

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Jelen, M., 2014. Mešane ruševine v betonu. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Bokan Bosiljkov, V., somentor Cotič, Z.): 64 str.

Datum arhiviranja: 02-10-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Jelen, M., 2014. Mešane ruševine v betonu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Bokan Bosiljkov, V., co-supervisor Cotič, Z.): 64 pp.

Archiving Date: 02-10-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
VODARSTVO IN OKOLJSKO
INŽENIRSTVO**

Kandidatka:

Diplomska naloga št.: 32/B-VOI

Graduation thesis No.: 32/B-VOI

Mentorica:

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Dušan Žagar

Somentorica:

Ljubljana, 23. 09. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **Maja Jelen** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »**Mešane ruševine v betonu**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, september 2014.

Maja Jelen

(podpis kandidatke)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.4.036:691.3(497.4)(043.2)
Avtor:	Maja Jelen
Mentor:	Izr. prof. dr. Violeta Bokan - Bosiljkov
Somentor:	Zvonko Cotič, dipl. inž. grad.
Naslov:	Mešane ruševine v betonu
Tip dokumenta:	Diplomsko delo - univerzitetni študij
Obseg in oprema:	64 str., 26 preg., 9 graf., 31 sl.
Ključne besede:	Recikliran agregat, gradbeni odpadki, mešane ruševine, nadomeščanje naravnega agregata z recikliranim

Izvleček

Zaradi zahteve po varovanju naravnih virov so zahteve po uporabi recikliranih materialov vse bolj pogoste tudi v gradbeni praksi, še posebej, ker je gradbeništvo velik porabnik naravnih virov. Uporaba recikliranih agregatov za cementne betone pomeni manjšo porabo naravnih agregatov. Po drugi strani pa morajo cementni betoni z vključenim recikliranim agregatom izpolnjevati enake zahteve glede trdnosti, obstojnosti in drugih lastnosti, kot običajni betoni, saj obstaja v nasprotnem primeru možnost zmanjšanja varnosti betonskih objektov.

V okviru svoje diplomske naloge sem ugotavljala vpliv drobljenih mešanih gradbenih ruševin na lastnosti betona v svežem in strjenem stanju. Drobljene mešane ruševine sem na terenu presejala čez sito 30 x 30. V laboratoriju sem nato najprej določila lastnosti recikliranega agregata. V nadaljevanju sem zasnovala tri sestave betona z recikliranim agregatom. V prvem betonu sem zamenjala 30 % grobe frakcije z grobim recikliranim agregatom, v drugem betonu sem z grobo reciklirano frakcijo zamenjala grobo agregat v celoti, v tretjem betonu pa sem uporabila samo recikliran agregat. Vsi betoni so imeli enako količino cementa, enak delež superplastifikatorja in enako vodo-cementno razmerje. Na koncu sem betona zamešala, določila lastnosti v svežem stanju, jih vgradila v kalupe in na strjenem betonu določila gostoto, tlačno, upogibno in cepilno trdnost ter odpornost proti prodoru vode pod pritiskom. Na podlagi dobljenih rezultatov preiskav sem betone uvrstila v ustrezne razrede tlačne trdnosti ter predlagala možne načine uporabe betonov z različnimi deleži vključenih recikliranih ruševin.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	628.4.036:691.3(497.4)(043.2)
Author:	Maja Jelen
Supervisor:	Assoc. Prof. Violeta Bokan Bosiljkov, Ph.D.
Co-supervisor:	Zvonko Cotič, BSCE
Title:	Use of demolished building waste in concrete composites
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	64 p., 26 tab., 9 graph., 31 fig.
Keywords:	Recycled aggregate, construction waste, mixed demolition waste, replacement of natural aggregate by recycled one

Abstract

Due to the requirement to protect natural resources, the demand for the use of recycled materials is increasingly common in construction practice, especially since the construction sector is a major consumer of natural resources. The use of recycled aggregates for concretes with cement binder means less consumption of natural aggregates. On the other hand, concrete with recycled aggregates has to meet the same requirements for strength, durability and other characteristics than conventional concrete, since there is otherwise the possibility of reducing the safety of concrete structures. In the course of this thesis, I identify the impact of crushed mixed construction demolition waste on concrete properties in fresh and hardened state. The waste was sieved through a sieve of 30 x 30 and thus recycled aggregate was obtained. In the laboratory, I first established properties of the recycled aggregate and designed three concrete compositions with recycled aggregates. In the first concrete I replaced 30% of the coarse aggregate fraction with coarse recycled aggregates. In the second concrete I replaced whole coarse aggregate with the recycled coarse aggregate. In the third concrete, I used only recycled aggregate. All concretes had the same amount of cement, the same proportion of superplasticizer and the same water-cement ratio. In the end I mixed the three concretes, tested the properties in the fresh state and cast the concretes into moulds. In hardened state I determined the density, compressive, flexural and splitting strengths and resistance to penetration of water under pressure. Based on the obtained results I placed concrete mixtures in the appropriate compressive strength classes and suggested possible applications of concrete mixtures with different contents of recycled aggregate.

ZAHVALA

Pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorici izr. prof. dr. Violeta Bokan- Bosiljkov, ki mi je ves čas izdelave diplomskega dela dajala usmeritve in napotke glede poteka dela, in somentorju g. Zvonku Cotiću, ki mi je pomagal izbrati primeren recikliran material.

Posebna zahvala gre tudi g. Franciju Čeponu, ki mi je v laboratoriju pomagal pri sami izvedbi preizkusov.

Zahvalila bi se družini in prijateljem, ki so mi v času študija stali ob strani in me tako in drugače podpirali.

KAZALO VSEBINE

KAZALO PREGLEDNIC.....	IX
KAZALO SLIK.....	XI
KAZALO GRAFIKONOV	XIII
1 UVOD.....	1
1.1 Cilj diplomske naloge	3
2 TEORETIČNI DEL.....	5
2.1. Zakonodaja s področja ravnanja z odpadki	5
2.1.1 Uredba o odpadkih	5
2.1.1.1 Splošni pojmi, ki se navezujejo na ravnanje z odpadki	5
2.1.1.2 Stranski proizvod	7
2.1.1.3 Prenehanje statusa odpadka	7
2.1.2 Uredba o odpadkih, ki nastajajo pri gradbenih delih.....	7
2.1.2.1 Ravnanje z odpadki na gradbišču	8
2.1.2.2 Načrt gospodarjenja z odpadki	8
2.1.2.3 Oddaja odpadkov	9
2.1.2.4 IV: OBVEZNOSTI ZBIRALCA GRADBENIH ODPADKOV	9
2.1.2.5 V : OBVEZNOSTI IZVAJALCA OBDELAVE GRADBENIH ODPADKOV	9
2.1.3 Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1).....	11
2.1.3.1 Slovensko tehnično soglasje	11
2.1.4. Pravilnik o bistvenih zahtevah za gradbene objekte, ki jih je treba upoštevati pri določitvi lastnosti gradbenih proizvodov	11
2.1.5 Uredba (EU) št. 305/2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov	12
2.2 STANJE V SLOVENIJI	12
2.2.1 Klasifikacijski seznam gradbenih odpadkov	12
2.2.2 Stanje nenevarnih gradbenih odpadkov leta 2010 in 2012	13
2.3 CILJI ZA PRIHODNOST NA PODROČJU GRADBENIH ODPADKOV	15
2.4 OD OBJEKTA DO ODPADKA	16
2.4.1 Rušenje objekta	16
2.4.2 Recikliranje	16
2.5. PONOVA UPORABA GRADBENIH ODPADKOV- Kako dati odpadek na trg?	18
2.5.1 Sistemi potrjevanja skladnosti.....	19
2.6 O BETONU	20

2.6.1 Uporaba agregatov	20
2.6.2 Uporaba cementa	21
2.6.3 Uporaba vode.....	21
2.6.4. Dodatki k betonski mešanici.....	21
3 EKSPERIMENTALNI DEL	22
3.1 Metode in materiali	22
3.1.1 Material.....	22
3.1.1.1 Odvzem materiala - ruševin na odlagališču.....	22
3.1.1.2 Priprava vzorca.....	23
3.1.2 Laboratorijske preiskave.....	23
3.1.2.1 Določanje zrnivosti agregata s sejanjem.....	23
3.1.2.2 Modul oblike - določanje oblike zrn agregata	26
3.1.2.3 Kolorimetrijska metoda - določevanje prisotnosti humoznih delcev.....	27
3.1.2.4 Določevanje prostorninske mase zrn in vpijanje vode – preiskava z metodo s piknometrom za zrna med 4 mm in 31,5 mm.....	28
3.1.2.5 Preizkus vpijanja vode po metodi za preverjanje površinsko suhega z vodo zasičenega stanja za frakcijo 0,063/ 4 mm	31
3.1.3 Preiskave na svežem betonu	33
3.1.3.1 Priprava betona.....	33
3.1.3.2 Preizkušanje konsistence sveže betonske mešanice	34
3.1.3.3 Določanje vsebnosti zraka v svežem betonu	37
3.1.3.4 Vgrajevanje svežega betona – izdelava in nega vzorcev	37
3.1.3.5 Določanje prostorninske mase svežega betona.....	39
3.1.4 Preiskave na strjenem betonu.....	39
3.1.4.1 Porušne metode	39
3.1.4.2 Preizkus določanja globine prodora vode pod pritiskom.....	42
3.1.5 Priprava receptur za betonsko mešanico	44
3.1.5.1 Vzorec 1 : Nadomestim 30 % grobe frakcije (4/32mm).....	44
3.1.5.2 Vzorec 2: Nadomestim 100 % grobe frakcije (nad 4mm)	45
3.1.5.3 Vzorec 3- Nadomestim celoten drobljen apnenčev agregat z recikliranim	46
3.2. Rezultati in diskusija.....	47
3.2.1 Preiskave agregata	47
3.2.1.1 Določevanje zrnivosti s sejanjem.....	47
3.2.1.2 Modul oblike - določevanje oblike zrn agregata	48
3.2.1.3 Kolorimetrijska metoda - določevanje prisotnosti humoznih delcev.....	49
3.2.1.4 Določevanje prostorninske mase zrn in vpijanje vode – preiskava z metodo s piknometrom za zrna med 4 mm in 31,5 mm.....	49
3.2.1.5 Preizkus vpijanja vode po metodi za preverjanje površinsko suhega z vodo zasičenega stanja za frakcijo 0,063/ 4 mm	49

3.2.2 Preiskave svežega betona.....	50
3.2.2.1 Določanje konsistence z metodo s posedom.....	50
3.2.2.2 Določanje konsistence z metodo razleza s posedom	50
3.2.2.3 Vsebnost zraka v svežem betonu	50
3.2.2.4 Določanje prostorninske mase svežega betona	51
3.2.3 Preiskave strjenega betona	52
3.2.3.1 Tlačna trdnost	52
3.2.3.2 Upogibna natezna trdnost	54
3.2.3.3 Cepilna natezna trdnost.....	55
3.2.3.4 Globina prodora vode	56
4 ZAKLJUČEK.....	57
VIRI.....	61

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Divja odlagališča v Sloveniji.....	1
Preglednica 2: Primeri postopkov obdelave in predelave gradbenih odpadkov ter njihovega odstranjevanja [5] (Priloga 2)	10
Preglednica 3: Klasifikacijski seznam gradbenih odpadkov [6]	12
Preglednica 4: Sistemi potrjevanja skladnosti za proizvode iz agregatov z nizkimi zahtevami varnosti [17].....	19
Preglednica 5: Sistemi potrjevanja skladnosti za proizvode iz agregatov z visokimi zahtevami varnosti [17].....	20
Preglednica 6: Klasifikacija poseda po standardu SIST EN 206	36
Preglednica 7: Klasifikacija razleza s posedom po standardu SIST EN 206	36
Preglednica 8: Razredi tlačne trdnosti po SIST EN 206 za preizkušane v obliki kocke	40
Preglednica 9: Dovoljene vrednosti prodora vode s preizkusom po SIST EN 12390-8 pri starosti betona najmanj 28 dni.....	43
Preglednica 10: Sestava betonske mešanice - vzorec 1.....	44
Preglednica 11: Sestava betonske mešanice- vzorec 2.....	45
Preglednica 12: Sestava betonske mešanice- vzorec 3.....	46
Preglednica 13: Presejki skozi sita pri določanju zrnastostne sestave recikliranega agregata.....	47
Preglednica 14: Rezultati določevanja oblike zrn	49
Preglednica 15: Rezultati prostorninske mase in vpijanje vode.....	49
Preglednica 16: Rezultat vpijanja vode za drobno frakcijo.....	49
Preglednica 17: Rezultati preiskave konsistence z metodo s posedom za vse tri sestave betona	50
Preglednica 18: Rezultati preiskav konsistence po metodi razleza s posedom	50
Preglednica 19: Rezultati vsebnosti zraka v betonski mešanici	50
Preglednica 20: Rezultati prostorninskih mas svežih betonov	51
Preglednica 21: Tlačna trdnost 7. dan	52
Preglednica 22: Tlačne trdnosti 28. dan	53

Preglednica 23: Rezultati upogibnih nateznih trdnosti pri starosti 28 dni	54
Preglednica 24: Rezultati cepilnih nateznih trdnosti pri starosti 28 dni	55
Preglednica 25: Rezultati globine prodora vode.....	56
Preglednica 26: Skupni rezultati vseh opravljenih preiskav	57

KAZALO SLIK

Slika 1: Material na odlagališču (levo in desno)	2
Slika 2: Rušenje objekta [15]	17
Slika 3: Mehanizacija za predelavo gradbenih odpadkov	17
Slika 4: Mobilni drobilec.....	18
Slika 5: Mešane ruševine na odlagališču (levo) in mreža za sejanje na odlagališču (desno).....	22
Slika 6: Nalaganje presejanega materiala.....	22
Slika 7: Kup med mešanjem (levo) in premešan kup materiala (desno).....	23
Slika 8: Pripravljeni vzorci za sejanje (levo) in sita za sejanje (desno)	24
Slika 9: Največje sito (levo) in manjša sita (desno).	25
Slika 10: Priporočene mejne krivulje za agregat 0/16 po SIST EN 1026	26
Slika 11: Oblika zrn, neugodna in ugodna oblika zrn agregata.....	27
Slika 12: Oprema za preizkus vsebnosti humoznih delcev	28
Slika 13: Rezultat preiskave vsebnosti humoznih delcev po 24 urah	28
Slika 14: Pred začetkom preiskave s piknometrom (levo) in polnjenje piknometra z agregatom (desno)	29
Slika 15: Tehtanje piknometra in agregata (levo) in piknometar, agregat in voda do oznake (desno) .	30
Slika 16: Znižana gladina vode zaradi vpivanja vode po 24 urah (levo) in ponovno dodana voda do oznake (desno)	30
Slika 17: Agregat na cedilu (levo) in površinsko suh agregat (desno).....	30
Slika 18: Odcejanje vode in kohezija materiala (levo) in oblikovanje kupčka (desno)	32
Slika 19: Sušenje vzorca (levo) in kup, ki je še premoker in ima zato nepravilno obliko (desno)	32
Slika 20: Po eni uri sušenja- kupček nepravilne oblike (levo) in po 1 uri in 5 minut sušenja- površinsko suh agregat - kupček ima pravilno obliko (desno).....	33
Slika 21: Sestavine pred mešanjem betonske mešanice	34
Slika 22: Konus med polnjenjem (levo) in merjenje spremembe višine zaradi poseda (desno)	35
Slika 23: Posed pri 3. varianti	35
Slika 24: Merjenje razleza.....	36

Slika 25: Določanje vsebnosti zraka v svežem betonu.....	37
Slika 26: Polnjenje kalupov (levo) in vibriranje betonske mešanice (desno).....	38
Slika 27: Označeni vzorci v kalupih.....	38
Slika 28: Po standardu SIST EN 12390-3 je takšna porušitev zadovoljiva.....	40
Slika 29: Preizkus upogibne natezne trdnosti.....	41
Slika 30: Preizkušane v napravi (levo) in označena globina prodora vode na razcepljeni kocki (desno).....	43
Slika 31: Priporočene mejne krivulje agregat 0/16 in povprečna sejalna krivulja recikliranega agregata	48

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava količin nenevarnih gradbenih odpadkov za leto 2010 in 2012 [19]	14
Grafikon 2: Predelani, odstranjeni in odloženi odpadki v letu 2010 [12]	14
Grafikon 3: Sejalne krivulje vseh petih vzorcev recikliranega agregata	47
Grafikon 4: Vsebnost zraka (poroznost) v svežem betonu	51
Grafikon 5: Prostorninske mase svežega betona	52
Grafikon 6: Tlačne trdnosti 7. dan in 28. dan na kockah	53
Grafikon 7: Upogibna natezna trdnost na prizmah	54
Grafikon 8: Cepilna natezna trdnost na delih prizem	55
Grafikon 9: Globina prodora vode pod pritiskom	56

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Gradbeni odpadki so vsak odpadki, ki nastane pri gradbenih delih. Največkrat so to betoni, opeke, keramika, mešani gradbeni odpadki, odpadki od izkopov, zemljine in odpadki iz bitumna. Gradbena dela so dela pri gradnji, obnovi, rekonstrukciji, rušenju ali pri izkopih. Gradbene odpadke je treba pravilno odložiti, na mesta, ki so temu namenjena. Največkrat so to večji zbirni centri ali odlagališča znotraj večjih občin, ki so primerno urejena. Velikokrat imajo urejena odlagališča tudi podjetja, ki prejemajo določene odpadke iz klasifikacijskega seznama, za sprejem katerih imajo okoljevarstveno dovoljenje. Odpadke delimo na nevarne in ne-nevarne. Pri ravnanju z nevarnimi gradbenimi odpadki (odpadki, ki vsebujejo azbest, odpadki, ki vsebujejo druge nevarne snovi), moramo biti še posebej previdni.

Ko gradbeni odpadki nastane, je imetnik/povzročitelj odpadka odgovoren, da ga pravilno odloži oz. zanj ustrezno poskrbi. Predati ga mora odgovorni osebi, ki bo s tem odpadkom naprej ravnala, za kar pa mora pridobiti ustrezen dokument, to je evidenčni list.

V Sloveniji se spopadamo z okoljskim problemom divjih odlagališč, saj je le teh veliko, dnevno pa se prijavljajo tudi nova mesta. Iz Registra divjih odlagališč [1] so razvidni podatki in poročila o stanju divjih odlagališč v Sloveniji. Razvidno je, da so glavni odpadki divjih odlagališč prav gradbeni odpadki.

V spodnji preglednici prikazujem število divjih odlagališč po statističnih regijah.

Preglednica 1: Divja odlagališča v Sloveniji

Ime regije	Število neočiščenih odlagališč
Gorenjska	655
Goriška	713
Jugovzhodna Slovenija	918
Koroška	119
Notranjsko-kraška	325
Obalno-kraška	922

Se nadaljuje...

