuje SiO₂ in Al₂O₃ v reaktivni obliki, in alkalijskih aktivatorjev v vodni raztopini, ki vsebujejo npr. alkalijske hidrokside, silikate, karbonate. Po reakciji raztapljanja in difuzije pride do utrjevanja alumosilikatne mreže. Poleg naravnih surovin, kot so termično aktivirane glin (npr. metakaolin), in naravnih pucolanov (npr. vulkanski pepeli) so potencialno uporabne surovine tudi industrijski pepeli (elektrofiltrski pepel, pepel od sežiganja komunalnih odpadkov, lesni pepeli) in različne žindre. Z dobrim poznavanjem procesa al-

Mikroskopski posnetek alkalijsko aktivirane pene

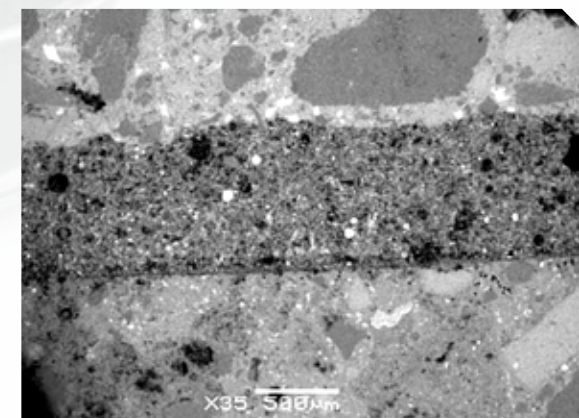


kalijske aktivacije lahko razvijamo nove proizvode, ki služijo kot nadomestilo betonu in mikroarmiranemu betonu, alkalijsko aktivirane agregate, penjene izolativne AAM, hibridne AAM v kombinaciji s cementom, pa tudi AAM za sanacije. Poleg dobrih tehničnih karakteristik je ključna prednost AAM uporaba odpadkov. Tako se ohranijo naravne surovine in zmanjšujejo emisije CO₂.

► Recikliranje drugih odpadkov

Poleg recikliranih industrijskih in gradbenih odpadkov so lahko potencialni vir v gradbeništvu številni drugi odpadki. Komunalno blato, ki nastaja kot trden odpadek pri čiščenju voda, je odlična surovina za uporabo v geotehničnih kompozitih. Tudi uporaba različnih tipov reciklirane plastike, ostankov celuloze in odpadnih polimernih vlaken je v gradbeništvu možna in upravičena. Pomemben vir surovin, tako s stališča količine kot tudi kakovosti, so tudi sedimenti, ki se kopičijo v vodnih akumulacijah in pristaniščih. Še zlasti perspektivni so po meri projektirani gradbeni kompoziti, sestavljeni iz več različnih recikliranih odpadkov, v katerih izbrana kombinacija odpadkov

Mikroskopski posnetek alkalijsko aktiviranega lepila



daje največji možni sinergijski učinek v tehničnem, tehnološkem in okoljskem smislu. Potencialni material za geotehnične aplikacije, predvsem zasipe, so tudi onesnažene zemljine na številnih degradiranih lokacijah v Sloveniji, ki se na mestu samem remedirajo, spremenijo v gradbeni proizvod in vgradijo nazaj v tla po standardnih postopkih za zemeljska dela. Pri izvedbi zemeljskih del z uporabo odpadkov, onesnaženih zemljin in tudi manj kakovostnih lokalnih zemeljskih materialov igra pomembno vlogo uporaba geosintetikov, s pomočjo katerih lahko zemljine kot najbolj naraven material nadomestijo beton in druge materiale, katerih proizvodnja in vgradnja zahtevata več energije in imata večji vpliv na okolje.

► Celovita obravnava uporabe odpadkov v gradbeništvu

Zavod za gradbeništvo Slovenije v povezavi z imetniki odpadkov preverja več možnih rešitev. Pri tem išče najbolj realistične in uravnotežene, tako z vidika lastnosti in količine odpadkov kot tudi z vidika lokacije potencialnega končnega uporabnika, trenutnih tržnih potreb po tem proizvodu, okoljskega

Vgradnja asfalta z umetnim agregatom iz jeklarske žlindre



odtisa, cene recikliranja in zlasti izvedljivosti aplikacije s standardno gradbeniško tehnologijo – torej da je nove materiale možno izdelati, transportirati in vgraditi z obstoječo gradbeniško mehanizacijo in tehnologijo. Visoka dodana vrednost novega proizvoda ali okoljske tehnologije je dobrodošla, vendar ni absolutna prioriteta. Pomembno je tudi, da je končni proizvod okoljsko neoporečen in da so rešitve robustne – na ta način se obvladujejo variacije v kakovosti recikliranih odpadkov, ki so večje kot pri konvencionalnih materialih. V prakso se praviloma najuspešneje prenašajo raziskave, pri katerih je že od vsega začetka aktivno vključen tudi končni uporabnik gradbenih proizvodov, torej je krožno zanko treba formirati že na začetku.

► Novi proizvodi za uspešen krožni poslovni sistem

Novi proizvodi iz recikliranih odpadkov so lahko osnova za uspešen krožni poslovni sistem, saj cene odstranjevanja odpadkov naraščajo, gradbeni proizvodi iz recikliranih odpadkov pa so lahko cenejši od konvencionalnih, prav tako imajo manjši vpliv

Vgrajevanje remediiranega kompozita iz onesnažene zemljine



na okolje. In to je dobro recikliranje, ne recikliranje za vsako ceno. Zavod za gradbeništvo Slovenije pomaga pri oblikovanju novih krožnih poslovnih modelov s primerjavo obstoječih in novih vrednostnih verig ter z analizo političnih, ekonomskih, socialnih, tehnoloških, zakonodajnih in okoljskih dejavnikov, ki lahko vplivajo na oblikovanje novega poslovnega modela v lokalnem okolju. Ključno pri tem je vrednotenje novih gradbenih proizvodov iz sekundarnih surovin s stališča njihovega celotnega življenja. Za večjo transparentnost in sledljivost materialnih tokov od odpadka do proizvoda, njihovo funkcionalnost v objektu ter ponovno uporabo in recikliranje uporabljamo orodja, kot sta analiza materialnih tokov in informacijsko modeliranje objektov. Naši pristopi temeljijo na čim učinkovitejšem recikliranju, vključno z ekstrakcijo kritičnih surovin in drugih ekonomskih surovin, pri čemer se preostanek lahko uporabi v gradbeništvu (pristop nič odpadkov). Z lokalnim zapiranjem snovnih zank in dobavo surovin krožna ekonomija in trajnostno gradbeništvo tako ne ostajata samo kraljici, ampak pomemben ekonomski dejavnik in pomemben element pri doseganju globalnih trajnostnih razvojnih ciljev.

Vgradnja kompozita po plasteh pri revitalizaciji rudarskega prostora



70
LET



Napredni materiali v gradbeništvu



Napredni materiali v gradbeništvu

Napredni materiali v gradbeništvu (med drugim) zajemajo nanomateriale za zaščito gradbenih površin in uporabo v bivalnem okolju, nove načine modifikacije lesa za povečanje požarne odpornosti, nove materiale in postopke za zaščito in utrjevanje materialov kulturne dediščine (historičnih materialov), kompozite na osnovi obnovljivih in okolju prijaznih vlaken, z vlakni armiran beton visokih zmogljivosti (ang. UHPFRC) itd.



1. Različni utrjevalci pred nanosom: na novo razviti in patentirani utrjevalec (levo) v primerjavi s komercialnima utrjevalcema (sredina in desno)
2. Določevanje globine prodiranja utrjevalca z raztopino indikatorja
3. Merjenje barvnih sprememb po utrjevanju v cerkvi sv. Janeza Krstnika ob Bohinjskem jezeru
4. Uporaba mikrodestruktivne metode za ugotavljanje učinkovitosti utrjevanja stenskih poslikav v frančiškanski cerkvi v Ljubljani
5. Kip Angelsko slavje iz belega UHPFRC (Foto: Petja Novak)

► Utrjevanje historičnih materialov

Kulturna dediščina je pomemben del našega bivalnega okolja, zato je skrb za njeno ohranjanje in varovanje velikega pomena. V okviru tega poznamo historične materiale, torej tiste materiale, ki spadajo na področje varovanja kulturne dediščine. Podvrženi so degradacijskim procesom, ki zmanjšajo njihovo trdnost ali celo vodijo do razpada. Pogosto je treba degradirane materiale najprej utrditi. Za učinkovito ohranitev originala morajo utrjevalci imeti še vrsto dodatnih lastnosti: ustrezno kompatibilnost s podlago, veliko globino prodiranja, čim širše temperaturno območje delovanja, ohranitev poroznosti in videza originalnega materiala, biti morajo čim bolj okolju prijazni. Kot utrjevalec se je v praksi močno uveljavil kalcijev hidroksid v različnih alkoholih. Toda ta utrjevalec utrjuje le površinske plasti materialov in ima številne pomanjkljivosti, kot so majhna globina prodiranja, bela obloga na površini in velika občutljivost v času aplikacije.

malte, stenske poslikave, kamni in drugo. Novi utrjevalec ima dobre sprejemne sposobnosti in na historičnem materialu ne pušča belih oblog. Utrjeni vzorci imajo bistveno večjo trdnost od neutrjenih vzorcev. Za enako učinkovitost zadostuje manjše število nanašanj v primerjavi z znanimi postopki utrjevanja. Novi utrjevalec smo preskusili tudi na realnih historičnih materialih na spomenikih nacionalnega pomena [Pondelak idr., J Cult Herit 28 (2017) 1–8]: na stenskih poslikavah v cerkvi sv. Janeza Krstnika pri Bohinjskem jezeru, frančiškanski cerkvi v Ljubljani, cerkvi sv. Vincencija v Istri, na Marijinem znamenju v Radljah ob Dravi itd.



► Nanomateriali v bivalnem okolju

Trajnost in funkcionalnost gradbenih objektov in površin lahko podaljšamo z uporabo na novo razvitih nanomaterialov v funkcionalnih prevlekah s fotokatalitičnimi in superhidrofilnimi lastnostmi. Na Zavodu za gradbeništvo smo s pomočjo razvitih metod merjenja aktivnosti dokazali učinkovitost in trajnost razvitih nanomaterialov na različnih gradbenih površinah, kot so strešniki, keramične ploščice in fasade [Rozman idr., Materials 12 (2019) 1–19; Sever Škapin idr., RSC Adv 5 (2015)

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije razvijamo postopke za utrjevanje materialov kulturne dediščine. Razvit in z evropskim patentom zaščiten je bil učinkovit postopek utrjevanja z vodotopnimi kalcijevimi solmi [Patent EP 3004028 (B1), 2017]. Priprava novega utrjevalca je enostavna. Uporablja se za utrjevanje različnih karbonatnih materialov, kot so ometi,

26769–26776]. Njihove fotokatalitične lastnosti vplivajo na uspešno razgradnjo organskih nečistot, ki hkrati čistijo okoliški zrak.

Modificirali smo površino organskih pigmentov. Na površino posameznega pigmenta smo nanесли nekaj nanometrov debelo prevleko, ne da bi pri tem spremenili barvne značilnosti pigmenta [Švara Fabjan idr., *J Sol-gel Sci Technol* 68 (2012) 65–74; Švara Fabjan idr., *Dyes Pigments* 127 (2016) 100–109]. Taki premazi so barvno in funkcionalno obstojni dolgo časa.

V odpadnih vodah z večjimi količinami neškodljivih organskih snovi so v nizkih koncentracijah lahko prisotne tudi škodljive nečistote. Razvili smo nanomaterial na osnovi mezoporoznega SiO_2 in fotokatalitičnega TiO_2 , ki selektivno razgrajuje škodljive nečistote [Nadrah, Gaberšček in Sever Škapin, *Appl Surf Sci* 405 (2017) 389–394].

Mezoporozni materiali SiO_2 so zanimivi tudi za uporabo v senzoriki. Z informiranjem uporabnika o parametrih v prostoru lahko posredno pripomorejo k izboljššanemu bivalnemu okolju. V ta namen razvijamo materiale na osnovi mezoporoznih delcev SiO_2 z vgrajenim barvilom za indikacijo previsoke relativne vlažnosti v prostoru. V materialih poteka adsorpcija vode iz plinske faze na mezoporozne delce SiO_2 , ki pri določeni relativni vlažnosti omogočajo potek kemijsko-fizikalnih reakcij in s tem spremembo barve (slika 2).

V prihodnosti bomo nadaljevali raziskave na področju materialov SiO_2 in jih pripeljali bližje aplikaciji. Mezoporozni SiO_2 bomo uporabili pri nadaljnjem razvoju indikatorja relativne vlažnosti, pa tudi za indikacijo hlapnih organskih snovi in CO_2 v zaprtih prostorih. Pri tem bodo pomembne tako raziskave kemijskih in fizikalnih procesov na površini SiO_2 kot tudi upoštevanje realnih razmer, ki jim bo indikator izpostavljen med uporabo.

► UHPFRC – sodobni trajnostni cementni kompoziti

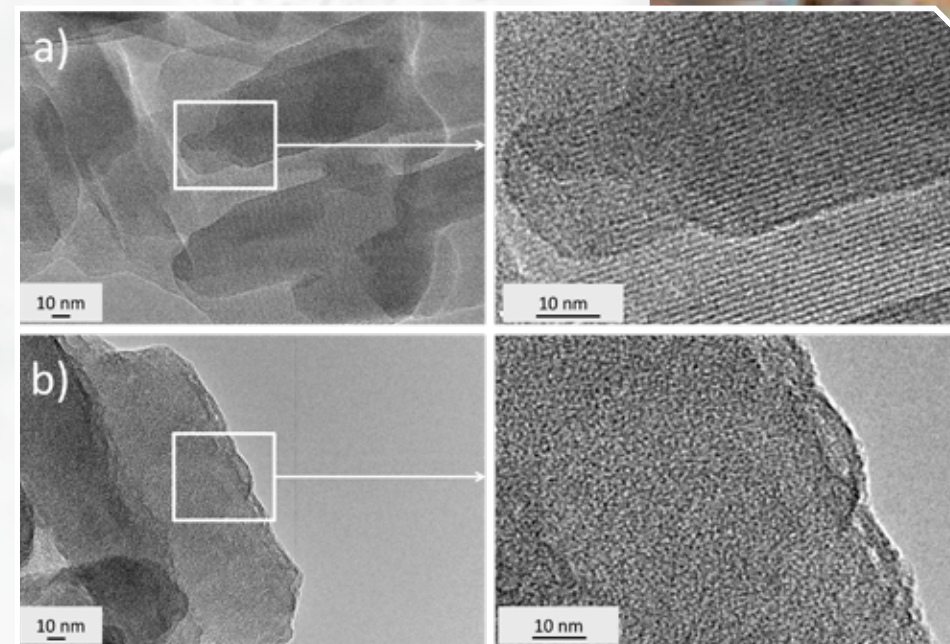
MABZVZ – mikroarmirani betoni zelo visokih zmogljivosti (ang. UHPFRC – ultra-high performance fibre reinforced composites) spadajo v družino sodobnih trajnostnih cementnih kompozitov, ki jih odlikujejo visoka trdnost, izjemna žilavost (tudi v nategu) in izredna trajnost. Običajno so pripravljene iz čistega portlantskega cementa, mineralnih dodatkov mikrosilike in kamene moke, kemijskih dodatkov (hiperplastifikatorja), kratkih jeklenih vlaken (dolžina 10 mm do 15 mm) in fino zrnatega agregata (do 4 mm) ali celo brez njega. Sestavo in lastnosti v svežem in strjenem stanju lahko prilagajamo načinu vgrajevanja in namenu uporabe. Primerni so za tankoslojne preplastitve okoljsko najbolj obremenjenih elementov konstrukcij (npr. robni venci in voziščne plošče mostov, podporne konstrukcije nadvozov, deli konstrukcij, izpostavljeni plimovanju morske vode) pri obnovah ali novogradnjah in tudi za ojačitve šibkejših konstrukcijskih elementov. Zaradi relativno visoke cene se njihova uporaba priporoča le tam, kjer se to »splača«. Pri tem je treba v oceno ekonomske upravičenosti uporabe UHPFRC vključiti ne le ceno samega materiala, ampak tudi: 1) manjšo potrebo po materialu, predvsem zaradi višjih trdnosti, 2) skrajšanega trajanja gradbenih del in s tem krajših cestnih zapor zaradi drugačnih tehnologij izvajanja del in 3) dolgoročno bistveno zmanjšano število sanacijskih posegov zaradi njihove daljše življenjske dobe.

