

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/175



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0273
Naslov programa	Gradbeni objekti in materiali Building structures and materials
Vodja programa	8281 Andraž Legat
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	38182
Cenovni razred	D
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	1502 Zavod za gradbeništvo Slovenije
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.01 Gradbeništvo
Družbeno-ekonomski cilj	04. Prevoz, telekomunikacije in druga infrastruktura
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.01 Gradbeništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Trajnostno gradbeništvo je eden ključnih delov trajnostnega razvoja družbe kot celote, saj zagotavlja varovanje naravnih virov in zmanjševanje vplivov na okolje. V tem smislu se naše raziskave ne navezujejo samo na ožje področje gradbeništva, temveč tudi na učinkovito rabo

virov, zmanjševanje vplivov na okolje, ter sociološki vidik bivanja. Raziskave v okviru predlaganega programa zagotavljajo neposreden stik z najnovejšimi tehnologijami in trendi razvoja. Naše raziskave so bilo zato usmerjene na področja, ki so pomembna pri razvoju in implementaciji gradbenih materialov in objektov, oziroma trajnostnega gradbeništva v celoti:

1. varnost/stabilnost objektov
2. trajnost objektov (vključno z karakterizacijo degradacijskih procesov in razvojem metod za njihovo preprečevanje),
3. razvoj in uporaba novih materialov (uporaba novih postopkov, vključno z nanotehnologijami),
4. uporaba/imobilizacija odpadkov/sekundarnih surovin,
5. energetska učinkovitost objektov (ustrezna uporaba novih materialov in tehnologij).

Posamezna področja se med seboj dopolnjujejo, s tesnejšim sodelovanjem med različnimi skupinami raziskovalcev pa dosegamo sinergijske učinke raziskav tudi na ožjih področjih. Večino omenjenih področij med seboj povezujemo v horizontalnih segmentih:

1. trajnostna gradnja (energijski, ekološki, ekonomski in sociološki vidik),
2. gradbeni objekti posebnega pomena (prometna infrastruktura, pregrade, odlagališča),
3. objekti kulturne dediščine.

Velika večina raziskav programske skupine je vključena v mednarodne projekte (predvsem v EU Okvirnih programih), kar dokazuje da so raziskave pomembne za razvoj znanosti v širšem smislu. Pri naših raziskavah tesno sodelujemo predvsem z našimi partnerji v ENBRI (European Network of Building Research Institutes), E2BA (Energy Efficient Buildings Association), Nanocem (European Network of Industrial/Academic Partnership for Fundamental Research on Cementitious Materials) in FEHRL (Federation of European National Road Research Centres). Usmerjeni smo predvsem k čim učinkovitejši implementaciji znanja iz drugih temeljnih ved, saj lahko z njihovo kombinacijo uspešno kreiramo nova znanstvena spoznanja na področju trajnostnega gradbeništva. Pri omenjenih raziskavah sodelujemo tudi z Univerzami v Ljubljani, Mariboru in Novi Gorici, ter IJS, KI, IMT in GeoZS.

Na tehničnih segmentih trajnega gradbeništva se povezujemo predvsem s partnerji iz Evropske organizacije za tehnične ocene (EOTA), kjer koordiniramo delo skupine za obravnavo trajnostnih vidikov gradbenih proizvodov ter tako soustvarjamo obrise zakonodaje EU na tem področju. Poleg tega v okviru sodelovanja v številnih mednarodnih projektih in združenjih delujemo kot vmesni člen med svetovnim tehnološkim razvojem in industrijskimi partnerji, ter tako neposredno prenašamo znanje in izkušnje v industrijsko prakso.

ANG

Sustainable construction is one of the key components in the development of a sustainability based society since it is aimed at ensuring that natural resources are preserved and that effects which are detrimental to the environment are reduced. Thus our research work is oriented not just to the materials, products, technologies, methodologies and processes which are to be found in the narrower field of the construction industry, but also to the efficient use of energy and of renewable sources of energy, the use of secondary raw materials, and the development of corresponding smart strategies and concepts. Our research is therefore focused on those fields which are important for the development and implementation of building materials and structures, and for the advancement of sustainable construction as a whole:

1. the safety and stability of structures
2. the durability of structures (including the characterization of degradation processes and the development of methods for their prevention),
3. the development and use of new materials (the use of new methods, including nano technologies),
4. the use/immobilization of waste/secondary raw materials,
5. the energy efficiency of buildings (the appropriate use of new materials and technologies).

Individual fields of research supplement one another, and through the closer co-operation of different groups of researchers synergic effects are accomplished in narrower fields, too. Most of the listed fields are linked together in corresponding horizontal segments:

1. sustainable construction (from the points of view of energy, ecology, economics and sociology),
2. building structures of special significance (the traffic infrastructure, dam structures, nuclear waste storage and disposal facilities),
3. buildings and monuments belonging to the cultural heritage.

Most of the research performed by the Program Group is included in international projects (mainly in the EU framework programs), which proves that this research work is important for the development of science in the broader sense. Within our research we closely collaborate with our partners in ENBRI (European Network of Building Research Institutes), E2BA (Energy Efficient Buildings Association), Nanocem (European Network of Industrial/Academic Partnership for Fundamental Research on Cementitious Materials), and FEHRL (Federation of European National Road Research Centres). In the future, too, we shall aim at implementing, as efficiently as possible, knowledge from other fundamental areas of research, thus making it possible, through their combination, to create successfully new scientific and technological findings.

In the case of wider sustainable construction we co-operate closely with EOTA, the European Organisation for Technical Assessment, where we co-ordinate the work of the group which is in charge of the sustainability aspect of construction products. In this manner we help to create the future EU legislation in this field.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

Naše raziskave so bile v celotnem trajanju raziskovalnega programa usmerjene na posamezna področja, ki so ključna pri razvoju in implementaciji gradbenih materialov in objektov, oziroma trajnostnega gradbeništva v celoti. Za učinkovito doseganje predvidenih ciljev so se omenjena področja med seboj povezovala in dopolnjevala, s tesnejšim sodelovanjem med različnimi skupinami raziskovalcev smo istočasno dosegli sinergijski učinek raziskav tudi na ožjih področjih. Zaradi večje preglednosti so posamezne izvedene aktivnosti opisane ločeno:

a) varnost/stabilnost objektov

Izvedli smo vrsto raziskav, katerih rezultati so bili osnova za izvednotenje posameznih projektnih parametrov in računsko modeliranje odziva na potres. Na osnovi novih analiz smo dopolnili uporabniško prijazen program za preverjanje potresne odpornosti zidanih konstrukcij. Na področju lesenih konstrukcij smo izvajali predvsem raziskave potresne odpornosti montažnih okvirnih sistemov. Na osnovi eksperimentalnih rezultatov smo izdelali numerični model za stene in z njim simulirali odziv različnih tipov montažnih okvirnih konstrukcij. Omenjene raziskave smo izvajali v več domačih in mednarodnih projektih v sodelovanju z industrijskimi partnerji. Posebna projekta sta bila Potresna ogroženost v Sloveniji (POTROG) in Zemeljske in betonske vodne pregrade strateškega pomena (VODPREG), katerih naročnik je bilo Ministrstvo za obrambo.

Na področju požarne varnosti smo nadaljevali z raziskavami na področju odziva na ogenj fasadnih sistemov. Meritve smo izvajali na vzorcih v velikem merilu, ki upoštevajo problematične podrobnosti izdelave fasad in omogočajo vključitev elementov, ki jih s standardnimi meritvami ni mogoče upoštevati. Rezultate naših meritev smo analizirali s pomočjo naprednih numeričnih orodij za simulacijo razvoja požara. Modelirali smo tudi potek požara v stavbah (simulacije razvoja dima in toplote po požarnih sektorjih) in analize odziva nosilne gradbene konstrukcije med požarom (eksplozijsko luščenje betona, učinkovitosti intumescentnega premaza za zaščito jeklenih konstrukcij, stiki med jeklenimi nosilnimi

elementi).

b) trajnost objektov (tudi z ekološkega vidika)

V smeri trajnostnega razvoja infrastrukture je potekal intenziven razvoj novih tehnologij in konstrukcijskih rešitev. V okviru projekta SMARTRAIL (Smart Maintenance and Analysis of Transport Infrastructure) smo iskali nove stroškovno učinkovite in trajnostno primerne sanacije dotrajanih železniških prog. Raziskovali smo predvsem nove tehnologije z uporabo geomrež pri gradnji in sanaciji odprtih železniških prog, prehodnih con in mostov. Na ZAG smo razvili in za potrebe projekta sodelovali pri izvedbi sanacije prve prehodne cone (to je območje prehoda iz odprte proge na/v objekt) iz prednapete armirane zemljine na svetu. Vodili smo tudi delovno skupino, ki je razvijala orodje za vseživljenjske okoljske (LCA) in stroškovne (LCC) analize sanacij dotrajanih železniških prog.

Nadaljevali smo z raziskavami v projektu TRIMM (Tomorrow's Road Infrastructure Monitoring and Management), v okviru katerega smo iskali napredne in učinkovite metode za spremljanje poškodovanih mostov. V okviru projekta smo kombinirali tehtanje vozil med vožnjo na mostovih in akustično emisijo, z namenom napovedati obnašanja poškodovanih mostov pod prometno obtežbo. Mostni sistem za tehtanje vozil med vožnjo SiWIM v sodelovanju z industrijo razvijamo od leta 2000 in ga uporabljajo v 16 državah na štirih kontinentih. Lani smo v okviru projekta BRIDGEMON (Bridge Safety Monitoring) nadaljevali z razvojem naslednje generacije sistema. Kot svetovno novost smo SiWIM sistem prilagodili in uspešno implementirali na železniških mostovih za tehtanje vlakov.

V projektu ASCAM (Asset Service Condition Assessment Methodology) smo pripravili metodologijo za upravljanje s cestnim premoženjem, ki upošteva tudi pričakovanja končnih uporabnikov glede stanja cestne mreže. Izdelan je bil demonstracijski program za hkratno planiranje vzdrževalnih ukrepov več različnih elementov ceste (vozišča, objekti, oprema). Program upošteva njihovo propadanje s časom, ter skozi oči končnega uporabnika ovrednoti stanje tudi glede na izvedene vzdrževalne ukrepe.

c) energetska učinkovitost objektov (ustrezna uporaba novih materialov in tehnologij)

Z svojimi raziskavami aktivno sodelujemo pri uveljavljanju ukrepov zniževanja CO₂ v gradbenem sektorju: varčevanje z energijo in viri surovin, proizvodnja in raba energije iz obnovljivih virov. Razvoj novih konceptov energetske prenove, novih materialov, komponent in sistemov pomembno prispeva k zastavljenemu cilju glede zmanjšanja rabe energije in emisij.

Pri projektu GE20 (Geocustering to Deploy the Potential of Energy Efficient Building Across EU) smo izdelali metodologijo vsebinskega povezovanja (clustering) in preverjali njen koncept delovanja v EU prostoru. V okviru projekta HEAT4U (Gas Absorption Heat Pump Solution for Existing Residential Buildings) smo sodelovali pri razvoju varnostne plinske absorpcijske toplotne črpalke (GAHP) manjših moči za uporabo v individualnih hišah. V projektu BRIMEE (Cost-effective and sustainable Bio-Renewable Indoor Materials with high potential for customisation and creative design in Energy Efficient buildings) smo pregledali možne scenarije za aplikacije bio-toplotnih izolacij, možnosti uporabe in z njimi povezane tehnične zahteve. Identificirali smo tehnične ovire in ovire za splošno sprejemanje novosti za razvoj bio-toplotnih izolacij za notranjo in zunanjo uporabo, ki temeljijo na celuloznih odpadkih.