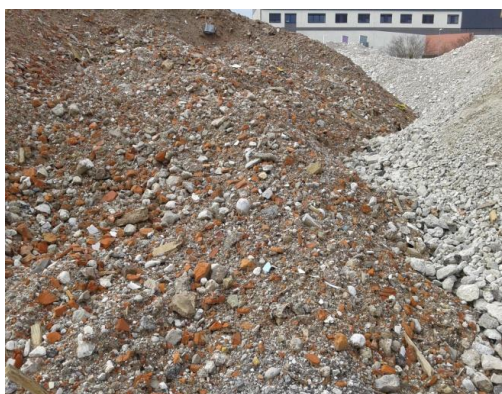
...nadaljevanje Preglednice 1

Osrednjeslovenska	2353
Podravska	1105
Pomurska	587
Savinjska	997
Spodnjeposavska	448
Zasavska	319

Z reciklažo gradbenih odpadkov se v Sloveniji ukvarja že kar nekaj podjetij, največkrat gre tu za predelavo, drobljenje odpadkov, ki so predhodno ločeni po vrsti odpadka in kasnejšo ponovno uporabo za nasipe, za rekultivacijo degradiranih območij, itd.

Na straneh Agencije RS za okolje je mogoče najti sezname pooblaščenih zbiralcev [2] in predelovalcev gradbenih odpadkov [3]. Cilj je, da bi se recikliranje gradbenih odpadkov povečalo in zmanjšalo število divjih odlagališč, kar bi prispevalo k trajnostnemu razvoju.

V diplomski nalogi sem proučevala mešane gradbene odpadke (ruševine) in ugotavljala njihove vplive na lastnosti betona, v katere sem jih vključevala. Material sem pridobila v gradbenem podjetju v bližini Mengša, ki ima dovoljenje za predelavo in prevzem gradbenih odpadkov. Vzorec je bil sestavljen iz več odpadkov, od betona, opeke, keramike vse do zemljine. Material sodi med mešane gradbene odpadke oz. odpadke, ki nastanejo pri rušenju objektov.



Slika 1: Material na odlagališču (levo in desno)

1.1 Cilj diplomske naloge

Pri nastajanju gradbenih odpadkov se stremi k čim večji ponovni uporabi le teh oz. njihovi reciklaži. Da gradbene odpadke lahko ponovno uporabimo, je treba preiskati njihove lastnosti najprej na suhem vzorcu, to pomeni, da določimo karakteristike recikliranega materiala, ki ga uporabimo praviloma kot agregat v betonu. Nato pa zdrobljene gradbene odpadke separiramo (presejemo skozi izbrana sita) in jih v predhodno določenih deležih uporabimo za izdelavo betona. Sledijo preiskave lastnosti svežih in strjenih betonov z vključenimi zdrobljenimi gradbenimi odpadki.

Namen moje diplomske naloge je, da se ugotovi, kakšne fizikalne in mehanske lastnosti imajo sveži betoni in betonski preizkušanci z zdrobljenimi gradbenimi odpadki v vlogi agregata in da se oceni, za kakšne namene uporabe v gradbeništvu bi bili takšni »zeleni betoni« primerni.

Že na začetku smo postavili izhodišče, da uporabimo drobljene gradbene odpadke v stanju, kot so, torej tudi onesnažen z zemljino in brez izločanja in nadomeščanja posameznih frakcij. Za pripravo betonske mešanice smo izbrali cement, ki je na razpolago v specializiranih trgovinah, tako, da ga lahko kupi vsak, ki to želi. Želela sem sestaviti recepturo betona z vključenimi gradbenimi odpadki, po kateri bi lahko beton izdelali tudi na manjših gradbiščih in ugotoviti ali je material primeren za uporabo v tovrstnih betonih. Pripravila sem tri različne recepture betona z enakim vodocementnim razmerjem in s superplastifikatorjem za zagotavljanje ustrezne obdelavnosti svežega betona.

Sosledje dela je bilo naslednje: najprej sem na odlagališču čez mrežo 30 mm presejala cca. 300 kg mešanih gradbenih odpadkov, ki so bili predhodno zdrobljeni. Ker je bil material odložen na prostem, sem počakala, da je bilo vreme dlje časa stabilno (suho), da material ni bil preveč zasičen z vodo. Nato sem v laboratoriju vzorec dobro premešala in začela s preiskavami na suhem vzorcu. Rezultati preiskav so predstavljali izhodišče za pripravo receptur. Po zamešanju betonskih mešanic sem nadaljevala s preiskavami na svežem betonu in potem beton vgradila v kalupe. Ob določeni starosti preizkušancev sem določila tlačno, upogibno in natezno trdnost betona. Na koncu je sledila še preiskava vodotesnosti.

Naravni agregat smo nadomeščali z recikliranim agregatom – drobljenimi mešanimi gradbenimi odpadki v naslednjih deležih:

- Vzorec 1, kjer smo nadomestili 30 % grobe frakcije agregata z recikliranim agregatom
- Vzorec 2, kjer smo nadomestili 100% grobe frakcije agregata z recikliranim agregatom
- Vzorec 3, kjer smo nadomestili celoten agregat z recikliranim agregatom

Groba frakcija agregata je frakcija, ki ima zrna večja od 4 mm.

Po standardu SIST EN 206: 2013, se recikliran agregat lahko uporablja kot grob agregat za betone. Podane so zahteve za reciklirane agregate tipa A in B, pri čemer so za tip A zahteve ostrejšše. Recikliran agregat tipa A in B se lahko uporabi za betone pri stopnji izpostavljenosti XO, če vključimo največ 50 % recikliranega agregata. Za stopnje izpostavljenosti XC1, XC2, XC3, XC4, XF1, XA1 in XD1, pa se lahko doda do 30 % recikliranega grobega agregata.

2 TEORETIČNI DEL

2.1. Zakonodaja s področja ravnanja z odpadki

Zakonodaja s področja nenevarnih gradbenih odpadkov se nanaša in opira na smernice in predpise, ki so zapisani v naslednjih zakonih ali uredbah in se deli na okoljsko in gradbeno zakonodajo:

- Zakon o varstvu okolja, (ZVO-1). *Uradni list RS*, št. 41/04 (ZVO-1), 20/06 (ZVO-1A), 39/06 (ZVO-1-UPB-1), 70/08 (ZVO-1B), 108/09 (ZVO-1C), 48/12 (ZVO-1D), 57/12 (ZVO-1E), 92/13 (ZVO-1F).
- Uredba o ravnanju z odpadki, *Uradni list RS*, št. 103/11.
- Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih, *Uradni list RS*, št. 34/08
- Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov, *Uradni list RS*, št. 34/08, 61/11
- Uredba o obdelavi odpadkov v premičnih napravah, *Uradni list RS*, št. 34/08
- Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih, *Uradni list RS*, št. 10/14
- Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1). *Uradni list RS*, št. 52/2000, 110/2002, 82/2013
- Pravilnik o bistvenih zahtevah za gradbene objekte, ki jih je treba upoštevati pri določitvi lastnosti gradbenih proizvodov
- Uredba (EU) št. 305/2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov

V nadaljevanju bom podala posamezne dele iz pravnih aktov, ki se natančneje nanašajo na temo v tej diplomski nalogi.

2.1.1 Uredba o odpadkih

2.1.1.1 Splošni pojmi, ki se navezujejo na ravnanje z odpadki

Uredba o odpadkih [4] ima namen varovanja okolja in človekovega zdravja, določa pa tudi pravila in pogoje za ravnanje z odpadki in zmanjševanje škodljivih vplivov na okolje, ki nastanejo pri ravnanju z odpadki. Podaja tudi klasifikacijski seznam odpadkov.

V uredbi so podani temeljni pojmi, ki so pomembni za razumevanje področja ravnanja z odpadki:

[4] 3.člen- pojmi:

Odpadek je snov ali predmet, ki ga imetnik zavrže, namerava zavreči ali mora zavreči.

Povzročitelj odpadkov je oseba, katere delovanje ali dejavnost povzroča nastajanje odpadkov (izvirni povzročitelj odpadkov), ali oseba, ki izvaja pred- obdelavo, mešanje ali druge postopke, s katerimi se spremenijo lastnosti ali sestava teh odpadkov.

Imetnik odpadkov je povzročitelj odpadkov ali pravna ali fizična oseba, ki ima odpadke v posesti.

Ravnanje z odpadki je zbiranje, prevoz, predelava in odstranjevanje odpadkov, vključno z nadzorom nad takimi postopki in dejavnostmi po prenehanju obratovanja naprav za odstranjevanje odpadkov, ter delovanje trgovca ali posrednika.

Zbiranje je prevzemanje odpadkov, vključno z njihovim predhodnim razvrščanjem in predhodnim skladiščenjem, za namene prevoza do naprave za obdelavo odpadkov.

Ponovna uporaba je postopek, pri katerem se proizvodi ali sestavni deli, ki niso odpadek, ponovno uporabijo za enak namen, za katerega so bili prvotno izdelani.

Obdelava so postopki predelave ali odstranjevanja, vključno s pripravo za predelavo ali odstranjevanje.

Predelava je postopek, katerega glavni cilj je, da se odpadki koristno uporabijo v obratu, v katerem so bili predelani, ali v drugih gospodarskih dejavnostih, tako da nadomestijo druge materiale, ki bi se sicer uporabili za izpolnitev določene funkcije.

Recikliranje je postopek predelave, v katerem se odpadne snovi ponovno predelajo v proizvode, materiale ali snovi za prvotni ali drug namen. Recikliranje vključuje tudi ponovno predelavo organskih snovi. Energetska predelava ali ponovna predelava v materiale, ki se bodo uporabili kot gorivo ali za zasipanje, se ne šteje za recikliranje.

Odstranjevanje je postopek, ki ni predelava, tudi če je sekundarna posledica postopka pridobivanja snovi ali energije.

Predelovalec je pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki kot dejavnost opravlja predelavo odpadkov v skladu s to uredbo.

Odstranjevalec je pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki kot dejavnost opravlja odstranjevanje odpadkov v skladu s to uredbo.

Evidenčni list je listina, s katero se potrđita oddaja in prevzem pošiljke odpadkov, ko se odpadki na območju RS premeščajo s kraja nastanka, predhodnega skladiščenja ali skladiščenja na kraj predhodnega skladiščenja, skladiščenja ali obdelave odpadkov.

2.1.1.2 Stranski proizvod

[4] 7.člen: Stranski proizvod:

Če so izpolnjeni določeni pogoji o ostanku proizvodnje, lahko le temu ne damo statusa odpadka, ampak status stranskega proizvoda. Imetnik mora o stranskem proizvodu podati dokazila in dokumentacijo o ustreznosti proizvoda za trg (s Slovenskim tehničnim soglasjem v skladu z zakonom, ki ureja gradbene proizvode, dokazilom o njegovi registraciji v skladu z Uredbo REACH ali drugim dokazilom, ki izkazuje primernost proizvoda za dajanje na trg), z analizami mora dokazati, da je trg prodaje zagotovljen in prikazati mora, da stranski proizvod res nastaja v postopkih proizvodnje, brez dodatnih obdelav.

Status stranskega proizvoda velja, kadar:

- je zagotovljena nadaljnja uporaba ostanka iz proizvodnje
- se ostanek proizvodnje lahko uporabi brez kakršne koli nadaljnje obdelave, razen običajnih industrijskih postopkov
- ostanek proizvodnje nastaja kot sestavni del proizvodnega procesa
- ostanek proizvodnje izpolnjuje zahteve, določene za uporabo take snovi ali predmeta s predpisi, ki urejajo proizvode ter varstvo okolja in varovanje človekovega zdravja, njegova nadaljnja uporaba pa ne bo škodljivo vplivala na okolje in človekovo zdravje.
- se ostanek proizvodnje pred prodajo ne skladišči dlje kot tri leta.

2.1.1.3 Prenehanje statusa odpadka

[4] 8.člen: Prenehanje statusa odpadka:

Odpadki prenehajo imeti status odpadka po izvedeni predelavi v proizvode, materiale ali snovi za ponovno uporabo.

2.1.2 Uredba o odpadkih, ki nastajajo pri gradbenih delih

V tej uredbi [5] je podano, kako se ravna z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih- gradnji, rekonstrukciji, adaptaciji ali odstranitvi objekta. Uredba se nanaša na odpadke iz klasifikacijskega seznama [6] z začetno oznako 17- Gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov, vključno z zemeljskimi izkopi z onesnaženih območij.

2.1.2.1 Ravnanje z odpadki na gradbišču

[5] 4.člen: III. - INVESTITORJEVE OBVEZNOSTI (4.člen: Ravnanje z odpadki na gradbišču):

Za gradbene odpadke, nastale na gradbišču, je odgovoren investitor gradnje in je dolžan za njih ustrezno poskrbeti. Oddati jih mora pooblaščenemu zbiralcu, lahko pa jih izjemoma uporabi na drugem svojem gradbišču, kadar gre za nenevarne odpadke iz zemeljskega izkopa in kadar prostornina izkopanega materiala ne presega 30.000 m³. Podatke o neoporečnosti in neonesnaženosti mora investitor voditi in jih priložiti k dokumentaciji izdelave poročila o nastajanju gradbenih odpadkov. V kolikor investitor ne dela na svojem gradbišču, in želi uporabiti odpadke iz zemeljskega izkopa, mora izpolniti pogoje, ki urejajo obremenjevanje tal z vnosom odpadkov- postopek R10 [7]. Investitor lahko odpadke skladišči največ 1 leto, skladiščiti pa jih mora ločeno po vrstah, tako da ne pride do morebitnega onesnaženja tal, vode ali zraka.

Investitor lahko odpadke obdela tudi sam, največkrat na gradbišču v premični napravi, če ima Okoljevarstveno dovoljenje za obdelavo gradbenih odpadkov in ne presega dovoljenih količin (8.člen [5]).

2.1.2.2 Načrt gospodarjenja z odpadki

[5] 5.člen: Načrt gospodarjenja z gradbenimi odpadki:

V primeru, da se pri obnovi, rekonstrukciji, gradnji objekta potrebuje gradbeno dovoljenje, je potrebno k le temu priložiti Načrt gospodarjenja z odpadki, razen kadar je investitor fizična oseba. Načrt gospodarjenja z odpadki mora upoštevati smernice varstva okolja in vsebovati mora naslednje podatke o:

- izločitvi nevarnih gradbenih odpadkov pred odstranitvijo objekta, če zadeva pridobitev gradbenega dovoljenja tudi odstranitev objekta,
- ločenem zbiranju gradbenih odpadkov na gradbišču,
- obdelavi gradbenih odpadkov na gradbišču,
- predvideni prostornini zemeljskega izkopa, nastalega zaradi izvajanja gradbenih del na gradbišču, in ravnanju z njim,
- predvideni prostornini uporabe zemeljskega izkopa na gradbišču, ki ni nastal zaradi izvajanja gradbenih del na gradbišču,
- količinah in vrstah gradbenih odpadkov, predvidenih za oddajo zbiralcu gradbenih odpadkov,

- količinah in vrstah gradbenih odpadkov, predvidenih za oddajo v obdelavo,
- predvidenih načinih obdelave gradbenih odpadkov in izvajalcih obdelave gradbenih odpadkov.

2.1.2.3 Oddaja odpadkov

[5] 6.člen: Oddaja odpadkov:

Investitor mora pred začetkom del zagotoviti predajo gradbenih odpadkov zbiralcu. Iz naročila za prevzem odpadkov morajo biti razvidni podatki o prevzemniku (zbiralcu), klasifikacijska številka, predvidene količine, ki bodo nastale, podatki o lokaciji gradbišča in podatki o gradbenem dovoljenju.

Investitor mora za vsako pošiljko gradbenih odpadkov od prevzemnika pridobiti evidenčni list in voditi evidenco o vrstah in količinah nastalih gradbenih odpadkov. Za oddajanje gradbenih odpadkov in vodenje evidence lahko investitor pooblasti enega od izvajalcev del, da to opravlja v njegovem imenu.

Obstajajo izjeme, ko investitorju ni treba oddati gradbenih odpadkov ustreznemu prevzemniku, vendar to velja za manjše količine, ki so objavljene v prilogi Uredbe o odpadkih, ki nastanejo pri gradbenih delih [5].

Investitor ali izvajalec del v investitorjevem imenu je dolžan poročati in oddajati poročila o nastajanju gradbenih odpadkov in ravnanju z njimi. (9. in 10. Člen [5]).

2.1.2.4 IV: OBVEZNOSTI ZBIRALCA GRADBENIH ODPADKOV

[5] 11.-12.člen:

Zbiralec mora biti vpisan v evidenco zbiralcev gradbenih odpadkov. V evidenco, ki jo vodi Agencija RS za okolje se vpiše tako, da odda vlogo, ki vsebuje podatke o zbirnih centrih in o gradbenih odpadkih, ki jih bo zbiral. Njegova dejavnost in obdelava odpadkov je le zbiranje. O tem obvešča tudi javnost. Odpadke lahko skladišči do enega leta. Imeti mora izdelan še Načrt zbiranja gradbenih odpadkov.

2.1.2.5 V : OBVEZNOSTI IZVAJALCA OBDELAVE GRADBENIH ODPADKOV

[5] 13.člen:

Obdelovalec si mora pred začetkom obdelave pridobiti Okoljevarstveno dovoljenje (OVD), da lahko obdeluje gradbene odpadke, v skladu z določili dovoljenja. Za pridobitev OVD mora predhodno izdelati Načrt ravnanja z odpadki in le tega priložiti k vlogi za pridobitev OVD. Okoljevarstveno

dovoljenje pridobi z vlogo, ki jo odobri Ministrstvo za okolje in prostor. Vlogi je priložena ocena vpliva na okolje, vsi podatki o napravi, postopek predelave (največkrat gre za recikliranje R5, več v preglednici 2) in predvidene predelane količine. Tako se obdelovalec tudi vpiše v evidenco obdelovalcev gradbenih odpadkov.