V Sloveniji smo MABZVZ že uspešno uporabili pri sanaciji mostu čez Sočo pri Logu Čezsoškem (projekt ARCHES: arches.fehrl.org) in ojačitvi starega železniškega mostu (ref. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2019.00026/full>).

Zaradi možnosti prilagajanja sestave posebnim



zahtevam za sveži in strjeni UHPFRC je material zanimiv tudi za druge namene uporabe. Tako smo že sodelovali s študenti Fakultete za arhitekturo Univerze v Ljubljani (mentorizr. prof. dr. Matej Blenkuš) in za diplomantko Akademije za likovno umetnost in oblikovanje Univerze v Ljubljani Petjo Novak (mentor doc. mag. Metod Frlic) pripravili beli UHPFRC, iz katerega je za Mednarodno likovno akademijo LindArt Lendava ulila kip Angelsko slavje.



Slika 1: Posnetka nezaščitenih pigmentnih delcev (a) in pigmentnih delcev z nanoprevleko iz SiO_2 (b) z elektronskim mikroskopom [Švara Fabjan, 2012; Švara Fabjan, 2016]

RH / %	33	53	69	79	92
PRED IZPOSTAVO					
PO 24 h IZPOSTAVE					

Slika 2: Adsorpcija vode s kapilarno kondenzacijo poteka pri relativnih vlažnostih (parcialnih tlakih vode), višjih od 92 %, in s tem omogoča določanje relativne vlažnosti v tem območju.



Potresi in stavbe

Slovenija in potresi

Številni potresi v preteklosti, ki so prizadeli Slovenijo, potrjujejo dejstvo, da je potresna nevarnost v naši državi prisotna in je ne smemo zanemarjati. Razvoj potresnega inženirstva in nastanek prvih predpisov za potresno odporno gradnjo v Sloveniji je spodbudil potres v Ilirski Bistrici leta 1956. Utrdilo se je spoznanje, da je potresno odporna gradnja edina učinkovita obramba pred posledicami potresa. Vsak gradbeni objekt mora biti dovolj odporen, da brez porušitve prestane potres, ki se pričakuje na lokaciji objekta.

► Potresna odpornost gradbenih konstrukcij

Graditev potresno odpornih objektov zahteva veliko znanja, ki se razvija in v veliki meri temelji na raziskavah. Osnova raziskav v potresnem inženirstvu so eksperimenti, ki jih izvajamo v ustrezno opremljenem laboratoriju ali na delu obstoječih objektov. Pri preiskavah simuliramo potresno obtežbo, z njo obremenjujemo gradbeno konstrukcijo, zid ali steber, ob tem pa spremljamo razvoj poškodb do porušitve. Ugotovitve nam omogočajo razvoj in potrjevanje računskih metod, te pa se nato uporabljajo pri projektiranju. Modeli za račun konstrukcij se uporabljajo tako za projektiranje novih stavb kot tudi za utrjevanje obstoječih.

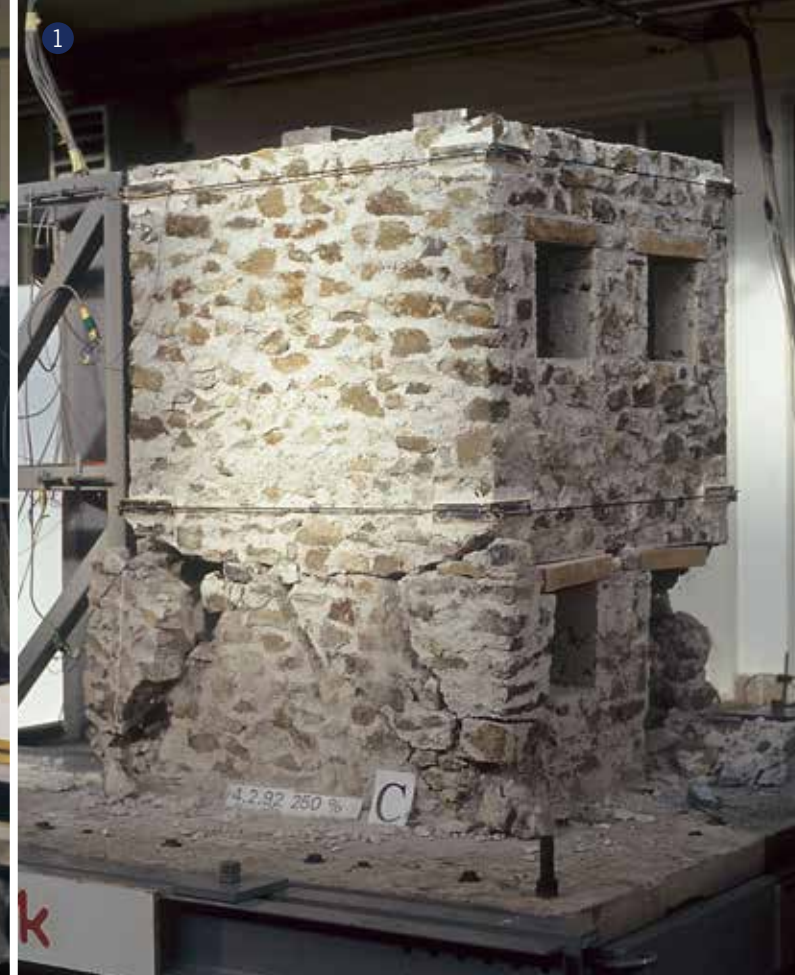
► Eksperimentalne raziskave sistemov za utrjevanje

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije (danes), pred tem pa na Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij (do leta 1995), izvajamo temeljne in aplikativne raziskave odziva stavb na potres, predvsem zidanih. Že od šestdesetih let prejšnjega stoletja na potre-

sni mizi, s katero simuliramo potresno delovanje, preiskujemo različne stavbe v pomanjšanem merilu. Raziskujemo tako potresno obnašanje kamnitih zidanih stavb, ki so del arhitekturne dediščine, kot tudi sodobne tehnologije gradnje. Proučujemo aktualne tehnike utrjevanja zidovja in njihovo učinkovitost pri izboljšanju potresne odpornosti. Danes nam zmogljivejše kapacitete laboratorija omogočajo preiskave modelov v njihovi naravni velikosti, s čimer se zelo približamo situaciji pri dejanskem potresu. Na osnovi preiskav konstrukcij vse do njihove porušitve ugotovimo, na katerih mestih so nastale poškodbe in kakšni ukrepi so potrebni, da se jim ob dejanskem potresu izognemo.

► Pripravimo se na potres

Za ustrezno načrtovanje in učinkovit odziv v primeru potresa morajo pristojni vedeti, koliko objektov bo utrpelo najhujše poškodbe in kje ti objekti stojijo. Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije smo za Upravo RS za zaščito in reševanje v okviru projekta POTROG vzpostavili modelno ocenjevanje potresne ogroženosti vseh stavb v Sloveniji. Model deluje v povezavi z Registrom nepremičnin. Temelji na po-



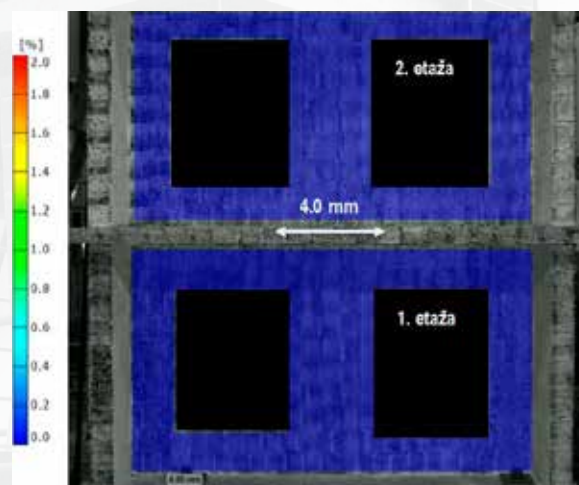
1. Modela zidanih hiš na potresni mizi ob porušitvi: hiša brez vezi levo (1) in hiša z vezmi desno (2)
2. V starejši hiši izvedena in situ preiskava potresne odpornosti kamnitega zidu
3. In situ preiskava tlačne trdnosti starejšega opečnega zidovja



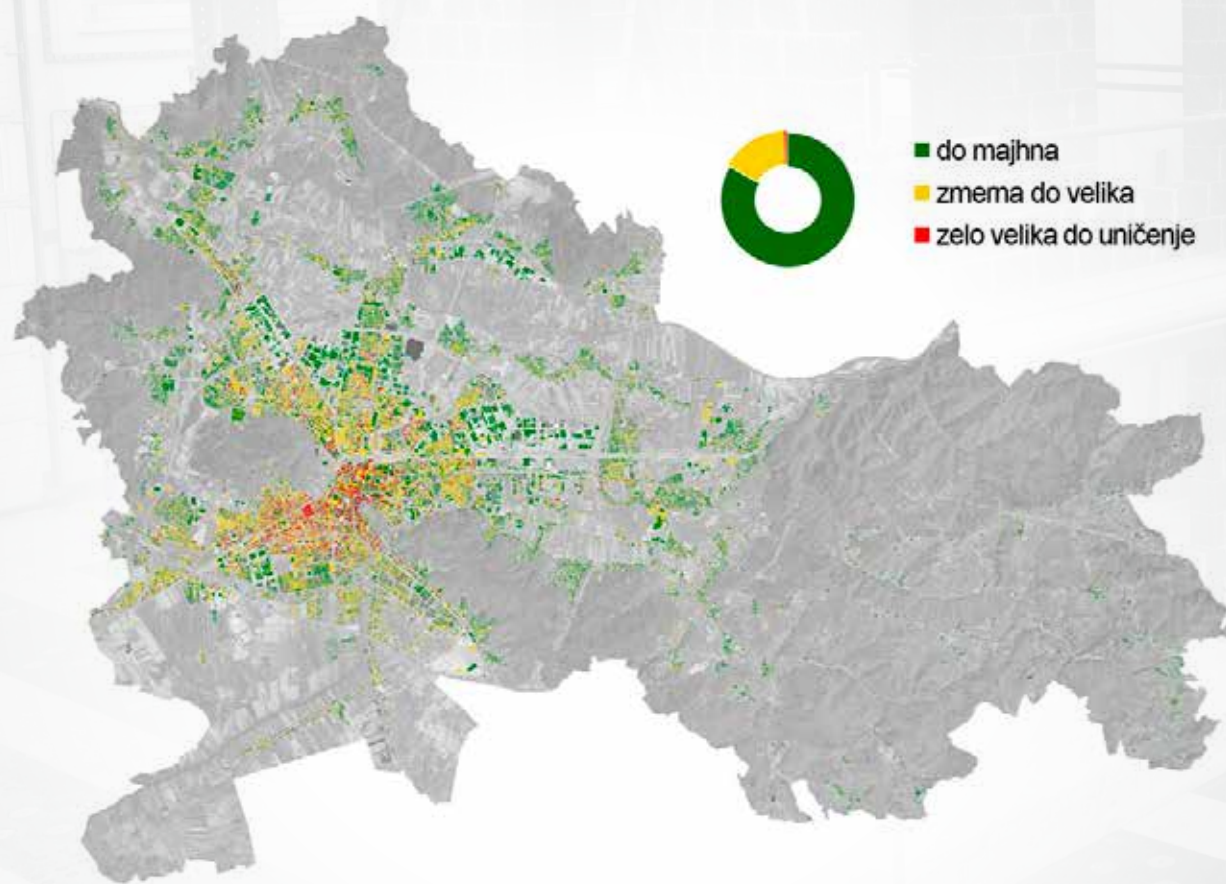
tresni odpornosti tipičnih slovenskih stavb, ki so bile zgrajene v različnih obdobjih, so različno visoke in zgrajene iz različnih materialov. Potresna odpornost stavb je v največji meri odvisna od znanja in predpisov za potresno odporno gradnjo, ki so veljali v času gradnje. Pogosta, a zmotna so mnenja, da potresa ne bo, da sta nosilnost in potresna odpornost pri stavbah samoumevni in da konstrukciji pri obnovi ni treba nameniti posebne pozornosti. Za boljše ozaveščanje smo v okviru modela POTROG pripravili tudi aplikacijo „Oceni svojo stavbo“.

<http://www.zag.si/si/organizacijske-enote/konstrukcije/odsek-stavbe-potresno-inzenirstvo>

<http://potrog2.vokas.si/>



Z optičnim sistemom izmerjene deformacije v potresno obremenjeni zidani konstrukciji



Z aplikacijami POTROG ocenjena poškodovanost stavb po potresu s povratno dobo 475 let po EMS



Potresna preiskava zidane stavbe v naravnem merilu (zgoraj) in diagonalne strižne razpoke v zidovih spodnje etaže (spodaj)

70
LET





**Prihodnost bivanja je
v trajnostni stavbi**



Prihodnost bivanja je v trajnostni stavbi

Trajnostna gradnja je tema, ki je v zadnjem času močno prisotna v različnih skupinah deležnikov: v industriji, državi, na univerzah in predvsem v široki javnosti. Dotika se vsakega človeka. Kljub temu, ali pa ravno zato, je ne moremo zelo enostavno obvladati, saj vključuje množico vidikov. Od daleč gledano, obravnavamo trajnostno gradnjo v povezavi z okoljskimi, sociološkimi in stroškovnimi tematikami, vendar to še ni dovolj. Obravnavati moramo tudi, ali predvsem, zdravje ljudi v stavbi in stopnjo udobja, ki jo ta stavba omogoča.

