

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:

Urh, M., 2013. Tehnologija priprave abrazijsko odpornih betonov z dodatkom gume. Diplomski nalogi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kryžanowski, A., somentor Schnabl, S.): 67 str.

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:

Urh, M., 2013. Tehnologija priprave abrazijsko odpornih betonov z dodatkom gume. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kryžanowski, A., co-supervisor Schnabl, S.): 67 pp.

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



**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
SMER OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

MATJAŽ URH

**TEHNOLOGIJA PRIPRAVE ABRAZIJSKO ODPORNIH
BETONOV Z DODATKOM GUME**

Diplomska naloga št.: 497/SOG

**PREPARING OF DIFFERENT MIXTURES OF
ABRASION RESISTANT CONCRETES CONTAINING
RUBBER**

Graduation thesis No.: 497/SOG

Mentor:

doc. dr. Andrej Kryžanowski

Predsednik komisije:

doc. dr. Tomo Cerovšek

Somentor:

doc. dr. Simon Schnabl

Član komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Ljubljana, 29. 11. 2013

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Matjaž Urh izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

»TEHNOLOGIJA PRIPRAVE ABRAZIJSKO ODPORNIH BETONOV Z DODATKOM
GUME«

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 23. september 2013

Matjaž Urh

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 627.8:691.3(497.4)(043.2)
- Avtor:** Matjaž Urh
- Mentor:** doc. dr. Andrej Kryžanowski
- Somentor:** doc. dr. Simon Schnabl
- Naslov:** Tehnologija priprave abrazijsko odpornih betonov z dodatkom gume
- Tip dokumenta:** Dipl. nal. – VSŠ
- Obseg in oprema:** 67 str., 9 pregl., 50 sl., 2 en., 15 pril.
- Ključne besede:** beton, betonska mešanica, sestavine betona, eksperiment, recikliranje pnevmatik, granulirana guma, betonska tehnologija, gumi beton, vrste agregatov, sestavine gumi-betonskih mešanic, abrazijska odpornost

Izvleček:

V nalogi smo obravnavali problematiko priprave in izvedbe poskusnih mešanic betona z dodatkom gumenega agregata kot samostojnega razvojnega dela v okviru razvojno-raziskovalne naloge analize abrazijske odpornosti betonov za potrebe projekta izgradnje pregrad na reki Savi. V okviru diplomskega dela smo obdelali vse faze priprave betonskih mešanic, od priprave sestavin betona, zamešanja poskusnih mešanic do izvedbe osnovnih preskusov lastnosti svežega betona in priprave preskušancev za nadaljnje preskuse lastnosti strjenega betona. V nalogi smo analizirali dve mešanici, kjer smo frakcijo kamenega agregata nadomestili z različnim deležem (do 10 % in do 20 %) z gumenim granulatom, kot končnim produktom reciklaže avtomobilskih pnevmatik in jih primerjali z osnovnimi betonskimi mešanicami, ki so bile že uporabljene pri gradnji pregrad na reki Savi. Analizirali smo osnovne lastnosti svežega betona in še posebej vgradljivost betona, kar je pomembno z vidika organizacije tehnologije vgradnje tovrstnih betonov.

Na koncu smo primerjali in analizirali posamezne rezultate in podali ugotovitve glede opažanj med samo izvedbo posameznih preskusov betonskih mešanic.

Glede na pridobljene izkušnje pri pripravi betonov z dodatkom gumenega agregata smo v sklepnem delu naloge pripravili kratek nabor priporočil in aktivnosti za tehnološko pripravo betonskih mešanic za bodoče uporabnike tako v laboratoriju kot za izvedbo na terenu.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 627.8:691.3(497.4)(043.2)
Author: Matjaž Urh
Supervisor: Assist. Prof. Andrej Kryžanowski, Ph.D.
Co-Supervisor: Assist. Prof. Simon Schnabl, Ph.D.
Title: Preparing of different mixtures of abrasion resistant concretes containing rubber
Document type: Graduation Thesis – Higher professional studies
Scope and tools: 67 p., 9 tab., 50 fig., 2 eq., 15 ann.
Key words: concrete, concrete mix, concrete materials, test, waste tyres recycling, rubber aggregate, concrete technology, rubber concrete, types of aggregates, ingredients of rubber concrete mixes, abrasion resistance