Demonstracijska pilotna postavitev novega koncepta solarnega ogrevanja in hlajenja, ki smo jo izvedli v okviru projekta Cost-Effective (Resource- and Cost-Effective Integration of Renewables in Existing High-rise Buildings), obsega energetske prenove z vključeno integracijo dveh novo razvitih tipov sprejemnikov sončne energije. Omenjena demonstracija konceptualno-tehnoloških možnosti za transformacijo obnovljivih virov energije (sončne energije) je prva te vrste v Evropi in omogoča nadaljnjo nadgradnjo z novimi tehnološkimi elementi. Projekt se je uradno sicer zaključil, vendar analiziramo nove skupine merjenih podatkov in pripravljamo ustrezne simulacije, ki bodo uporabljene tudi za nadaljnjo nadgradnjo sistema.

Večina omenjenih raziskav smo dopolnjevali z našimi aktivnostmi v okviru Kompetenčnega centra TIGR (Trajnostno in inovativno gradbeništvo), v katerem je ZAG koordiniral dva delovna sklopa ter intenzivno sodeloval v večini ostalih.

d) karakterizacija degradacijskih procesov in metod za njihovo preprečevanje.

NANOCEM je konzorcij evropskih akademskih inštitucij in industrijskih partnerjev, ki delujejo na področju osnovnih raziskav cementnih materialov in je prepoznana kot vodilna v svetu na svojem področju delovanja. Sodelujemo pri projektu Carbonation Behaviour of Low-Clinker Cements, kjer smo zadolženi za interpretacijo rezultatov Ramanske in FTIR spektroskopije. Izvajamo tudi sklop raziskav z rentgensko mikrotomografijo (X-ray CT), kjer poskušamo detektirati in vizualizirati 3D mikrorazpoke v maltah in betonih.

V sklopu raziskav na področju tribokorozijskih procesov nas je zanimala problematika sinergističnega delovanja mehanskih in korozijskih procesov. Omenjeni procesi so pomembni tudi pri dentalnih materialih, študirali smo predvsem nesnemne ortodontske aparate pri različnih površinskih spremembah njihovih kovinskih delov. Na področju detekcije in karakterizacije napetostno-korozijskega pokanja (NKP) kovinskih materialov v nuklearnih elektrarnah smo nadaljevali z raziskavami v zahtevnejših pogojih okolja: visoka temperatura in tlaki pri spreminjajočih nateznih obremenitvah. Poleg elektrokemijskih metod smo uporabili tudi rentgensko mikrotomografijo (X-ray CT). Nadaljevali smo z raziskavami korozijskih procesov bakra v bentonitu. Omenjeni rezultati so zelo pomembni za varnostne scenarije pri odlaganju visoko-radioaktivnih odpadkov in izrabljenega jedrskega goriva. Pri omenjenih raziskavah sodelujemo z Western Ontario University, Kanada, SKB, Švedska in VTT, Finska.

Na področju korozije materialov kovinskih inštalacij smo ocenjevali trajnosti različnih vrst sistemov za prenos pitne vode. Raziskovali smo vpliv dezinfekcijskih sredstev in dodatkov v pitni vodi (inhibitorji korozije), vključno z izločanjem železovih in cinkovih ionov v pitno vodo pri različnih pogojih. Ocenjujemo, da bomo v Sloveniji na tem področju v naslednjih letih soočeni z obširnimi infrastrukturnimi in zdravstvenimi problemi.

e) razvoj in uporaba novih materialov (uporaba novih postopkov, vključno z nanotehnologijami)

V okviru EU projekta HEROMAT (Protection of Cultural Heritage Objects with Multifunctional Advanced Materials) smo razvili dva tipa utrjevalcev za silikatne in karbonatne podlage zgodnjih materialov, kot so opeke, kamen, ometi, malte, premazi, betoni. V okviru povečanega financiranja raziskovalnega programa smo izumili nov postopek za utrjevanje mineralnih gradbenih materialov, ki smo ga vložili na mednarodni patentni urad - trenutno je vložena zahteva za izvedbo mednarodnega predhodnega preizkusa. Bistvo postopka je uporaba vodne raztopine kalcijevega acetoacetata za utrjevanje mineralnih gradbenih materialov, pretežno na področju kulturne dediščine.

V sodelovanju s Kemijskim inštitutom smo študirali vpliv dodajanja nano-žičk v polimerno matrico na mehanske lastnosti kompozitov. Ugotovili smo, da uporaba funkcionaliziranih nano-žičk v kombinaciji z ekstruzijskim procesom predstavlja zelo obetavno možnost za razvoj novih nanokompozitnih materialov za posebne aplikacije.

Les in proizvodi iz lesa predstavljajo enega najpomembnejših materialov v trajnostni gradnji. Glede na to, da les v sodobnih kompleksnih konstrukcijah ne more vedno konkurirati ostalim gradbenim materialom, smo se posvetili modeliranju in izvedbi ojačevanja lesenih konstrukcij. Pomembno področje je tudi vzdrževanje že vgrajenega lesa, pri čemer smo se osredotočili predvsem na ocenjevanje, ojačevanje in opazovanje obstoječih lesenih konstrukcij. Pri vseh omenjenih raziskavah smo sodelovali s partnerji iz tujine, delno pa tudi v okviru Kompetenčnega centra TIGR (Trajnostno in inovativno gradbeništvo).

f) uporaba/imobilizacija odpadkov/sekundarnih surovin

Gradbeništvo je idealno področje za uporabo različnih odpadkov kot kvalitetnih alternativnih materialov in sicer predvsem iz dveh razlogov: na tem področju je možno porabiti velike količine teh materialov, poleg tega je v primerih, ko gre za nevarne odpadke, z različnimi vezivi

ali postopki možno toksične komponente dolgoročno fiksirati in imobilizirati ter s tem napraviti okoljsko in tehnološko sprejemljive kompozite.

Za industrijska naročnika smo razvili postopek uporabe nevarnega asfaltnega rezkanca v betonu in postopek stabilizacije odpadka iz industrije barv v cementnem kompozitu. Razvili smo štiri nove zelene betone z uporabo industrijskih odpadkov (ti so deloma nadomestili cement, deloma naravni agregat). V okviru projekta REBIRTH (Promotion of the recycling of industrial waste and building rubble for the construction industry) smo z vseživljenjskimi okoljskimi analizami (LCA) dokazali, da je uporaba črne jeklarske žilindre kot nadomestek silikatnega agregata, smiselna tudi z vidika varčevanja z energijo in posledično zmanjšanja izpustov povezanih z gradnjo cestišč.

Lani smo izvajali tudi intenzivne raziskovalne aktivnosti na področju remediacije onesnažene vode in zemljin. V tem okviru potekajo tudi študije remediacije zemljine na področju Stare Cinkarne v Celju, ki je močno onesnažena s težkimi kovinami. Predvideni postopki remediacije in vgradnje v zasip so takšni, da jih je možno izvesti z obstoječo, standardno gradbeno opremo, poleg tega so vsa predlagana remediacijska sredstva lokalni materiali, naravni ali nastali kot stranski produkti v industriji (nanodelci) ali iz sežiga premoga (elektro-filterski pepel).

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Trajnostno gradbeništvo je eden ključnih delov trajnostnega razvoja družbe. V tem smislu se naše raziskave ne navezujejo samo na materiale, proizvode, tehnologije, metodologije in procese v ožjem okviru gradbeništva, temveč tudi na učinkovito rabo energije in obnovljivih virov energije, uporabo sekundarnih surovin (recikliranje industrijskih, gradbenih in komunalnih odpadkov), ter razvoj pametnih strategij in konceptov gradnje. Varnost ter trajnost stavb in objektov seveda še vedno ostajata med ključnimi elementi trajnostnega gradbeništva. Zaradi pomembnosti in aktualnosti omenjenih področij se večina naših raziskav vključuje v mednarodne projekte (predvsem v EU Okvirnih Programih), industrijo (vključno s Kompetenčnim centrom TIGR: Trajnostno in inovativno gradbeništvo) in širšo družbo (ministrstva, občine). Relevantnost raziskav dokazuje tudi odobritev projekta WIDESPREAD TEAMING InnoRenew CoE, v katerem sta koordinatorja znanstveno in strokovno kompatibilnega konzorcija Univerza na Primorskem in Fraunhofer WKI.

Stavbe in inženirski objekti morajo imeti zadostno nosilnost, stabilnost in trajnost, biti morajo varni pred požarom, ščititi morajo pred hrupom in toplotnimi vplivi, v vseh fazah življenjske dobe morajo biti energetske varčni in ekološko sprejemljivi. Istočasno se je potrebno zavedati, da so obnove obstoječih objektov (vključno z izboljšanjem posameznih zahtev) zahtevnejše od gradnje novih, saj so robni pogoji zahtevnejši (konstrukcijske in prostorske omejitve, kompatibilnost uporabljenih materialov). Za učinkovito doseganje omenjenih ciljev so bile naše raziskave usmerjene v vsebine, ki so bile že opisane v prejšnjem poglavju. Področja, v katera smo dodatno usmerjali naše raziskave so: konstrukcije s posebnimi zahtevami (prometna, energetska in okoljska infrastruktura), jedrski objekti (vključno z odlagališčem jedrskih odpadkov), objekti kulturne dediščine, analize življenjskega cikla (LCA, LCCA).

Rezultati programske skupine na vseh področjih delovanja dokazujejo, da so bili kratkoročni, ter tudi dolgoročni raziskovalni cilji, v celoti doseženi. Na mnogih znanstvenih segmentih smo v stiku z najnovejšimi svetovnimi raziskavami: potresno inženirstvo, metodologije ocenjevanja stanja objektov, nano-materiali v gradbeništvu, imobilizacija nevarnih odpadkov, karakterizacija določenih degradacijskih procesov, obnova kulturne dediščine. Na številnih področjih smo v svetovnem tehnološkem vrhu: uporaba recikliranih materialov, postopki in materiali za obnovo prometne infrastrukture, tehnike ocenjevanja in izboljšanja energetske učinkovitosti stavb, metode za ocenjevanje in zmanjšanje vseživljenjskega vpliva na okolje, tehnike za merjenje mehanskih veličin. Zaključimo lahko, da imamo na vseh področjih delovanja programske skupine vzpostavljeno ustrezno znanstveno in strokovno mednarodno sodelovanje, rezultati naših raziskav pa so pomembni ne le za ožje področje gradbeništva,

temveč za slovensko industrijo in družbo v celoti.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Programska skupina je v zadnjem obdobju izrazito razširila svoje delovanje, saj so se tudi glavne usmeritve gradbeništva zelo spremenile. Poleg stabilnosti in varnosti gradbenih objektov v ospredje raziskav vstopajo področja, ki so zelo pomembna v smislu trajnostnega gradbeništva: uporaba sekundarnih surovin in remediacija onesnaženega okolja, energetska učinkovitosti stavb in uporaba alternativnih virov energije. Tudi zato se v večji meri implementira znanje iz drugih temeljnih področij, ter z njihovo kombinacijo kreira nove metodologije, materiale, postopke in procese. Omenjene raziskave seveda zahtevajo širši spekter raziskovalcev in njihovo intenzivno medsebojno sodelovanje. Iz začetnih 18 v letu 2009 je število raziskovalcev v programski skupini naraslo na 27.