► Metrika trajnostne gradnje

Na drugi strani je treba vzpostaviti sistem merjenja stopnje trajnostne gradnje. To prinaša posebne izzive, kot je vprašanje, kaj je pomembnejše, okolje, strošek ali udobje, ali pa izziv primerljivosti posameznih stavb. Poleg tega je treba ugotoviti še, da trajnostna gradnja vpliva tudi na obnašanje uporabnika preko zavesti. Tematika je res izjemno kompleksna. V svetu in v zadnjem času tudi pri nas lahko zaznamo zelo veliko naporov, da bi nivo trajnostnosti čim bolj merljivo popisali. Tudi v Sloveniji se pojavljajo stavbe, ki so certificirane po različnih sistemih trajnostne gradnje (LEED, DGNB ali BREEAM), pa tudi skladno z metodo Level(s), ki jo za ta namen razvija Evropska komisija s partnerji. Prav slednja je smer, za katero na Zavodu za gradbeništvo verjamemo, da ima dolgoročno največji potencial za uveljavitev, vsaj v povezavi s predpisi in spodbudami, ki jih ureja država. Tudi zato je naš zavod skupaj s partnerji, pri konkretni nalogi sta to Gradbeni inštitut ZRMK in Ministrstvo za okolje in prostor, vključen v nalogo razvoja kazalnikov trajnostne stavbe za Slovenijo. Naloga poteka v okviru projekta Care4climate (Life+). Pričakovani rezultat naloge je adaptacija kriterijev sistema Level(s) na slovenske razmere s specifi-

mi rabe stavb, stroškov gradnje, odnosa Slovencev do trajnostne gradnje in krožnega gospodarstva itd. Pri tem obravnavamo partikularne indikatorje, kot je npr. izpust toplogrednih plinov v povezavi s stavbo v celotnem življenjskem ciklu, in tudi celotno makro sliko, pri čemer se sprašujemo ravno o relativni pomembnosti posameznih sklopov trajnostne gradnje.

► Pametne stavbe in pametni dom

Če pogledamo še nekoliko širše, moramo tematiki trajnostne gradnje nujno priključiti tudi tematiko pametne stavbe in pametnega doma. Na tem paralelnem področju je v zadnjem času potekalo in še vedno poteka velik del razvoja konceptov in prototipov, ki bodo našli svoje mesto tudi v proizvodnji. Pri tem je zelo pomembna koordinacija vseh vidikov. Prav to preverjamo v ravnokar začetem projektu Dom24h s ciljem, prepoznati posamične težave pri povezovanju tehnologij. V Sloveniji se tako prvič ukvarjamo s povezovanjem posameznih tehnologij ali sklopov tehnologij v celoto. Del tega smo preskusili že na projektu TIGR4smart. Izkušnje z majhnega demo objekta TIGR4smart tako prenašamo na skalo stavbe kot take in celo na simulirano mini soosesko.



1. Projekt Dom24h (Marles)
2. Projekt TIGR4Smart

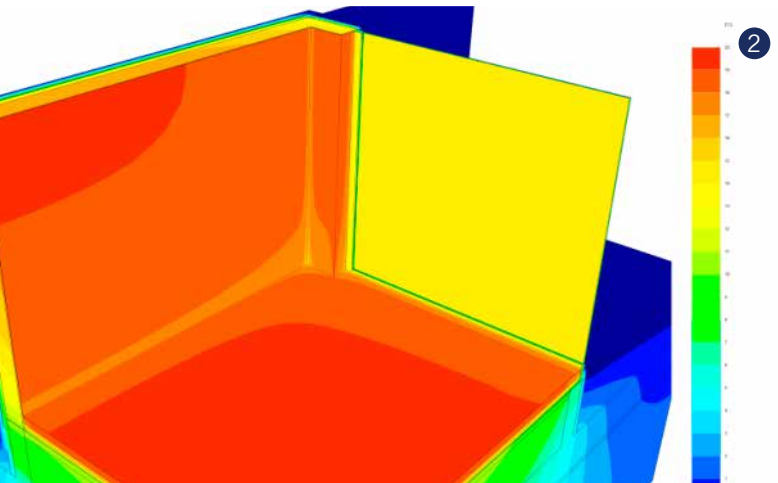


**Stavbe – zdravo in
udobno okolje**



Stavbe – zdravo in udobno okolje

Stavbe so v funkciji človeka, zato morajo zadostiti vsem njegovim potrebam, pri čemer ne smemo pozabiti na njegove fiziološke in psihološke potrebe. Ker ljudje v zaprtih prostorih preživimo čedalje več časa, celo več kot 90 %, je kakovost bivalnega okolja še posebej pomembna. A ne le to, dvigujejo se tudi naše zahteve glede ravni kakovosti bivanja. Pričakujemo, da bo notranje okolje izpolnjevalo visoka uporabnikova merila glede ugodja in da ne bo škodljivo vplivalo na njegovo zdravje. Nasprotno, notranje okolje mora delovati spodbudno in ustvarjalno, da lahko pozitivno vpliva na počutje in storilnost. Pri tem igrajo pomembno vlogo materiali in komponente stavbnega ovoja, povezani z drugimi stavbnimi elementi in energijskimi sistemi. Ti skupaj tvorijo tako notranje okolje, da je v njem mogoče vzpostaviti razmere za zagotavljanje uporabnikovega ugodja in jih tudi učinkovito uravnati.



1. Snemanje s termografsko kamero
2. 3D model dela stavbe s simulacijami temperaturnega polja
3. Meritev hrupa hišnih inštalacij
4. Posnetek mezoporoznih delcev SiO₂ z elektronskim mikroskopom

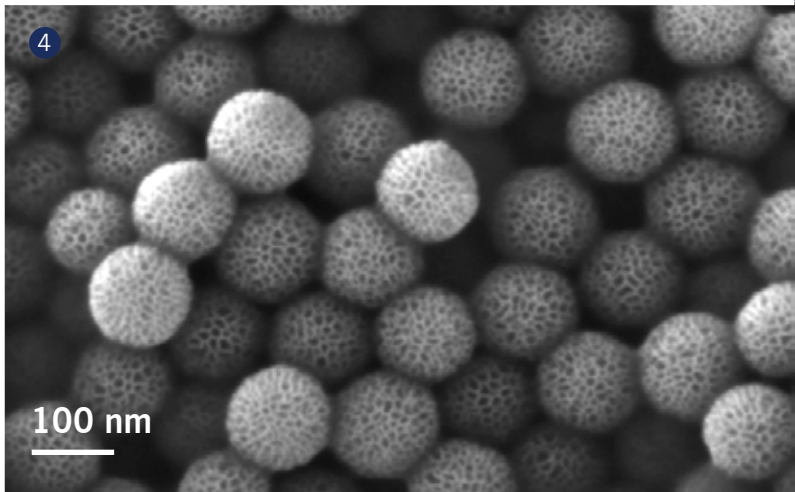
► Parametri, ki vplivajo na zdravje

Na uporabnikovo ugodje vplivajo parametri, kot so temperatura, vlaga, kakovost in gibanje zraka, zvok in svetloba. Kadar so učinki teh parametrov, posamezno ali medsebojno povezano, izrazito intenzivirani, lahko ključno vplivajo tudi na zdravje, zlasti pri mlajši in ranljivejši populaciji. Prav zato je v stavbah pomembno (pre)poznati, kontrolirati in odpravljati vse možne vire, ki vplivajo na poslabšanje uporabnikovega udobja, oziroma intenziteto vplivov, ki so škodljivi za njegovo zdravje. V zadnjem času so npr. pod drobnogledom zlasti vplivi na novo razvitih nanomaterialov.

seganju človekovega udobja. Na aplikativni in teoretični ravni se že dalj časa srečujemo z elementi zagotavljanja toplotnega udobja, kamor spadajo tudi medsebojno povezano delujoči higrotermalni parametri notranjega okolja. Svoje znanje in izkušnje uspešno uporabljamo pri direktnih naročilih in v različnih raziskovalno-razvojnih projektih, kot so npr. BRIMEE, Q-AIR, Cost Effective. Z raziskavami in v sodelovanju z industrijo sodelujemo pri razvoju toplotnoizolacijskih materialov in gradbenih proizvodov za ovoj stavb na makro in mikro nivoju. Testiramo, analiziramo in vrednotimo energijsko delovanje in toplotni odziv stavb, konstrukcijske elemente in detajle. Ti v odvisnosti od drugih dejavnikov odločilno prispevajo k ravni površinskih temperatur in tako soblikujejo notranje toplotno udobje. Ukvarjamo se s procesi prenosa vlage po materialih in konstrukcijah ter zlasti detajlih, ki so s tega vidika še neraziskani. Tudi posledice nepredvidenega in nekontroliranega nastanka vlage v materialih so namreč pogosto vzrok za negativne učinke na uporabnikovo udobje.

Zagotavljanje toplotnega udobja

Tako kot drugi deležniki v procesu nastajanja grajenega okolja se tudi strokovnjaki in raziskovalci na Zavodu za gradbeništvo Slovenije trudimo izboljšati koncepte stavb in razviti nove gradbene materiale, komponente in sisteme, ki lahko pripomorejo k do-



Relativna vlažnost v prostoru

Na toplotno udobje v prostoru in s tem na kakovost človekovega bivanja v veliki meri vpliva tudi relativna vlažnost zraka. Previsoke in prenizke vrednosti za relativno vlažnost zraka so povezane celo z določnimi tveganji. Visoka relativna vlažnost zraka npr. lahko v povezavi z razmeroma nizkimi površinskimi temperaturami povzroča nastanek kondenzata in posledično nudi optimalne razmere za rast plesni na gradbenih površinah, prenizka relativna vlažnost pa potencialno lahko vpliva na pojave dihalnih infekcij pri človeku. Zato strokovnjaki Zavoda za gradbeništvo v laboratorijskih razmerah razvijamo posebne indikatorje relativne vlažnosti, ki temeljijo na mezoporoznih delcih SiO_2 . Lastnosti materialov, ki jih dosežemo s spreminjanjem sinteznih parametrov, omogočajo indikacijo v določenem območju relativne vlažnosti zraka.



Kakovost notranjega zraka

Pomemben dejavnik človekovega udobja je tudi kakovost notranjega zraka. Na tem segmentu je ključna problematika, s katero se srečujemo, povezana s pojavom zemeljskega plina radona v pritličnih zaprtih prostorih stavb. Problematiko radona v stavbah obvladujemo z analizami ter s predpisovanjem različnih ukrepov za preprečevanje in zmanjševanje njegovih koncentracij. Zrak seveda onesnažujejo tudi druge emisije, npr. ogljikov dioksid (CO_2), ki ga izdihamo v različni intenziteti glede na trenutne aktivnosti. Prav tako so v prostorih lahko prisotna onesnaževala, ki nastanejo pri pripravi hrane in ogrevanju prostorov, neugodna je tudi vsebnost alergenov in trdnih delcev v zraku. Na kakovost zraka še zlasti pomembno vplivajo hlapne organske spojine (ang. volatile organic compounds – VOC), ki jih lahko vsebujejo nekateri gradbeni proizvodi in oprema. V bivalnih prostorih lahko zaradi neprimerne izbire in vgradnje materialov in proizvodov, zlasti zaključnih slojev in pohištva, barv, premazov, lepil ali tudi drugih materialov, ki niso v



direktnem stiku z zrakom, v zrak izhajajo snovi, ki so potencialno škodljive oziroma vplivajo na zdravje. Tudi to je področje, s katerim se v zadnjem času na našem zavodu intenzivneje ukvarjamo in ga proučujemo.

Zvok v bivalnem okolju

S stališča zvoka so za uporabniško ugodje in zdravje v stavbah pomembni akustika prostorov, viri hrupa v okolju in viri hrupa v stavbah ter zaščita pred njimi. Na področju zaščite pred hrupom smo na Zavodu za gradbeništvo v zadnjem obdobju razvili predvsem sodelovanje z industrijskimi partnerji, in sicer pri razvoju in implementaciji gradbenih elementov in konstrukcij za zaščito pred hrupom. Tako sodelovanje je potekalo v okviru projekta Tigr4smart: prispevali smo k razvoju zvočnoizolacijskega panela, zvočnoizolacijske izboljšave na fasadah iz fasadnih sendvič elementov in zvočnoizolacijske izboljšave na elementih modularnih bivalnih enot. Podobno sodelovanje z industrijskimi partnerji poteka tudi preko neposrednih naročil.

Svetloba v notranjem okolju

Pozabiti pa ne smemo še na en parameter notranjega okolja, na svetlobo. Svetloba ima velik vpliv na fizično, fiziološko in psihološko stanje ljudi. Umetno ustvarjeno okolje stavb običajno močno omejuje količino dnevne svetlobe in vpliva na njeno porazdelitev po prostorih. Pri tem jo delno nadomešča umetna svetloba, a le v zelo omejenem obsegu, saj ne more nadomestiti vseh njenih ključnih lastnosti. Strokovnjaki Zavoda za gradbeništvo skupaj z industrijskimi partnerji razvijamo inovativna svetila in svetlobne vire. Raziskujemo tudi človekovo dožemanje in zaznavanje svetlobe, njen vpliv na uporabnikovo zdravje in kakovost bivanja, fotobiološke učinke LED svetlobe na ljudi ter parametre, ki so odvisni od njihove starosti.

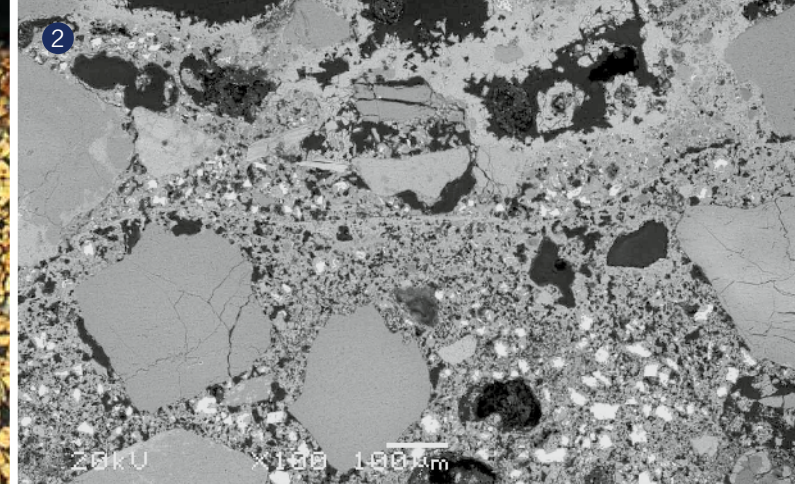




Voda – zrak – zemlja

Voda – zrak – zemlja

Kaj povezuje zrak, zemljo in vodo? Vsi želimo živeti v čistem zraku in neoporečnem okolju in piti dobro vodo. Vodo, ki jo pijemo, lahko onesnažujejo materiali, po katerih ta voda teče. V notranjih prostorih starih, dotrajanih zgradb in kletih pogosto najdemo povišane koncentracije radioaktivnega plina radona. Onesnaženost tal kot posledica človekove dejavnosti lahko ključno vpliva na zdravje živih bitij.



1. Jamičasta in enakomerna korozija v notranjosti ulitega ohišja vodovodnega števca iz medi
2. Raztapljanje cementnega premaza na stenah vodohrana
3. Pilotni sistem za recikliranje odpadne komunalne vode
4. Primer onesnaženja tal: območje stare cinkarne v Celju
5. Korodirana pocinkana cev za distribucijo hladne vode
6. Primer izvedbe remediacije onesnažene zemljine s postopkom imobilizacije z uporabo papirniškega pepela



► Voda

Kakovost pitne vode je odvisna od številnih dejavnikov, kot so vrsta same vode in geološke značilnosti njenega zaledja, snovi za pripravo pitne vode in materialov vodovodnega sistema.

