

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROJ_ZP_2008/137

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-9477
Naslov projekta	Izdelava kakovostnih betovonov in malt iz recikliranega agregata
Vodja projekta	16432 Lucija Hanžič
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3.400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	01.2007 - 12.2008
Nosilna raziskovalna organizacija	797 Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	11 Neusmerjene raziskave (temeljne)

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Pri rušitvah večjih betonskih objektov kakor tudi pri gradnji le-teh nastanejo večje količine odpadnega betona sorazmerno dobre kvalitete. Za tak beton so bili uporabljeni kvalitetni primarni (to je naravni) agregati, zato je za implementacijo konceptov trajnostnega razvoja potrebno poiskati možnosti za ponovno uporabo tovrstnih gradbenih odpadkov v prpizvodih visoke vrednosti. Z reciklažo (drobljenjem in sejanjem) odpadnega betona dobimo reciklirani agregat (RA), katerega grobo frakcijo je možno uporabiti za izdelavo betona (RAC – Recycled Aggregate Concrete), medtem ko aplikacije za fino frakcijo še niso raziskane. Proizvodnja RAC ima specifične zahteve,

RAC pa specifične lastnosti, zato je možnosti za njegovo uporabo še potrebno raziskati. V okviru raziskovalnega projekta sta bila tako definirana dva glavna raziskovalna cilja in sicer:

1. raziskati možnosti in definirati načine za pripravo kvalitetnega betona iz recikliranega agregata RA z normalno karakteristično tlačno trdnostjo in
2. raziskati možnosti uporabe finih delcev RA za pripravo malte (RAM – Recycled Aggregate Mortar) in analizirati lastosti tako pripravljenih malt.

V okviru raziskovalnega dela so bile izvedene naslednje aktivnosti:

1. Analiza stanja na področju ravnanja z gradbenimi odpadki v Sloveniji

V okviru analize stanja na področju ravnanja z gradbenimi odpadki sem pregledala slovensko zakonodajo, analizirala sem objavljene statistične podatke, obiskala tri zbirno-predelovalne centre, se povezala s predsednikom društva za gradbene odpadke, ter v okviru sodelovanja s podjetjem Projekt imela vpogled v načrte za ravnanje z gradbenimi odpadki. V času trajanja projekta sem se vključila v delovno skupino W115 Construction Materials Stewardship, ki deluje pri International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB) za katero sem pripravila poročilo o stanju na področju gradbenih odpadkov v Sloveniji.

Najpomembnejša ugotovitev je, da veljavna regulativa sicer kot prvo možnost navaja ponovno uporabo (Reuse) gradbenih odpadkov in šele nato reciklažo (Recycle), vendar na SI-Stat ni možno dobiti podatka o količinah ponovno uporabljenih materialov. Nadalje naši predpisi ne omenjajo ukrepov za zmanjševanje nastajanja gradbenih odpadkov (Reduce), ki bi jih bilo potrebno uvajati že v fazi projektiranja. Mnogo gradbenih elementov namreč postane odpadke, ker jih pri rušenju ali sanaciji ni možno ekonomično in brez poškodb ločiti od drugih delov konstrukcije. Iz podobnih razlogov so tudi materiali namenjeni za reciklažo pogosto onesnaženi in v drugem ciklu uporabni le za aplikacije nižje vrednosti.

Za učinkovito implementacijo omenjenih konceptov pa so ključni element univerze, ki izvajajo programe gradbeništva, arhitekture in gospodarskega inženirstva, saj je bodočim inženirjem in arhitektom potrebno privzgojiti tako odgovoren odnos do ravnanja z naravnimi viri, kakor tudi razumevanje, da gradbeni odpadki dejansko nastajajo v fazi projektiranja in ne samega rušenja, ter študente učiti ustreznih rešitev. V okviru skupine W115 sem zato predlagala raziskavo o stanju na tem področju, kar je opisano v točki B.5 tega poročila.