V okviru raziskav je programska skupina do sedaj sodelovala v več kot 50 projektih EU okvirnega programa in 30 ostalih mednarodnih projektih. Pri nekaterih od njih smo bili, oziroma smo, tudi koordinatorji. Za Obzorje 2020 smo prijavi 18 predlogov projektov, sodelovali pa smo tudi pri pripravi več predlogov projektov v okviru strukturnih in kohezijskih sredstev. Skladno s povečanimi aktivnostmi v mednarodnem prostoru se je povečeval tudi delež financiranja s strani EU. V kolikor prištejemo tudi delež sofinanciranja s strani ostalih ministrstev, občin in industrijskih partnerjev, lahko ugotovimo, da omenjena sredstva za več kot dvakrat presegajo sofinanciranje programov in projektov s strani ARRS. To dokazuje, da so bila vlaganja v program več kot upravičena, saj so omogočila našo aktivno vlogo v mednarodnem raziskovalnem prostoru. Kvaliteto in aktualnost naših raziskav dokazuje tudi odobritev prestižnih znanstvenih in tehnoloških projektov, v katerih smo partnerji: Widespread Teaming »Renewable materials and healthy environments research and innovation centre of excellence (InnoRenew CoE) in KIC »Raw Materials«.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	1837927	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Raziskave in modeliranje obnašanja stanovanjskih stavb iz aeriranega celičnega betona pri potresni obtežbi
		ANG	Shaking table study and modelling of seismic behaviour of confined AAC masonry buildings
	Opis	SLO	Raziskali smo obnašanje stanovanjskih stavb iz aeriranega celičnega betona pri potresni obtežbi. Na potresni mizi smo preiskali dva modela tro- in en model štirinadstropne stavbe. Čeprav so bili po višini in tipu stropov različni, so se modeli obnašali podobno, z nastankom strižnega etažnega mehanizma pri mejnem stanju porušitve. Na podlagi ugotovljenega mehanizma smo obnašanje računsko ponazorili z enostavnim modelom s koncentriranimi masami in etažnimi histereznimi pravili. Primerjava izmerjenega in izračunanega odziva je pokazala dobro ujemanje.
		ANG	The response of autoclaved aerated concrete (AAC) confined masonry buildings to seismic ground motion has been studied. Two two-story and one three-story models have been tested on a uni-directional shaking table. Although they were different in height and type of floor structures, the behavior of all models was similar. Typical storey mechanism, characterised by diagonal shear failure mode of walls in the ground floor in the direction of excitation has been observed in all cases. Taking into consideration the observed behaviour, a numerical model with concentrated masses and storey hysteretic rules has been used to simulate the observed behaviour. Good agreement between the experimentally observed and calculated non-linear behaviour has been obtained.

	Objavljeno v	Springer; Bulletin of earthquake engineering; 2012; vol. 10, issue 3; str. 863-893; Impact Factor: 1.560; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.951; A': 1; WoS: IX, LE; Avtorji / Authors: Tomažević Miha, Gams Matija	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	1967207	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nova ultrazvočna metoda za določitev vezanja cementnih past, malt in betonov
		ANG	A new US procedure to determine setting period of cement pastes, mortars, and concretes
	Opis	SLO	V članku je predstavljena nova metoda za opazovanje prehoda iz tekočega v trdno stanje (vezanje) za poljubne materiale s cementnim vezivom. Metoda temelji na razmerju med največjima amplitudama pri dveh različnih frekvencah, ki se pojavljata v frekvenčnem spektru ultrazvočnih (UZ) Pvalov. To razmerje je označeno kot TG parameter. Pokazano je, da obstaja jasna in enoznačna korelacija med razvojem TG parametra in penetracijsko odpornostjo med vezanjem. Obstoj korelacije nakazuje, da je s TG parametrom možno posredno opazovati nastajanje togih povezav med zrni cementa. Sestava materiala ne vpliva na natančnost metode, ki je zato uporabna za vse vrste materialov s cementnim vezivom. Nedestruktivnost metode in neobčutljivost na velikost agregatnih zrn predstavlja veliko prednost metode pred penetracijskimi in drugimi UZ metodami za določevanja obdobja vezanja cementnih past, malt in betonov.
		ANG	The paper presents a new method to determine the transition of different cementitious materials from liquid to solid state, usually defined as a setting period. The method is based on a ratio between maximum amplitudes of two dominant frequency ranges that appear in the frequency spectrum of ultrasonic (US) P-waves, called a TG parameter. Clear and unambiguous correlation between characteristic points in the evolution of TG parameter and penetration resistance in time is established on samples with different material composition during the early hydration process. The correlation indicates that TG parameter detects the development of rigid bonds between hydrating cement particles. The ability and accuracy of the method to determine setting period is unaffected by the material composition. Non-destructive nature and insensitivity of the method to aggregate size gives it an advantage over penetration methods and other US methods in determining the setting period of cement pastes, mortars, and concretes.
	Objavljeno v	Pergamon Press.; Cement and concrete research; 2013; Vol. 53; str. 9-17; Impact Factor: 3.848; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.121; A': 1; WoS: FA, PM; Avtorji / Authors: Gams Matija, Trtnik Gregor	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	1966695	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ovrednotenje korozije jekla v betonu z različnimi elektrokemijskimi in fizikalnimi metodami
		ANG	Characterization of steel corrosion in mortar by various electrochemical and physical techniques
	Opis	SLO	V članku je opisana karakterizacija korozije jekla v betonu na makro in mikro ravni. Predstavljene so nove naprednejše metode spremljanja poteka korozijskih procesov (metoda sklopljene mreže elektrod ter električni uporovni senzorji). Meritve smo spremljali v dolgem časovnem obdobju med cikličnim močenjem z vodo in kloridno raztopino ter sušenjem. Obseg korozijskih poškodb je bil ocenjen s pomočjo mikro računalniške rentgenske

		tomografije (mikroCT) in SEM. S kombinacijo uporabe mikroCT in elektrokemijskih metod so tako predstavili nov vpogled v mehanizme korozijskih procesov jekla v betonu.
	ANG	In the study characterization of steel corrosion in concrete at the macro-andmicro-level was performed. Physical (electrical-resistance probes) and electrochemical techniques (coupled multi-electrode arrays) were implemented in order to upgrade the general information that conventional electrochemical techniques can provide. Measurements were performed in mortar exposed to periodic wetting and drying. Steel corrosion damage was assessed by micro X-ray computer tomography (CT) and SEM. The results were compared and interpreted. By combined use of Micro-CT and electrochemical methods, new insights into the corrosion mechanisms of steel in concrete were obtained.
	Objavljeno v	Pergamon Press; Corrosion science; 2013; Vol. 75; str. 47-57; Impact Factor: 3.686; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.916; A'': 1; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Česen Aleš, Kosec Tadeja, Legat Andraž
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	1879143 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Mineraloška in optična karakterizacija titan dioksidnih prahov, dopiranih s SiO ₂ , N ali kodopiranih s SiO ₂ in N
		ANG Mineralogical and optical characterization of SiO ₂ -, N-, and SiO ₂ /N-Co-doped titania nanopowders
	Opis	SLO Razvili smo napredne nanomateriale za uporabo v gradbeništvu: funkcionalne prevleke na osnovi nanodimenzijskih fotokatalizatorjev, ki pod vplivom sončne svetlobe uspešno razgrajujejo organske nečistoče in obenem čistijo okoliški zrak. V zadnjem času znanstveniki poskušajo polprevodniške fotokatalizatorje modificirati na tak način, da bodo aktivni tudi pod vplivom vidne svetlobe in tako uporabni tudi v notranjih prostorih. Za ta namen se titanov dioksid že v sinteznem postopku dopira z najrazličnejšimi elementi. Z različnimi tehnikami (sol-gel metoda, reakcija v trdnem iz oksidnih prekurzorjev) smo sintetizirali nitriran TiO ₂ in dopiran z različnimi elementi ali ko-dopiran s silicijevim dioksidom in dušikom ter ga toplotno tretirali v prisotnosti zraka ali v pretoku amonijaka. Ugotovili in dokazali smo, da SiO ₂ , prehodne kovine in dušik vstopajo v samo kristalno rešetko anataza, medtem ko elementi redke zemlje ne tvorijo trdne raztopine s TiO ₂ . Tako kot dopiranje z enim elementom, tudi kodopiranje poviša temperaturo faznega prehoda anataza v rutil in znatno poveča aktivnost pod vplivom vidne svetlobe. Ugotovili in razložili smo vzrok različnega efekta dopanta na povečanje aktivnosti fotokatalizatorja pod vplivom vidne svetlobe.
		ANG Silica, nitrogen, and nitrogen-plus-silica co-doped titania powders were synthesized via sol-gel method. The products of the synthesis were thermally treated in air and under ammonia flow. The determination of Si and/or N into the TiO ₂ lattice, and the doped samples' crystal structure, was made by means of X-ray powder diffraction, whilst the occurrence of amorphous phase was obtained using the combined Rietveld-RIR method. The optical properties of the powders were obtained by diffuse reflectance spectroscopy and their energy band gaps were calculated using the differential reflectance method. The photocatalytic activity of the doped samples was assessed in gas phase under UV-light and visible-light irradiation, monitoring the degradation of an organic compound. In addition, the morphology of the samples was further characterized by means of HRTEM. Nitrogen, silica, and co-doping shifted the anatase-to-rutile (A ? R) phase transition toward higher temperatures. Silica was found to enter the anatase lattice, and nitrogen was presumed to enter the titania

		crystal structure as well. Nitrogen doping and SiO ₂ /N-co-doping shifted the light absorption toward the visible region.
	Objavljeno v	American Ceramic Society; Journal of the American Ceramic Society; 2012; Vol. 95, iss. 5; str. 1709-1716; Impact Factor: 2.107; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.768; A'': 1; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Tobaldi D. M., Gao Lian, Gualtieri Alessandro F., Sever Škapin Andrijana, Tucci Antonella, Giacobbe Carlotta
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	1980007 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Mikrotomografske raziskave procesa penjenja v sistemu odpadno steklokremenov mulj MnO ₂
		<i>ANG</i> X-ray micro-tomography investigation of the foaming process in the system of a waste glass - silica mud - MnO ₂
	Opis	<i>SLO</i> V primeru penjenih lahkih agregatov poroznost v sistem vnesemo na način, da dodamo penilec steklasti matic; penilec nato pri povišani temperaturi razpade in nastali plin ostane ujet v steklasti matrici. V članku smo proučevali vpliv delovanja MnO ₂ kot penilca v sistemu odpadnega stekla ter odpadno steklokremenov mulj MnO ₂ . Vzorci so bili žgani pri različnih temperaturah z različnimi časi zadrževanja, razvoj poroznosti pa smo spremljali s pomočjo mikrotomografije. Ugotovili smo, da s podaljšanim časom zadrževanja število por upada, vendar pa celokupen volumen por narašča. Prav tako je bilo ugotovljeno, da dodatek kremenovega mulja zviša temperaturo penjenja in upočasni proces penjenja.
		<i>ANG</i> In case of foamed lightweight aggregates (LWA), porosity is introduced by the addition of a foaming agent to the glassy matrix, which degasses at an elevated temperature, so that the resulting gasses remain trapped inside the glassy structure. The efficiency of action of MnO ₂ as a foaming agent in wasteglass and waste glass / silica mud systems was studied. Samples were fired at different temperatures and with different dwelling times at a certain temperature, and the development of porosity was investigated by means of X-ray micro-tomography. It was found that, with the prolongation in dwelling times, the number of pores decreased, while, on the other hand, the volume of these pores increased, and that the addition of silica mud increases the foaming temperature and slows down the foaming process.
	Objavljeno v	Elsevier; Materials characterization; 2013; Vol. 86; str. 316-321; Impact Factor: 1.925; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.802; A'': 1; A': 1; WoS: QF; Avtorji / Authors: Ducman Vilma, Korat Lidija, Legat Andraž, Mirtič Breda
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	248745472 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Potresno odporne zidane stavbe
		<i>ANG</i> Earthquake resistant masonry buildings
	Opis	<i>SLO</i> Knjiga, ena redkih v slovenskem jeziku, obravnava potrese in obnašanje zidanih konstrukcij med potresi, predstavi lastnosti materialov za zidanje, razloži osnovna načela preverjanja mejnih stanj in enačbe za preverjanje potresne odpornosti zidov ter predstavi računske metode za preverjanje potresne odpornosti celotne konstrukcije. Vse računske metode so podprte z rezultati eksperimentalnih preiskav. Pomemben del knjige je namenjen