Na izviru je njena kakovost odvisna predvsem od okolja in zunanjih obremenitev, pri končnem uporabniku pa tudi od vrste in kakovosti materialov vodovodnega sistema, ki z vodo prihajajo v stik. Četudi je voda na zajetju kemijsko in biološko neoporečna, je obdelana voda lahko podvržena razmeram v vodovodnem sistemu, te pa lahko kvarno vplivajo na njeno kakovost in posledično na zdravje ljudi. Poslabšanje kakovosti pitne vode v distribucijskem sistemu je tako še vedno ena glavnih težav, materiali v vodovodnem sistemu pa so pogosto glavni dejavnik, ki vplivajo na kakovost pitne vode pri uporabniku.

Med pitno vodo in materiali prihaja do zapletenega medsebojnega delovanja, ki lahko privede do poslabšanja kakovosti vode in tudi propadanja materialov. Glavni prepoznani mehanizmi interakcije med pitno vodo in materiali so: (1) izluževanje snovi iz materialov, (2) korozija in (3) mikrobiološka

aktivnost v biofilmih, ki nastanejo na površini materialov. Uporaba neprimernih materialov za stik s pitno vodo lahko privede do bioloških, fizikalnih in kemičnih nevarnosti, ki potencialno negativno vplivajo na zdravje ljudi. V vodi lahko najdemo povišane vsebnosti svinca, kroma, niklja, cinka, železa, arzena, ti pa se izločajo iz materialov, ki so v stiku s pitno vodo.

Vodovodni sistem, ki ga gradijo številni različni materiali, predstavlja kompleksno mrežo nena-dzorovanih fizikalnih, kemijskih in bioloških dejavnikov, zaradi katerih lahko nastajajo velike razlike v kakovosti vode. Voda pride v stik s cementnimi materiali (betonska zajetja, vodohrani), jeklenimi cevmi ali cevmi z notranjo cementno oblogo ter s plastičnimi cevmi (polietilen; distribucija vode), od hišnega priključka naprej pa z vodnim števcem (medenina), plastičnimi (poliuretan), galvansko pocinkanimi ali bakrenimi cevmi ali cevmi iz nerjavnega jekla.

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije smo aktivno vključeni v raziskave procesov propadanja materiala v vodovodnem omrežju. Na našem zavodu je skladno s "Priporočili za ocenjevanje primernosti

materialov in proizvodov, ki prihajajo v stik s pitno vodo" mogoče tudi certificiranje kovinskih, organskih in cementnih materialov ter kombiniranih materialov, ki so v stiku s pitno vodo.

<http://www.zag.si/si/naslovne-teme/pitna-voda>

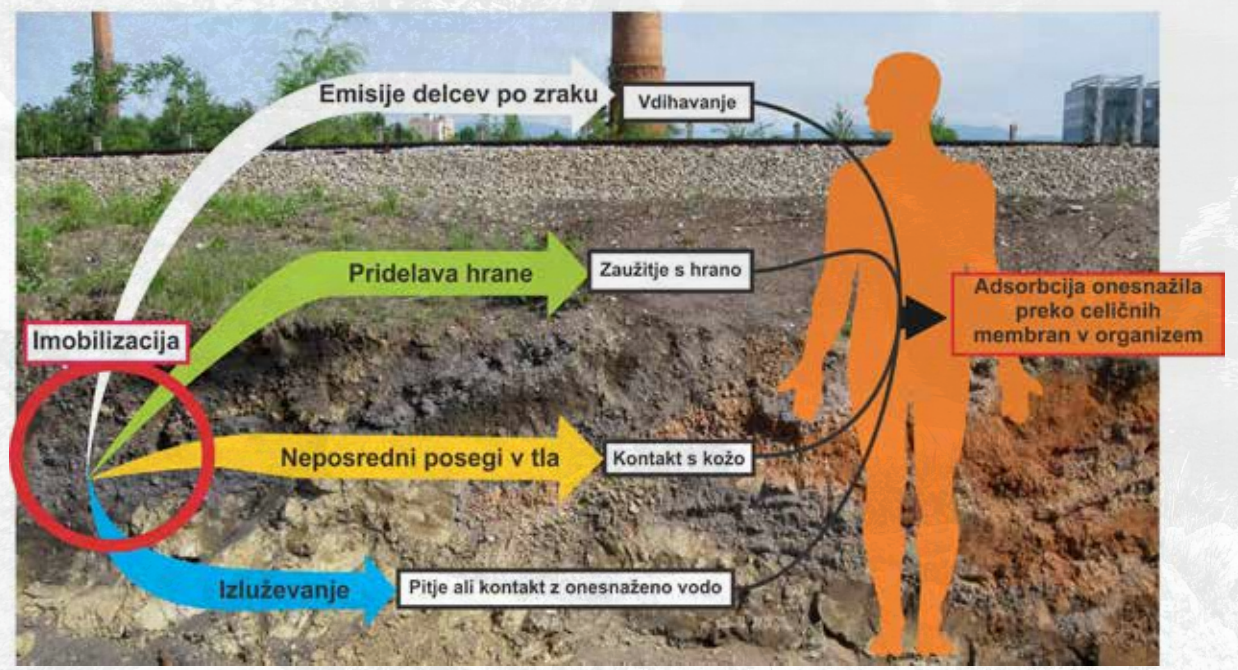
► Zrak (radon v bivalnem okolju)

Radon (kemijska oznaka Rn²²²) je radioaktivni plin brez barve, vonja in okusa. Je potomec v razpadni verigi urana U²³⁵. Ker je plin, ki je prisoten v zraku, ga vdihujemo. Pri razpadu radona nastajajo njegovi potomci, ki razpadajo z α-razpadom. Čeprav je doseg delca α majhen, lahko α-razpadi, do katerih prihaja v pljučih, povzročijo mutacije genskega materiala celic v pljučih in posledično inducirajo nastanek pljučnega raka. Radon sam zase predstavlja veliko tveganje za pojav raka na pljučih, v povezavi s kaje-

njem pa se tveganje še poveča. Ocenimo lahko, da radon na ravni Slovenije povzroči sorazmerno enako število smrtnih primerov kot prometne nesreče. Prav zato je tematika radona zelo relevantna. Delci α reagirajo s tkivom in ob dolgotrajni izpostavljenosti lahko škodljivo vplivajo na zdravje. Radon preide v naše telo z dihanjem skozi usta ali nos.

Tveganje za nastanek pljučnega raka zaradi dolgotrajne izpostavljenosti radonu v zaprtih prostorih se bistveno poveča pri koncentraciji nad 100 Bq/m³. Evropska komisija je leta 2013 sprejela direktivo o osnovnih standardih varnosti za zaščito pred nevarnostmi izpostavljenosti radonu. Mejna vrednost v bivalnih prostorih ne sme preseči 100 Bq/m³, v delovnih prostorih pa ne 300 Bq/m³. Naravno ozadje je sicer spremenljivo, le nekaj 10 Bq/m³. Toda pomembno je poudariti, da če govorimo o koncentraciji radona v zraku, varne meje ni.

Shematsko prikazane poti prenosa onesnažil iz tal, ki jih z remediacijo prekinemo.

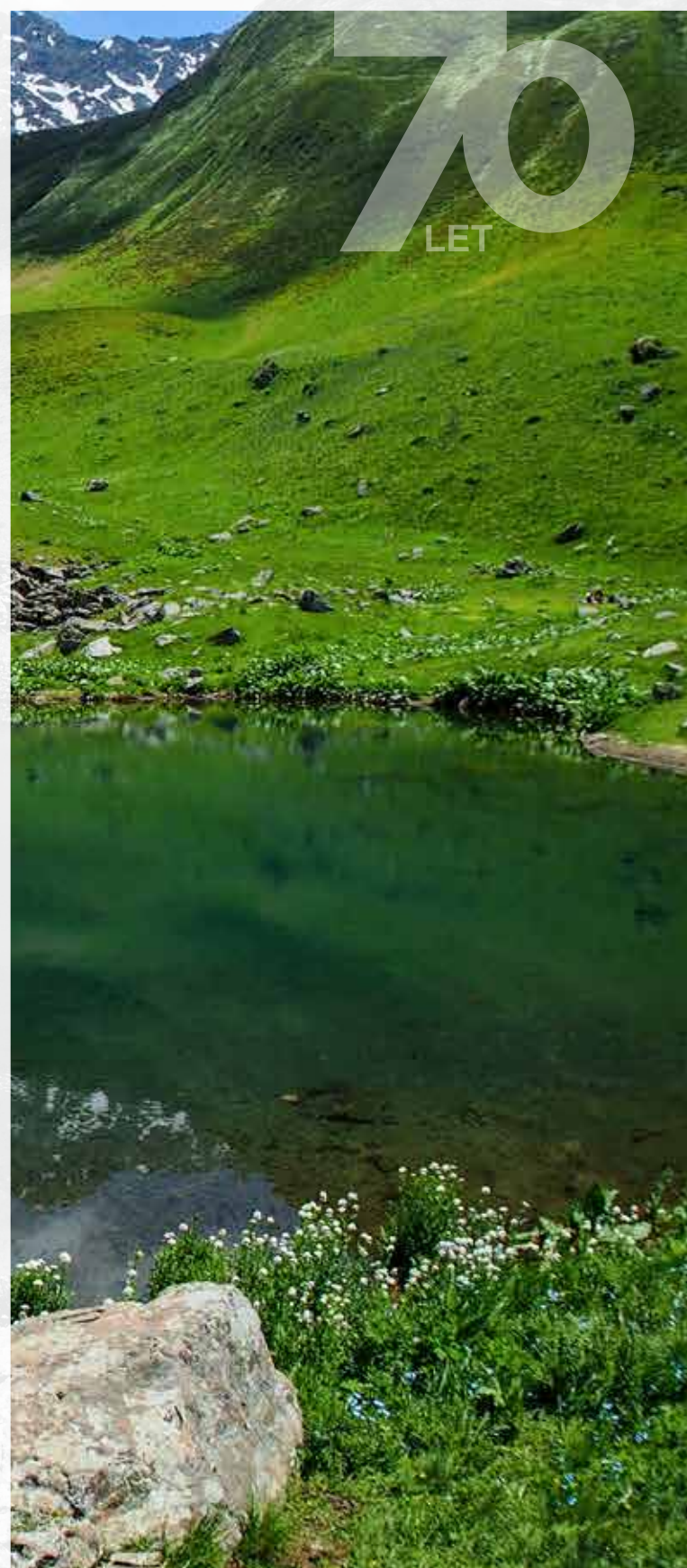


Na Zavodu za gradbeništvo pripravljamo na področju radona systemske in delne ukrepe za odpravo tega problema v bivalnem okolju. Pomembno je vedeti, da čeprav obstajajo z radonom bolj in manj obremenjena področja, na osnovi lokacije stavbe še ni mogoče napovedati, ali se bodo v njej pojavile težave s tem plinom. Problem radona se pojavlja tudi pri novogradnjah, vendar je bolj izražen pri starejših stavbah. Na zavodu se ukvarjamo tudi s sanacijami stavb s problemom radona in z načrtovanjem zaščite pri novogradnjah. Sodelujemo z Zavodom za varstvo pri delu Ljubljana, z Institutom „Jožef Stefan“ pa opravljamo merjenja koncentracije radona in predlagamo rešitve na podlagi dolgoročnih merjenj, starosti stavb in bivalnih navad. Aktivni smo tudi pri pripravi mednarodnih podlag za izvajanje sanacij v stavbah.

► Zemljine (remediacija)

Remediacija je kompleksen postopek oziroma proces izboljšanja ekološkega stanja degradiranih tal. V Evropski uniji je evidentiranih 345.000 degradiranih območij, na katerih so tla onesnažena s potencialno strupenimi elementi in snovmi. Onesnažila iz tal po različnih poteh prenosa dosežejo prejemnike, torej živa bitja, in povzročajo negativne učinke na zdravje. Tveganja, povezana z onesnaženjem tal, je treba izničiti z uporabo trajnih, okoljsko in ekonomsko sprejemljivih metod remediacije.

Na našem zavodu izvajamo raziskave za remediacijo onesnaženih zemljin z degradiranih območij z imobilizacijo. S tem postopkom iz onesnažene zemljine z dodatkom naravnih (glina, zeoliti), umetnih (cement, apno) ali recikliranih materialov (pepeli, žindre) pridobimo inerten gradbeni proizvod, s katerim revitaliziramo degradirano območje.





Kdo smo in kaj počnemo

Laboratorij za kamen, agregat in reciklirane materiale

Laboratorij za kamen, agregat in reciklirane materiale je nastal z namenom, zagotoviti komplementarnost dobrih praks, izkušenj in inženirskega znanja na področju preiskav teh materialov. Danes to nadgrajujemo z raziskovalnim delom, zlasti na tistih področjih, ki so aktualna z vidika okolja, krožnega gospodarstva in trajnostnega gradbeništva. V laboratoriju je trenutno 22 zaposlenih. Jedro laboratorija je interdisciplinarna ekipa s področja geologije, gradbeništva, okolja in kemije.