2. Zbiranje odpadnega betona in recikliranega agregata

Zbiranje odpadnega laboratorijskega betona je potekalo v Laboratoriju za raziskave materialov in konstrukcij (LRMK) Fakultete za gradbeništvo Univerze v Mariboru. Ta beton smo predelali v nefrakcionirani RA na mobilni reciklažni napravi podjetja Gokop. Tako smo pridobili $\sim 0.5 \text{ m}^3$ RA. Betonarna Pili v Celju je zbirala odpadni beton proizveden z dodatkom mikrosilike. Ta beton smo zdrobili na stacionarni drobilni napravi podjetja CPM in pridobili $\sim 3 \text{ m}^3$ RA. Nadaljnje $\sim 3 \text{ m}^3$ RA smo zbrali na Zbirnem centru za gradbene odpadke podjetja CPM. Zaradi sorazmerno male količine betona, sejanje agregata na reciklažni napravi ni bilo možno in ga je bilo potrebno frakcionirati v laboratoriju.

3. Analiza RA

Določene so bile osnovne lastnosti agregata (gostota, vodovpnost) in opravili smo vizualni pregled vzorcev grobih frakcij, katerih zrna smo ločili v tri skupine in sicer: (i) zrna primarnega agregata (P-A), (ii) zrna iz cementne osnove primarnega betona (P-HCP) in (iii) zrna primarnega agregata z oprijeto cementno osnovo (P-A/HCP). Zrna finega

agregata smo pregledali z optičnim in elektronskim mikroskopom. Gostota RA je v primerjavi z naravnim drobljencem manjša in posledično smo tudi betonih in maltah iz RA izmerili nižje vrednosti gostote. Vodovpojnost je večja zaradi večje poroznosti zrn iz primarne cementne osnove, kar ima za posledico manjši posed oz. razlez pri enakem vodocementnem razmerju, po drugi strani pa zmes iz RA bolje zadržuje zmesno vodo.

V grobih frakcijah RA je delež zrn primarnega agregata ~ 55 m. %, medtem ko je delež zrn iz cementne osnove samo ~ 25 m. %, približno takšno pa je razmerje tudi v frakciji 4/8. Iz mikroskopske analize sledi, da so zrna agregata zaprašena z drobci primarne cementne osnove, kar vpliva na potrebno količino zmesne vode pri pripravi kompozita. Prehodno območje na P-A/HCP zrnih je zaradi drobljenja dodatno oslABLJENO, zato se pri manipulaciji na betonarni takšna zrna lahko prelomijo in posledično predstavljajo podmerna zrna v frakciji. Zrna P-HCP so kompaktna, razpoke niso pogoste.

4. Izdelava programa za izračun receptur betonov in malt

Za izračun recepture mešanic betona in malte sem izdelala računalniški program, ki deluje na osnovi Excelovih tabel in omogoča hitre parametrične študije. Glavna prosta parametra pri načrtovanju sta vodocementno razmerje in delež presežne cementne paste. Osnovno verzijo programa, narejeno za klasične betone sem modificirala (i) za izračun samozgoščevalnih (SCC) betonov v skladu z dopolnjeno CBI metodo in (ii) za izračun maltnih mešanic, ki lahko poleg cementa vsebujejo tudi druga veziva.

5. Izdelava betona

Iz RA smo izdelali 5 mešanic betona in dobili ugodne rezultate glede trdnosti betona – 65 MPa na mešanicah z grobimi frakcijami iz 100 % RA, trdnost ni bila bistveno višja v primeru uporabe 50 % RA za grobe frakcije, in ni bistveno padla v primerjavi z referenčnimi mešanicami. Smo pa na mešanicah iz RA izmerili manjši posed. Glede na trende v gradbeni industriji sem prišla do zaključka, da bodo v prihodnosti vedno bolj zanimivi SCC, zato sem si zastavila za cilj izdelavo SCC iz RA. Takšen beton bi imel večkratni pozitiven učinek iz ekološkega vidika, saj je zaradi uporabe RA (i) manjša poraba primarnih surovin, (ii) manjša obremenitev odlagališča, zaradi vgrajevanja v SCC pa (iii) manjša poraba energije, saj vibriranje betona ni potrebno in posledično (iv) manjša obremenitev okolja s hrupom. Vendar je izdelava SCC bolj zahtevna v primerjavi s klasičnimi vibriranimi, mešanice pa bolj občutljive na variacije v lastnostih komponent betona. Zaenkrat smo uspešno izdelali SCC mešanico iz naravnega gramoza (DC 335 kg, razlez 695 mm, trdnost 44 MPa), nekoliko manj uspešno pa iz naravnega drobljenca (DC 365 kg, razlez 705 mm, trdnost 39 MPa). Ker je pasta ključna komponenta SCC in sicer njena viskoznost ter kohezivnost, smo izvedli obsežnejši eksperiment na pastah. V odvisnosti od vodocementnega razmerja in količine filerja (to je inertnega praškastega materiala) smo določali pretočnost paste skozi lijak in čas padanja kovinske kroglice v pasti. V delo sem vključila diplomanta, rezultati so še v obdelavi, diplomsko delo pa bo predvidoma zaključeno junija letos. Na osnovi sodelovanja s podjetjem Projekt je LRMK konec februarja 2009 dobil tudi kompletno opremo za testiranje SCC in sicer dva V-lijaka (za malto in beton), L-škatlo z dvema oz. tremi palicami ter dva J-obročja z 12 oz. 18 palicami. Tako smo nekako postavili dobre temelje za nadaljnje delo.