		tudi problematiki popravil in protipotresnega utrjevanja obstoječih zidanih stavb.
	ANG	In the book, one of the few in Slovenian language, the basics about earthquakes and their impact on masonry buildings are presented. Masonry materials and testing, as well as the principles and ruled of earthquake resistant masonry construction are discussed. Fundamentals of limit states design and equations for seismic resistance verification of masonry walls and buildings are explained, supported by experimental background of the presented methods. An important part of the book is devoted to the problems of seismic repair and strengthening. Traditional and contemporary materials and methods are presented, whose efficiency has been verified by in-situ and laboratory experiments.
	Šifra	F.04 Dvig tehnološke ravni
	Objavljeno v	Tehnis; 2009; VII, 301 str.; Avtorji / Authors: Tomažević Miha
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija
2.	COBISS ID	1938535 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Testiranje mostnega sistema za tehtanje vozil med vožnjo z uporabo več vzdolžnih lokacij senzorjev
		ANG Testing of a bridge weigh-in-motion algorithm utilising multiple longitudinal sensor locations
	Opis	SLO Kljub intenzivnemu razvoju imajo mostni sistemi za tehtanje vozil med vožnjo (bridge weighinmotion sistemi, BWIM) še veliko možnosti za izboljšanje. Ena izmed njih, ki je predstavljena v članku, je uporaba merilcev deformacij na več lokacijah vzdolž prekladne konstrukcije. Tradicionalni način določi posamezne osne pritiske z reševanjem odvisnega sistema enačb, ki temelji na meritvah na eni lokaciji vzdolž mostu, običajno na sredini. Tak sistem velikokrat, zaradi dolžine in dinamičnega vzbujanja mostu, slabo pogojen, kar je lahko razlog za bistveno nižjo točnost rezultatov. Predlagani postopek omogoča neodvisno računanje toliko osnih pritiskov, kolikor je vzdolžnih lokacij merilcev deformacij na mostu. Pri tem je bistvenega pomena učinkovito izločanje dinamičnih vplivov iz merjenih signalov. V prispevku so nadalje obdelan vpliv dodatnih senzorjev na determinanto sistema, s čemer se iz rezultata izločijo potencialno netočne rešitve sistema, ter vplivi napačno izmerjenih hitrosti in medosnih razdalj merjenega vozila. Rezultati, najprej simulacij interakcije vozila in mostu z metodo končnih elementov in nato meritev v Sloveniji, demonstrirajo izboljšano točnost izmerjenih osnih pritiskov tovornih vozil.
		ANG A new bridge weigh-in-motion (WIM) algorithm is developed which makes use of strain sensors at multiple longitudinal locations of a bridge to calculate axle weights. The optimisation procedure at the core of the proposed algorithm seeks to minimise the difference between static theory and measurement, a procedure common in the majority of bridge WIM algorithms. In contrast to the single unique value calculated for each axle weight in common Bridge WIM algorithms, the new algorithm provides a time history for each axle based on a set of equations formulated for each sensor at each scan. Studying the determinant of this system of equations, those portions of the time history of calculated axle weights for which the equations are poorly conditioned are removed from the final reckoning of results. The accuracy of the algorithm is related to the ability to remove dynamics and the use of a precise influence line. These issues are addressed through the use of a robust moving average filter and a calibration procedure based on using trucks from ambient traffic. The influence of additional longitudinal sensor locations on the determinant of the system of equations is discussed. Sensitivity analyses are carried out to analyse the effect of a misread axle spacing or velocity on the predictions,

		and as a result, the algorithm reveals an ability to identify potentially erroneous predictions. The improvement in accuracy of the calculated axle weights with respect to common approaches is shown, first using numerical simulations based on a vehicle-bridge interaction finite-element model, and second using experimental data from a beam-and-slab bridge in Slovenia.
Šifra	F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Objavljeno v	American Society for Testing and Materials; Journal of testing and evaluation; 2012; Vol. 40, issue 6; str. 1-14; Impact Factor: 0.384; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.757; WoS: QF; Avtorji / Authors: Gonzalez Arturo, Dowling Jason, O'Brien Eugene J., Žnidarič Aleš	
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	1980519 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Korozijska hitrost bakra v bentonitu merjena z električnimi uporovnimi senzorji
	ANG	The corrosion rate of copper in a bentonite test package measured with electric resistance sensors
Opis	SLO	Testno polje iz bakra in bentonita je bilo 6 let izpostavljeno v Äspo Hard Rock Laboratory v realnih pogojih okolja v bodočem odlagališču visoko radioaktivnih jedrskih odpadkov (izrabljeno gorivo) na Švedskem. V januarju 2007 smo v bentonit iz odlagališča vgradili tudi bakrene električne uporovne senzorce (ER) iz čistega bakra. V tem poročilu so predstavljeni rezultati meritev korozijske hitrosti bakra od vgradnje v januarju 2007 do aprila 2011. Meritve so pokazale, da korozijska hitrost čistega bakra v bentonitu, ki je vseboval kisik in slano talno vodo izmerjena z ER ali drugimi elektrokemijskimi metodami, sčasoma pada do zelo majhnih vrednosti (<1 [mikro]m/leto).
	ANG	Test Parcel of copper and bentonite was exposed for six years in the Äspo HardRock Laboratory, which offers a realistic environment for the conditions that will prevail in a deep repository for high-level radioactive waste disposal in Sweden. In January 2007 electric resistance (ER) sensors of pure copper were also installed in test package from deep repository. The results from the ER measurements of corrosion rate of copper from start in January 2007 to April 2011 are presented in this report. In summary, the measurements have shown that the corrosion rate of pure copper exposed to an oxic bentonite/saline groundwater environment can be followed by ER and electrochemical techniques, and corrosion rate decreases slowly with time to very low values (<1 [micro]m/year).
Šifra	F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
Objavljeno v	SKB - Swedish Nuclear Fuel and Waste Management; 2012; 64 str.; Avtorji / Authors: Rosborg Bo, Kosec Tadeja, Kranjc Andrej, Kuhar Viljem, Legat Andraž	
Tipologija	2.01	Znanstvena monografija
4.	COBISS ID	27431207 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nanodelci ničvalentnega železa za odstranjevanje Zn ²⁺ , Zn(II)-EDTA in Zn(II)-citrata iz vodnih raztopin
	ANG	Nanoscale zero-valent iron for the removal of Zn ^{[sup](2+)} , Zn(II)-EDTA and Zn(II)-citrate from aqueous solutions
Opis	SLO	Določevali smo vplivne parametre pri odstanjevanju različnih oblik cinkovih specij iz vodnih raztopin s pomočjo nanodelcev ničvalentnega železa. Pripravili smo različno modificirane nanodelce železa: površinsko obdelane in neobdelane delce, ter nanešene na delce SiO ₂ . Ugotovili smo, da imajo različno pripravljene nanodelci, njihova koncentracija v raztopini, pH

		raztopine in kontaktni čas odločilni vpliv na učinkovitost odstranitve Zn ²⁺ , Zn(II)-EDTA ali Zn(II)-citrata. Najbolj so bili učinkoviti površinsko neobdelani nanodelci.
	ANG	The parameters which influence the removal of different zinc (Zn) species: Zn ²⁺ , Zn(II)-EDTA and Zn(II)-citrate from aqueous solutions by nanoparticles of zerovalent iron (nZVI) were investigated at environmental relevant pH values. Untreated, surface modified and silicafume supported nZVI were applied at different iron loads and contact times to Zn solutions, which were buffered to pH 5.3, 6.0 and 7.0. The results revealed that pH, the type of nZVI, the iron load, the contact time, and the Zn species all had a significant influence on the efficiency of removal. Zn ²⁺ , Zn(II)-EDTA and Zn(II)-citrate were the most effectively removed from aqueous solutions by untreated nZVI. Zn ²⁺ removal was governed mainly by adsorption onto precipitated iron oxides. Complete removal of Zn ²⁺ and Zn(II)-citrate was obtained at all pH values investigated. The removal of strong Zn(II)-EDTA complex was successful only at acidic pH, which favored degradation of Zn(II)-EDTA. Consequently, the released Zn ²⁺ was completely removed from the solution by adsorption onto iron oxides.
	Šifra	F.05 Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja
	Objavljeno v	Elsevier; Science of the total environment; 2014; Vol. 476-477; str. 20-28; Impact Factor: 3.163; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.143; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Kržišnik Nina, Mladenovič Ana, Sever Škapin Andrijana, Škrlep Luka, Ščančar Janez, Milačič Radmila
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	2025831 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Materialno in stroškovno učinkovita integracija komponent za izkoriščanje obnovljivih virov energije v obstoječe visoke stavbe
		ANG Resource- and Cost-effective integration of renewables in existing high-rise buildings
	Opis	SLO Namen projekta je bil prispevati k transformaciji obnovljivih virov energije v uporabno obliko za izboljšanje energetske učinkovitosti obstoječih visokih stavb ob njihovi prenovi. Glavni prispevek projekta je bil razvoj novih tehnično-ekonomskih konceptov skupaj s tremi poslovnimi modeli in štirimi tehničnimi koncepti za prenove, ki vključujejo obstoječe in v projektu novo razvite tehnične komponente oziroma naprave: transparentni fasadni sprejemnik sončne energije (patentiran 2006), zasteklen fasadni element z integriranimi fotovoltaičnimi celicami (patentiran 2006), vakuumski cevni sprejemnik sončne energije na zrak, nezasteklen fasadni sprejemnik sončne energije s posebnimi trajnimi nanosi in fasadni ventilacijski element z rekuperacijo (patentiran 2007). Njihova praktična uporaba je bila uspešno predstavljena na dveh pilotnih postavitvah, v Španiji in na ZAG-ovi poslovni stavbi v Sloveniji. V okviru projekta je bila izvedena še ocena konceptov po LCA metodologiji, izdan je bil katalog estetskih, konstrukcijskih in tehničnih rešitev ter razvito orodje za pomoč pri odločanju (DST-decision support tool) ob prenovah stavb s praktičnimi informacijami za načrtovalce.
		ANG The goal of the project was to contribute in the conversion of renewable energy into useful forms for specific applications and to significantly improve the energy performance of the existing high-rise buildings. The main input was in newly developed integrated techno-economic concepts for retrofit with three new business models and four technical concepts for new and existing components based on five new renewable energy sources components: Transparent solar thermal façade collectors (patented in 2006), Glazing unit with building integrated PV (patented in 2006), Façade-integrated solar-thermal vacuum tube collectors, Unglazed opaque façade collectors with new durable coatings, Façade-integrated ventilation concept