Abstract:

The thesis deals with the issue of preparing and using concrete mix specimens containing rubber aggregate. The experiment is an independent development test as part of a research and development project aiming to analyse abrasion resistance of concretes used for the construction of river dams on the Sava River. For the purpose of the thesis we looked into all the phases of preparing concrete mixes, i.e. from preparing the ingredients and mixing test mixes to conducting basic experiments to determine the characteristics of fresh concrete and preparing specimens for further tests on hardened concrete.

We analysed two mixes in which a fraction of stone aggregate was replaced by rubber aggregate in different proportions (up to 10% and up to 20%). Rubber aggregate is the end product of waste tyre recycling. Moreover, we compared the mixture with basic concrete mixtures that have already been used in the construction of river dams on the Sava River. We also analysed the basic characteristics of fresh concrete, particularly its workability, which is important for the organisation of placing such types of concrete.

In the final part, we compared and analysed individual results and put forward our observations of individual tests on the concrete mixes.

Our experience in preparing concrete with rubber aggregate helped us formulate some recommendations and activities for technological preparation of concrete mixes intended for future users both in the laboratory and on the ground.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju dr. Andreju Kryžanowskemu, ki mi je v času izdelave diplomskega dela nudil vso potrebno strokovno pomoč. Zahvaljujem se tudi somentorju dr. Simonu Schnablu.

Za izvedbo eksperimentalnega dela te diplomske naloge se zahvaljujem dr. Jakobu Šušteršiču ter ostalim sodelavcem na Inštitutu za raziskavo materialov IRMA, d. o. o., za njihov čas, da se je načrtovan plan dela izpeljal do konca, ter nudenje pomoči s koristnimi napotki in informacijami za pripravo in izvedbo projektiranih betonskih mešanic.

Velika zahvala gre tudi mojima staršema, ki sta me spodbujala in stala ob strani ves čas mojega študija.

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V

1 UVOD	1
1.1 Opredelitev problema	1
1.2 Namen in cilj naloge	1
2 PREDSTAVITEV PROBLEMATIKE	3
2.1 Reciklaža odpadnih pnevmatik	3
2.2 Uporaba gume v gradbeništvu	3
2.3 Postopek reciklaže odpadnih pnevmatik	4
2.3.1 Mehanska reciklaža	5
2.3.2 Postopek obnove pnevmatik - protektiranje	12
2.3.2.1 Vroča obnova pnevmatik	12
2.3.2.2 Hladna obnova pnevmatik	13
2.4 Primeri uporabe reciklirane pnevmatike	13
3 IZVEDBA EKSPERIMENTALNEGA DELA	16
3.1 Uporaba gumenega agregata pri pripravi betonov za posebne namene	16
3.2 Izhodišča	17
3.3 Uporabljeni materiali pri sestavi receptur svežih betonskih mešanic	18
3.3.1 Agregat	18
3.3.2 Cement	19
3.3.3 Voda	20
3.3.4 Granulirana guma	21