6. Izdelava malte

Na malti iz RA so bili uspešno zaključeni testi njene sposobnosti da zadrži zmesno vodo ob nanosu na vodovpajno podlago. Rezultati so zbrani v diplomskem delu, ki je nastalo v sodelovanju s prof. Luizom Olivero iz University of Beira Interior, Covilha, Portugalska. Rezultati so bili objavljeni tudi na mednarodni konferenci SB08 v Melbourne, Avstralija. Iz rezultatov je razvidno, da je sposobnost zadrževanja zmesne vode v primeru uporabe RA boljše kot v primeru uporabe naravnega drobljenega peska. Sam proces ima tri faze in sicer v prvi fazi poteka absorpcija zelo hitro in je odvisna od lastnosti vodovpojne

podlage, v drugi fazi se proces upočasni in je odvisen predvsem od transporta vode po sveži malti, po začetku vezanja cementa pa se proces dodatno upočasni, saj se voda porablja za hidracijo, hidracijski produkti pa ovirajo gibanje proste vode. Mikrostrukture RAM sem že delno pregledala z optičnim stereomikroskopom in nisem opazila razlik v primerjavi z malto iz naravnega agregata.

7. Analiza mikrostrukture

Z elektronskim in optičnim mikroskopom smo pregledali mikrostrukturo finih frakcij RA in malt iz RA. Elektronska mikroskopija je bila opravljena na Univerzitetnem centru za elektronsko mikroskopijo Univerze v Mariboru, optična mikroskopija pa na optičnem stereomikroskopu Olympus, ki smo ga imeli na testiranju v LRMK. Od konca februarja 2009 pa v LRMK že razpolagamo z svojim tovrstnim mikroskopom, za nakup katerega je bil porabljen večji del materialnih stroškov podoktorskega projekta. Mikroskop je opremljen s kvalitetno digitalno kamero za zajemanje slike in programsko opremo za analizo slike. Trenutno še manjka računalnik, tako da bo mikroskop v polni uporabi predvidoma naslednji mesec (maj 2009), ko bom nadaljevala tudi z analizo mikrostrukture malte in betonov.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Cilji projekta še niso v celoti realizirani, vendar menim, da bodo v tekočem letu. Razloga za to sta v glavnem dva:

1. V času projekta sem se vključila v mednarodno delovno skupino W115, kar je privedlo do spremembe (oz. dodatka) raziskovalnega projekta, kar je opisano v točki B.5 tega poročila.

2. Zbiranje in frakcioniranje RA je potekalo bistveno počasneje kot sem predvidevala. Že v vmesnem poročilu sem omenila, da je bil velik problem v tehnični podpori. Kot je razvidno iz 3. točke, poročila smo zbrali ~ 7 t RA, ki ga je bilo potrebno v laboratoriju presejati in pregledati. Ker v okviru podoktorskega projekta ni možno plačati tehničnega sodelavca, so to delo opravili študenti in tehnična sodelavca našega laboratorija na osnovi dobre volje. Pri vsem prahu in hrupu, ki pri tem nastane, pa je dobre volje tudi hitro konec. Recenzent vmesnega poročila me je opozoril, da sem se tega morala zavedati že pri pisanju vsebine projekta in tukaj mi ne preostane drugega, kot da priznam veliko stopnjo lastne naivnosti. ARRS zato predlagam, da razmisli o možnosti dodelitve sredstev za tehnične sodelavce na tovrstnih podoktorskih projektih.