Preglednica 2: Primeri postopkov obdelave in predelave gradbenih odpadkov ter njihovega odstranjevanja [5] (Priloga 2)

R1	Uporaba predvsem za gorivo ali drugače za pridobivanje energije
R2	Pridobivanje topil/ regeneracija
R3	Recikliranje/ pridobivanje organskih snovi, ki se ne uporabljajo kot topila, vključno s kompostiranjem in drugimi procesi biološkega preoblikovanja
R4	Recikliranje/ pridobivanje kovin in njihovih spojin
R5	Recikliranje/ pridobivanje drugih anorganskih materialov
R6	Regeneracija kislin ali baz
R7	Predelava sestavin, ki se uporabljajo za zmanjšanje onesnaženja
R8	Predelava sestavin iz katalizatorjev
R9	Ponovno rafiniranje olja in drugi načini ponovne uporabe olja
R10	Vnos v ali na tla v korist kmetijstvu ali ekološko izboljšanje
R11	Predelava odpadkov, pridobljenih s katerim koli postopkom označenim z R1 do R11
R12	Izmenjava odpadkov za predelavo s katerim koli od postopkov, označenim z R1 do R11
R13	Skladiščenje odpadkov do katerega koli od postopkov, označenih z R1 do R12 (razen začasnega skladiščenja, do zbiranja, na mestu nastanka odpadkov)

Obdelovalec mora izdelati načrt ravnanja z odpadki, ki mora vsebovati podatke o količinah, klasifikacijskih številkah odpadkov in predvidenih načinih uporabe recikliranih materialov. V primeru, da se bodo odpadki odstranjevali, je potrebno podati način in razlog za odstranjevanje. Voditi mora tudi podrobno interno evidenco. Za vsako pošiljko materiala mora izdati prejemnico materiala, ki jo preda vozniku gradbenega odpadka, na koncu pa izdela še evidenčni list. Prvotno so se evidenčni listi izpolnjevali ročno, od marca 2013 pa se izpolnjujejo preko spletnega portala IS-Odpadki, preko Agencije RS za okolje. Enkrat letno obdelovalec odda dokument, ki vsebuje podatke o skupnih količinah za eno leto nazaj, postopku predelave, skladiščenih količinah, ta dokument pa se imenuje letno poročilo o odpadkih. [5]

2.1.3 Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1)

V zakonu o gradbenih proizvodih [8] so navedene splošne določbe in pogoji za dajanje proizvodov na trg. Zakon določa postopek določitve organov za slovenska tehnična soglasja in postopek podelitve tehničnih soglasij. Če proizvajalec daje na trg gradbeni proizvod, ki ni zajet v harmoniziranem standardu (Uredba 305/2011/EU), mora njegove lastnosti, povezane z bistvenimi značilnostmi, ki se nanašajo na osnovne zahteve za gradbene objekte in v okviru njegove predvidene uporabe dokazati na podlagi veljavnih slovenskih standardov, slovenskega tehničnega soglasja ali drugih javno dostopnih tehničnih specifikacij, ki predstavljajo stanje tehnike in tehnologije

V zakonu so navedene obveznosti proizvajalcev, pooblaščenih zastopnikov, uvoznikov in distributerjev. Navedeni so organi, ki dajejo slovenska tehnična soglasja. Slovensko tehnično soglasje je mogoče pridobiti tako, da proizvajalec predloži opis gradbenega proizvoda, specifikacije, rezultate meritev pri že opravljenih preizkusih in podatke o namenu njegove uporabe. Pristojni organ za izdajanje tehničnih soglasij pregleda dokumentacijo in poda oceno o ustreznosti in na podlagi le te soglasje, če dokumentacija ustreza vsem zahtevam. [8]

2.1.3.1 Slovensko tehnično soglasje

Slovensko tehnično soglasje se lahko podeli za tisti gradbeni proizvod in njegovo predvideno uporabo, ki [9]:

- (še) nima harmoniziranega standarda (hEN) ali
- mu ni bila podeljeno evropsko tehnično soglasje (ETA) ali
- (še) nima v Uradnem listu RS uveljavljenega slovenskega standarda (SIST)
- nima ustreznega slovenskega tehničnega predpisa

2.1.4. Pravilnik o bistvenih zahtevah za gradbene objekte, ki jih je treba upoštevati pri določitvi lastnosti gradbenih proizvodov

Ta pravilnik [10] opredeljuje, kako je potrebno graditi in kakšne so zahteve za gradnjo glede:

- mehanske odpornosti in stabilnosti,
- varnosti pred požarom,
- higienske in zdravstvene zaščite in varovanja okolja,
- varnosti pri uporabi,
- zaščite pred hrupom,
- varčevanja z energijo in ohranjanja toplote.

2.1.5 Uredba (EU) št. 305/2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov

4. aprila 2011 je bila objavljena nova Uredba o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov, z drugim imenom Uredba CPR [11], ki omogoča enoten sistem ocenjevanja lastnosti za gradbene proizvode (harmonizirane tehnične specifikacije), ne posega pa v gradbene prepise posameznih evropskih članic. Uredba CPR namerava to doseči na naslednji način in ga razviti s pomočjo orodij:

- Sistem harmoniziranih evropskih tehničnih specifikacij
- Enoten sistem za ocenjevanje in preverjanje nespremenljivosti lastnosti gradbenih proizvodov (AVCP)
- Enoten sistem priglašeni organov
- Oznaka CE za gradbene proizvode.

2.2 STANJE V SLOVENIJI

2.2.1 Klasifikacijski seznam gradbenih odpadkov

Preglednica 3: Klasifikacijski seznam gradbenih odpadkov [6]

17 Gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov (vključno z odpadnimi materiali pri gradnji cest)	
17 01	Beton, ploščice in keramika
17 01 01	Beton
17 01 02	Opeke
17 01 03	Ploščice in keramika
17 01 06*	Mešanice ali ločene frakcije betona, opek, ploščic in keramike, ki vsebujejo nevarne snovi
17 01 07	Mešanice betona, opek, ploščic in keramike, ki niso navedene pod 17 01 06
17 02	Les, steklo in plastika
17 02 01	Les
17 02 02	Steklo
17 02 03	Plastika
17 02 04*	Steklo, plastika in les, ki vsebujejo nevarne snovi ali so z njimi onesnaženi
17 03	Bitumenske mešanice, premogov katran in izdelki iz katrana
17 03 01*	Bitumenske mešanice, ki vsebujejo premogov katran
17 03 02	Bitumenske mešanice, ki niso navedene pod 17 03 01*
17 03 03*	Premogov katran in katranski izdelki

Se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 3

17 04	Kovine (vključno z zlitinami)
17 04 01	Baker, bron in medenina
17 04 02	Aluminij
17 04 03	Svinec
17 04 04	Cink
17 04 05	Železo in jeklo
17 04 06	Kositer
17 04 07	Mešanice kovin
17 04 09*	Kovinski odpadki, ki so onesnaženi z nevarnimi snovmi
17 04 10*	Kabli, ki vsebujejo mineralna olja, premogov katran, in druge nevarne snovi
17 04 11	Kabli, ki niso navedeni pod 17 04 10
17 05	Zemljina (vključeno z zemeljskimi izkopi z onesnaženih področij), kamenje in izkopani material
17 05 03*	Zemljina in kamenje, ki vsebujeta nevarne snovi
17 05 04	Zemljina in kamenje, ki nista navedena pod 17 05 03
17 05 05*	Izkopani material, ki vsebuje nevarne snovi
17 05 06	Izkopani material, ki ni naveden pod 17 05 05
17 05 07*	Tolčenec izpod železniških tirov in pragov, ki vsebuje nevarne snovi
17 05 08	Tolčenec izpod železniških tirov in pragov, ki ni naveden pod 17 05 07
17 06	Izolirani materiali in gradbeni materiali, ki vsebujejo azbest
17 06 01*	Izolirani materiali, ki vsebujejo azbest
17 06 03*	Drugi izolirani materiali, ki so sestavljeni iz nevarnih snovi ali jih vsebujejo
17 06 04	Izolirani materiali, ki niso navedeni pod 17 06 01 in 17 06 03
17 06 05*	Gradbeni materiali, ki vsebujejo azbest
17 08	Gradbeni material na osnovi sadre
17 08 01*	Gradbeni materiali na osnovi sadre, onesnaženi z nevarnimi snovmi
17 08 02	Gradbeni materiali na osnovi sadre, ki niso navedeni pod 17 08 01
17 09	Drugi gradbeni odpadki in ruševine
17 09 01*	Gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov, ki vsebujejo živo srebro
17 09 02*	Gradbeni materiali in odpadki iz rušenja objektov, ki vsebujejo PCB (npr. tesnila, ki vsebujejo PCB, tlaki na osnovi smol, ki vsebujejo PCB, zatesnjene enote za zastekljevanje, ki vsebujejo PCB, kondenzatorji, ki vsebujejo PCB)
17 09 03*	Drugi gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov (tudi mešani odpadki), ki vsebujejo nevarne snovi
17 09 04	Mešani gradbeni odpadki in odpadki iz rušenja objektov, ki niso navedeni pod 17 09 01, 17 09 02 in 17 09 03

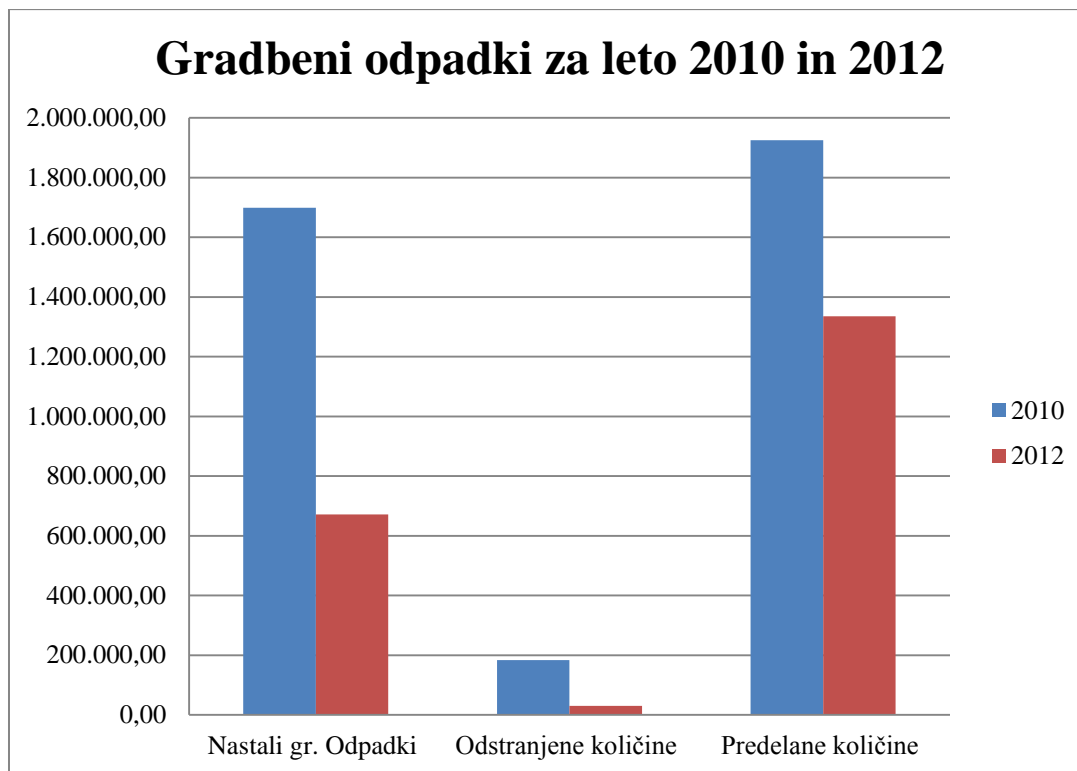
2.2.2 Stanje nenevarnih gradbenih odpadkov leta 2010 in 2012

V Sloveniji predstavljajo gradbeni odpadki kar tretjino vseh nastalih odpadkov. Polovico gradbenih odpadkov predstavljajo odpadki, ki nastanejo ob izkopavanju (izkopani materiali, zemljina in kamenje) [12].

V letu 2010 se je predelalo oz. recikliralo 45 % nenevarnih gradbenih odpadkov, 46 % se jih je vneslo nazaj v tla, to pomeni, da je bila predelava v letu 2010 90 odstotna. [12].

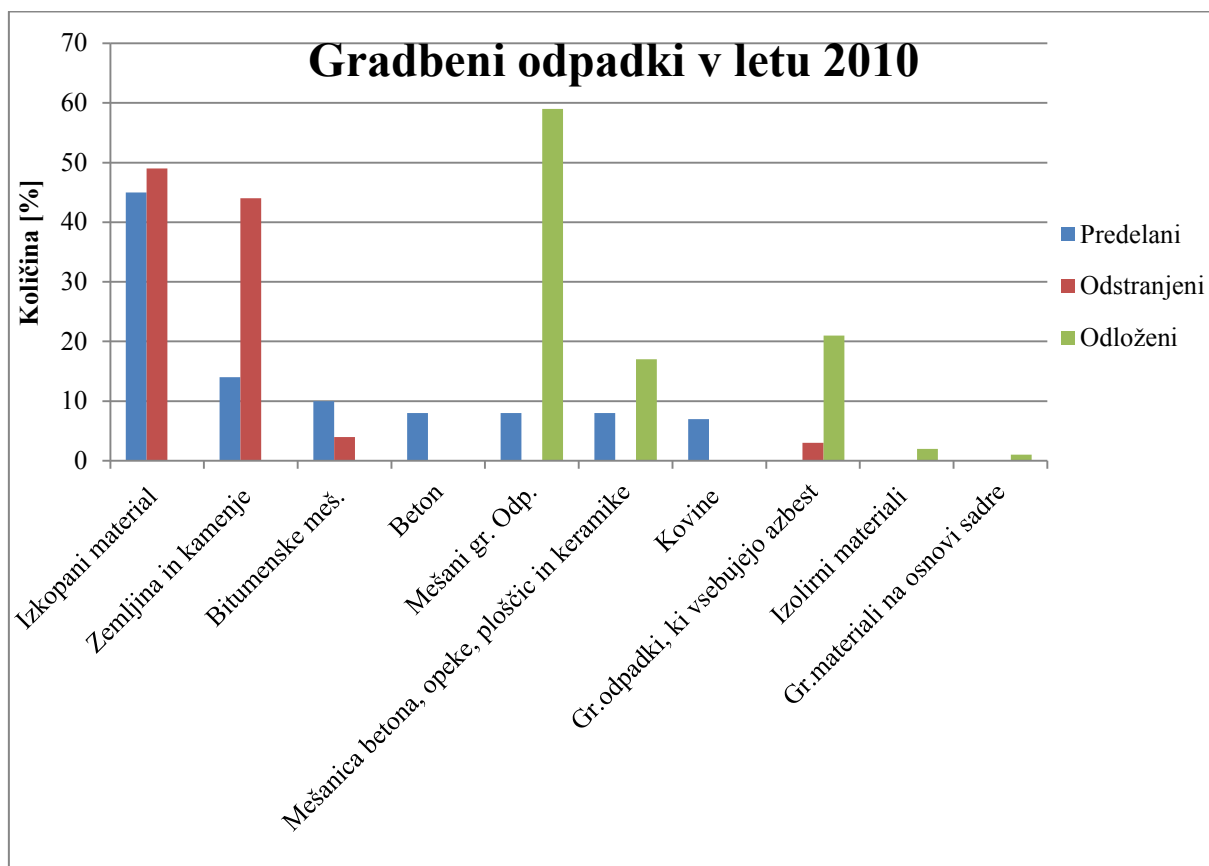
Spodaj na Grafikonu 1, so prikazane količine nastalih, odstranjenih in predelanih nenevarnih gradbenih odpadkov, za naslednje klasifikacijske številke: 170101, 170102, 170103, 170107, 170302, 170504, 170506, 170904 (zaradi varovanja podatkov, so podatki skupni za navedene klasifikacijske številke odpadkov), za leto 2010 in 2012.

Nastajanje gradbenih odpadkov je glede na leto 2010, v letu 2012 močno padlo. To je posledica propadanja gradbene industrije v času gospodarske krize. V tem času je propadla večina večjih slovenskih gradbenih podjetij in tudi večji infrastrukturni projekti se niso izvajali. Drugi razlog za padec nastajanja gradbenih odpadkov bi lahko bil tudi ta, da je konec leta 2011 stopila v veljavo nova Uredba o gradbenih odpadkih, ki pravi, da lahko odpadki, pod določenimi pogoji in ob upoštevanju podanih zahtev, postanejo stranski proizvodi in jim tako preneha status odpadka. Ravno na račun te uredbe in »statusa stranskega proizvoda« so tudi razlike v količinah med nastalimi, predelanimi in odstranjenimi odpadki tako velike. Upoštevati je potrebno še uvoz in izvoz odpadkov.[19]



Grafikon 1: Primerjava količin nenevarnih gradbenih odpadkov za leto 2010 in 2012 [19]

Na spodnjem Grafikonu 2 so prikazane predelane, odstranjene in odložene količine gradbenih odpadkov po posameznih vrstah za leto 2010.



Grafikon 2: Predelani, odstranjeni in odloženi gradbeni odpadki v letu 2010 [12]

2.3 CILJI ZA PRIHODNOST NA PODROČJU GRADBENIH ODPADKOV

Direktiva o odpadkih [13] vsebuje predpise o ravnanju z odpadki na področju Evropske unije (EU). Spodbuja članice EU k preprečevanju nastajanja odpadkov ali k čim večjemu deležu predelave in ponovne uporabe le teh. Direktiva določa vsebino načrtov ravnanja z odpadki in operativni program ravnanja z odpadki, na podlogi osnovne hierarhije ravnanja z odpadki, ta pa je; da bi pridelali čim manj odpadkov, če že, da jih čim več ustrezno pripravimo ali predelamo za ponovno uporabo, v najslabšem primeru pa jih odstranimo.

Glavni cilj na področju ravnanja z gradbenimi odpadki, je naslednji [13]:

- Da se priprava za ponovno uporabo, recikliranje, materialna predelava in zasipavanje do leta 2020 povečajo na najmanj 70% skupne teže (odpadki s klasifikacijskega seznama 17 05 04)

2.4 OD OBJEKTA DO ODPADKA

Gradbeni odpadki nastajajo kot posledica gradbenih del ali kot posledica izkopov gradbenih jam in rušenja objektov.

2.4.1 Rušenje objekta

Za rušenje objekta je naprej potrebno pridobiti ustrezno dokumentacijo, ki dopušča rušenje. Ta dokumentacija je del Projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja, ki vsebuje načrte o konstrukciji, načrte odstranitve objekta, načrt gospodarjenja z nastalimi gradbenimi odpadki, ki bodo nastali zaradi rušenja objekta in elaborat preprečevanja emisij delcev iz gradbišča. [14].

Po predhodno urejeni dokumentaciji oz. pridobljenemu dovoljenju za rušenje se prične praktični del rušenja objekta. Možnosti načinov rušenja je več, lahko je to s kroglo za rušenje, z miniranjem ali selektivno rušenje. Pri selektivnem rušenju se ruši postopoma, sistematično in kontrolirano, saj s tem že na začetku lahko potencialne materiale za reciklažo ločimo in bolje pripravimo za ponovno uporabo ali odstranitev, tako pa dobimo tudi bolj kvaliteten recikliran agregat. [15]

Ob besedi »rušenje« lahko govorimo tudi o porušenju le določenega dela objekta, npr. stene. Tu gre za manjše rušenje, ki ga lahko opravimo ročno, z različnim orodjem, kot so udarna kladiva in ga tudi ročno odnesemo ven iz objekta, kasneje pa na odlagališče.

Ko rušimo cele objekte, jih rušimo strojno, z velikimi bagri, ki imajo nameščeno večje udarno kladivo ali čeljust, ki dobesedno »puli« dele objekta. Material pa se pobira prav tako strojno, z večjo nakladalno žlico in se naklada na tovornjake, ki odvažajo material na odlagališče. Na odlagališču naj bi se odpadki predelali, lahko pa se predelajo tudi na gradbišču, s pomočjo mobilnega drobilnega mlina.

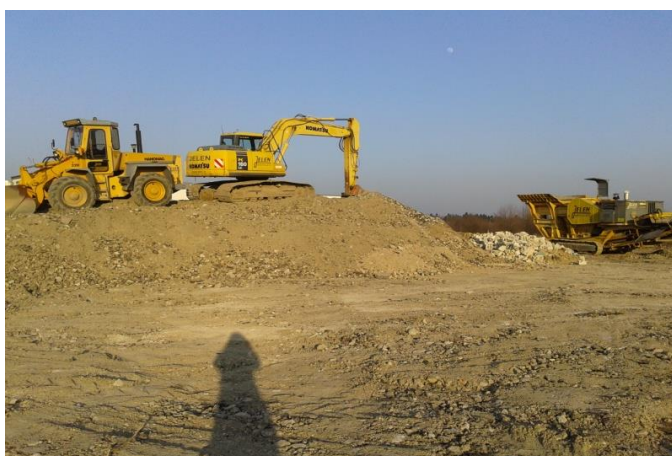
2.4.2 Recikliranje

Ko se objekt poruši, se nastale gradbene odpadke loči po posameznih skupinah (klasifikacijski seznam). Odstrani se les, plastiko, steklo, izolativne materiale, kable. Kar se le da, se odstrani že pred pričetkom rušenja (pohištvo, okna, radiatorji, strešna kritina). V primeru nastanka nevarnih gradbenih (strešna kritina, ki vsebuje azbest) odpadkov, se te primerno odloži in preda v upravljanje pooblaščenemu zbiralcu oz. predelovalcu, ki z njimi ustrezno ravna.