3.3.5	Lateks S (Polimer)	22
3.3.6	Polipropilenska vlakna PV 10	23
3.3.7	Mikrosilika – MS (Mineralni dodatek)	24
3.3.8	Jeklena vlakna JV 50/16.....	25
3.4	Tehnološka priprava laboratorijskih mešanic	25
3.4.1	Priprava kamenega agregata.....	25
3.4.1.1	Sejalna analiza	26
3.4.2	Priprava betonskih mešanic po projektiranih recepturah.....	33
3.4.3	Priprava dejanskega plana poteka dela	35
3.5	Izvedba mešanic.....	36
3.5.1	Mešanica z označbo sestave C1-1	37
3.5.2	Mešanica z označbo sestave C2	38
3.5.3	Mešanica z označbo sestave PMC2-SR-1.....	38
3.5.4	Mešanica z označbo sestave PMC2-SR-2.....	39
3.6	Preiskave svežega betona.....	40
3.6.1	Preskus konsistence betonskih mešanic po metodi s posedom po standardu SIST EN 12350-2.....	40
3.6.1.1	Preskus konsistence betonske mešanice C1-1 po metodi s posedom	43
3.6.1.2	Preskus konsistence betonske mešanice C2 po metodi s posedom	43
3.6.1.3	Preskus konsistence betonske mešanice PMC2-SR-1 po metodi s posedom....	44
3.6.1.4	Preskus konsistence betonske mešanice PMC2-SR-2 po metodi s posedom....	45
3.6.2	Preskušanje gostote svežega betona po standardu SIST EN 12350-6	45
3.6.2.1	Preskušanje gostote svežega betona C1-1.....	46
3.6.2.2	Določanje gostote svežega betona C2.....	47
3.6.2.3	Določanje gostote svežega betona PMC2-SR-1	47
3.6.2.4	Določanje gostote svežega betona PMC2-SR-2	47
3.6.3	Določanje vsebnosti zraka v svežem betonu po standardu SIST EN 12350-7 ...	48
3.6.3.1	Preskušanje na vsebnost zraka v svežem betonu C1	50
3.6.3.2	Preskušanje na vsebnost zraka v svežem betonu C2	50

3.6.3.3	Preskušanje na vsebnost zraka v svežem betonu PMC2-SR-1.....	51
3.6.3.4	Preskušanje na vsebnost zraka v svežem betonu PMC2-SR-2.....	51
3.7	Analiza preskusov svežega betona.....	51
3.8	Izdelava vzorcev po standardu SIST EN 12390-2.....	53
4	TEHNOLOŠKA PRIPRAVA BETONOV Z DODATKOM GUME.....	56
4.1	Priporočila za tehnološko pripravo mešanic v laboratoriju.....	56
4.1.1	Priprava agregata posameznih frakcij.....	56
4.1.1.1	Kontrola sestavin pred začetkom dodajanja v mešalec.....	56
4.1.1.2	Cement.....	56
4.1.1.3	Voda.....	57
4.1.1.4	Granulirana guma.....	57
4.1.1.5	Polimerno vezivo.....	57
4.1.1.6	Polipropilenska vlakna.....	57
4.2	Napotke za pripravo betonov z gumo na terenu.....	57
4.2.1	Priprava betonske mešanice.....	57
4.2.2	Priprava betona na gradbišču.....	58
4.2.3	Priprava betona v proizvodnem obratu – v betonarni.....	60
4.2.4	Transport betona.....	60
4.3	Vgradljivost in zgoščanje betona.....	61
5	ZAKLJUČEK.....	62
	VIRI.....	64

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Produkti reciklaže so tako gumeni granulati, kovinski delci in tekstil.	5
Preglednica 2:	Gumeni delci glede na njihovo velikost.	9
Preglednica 3:	Prikaz lastnosti na zahteve standarda in na dosežene povprečne vrednosti dobljene na osnovi povprečnih letnih rezultatov.	19
Preglednica 4:	Minimalne mase posameznega vzorca z maksimalnim zrnom D.	27
Preglednica 5:	Stavek preskusnih sit za posamezne frakcije.	29
Preglednica 6:	Največja dovoljena masa ostanka na posameznem situ (ostanek na situ).	30
Preglednica 7:	Vnaprej pripravljen terminski plan dela.	34
Preglednica 8:	Stopnje poseda.	42
Preglednica 9:	Prikaz rezultatov za posamezno mešanico 1. in 2. dan.	52