		(patented in 2007). The practical feasibility was successfully demonstrated in two pilot buildings, one in Spain and another one in Slovenia. The concepts were assessed with LCA methodology. A catalogue of aesthetic, constructive and technical solutions was edited and a decision support tool providing practical and in-depth information for planners was developed.
Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
Objavljeno v	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Divison Thermal Systems and Buildings (TAG), Solar Facades Group; 2013; Avtorji / Authors: Kuhn Tilmann E., Warmuth W., Carabe Lopez Julio, Garcia Dominguez Jesus, Marti Alan, Vitali-Nari Silvio, Pavan Stefano, Chrometzka Thomas, Jordan Sabina, Pavlovič Erik	
Tipologija	2.12	Končno poročilo o rezultatih raziskav

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

Med leti 2009 in 2014 so bili člani programske skupine soavtorji prijave več domačih in evropskih patentov:

- SEVER ŠKAPIN, Andrijana, KLANJŠEK GUNDE, Marta, ŠKRLEP, Luka, URBAS, Raša, ŽIVEC, Petra. UV-indikatorska funkcionalna tiskarska barva: patent SI 23372A, UIL, 2011.
- DUCMAN, Vilma, MLADENOVIC, Ana, PUGELJ, Tomislav. Postopek za pripravo temperaturno obstojnega agregata iz črne žlindre: patent : SI 23340 (A), 2011-10-28, UIL, 2011.
- MLADENOVIC, Ana, OPRČKAL, Primož, KRŽIŠNIK, Nina, MILAČIČ, Radmila, ŠČANČAR, Janez, SEVER ŠKAPIN, Andrijana. Postopek izdelave za okolje in človeško zdravje sprejemljivega gradbenega materiala iz kontaminirane zemljine: patentna prijava št. P 2014 0 0151, UIL, 2014.
- ŠKRLEP, Luka, PONDELAK, Andreja, SEVER ŠKAPIN, Andrijana. Method for reinforcing porous construction materials and use calcium acetoacetate solution to this aim: international application no. PCT/SI2014/000028.EPO (ISA/EP), 2014.

Člani programske skupine so bili soavtorji številnih inovacij in tehnoloških rešitev, navajamo le nekatere izmed njih:

- Samočistilne barve in premazi za fasade – sodelovanje s podjetjem JUB
- Mostni sistem za tehtanje vozil med vožnjo SiWIM® - skupaj s podjetjem Cestel
- Mikroarmirani beton zelo visoke trdnosti – sodelovanje s TKK, Salonit Anhovo in EPFL, Švica
- Uporaba bele žlindre v betonu – sodelovanje s podjetjem Structum
- Gradbeni kompoziti z uporabo komunalnih muljev in pepelov – sodelovanje s podjetji Vipap, CEROP in CEROD
- Nov tehnološki postopek za stikovanje fasadnih komponent - sodelovanje s podjetji Trimo in TKK
- Specifično oblikovan prenosnik toplote s PCM v zalogovniku sanitarne vode - sodelovanje s podjetjem Hidria
- Nova tehnologija armiranja zemljin - sodelovanje s podjetji NAUE, TENCATE, Lineal in ŽGP
- Ocenjevanje vpliva efekta lezenja na statično obnašanje etalonov sile - sodelovanje s PTB, Nemčija
- Ovrednotenje merilne negotovosti nateznih preskuševalnih naprav - sodelovanje s podjetjem Zwick-Roell, Nemčija

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Velika večina raziskav programske skupine je vključena v mednarodne projekte (predvsem v EU)

Okvirnih programih), kar dokazuje da so raziskave pomembne za razvoj znanosti v širšem smislu. Zato so tudi usmeritve naših raziskav usklajene s tistimi v tujini: razvoj novih materialov (vključno z nano-materiali) in tehnologij, povečanje trajnosti materialov in objektov, izboljšanje energetske učinkovitosti in uporaba alternativnih virov energije, uporaba sekundarnih surovin in zmanjšanje vplivov na okolje, ohranjanje kulturne dediščine, razvoj ali modifikacija tehnik in metodologij za ocenjevanje ter spremljanje stanja objektov. Določene specifikke naših raziskav so povezane predvsem s posebnimi lastnostmi stavb in inženirskih objektov, ter značilnostmi naravnih virov in okolja.

Programska skupina se je s svojimi rezultati uveljavila v mednarodnem merilu, o čemer pričajo objavljena dela v znanstvenih revijah najvišjega ranga na vseh področjih delovanja, številni citati objavljenih del, vpetost raziskovalcev kot stalnih recenzentov, ter članstva v mednarodnih združenjih. Kljub temu, da so naše raziskave pretežno aplikativno usmerjene, na številnih področjih vzdržujemo neposreden stik z najnovejšimi znanstvenimi spoznanji:

- raziskave na področju potresnega inženirstva,
- študij dinamičnega obnašanja zemljin,
- modeliranje požarnih scenarijev,
- razvoj nano-materialov za uporabo v gradbeništvu,
- razvoj kompozitov z uporabo sekundarnih surovin/odpadkov, vključno z imobilizacijo toksičnih komponent,
- raziskave in razvoj različnih postopkov remediacije s kovinami onesnaženih zemljin,
- raziskave kompleksnih degradacijskih procesov (alkalno-silikatna reakcija, korozija jekla v betonu, napetostno-korozijsko pokanje, tribo-korozijski procesi),
- karakterizacija degradacijskih procesov historičnih materialov in razvoj nadomestnih materialov,
- razvoj materialov in tehnologij za izboljšanje trajnosti posameznih materialov in vrst objektov,
- modeliranje toplotnih tokov in vlage v stavbah ob določenih pogojih okolja,
- razvoj in implementacijo različnih merilnih tehnik in metodologij za ovrednotenje stanja materialov in objektov,
- evalvacija različnih metod za oceno življenjskega kroga.

Pri naših raziskavah smo poskušali v čim večji meri učinkovito implementirati znanja iz drugih temeljnih področij, saj lahko z njihovo kombinacijo uspešno kreiramo nova znanstvena spoznanja. To je še posebej pomembno pri trajnostnem gradbeništvu, ki združuje znanja številnih temeljnih ved in različnih uporabnih področij. Istočasno so rezultati naših raziskav prispevali tudi k osnovnemu znanju posameznih ved in usmerjali aktivnosti na aplikativnih področjih. Zato so imele aktivnosti programske skupine velik pomen za razvoj znanosti na širšem področju gradbeništvu, ter posredno tudi za nekatera ostala področja tehnike in naravoslovja. Pri tem je bilo ključno tesno sodelovanje z vrhunskimi znanstveniki in raziskovalnimi skupinami v tujini (partnerski inštituti in univerze) in doma (Univerza v Ljubljani, Univerza v Mariboru, Univerza v Novi Gorici, Univerza na Primorskem, IJS, KI, IMT, GeoZS).

ANG

Most of the research performed by the Program Group is already included in international projects (mainly in the EU framework programs), which proves that this research work is important for the development of science in the broader sense, and it can be expected that the results obtained will be important at the international level. Thus it is quite logical that the orientation of our research is similar to approaches used in other countries: the development of new materials (including nano-materials) and technologies, increasing the durability of materials and structures, improving the efficient use of energy and the use of alternative sources of energy, the use of secondary raw materials and the reduction of detrimental effects to the environment, the solving of specific problems in connection with the renewal of older buildings and the preservation of the cultural heritage, and the development and/or modification of techniques and methodologies for assessing the condition of buildings and other structures. Certain specific aspects of our research are connected to the particular properties of buildings and other structures, as well as to the characteristics of natural resources and the environment.

The Program Group has, though the results which it has achieved, become well-affirmed at the international level, which is demonstrated by the papers which have been published in scientific

journals with the highest ratings in all fields of the Group's work, as well as numerous citations of these publications, the inclusion of ZAG's researchers as regularly requested reviewers, and memberships in international associations. In spite of the fact that our research projects are predominantly applicative oriented, in some fields we maintain direct contacts with the latest scientific achievements:

- research in the field of earthquake engineering,
- studies of the dynamic behaviour of soils,
- modelling of fire scenarios,
- the development of nano-materials for use in the building industry,
- the development of composites with the use of secondary raw materials, including the immobilization of toxic components,
- research and development into different procedures for the remediation of soils polluted by metals,
- research into complex degradation processes (alkali-silica reaction, the corrosion of steel in concrete, stress corrosion cracking, tribo-corrosion processes),
- characterization of degradation processes affecting historic materials, and the development of alternative materials,
- the development of materials and technologies for the improvement of the durability of individual materials and types of structures,
- the modelling of thermal flows and humidity in buildings under defined environmental conditions,
- the development and implementation of various measuring techniques and of methodologies for the evaluation of the condition of materials and structures
- the evaluation of different methods for life cycle assessments.

Our research is implementing, as efficiently as possible, knowledge from other fundamental areas of research, thus making it possible, through their combination, to create successfully new scientific findings. This is especially important for sustainable construction that combines the knowledge of many basic sciences and various applicable fields. At the same time the results of our research have made an important contribution to fundamental knowledge in these fields, and thus, to a certain extent, orientate their activities. Therefore the work of the Program Group was of great significance for the development of science in the fields of building and civil engineering as well as, indirectly, in some other engineering fields. To achieve this, it was important to work closely with top scientists and research groups abroad (partner institutes and universities) and at home (Universities of Ljubljana, Maribor, Nova Gorica and Primorska, IJS, KI, IMT, GeoZS).

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Področje gradbeništva v vseh razvitih državah predstavlja močno industrijsko vejo, ki posredno vpliva tudi na velik krog ostalih industrijskih panog, še posebej je povezano z infrastrukturo v prometu, energetiki in komunalnih dejavnostih. Istočasno je trajnostno gradbeništvo eden ključnih delov trajnostnega razvoja družbe kot celote. V tem smislu naše raziskave niso bile navezane samo na ožje področje gradbeništva, temveč tudi na učinkovito rabo virov, zmanjševanje vplivov na okolje, ter sociološki vidik bivanja. S sodelovanjem v številnih mednarodnih projektih in združenjih smo delovali kot vmesni člen med svetovnim tehnološkim razvojem in industrijskimi partnerji, ter tako posredno prenašali znanje in izkušnje v industrijsko prakso.

Stabilnost in varnost gradbenih objektov sta že sama po sebi pomembna za trajnostni družbeno-ekonomski razvoj. Porušitev ali izrazita poškodovanost objektov (stavb in infrastrukturnih objektov) med potresom (večji del Slovenije spada med tektonsko aktivna področja), poplavami, zaradi zemeljskih plazov ali požara, bi poleg človeških žrtev lahko povzročila tudi prekinitev gospodarskih dejavnosti države. Potrebno je omeniti, da bi bila v takem primeru relativno velika tudi verjetnost onesnaženj, oziroma ekoloških katastrof. Zato so raziskave na segmentu potresnega in požarnega inženirstva, ter varstva pred poplavami in plazovi, izjemno pomembne za družbeno-ekonomski razvoj Slovenije.