Slika 2: Rušenje objekta [15]

Največkrat predelava gradbenih odpadkov ali reciklaža poteka na samem gradbišču, lahko pa poteka tudi na lokaciji, kjer ima zbiralec ali predelovalec ustrezno opremljeno deponijo. Za mletje gradbenih odpadkov poznamo mobilne drobilce za mletje, ki material zmelje. Stroj deluje tako, da se v zalogovnik vsuje gradbeni odpadni material, drobilec začne mleti, hkrati pa ima nameščen magnet, ki sproti ločuje železo (armatura) in ga izloča. Obstajajo čeljustni ali udarni drobilci. Postopek reciklaže na tak način spada, glede na seznam možnih obdelav materiala, pod postopek R5. Ob rušenju in tudi recikliranju moramo, zaradi preprečevanja emisij v zrak in emisij hrupa, material vlažiti z vodo, da preprečimo emisije prahu v zrak.



Slika 3: Mehanizacija za predelavo gradbenih odpadkov



Slika 4: Mobilni drobilec

Po reciklaži je potrebno material pravilno odložiti, po posameznih frakcijah in ločeno po posameznih vrstah odpadkov. [5]

2.5. PONOVNA UPORABA GRADBENIH ODPADKOV- Kako dati odpadek na trg?

Možnosti ponovne uporabe gradbenih odpadkov so številne. Recikliran agregat se lahko ponovno uporabi v cestogradnji, lahko se ga uporabi kot nadomestek naravnemu agregatu pri proizvodnji betona, uporablja se za nasipe (proti hrupu), zasipe gradbenih jam, izboljšanje temeljnih tal, za nenosilne plastni v cestogradnji itd.

Za ponovno uporabo recikliranega agregata je potrebno pridobiti ustrezna tehnična soglasja oz. certifikate, s čemer se dokazuje, da je pridobljen material v skladu s standardi in tako primeren za nadaljnjo uporabo.

Gradbeni proizvod se lahko da na trg na podlagi harmoniziranih standardov, če teh ni, pa na podlagi tehničnih soglasij (evropskih ali nacionalnih). V primeru recikliranega agregata imamo na razpolago ustrezne harmonizirane standarde za različne namene uporabe. V primeru, ko gre za recikliran agregat iz mešanih ruševin, ki sem jih vgradila v beton, je relevanten standard SIST EN 12620 (Agregati za beton). V njem je predpisano, da je za potrjevanje sistema skladnosti možna uporaba sistema 2+ ali 4. [16]:

- Sistem 2+ : kadar so zahteve za varnost visoke
- Sistem 4: kadar so zahteve za varnost nizke

V primeru uporabe agregata za beton se sicer v Sloveniji uporablja sistem 2+. Ta sistem zahteva, da ima proizvajalec agregata certifikat tovarniške kontrole proizvodnje, opravljen začetni preskus

proizvoda in vzpostavljeno tekočo kontrolo proizvodnje. Svoj proizvod daje na trg z Izjavo o lastnostih, Oznako CE in certifikatom tovarniške kontrole proizvodnje. [16].

Postopek potrjevanja skladnosti gradbenega proizvoda poteka tako, da mora proizvajalec v tehnični specifikaciji izpeljati predpisane naloge:

- proizvajalec s svojim sistemom notranje kontrole proizvodnje zagotavlja skladnost proizvodnje z ustreznimi tehničnimi specifikacijami,
- je pri določenih proizvodih za oceno in nadzor notranje kontrole proizvodnje ali samega proizvoda vključen tudi odobreni certifikacijski organ

2.5.1 Sistemi potrjevanja skladnosti

Preglednica 4: Sistemi potrjevanja skladnosti za proizvode iz agregatov z nizkimi zahtevami varnosti [17]

Za spodaj naveden(e) proizvod(e) in predvideno uporabo mora CEN/Cenelec opredeliti naslednji(e) sistem(e) potrjevanja skladnosti v ustreznem(ih) harmoniziranem(ih) standardu(ih):[17]

Proizvod	Predvidena uporaba	Raven(i) ali razred(i)	Sistem(i) potrjevanja skladnosti
Agregati za: – beton, malto in injekcijsko maso –bitumenske mešanice in materiale za površinsko obdelavo –nevezane in hidravlično vezane mešanice	Za ceste in druge nizke gradnje	—	4
Cestni kamen	Za hidravlične konstrukcije in druge nizke gradnje	—	4
Gramoz za železnice	Za železnice	—	4
Polnila za: –beton, malto in injekcijsko maso –bitumenske mešanice in materiale za površinsko obdelavo	Za ceste in druge nizke gradnje	—	4

Preglednica 5: Sistemi potrjevanja skladnosti za proizvode iz agregatov z visokimi zahtevami varnosti [17]

Proizvod	Predvidena uporaba	Raven(i) ali razred(i)	Sistem(i) potrjevanja skladnosti
Agregati za: – beton, malto in injekcijsko maso – bitumenske mešanice in materiale za površinsko obdelavo – nevezane in hidravlično vezane mešanice	Za ceste in druge nizke gradnje	—	2+
Cestni kamen	Za hidravlične konstrukcije in druge nizke gradnje	—	2+
Gramoz za železnice	Za železnice	—	2+
Polnila za: – beton, malto in injekcijsko maso – bitumenske mešanice in materiale za površinsko obdelavo	Za ceste in druge nizke gradnje	—	2+

2.6 O BETONU

Beton je najbolj pogosto uporabljen gradbeni material. Njegove osnovne sestavine so agregat, voda in cement. Včasih se betonski mešanici dodajo tudi kemijski dodatki, ki omogočajo lažje mešanje in izboljšajo konsistenco.

O kvalitetnem betonu govorimo, kadar je beton odporen na obrabo, ima ustrezne trdnosti, je trajen, ekonomičen in so konstrukcije izdelane iz betona varne. Za dober beton je potrebno izbrati ustrezen cement in agregat, nizko a ustrezno vodo-cementno razmerje, doseči majhno vodoprepustnost in dobro prostorninsko stabilnost, skozi proces sušenja in hidratacije pa ga je potrebno ustrezno negovati.

2.6.1 Uporaba agregatov

Agregat je v Sloveniji največkrat drobljenec, različnih frakcij, ki v običajnih betonih tvori okoli 75 % njegove prostornine. V standardu SIST EN 1026 so podane priporočene krivulje zrnivosti, s pomočjo katerih lahko ocenimo, kakšna naj bodo razmerja med posameznimi frakcijami agregata v betonu. Agregat naj bo odporen proti zmrzovanju in proti drobljenju. Če gre za agregat, pridobljen iz porečja Mure ali Drave, je potrebno preizkusiti odpornost na alkalnosilikatno reakcijo [18].

Vpliv lastnosti agregata na lastnosti betona: [18]

- Gostota agregata
- Maksimalno zrno
- Oblika zrn agregata
- Površinska tekstura
- Trdnost agregata
- Zrnovostna sestava

Kakovost agregata je odvisna od praškastih delcev, organskih primesi, soli, drugih snovi, ki reagirajo in naravne vlažnosti agregata. [18]

2.6.2 Uporaba cementa

Cement je vezivni praškasti material, ki ob stiku z vodo tvori cementno pasto. Le ta poveže agregatna zrna v celoto in tako nastane beton. Cement sodi med silikatna hidravlična veziva, to pomeni, da veže na zraku in v vodi. Osnovna surovina cementa so minerali iz naravnega laporja, apnenca in gline. Poznamo več vrst cementov, glede na dodatke, ki so jim dodani. Le ti namreč izboljšajo določene lastnosti cementa in zmanjšajo delež cementnega klinkerja v cementu.[18]

2.6.3 Uporaba vode

Za betoniranje je primerna voda iz vodovodnega omrežja. Druge vode, kot na primer deževnica, voda iz vodotokov in jezer, prečiščena odpadna voda, itd. morajo biti pred uporabo preiskane, saj bi lahko snovi, ki jih take vode vsebujejo, povzročile slabo kvaliteto betona. Voda vpliva na plastičnost, hidratacijo in obdelovalnost. [18]

2.6.4. Dodatki k betonski mešanici

Za izboljšanje lastnosti betonske mešanice se uporabljajo dodatki, ki vplivajo na: [18]

- Časovni potek vezanja in strjevanja cementne paste
- Zmanjšanje potrebe po vodi in cementu
- Izboljšanju obdelovalnosti betona
- Vgradnjo zračnih mehurčkov in ustvarjanje zaprte poroznosti betona
- Regulacijo ostalih lastnosti betona

3 EKSPERIMENTALNI DEL

3.1 Metode in materiali

3.1.1 Material

3.1.1.1 Odvzem materiala - ruševin na odlagališču

Na terenu smo material odvzeli v skladu z določili standarda SIST EN 932-1. Na odlagališču gradbenih odpadkov smo v marcu 2014 odvzeli 300 kg materiala - mešanih gradbenih odpadkov oz. ruševin. V marcu je bilo vreme še občasno deževno, zato smo počakali, da je bilo suho cca. teden dni, saj ne bi bilo primerno, če bi bil material že primarno preveč nasičen z vodo.

Na odlagališču smo vzorec presejali skozi mrežo velikosti odprtin 30 x 30 mm.



Slika 5: Mešane ruševine na odlagališču (levo) in mreža za sejanje na odlagališču (desno)



Slika 6: Nalaganje presejanega materiala

3.1.1.2 Priprava vzorca

Material smo pripeljali v Prometno-konstruktorski laboratorij Fakultete za gradbeništvo in geodezijo UL. Ker je bil material shranjen v zidarska vedra, je bila njegova zrnavostna sestava naključna, zato smo ga najprej premešali po standardu SIST EN 932-1 in na ta način dobili reprezentativni osnovni vzorec. Nato smo, v skladu z določili standarda SIST EN 932-2, osnovni vzorec razdelili na laboratorijske vzorce.



Slika 7: Kup med mešanjem (levo) in premešan kup materiala (desno)

3.1.2 Laboratorijske preiskave

3.1.2.1 Določanje zrnivosti agregata s sejanjem

Določanje zrnivosti agregata ali sejalno analizo smo izvajali po standardu SIST EN 933-1. Preiskavo smo izvedli na petih (5) laboratorijskih vzorcih z maso vzorca okoli 7 kg. Vsak vzorec smo presejali skozi sistem standardnih sit (16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm in 0,125 mm) in dobili 5 sejalnih krivulj, ki so nam podale območje zrnavostnih sestav recikliranega agregata. Vzorce smo vsakega posebej vsuli na največje sito sistema sit in vključili vibracijski aparat, zraven pa še ročno mešali. Vsako frakcijo agregata smo stehtali in maso zapisali v tabelo.



Slika 8: Pripravljene vzorce za sejanje (levo) in sita za sejanje (desno)

Izbira sistema sit je odvisna od narave vzorca. Jasno je, da je sito z največjo odprtino najvišje, sledijo pa mu sita z manjšimi odprtinami. Vzorec, ki se seje mora biti suh in ne sme vsebovati primesi, ki bi v stiku z vodo lahko reagirale in tako spremenile granulometrijsko sestavo. Stehane mase frakcij uporabimo za izračun ostankov na situ - kar ostane na situ in presevkov skozi sito - kar gre skozi sito, ki jih v naslednjem koraku pretvorimo v odstotke. Iz presevkov v odstotkih na y-osi in velikosti odprtin sit v logaritemskem merilu na x-osi dobimo logaritemski graf, to je sejalno krivuljo, ki nam prikazuje sestavo našega agregata. Iz krivulje zrnivosti hitro vidimo, če naša sestava ustreza zahtevam.

Za količino finih delcev (delcev manjših od 0,125 mm) je po standardu SIST 1026 priporočljivo, da jih svež beton vsebuje zadostno količino, saj je to pomembno pri dolgih transportnih poteh v cevovodih, pri gosto armiranih konstruktivnih elementih in za izdelavo nepropustnega betona.

Izračun presevkov po SIST 933-1:

Med sejanjem smo tehtali mase ostankov agregata na situ - materiala, ki je ostal na določenem situ. Te mase smo označili s črko R. (R1, R2, R3, Ri...). Maso materiala, ki je ostal pod sitom 0,125 smo označili s črko P (ostanek). Mase ostankov smo s pomočjo formule (1) pretvorili v odstotke.

$$\frac{R_i}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

Kjer je:

R_i - masa ostanka na situ (g)

M_1 - masa celotnega vzorca (g)

Odstotek finih delcev (f) pod 0,125 mm in izgubo materiala (g) smo izračunali po enačbi (2) in (3):

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100 \quad (2)$$

$$g = \frac{M_2 - (\sum R_i + P)}{M_2} \times 100 \quad (3)$$

Kjer je:

f - odstotek finih delcev

g - izguba materiala

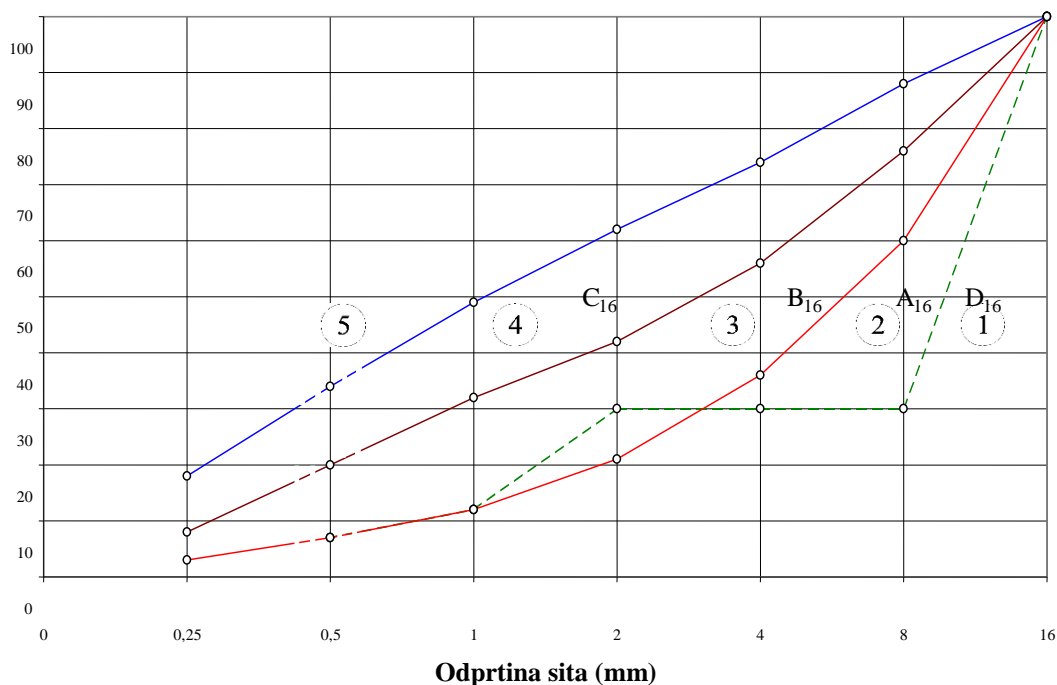
M_1 - masa vzorca (kg)

M_2 - suhi ostanek na situ (g)

P – masa materiala v podstavki sit (g)



Slika 9: Največje sito (levo) in manjša sita (desno).

Presevek (%)

Slika 10: Priporočene mejne krivulje za agregat 0/16 po SIST EN 1026

Priporočljivo je, da je zrnavostva krivulja agregata v območju znotraj krivulj A in C. Krivulje, ki segajo izven meja A in C, praviloma niso primerne zrnavostne sestave, zato jim je posamezne deleže frakcij potrebno »umetno« nadomestiti in jih na ta način popraviti.

3.1.2.2 Modul oblike - določanje oblike zrn agregata

Modul oblike zrn agregata smo določili po standardu SIST EN 933-4. Zrna agregata razdelimo na zrna ugodne in zrna neugodne oblike. To naredimo tako, da pomerimo najmanjšo in največjo dimenzijo vsakega zrna. Zrna ugodne oblike so tista zrna, pri katerih je razmerje med največjo in najmanjšo dimenzijo 3:1 ali manj, ostala zrna pa so zrna neugodne oblike. Merili smo s kljunastim merilom.

Z eno od metod zmanjševanja vzorca izločimo iz frakcije agregata vzorec z maso najmanj 45 kg za $D=63$ mm, 6 kg za $D=32$ mm, 1 kg za $D=16$ mm, 0,1 kg za $D=8$ mm. D je največje zrno agregata. Vzorec operemo in osušimo do stalne mase pri temperaturi $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

V mojem primeru sem pomerila 100 zrn, in jih razdelila na zrna ugodne oblike in zrna neugodne oblike. Merjen vzorec sem stehtala in njegovo maso označila z M , ter jo podala v gramih [g]. Stehtala sem tudi zrna neugodne oblike, katerih masa je M_1 in zrna ugodne oblike, katerih masa je M_2 . Po spodnji enačbi (4) sem izračunala modul oblike SI [%].

$$SI = \frac{M_1}{M_1 + M_2} \times 100 \quad (4)$$

Na spodnji sliki 11, sem delce nepravilnih oblik poimenovala »problematična zrna«, saj bi ta zrna znala povzročati težave, saj so površine zrn neugodne oblike, in bi lahko bile vzrok za slabo zgostitev, lokalno izločanje vode in nehomogenost betonske mešanice



Slika 11: Oblika zrn, neugodna in ugodna oblika zrn agregata

3.1.2.3 Kolorimetrijska metoda - določevanje prisotnosti humoznih delcev

Po standardu SIST EN 1744- 1, TČ. 15. 1, smo naredili preiskavo vsebnosti humoznih delcev, ki so prisotni v recikliranem agregatu ruševin. Vsebnost humoznih delcev ocenimo na podlagi barve, ki jo primerjamo s primerjalno raztopino.

Opis postopka določevanja humoznih delcev po SIST EN 1744- 1, TČ. 15.1

Vzorec agregata osušimo pri $55 \pm 5^\circ\text{C}$ in ga presejemo skozi sito 4 mm. Agregat, ki ostane na situ, zdrobimo do velikosti zrn, ki so manjša od 4 mm in ga dodamo materialu. Vzamemo steklen merilni valj, prostornine 450 cm^3 in premera 70 mm. Vanj nalijemo 3 % raztopino NaOH v vodi, do višine 80 mm. Raztopino prej pripravimo tako, da raztopimo 30 g NaOH v 1 litru raztopine in počakamo, da se raztopina ohladi. Po naliti raztopini do 80 mm višine valja dodajamo agregat, do skupne višine 120 mm. Merilni valj nato stresemo, zapremo in dobro stresamo 1 minuto. Po 24 urah primerjamo barvo tekočine nad agregatom in barvo primerjalne tekočine. Delali smo dve paralelki.