Ker je bilo v zbiranje RA vloženih toliko naporov, sem posledično dokaj zadržana pri negovi uporabi. Zato sedaj opravljam teste ostalih sestavin betona in se učim projektiranja SCC z naravnim drobljencem, SCC iz RA pa bom poskusila izdelati šele, ko bom že dovolj zanesljivo obvladala posamezne segmente.

Kljub navedenim razlogom, je raziskovalna hipoteza v veliki meri realizirana. Opravljene raziskave so pokazale, da je z grobo frakcijo RA iz betonskih odpadkov možno izdelati sekundarni beton z normalno tlačno trdnostjo in sicer tudi pri 100 % uporabi grobe frakcije RA. Zaradi večje poroznosti RA v primerjavi z naravnim agregatom, je ob istem vodocementnem razmerju konsistenca merjena s posedom manjša. To je pomemben segment, ki ga je potrebno upoštevati pri SCC mešanicah. Vse do sedaj opravljene raziskave na malti so vzpodbudne.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Kot sem že omenila v točki B.3 sem se v času projekta vključila v skupino W115 in

pripravila poročilo o stanju na področju ravnanja z gradbenimi odpadki v Sloveniji ter pri tem prišla do zaključka, da so univerzitetni študijski programi najverjetneje ena izmed ovir pri uspešni implementaciji. Ker sem zaposlena kot univerzitetni učitelj s polno pedagoško obremenitvijo (poučujem arhitekto ter gradbene in gospodarske inženirje), je zame prav poučevanje bodočih strokovnjakov najboljši način prenosa znanja v prakso. Na osnovi teh ugotovitev sem se odločila za študijski obisk pri prof. Johnu Storeyu, enem od vodij skupine W115 na Victoria University of Wellington, Wellington, Nova Zelandija. Obisk sem opravila pred konferenco v Melbournu, Avstralija, kjer sem predstavila članek in sodelovala na drugem sestanku skupine W115. Tako zaradi študijskega obiska niso nastali dodatni stroški, prav tako pa je bila to zame edinstvena priložnost, saj zaradi domačih razmer (dva šoloobvezna otroka) in pedagoških obremenitev v obeh semestrih študijskega obiska ne morem opraviti drugače kot v poletnih mesecih. Ker je v tem času večina ljudi na severni polobli na dopustu, obisk od junija do avgusta nima smisla, fakulteta pa občasno najavlja, da bodo gostovanja v tujini pogoj za izvolitev v naziv.

Torej, za trajnostno rabo naravnih virov na področju gradbeništva je izjemno pomembno, da vsi sodelujoči na projektu razpolagajo z ustreznimi znanji. V Sloveniji se trenutno vsi osredotočamo na reciklažo gradbenih odpadkov, ne zavedamo pa se, da se razlogi za njihov nastanek skrivajo v fazi načrtovanja (npr. stiki med elementi so načrtovani tako, da elementov pri razgradnji ni možno učinkovito ločiti in ponovno uporabiti). Kljub temu, da se na univerzah raziskovalno ukvarjamo s tovrstno problematiko, menim, da ti koncepti niso ustrezno vključeni v kurikule.

V času študijskega obiska sva s prof. Storeyem zasnovala študijo, katere namen je ugotoviti stanje na izbranih univerzah po svetu. Za ta namen sem pripravila tri vrste vprašalnikov, člani skupine W115 pa so na sestanku v Melbournu študijo podprli.

Vprašalniki so sedaj v finalni obdelavi in bodo distribuirani v začetku naslednjega študijskega leta, saj so bruci ena od ciljnih skupin in upam, da bo raziskava pripomogla k razmislekom o ustreznih spremembah kurikuluma.