KAZALO SLIK

Slika 1: Pri mehanskem postopku rezanja pnevmatik v več fazah nastane stranski produkt: tekstilna vlakna (a), granulirana gume (b) in jeklena vlakna (c).	6
Slika 2: Nakladanje avtoplaščev za razrez z močnim trgalnim strojem, pri katerem ni potrebno predhodno odstraniti jeklenega obroča.....	7
Slika 3: Trgalni stroj.....	7
Slika 4: Odstranjevanje jeklenega obroča iz avtoplašča (a) ter nato ročno podajanje na transportni trak v trgalni stroj (b).....	8
Slika 5: Transport že razrezanih avtoplaščev na večje kose.....	9
Slika 6: Odstranjevanje jeklenih delcev s pomočjo magnetov.....	10
Slika 7: Mesto na katerem se vrši polnjenje tekstilnih vlaken in ločeno polnjenje jeklenih niti (delcev) v vreče.....	11
Slika 8: Prikazan sistema za odstranjevanje tekstilnih vlaken.....	11
Slika 9: Prikaz shranjevanja gumenega granulata v velike vreče (jambo vreče) (a) in stolpne silose (b).....	12
Slika 10: Primer uporabe za zasipe podpornih konstrukcij in zidov.....	14
Slika 11: Korita za rože v obliki vaze ali v obliki valja.....	14
Slika 12: Obloga iz reciklirane gume Polytan (tartan) na športnem igrišču.....	15
Slika 13: Talne podloge za hlevske površine kot za vhode jahalnih konjskih centrov.....	15
Slika 14: Prerez čez prelivno polje pregrade Vrhovo na Savi.....	17
Slika 15: Agregat dobavljen iz podjetja CGP Drnovo.....	19
Slika 16: Cement v 25 kg vrečah, zložen na vozičku.....	20
Slika 17: Pripravljena voda po recepturi za svež beton.....	21
Slika 18: Prikaz granulirane gume v naravni velikosti.....	22
Slika 19: Prikaz mikroskopske povečave zrn granulirane gume.....	22
Slika 20: Lateks S je tekoče bele barve (a), shranjen v plastični embalaži po 25 kg (b) ali v cisterni po 1000 kg (c) proizvajalca, IRI, d. d., Ljubljana.....	23
Slika 21: Polipropilenska vlakna PV 10 v naravni velikosti (a) in pod mikroskopsko povečavo (b).....	24
Slika 22: Mineralni dodatek mikrosilika, ki se jo pri tehtanju dozira v posodo skupaj s cementom (a) in je pakirana v embalaži (b).....	24
Slika 23: Vreča, v kateri so pakirana jeklena vlakna (a), in način doziranja v posodi za tehtanje (b).....	25
Slika 24: Razdelilna naprava ELO 108 (velika) (a) in ELO 224 (mala) (b).....	26
Slika 25: Prikaz pranja drobljenega agregata frakcije 0/4 mm.....	28

Slika 26: Vibracijska mizica oz. sejalni stroj (a) in avtomatika, ki omogoča želene nastavitve, kot so intenziteta, interval in čas sejanja (b).....	30
Slika 27: Sejalna analiza za uporabljeni agregat frakcije 0/4 mm.....	31
Slika 28: Sejalna analiza za uporabljeni agregat frakcije 4/8 mm.....	32
Slika 29: Sejalna analiza za uporabljeni agregat frakcije 8/16 mm.....	32
Slika 30: Sejalna analiza za granulirano gumo, pripeljana iz Srbije.....	33
Slika 31: Prikaz terminskega plana.....	36
Slika 32: Laboratorijski mešalec s katerim se je mešalo betonske mešanice.....	37
Slika 33: Stehtane in pripravljene sestavine za mešanico PMC2-SR-1(a) in stehtana granulirana guma SR (b).....	39
Slika 34: Pripravljene sestavine za mešanico PMC2-SR-2.....	40
Slika 35: Kalup (votel prisekan stožec) za preskus s posedom (a in b) in lijak, s katerim si pomagamo pri polnjenju v kalup (c).....	41
Slika 36: Različne vrste poseda.....	42
Slika 37: Izmerjeni posed svežega betona spada v razred S3 (mehko plastična konsistenca).....	43
Slika 38: Prikaz izmerjenega razreda poseda S2 (uporabil se je deloma ohlajen agregat frakcije 0/4 mm).....	44
Slika 39: Prvi dan izmerjen razred poseda S3 (115 mm).....	44
Slika 40: Prvi dan izmerjen posed S3 (a) in drugi dan izmerjen posed S2 (b).....	45
Slika 41: Zvibriran beton v posodi, pripravljen za določitev gostote svežega betona – površina je samo poravnana z robom posode.....	46
Slika 42: Naprava za merjenje vsebnosti zraka v svežem betonu.....	48
Slika 43: Zvibriran beton v posodi, namestitev pokrova na posodo za določitev vsebnosti zraka v svežem betonu – površina je zglajena z robom posode.....	49
Slika 44: Prikaz vbrizganja vode z gumijasto brizgalko skozi ventil v posodo.....	49
Slika 45: Prikaz, do kod mora segati kazalec na manometru, ko vnesemo zrak z ročno črpalko (a), kazalec po izpustu odvečnega zraka pa se nalega na ničlo, označeno z rdečo barvo (b).....	50
Slika 46: Kazalec na manometru pokaže delež por 6,5 %.....	51
Slika 47: Jekleni kalupi različnih oblik in dimenzij (a) ter uporabljeno orodje za izdelavo vzorcev (b).....	54
Slika 48: Napolnjen in zvibriran kolač zgladimo z ravnilom (a) in zgoščevanje betona na vibracijski mizi (b).....	55
Slika 49: Primer prekladalne posode.....	59
Slika 50: Uporaba »kible« predvsem na težko dostopnih mestih, kjer ni možen dostop z avtomešalcem in avtočrpalko.....	59