Slika 12: Oprema za preizkus vsebnosti humoznih delcev



Slika 13: Rezultat preiskave vsebnosti humoznih delcev po 24 urah

3.1.2.4 Določevanje prostorninske mase zrn in vpijanje vode – preiskava z metodo s piknometrom za zrna med 4 mm in 31,5 mm

Za preiskavo s piknometrom moramo upoštevati določila standarda SIST EN 1097- 6. Minimalna zatehta za zrno 8 mm je 1 kg mase vzorca. Presejala sem 1 kg recikliranega agregata skozi sito 8 mm, pri čemer so bila zrna večja od 4 mm.

Opis postopka preiskave s piknometrom po SIST EN 1097-6

Najprej sem v vrč nalila vodo in počakala, da je dosegla sobno temperaturo 22 ± 3 °C. Nato sem stehala prazen piknometrom. V naslednjem koraku sem v piknometrom nasula cca. 1 kg vzorca

recikliranega agregata in ponovno stehtala maso piknometra in agregata. Nato sem do oznake na piknometru nalila vodo sobne temperature. Piknometer s pripravljeno vsebino sem zaprla in ga rahlo stresala, da so se izločili zračni mehurčki. Pripravljen piknometer sem postavila v vodno kopel za $24 \pm 0,5$ ur.

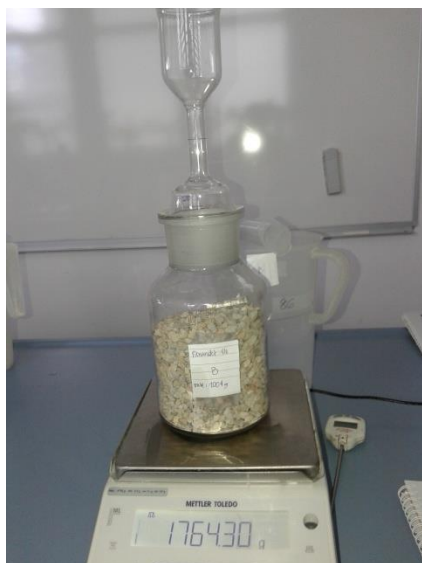
Po poteku predpisanega časa sem vzela piknometer iz vodne kopeli in ga obrisala. Vidno je bilo, da je material nekaj vode popil, saj se je gladina le te znižala. Piknometer sem ponovno stresla, da so se izločili zračni mehurčki, mu namestila kapilarno cev in dodala vodo do oznake na piknometru. Ponovno sem ga obrisala in stehtala (M_2). Zapisala sem temperaturo vode, ki sem jo dodala po 24 urah.

Nato sem agregat stresla v ustrezno cedilo, kjer je odtekla voda, sprali pa so se delno tudi fini delci. Med tem smo piknometer pomili in ga napolnili samo z vodo do oznake, ter polnega stehtali (M_3).

Na brisačo sem dala odcejen agregat in ga obrisala do površinsko suhega stanja in ponovno stehtala (M_1). Po tem smo ga dali v sušilnico in ga posušili na $110 \pm 5^\circ\text{C}$ do suhega stanja oz. do stalne mase (M_4). Celoten postopek je prikazan na spodnjih slikah (slika 14- 17).



Slika 14: Pred začetkom preiskave s piknometrom (levo) in polnjenje piknometra z agregatom (desno)



Slika 15: Tehtanje piknometra in agregata (levo) in piknometer, agregat in voda do oznake (desno)



Slika 16: Znižana gladina vode zaradi vpivanja vode po 24 urah (levo) in ponovno dodana voda do oznake (desno)



Slika 17: Agregat na cedilu (levo) in površinsko suh agregat (desno)

Izračun prostorninske mase in vpijanja vode pri preiskavi z metodo piknometra po SIST EN 1097- 6

Navidezna prostorninska masa zrn

$$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \quad (5)$$

Prostorninska masa zrn v sušilnici sušenega agregata

$$\rho_{rd} = \rho_w * \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (6)$$

Prostorninska masa zrn v z vodo zasičenem površinsko suhem stanju

$$\rho_{ssd} = \rho_w * \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (7)$$

Vpijanje vode

$$W_{A24} = \frac{100 * (M_1 - M_4)}{M_4} \quad (8)$$

Kjer je :

M_1 - masa z vodo nasičenega, površinsko suhega vzorca (g),

M_2 - masa piknometra, z vodo nasičenega agregata in vode do oznake na piknometru (g),

M_3 - masa piknometra, napolnjenega z vodo do oznake na piknometru (g),

M_4 - masa suhega vzorca (g),

ρ_w - gostota vode, v gramih na kubični centimeter.

3.1.2.5 Preizkus vpijanja vode po metodi za preverjanje površinsko suhega z vodo zasičenega stanja za frakcijo 0,063/ 4 mm

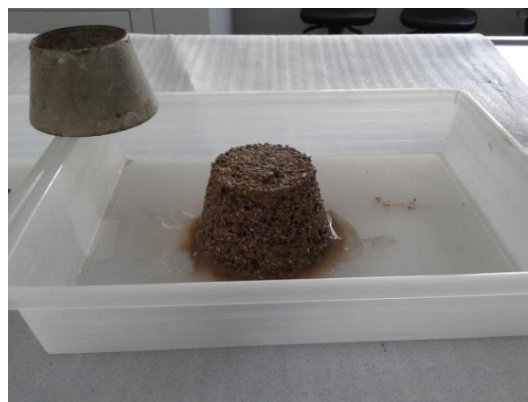
Opis postopka vpijanja vode po metodi za preverjanje površinsko suhega stanja po standardu SIST EN 1097-6:

Po standardu SIST EN 1097-6, smo zatehtali cca. 1 kg mase recikliranega agregata, frakcije med 0, 125 in 4 mm, katero sem predhodno presejala. Imela sem dva vzorca, vzorec A in B. Na podlagi te metode sem dobila podatke, koliko vode vpije drobna frakcija recikliranega agregata. Vzorca sem

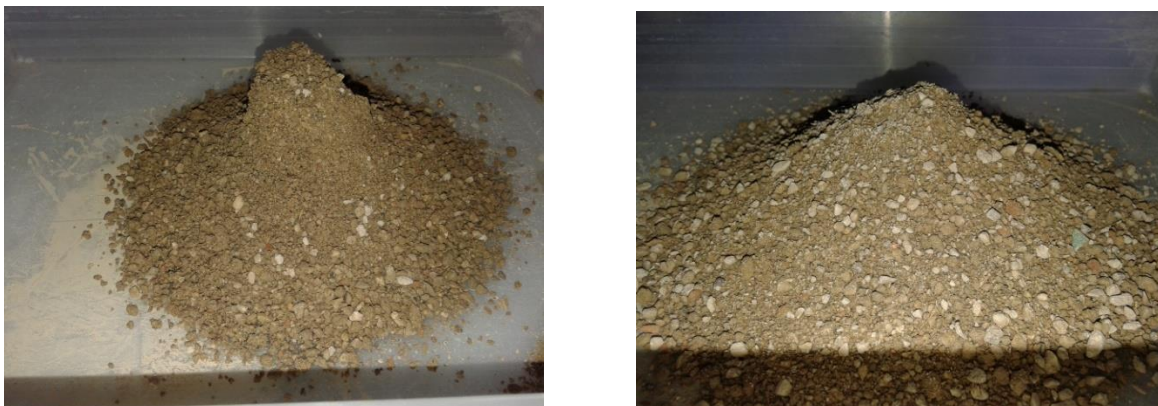
potopila v vodo za 72 ur, da je material postal moker in vpil čim več vode. Po določenem času sem vzorec prelila in odcedila skozi sito 0,5 mm. Nato sem vzorec dala pred sušilnik in oblikovala »potičke«, na podlagi katerih sem gledala ustrezen razlez. Le ta je prikazan na spodnjih slikah. Vzorec sem sušila toliko časa, dokler ni bila oblika kupčka primerna, in ko sem jo dobila, sem ta vzorec stehala. V tej fazi (slika 20 -desno) pravimo, da je agregat v površinsko suhem stanju. Vzorec sem kasneje dala sušiti v sušilnico, do suhega stanja, in ga ponovno stehala, nato pa na podlagi izračuna dobila podatek o vpiti vodi. Na spodnjih slikah (18-20) sledi prikaz postopka.



Slika 18: Odcejanje vode in kohezija materiala (levo) in oblikovanje kupčka (desno)



Slika 19: Sušenje vzorca (levo) in kup, ki je še premoker in ima zato nepravilno obliko (desno)



Slika 20: Po eni uri sušenja- kupček nepravilne oblike (levo) in po 1 uri in 5 minut sušenja- površinsko suh agregat - kupček ima pravilno obliko (desno)

Izračun vpijanja vode po SIST EN 1097-6:

$$V = \frac{M_{ps} - M_s}{M_s} \quad (9)$$

Kjer je:

M_{ps} = masa površinsko suhega z vodo zasičenega vzorca agregata (g)

M_s = masa suhega vzorca agregata (g)

V = količina vpite vode v odstotkih

3.1.3 Preiskave na svežem betonu

3.1.3.1 Priprava betona

Osnovne sestavine betona so agregat, cement in voda. Velikokrat se dodajajo tudi dodatki, ki izboljšajo lastnosti betonske mešanice. Sestavine betona se morajo dobro zmešati, da se enakomerno porazdelijo. Preden smo zamešali sestavine za betonsko mešanico, smo vse pazljivo natehtali in jih pripravili. Nato smo agregat in cement vsuli v mešalec in ju suho premešali. Kasneje smo dodali vodo in zopet mešali. Med mešanjem smo dodali še dodatek- superplastifikator, ki nam je omogočil lažje mešanje in boljšo konsistenco. Mešali smo v mešalcu kapacitete 40 litrov, vsako sestavo betona posebej.



Slika 21: Sestavine pred mešanjem betonske mešanice

3.1.3.2 Preizkušanje konsistence sveže betonske mešanice

Za določanje konsistence poznamo naslednje metode:

- Z aparatom Vebe po standardu SIST EN 12350-3
- S postopkom poseda po standardu SIST EN 12350-2
- S postopkom razleza po standardu SIST EN 12350-5
- S postopkom zgoščevanja pri vibriranju po standardu SIST EN 12350-4

3.1.3.2.1 Določanje konsistence z metodo s posedom

Po standardu SIST EN 12350-2 določamo konsistenco sveže betonske mešanice s posedom. Pri tej metodi smo potrebovali konus, lijak za lažje polnjenje, kovinsko palico in zidarsko žlico za zajemanje betonske mešanice. Konus postavimo na ravno in vodoravno podlago in ga polnimo postopoma v treh plasteh ter vsako plast petindvajsetkrat prebodemo s kovinsko palico, da jo zgostimo. Vsako višjo plast prebadamo čez stik s spodaj ležečo plastjo. Ko je konus poln, poravnamo betonsko mešanico v isto linijo, kot je rob konusa. Nato počasi konus dvignemo, in kup sveže betonske mešanice se sam posede. Izmerimo spremembo višine glede na višino konusa (slika 22).



Slika 22: Konus med polnjenjem (levo) in merjenje spremembe višine zaradi poseda (desno)



Slika 23: Posed pri 3. vzorcu

Po standardu SIST EN 12350-2 je preizkus veljaven, če je posed pravilen. Pravilen posed pomeni, da kup zadrži izgled prisekanega stožca. Če se kup strižno poruši, je potrebno preizkus ponoviti.

3.1.3.2.2 Določanje konsistence z metodo razleza s posedom

Po SIST EN 12350-8 z metodo razleza s posedom določamo konsistenco lahko vgradljive ali samozgoščevalne sveže betonske mešanice. Mi smo uporabili modificirano metodo, saj smo beton vgradili v skladu s SIST EN 12350-2, rezultat preizkusa pa podali v skladu s SIST EN 12350-8. Na ravno in vodoravno podlago smo postavili kovinski konus, ki smo ga napolnili v treh plasteh in vsako plast zgostili s kovinsko palico, s petindvajset udarci. Postopek polnjenja in oprema je enaka kot pri preizkusu z metodo s posedom. Ko smo konus napolnili, smo vrh betonske mešanice poravnali z linijo vrha konusa. Konus počasi dvignemo. Sveža betonska mešanica se razleze in ta razlez nas zanima,

zato ga izmerimo. Razlez izmerimo v dveh pravokotnih smereh in meritve označimo z d_1 in d_2 (slika 24).



Slika 24: Merjenje razleza

Po standardu SIST EN 12350-8 je potrebno preveriti, če betonska mešanica ni segregirana. Če do tega pride, je potrebno v poročilo to zabeležiti.

3.1.3.2.3 Določanje oz. klasifikacija konsistence

Ko opravimo določene preizkuse za določevanje konsistence svežega betona, dobimo rezultate, na podlagi katerih po standardu SIST EN 206 določimo, kakšne konsistence je naša betonska mešanica.

Preglednica 6: Klasifikacija poseda po standardu SIST EN 206

RAZRED	Posed v mm
S1	10 do 40
S2	50 do 90
S3	100 do 150
S4	160 do 210
S5	≥ 220

Preglednica 7: Klasifikacija razleza s posedom po standardu SIST EN 206

Table 6 — Slump-flow classes

Class	Slump-flow ^a tested in accordance with EN 12350-8 mm
SF1	550 to 650
SF2	660 to 750
SF3	760 to 850

^a The classification is not applicable to concrete with D_{max} exceeding 40 mm.

3.1.3.3 Določanje vsebnosti zraka v svežem betonu

Po standardu SIST EN 12350-7 smo naredili preizkus vsebnosti zraka v betonski mešanici. Posodo smo napolnili s svežim betonom v treh slojih in vsak sloj zgostili z vibracijsko iglo. Ko je bila posoda polna, smo vrh poravnali s kovinskim ravnilom, očistimo pa tudi rob posode. Na osnovno posodo namestimo pokrov z manometrom in ga pritrdimo na osnovno posodo. Pokrov ima odprtino z ventilom, skozi katero vlijemo vodo. To naredimo zato, da zapolnimo morebiten zračni prostor med betonom v osnovni posodi in pokrovom. Ko prenehajo izhajati mehurčki, ventila zapremo. Nato z ročno črpalko v prostor znotraj pokrova (predkomoro) vnesemo toliko zraka, da nam na manometru kaže ničlo (takrat je v predkomori 98, 066 kPa zračnega pritiska). Počakamo nekaj sekund, da se tlak izravna, nato pa odpremo ventil in odčitamo na manometru delež zraka v odstotkih, glede na prostornino svežega betona v posodi.



Slika 25: Določanje vsebnosti zraka v svežem betonu

3.1.3.4 Vgrajevanje svežega betona – izdelava in nega vzorcev

Betonsko mešanico vgrajujemo v standardizirane preizkušance, kateri so treh oblik: kocka, pokončni valj ali pokončna prizma s kvadratnim prečnim prerezom. Dimenzije standardiziranih preizkušancev določa standard SIST EN 12390-1.

V mojem primeru smo beton vgrajevali v kocke in prizme. Na kockah smo naredili preizkus tlačne trdnosti in vodotesnosti, na prizmah smo naredili test upogibne trdnosti in na delih prizme pa cepilni preizkus.

Način izdelave in nege vzorcev ter kakšni kalupi morajo biti, da so vzorci pravilni, nam narekuje standard SIST EN 12390-2. Pred vgrajevanjem betona smo kalupe namazali z mineralnim oljem, ki

prepreči sprejemanje betonske mešanice na stene kalupa in omogoča, da preizkušance lažje razkalupimo. Kalup mora biti vodotesen in narejen iz materiala, ki ne reagira z betonsko mešanico.

Beton smo vgrajevali v dveh plasteh in vsako plast zgostili z vibracijsko iglo z minimalno frekvenco 120 Hz. Vibriramo toliko časa, dokler ne nehajo izhajati zračni mehurčki, vrhnji sloj pa se poravna oz. se na njem nabere tanka plast cementnega mleka. Zgornjo plast poravnamo z robovi kalupa in preizkušance označimo ter stehtamo, da dobimo še prostorninsko maso svežega betona. Nato jih zaščitimo pred izhlapevanjem tako, da jih prekrijemo s folijo. Pod folijo postavimo še posode z vodo, da zagotovimo ustrezno vlažnost okolja med vezanjem in strjevanjem betona v prvih 24 urah. Po 24 urah preizkušance razkalupimo in postavimo v vodo. V vodi jih pustimo do dneva, ko na njih opravimo načrtovane preiskave.



Slika 26: Polnjenje kalupov (levo) in vibriranje betonske mešanice (desno)



Slika 27: Označeni vzorci v kalupih

3.1.3.5 Določanje prostorninske mase svežega betona

Po standardu SIST EN 12350-6 smo določili prostorninsko maso svežega betona. Najprej smo stehali prazne kalupe, nato pa smo jih stehali še polne, skupaj z betonsko mešanico. Po enačbi (10) smo izračunali prostorninske mase posameznih preizkušancev in jo zaokrožili na 10 kg/m^3 .

$$D = \frac{M2 - M1}{V} \quad (10)$$

Kjer je:

M1= masa kalupa (kg)

M2= masa kalupa z vzorcem (kg)

V= prostornina kalupa (m^3)

3.1.4 Preiskave na strjenem betonu

3.1.4.1 Porušne metode

Preizkusi, pri katerih preizkušance obremenimo z naraščajočimi silami, ki delujejo v različnih smereh, nam dajo podatke o različnih trdnostih betona. Večjo silo, kot beton prenese, v višji trdnostni razred se uvrsti. S porušnimi metodami smo določili tlačno, cepilno in upogibno trdnost.

3.1.4.1.1 Tlačna trdnost

Tlačno trdnost določamo na preizkušancih v obliki valja ali kocke, v našem primeru smo jo izvajali na standardiziranih kockah. Dodatno jo lahko preizkušamo tudi na delih prizme, ki smo jo prej že upogibno porušili.

Preizkus tlačne trdnosti smo naredili po standardu SIST EN 12390-3. Tlačni preizkus smo naredili pri starosti kock 7 in 28 dni. Kocko smo vzeli iz vodne kopeli, obrisali z nje vlago, in izmerili njene dimenzije. Kocko smo nato postavili med stiskalne plošče preše na sredino in tako, da je bila smer sile pravokotna na smer vgrajevanja betonske mešanice.

Nato kocko obremenjujemo s konstantno hitrostjo obremenitve od 0,2 do 1,0 MPa/s. Preizkušanec obremenjujemo enakomerno, brez sunkov do največje možne obremenitve, ko se kocka poruši. Stiskalnica je povezana z monitorjem, na katerem odčitamo največjo silo, ki jo prenese preizkušanec.

Včasih lahko pride do nezadovoljive porušitve zaradi nepravilne postavitve preizkušanca v stiskalnico ali pa zaradi napake na stiskalnici.