Gradbeni objekti s posebnimi zahtevami (prometna in energetska infrastruktura, odlagališča) morajo poleg splošnih zahtev izpolnjevati še dodatne zahteve, ki so določene s posebnostmi njihovega delovanja in vplivi okolja. Zato so specifične tudi zahteve pri načrtovanju, gradnji, vzdrževanju in sanacijah te vrste objektov. Naše raziskave so omogočale optimalno izpolnitev teh zahtev, povezanih z varnostjo, trajnostjo, zmanjšanjem vplivov na okolje, ter tudi ekonomičnostjo posameznih operacij (gospodarjenje z objekti). Posebej pomembna je ustrezna izvedba omenjenih aktivnosti pri jedrskih objektih (vključno z odlagališči jedrskih odpadkov), saj vsaka napaka poleg neposrednih človeških žrtev in izjemne gospodarske škode lahko povzroči dolgoročno ekološko katastrofo velikih razsežnosti.

Z raziskavami na področju uporabe sekundarnih surovin, energetske učinkovitosti stavb in uporabe alternativnih virov energije (sončna in geotermalna) smo intenzivno sodelovali pri zmanjšanju obremenitev okolja, naravnih surovin in energije. Gradbeništvo je namreč idealno področje za uporabo različnih odpadkov kot kvalitetnih alternativnih materialov in sicer predvsem iz dveh razlogov: na tem področju je možno porabiti velike količine teh materialov; z različnimi vezivi ali postopki je možno imobilizirati toksične komponente. S svojimi raziskavah smo prispevali k optimizaciji uporabe različnih industrijskih in komunalnih odpadkov, ter tudi postopkov za remediacijo onesnažene vode in zemljin. Učinkovita uporaba omenjenih tehnologij je skupaj s celovitimi analizami življenjskega kroga (LCA/Life Cycle Assessment in LCCA/Life Cycle Cost Analysis) pogoj za trajnostni razvoj Slovenije. V tem smislu je zelo pomembno tudi naše sodelovanje s partnerji v okviru širših projektov KIC »Raw Materials« in Widespread Teaming »Renewable materials and healthy environments research and innovation centre of excellence (InnoRenew CoE)«.

Pomemben del slovenske kulturne dediščine predstavlja tudi stavbna dediščina, ki jo je potrebno stalno vzdrževati in periodično obnavljati/restavrirati. Glede na to, da je ohranjanje originala eden najpomembnejših parametrov restavratorskega posega, smo z rezultati naših raziskav v sodelovanju z ostalimi inštitucijami zagotavljali ustrezen nivo obnavljanja kulturne dediščine in tudi osnovo za razvoj nadomestnih historičnih materialov.

Del pridobljenega znanja se preliva tudi v učne programe na univerzitetnem študiju. Tesna vpetost v mednarodne raziskave nam omogoča predvsem mentorstvo na podiplomskem nivoju.

ANG

In all developed countries the fields of building and civil engineering form a strong branch of industry, which has an indirect effect on a large number of other industrial fields, and is especially well connected to the traffic infrastructure, the energy-producing industry, and various communal activities. At the same time sustainable construction is one of the key components of the development of a sustainable society. For this reason our research is not limited to just the narrower fields of building and civil engineering, but also involves the efficient use of resources, the reduction of detrimental effects to the environment, and the sociological aspects of dwelling and settlements.

The stability and safety of building and civil engineering structures are, by definition, important for sustainable socio-economic development. The collapse or high degree of damage to buildings and the infrastructure during an earthquake (most of Slovenia lies within a tectonically active region), or due to flooding, landslides or fire, could cause not only loss of life and other casualties, but also interruptions in the economic life of the country. It should be mentioned that pollution is relatively likely to occur in such cases, and ecological disasters are also possible. For this reason our research in the segment of earthquake and fire engineering, as well as into the hazards caused by flooding and landslides, were exceptionally important for the socio-economic development of Slovenia.

With their special requirements (the traffic infrastructure, energy-producing plants, waste deposition sites) civil engineering structures must, as well as fulfilling general requirements, also satisfy the additional requirements which are prescribed with respect to their operation and environmental effects. For this reason, in the case of such structures specific requirements for their planning, construction, maintenance and repair have to be met. Our research work ensured the optimal fulfilment of these requirements, as they are linked to safety, durability,

and reduction of effects on the environment, as well as to the economic aspects of individual operations.

Through research in the fields of the use of secondary raw materials, the energy efficiency of buildings, and the use of alternative sources of energy (solar and geothermal) we co-operated in efforts to reduce environmental burdens, as well as the consumption of raw materials and energy. The construction industry is, in fact, an ideal field for the re-use of various types of waste, as good-quality alternative materials. This is mainly for two reasons: firstly, it is possible to make use of very large quantities of these; and, secondly, by using different binders and procedures their toxic components can be immobilized. Through our research we optimized the re-use of different types of industrial and communal waste, as well as processes for the remediation of polluted water and soils. The efficient use of these technologies and methodologies together with LCA (Life Cycle Assessment) and LCC (Life Cycle Cost Analysis) is a requirement for the successful sustainable development of Slovenia. In this context, our cooperation with partners in the scope of projects KIC "Raw Materials" and Widespread Teaming "Renewable materials and healthy environments research and innovation centre of excellence (InnoRenew CoE)" could be very important.

An important part of Slovenia's cultural heritage is its buildings and monuments, which have to be constantly maintained, and periodically renewed or restored. Since preservation of the original is one of the most important parameters of restoration work, we can, through our research work help to maintain the best achievable level of renewal of the cultural heritage.

Part of the new knowledge acquired by our research was also transferred to the curriculum of study programs at the undergraduate and particularly post-graduate level.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	5
bolonjski program - II. stopnja	3
univerzitetni (stari) program	24

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
25471	Gregor Vilhar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22096	Gregor Vidmar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Matej Michelizza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
31776	Dušan Čalić	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
25599	Alenka Mauko Pranjić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20631	Uroš Bohinc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
14870	Iztok Klemenc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
26527	Jaka Kovač	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22313	Janez Bernard	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
11292	Vilma Ducman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
30756	Aleš Česen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti**MR** - mladi raziskovalec**11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
25471	Gregor Vilhar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
26527	Jaka Kovač	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F - Drugo	
30756	Aleš Česen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
25599	Alenka Mauko Pranjic	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi**B** - gospodarstvo**C** - javna uprava**D** - družbene dejavnosti**E** - tujina**F** - drugo**12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Alejandro Arva	C - študent – doktorand	3	
0	Francesco Simone	C - študent – doktorand	4	
0	Monica Mac	C - študent – doktorand	4	
0	Robert Stein	C - študent – doktorand	1	
0	Bo Rosborg	B - uveljavljeni raziskovalec	2	
0	Stefano Alfano	C - študent – doktorand	4	
0	Paulo Junges	C - študent – doktorand	3	
0	Ana Giovannetti	C - študent – doktorand	3	
0	Timo Saario	B - uveljavljeni raziskovalec	1	
0	Janjua Ranogajac	B - uveljavljeni raziskovalec	1	
0	Tina Marolt	A - raziskovalec/strokovnjak	2	
0	Julia Herterich	C - študent – doktorand	2	
0	Josipa Domitrović	C - študent – doktorand	3	
0	Fumio Tatsuoka	B - uveljavljeni raziskovalec	1	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

A - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja**B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine**C** - študent – doktorand iz tujine**D** - podoktorand iz tujine

13.Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

Legenda: V ... Vodja, KP ... Koordinator Projekta

ARCHES - Vrednotenje in rehabilitacija srednjeevropskih inženirskih konstrukcij, OP6, V: Aljoša Šajna

CERTAIN - Raziskave prometne infrastrukture v Centralni Evropi, OP6, KP: Aleš Žnidarič

CHEF - Varstvo kulturne dediščine pred poplavami, OP6, V: Mateja Golež

ERA NET ROAD - Usklajevanje in izvajanje cestnih raziskav v Evropi, OP6, V: Bojan Leben

NANOCEM (Marie Curie Action RTN) - Temeljno razumevanje cementnega materiala za izboljšano kemijsko/fizikalno in estetsko izvedbo, OP6, V: Franc Švegl

SPENS - Trajnostna vozišča za nove države članice ES, OP6, KP: Mojca Ravnikar Turk

BridgeMon - Varnostni monitoring mostov, OP7, V: Aleš Žnidarič

BRIMEE - Stroškovno učinkoviti in trajnostni bioobnovljivi notranji materiali, z visokim potencialom prilagajanja in kreativnega oblikovanja v energetsko učinkovitih stavbah, OP7, V: Sabina Jordan

COST- EFFECTIVE - Surovinsko in stroškovno učinkovito vključevanje obnovljivih materialov v obstoječe visoke zgradbe, OP7, V: Sabina Jordan

DETRA - Razvoj evropskega transportnega raziskovalnega združenja, OP7, V: Aleš Žnidarič

DirectMAT - Uporaba izrabljenih pnevmatik in cestnega materiala v cestogradnji izmenjava znanja in izkušenj, OP7, V: Karmen Fifer

ENR2 - ERANET ROAD II, OP7, V: Bojan Leben

GE20 - Geogrodenje za razvoj potenciala energetsko učinkovitih stavb po vsej EU, OP7, V: Friderik Knez

HEAT4U - Plinske absorpcijske toplotne črpalke kot rešitev za obstoječe stanovanjske stavbe, OP7, V: Friderik Knez

HEROMAT - Zaščita objektov kulturne dediščine s pomočjo multifunkcionalnih naprednih materialov, OP7, V: Andrijana Sever Škapin

PERSUADE - Poroelastično vozišče: inovacija za preprečevanje škode v okolju, OP7, V: Darko Kokot

REROAD - Strategije za izrabljena asfaltna vozišča, OP7, V: Marjan Tušar

ROSANNE - Standardi za merjenje odpornosti pri kotaljenju, odpornosti na zdrs in emisij hrupa na cestnih površinah, OP7, V: Darko Kokot

SmartRail - Pametno vzdrževanje in analiza prometne infrastrukture, OP7, V: Stanislav Lenart

TRA2012 - Podpora konferenci TRA2012, OP7, V: Aleš Žnidarič

Transcend - Razumevanje transportnih procesov v betonu/cementni matriki, OP7, V: Andraž Legat

TRIMM - Cestni monitoring in upravljanje v prihodnosti, OP7, V: Aleš Žnidarič

TYROSAFE - Optimizacija pnevmatik in vozišča proti zdrs, OP7, V: Darko Kokot

UltraGrip - Razvojna orodja za visok oprijem površin, OP7, V: Vilma Ducman

YEAR 2010 - Mlada evropska arena za raziskave 2010, OP7, V: Bojan Leben

RusaLCA - Nanoremediacija vode iz malih čistilnih naprav in ponovna uporaba vode in trdnih ostankov za lokalne potrebe, EK LIFE+, KP: Alenka Mauko

ReBirth - Promocija recikliranja industrijskih odpadkov in gradbenih ruševin v gradbeni industriji, EC LIFE+, KP: Alenka Mauko

Pilot4Safety - Pilotni projekt za skupni učni načrt EU za strokovnjake na področju varnosti v cestnem prometu: usposabljanje in aplikacije na stranskih cestah, EC DG MOVE, V: Matej Michelizza

E! MULTIPROTECT - Večnamenske plasti za zaščito mineralnih podlag, MVŠZT, V: Andrijana Sever Škapin