Študijski obisk, sicer nenačrtovan, ocenjujem kot zelo uspešen, saj sem se veliko naučila tako glede trajnostne rabe gradbenih materialov, kot glede pedagoškega dela (sodelovala sem pri vajah in izvedla predavanje pri predmetu Construction), po vrnitvi v Slovenijo pa sem opravila izpit iz angleškega jezika in pridobila University of Cambridge Certificate of Proficiency in English. Kopiji potrdil o študijskem obisku in opravljenem izpitu sta priloženi.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	SLO Sposobnost zadrževanja zmesne vode za malte iz recikliranega agregata
		ANG Water retention capability of mortars made of recycled aggregate
	Opis	SLO Malta mora pri nanosu na vodovpojno podlago zadržati zmesno vodo, saj je le tako možna obdelava in doseganje načrtovanih lastnosti. Zaradi večje poroznosti fina frakcija recikliranega agregata pridobljenega iz betonskih odpadkov bolje zadržuje zmesno vodo kot naravni drobljeni agregat.
		ANG When mortar is applied on an absorptive material it is essential to retain mix its water otherwise the quality of placing and thus the properties in hardened state are affected. Fine fraction of recycled aggregate produced out of concrete waste has higher porosity than natural crushed aggregate and its water retention capability is higher.
	Objavljeno v	HANŽIČ, Lucija, MAUTINGER, Alan, JURIČ, Bernardka, PEREIRA DE OLIVEIRA, Luiz Antonio. Water retention capability of mortars made of recycled aggregate. V: FOLIENTE, Greg C. (ur.). Proceedings of the 2008 World Sustainable Building Conference, World sb08 Melbourne, Melbourne Convention Centre, 21-25 September 2008. [S. l.]: sb08, cop. 2008, vol. 2, [7] str. http://www.sb08.org/ .
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

	COBISS.SI-ID		12971286
2.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
3.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
4.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
5.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Stanje na področju ponovne uporabe gradiv v Sloveniji
		ANG	Slovenia - Construction materials stewardship: the status quo
	Opis	SLO	Slovenija je z implementacijo Operativnega programa ravnanja z gradbenimi odpadki za obdobje od 2004 do konca 2008 naredila velik napredek pri upravljanju z gradbenimi odpadki, vendar problematika še ni rešena. Prispevek analizira obstoječe stanje in šibke točke ter podaja predloge za prihodnost.
		ANG	Implementation of Action Plan for C&D Waste Processing 2004-2008 resulted in significant progress in the field of C&D management in slovenia. However, there is still a lot to be done in the future. The paper is aimed to analyse current situation and its weaknesses and to give recommendations for the future.
	Šifra		D.03 Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
	Objavljeno v		HANŽIČ, Lucija, JURIČ, Bernardka. Slovenia. V: STOREY, John B. (ur.). Construction materials stewardship : the status quo in selected countries : CIB W115, (CIB Report, 318). Wellington: Centre For Building Performance Research, Victoria University of Wellington: International Council for Building Research Studies and Documentation (CIB), Working Commission W115:

		Construction Materials Stewardship, cop. 2008, str. [59-66].
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
	COBISS.SI-ID	12971286
2.	Naslov	SLO
		ANG
	Opis	SLO
		ANG
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	
3.	Naslov	SLO
		ANG
	Opis	SLO
		ANG
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	
4.	Naslov	SLO
		ANG
	Opis	SLO
		ANG
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	
5.	Naslov	SLO
		ANG
	Opis	SLO
		ANG
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	

8. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁷

8.1. Pomen za razvoj znanosti⁸

SLO

Naloga inženirja je, da izsledke temeljnih znanosti pretvori v uporabne izdelke. Vendar pa sta zadnji dve desetletji pred inženirje postavili nove izzive, saj smo spoznali, da naš planet ne zmore podpirati sedanje stopnje izkoriščanja naravnih virov oziroma predelati nakopičenih odpadkov. Velike količine odpadkov nastajajo tudi v gradbeni industriji, pri čemer pomemben delež predstavljajo betonski odpadki. Beton, iz katerega so izdelani konstrukcijski elementi, je narejen iz kvalitetnega primarnega agregata in inženirji v duhu načel trajnostnega razvoja iščemo možnosti, kako takšen beton oz. iz njega pridelan recikliran agregat (RA) uporabiti za visokovredne aplikacije tudi v drugem življenjskem ciklu. Raziskave na področju uporabe RA v