Tlačno trdnost dobimo tako, da silo, ki smo jo zabeležili, delimo s površino, na katero je ta sila delovala, po enačbi (11):

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (11)$$

Kjer je:

F= največja obremenitev ob porušitvi (N)

A_c= ploščina preseka preizkušanca na katerega deluje tlačna sila (mm²)

f_c= tlačna trdnost (MPa)



Slika 28: Po standardu SIST EN 12390-3 je takšna porušitev zadovoljiva

Preglednica 8: Razredi tlačne trdnosti po SIST EN 206 za preizkušane v obliki kocke

Razred tlačne trdnosti	Min. karakteristična tlačna trdnost f _{ck,cube} (MPa) Kocka 15/15
C 8/10	10
C 12/15	15
C 16/20	20
C 20/25	25
C 25/30	30
C 30/37	37
C 35/45	45
C 40/50	50
C 45/55	55
C 50/60	60

Se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 8

C 55/67	67
C 60/75	75
C 70/85	85
C 80/95	95
C 90/105	106
C 100/115	115

3.1.4.1.2 Upogibna natezna trdnost

Po standardu SIST EN 12390-5 smo naredili preizkus upogibne natezne trdnosti na 28 dni starih prizmah. Prizmo smo vzeli iz vodne kopeli, jo obrisali in osušili, stehali in pomerili njene dimenzije. Nato smo jo pravilno namestili v preizkuševalni stroj in obremenili s silo na sredini razdalje med podporama. Izmerili smo največjo upogibno silo, ki jo prizma prenese. To smo zapisali in po enačbi (12) izračunali upogibno natezno trdnost preizkušancev.

$$f_{ct} = \frac{3xF \times l}{2xd1 \times d2^2} \quad (12)$$

Kjer je

f_{ct} = Upogibna natezna trdnost (MPa)

F= največja upogibna sila (N)

l= razpetina (mm)

d1= širina prizme (mm)

d2= višina prizme (mm)



Slika 29: Preizkus upogibne natezne trdnosti

3.1.4.1.3 Cepilna natezna trdnost

Po standardu SIST EN 12390-6 smo naredili še zadnji preizkus trdnosti – določili smo cepilno natezno trdnost. Preizkus smo opravili na delih prizme starosti 28 dni, ki sta preostala po preizkusu upogibne trdnosti. Dobili smo maksimalno silo, ki jo pri tej preiskavi prenese preizkušanelec, in smo po enačbi (13) izračunali cepilno natezno trdnost.

$$f_{ct} = \frac{2 \times F}{l \times d \times \pi} \quad (13)$$

Kjer je:

f_{ct} = cepilna natezna sila (MPa)

F = cepilna sila (N)

l = raznos sile (mm)

d = merodajna dimenzija preizkušanca (mm)

3.1.4.2 Preizkus določanja globine prodora vode pod pritiskom

Po standardu SIST EN 12390-8, smo naredili preizkus določanja globine prodora vode por pritiskom.

Preizkus se izvaja na preizkušancih, ki so stari najmanj 28 dni, a ne več kot 36 dni. 28. dan smo preizkušance (kocke) dali najprej v sušilnico, kjer smo jih sušili pri temperaturi 60°C do starosti 32 dni. 32. dan smo preizkušanelec dali v napravo za vtiskanje vode pod pritiskom za 72 ur in smo ga iz ene strani izpostavili delovanju vodnega pritiska (500± 50 kPa). Med preiskavo je potrebno opazovati preizkušane oz. ostale stranice, če bi slučajno bile mokre, saj bi to pomenilo, da rezultat morda ne bi bil veljaven, ali pa da je preizkušanelec slab. Po pretečenem času vzamemo preizkušanelec iz naprave in ga v stiskalnici razcepimo pravokotno na površino na katero je voda pritiskala, saj le tako lahko vidimo, do kam je voda prodrla. Ko kocko razcepimo, pogledamo in označimo globino prodora vode ter globino izmerimo in rezultat zapišemo.



Slika 30: Preizkušavec v napravi (levo) in označena globina prodora vode na razcepljeni kocki (desno)

Preglednica 9: Dovoljene vrednosti prodora vode s preizkusom po SIST EN 12390-8 pri starosti betona najmanj 28 dni

Stopnja odpornosti proti prodoru vode	Največji dovoljeni prodor vode (mm)	Največji dovoljeni odklon (mm)
PV-I	50	15+
PV-II	30	10+
PV-III	20	5+

3.1.5 Priprava receptur za betonsko mešanico

3.1.5.1 Vzorec 1 : Nadomestim 30 % grobe frakcije (4/32mm)

V prvi varianti smo se odločili nadomestiti 30 % grobe frakcije, to je frakcije, ki je večja od 4 mm. Ostalih 70 odstotkov grobega agregata ostane drobljen apnenčast agregat in tudi 50 % celotnega agregata ostane naraven drobljen agregat frakcije 0/4. Za betonsko mešanico smo potrebovali 16, 8 kg cementa, vodocementno razmerje je bilo 0, 5, kar pomeni, da smo potrebovali 8, 4 kg zamesne vode.

Najprej smo količine izračunali za 1 kubični meter, nato pa jih preračunali na volumen mešalca, to je 40 litrov. Upoštevajoč naravno vlažnost agregatov, smo potrebovali 32, 903 kg naravnega drobljenca 0/4 frakcije, 23, 032 kg naravnega drobljenca 4/16 frakcije in 8, 604 kg recikliranega agregata frakcije 4/32. Zaradi dejstva, da je bil recikliran agregat suh in bi vpil zamesno vodo med mešanjem betona, smo predhodno dodali 0, 473 kg vode, to je vode do površinsko suhega z vodo nasičenega stanja recikliranega agregata, in sicer tako, da smo s to količino vode namočili recikliran agregat en dan pred mešanjem betona.

Preglednica 10: Sestava betonske mešanice - vzorec 1

IZRAČUN

Sestavine:	kg	dm ³	PRERAČUNANO NA 40 dm ³	Z upoštevanjem vlažnosti agregata
CEMENT	420		16,8 kg	
VODA	210		8, 4 kg	dodam 0, 473 kg vode
AGREGAT:		620		
Naravni 0/4 (50 %)	830, 8	310	33,232 kg	32, 903 kg
Naravni 4/32 (70 %)	581, 6	217	23, 624 kg	23, 032
Recikliran 4/32 (30 %)	226, 92	93	9, 077 kg	8, 604 kg
Vodocementno razm.	0,5			
Superplastifikator	25 g			
Prostorninska masa	2,44 kg/dm ³			
Predvidena poroznost	3%			
Vodovpojnost rec.agregat	5,50%			
Vodovpojnost nar.agregata	1%			

3.1.5.2 Vzorec 2: Nadomestim 100 % grobe frakcije (nad 4mm)

V drugi varianti smo se odločili nadomestiti 100 % grobe frakcije, to je frakcije, ki je večja od 4 mm. Ostal agregat je bil drobljen apnenec frakcije 0/4. Za betonsko mešanico smo potrebovali 16,8 kg cementa, vodocementno razmerje je bilo 0,5, kar pomeni- na podlagi tega, je bilo potrebno 8,4 kg vode.

Najprej smo količine izračunali za 1 kubični meter, nato pa jih preračunali na volumen mešalca, to je 40 litrov. Upoštevajoč naravno vlažnost agregatov (recikliran agregat je bil suh), smo potrebovali 32,903 kg naravnega drobljenca 0/4 frakcije in 28,68 kg recikliranega agregata frakcije 4/16. Ker je bil recikliran agregat suh in bi med mešanjem betona vpil zamesno vodo, smo dodali 1,567 kg vode tako, da smo s to količino namočili recikliran agregat en dan pred mešanjem in s tem zagotovili površinsko suho z vodo zasičeno stanje recikliranega agregata.

Preglednica 11: Sestava betonske mešanice- vzorec 2

IZRAČUN

Sestavine:	kg	dm ³	PRERAČUNANO NA 40 dm ³	
CEMENT	420		16,8 kg	Z upoštevano vlažnostjo agregata
VODA	210		8,4 kg	dodam 1,576 kg vode
AGREGAT:		620		
Naravni 0/4 (50 %)	830,8	310	33,232 kg	32,903 kg
Recikliran 4/32 (100%)	756,4	310	30,256 kg	28,68 kg
vodocementno razm.	0,5			
Superplastifikator	25 g			
Prostorninska masa	2,44 kg/dm ³			
Predvidena poroznost	3%			
Vodovpojnost rec.agregat	5,50%			
Vodovpojnost nar.agregata	1%			

3.1.5.3 Vzorec 3- Nadomestim celoten drobljen apnenčev agregat z recikliranim

Pri tretji varianti smo se odločili, da bo agregat v celoti recikliran, torej naravnega drobljenca ne bomo dodajali. Za to mešanico smo potrebovali 16,8 kg cementa, 8,4 kg vode in 57,36 kg recikliranega agregata. Frakcij v tem primeru nismo določali posebej po deležih, saj smo želeli izvedeti, kaj dobimo iz recikliranega materiala, katerega sestava je, kakršna je, ne da bi jo umetno popravljali. Upoštevajoč dejansko vlažnost recikliranega agregata, smo dodali 3,152 kg vode, tako, da smo s to količino namočili agregat en dan pred mešanjem.

Preglednica 12: Sestava betonske mešanice- vzorec 3

IZRAČUN

Sestavine:	kg	dm ³	PRERAČUNANO NA 40 dm ³	Z upoštevano vlažnostjo agregata
CEMENT	420		16,8 kg	
VODA	210		8,4 kg	dodam 3,152 kg vode
AGREGAT:		620		
Recikliran vse (100%)	1512,8	620	60,512	57,36 kg
Vodo/cementno razm	0,5			
Superplastifikator	25 g			
Prostorninska masa	2,44 kg/dm ³			
Predvidena poroznost	3%			
Vodovpojnost rec.agregat	5,50%			
Vodovpojnost nar.agregata	1%			

3.2. Rezultati in diskusija

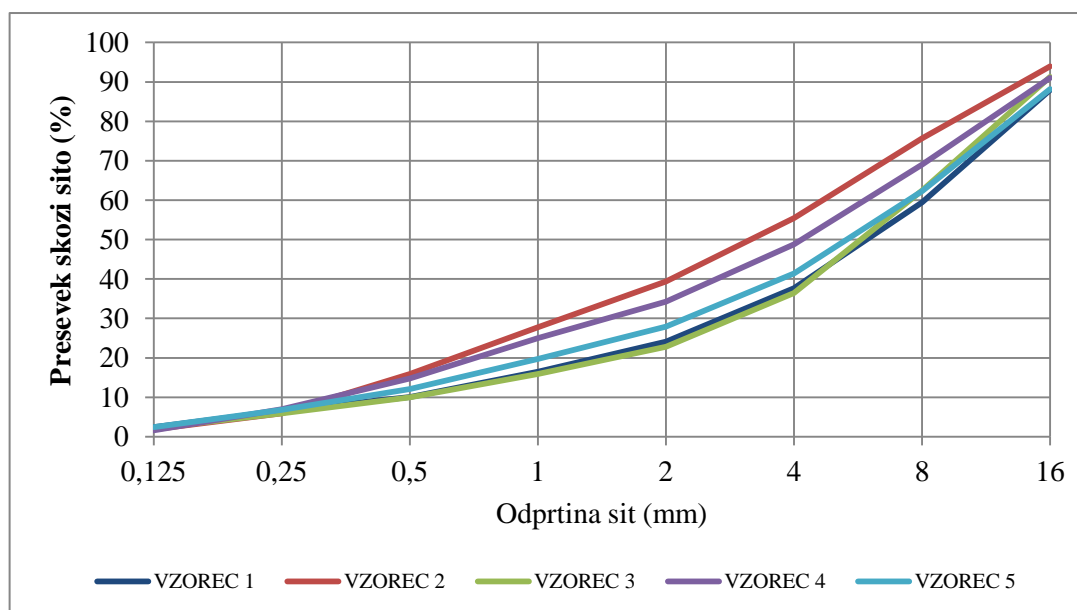
3.2.1 Preiskave agregata

3.2.1.1 Določevanje zrnivosti s sejanjem

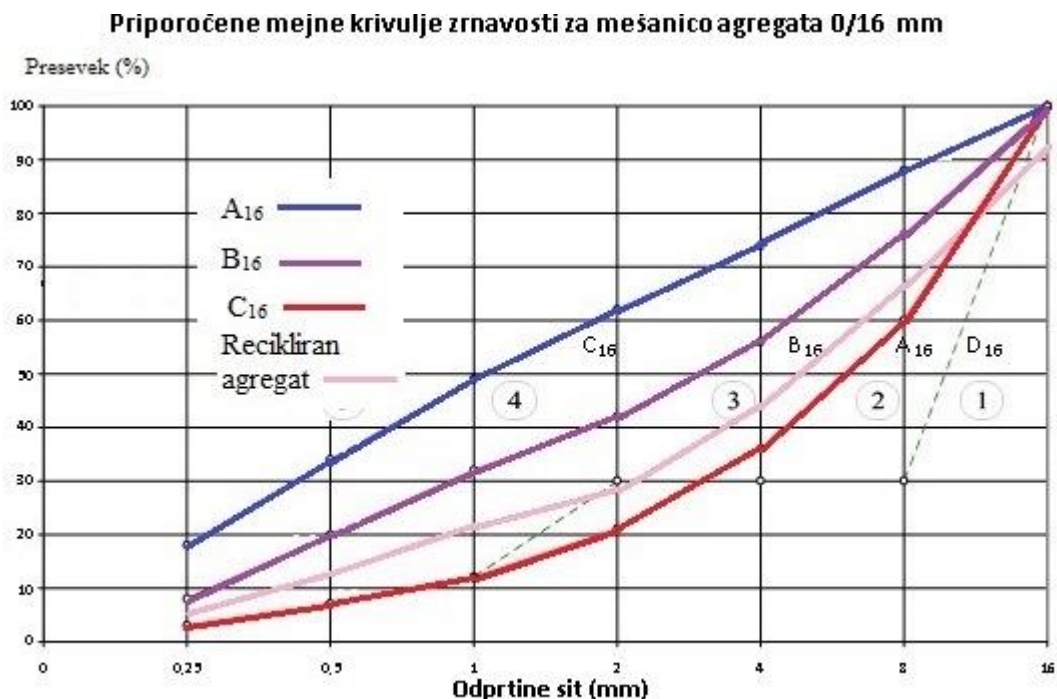
V preglednici 13 so prikazani presejki skozi sita v odstotkih, ki so rezultat sejanja petih vzorcev recikliranega agregata. Vidimo, da se zrnovostna sestava recikliranega agregata nahaja v območju 3, med mejnima krivuljama A16 in B16 in da lahko pričakujemo relativno velik raztros rezultatov sejalne analize.

Preglednica 13: Presejki skozi sita pri določanju zrnovostne sestave recikliranega agregata

	VZOREC1	VZOREC2	VZOREC3	VZOREC4	VZOREC5
SITO	presejek skozi sito (%)	presejek skozi sito (%)	presejek skozi sito (%)	presejek skozi sito (%)	presejek skozi sito (%)
16	87,97	93,92	91,26	91,04	88,20
8	59,45	75,64	62,44	69,01	62,30
4	37,66	55,43	36,45	48,76	41,37
2	24,14	39,35	22,84	34,28	27,94
1	16,52	27,76	15,95	24,99	19,74
0,5	10,06	15,93	9,94	14,74	12,12
0,25	6,57	5,92	5,94	6,96	6,79
0,125	2,43	1,90	2,22	1,63	2,42
skupaj masa (g)	7398	7472	6496	7124	6270



Grafikon 3: Sejalne krivulje vseh petih vzorcev recikliranega agregata



Slika 31: Priporočene mejne krivulje agregat 0/16 in povprečna sejalna krivulja recikliranega agregata

Iz presevkov 5 sejanj sem določila eno sejano krivuljo, ki je povprečje vseh 5-ih. Ugotovila sem, da reciklirani agregat ustreza priporočenim mejnim krivuljam za agregat 0/16, saj ležijo sejalne krivulje med krivuljama A₁₆ in B₁₆. Vidi pa se, da je v recikliranem agregatu prisoten velik odstotek nadmernih zrn, kar 9 %, a je ta vrednost še vedno v skladu z določili standarda SIST EN 12620 za zrnivost agregata z največjim zrnom 16 mm.

3.2.1.2 Modul oblike - določevanje oblike zrn agregata

Oblika zrn v recikliranem agregatu je različna, od zrn pravilne oz. ugodne oblike, pa vse do zrn neugodne oblike, predvsem ploščate in podolgovate, kjer je dolžina tudi po več kot 3 krat večja, kot najmanjša dimenzija. Veliko je tudi praškastih delcev, ki so dokaj lahki. Predvsem gre za praškaste delce, ki so ostanki od ometov, cementnega ali apnenega veziva, okruški opeke itd. Med materialom je bil opažen tudi kakšen delček stiropora, lesa ali plastike. Problematična zrna bi znala povzročati težave pri strjevanju cementnega veziva, zrna neugodne oblike pa bi bila lahko vzrok za neustrezno zgoščenost, izcejanje vode ob zrnih in nehomogenost betona. Modul oblike je 39,8 odstotkov, kar nakazuje na več kot tretjino zrn, ki so neugodne oblike. Verjetno gre za posledico drobljenja, saj se nekaj materiala navadno zdrobi oz. zlomi na različno oblikovane delce.

Če vizualno ocenim material, lahko rečem, da je prisotnih veliko finih delcev, za katere ne vemo, kakšne kvalitete so. Le ti vplivajo tudi na gostoto betonske mešanice, kar je lepo vidno iz rezultatov, podanih v nadaljevanju (prostorninska masa svežega betona).

V spodnji preglednici (preglednica 14) so prikazani rezultati določanja modula oblike zrn.

Preglednica 14: Rezultati določevanja oblike zrn

Frakcija	Masa zrn (g)	Masa zrn ugodne oblike (g)	Masa zrn neugodne oblike (g)	Modul oblike SI (%)
nad 8	608	366	242	39,8

3.2.1.3 Kolorimetrijska metoda - določevanje prisotnosti humuznih delcev

Ker je recikliran material največkrat deponiran na gola tla, pride v stik z zemljo in drugimi humoznimi delci. V stik z zemljo pride tudi z mešanjem s kakšnim izkopom. Rezultati pri tej metodi so pokazali, da je naš material onesnažen s humoznimi delci do dovoljene meje, saj je bila barva raztopine nad vzorcev enake barve, kot primerjalna raztopina. To pomeni, da nam vsebnost humoznih delcev ne bi smela povzročati težav pri doseganju lastnosti strjenega betona.

3.2.1.4 Določevanje prostorninske mase zrn in vpijanje vode – preiskava z metodo s piknometrom za zrna med 4 mm in 31,5 mm

Preglednica 15: Rezultati prostorninske mase in vpijanje vode

Frakcija	4/8
Navidezna prost. Masa (Mg/m ³)	2,636
Prost. Masa suhega agregata v sušilnici (Mg/m ³)	2,292
Prost. Masa površinsko suhega z vodo zasičenega agregata (Mg/m ³)	2,423
Vpijanje vode (%)	5,7

3.2.1.5 Preizkus vpijanja vode po metodi za preverjanje površinsko suhega z vodo zasičenega stanja za frakcijo 0,063/ 4 mm

Preglednica 16: Rezultat vpijanja vode za drobno frakcijo

Frakcija	0/4
Vpijanje vode (%)	6

3.2.2 Preiskave svežega betona

3.2.2.1 Določanje konsistence z metodo s posedom

Preglednica 17: Rezultati preiskave konsistence z metodo s posedom za vse tri sestave betona

Varianta	Posed (mm)	Razred konsistence
1	250	S5*
2	170	S4
3	170	S4

Vzorec 1, ki vsebuje 30 % grobih zrn (nad 4 mm) recikliranega agregata spada v razred S5 in je lahkogradljive konsistence. Vzorec 2, kateremu smo z recikliranim agregatom nadomestili vsa groba zrna (nad 4 mm), spada v razred S4, saj je njegov posed 17 cm. Prav tako spada v razred S4 vzorec 3, ki je v celoti iz recikliranega agregata. Vzorec 2 in 3 sta bila zaradi tekoče konsistence težje vgradljiva, kot vzorec 1.