E!4964 LIGHTWASTE - Razvoj lahkega agregata iz odpadnega materiala in nadaljnja predelava v toplotno izolacijski beton, MIZŠ, V: Vilma Ducman

E!6782 POLYBAR - Polimerna podkonstrukcija za predelne stene, MGRT, V: Franc Capuder

EUREKA E! 3969 - Razvoj samočistilnih opečnih strešnikov CLEAN TILE, MIZŠ, V: Vilma Ducman

EUREKA E! 4166 - Požarna odpornost betona z žilindro iz jeklarske industrije FIRECON, MIZŠ, V: Vilma Ducman

COST Action FP1004 - Izboljšane mehanske lastnosti lesa, inženirskega lesa in lesenih konstrukcij, COST ACTION, V: Jelena Srpčič

COST Action FP1101 - Ocenjevanje, ojačanje in monitoring lesenih konstrukcij, COST ACTION, V: Tomaž Pazlar

COST Action TU0904 - Integriran požarni inženiring in odziv (IFER), COST ACTION, V: Jerneja Kolšek

COST Action TU1202 - Vpliv podnebnih sprememb na inženirska pobočja za infrastrukturo, COST ACTION, V: Stanislav Lenart

COST Action TU1207 - Ljudem prijazna mesta v podatkovno bogatem svetu, COST ACTION, V: Matija Gams

COST Action TU1301 - NORM za gradbene materiale (NORM4BUILDING), COST ACTION, V: Vilma Ducman

COST E53 - Obvladovanje kakovosti lesa in lesnih proizvodov, COST ACTION, V: Jelena Srpčič

COST MPNS Action 540 - PHONASUM Fotokatalitske tehnologije in novi nano-površinski materiali, COST ACTION, V: Andrijana Sever Škapin

COST TUD Action TD0804 - Zvočnost evropskih mest in krajine, COST ACTION, V: Mihael Ramšak

COST TUD Action TU0901 - Integracija in harmonizacija vidika zvočne izolacije na področju trajnostne mestne stanovanjske gradnje, COST ACTION, V: Mihael Ramšak

ASCAM - Učinkovito upravljanje s premoženjem soočeno z izzivi prihodnosti, ERANET, V: Mojca Ravnikar Turk

EVITA - Okoljski kazalniki za celotno premoženje cestne infrastrukture, ERANET, V: Darko Kokot

HEROAD - Celovita analiza ocene cest, ERANET, V: Aleš Žnidarič

MACC - Modern Art Conservation Center, evropsko teritorialno sodelovanje (SLO- IT 20072013), V: Mateja Golež

MIRAVEC - Modeliranje vpliva infrastrukture na porabo energije cestnega vozila, ERANET, V: Alenka Mauko

MIRIAM - Modeli za kotalni upor v sistemih za upravljanje s cestno infrastrukturo, FEHRL, V: Alenka Mauko

POTHOLE - Trajna popravila cestnih vdrtin, ERANET, V: Aleksander Ipavec

PROCROSS - Razvoj postopkov za navzkrižno optimizacijo upravljanja cestne infrastrukture, ERANET, V: Alojz Bevc

PROFILI - Oblikovanje čezmejne platforme storitev za izboljšanje procesov širšega področja gradbenih objektov, evropsko teritorialno sodelovanje (SLO- IT 20072013), V: Marjan Japelj

STARS - Štetje prometa ob cestnih delih, ERANET, V: Mojca Ravnikar Turk

SAVeRS - Izbira ustreznih sistemov za zadrževanje vozil, ERANET, V: Bine Pengal

BRoWSEr - Osnovne konfiguracije varnosti pri cestnih delih na evropskih cestah, ERA NET, V: Mojca Ravnikar Turk

IAEA CRP - Demonstrating Performance of Spent Fuel and Related Storage System Components during Very Long Term Storage, V: Andraž Legat

WIDESPREAD-2014-1 TEAMING - Renewable materials and healthy environments research and innovation centre of excellence – InnoRenew CoE, V: Andraž Legat

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

Raziskave v okviru projektov Kompetenčnega centra TIGR

Vodja: Andraž Legat

Naročnik: ZTIGR Godovič

POTROG - Potresnaogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite

Vodja: Marjana Lutman

Naročnik: Ministrstvo za obrambo

VODPREG - Zemeljske in betonske vodne pregrade strateškega pomena v RS

Vodja: Mojca Ravnikar Turk

Naročnik: Ministrstvo za obrambo

Pregledovanja mostov in uporabe mostnih sistemov za tehtanje vozil med vožnjo

Vodja: Aleš Žnidarič

Naročnik: Fundacao de Amparo a Pesquisa e Extensao Universitaria, Brazilija

Izdelava strokovnih podlag za zagotavljanje potresne odpornosti Idrije

Vodja: Marjanca Lutman

Naročnik: Občina Idrija

Geološkogeomehanske raziskave Krasa za drugi tir železniške proge Divača Koper

Vodja: Borut Petkovšek

Naročnik: Gradbeni inštitut ZRMK, d.o.o.

Raziskave cementnih matric z ekstremno visokimi trdnostnimi karakteristikami v kombinaciji s tehnološko napredno mikroarmaturo in polnili iz naravnih visoko trdnih kamenih agregatov

Vodja: Aljoša Šajna

Naročnik: Saning international, d.o.o.

Razvoj visokovrednega ognjevzdržnega granulata na osnovi odpadnih materialov

Vodja: Vilma Ducman

Naročnik: TOGO, d.o.o.

Izdelave tehničnih pogojev za zagotavljanje kakovosti pri izvajanju objektov stanovanjske gradnje

Vodja: Andrej Rebec

Naročnik: STANOVANJSKI SKLAD RS

Aktivnosti v okviru nosilca nacionalnega etalona enote za množino snovi/materiali

Vodja: Vilma Ducman

Naročnik: MGRT, Urad za meroslovje

Koordinirane raziskovalne aktivnosti v CEDR in WRA/PIARC

Vodja: Bojan Leben

Naročnik: Direkcija RS za ceste

Transparentni zaščitni premazi za mineralne površine

Vodja: Andrijana Sever Škapin

Naročnik: Helios tovarna barv, d.o.o.

Nedestruktivno določanje strižnih lastnosti kamnitega materiala s 3D optičnim skenerjem

Vodja: Stanislav Lenart

Naročnik: ELEA IC, d.o.o.

Raziskave lastnost gradbenih proizvodov in materialov po realnem požaru

Vodja: Andrej Rebec

Naročnik: Ministrstvo za obrambo

Industrijske raziskave strešnega panela HPAN

Vodja: Tomaž Pazlar

Naročnik: HOJA, d.d.

Aplikativne in konstrukcijske ustreznosti ultravitrskih ploskovnih in linijskih elementov izdelanih iz tehnološko naprednih armiranih cementnih betonov

Vodja: Aljoša Šajna

Naročnik: SANOVA, d.o.o.

Razvoj polimernih lepil za gradbeništvo različnih kemijskih osnov

Vodja: Friderik Knez

Naročnik: TKK, d.o.o.

Vpliv vsebnosti in značaja finih delcev v tamponskem agregatu na zmrzlinke dvižke in zmrzlinsko obstojnost nevezanih in vezanih plasti v voziščni konstrukciji

Vodja: Stanislav Lenart

Naročnik: Direkcija RS za ceste

Fasadni in strešni elementi nove generacije

Vodja: Friderik Knez

Naročnik: TRIMO, d.d.

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Člani programske skupine na številnih tehnoloških področjih tesno sodelujejo z industrijo in državnimi inštitucijami. Naši laboratoriji imajo akreditiranih 230 metod na področju preskušanja, kar je daleč največ med slovenskimi inštituti in industrijskimi laboratoriji. Poleg tega smo na področju kalibracij akreditirani za področja: dolžine, sile, tlaka, momenta sile, trdote, udarne žilavosti in mase. Rezultati naših raziskav v mnogih primerih dopolnjujejo standardne metode, ter se kasneje tudi upoštevajo pri novelaciji standardov in tehnične zakonodaje. Vse omenjeno dokazuje, da je ZAG na večini področjih svojega delovanja vrhunska raziskovalna in tehnološko usposobljena inštitucija, ki je popolnoma primerljiva s podobnimi inštituti v najbolj razvitih državah EU.

Istočasno v sodelovanju z industrijo skupaj razvijemo ne samo metodologije, temveč tudi prototipne izdelke. Del omenjenih raziskav se je odvijal v okviru kompetenčnega centra TIGR (Trajno in inovativno gradbeništvo), ter mednarodnih projektih, v katerih je sodelovala slovenska industrija. Poleg tega intenzivne skupne raziskave izvajamo v številnih skupnih projektih. Ključna področja, kjer se rezultati naših raziskav neposredno prenašajo v tehnološki razvoj posameznih izdelkov, so:

- uporaba novih materialov in postopkov za protipotresno utrjevanje in sanacije zidanih konstrukcij (sodelovanje s podjetji SIKA, Wienerberger, Xella in Goriške opekarne),
- razvoj visokotrčnih kompozitov na bazi cementnih veziv z optimalnimi mehansko-fizikalnimi karakteristikami (sodelovanje s podjetjema Sanning in Sanova),
- uporaba nanomaterialov in nanotehnologije pri gradbenih proizvodih (sodelovanje s podjetjema JUB in Helios),
- razvoj novih metod armiranja zemljin (sodelovanje s podjetji NAUE, TENCATE, Lineal in ŽGP)
- razvoj novih konceptov ogrevanja in hlajenja stavb z uporabo alternativnih virov energije (sodelovanje s podjetjem Hidria),
- uporaba in imobilizacija industrijskih ter komunalnih odpadkov, remediacija okolja (sodelovanje s številnimi podjetji in občinami v Sloveniji, tujimi podjetji in raziskovalnimi inštitucijami),
- razvoj sistemov za merjenje prometnih obremenitev in stanja mostov – ne samo cestnih, temveč tudi železniških (sodelovanje s podjetjem Cestel in več tujimi inštitucijami),
- spremljanje korozije pri skladiščenju in shranjevanju jedrskih odpadkov (sodelovanje z SKB, Švedska, VTT, Finska),
- merjenje sile (sodelovanje s podjetjem Zwick Roell).