betonu so obsežne, saj je beton precej kompleksen kompozit, tako da tale študija prispeva le nekaj novih vidikov v zakladnico znanja iz navedenega področja. Izvedene raziskave so pokazale, da je potrebno dobro poznati lastnosti RA in jih upoštevati pri načrtovanju betonske mešanice. Za projektiranje mešanic je bila uporabljena metoda, ki temelji na dveh glavnih prostih parametrih – to sta vodocementno razmerje in volumski delež presežne cementne paste. Mešanice so dosegle tlačno trdnost 65 MPa brez uporabe posebnih postopkov mešanja in z normalno dozo cementa. Rezultati predstavljajo dobro osnovo za nadaljnje delo s ciljem izdelati samozgoščevalni beton (SCC) iz RA. Večina trenutne proizvodnje betona je usmerjena v izdelavo klasičnih vibriranih betonov, saj so SCC mešanice dokaj občutljive na variacije v sestavinah. Zatorej se trenutno za izdelavo SCC uporabljajo kvalitetni agregati, RA pa se uporablja za manj zahtevne betone. V prihodnosti pa vendarle lahko pričakujemo preusmeritev proizvodnje betona v SCC in takrat bo potrebno zaradi zgoraj navedenih razlogov uporabljati tudi RA. Drugi del študije je bil usmerjen v uporabo fine frakcije RA. Le-te za proizvodnjo betona ni možno uporabiti in zato še vedno predstavlja odpadni material. Raziskane so bile možnosti za njeno uporabo v maltah na osnovi cementa. Malte iz RA so pokazale dobro sposobnost zadrževanja zmesne vode ob nanosu na vodovpojno podlago in ti pozitivni rezultati so vzpodbuda za nadaljnje delo.

ANG

The domain of engineers is to implement the findings of basic sciences into serviceable products. However, in the last two decades it became clear that our planet cannot sustain current exploitation rate of natural resources nor can it digest the accumulating waste. It is a task of a modern engineer to find solutions to these problems. Construction industry produces large quantities of waste, much of it being concrete rubble. Concrete used for structural elements is produced of high quality aggregate and in order to implement sustainable development concepts it should be used for high grade applications in the second life cycle as well. There is a lot of research dealing with the use of recycled aggregate (RA) in concrete, the latter being quite a complex composite material so this study only adds some new aspects to the knowledge in the field. Study showed that it is essential to take specific properties of RA into account during mix design. Mix design method based on two chief free parameters, namely water-cement ratio and volumetric fraction of excess cement paste (overfill) was applied and proved very efficient. Mixes with strength of 65 MPa were produced without special mixing procedure and with normal dose of cement. The study is a good foundation for further work aimed to produce self-compacting concrete (SCC) using RA. The majority of present concrete production is aimed to classic vibrated concrete because SCC mixtures are prone to variations of properties. When SCCs are produced natural aggregates of good quality are used. However, it is expected that concrete production will shift towards the SCC mixtures in the future and then it will be necessary to use RA due to the reasons given above. In the second part of the study focus was on fine fraction of RA which cannot be used for concrete production and is therefore still regarded as waste. Fine fraction of RA was used for production of cement-based mortars and positive results, especially in respect to its water retention capability, were obtained giving thrust to further research work.

8.2. Pomen za razvoj Slovenije⁹

SLO

Študija se je osredotočila na dva vidika upravljanja z gradbenimi odpadki in sicer (i) na ugotavljanje stanja v Sloveniji in (ii) na izdelavo betona in malte iz recikliranega agregata (RA). Iz prvega dela študije izhajajo nekateri pomembni zaključki, ki bi jih bilo potrebno upoštevati v slovenski strategiji ravnanja z gradbenimi odpadki in sicer: (a) trenutno je prevelik poudarek na recikliranju gradbenih odpadkov. Predpisi sicer kot prvo možnost ravnanja navajajo ponovno uporabo komponent, a je ta princip slabo implementiran. Že statistični podatki na portalu SI-Stat ne navajajo ponovno uporabljenih materialov kot ločene entitete, zato niti ni možno spremljati napredka na tem področju; (b) princip zmanjševanja količin odpadkov trenutno ni vključen v slovensko zakonodajo in predpise. Razumevanje, da gradbeni odpadki v največji meri nastanejo zaradi neustreznega načrtovanja, še ni razširjeno, zato tudi arhitekti in projektanti ne čutijo odgovornosti za nastanek gradbenih odpadkov; (c) da bi uspešno uveljavili načela zmanjševanja nastajanja gradbenih odpadkov je potrebno ustrezno izobraziti arhitekta in gradbene inženirje. V tem pogledu bi morale slovenske univerze ne le vključiti v svoje programe predmete iz področja trajnostnega razvoja in varovanja okolja, temveč bi morale ustrezna znanja vključiti v obstoječe predmete. Drugi del študije je pokazal, da je ob upoštevanju specifičnih lastnosti RA groba frakcija uporabna za proizvodnjo betona, medtem ko je fino frakcijo možno uporabiti za izdelavo malte. Raziskave so bile izvedene v sodelovanju z nekaterimi slovenskimi podjetji (predvsem CPM in