*Pri tej metodi smo hkrati merili še razlez, ker je posed večji od 210 mm in je s tem rezultat za vzorec 1 izven mej, kjer je uporaba metode s posedom primerna. Vzorec 1 spada tako že med lahkogradljive betone, zato je potrebno upoštevati klasifikacijo za samozgoščevalne betone.

3.2.2.2 Določanje konsistence z metodo razleza s posedom

Preglednica 18: Rezultati preiskav konsistence po metodi razleza s posedom

Vzorec	Razlez takoj (mm)	Razred konsistence
1	560 x 560	SF1
2	270 x 270	-
3	260 x 270	-

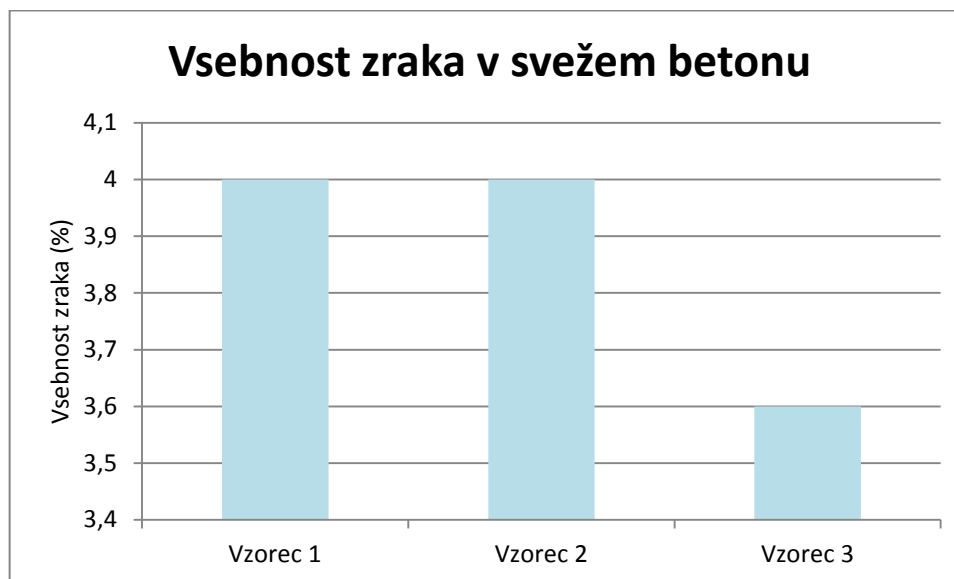
Vzorec 1 sodi v razred SF1 razleza s posedom in ga lahko uvrstimo med lahkogradljive betone. Zanj velja klasifikacija za samozgoščevalne betone po standardu SIST EN 206.

3.2.2.3 Vsebnost zraka v svežem betonu

Rezultati poroznosti so podani v preglednici 19.

Preglednica 19: Rezultati vsebnosti zraka v betonski mešanici

Vzorec	Vsebnost zraka (%)
1	4
2	4
3	3,6



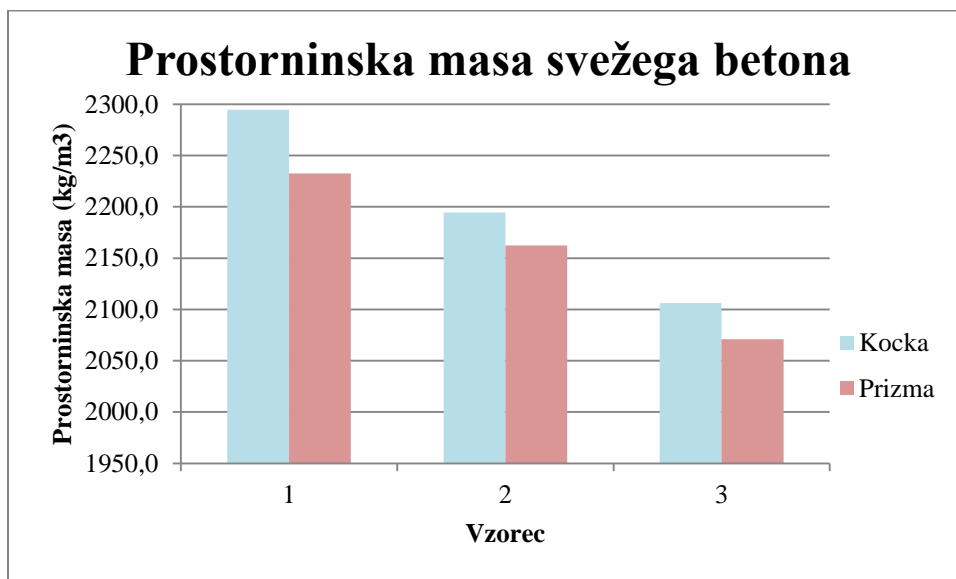
Grafikon 4: Vsebnost zraka (poroznost) v svežem betonu

Vsebnost zraka je večja v betonskih mešanicih Vzorec 1 in Vzorec 2, kjer smo drobno frakcijo, pod 4 mm, pustili naravno (drobljen apnenec), v primerjavi z betonom Vzorec 3. V Vzorc 3, kjer je celoten agregat recikliran, je poroznost manjša, in sicer 3,6 % in ne 4 %. To bi pripisala temu, da je drobna frakcija v recikliranem agregatu bolj praškasta kot pa drobna frakcija, ki smo jo uporabili za zamešanje Vzorca 1 in Vzorca 2. Recikliran agregat tudi v odstotkih vsebuje večji delež praškastega materiala, kot pa enaka frakcija drobljenega agregata.

3.2.2.4 Določanje prostorninske mase svežega betona

Preglednica 20: Rezultati prostorninskih mas svežih betonov

	Preizkušanelec	Vzorec 1	Vzorec 2	Vzorec 3
Prostorninska masa (kg/m ³)	Kocka	2294,6	2194,4	2106,3
	Prizma	2232,5	2162,5	2070,8



Grafikon 5: Prostorninske mase svežega betona

Prostorninska masa svežega betona se z večanjem deleža recikliranega agregata v betonu manjša, kar je opazno tako pri preizkušancih v obliki kocke kot pri tistih v obliki prizme. Iz rezultatov v preglednici 15 vidimo, da je prostorninska masa recikliranega agregata v povprečju 2400 kg/m^3 , pri drobljenem apnencu pa je blizu 2700 kg/m^3 , zato so dobljeni rezultati logični.

3.2.3 Preiskave strjenega betona

3.2.3.1 Tlačna trdnost

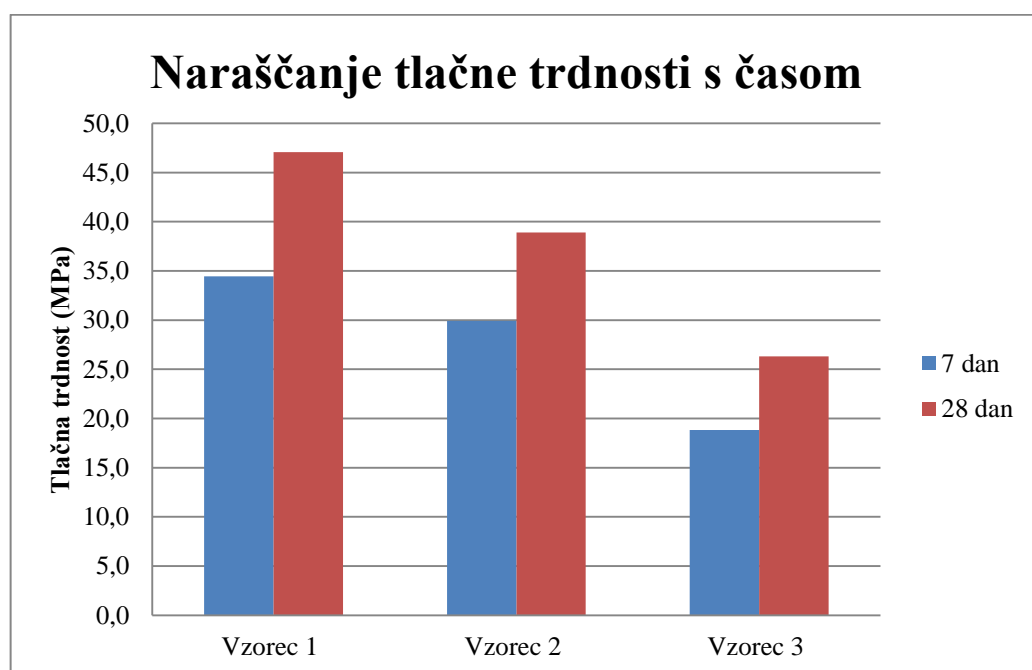
Preglednica 21: Tlačna trdnost 7. dan

	Preizkušnec	Masa (kg)	Max.sila (kN)	Tlačna trdnost (MPa)	Povprečna tlačna trdnosti (MPa)
Vzorec 1	Kocka 1	7,82	765,7	34,20	34,44
	Kocka 2	7,8	786,9	34,88	
	Kocka 3	7,65	771	34,23	
Vzorec 2	Kocka 1	7,54	650,8	29,18	29,93
	Kocka 2	7,56	689,9	30,49	
	Kocka 3	7,4	668,3	30,12	
Vzorec 3	Kocka 1	7,18	411,8	18,19	18,38
	Kocka 2	7,16	410,8	18,22	
	Kocka 3	7,1	418,5	18,73	

Tlačna trdnost z dodajanjem recikliranega agregata pada. Od vseh treh variant je beton po trdnosti najboljši v primeru Vzorca 1- tu je tudi delež recikliranega agregata najmanjši.

Preglednica 22: Tlačne trdnosti 28. dan

	Preizkušanec	Masa (kg)	Max.sila (kN)	Tlačna trdnost (MPa)	Povprečna tlačna trdnost (MPa)	Ocenjen razred trdnosti
Vzorec 1	Kocka 4	7,68	(676,1)	(30,41)	47,06	C 30/37
	Kocka 5	7,88	1046	46,26		
	Kocka 6	7,78	1083	47,86		
Vzorec 2	Kocka 4	7,48	881,8	39,49	38,93	C 25/30 C 20/25
	Kocka 5	7,53	888,9	39,77		
	Kocka 6	7,14	794,6	37,51		
Vzorec 3	Kocka 4	7,12	598,7	26,61	26,30	C 16/20 C 12/15
	Kocka 5	7,14	598,3	26,64		
	Kocka 6	7,12	579,5	25,66		



Grafikon 6: Tlačne trdnosti 7. dan in 28. dan na kockah

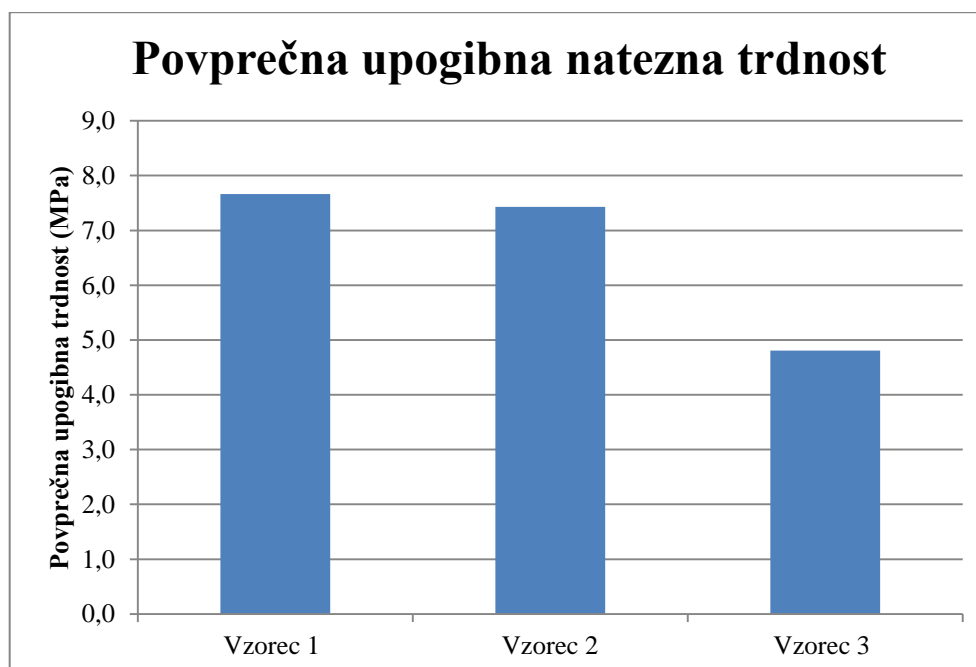
Tlačna trdnost betonskih kock pri Vzorec 1 je zelo visoka, zato bi na podlagi dobljenih rezultatov tak beton brez skrbi uporabili za konstrukcijski beton. Pri Vzorec 2 so trdnosti nekoliko nižje, dobimo beton z razredom tlačne trdnosti C 25/30, ki pa je še vedno uporaben kot konstrukcijski beton. Pri Vzorec 3, ki ima povprečno tlačno trdnost 26,30 MPa in tako sodi v razred tlačne trdnosti C 16/20, bi lahko beton uporabili za manj zahtevne namene uporabe – na primer kot podložni beton.

Ko smo ocenjevali karakteristično tlačno trdnost betonov, smo upoštevali standardno deviacijo 5 MPa. Le ta bi lahko bila tudi nižja - npr. 3 MPa, in bi tako dobili višjo karakteristično tlačno trdnost in s tem višji razred trdnosti.

3.2.3.2 Upogibna natezna trdnost

Preglednica 23: Rezultati upogibnih nateznih trdnosti pri starosti 28 dni

	Preizkušanelec	Masa (kg)	Max.sila (kN)	Upogibna trdnost (MPa)	Povprečna upogibna trdnost (MPa)
Vzorec 1	Prizma 1	9,2	16,34	7,416	7,665
	Prizma 2	9,2	18,31	8,125	
	Prizma 3	9,22	17,22	7,454	
Vzorec 2	Prizma 1	8,96	14,78	6,662	7,430
	Prizma 2	8,94	16,51	7,784	
	Prizma 3	8,91	16,93	7,845	
Vzorec 3	Prizma 1	8,57	10,09	4,535	4,809
	Prizma 2	8,56	10,56	4,501	
	Prizma 3	8,5	11,93	5,390	

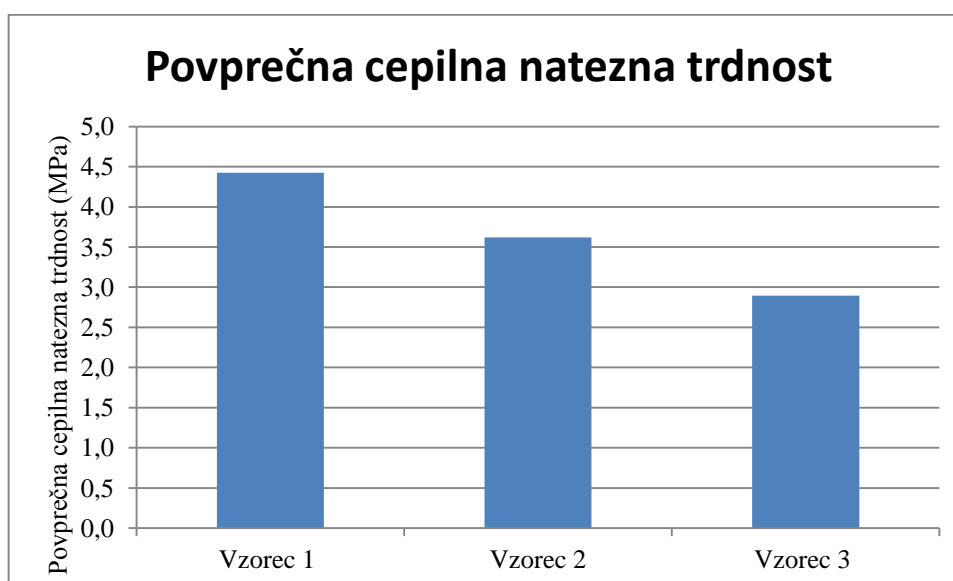


Grafikon 7: Upogibna natezna trdnost na prizmah

3.2.3.3 Cepilna natezna trdnost

Preglednica 24: Rezultati cepilnih nateznih trdnosti pri starosti 28 dni

	Preizkušavec	Sila na delu prizme (kN)	Cepilna natezna trdnost (MPa)	Povprečna cepilna natezna trdnost (MPa)
Vzorec 1	Prizma 1	61,95	3,963	4,425
		72,39	4,630	
	Prizma 2	71,38	4,512	
		66,67	4,214	
	Prizma 3	78,11	4,877	
Vzorec 2	Prizma 1	58,25	3,690	3,621
		61,28	3,882	
	Prizma 2	57,91	3,764	
		50,84	3,304	
	Prizma 3	56,9	3,663	
		53,2	3,425	
Vzorec 3	Prizma 1	35,35	2,243	2,895
		39,73	2,521	
	Prizma 2	50,17	3,090	
		49,83	3,069	
	Prizma 3	52,53	3,340	
		48,82	3,104	



Grafikon 8: Cepilna natezna trdnost na delih prizem

3.2.3.4 Globina prodora vode

Preglednica 25: Rezultati globine prodora vode

	Globina prodora vode (mm)	St. odpornosti proti prodoru vode
Vzorec 1	30,5	PV- II
Vzorec 2	25	PV- II
Vzorec 3	38	PV- I



Grafikon 9: Globina prodora vode pod pritiskom

Globina prodora vode je največja pri betonu z največjim deležem recikliranega agregata, to je pri vzorcu 3. Zanimivo je, da je pri vzorcu, ki ima nižji delež recikliranega agregata (30 % grobe frakcije), globina prodora vode večja, kot pa pri vzorcu 2 (100% grobe frakcije). V stopnjo odpornosti proti prodoru vode PV-II po standardu SIST 1026 sodita Vzorec 1 in Vzorec 2. Pri Vzorcju 3 (kjer smo uporabili samo reciklirani agregat), sem glede na večji delež finega materiala (drobna frakcija), pričakovala, da bo globina prodora vode nižja, kot je bila (sodi v stopnjo PV-I). To pomeni, da je najverjetneje beton Vzorec 3 tudi bolj podvržen propadanju, kot ostala dva vzorca, saj vanj prodre voda in s tem tudi agresivne snovi globlje, kot pri Vzorcju 1 in Vzorcju 2.

4 ZAKLJUČEK

Spodaj v preglednici so prikazane lastnosti in rezultati preiskav, ki smo jih opravili v okviru diplome.