Dejavnosti:

- preiskave naravnih geoloških materialov (agregat, kamen in drugi anorganski materiali) za uporabo v gradbeništvu
- preiskave umetnih materialov (aglomerirani kamen) in materialov iz recikliranih odpadkov (reciklirani in umetni agregat, geotehnični kompoziti) za uporabo v gradbeništvu
- sanacija degradiranih območij z recikliranimi materiali in remediacija onesnaženih zemljin
- izvajanje analiz za industrijo v okviru razvoja in kontrole kakovosti (SEM/EDS, poroznost, 3D analize z mikrotomografom)
- pregledi stavb na prisotnost azbesta
- presoja okoljskih vplivov recikliranih materialov z uporabo analize življenjskega cikla (metoda LCA)
- strokovne ocene, mnenja, nadzori, pregledi in svetovanja

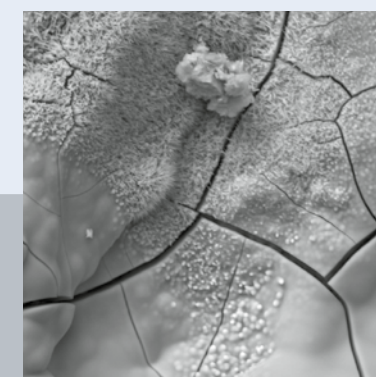
Raziskave in razvoj:

- metode in tehnologije za remediacijo zemljin in vode
- kaskadno recikiranje z ekstrakcijo kritičnih surovin
- implementacija recikliranih odpadkov v gradbene proizvode in objekte
- razvoj krožnih modelov in poslovnih sistemov
- analize v življenjskem krogu (LCA, LCC in S-LCA)
- digitalizacija gradnje (BIM) in sledenje tokov od nastanka odpadka do vgradnje
- mikrotomografija materialov in 3D slikovna analiza
- raziskave materialov in ohranjanje kulturne in industrijske dediščine

Pomembnejša oprema:

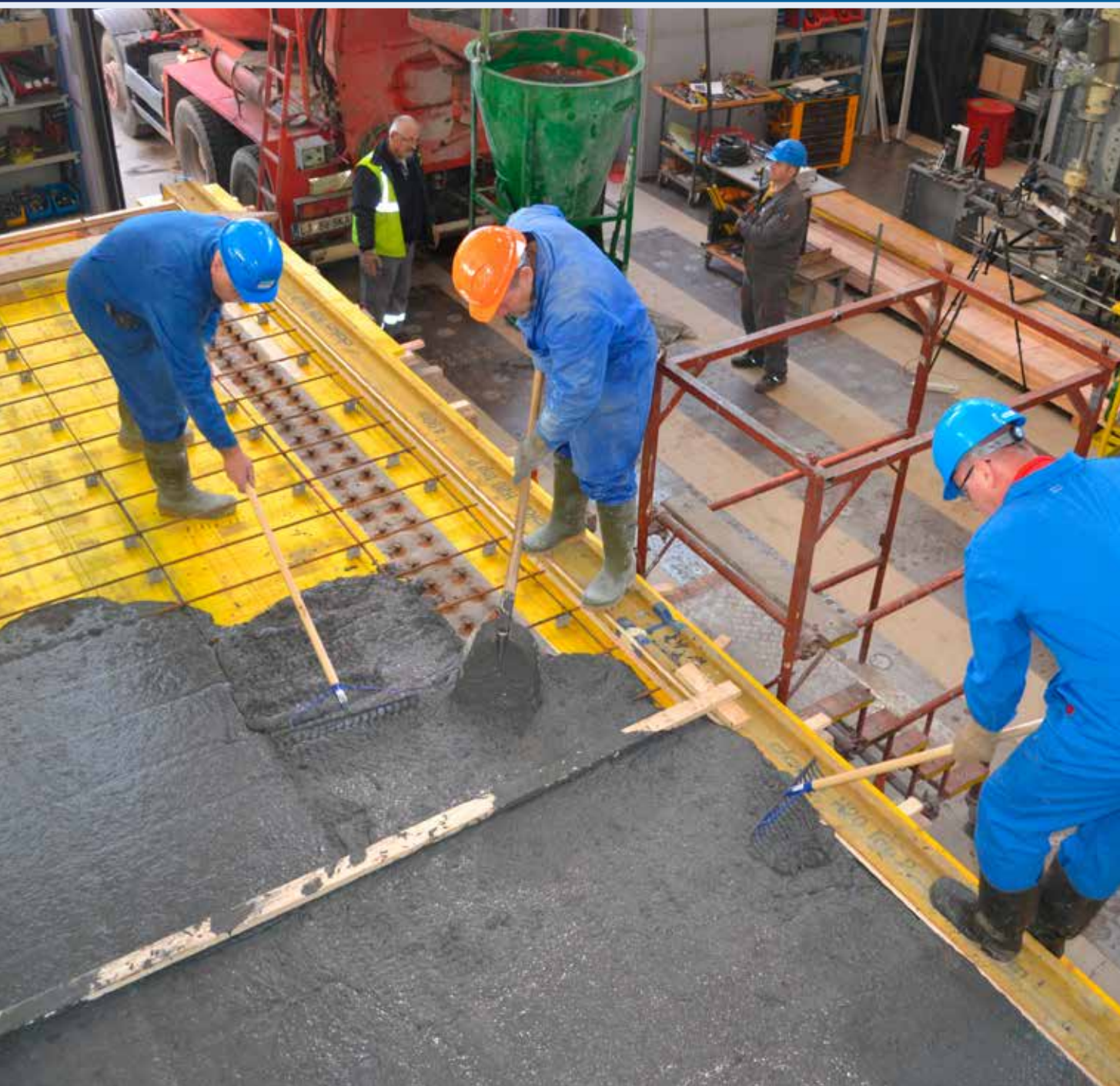
- sistem za mikrotomografijo MicroXCT400 z okoljsko komoro
- rentgenski difrakcijski analizator (XRD), proizvajalec Empyrean (PANalytical, Nizozemska)
- sistem za mikroskopijo
- komore za simulacijo vplivov okolja
- sistem za merjenje poroznosti in velikosti delcev
- oprema za nedestruktivno preskušanje
- programska oprema za okoljsko vrednotenje

Vodja laboratorija: doc. dr. Ana Mladenović, univ. dipl. inž. geol. • e-pošta: kamen@zag.si



Laboratorij za beton

Laboratorij za beton je sodobno opremljen laboratorij za preiskave, raziskave in razvoj na področju betona in betonske tehnologije. Laboratorij nudi tehnično in strokovno podporo proizvajalcem in uporabnikom, ki se soočajo s problemi ali vprašanji v zvezi z betoni, njihovo pripravo, vgrajevanjem in dokazovanjem kakovosti.



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

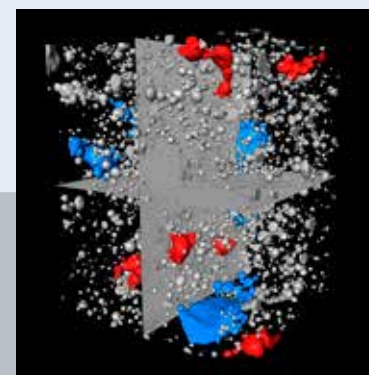
Raziskave in razvoj:

- raziskave s področja posebnih betonov in drugih cementnih kompozitov (samozgoščevalni, mikroarmirani, visokovredni, drenažni betoni)
- implementacija recikliranih odpadkov v betone
- raziskave naprednih betonov in malt za hitro, trajno in trajnostno obnovo in zaščito armiranobetonskih konstrukcij

Pomembnejša oprema:

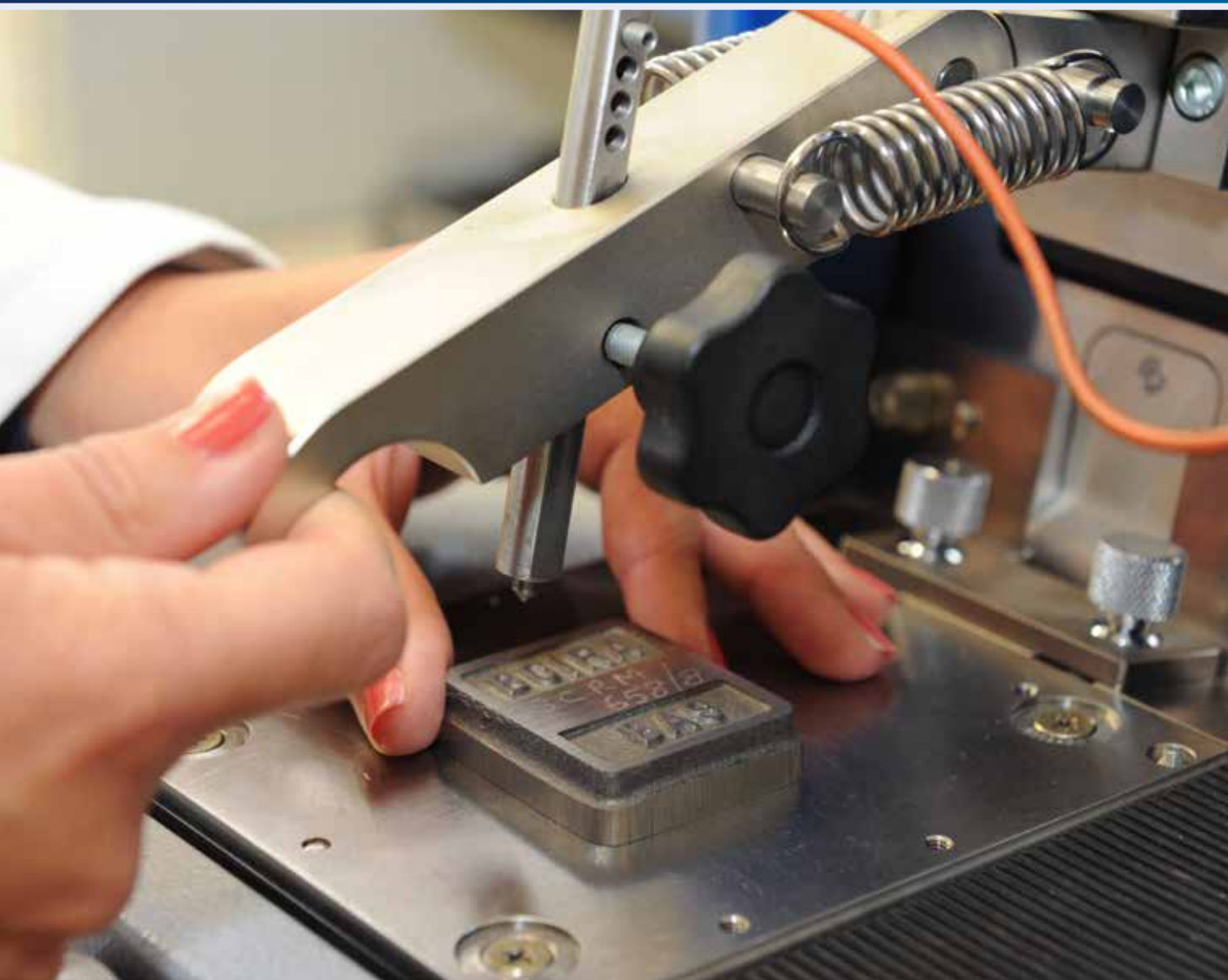
- oprema za merjenje zrakoprepustnosti betona (Torrent)
- oprema za merjenje razporeditve por v svežem betonu Air Void Analyser AVA 3000
- konfokalno-metalografski mikroskop za ugotavljanje velikostne razporeditve značilnosti por v strjenem betonu (po SIST EN 480-11)
- reometer za merjenje reoloških lastnosti samozgoščevalnega (SCC) betona
- komora s CO₂ za pospešeno določanje odpornosti betona na karbonatizacijo
- oprema za merjenje avtogenega krčenja
- sistem za spremljanje akustične emisije Physical Acoustic
- oprema za preskušanje lastnosti SCC betonov
- izotermni kalorimeter za merjenje hidratacijske toplote betonov

Vodja laboratorija: dr. Aljoša Šajna, univ. dipl. inž. grad. • e-pošta: aljosa.sajna@zag.si



Laboratorij za kovine, korozijo in protikorozijsko zaščito

V Laboratoriju za kovine, korozijo in protikorozijsko zaščito povezujemo strokovno odličnost ter sledimo novostim na razvojnem in raziskovalnem področju z uporabo vrhunske raziskovalne opreme. Nudimo tehnično in strokovno podporo na področju kovin, korozije in njihove zaščite. Sodelujemo z industrijo, podjetji in posamezniki, ki se soočajo s problemi ali vprašanji v zvezi s kovinami. V laboratoriju združujemo raziskovalce in strokovnjake z različnih področij (metalurgija, kemija, strojništvo, fizika, gradbeništvo), ki so vključeni v številne domače in mednarodne raziskovalne projekte, strokovna združenja in delovne skupine.



Dejavnosti:

- preiskave in preskušanje kovinskih materialov, proizvodov in sistemov
- preiskave in preskušanje protikorozijskih zaščitnih nekovinskih in kovinskih prevlek
- neporušne preiskave napak in poškodb kovinskih elementov, zvarov in drugih spojev
- ocene, mnenja, ekspertize, pregledi in nadzori
- svetovanje s področja korozije in protikorozijske zaščite
- izobraževanje

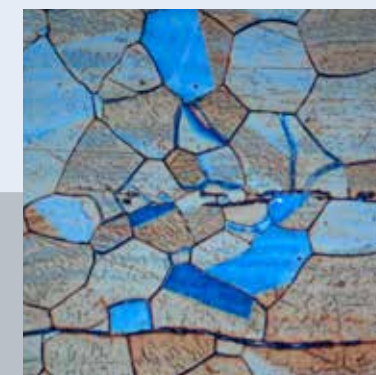
Raziskave in razvoj:

- razvoj senzorjev za spremljanje korozije na različnih področjih uporabe: jeklo v betonu, avtomobilska industrija, ekstremne razmere pri hidrometalurški predelavi kovin
- spremljanje korozijskih procesov v različnih okoljih
- korozija vodovodnih instalacij
- mehanizmi procesov napetostnega korozijskega pokanja in mehanizmi repasivacije različnih kovinskih materialov
- korozija in tribokorozija biomaterialov, izdelanih s tradicionalnimi in naprednimi tehnologijami
- študij korozije in zaščite objektov kulturne dediščine
- degradacija materialov pri odlaganju srednje in nizko radioaktivnih odpadkov

Pomembnejša oprema:

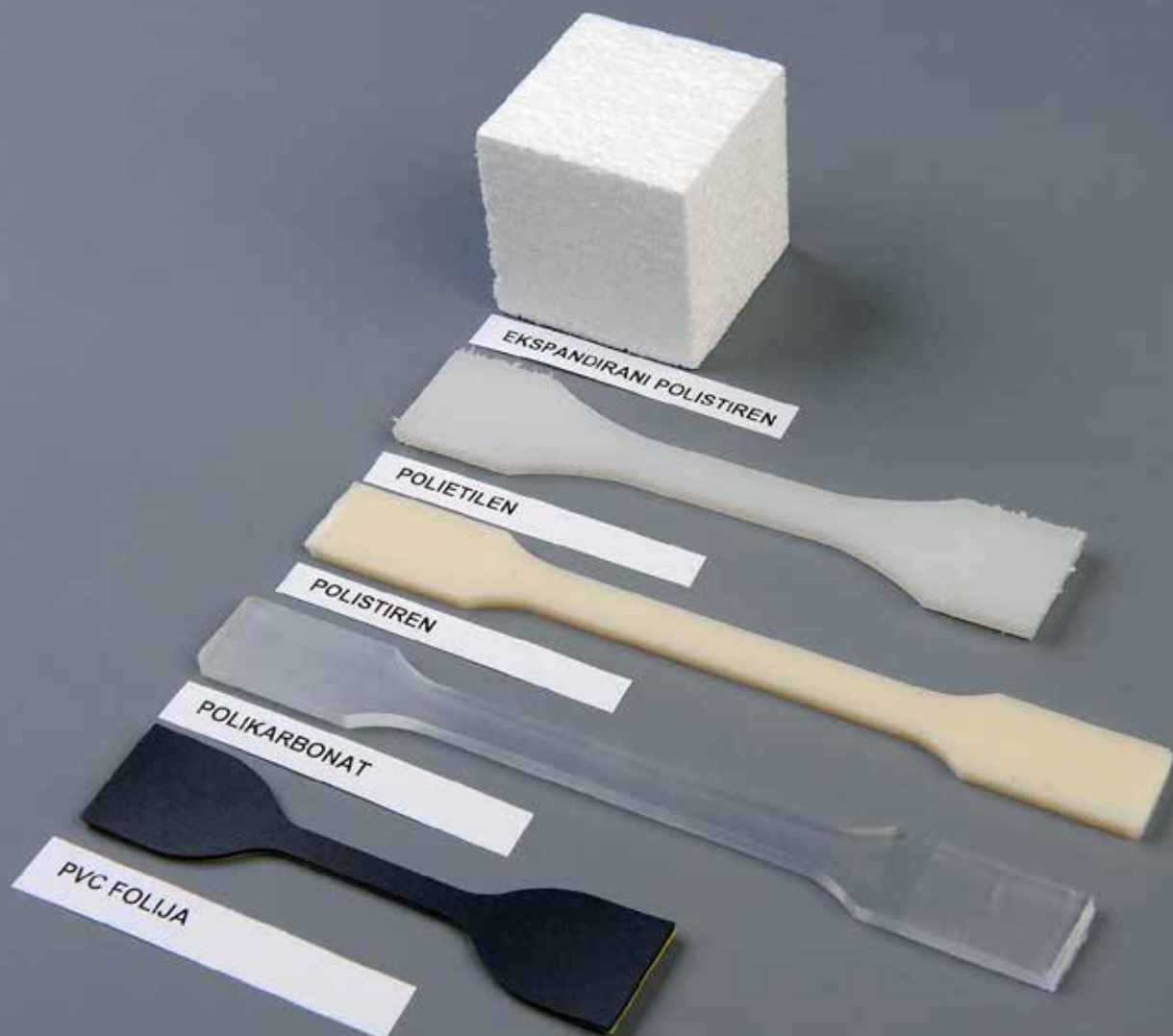
- rentgenski računalniški mikrotomograf MicroXCT-400, proizvajalec Xradia (ZDA)
- rentgenski difrakcijski analizator (XRD), proizvajalec Empryan (PANalytical, Nizozemska)
- SSRT avtoklav za statične in dinamične obremenitvene teste pri povišanem tlaku in temperaturi, proizvajalec Cormet (Finska)
- tribokorozimeter »Pin on Disc and Oscillating TRIBOtester«, proizvajalec TRIBOtechnic (Francija)
- optični emisijski spektrometer (OES) SpectroMAXx za kemijsko analizo kovin, proizvajalec SPECTRO Analytical Instruments (Nemčija)
- univerzalni preskuševalni stroj Zwick Z2500Y z nominalno silo 2500 kN, proizvajalec ZwickRoell (Nemčija)
- vrstična elektronska mikroskopa (SEM) 5500LV in JSM-IT500LV z možnostjo analize v nizkem vakuumu (proizvajalec JEOL, Japonska), z EDS analizatorjem OXFORD Instruments (Velika Britanija)
- ramanski spektrometer LabRAM HR800, proizvajalec Horiba Jobin Yvon (Francija)