Projekt), prav tako pa so bili v raziskovalno delo vključeni študenti gradbeništva. Nadejati se je, da bodo rezultati raziskav spodbudili sedanje in bodoče strokovnjake, ki so sodelovali pri študiji, da uporabljajo RA tudi v višje-vrednih aplikacijah, s čimer bodo prispevali k trajnostni rabi naravnih virov v Sloveniji.

ANG

The focus of the study was on two aspects of demolition and construction waste (CDW) management, namely (i) an overall survey of situation in the field of CDW management in Slovenia and (ii) the study of concrete and mortar produced of recycled aggregate (RA). The first part of the study yielded some important conclusions which should be incorporated into the CDW management strategy in Slovenia. These conclusions are as follows: (a) At present too much emphasis is put on recycling of CDW. Although "Reuse" of components is stated as the first option, it is rarely implemented. Quantities of reused materials are not treated as a separate entity in SI-Stat report therefore the progress can not be measured; (b) The "Reduce" concept is not incorporated in Slovenian legislation and regulations. It is not yet understood that the majority of CDW is a result of improper design and architects and construction engineers do not feel responsible for waste generation; (c) In order to implement the "Reduce" concept it is necessary to educate architects and civil engineers. Not only should Slovenian universities introduce special subjects on sustainable development and environment protection to their programmes, but should also incorporate these ideas in existent subjects. The second part of the study showed that when specific properties of RA are taken into account the coarse fractions can be used for production of concrete (RAC – Recycled Aggregate Concrete), whereas fine fractions can be used for production of mortar (RAM – Recycled Aggregate Mortar). The study was carried out in collaboration with a couple of Slovenian construction companies (especially CPM and Projekt) and in addition students were involved in research activities. There is still a lot of work to be done but encouraging results will hopefully inspire current and future practitioners who were involved in the study to use RA for high grade applications as well. This would make a contribution to a sustainable use of Slovenian resources.

9. Samo za aplikativne projekte!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri aplikativnem projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

10. Samo za aplikativne projekte!**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☐	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☐	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☐	☐	

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☐	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☐	☐	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	☐	☐	☐	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☐	☐	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☐	☐	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	☐	☐	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	☐	☐	☐	☐	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	☐	☐	☐	☐	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	☐	☐	☐	☐	
G.09.	Drugo: 	☐	☐	☐	☐	

Komentar

11. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki¹⁰

1.	Sofinancer			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra		

	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
	Komentar		
Ocena			
2.	Sofinancer		
Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:			EUR
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:			%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
Komentar			
Ocena			
3.	Sofinancer		
Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:			EUR
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:			%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
Komentar			
Ocena			

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, za objavo 6., 7. in 8. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki

Podpisi:

Lucija Hanžič	in/ali	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Maribor

9.4.2009

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROJ_ZP_2008/137

¹ Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁴ Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

Naslov: Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

Opis: Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

Objavljeno v: OBERMAJER, N., PREMŽL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates $\beta 2$ - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. Exp. Cell Res., 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

COBISS.SI-ID: 1920113 [Nazaj](#)

⁶ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁷ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁸ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki Nazaj

¹⁰ Rubrike izpolnite/prepišite skladno z obrazcem "Izjava sofinancerja" (<http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>), ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. Nazaj

Obrazec: ARRS-ZV-RPROJ-ZP/2008 v1.00