Potrebno je poudariti, da je bil uspešen razvoj posameznih izdelkov in ustrezna potrditev njihovih funkcionalnih lastnosti, pogoj za ohranitev tržnega deleža ali vstop na nova tržišča, ter s tem tudi za dolgočasovni obstoj posameznih podjetij. Tesno sodelovanje z industrijo nam omogoča neposreden prenos rezultatov raziskav v razvoj novih izdelkov in tehnologij, istočasno pa tudi neposreden stik z dejanskimi problemi v praksi. Istočasno naše mednarodne aktivnosti posameznim podjetjem zagotavljajo povezanost s svetovnim tehnološkim vrhom.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	20.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	<p>Potrebno je omeniti, da je bil uspešen razvoj posameznih izdelkov in ustrezna potrditev njihovih funkcionalnih lastnosti, pogoj za osvojitve tujih tržišč in s tem tudi za dolgočasovni obstoj posameznih podjetij. Pri tem smo tesno sodelovali (še sodelujemo) z razvojnimi oddelki in tehničnimi službami teh podjetij.</p> <p>Partnerstvo z industrijo nam torej omogoča neposreden prenos rezultatov raziskav v razvoj novih izdelkov in tehnologij, zato ustanovitev spin-off podjetij ni mogoča (skupna intelektualna lastnina) ali smiselna (že obstoječa infrastruktura pri posameznih podjetjih). Proučujemo možnost za ustanovitev podjetij na dveh področjih, kjer tehnološke zmožnosti naših partnerjev ne omogočajo celovite uporabe naših rezultatov v praksi. Na vsakem od teh področij se pogovarjamo za skupno sodelovanje (lastništvo) z večjim in manjšim podjetjem.</p>

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Vir: KOSEC, Tadeja, QIN, Zack, CHEN, Jian, LEGAT, Andraž, SHOESMITH, D. W. Copper corrosion in bentonite/saline groundwater solution : effects of solution and bentonite chemistry. Corrosion science 90 (2015) 248-258 in KOSEC, Tadeja, KRANJC, Andrej, ROSBORG, Bo, LEGAT, Andraž. Post examination of copper ER sensors exposed to bentonite. Journal of nuclear materials, doi: 10.1016/j.jnucmat.2015.01.058

Mehanizmi korozijskih procesov so pomembni za napoved trajanja bakrenih zabojujnikov za odlaganje izrabljenega jedrskega goriva, pri čemer bi morali bakreni zabojujniki zagotavljati varnost vsaj 100.000 let. V štiriletnem obdobju spremljanja korozije bakra v bentonitu s pomočjo elektro-uporovnih senzorjev smo pokazali, da s fizikalno metodo (ER senzorji) ter elektrokemijske impedančne spektroskopije (EIS) lahko zanesljivo spremljamo zelo nizke korozijske hitrosti in napovemo trajanje zabojujnikov. Poleg tega lahko določimo tudi glavne značilnosti korozijskih procesov v času.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Vir: DUCMAN, Vilma. Poročilo o keramično tehnoloških preiskavah morskega sedimenta. Ljubljana: Zavod za gradbeništvo Slovenije, 2014. 24 f., [COBISS.SI-ID 2101095]

Luka Koper vpeljuje strategijo ravnanja z odpadki "No waste, just resources!". Del te strategije je tudi ravnanje z luškim muljem, ki ga bo v prihodnje zaradi poglobljanja nakopali predvidoma 300.000 m³ letno in katerega odlaganje predstavlja za podjetje veliko finančno in okoljsko breme. Na ZAG smo izvedli preiskave mulja za namen izdelovanja opeke kar lahko (vsaj deloma) predstavlja trajno rešitev ravnanja s tovrstnimi odpadki.

Več vsebine je podane v priloženem diapozitivu.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
matične RO (JRO in/ali RO s
koncesijo):*

in

vodja raziskovalnega programa:

Zavod za gradbeništvo Slovenije

Andraž Legat

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	16.3.2015
-----------	-----------

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/175

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, navedite: "Ni bilo sprememb.". Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://www.sicris.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priložitev/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b

20-A6-E4-3E-A4-F1-47-9F-1E-CE-26-3C-4F-EB-EE-EA-24-9C-72-DE

Priloga 1

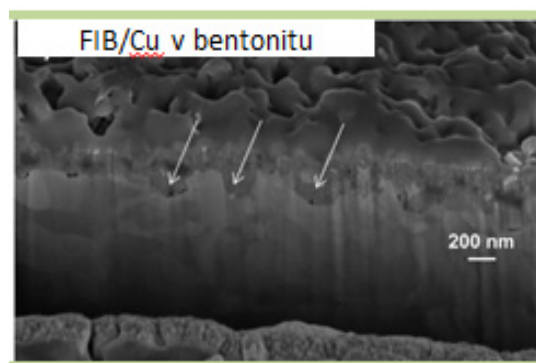
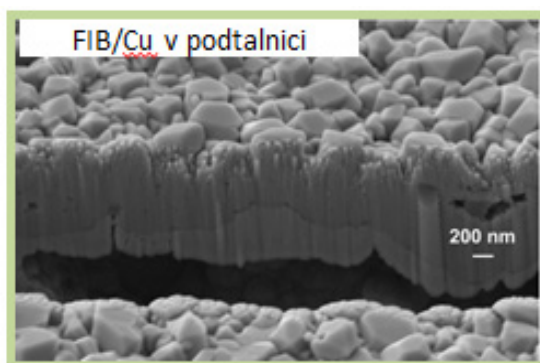
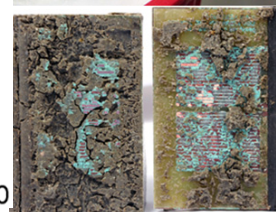
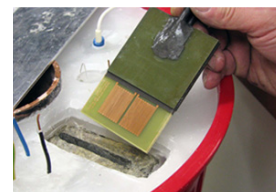
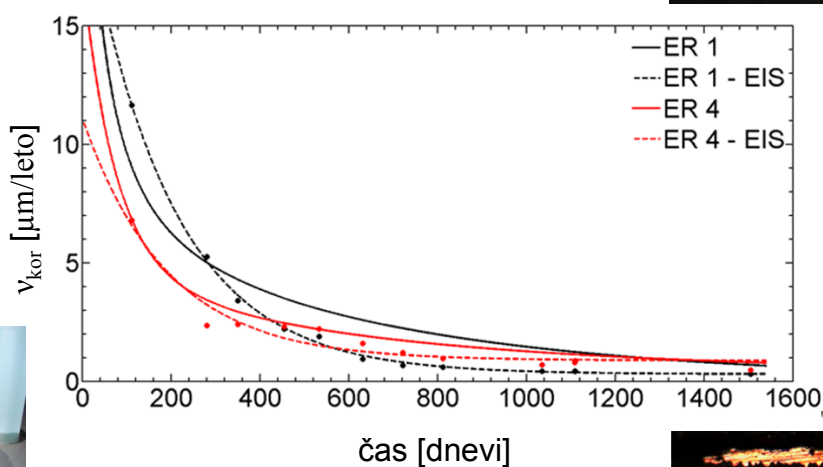
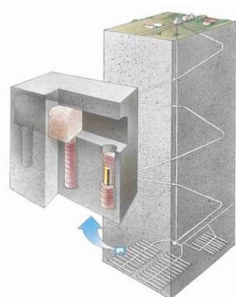
TEHNIKA

Področje: 2.01 – Gradbeništvo

Dosežek 1: Korozija bakra v bentonitu

Vir: KOSEC, Tadeja, QIN, Zack, CHEN, Jian, LEGAT, Andraž, SHOESMITH, D. W. Copper corrosion in bentonite/saline groundwater solution : effects of solution and bentonite chemistry. *Corrosion science* 90 (2015) 248-258 in KOSEC, Tadeja, KRANJC, Andrej, ROSBORG, Bo, LEGAT, Andraž. Post examination of copper ER sensors exposed to bentonite. *Journal of nuclear materials*, doi: [10.1016/j.jnucmat.2015.01.058](https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2015.01.058)

KBS-3 model shranjevanja visokoradioaktivnih odpadkov



V sodelovanju z raziskovalci iz Švedske in Kanade smo preiskovali vpliv trdnih snovi (bentonit) pri elektrokemijskih procesih v podtalnici z visoko vsebnostjo kloridnih in sulfidnih ionov. Mehanizmi korozijskih procesov so pomembni za napoved trajanja bakrenih zabojnikov za odlaganje izrabljenega jedrskega goriva, pri čemer bi morala 5 cm stena bakrenega zabojnika zagotavljati varnost vsaj 100.000 let. Že majhne koncentracije sulfidov močno vplivajo na adsorpcijo kloridov in vrsto korozije. V prisotnosti bentonita se korozijski procesi upočasnijo in so odvisni predvsem od transporta kisika v sistemu.

V štiriletnem obdobju spremljanja korozije bakra v bentonitu s pomočjo elektro-uporovnih senzorjev smo pokazali, da s fizikalno metodo merjenja električne upornosti (ER senzori) ter elektrokemijske impedančne spektroskopije (EIS) lahko zanesljivo spremljamo zelo nizke korozijske hitrosti in napovemo trajanje materialov. Poleg tega lahko določimo tudi glavne značilnosti korozijskih procesov v času.

Priloga 2

TEHNIKA

Področje: 2.01 Gradbeništvo

Dosežek 1: Razvoj opeke iz morskega sedimenta

Vir: DUCMAN, Vilma. Poročilo o keramično tehnoloških preiskavah morskega sedimenta. Ljubljana: Zavod za gradbeništvo Slovenije, 2014. 24 f., [COBISS.SI-ID 2101095]

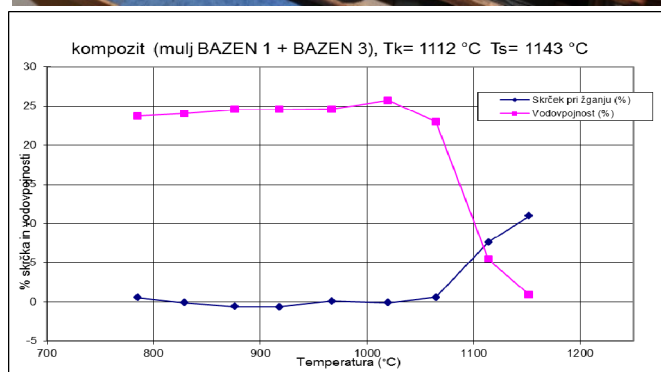
Lastnosti oblikovancev po sušenju in žganju:

SKRČEK PRI SUŠENJU (%)				
PRIZME	DOLŽINA	12,0	12,0	12,4
	ŠIRINA	11,8	12,0	11,9
ŽGANJE PRI TEMPERATURI		950 ±10°C	1050 ±10°C	1100 ±10°C
SKRČEK PRI ŽGANJU (%)				
PRIZME	DOLŽINA	0,5	0,7	6,4
	ŠIRINA	0,4	1,0	9,2
VODOVPOJNOST (%)		23,1	22,6	7,0
IZGUBA MASE (%)		15,5	17,4	15,8
UPOGIBNA TRDNOST (MPa)		3,2	8,7	19,3
PROSTORNINSKA MASA (g/cm ³)		1,5	1,6	2,0
TLAČNA TRDNOST (MPa)		25,7	36,4	96,8

Laboratorijsko oblikovani vzorci:



Odvisnost skrčka in vpijanja vode od temperature žganja za kompozit luških muljev:



Luka Koper vpeljuje strategijo ravnanja z odpadki **"No waste, just resources!"**. Del te strategije je tudi ravnanje z luškim muljem, ki ga bo v prihodnje zaradi poglobljanja nakopali predvidoma 300.000 m³ letno in katerega odlaganje predstavlja za podjetje veliko finančno in okoljsko breme.

Na ZAG smo izvedli preiskave mulja za namen izdelovanja opeke kar lahko (vsaj deloma) predstavlja trajno rešitev ravnanja s tovrstnimi odpadki.

Predelava luških muljev je del strategije ravnanja z odpadki "No waste, just resources!" v Luki Koper. Laboratorijski rezultati so bili pozitivni, zato je podjetje tudi že izvedlo preliminarne preiskave vmešavanja mulja v osnovno surovino za bloke v Goriških opekarnah. Na ta način bi bilo možno uporabiti velike količine mulja, razbremeniti deponije in hkrati ohranjati naravne vire, ki se trenutno uporabljajo za izdelavo opeke (http://www.espo.be/index.php?option=com_content&view=article&id=477&Itemid=97).