Vodja laboratorija: dr. Tadeja Kosec, univ. dipl. kem. • e-pošta: kovine@zag.si



Laboratorij za polimere

Laboratorij združuje strokovnjake in raziskovalce s področja polimerov in funkcionalnih materialov v gradbeništvu. Pri svojem delu preskušamo, raziskujemo in razvijamo napredne materiale in izdelke ter polimerne kompozite. Sodelujemo s slovensko industrijo in posamezniki, ki se soočajo s težavami ali vprašanji v zvezi s polimernimi izdelki. Veliko skrb posvečamo sodobnim trendom na področju gradbeništvu in pozorno spremljamo razvoj naprednih gradbenih materialov. Pri delu uporabljamo sodobno opremo, s pomočjo katere smo zmožni izvesti najširši spekter različnih raziskav in preiskav.



Dejavnosti:

- preskušanje polimernih izdelkov, kot so: cevi, geotekstilije, tesnilne mase, guma, lepila, folije, premazi, barve itd.
- ugotavljanje lastnosti fasadnih sistemov in njihovih komponent: izolacijskih materialov, ometov, ojačitvenih mrežic in zaključnih slojev
- določanje svetlobnih lastnosti cestnih znakov, folij, odsevnikov
- nadzor kakovosti in vgradnje polimernih gradbenih materialov
- izvedenske ocene, mnenja in študije o lastnostih polimernih materialov

Raziskave in razvoj:

- raziskave in razvoj funkcionalnih materialov za uporabo v gradbeništvu
- mezoporozni materiali za uporabo v senzoriki in selektivni fotokatalizi
- fotokatalitski materiali za pridobivanje energentov iz sončne svetlobe, čiščenje vode in zraka ter za samočistilne površine
- modifikacija lesa za požarno zaščito in zaščito pred zunanji dejavniki
- novi materiali in postopki za zaščito in utrjevanje spomenikov kulturne dediščine
- kompoziti na osnovi obnovljivih in okolju prijaznih vlaken (celulozna, bazaltna vlakna)
- razvoj novih metod za ocenjevanje lastnosti materialov in spremljanje fizikalnih in kemijskih procesov
- materiali in postopki za povečanje zdravega bivanjskega okolja

Pomembnejša oprema:

- univerzalna trgalna stroja ZWICK Z030 in ZWICK Z100
- dinamični mehanski analizator DMA/SDTA 1+, Mettler Toledo
- retroreflektometra Zehtner ZRM 6014 in ZRS 6060 in spektrofotometer Konica Minolta CM-2500c
- oprema za termično analizo TG/DTA STA 409 Luxx
- komore za pospešeno staranje (Q-SUN XE-3 in Q-UV proizvajalca Q-Lab; temperaturno-vlažnostna komora KK-340 CHLT, Kambič)
- plinski kromatograf z masno spektroskopijo GC/MS 7890B, Agilent
- naprava za meritev velikosti delcev in zeta potenciala NanoBrook Omni (Brookhaven)
- vrstični elektronski mikroskopi SEM in FE-SEM (Jeol JSM LV5500, Jeol JSM-IT500LV, Zeiss ULTRA PLUS) z EDS analizatorji OXFORD
- sistem za mikrotomografijo MicroXCT400 z okoljsko komoro

Vodja laboratorija: doc. dr. Andrijana Sever Škapin, univ. dipl. inž. • e-pošta: polimeri@zag.si



Laboratorij za cemente, malte in keramiko

V Laboratoriju 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 ter s predstavniki inštitutov in fakultet, ki delujejo na našem področju. Laboratorij združuje strokovnjake in raziskovalce z različnih komplementarnih področij (kemija, gradbeništvo, geologija). Aktivno se vključujemo v nacionalne in evropske projekte in združenja, kot so RILEM, COST, Nanocem ... Rezultate dela predstavljamo na domačih in tujih konferencah ter v znanstvenih publikacijah in monografijah.



Dejavnosti:

- preiskave mineralnih veziv, mineralnih dodatkov, malt, kemijskih dodatkov za beton, cementnih lepil in injekcijskih mas
- preiskave keramičnih ploščic in 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:

- nizkoogljični cementi in procesi hidratacije
- alkalijsko aktivirani materiali
- kemijska odpornost mineralnih gradbenih materialov na agresivne medije
- uporabnost sekundarnih surovin v industriji gradbenih materialov (predvsem v maltah in opekarški industriji)

Pomembnejša oprema:

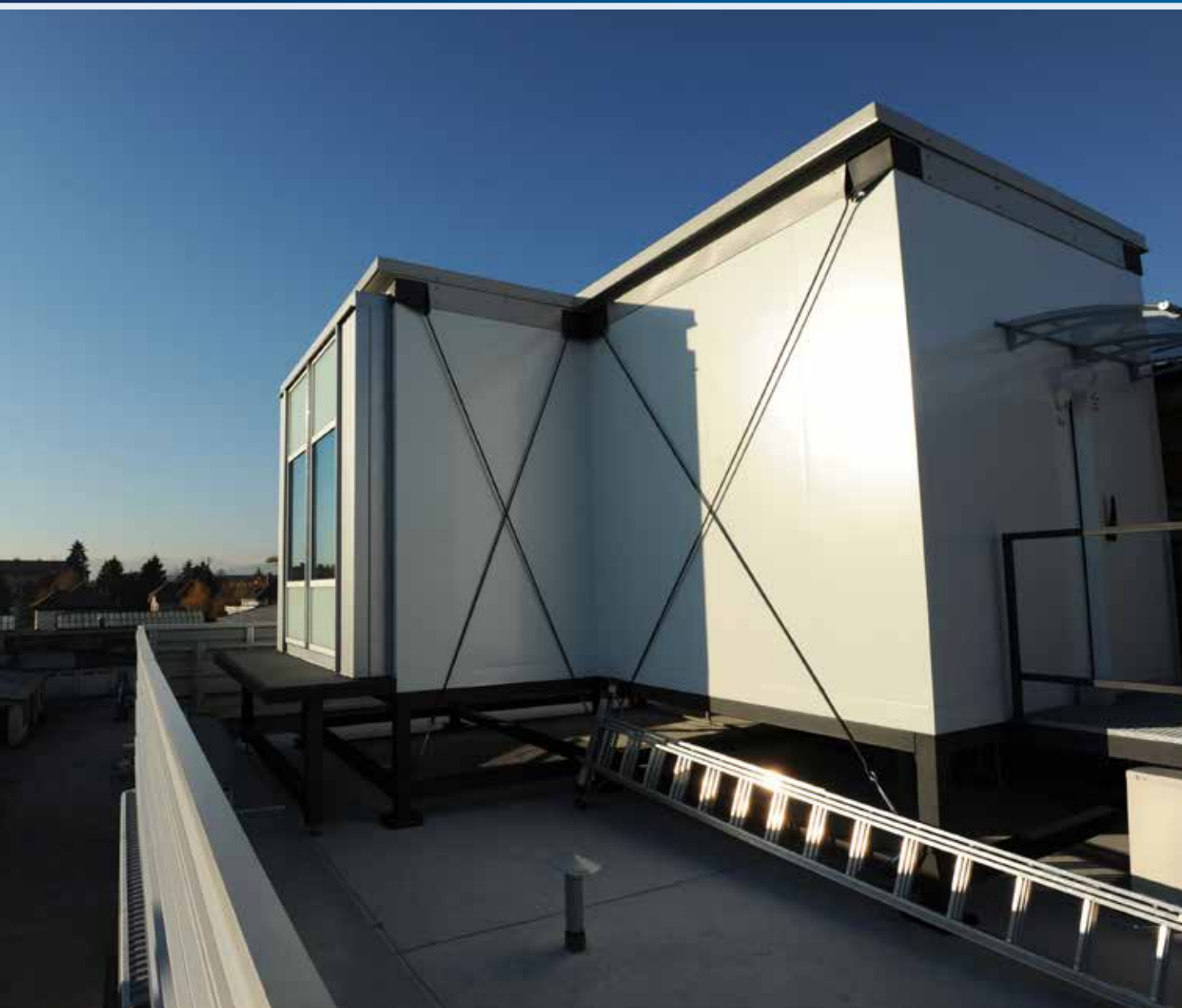
- rentgenski fluorescenčni spektroskop WD XRF ARL PERFORM X
- izotermna kalorimetra TAM Air 3 in TAM Air 8, TA Instruments
- plinski adsorber ASAP 2020, Micromeritics
- porozimeter Hg AutoPore IV 9510, Micromeritics
- rentgenski difraktometer XRD PANalytical Empyrean
- sistem za mikrotomografijo XRadia Micro-XCT-400
- vrstični elektronski mikroskop JEOL 5500 LV z EDS analizatorjem OXFORD
- vrstični elektronski mikroskop JEOL JSM IT500 z EDS analizatorjem Oxford instruments
- konfokalno-metalografski mikroskop Carl Zeiss Axio

Vodja laboratorija: dr. Vilma Ducman, univ. dipl. inž. kem. inž. • e-pošta: veziva@zag.si



Laboratorij za toplotno zaščito in akustiko

Raziskovalci in strokovnjaki Laboratorija za toplotno zaščito in akustiko združujemo znanje s področja toplote, vlage in zvoka v gradbeni fiziki, učinkovite rabe energije in obnovljivih virov energije v gradbeništvu ter analiz življenjskega cikla gradbenih proizvodov, vplivov gradbenih proizvodov na okolje in trajnostnega vrednotenja stavb. Aktivni smo v nacionalnih in mednarodnih raziskovalnih projektih ter nudimo široko strokovno-tehnično podporo v procesu gradnje in pri izpolnjevanju zakonodajnih zahtev v gradbeni industriji.



Dejavnosti:

- preiskave, meritve in preskušanja gradbeno-fizikalnih lastnosti gradbenih proizvodov
- numerični izračuni prenosa toplote, prenosa vode in difuzije vodne pare v gradbenih elementih ter numerični energijski izračuni stavb
- numerični izračuni širjenja zvoka v stavbah in okolju
- terenske gradbeno-fizikalne meritve in meritve parametrov v stavbah
- ocene, mnenja, ekspertize s področja gradbene fizike
- analize gradbenih proizvodov in stavb v življenjskem ciklu
- trajnostno vrednotenje stavb
- izobraževanja

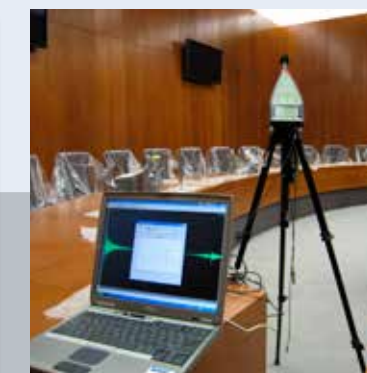
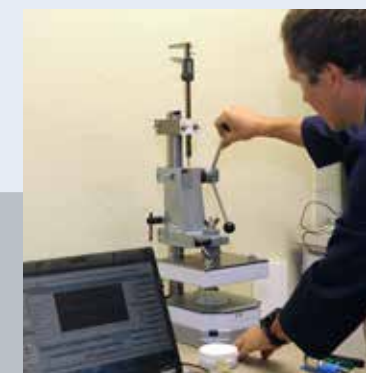
Raziskave in razvoj:

- obnovljivi materiali v gradbeništvu
- emisije zvoka gradbenih in strojnih elementov
- vpliv gradbenih materialov in proizvodov na zdravo bivanje
- gradbeni materiali in proizvodi v povezavi s trajnostjo in energetske učinkovitostjo stavb
- multifunkcionalni elementi stavbnega ovoja
- koncepti za energijske preнове stavb z vključevanjem obnovljivih virov energije
- trajnostne analize življenjskega cikla proizvodov in procesov
- trajnostno vrednotenje stavb

Pomembnejša oprema:

- komora za merjenje toplotnih lastnosti gradbenih elementov v dinamičnih razmerah
- higrotermalna komora za preskušanje gradbeno-fizikalnih lastnosti fasadnih komponent
- kalorimetrična komora z moduli umetnega sonca za merjenje toplotnih lastnosti gradbenih elementov
- naprava za preskušanje stavbnega pohištva Holten
- top za preskušanje gradbenih elementov na odpornost proti toči
- normirani laboratorijski prostori za merjenje zvočne izolirnosti in absorpcije zvoka materialov in konstrukcij
- merilne verige za merjenje zvočne izolirnosti, absorpcije zvoka, hrupa v okolju in stavbah, emisij hrupa cestnega in železniškega prometa ter za terensko merjenje akustičnih lastnosti protihrupnih ograj
- numerični paketi TRNSYS, GaBi, Delphin, PHYSIBEL, WinISO, Predictor-LimA, ACOUBAT Sound, ACOUSYS, DIRAC

Vodja laboratorija: dr. Sabina Jordan, univ. dipl. inž. arh. • e-pošta: toplota@zag.si



Požarni laboratorij in požarno inženirstvo

Preskušanje požarnih lastnosti proizvodov in konstrukcij za gradbeništvo in ladjedelništvo izvajamo že več kot 50 let. Izvajamo standardna in nestandardna raziskovalno-razvojna preskušanja s področja požara. Delujemo tudi na področju ocenjevanja okoljskega in stroškovnega življenjskega cikla proizvodov, in to tako v okviru izdaje okoljskih deklaracij (EPD) kot tudi na raziskovalnem področju. Aktivno sodelujemo v evropskem združenju požarnih laboratorijev EGOLF in drugih mednarodnih organih, kot sta EOTA in CEN. Izdelujemo tudi analize pogorišč in študije požarne varnosti v stavbah.