Preglednica 26: Skupni rezultati vseh opravljenih preiskav

Lastnost	Preiskave na recikliranem agregatu		
Zrnavost	OK		
Humozni delci	OK		
Modul oblike [%]	39,8		
Vpijanje vode piknometar 4/31,5 mm [%]	5,7		
Vpijanje vode 0, 063/4mm [%]	6		
	Preiskave na svežem betonu		
Lastnost	Vzorec 1	Vzorec 2	Vzorec 3
Konsistenca s posedom	S5*	S4	S4
Konsistenc razleza s posedom	SF1	-	-
Vsebnost zraka [%]	4	4	3,6
Prostorninska masa [kg/m ³]	2294,6	2194,4	2106,3
	Preiskave na strjenem betonu		
Lastnost	Vzorec 1	Vzorec 2	Vzorec 3
Vodotestnost [mm]	30,5	25	38
Tlačna trdnost 28. dan [MPa]	47,06	38,93	26,3
Upogibna natezna trdnost 28.dan [MPa]	7,665	7,430	4,809
Cepilna natezna trdnost 28.dan [MPa]	4,425	3,621	2,895
Razred tlačne trdnosti	C 30/37	C 25/30	C 16/20
Primernost uporabe	Konstruktivski beton	Konstruktivski beton	Nekonstruktivski beton

Danes je postal trajnostni razvoj nujnost in vse večja je zahteva po varovanju naravnih virov, ki so nam še na razpolago. Zato se vedno več govori o uporabi trajnostnih materialov in o ponovni uporabi že uporabljenih materialov. Stopnja recikliranja se povečuje na vseh področjih, vse več pa je tudi odkrivanja novih možnosti uporabe že uporabljenih materialov.

Gradbeni odpadki se v tujini reciklirajo in ponovno uporabljajo več kot pri nas. Se pa tudi v Sloveniji trudimo, da ponovna uporaba odpadkov – odpadnih surovin postane nekaj vsakdanjega, saj se

zavedamo, da je treba naravne surovine ohraniti za bodoče generacije. Zmanjkuje pa nam tudi ustrezno urejenih odlagališč za odpadke poleg tega pa gradnja novih odlagališč zahteva dodaten prostor, ki bi ga lahko uporabili v druge namene.

Gradbeni odpadki pretežno mineralnega značaja, ki so zdrobljeni v premičnih napravah, se lahko v ustreznem deležu vključujejo v gradbene proizvode. Reciklirane ruševine, ki sem jih uporabila za svoj »zeleni beton«, sem najprej preiskala po standardiziranih laboratorijskih metodah. Recikliran agregat je bil odložen na deponiji na golih tleh, torej sem že predhodno vedela, da bo onesnažen z organskimi primesmi. Trenutno je v Sloveniji malo predelovalcev gradbenih odpadkov, ki bi lahko zagotavljali 100 odstotno čiste reciklirane agregate (z malo humoznih delcev). Če pogledamo, kako poteka rušenje objektov in nalaganje ruševin, vidimo, da vsekakor nekaj zemlje pride v stik z recikliranim agregatom. Za zagotavljanje čistosti bi morali reciklirane agregate predhodno oprati, kar pa takoj poveča ceno agregata, zahteva pa tudi dodatne vire (vsaj vodo in sito). Standardi dovoljujejo, da material lahko vsebuje tudi določen delež humoznih delcev. Reciklirane mešane ruševine, ki so bile predmet raziskav v tej diplomski nalogi, so bile pod oz. na dovoljeni meji. S sejalno analizo smo določili zrnastostno sestavo recikliranega agregata, ki smo ga presejali skozi sito odprtin 30 x 30 mm. Ugotovili smo, da lahko presejan recikliran agregat uvrstimo v agregat z največjim zrnom 16 mm. Večji problem predstavlja oblika zrn recikliranih ruševin, saj je vsebnost zrn neugodne oblike velika - modul oblike je znašal 39,8 %. Zrna agregata so bila različnih oblik, veliko je bilo ploščatih, podolgovatih, pri nekaterih je bila dolžina veliko večja kot debelina, tudi površine zrn niso bile povsod ugodne. Na račun oblike zrn, ki so zaradi svoje podolgovate oblike med sejanjem padla skozi sito bistveno manjših odprtin, kot bi v primeru ugodne oblike, smo dobili relativno velike razlike med zrnastostnimi sestavami petih preiskanih vzorcev.

Preiskave vpivanja vode so pokazale, da recikliran agregat frakcije 4/31,5 mm vpije 5,7 % vode, agregat frakcije 0/4 mm pa 6 % vode. To pomeni, da je vpivanje vode pri recikliranem agregatu nekajkrat večje, kot pri naravnem agregatu – drobljenem apnencu, kjer vpivanje vode ni večje od 1 %.

Ob zamešanju betona pri vzorcu 1, kjer smo uporabili 30 % recikliranega agregata grobe frakcije, smo dobili zelo tekočo konsistenco, pri vzorcu 2, kjer smo nadomestili ves agregat grobe frakcije z recikliranim, smo dobili manj tekočo konsistenco ob drugače nespremenjeni sestavi betona. Pri vzorcu 3, katerega agregat je bil v celoti iz recikliranih ruševin, smo dosegli enako konsistenco, kot pri vzorcu 2, kar pomeni, da droben recikliran agregat nima negativnega vpliva na vgradljivost svežega betona.

Betonska mešanica Vzorca 1 in Vzorca 2 je vsebovala 4 % zraka. Mešanica Vzorca 3 pa je vsebovala manj zraka, to je 3,6 %. Tak rezultat smo dobili, ker smo pri Vzorcju 3 dodali tudi drobno frakcijo recikiranega agregata, kar očitno zmanjša delež zajetega zraka v betonski mešanici.

Po preiskavah na svežem betonu smo mešanice vgradili in jih ustrezno negovali. Prvo preiskavo, to je preiskavo tlačne trdnosti, smo opravili po 7-ih dneh. Po sedmih dneh lahko pričakujemo približno 70 % tlačne trdnosti, glede na trdnost po 28 dneh. Preiskava tlačne trdnosti pri starosti betona 28 dni je pokazala, da Vzorec 1 sodi v razred tlačne trdnosti C 30/37. Betoni, ki dosežejo tak razred tlačne trdnosti so primerni za konstrukcijske elemente. Prav tako bi tudi beton Vzorca 2, z razredom tlačne trdnosti C 25/ 30 (C 20/25), lahko uporabili za konstrukcijske elemente. Beton Vzorca 3 je dosegel bistveno nižjo tlačno trdnost. V tem vzorcju smo celoten agregat nadomestili z recikliranimi ruševinami. Razred tlačne trdnosti je bil v tem primeru C 16/ 20 (C 12/15). Take trdnosti za konstrukcijske elemente niso primerne, primeren pa je tak beton za uporabo v nekonstrukcijske namene, na primer kot podložen beton, za betonsko galanterijo in podobno. Tudi pri preiskavah upogibne in cepilne natezne trdnosti smo z večanjem deleža recikiranega agregata v betonu dobili nižje vrednosti trdnosti. To pomeni, da več kot dodamo recikiranega agregata, nižje so trdnosti betona. Seveda je to odvisno tudi od kvalitete recikiranega agregata. Verjetno bi bili rezultati povsem drugačni, če bi kot recikliran agregat uporabili izključno zdrobljen beton.

Betonskih mešanic žal nismo izpostavili pospešenemu staranju, s katerim bi ocenili njihovo obstojnost. Posreden preizkus obstojnosti naj bi bil preizkus odpora proto prodoru vode, ki je pokazal, da je prodor vode najmanjši pri Vzorcju 2, pri katerem je grobi agregat v celoti recikliran, sledi pa mu Vzorec 1 s 30% grobega recikiranega agregata. Oba betona sodita v stopnjo odpornosti proti prodoru vode PV-II po SIST 1026. Bistveno večja globina prodora vode je bila izmerjena pri Vzorcju 3 (stopnja odpornosti PV-I), kar pomeni, da je ta beton najverjetneje manj obstojen kot ostala dva betona, ki izkazujeta podobno obstojnost.

Opravljene preiskave so pokazale, da se reciklirane ruševine lahko uporabljajo v betonih, v pravih dodanih deležih. V Vzorcju 1, kjer je recikliran agregat predstavljal 30 % grobe frakcije nad 4 mm, smo dobili podobno trdnost, kot v betonu enake sestave, vendar brez recikiranega agregata. Pri betonih Vzorec 2 in Vzorec 3, kjer v Vzorcju 3 nadomestimo celoten agregat z recikliranim agregatom, v Vzorcju 2 pa celotno grobo frakcijo z recikliranim agregatom, dobimo veliko razliko med doseženimi trdnostmi. Razlika med tema dvema mešanica je le v tem, da smo v Vzorcju 3 dodali še drobno reciklirano frakcijo, ki je očitno glavni krivec za bistveno znižanje trdnosti. Iz tega lahko ugotovim, da drobna frakcija recikiranega agregata ni primerna za izdelavo kvalitetnejših betonov. Je pa primerno dodajati reciklirane frakcije nad 4 mm, saj dobivamo dobre rezultate in je tak beton lahko uporaben tudi v konstrukcijske namene.

Drobno frakcijo uporabljenih recikliranih mešanih ruševin bi lahko porabili drugje. Material bi presejali, za beton uporabili frakcije nad 4 mm, drobno frakcijo pa bi lahko uporabili za izboljšanje kvalitete določenih zemljin, kot lahko polnilo in podobno.

Reciklirani nenevarni gradbeni odpadki imajo, kot smo ugotovili, veliko možnosti za nadaljnjo uporabo, kljub prisotnosti določenega deleža humoznih delcev. Problem, ki bi ga pri mešanih gradbenih odpadkih izpostavila, je ta, da sestava tovrstnih odpadkov zelo variira. Njihova sestava je z vsakim pripeljanim »kesonom« drugačna. Vsaka zgradba je vsaj nekoliko drugačna, iz drugačnih materialov, zato ne moremo vedeti točno, kaj mešani gradbeni odpadki dejansko vsebujejo in kakšni so ti deleži različnih gradiv, ki jih vsebujejo. Zato bi bilo potrebno pred vgradnjo le teh material preiskati, te preiskave pa stanejo. Zato bi bilo najbolje, če bi lahko gradbene ruševine ločili po sestavi že na gradbišču, kjer potekajo rušitvena dela. Druga možnost pa je, da preverimo vpliv zelo različnih sestav recikliranih ruševin na lastnosti betona in na podlagi dobljenih rezultatov podamo omejitve, za katere namene se lahko uporabljajo betoni z vključenimi recikliranimi ruševinami.

Največ recikliranih agregatov se pri nas porabi za nevezane in nenosilne plasti v cestogradnji in za nasipe, izboljšanje temeljnih tal itd., katerih zahteve določa standard SIST EN 13242: Agregati za nevezane in hidravlično vezane materiale za uporabo v inženirskih objektih in za gradnjo cest. Uporablja se tudi recikliran asfalt po postopku hladne reciklaže, za katerega veljajo zahteve iz standarda SIST EN 1304: Agregati za bitumenske zmesi in površinske prevleke za ceste, letališča in druge prometne površine. Za reciklirane agregate, ki se uporabljajo v betonih, pa velja standard SIST EN 12620- Agregati za beton.

Trenutno se najbolj izplača recikliranje na samem mestu rušenja ali gradnje in čim bolj direktna ponovna uporaba, da se izognemo stroškom transporta. Pomembno je, da je material čim bolj sortiran že na začetku. Če upoštevamo stroške transporta in se jim poizkušamo izogniti, potem se reciklaža gradbenih odpadkov izplača. Da pa bi recikliran agregat od nekje vozili, pa menim, da ni smotno. Recikliran agregat se prodaja za približno polovico cene od naravnega gramoza (peska), a so lastnosti naravnih materialov že preverjene in vnaprej vemo, da bo beton trden, trajen in varen.

Že v uvodu sem navedla, kakšni deleži dodanega recikliranega agregata so primerni za betone za določene stopnje izpostavljenosti. Dokazali smo, da beton, kateremu dodamo 30 % grobe frakcije recikliranega agregata res daje dobre rezultate in je primeren za betone stopenj izpostavljenosti XC1, XC2, XC3, XC4, XF1, XA1 in XD1, v skladu z določili SIST EN 206. Beton Vzorca 2, ki smo mu celotno grobo frakcijo zamenjali z recikliranim materialom, je primeren za stopnjo izpostavljenosti XO. Beton Vzorca 3, ki vsebuje le mešane ruševine, brez naravnega agregata, pa ni primeren za konstrukcijske betone, lahko pa se uporablja kot nekonstrukcijski beton, v določenih primerih uporabe.

VIRI

[1] Register divjih odlagališč, 2014.

http://register.ocistimo.si/RegisterDivjihOdlagalisc/index.jsp?page=seznam_regije (Pridobljeno julij 2014).

[2] Podatki o zbiralcih gradbenih odpadkov, 2014.

http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/odpadki/podatki/zbiralci_gradbeni_30_9_2013.pdf (Pridobljeno julij 2014).

[3] Podatki o predelovalcih gradbenih odpadkov, 2014.

<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/odpadki/podatki/predelovalci05052014.pdf> (Pridobljeno julij 2014).

[4] Uredba o odpadkih. Uradni list RS št. 103/2011: 13935.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2011103&stevilka=4514> (Pridobljeno junij 2014).

[5] Uredba o odpadkih, ki nastanejo pri gradbenih delih. Uradni list RS št. 34/2008.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=20081360> (Pridobljeno junij 2014).

[6] Klasifikacijski seznam odpadkov, 2014.

https://www.uradni-list.si/files/RS_-2008-034-01358-OB~P007-0000.PDF (Pridobljeno junij 2014).

[7] Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov. Uradni list RS št. 34/2008 1363.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=85867> (Pridobljeno junij 2014).

[8] Zakon o gradbenih proizvodih. Uradni list RS št. 52/2000: 6936.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200052&stevilka=2448> (Pridobljeno 15.7. 2014).

[9] Jurjevič P., Mladenovič A., Cotič Z., Leban J., 2014. Priročnik za trajno rušenje objektov in recikliranje gradbenih odpadkov, Rebirth- promocija recikliranja industrijskih in gradbenih odpadkov.

http://www.re-birth.eu/prirocniki-za-uporabo-odpadkov/Priročnik_za_trajno_rušenje_objektov_in_recikliranje_gradbenih_odpadkov, (pridobljeno julij 2014).

[10] Pravilnik o bistvenih zahtevah za gradbene objekte, ki jih je treba upoštevati pri določitvi lastnosti gradbenih proizvodov. Uradni list RS št. radni list RS, št. [9/2001](#) in [82/2013](#) - ZGPro-1)

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3622> (Pridobljeno 18.7.2014).

[11] Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in sveta o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS: str. 34.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF>

(Pridobljeno 19. 7. 2014).

[12] Žitnik M., 2012. Koliko odpadkov nastane v Sloveniji? Kako spremljajmo nastajanje in ravnanje z gradbenimi odpadki? Začetna konferenca Ohranimo vire- reciklirajmo odpadke. Gospodarska zbornica Slovenije. Ljubljana, str: 14, 17, 18,19.

<http://www.re-birth.eu/dogodki/izvedeni-dogodki/konference/?id=1> (Pridobljeno junij 2014)

[13] Direktiva o odpadkih (2008/98/ES) Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. novembra 2008 o odpadkih in razveljavitvi nekaterih besedil, str. 13

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:SL:PDF>

(Pridobljeno 22.7. 2014)

[14] Šprincer, M., 2014. Kako (ne)pristopiti k rušenju objektov in ravnanju z gradbenimi odpadki, (Zakonodajno- upravni vidik), Zaključna konferenca projekta Re-birth, str. 4. <http://www.re-birth.eu/dogodki/izvedeni-dogodki/konference/?id=51> (Pridobljeno julij 2014).

[15] Cotič, Z., 2013. Selektivno rušenje. Delavnica Pravilno ravnanje z odpadki - breme, odgovornost ali priložnost. Gospodarska zbornica Slovenije, Ljubljana: str .8.

http://www.re-birth.eu/data/pdf/5_Cotic_Z._Selektivno_rusenje.pdf (Pridobljeno 20.7. 2014).

[16] Leban J., 2014, Odgovor na vprašanje o tem, ali sem vgrajevala proizvod ali odpadek, Sporočilo za: Jelen, M., 19. 7. 214 (Elektronska komunikacija).

[17] Odločba komisije z dne 9. Oktobra 1998, o postopkih potrjevanja skladnosti gradbenih proizvodov skladno s členom 20(2) Direktive Sveta 89/106/EGS v zvezi z agregati. Str. 4, 5. www.mgrt.gov.si/...si/.../Gradbeni_proizvodi/.../31998D0598-SL.doc (Pridobljeno 21.7. 2014).

[18] Žarnič, R., 2005, Ljubljana, Lastnosti gradiv, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za preizkušanje materialov in konstrukcij, str 84-86, 90, 99,110.

[19] Vir: SURS, Vidic T., 2014. Odgovor na vprašanje o količinah nastalih, odstranjenih in predelanih gradbenih odpadkov za leto 2010 in 2012. Sporočilo za: Jelen M., 19. 8. 2014 (Elektronska komunikacija).

Standardi

SIST EN 206:2013. Beton - Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost.

SIST EN 206-1:2003/A2:2005. Beton – 1.del: Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost.

SIST EN 932-1:1999. Preskusi splošnih lastnosti agregatov - 1. del: Metode vzorčenja.

SIST EN 932-2:1999. Preskusi splošnih lastnosti agregatov - 2. del: Metode zmanjševanja laboratorijskih vzorcev.

SIST EN 933-1:2012. Preskusi geometričnih lastnosti agregatov – 1. del: Ugotavljanje zrnivosti – Metoda sejanja.

SIST EN 933-4:2008. Preskusi geometričnih lastnosti agregatov – 4. del: Določevanje oblike zrn – Modul oblike.

SIST EN 1744-1:2010 točka 15.1., Preizkus kemičnih lastnosti agregatov - 1. del: Kemijska analiza.

SIST EN 12350-2:2009. Preskušanje svežega betona – 2. del: Preskus s posedom.

SIST EN 12350-5:2009. Preskušanje svežega betona – 5. del: Preskus z razlezom.

SIST EN 12350–8:2010. Preskušanje svežega betona –8. del: Samozgoščevalni beton –Preskus razleza s posedom.

SIST EN 1096-6: 2013, Preskusi mehanskih in fizikalnih lastnosti agregatov - 6. del: Določevanje prostorninske mase zrn in vpijanja vode.

SIST EN 12350-7:2009. Preskušanje svežega betona – 7. del: Metode s pritiskom.

SIST EN 12390-1:2009. Oblika, dimenzije in druge zahteve za preizkušance in kalupe.

SIST EN 12390-2:2009. Izdelava in nega preizkušancev za preskuse trdnosti.

SIST EN 12350-6:2009. Preskušanje svežega betona – 6. del: Gostota.

SIST EN 12390-3:2009. Določanje tlačne trdnosti preizkušancev.

SIST EN 12390-5:2001, Preskušanje strjenega betona. Del 5, Upogibna trdnost preskušancev.

SIST EN 12390-6:2010, Preskušanje strjenega betona - 6. del: Natezna razcepna trdnost preskušancev.

SIST 1026: 2008, Beton - 1. del: Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost – Pravila za uporabo
SIST EN 206-1.

SIST EN 12390-8:2009. Določevanje globine prodora vode pod pritiskom.