1 UVOD

1.1 Opredelitev problema

Uporaba reciklirane gume pri izdelavi konstrukcijskih elementov v gradbeništvu prispeva po eni strani k reševanju problema onesnaževanja okolja, po drugi strani pa k razvoju novih inovativnih izdelkov z izboljšano funkcionalnostjo, ki bodo prispevali k dvigu konkurenčne sposobnosti slovenskih podjetij. Guma iz odpadnih pnevmatik je lahko idealen vir elastomerne komponente za dodajanje v betonsko mešanico in izdelavo elastomerno-betonskih kompozitov, pri čemer tovrstna uporaba odpadne gume ne predstavlja dodatne obremenitve za okolje.

V Sloveniji je bila sprejeta Uredba o ravnanju z izrabljenimi gumami (Uradni list RS, št. 63/2009, z dne 7. 8. 2009), ki je namenjena zagotovitvi okolju prijaznega ravnanja z izrabljenimi gumami ter določa pravila zbiranja in predelave izrabljenih gum. V Sloveniji ustreznih predelovalnih zmogljivosti za recikliranje izrabljenih avtomobilskih gum v skladu z določbami nove Uredbe še nimamo v potrebnem obsegu.

Med ukrepi za okoljevarstveno zaščito čedalje večji pomen dobivajo zahteve po zmanjšanju odpadkov v okolju, ki v ospredje prinašajo potrebo po iskanju novih izdelkov na osnovi odpadnih materialov (Papit s sodelavci, 2012).

1.2 Namen in cilj naloge

Namen te diplomske naloge je:

- priprava sestavin mešanic in izvedba poskusnih mešanic betona z dodatkom granulirane gume v laboratoriju,
- izvedba osnovnih preskusov svežega in priprava preskušancev za preiskave strjenega betona,
- priprava navodil in napotkov tehnologije priprave in vgradnje betonov z dodatkom granulirane gume.

Pred samo izvedbo poskusnih mešanic smo v prostorih laboratorija na Inštitutu za raziskavo materialov in aplikacij (IRMA), Špruha 18, Trzin, pripravili sestavine za gumi betonske mešanice ter pripravo za prve preskuse določanja granulometrijske sestave s sejanjem na različnih frakcijah agregatov in na različnih vrstah agregata glede na način pridobivanja

(drobljenec in gramoz). Določanje granulometrijske sestave je osnova, s katero bomo lahko nadalje projektirali različne sestave receptur za 1 m³ svežega vgrajenega betona. Prav tako bo potrebno določiti zrnastostno sestavo granulirane gume, pripeljane iz Srbije. Na podlagi izvedenih obeh preskusov po metodi sejanja se bo v računalniški program vneslo dobljene rezultate ob predpostavki, da bo v/c razmerje nekje konstantno in se bo razmerje sestavin (agregat, dodatki, vezivo, vlakna, guma) prilagajalo glede na želeno konsistenco betonske mešanice. Preskusi različnih receptur bodo kasneje opisani v eksperimentalnem delu te naloge.