Dejavnosti:

- preskušanje požarnih lastnosti različnih proizvodov za gradbeništvo in ladjedelništvo
- izvajanje modificiranih, nestandardnih ciljnih preskušanj za slovensko in evropsko industrijo
- izdelava strokovnih mnenj o požarnih lastnostih različnih proizvodov, požarnovarnostnih problemih in vzrokih za nastanek in razširitev požara ter pregled in ocena konstrukcij, poškodovanih v požaru
- preskušanje na področju toksičnosti in ekotoksičnosti dimnih plinov
- izdelava okoljskih (LCA) in stroškovnih (LCC) analiz
- izdelava smernic in pilotnih sistemov za sanacije stavb s povišano koncentracijo radona v zraku

Raziskave in razvoj:

- raziskave obnašanja lesa in lesnopolimernih kompozitov v požaru glede na začetne faze požara (odziv na ogenj)
- visokotrdni betoni (UHPFRC) v požaru
- raziskave na področju povečane požarne nevarnosti, gradbenih materialov, proizvodov in konstrukcij iz lesa in drugih naravnih materialov
- raziskave s področja vpliva dimnih plinov na ljudi in okolje
- sistemi za gradnjo hiše s pomočjo opaža iz toplotnoizolativnih oblikovnikov iz ekspandiranega grafitnega polistirena
- vrednotenje življenjskega cikla proizvodov iz recikliranih in drugih materialov
- razvoj smernic za sanacijo stavb pred škodljivimi vplivi radona na slovenski in mednarodni ravni

Pomembnejša oprema:

- konusni kalorimeter z dodatkom za sežig v nadzorovani atmosferi
- FTIR analizator plinov za merjenje toksičnosti dimnih plinov
- merilni sistem za izvajanje fasadnih in drugih požarnih eksperimentov v naravnem merilu z merjenjem temperatur, toplotnega sevanja, tlakov, hitrosti zraka
- dimna komora s priključitvijo na FTIR za določanje toksičnosti materialov za tirna vozila in ladijsko opremo
- naprave za preskušanje odziva gradbenih materialov na ogenj (SBI, negorljivost, izoperibolični bombni kalorimeter, majhen plamen, talne obloge)
- vertikalna peč 3 m × 3 m in horizontalna peč 4 m × 3 m za preskušanje požarne odpornosti

Vodja laboratorija: Friderik Knez, univ. dipl. fiz. • e-pošta: pozarni.laboratorij@zag.si



Odsek za stavbe in potresno inženirstvo

V Odseku za stavbe in potresno inženirstvo smo zaposleni 4 strokovnjaki za široko področje stavb in njihovih nosilnih konstrukcij. Na tem področju opravljamo najzahtevnejše ekspertize, ocene stanja in nosilnosti konstrukcij ter terenske in laboratorijske preiskave, sodelujemo pa tudi pri pripravi tehničnih soglasij. V okviru dolgoletnega priznanega in uspešnega raziskovalnega dela sodelujemo z raziskovalci doma in v tujini, industriji nudimo podporo pri razvoju in smo aktivni v strokovnih organizacijah.



Dejavnosti:

- pregledi stanja obstoječih gradbenih konstrukcij
- laboratorijske in terenske preiskave konstrukcijskih elementov, sklopov in konstrukcij
- računske analize in ocene potresne ogroženosti
- obremenilni preskusi različnih gradbenih konstrukcij
- geodetska in druga tehnična opazovanja
- sodelovanje pri pripravi standardov in tehničnih ocen in pri potrjevanju skladnosti
- ekspertne storitve in izvedenska mnenja

Raziskave in razvoj:

- obnašanje stavb in inženirskih gradbenih objektov pri potresni obtežbi
- učinkovitost sistemov za protipotresno utrjevanje gradbenih konstrukcij
- potresna odpornost novih konstrukcijskih elementov in sistemov
- eksperimentalne in analitične metode

Pomembnejša oprema:

- enokomponentna potresna miza 1,97 m × 3,20 m (koristna masa do največ 5000 kg, pospešek do največ 5 g)
- dvosmerni programski hidravlični bati zmogljivosti od 40 kN do 1000 kN s hodom do 1000 mm
- merilniki in sistemi za zajemanje podatkov
- optični sistem za merjenje pomikov in deformacij
- preskuševalna oprema za porušne in polporušne preiskave in situ
- vrtljiv zgoščevanik (Gyratory compactor)

Vodja odseka: mag. Marjana Lutman, univ. dipl. inž. grad. • e-pošta: marjana.lutman@zag.si



Odsek za mostove in inženirske objekte

V našem odseku izvajamo tehnično in strokovno podporo na področju premostitvenih in drugih inženirskih objektov. Opravljamo različne laboratorijske in terenske preiskave ter meritve in analize, povezane z varnostjo in trajnostjo inženirskih objektov. Razvijamo sistem za tehtanje vozil med vožnjo na mostovih in sodelujemo z različnimi upravljavci infrastrukture. Intenzivno smo vpeti tudi v mednarodno sodelovanje.



Dejavnosti:

- ničelni, redni, glavni in detajlni pregledi mostov ter preiskave ležišč in dilatacij
- statične in dinamične laboratorijske preiskave posameznih elementov mostnih konstrukcij pri kratkotrajnih in dolgotrajnih obremenitvah
- terenske preiskave, vključno z obremenilnimi preskušnjami mostov in drugih inženirskih konstrukcij
- meritve vibracij na stanovanjskih, industrijskih in infrastrukturnih objektih
- numerično modeliranje in analiza varnosti obstoječih premostitvenih objektov za različne vrste spremenljivih (promet) in neugodnih obremenitev (potres, erozija)
- analize in modeliranje realnih prometnih obremenitev za ocenjevanje varnosti obstoječih mostov
- načrtovanje in vzpostavljanje monitoringa sistemov ter uvajanje metod za ugotavljanje stanja premostitvenih objektov

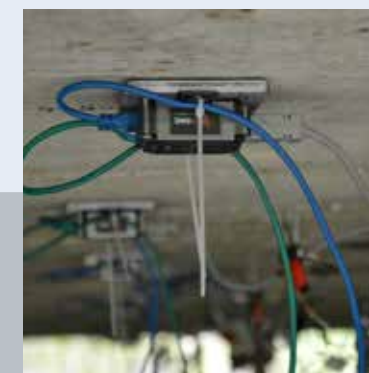
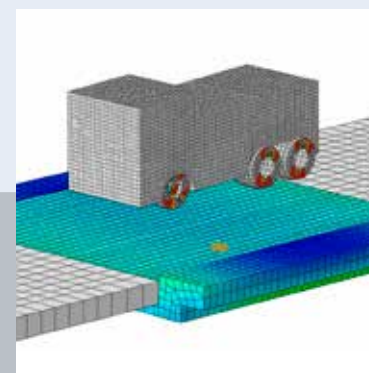
Raziskave in razvoj:

- razvoj novih metod in postopkov na področju varnosti in trajnosti mostnih konstrukcij in tehtanja vozil med vožnjo
- razvoj aplikacij za pregledovanje premostitvenih objektov in programske opreme za tehtanje vozil med vožnjo
- modeliranje prometnih obremenitev, ocena stanja mostnih konstrukcij
- aktivno sodelovanje v domačih in tujih raziskovalnih in aplikativnih projektih
- sodelovanje z domačimi in tujimi univerzami in inštituti

Pomembnejša oprema:

- sistem za meritve odziva premostitvenih objektov pri prometnih obremenitvah
- sistem za meritve vibracij z merilniki hitrosti in pospeškov
- programska oprema za analizo konstrukcij
- programska oprema za analizo obnašanja mostov v povezavi z mostnim tehtanjem vozil med vožnjo

Vodja odseka: dr. Andrej Anžlin, univ. dipl. inž. gradb. • e-pošta: mostovi@zag.si



Odsek za kovinske in polimerne konstrukcije

V odseku smo združeni raziskovalci in strokovnjaki z dolgoletnimi izkušnjami na različnih področjih gradbeništva in strojništva. Sodelujemo z industrijo in podjetji, ki se soočajo s problemi oziroma dilemami na strokovnih področjih delovanja odseka. Na področju nestandardnih preiskav razvijamo in uvajamo nove metode preskušanj.



Dejavnosti:

- terenske meritve, pregledovanje in ocenjevanje stanja gradbenih konstrukcij in konstrukcijskih elementov in situ (jekleni mostovi, drogovi, daljnovodi ipd.)
- svetovanje, usmerjanje pri izvedbi, obdelava in analiza rezultatov različnih laboratorijskih preskušanj, preiskav in meritev konstrukcijskih sklopov, elementov in gradbenih proizvodov
- zunanja kontrola kakovosti izvedbe jeklenih konstrukcij in geotehničnih sider na infrastrukturnih objektih (avtocestah, cestah, železnicah, hidroelektrarnah ipd.)
- priprava strokovnih ocen, mnenj in ekspertiz na osnovi izvedenih pregledov, nadzorov in/ali predložene dokumentacije
- strokovno-tehnični pregledi žičniških naprav
- izvajanje magnetnoinduktivnih pregledov jeklenih vrvi na žičniških in rudniških napravah
- tehnična in strokovna podpora pri uvajanju novih tehnologij in regulative na področju kovinskih in polimernih konstrukcij ter gradbenih proizvodov

Raziskave in razvoj:

- nove metode in tehnologije preskušanj kovinskih in polimernih konstrukcij z vidika njihovega obnašanja pri statičnih in dinamičnih obremenitvah
- preskušanje nosilnosti in ocenjevanje stanja prednapetih in pasivnih geotehničnih sider
- ocenjevanje, opazovanje, saniranje in ojačevanje obstoječih konstrukcij

Pomembnejša oprema:

- magnetnoinduktivna naprava za pregledovanje jeklenih vrvi (AMC ROPE22AX in AMC ROPE 60AX z enoto za zajemanje podatkov AMC IASH) proizvajalca NDT Technologies
- vrvi tenzometer za meritve nateznih sil v obremenjenih jeklenih vrveh proizvajalca Sensy
- komplet za izvedbo izvlečnih preskusov paličnih geotehničnih sider

Vodja odseka: dr. Iztok Klemenc, univ. dipl. inž. grad. • e-pošta: SM630@zag.si



Odsek za lesene konstrukcije

V Odseku za lesene konstrukcije opravljamo raziskovalno delo ter sodelujemo z domačo in tujo industrijo oziroma s podjetji na področjih razvoja in preskušanja proizvodov na osnovi lesa. Kot eksperti sodelujemo pri postopkih priprave tehničnih ocen ter soglasij in certificiranju. Sodelujemo v raziskovalnih projektih in uvajamo nove metode preskušanja.



Dejavnosti:

- tehnična in strokovna podpora pri uvajanju novih tehnologij in uveljavljanju regulative na področju lesenih konstrukcij
- pregledovanje in ocenjevanje stanja lesenih gradbenih konstrukcij in konstrukcijskih elementov in situ
- različna laboratorijska preskušanja, preiskave in meritve konstrukcijskih sklopov, elementov in gradbenih proizvodov na osnovi lesa
- ocene, mnenja, ekspertize, pregledi in nadzori, izvajanje kontrole kakovosti
- izobraževanja

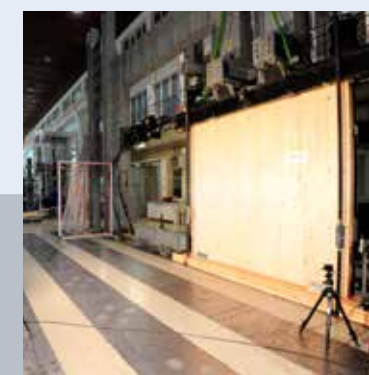
Raziskave in razvoj:

- razvrščanje lesenih konstrukcijskih elementov po trdnosti
- (nedestruktivne) metode pregledovanja in ocenjevanja stanja lesenih konstrukcij
- inovativne konstrukcije iz materialov na osnovi lesa
- razvoj inovativnih stikov v lesenih konstrukcijah
- uporaba odpadnega materiala na osnovi lesa kot surovine za nove proizvode
- izboljšanje mehanskih, fizikalnih in trajnostnih lastnosti lesa

Pomembnejša oprema:

- naprava za strojno razvrščanje lesa (Brookhuis Timber Grader MTG)
- naprava za ugotavljanje odpornosti pri vrtanju (IML Resi PowerDrill)

Vodja odseka: dr. Tomaž Pazlar, univ. dipl. inž. gradb. • e-pošta: lesene.konstrukcije@zag.si



Laboratorij za konstrukcije

Laboratorij za konstrukcije s sodobno preskusno in merilno opremo omogoča postavitev in izvedbo najzahtevnejših mehanskih preskusov konstrukcijskih elementov s statično ali dinamično obremenitvijo. Strokovno in kakovostno izvedbo preskusov zagotavlja interdisciplinarna ekipa s kompetencami z različnih področij. Med dejavnosti laboratorija sodijo tudi pregledi in preskusi konstrukcij na terenu, kjer uporabljamo najsodobnejše neporušne metode.



Dejavnosti:

- izvajanje različnih statičnih in dinamičnih preiskav konstrukcijskih elementov; največja statična obremenitev do 5000 kN, dinamična do 1000 kN s frekvencami do 100 Hz
- terenski pregledi konstrukcij, ki obsegajo geodetsko merjenje pomikov, deformacij, vzorčenje vgrajenih materialov
- neporušne preiskave konstrukcijskih elementov

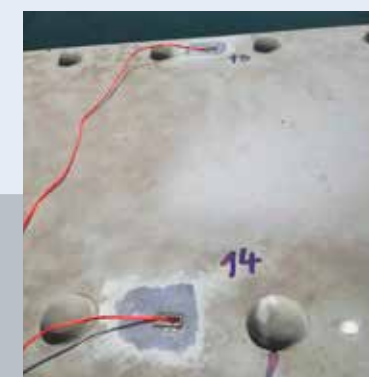
Raziskave in razvoj:

- razvoj merilnih metod na področju preiskav konstrukcijskih elementov
- uvajanje neporušnih metod za zaznavanje stanja konstrukcij
- razvoj optičnih metod za brezkontaktno merjenje pomikov in deformacij

Pomembnejša oprema:

- preskuševalna ploščad 14 m × 26 m nosilnosti 1000 kN/m² z vpenjalnim temeljem 10 m × 10 m, reakcijsko steno 6 m × 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
- univerzalni preskusni stroj ZWICK za statične obremenitve do 2500 kN
- preskusni stroj z možnostjo kombinirane dinamične osno-torzijske obremenitve MTS Bionix
- dva optična merilna sistema za brezkontaktno meritve pomikov in deformacij GOM Aramis, s kamerami 5 M ter hitrimi kamerami Photron
- vrsta neporušnih preiskav; med novejšimi so georadarski merilni sistem, ultrazvok in analiza nihajnih načinov

Vodja laboratorija: Uroš Ristić, mag. inž. grad. • e-pošta: uros.ristic@zag.si



Odsek za geotehniko

S pomočjo sodobne opreme in izkušenih strokovnjakov nudimo tehnično in strokovno podporo na področju zemeljskih del in geotehničnega opazovanja. Naši strokovnjaki izvajajo nacionalne in mednarodne razvojno-raziskovalne projekte in aktivno sodelujejo na domačih in tujih konferencah. Izvajamo celovito kontrolo kakovosti materialov in izvedbe zemeljskih del pri gradnji cestnih in železniških povezav ter zemeljskih pregrad. Opravljamo geomehanske raziskave tal, pri zahtevnejših objektih pa izvajamo tudi statične in dinamične stabilnostne analize geotehničnih objektov.



Dejavnosti:

- geomehanske raziskave tal za objekte visoke in nizke gradnje ter predore
- geomehanske laboratorijske preiskave
- geomehanske terenske preiskave
- zunanja kontrola zemeljskih del in voziščne konstrukcije
- izvajanje tehničnih opazovanj objektov, kot so pregrade, predori, ceste
- izvajanje PIT testov (meritve zveznosti pilotov)
- strokovna analiza stanja cest na podlagi vizualnih pregledov in preiskav voziščne konstrukcije
- raziskave uporabnost recikliranih materialov za geotehnične in voziščne konstrukcije

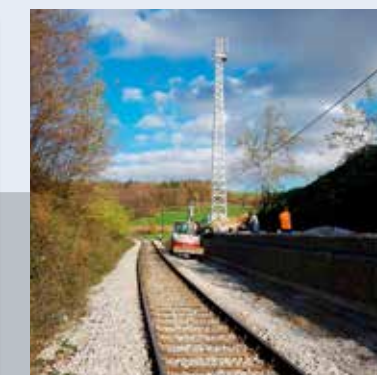
Raziskave in razvoj:

- raziskave dinamičnega obnašanja zemljine ob potresu ali vplivu prometa
- geomehanske raziskave sukcije pri triosni obremenitvi
- geomehanske raziskave strižnih karakteristik razpokanih hribin
- geomehanske raziskave strižnih karakteristik nevezanih materialov
- uvajanje laserskega skeniranja pri študiju hrapavosti razpok
- uporaba geosintetikov v cestni in železniški konstrukciji
- stabilnost cestnih objektov v različnih klimatskih razmerah
- uporaba recikliranih materialov v geotehničnih konstrukcijah

Pomembnejša oprema:

- dinamični torzijski triosni aparat
- Bishop-Wesleyjeva triosna celica z opremo za meritev sukcije, majhnih deformacij in prehoda strižnih valov
- optični skener za meritev hrapavosti razpok (atos)
- velika direktna strižna celica za preskušanje nevezanih plasti in kamnin
- velika triaksialna strižna celica za preiskavo nevezanih materialov
- Hoekova triaksialna celica za preiskavo kamnin
- aparat za določitev vodoprepustnosti geosintetikov
- avtomatični edometer za velike obremenitve

Vodja laboratorija: doc. dr. Karmen Fifer Bizjak, univ. dipl. inž. geol. • e-pošta: karmen.fifer@zag.si



Odsek za vzdrževanje in gospodarjenje s cestami

V odseku nudimo tehnično in strokovno podporo pri vzdrževanju in gospodarjenju z njimi ter z njihovo ravnostjo, tornimi lastnostmi in nosilnostjo. Uporabljamo in integriramo brezkontaktno merske metode na področju prometne infrastrukture in njenega okolja. Ugotavljamo in vrednotimo začetno stanje in geometrijo, spremljamo njune spremembe, 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.



Dejavnosti:

- meritve lastnosti vozni površin in voziščnih konstrukcij: ravnost, odpor proti drsenju, hrapavost, nosilnost
- upravljanje prometne infrastrukture oziroma gospodarjenje z njo, vpliv cestne infrastrukture na okolje, optimiziranje porabe prometne energije in emisij 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 investitorjem na področju cest
- vključitev rezultatov terenskih meritev v sisteme upravljanja cest za optimalnejše razporejanje finančnih sredstev za njihovo vzdrževanje
- vključevanje novih znanj in raziskovalne opreme v vsakodnevno delo
- mednarodno povezovanje z raziskovalci in strokovnjaki z različnih področij dela

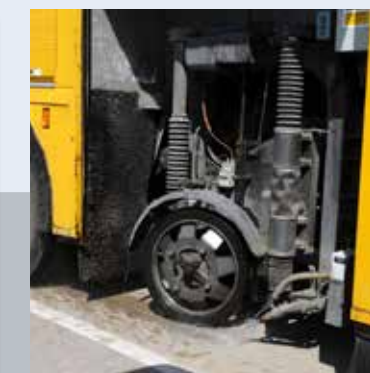
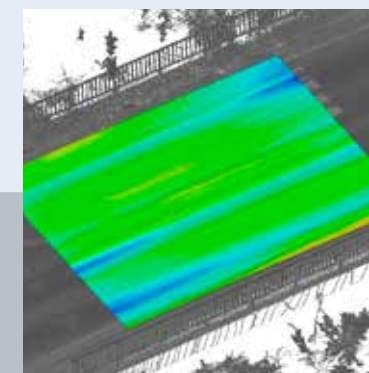
Raziskave in razvoj:

- upravljanje cest in elementov upravljanja
- metode in naprave za izvajanje meritev in spremljanje stanja različnih lastnosti vozni površin
- varnost v prometu
- vpliv gradnje in vzdrževanja cest na okolje
- brezkontaktno laserske merske metode za evidentiranje in monitoring infrastrukture, objektov in prostora, zaščita cestne infrastrukture
- digitalizacija in upravljanje podatkov o infrastrukturi

Pomembnejša oprema:

- naprava SCRMTEX za meritve torne sposobnosti in grobe hrapavosti vozni površin cest in letališč
- naprava ZAG-VP za meritve vzdolžnega profila in določanje ravnosti vozni površin cest in letališč
- laserski skener

Vodja odseka: mag. Darko Kokot, univ. dipl. inž. grad. • e-pošta: darko.kokot@zag.si



Laboratorij za asfalte in bitumenske proizvode

V Laboratoriju za asfalte in bitumenske proizvode so združeni strokovnjaki z dolgoletnimi izkušnjami s področja gradbeništva in kemije. Poleg raziskovalnega dela izvajamo v tesnem sodelovanju z industrijo tudi terenske in laboratorijske preiskave tako za investitorje kot za izvajalce asfaltnih del. Na področju nestandardiziranih preiskav s področja bitumnov in asfaltov razvijamo in uvajamo nove metode preskušanja. Izvajamo tudi več kot 80 standardiziranih preiskav s področja bitumnov, asfaltov in hidroizolacije, od teh je 36 akreditiranih.



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
- 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 asfalta na odpornost proti utrujanju in nizkim temperaturam
- vpliv zgoščanja asfalta na njegovo trajnost
- uporaba odpadnih produktov v asfaltnih
- povezave med lastnostmi bitumnov in obnašanjem asfaltov

Pomembnejša oprema:

- naprava za kratkotrajno staranje bitumnov (RTFOT)
- oprema za pospešeno staranje bitumnov (PAV)
- naprava za ugotavljanje upogibne togosti bitumnov (BBR)
- reometer za določanje karakteristik bitumnov (DSR, MSCRT)
- naprava za preskušanje obnašanja asfaltov pri nizki temperaturi (TSRST)
- štiritočkovna naprava za utrujanje in togost asfalta (4PBT)
- vrtljiv zgoščevanik (ang. gyratory compactor)

Vodja laboratorija: mag. Mojca Ravnikar Turk, univ. dipl. inž. grad. • e-pošta: mojca.turk@zag.si



Laboratorij za metrologijo

Laboratorij za metrologijo izvaja kalibracije in kontrolo merilno-preskusne opreme v laboratoriju Zavoda za gradbeništvo in pri naročnikih. Laboratorij je pri Slovenski akreditaciji po standardu SIST EN ISO/IEC 17025 akreditiran 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 zagotavlja sledljivost preskusnih naprav za širok krog uporabnikov, od znanstvenoraziskovalnih ustanov do industrije, tako v Sloveniji kot v tujini. Člani laboratorija sodelujejo s tujimi nacionalnimi meroslovnimi inštituti in univerzami in so člani mednarodnih meroslovnih organizacij, z obojim pa prispevajo k razvoju meroslovja na mednarodni ravni.



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 smernic in standardov

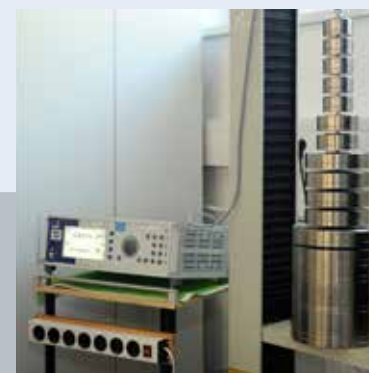
Raziskave in razvoj:

- razvoj referenčnih etalonov
- raziskave na področju kalibriranja sile in trdote
- raziskave in razvoj merilne instrumentacije
- analiza in izboljšanje negotovosti kalibracijskih postopkov

Pomembnejša oprema:

- primarni referenčni kalibracijski stroji do 1000 N in 20 kN, negotovost sile 0,01 %
- referenčni stroji za silo od 0,1 N do 1 MN – tlak (600 kN – nateg)
- kalibracijski stroji za silo do 5 MN
- transferni etaloni za silo do 1 MN
- najpreciznejši merilni ojačevalniki za pretvornike z upornimi lističi
- referenčni merilnik trdote z referenčnimi ploščicami trdote

Vodja laboratorija: dr. Miha Hiti, univ. dipl. inž. el. • e-pošta: metrologija@zag.si



Certifikacijska služba

Certifikacijska služba se kot certifikacijski organ (CO ZAG) 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 priznano akreditacijsko listino CP-002, ki jo je izdala Slovenska akreditacija. CO ZAG je pod številko NB 1404 priglasi pri Komisiji EU kot certifikacijski organ po uredbi EU o gradbenih proizvodih št. 305/2011 (CPR) ter imenovan za vse tehnične specifikacije po 5. členu Zakona o gradbenih proizvodih (ZGPro-1). Jedro službe je interdisciplinarna ekipa petih zaposlenih, ki sodeluje z več kot 30 strokovnjaki z drugih oddelkov ZAG ter z različnimi laboratoriji doma in v tujini.



Dejavnosti:

- certificiranje proizvodov in kontrole proizvodnje na področju obveznega in prostovoljnega certificiranja gradbenih proizvodov
- certificiranje drugih proizvodov na reguliranem in prostovoljnem področju
- 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 ZAG po meri

Pomembnejši mejniki:

- 1996 – ustanovljena je bila Certifikacijska služba ZAG
- 1998 – izdani so bili prvi certifikati o skladnosti
- 2003 – pridobljena je bila akreditacija po standardu EN 45011 (CP-002)
- 2004 – pridobljen je bil status priglasi organa EU s številko 1404 po Direktivi o gradbenih proizvodih 89/106/EGS (CPD); Certifikacijska služba ZAG je prevzela vlogo predstavnika Slovenije v svetovni skupini priglasi organov AG GNB
- 2006 – ZAG je prevzel vodenje nacionalne zrcalne skupine organov za ugotavljanje skladnosti
- 2013 – dopolnjen je bil obseg dejavnosti po uredbi EU o gradbenih proizvodih št. 305/2011 (CPR)
- 2015 – nadgrajena je bila akreditacija po standardu EN ISO/IEC 17065
- 2016 – obseg akreditacije je bil razširjen z akreditacijo za namen priglasi po uredbi EU št. 305/2011 (CPR)

Vodja službe: Marjan Japelj, univ. dipl. fiz. • e-pošta: certifikati@zag.si



Služba za tehnične ocene in soglasja

Služba za tehnične ocene in soglasja (Služba) izvaja aktivnosti za podelitev Slovenskih tehničnih soglasij, Evropskih tehničnih ocen in Okoljskih deklaracij za proizvode.

Zavod za gradbeništvo Slovenije je bil leta 2003 določen za Organ za tehnična soglasja in je tako pridobil pravico izdajanja **Slovenskih tehničnih soglasij (STS)** in **Evropskih tehničnih ocen (ETA)**.

Zaradi uveljavitve uredbe EU št. 305/2011 je bil **Zavod za gradbeništvo leta 2012 imenovan za Organ za tehnično ocenjevanje**, s tem pa je pridobil pravico priprave in izdaje **Evropskih tehničnih ocen (ETA)**.

Od leta 2013 v okviru Službe pripravljamo **Okoljske deklaracije za proizvode (EPD)**.

Predvidevamo, da bo EPD v prihodnje predstavljala eno ključnih tržnih prednosti proizvajalca gradbenih proizvodov, in to zaradi nacionalnih zahtev v marsikateri evropski državi.




Dejavnosti:

- **Slovensko tehnično soglasje (STS)**
STS se podeli na zahtevo proizvajalca, ki na trg v Republiki Sloveniji daje 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. 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 za proizvod (EPD)**
V EPD so navedeni opis proizvoda in emisije, povezane s proizvodom v celotnem življenjskem ciklu. EPD temelji na rezultatih ocenjevanja življenjskega cikla (LCA) ter predstavlja kompleksno, a potrebno in zanesljivo podlago za trajnostno gradbeništvo.

Članstvo:

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

Vodja službe: mag. Franc Capuder, univ. dipl. inž. grad. • e-pošta: info.ta@zag.si

	
<p>Dimičeva 12 1000 Ljubljana, Slovenija Tel.: +386 (0)1 280 44 77, 280 45 37 Fax: +386 (0)1 280 44 84 E-pošta: info.ta@zag.si http://www.zag.si</p>	
<p>European Technical Assessment ETA 15/0010 of 13/12/2015</p>	
<p>English version prepared by ZAG</p>	
<p>GENERAL PART</p>	
<p>Technical Assessment Body issuing the ETA: ZAG Ljubljana</p>	
<p>Komercialno ime gradbenega proizvoda: <i>Trade name of the construction product</i></p>	
<p>Osnovna vrsta proizvoda: <i>Product family to which the construction product belongs</i></p>	
<p>Proizvajalec: <i>Manufacturer</i></p>	
<p>Proizvodni obrat: <i>Manufacturing plant</i></p>	
<p>Ta Evropska tehnična ocena vsebuje <i>This European Technical Assessment contains</i></p>	
<p>Ta Evropska tehnična ocena je izdana na podlagi Uredbe (EU) št. 305/2011 na osnovi <i>This European Technical Assessment is issued in accordance with regulation (EU) No 305/2011, on the basis of</i></p>	
<p><small>Translations of this European Technical Assessment in other languages shall fully correspond to the original issued document and should be identified as such. Content of this European Technical Assessment, including translations by authorized bodies, shall be in full compliance with the original document. However, partial reproduction may be made, with the written consent of the issuing Technical Assessment Body. Any partial reproduction has to be identified as such.</small></p>	





**ZAVOD ZA
GRADBENIŠTVO
SLOVENIJE**

SLOVENIAN
NATIONAL BUILDING
AND CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE

Dimičeva ulica 12
1000 Ljubljana
Slovenija

info@zag.si
www.zag.si