Izvedba osnovnih preskusov svežega betona bo bistvena, ker bo to kasnejša podlaga, iz katere bo izhajal naslednji diplomant, ki bo imel večji poudarek na izvedbi osnovnih preskusov za strjeni gumeni beton.

Na koncu diplomske naloge bo posebno poglavje, kjer se bo navedlo ugotovitve, kot so transport, priprava, zgoščevanje, vgrajevanje gumi betonov, in bodo služile kot koristni napotki in navodila bodočim uporabnikom pri tehnologiji gumi betonov.

Namen in cilj naloge je, da bi se v prihodnosti čedalje pogosteje uporabljali gumi betoni, ki v Sloveniji še niso dovolj dobro razviti. Predvsem mislimo konstrukcijske betone, ki s svojimi lastnostmi, kot so toplotno izolacijske, absorpcijske (dušenje zvoka, dušenje mehanskih vibracij), deformacijske, posebno na konstrukcijskih elementih, ko ni pričakovati velikih obremenitev (potreba po nižji trdnosti betona), pripomorejo na ceno betona.

S tem namenom smo se osredotočili na prednosti kot slabosti, ki jih prinaša granulirana guma v betonu. Res pa je, da ne bomo uspeli popolnoma obdelati vseh preiskav, ki bi omenjeno tezo tudi potrdili. Bolj se nagibamo k lastnostim, ki jo imajo sveže betonske mešanice (mešanje, zgoščevanje, vgradljivost in obdelovalnost), zato jih bomo v poglavju Eksperimentalni del diplomske naloge tudi opisali. Izbrane betonske mešanice se bo med sabo primerjalo po opravljenih preskusih, upoštevalo pa se bo standarde SIST EN 12350-2, SIST EN 12350-6 in SIST EN 12350-7.

2 PREDSTAVITEV PROBLEMATIKE

2.1 Reciklaža odpadnih pnevmatik

V preteklosti so odpadne pnevmatike večinoma skladiščili na odlagališčih ali pa so bile nezakonito zavržene. Sedanji trgi lahko sprejemajo do 80,4 % odpadnih pnevmatik, kar je bistveni porast od leta 1990, ko je bil ta delež le 17-odstoten. Trgi, ki izkoriščajo odpadne pnevmatike v postopkih recikliranja in ponovne uporabe, še vedno rastejo, dejstvo pa je, da preostale odpadne pnevmatike pristanejo na odlagališčih ali pa so uničene s sežigom.

V zahodni Evropi je problem onesnaževanja z neposrednim odmetavanjem odpadnih pnevmatik skoraj v celoti odpravljen z ustrežno zakonodajo in predvsem z vzgojo ljudi. Pnevmatike se sistematično zbirajo in sežigajo po metodologiji, predpisani z zakonom (Papit s sodelavci, 2012).

2.2 Uporaba gume v gradbeništvu

V gradbeništvu uporabljamo odslužene pnevmatike kot gradbeni material za različne namene. Lahko jih uporabimo v nespremenjeni obliki ali pa predelane, v obliki gumenega granulata pri različnih inženirskih projektih kot:

- osnovni gradbeni material pri gradnji ali utrjevanju nasipov, brežin in dna vodotokov (preprečitev erozijskih procesov),
- varovalni element pri cestogradnji (zaščitne ograje, odbijači ...) in pri pomorskih gradnjah (zaščita pomolov),
- polnilni material pri gradbenih konstrukcijah (montažne konstrukcije), cestogradnja (dodatek asfalt betonu), ipd.

Guma kot gradbeni material ima še posebne lastnosti, kot je majhna gostota, dobre zvočne in toplotne izolativne sposobnosti, sposobnost absorbiranja udarcev in hkrati veliko obstojnost na različne zunanje vplive na gradbene konstrukcije.

Izrabljene pnevmatike se s predelavo lahko uporabi kot polnilni material v konstrukcijah v gradbeništvu, kjer lahko nadgradimo lastnosti konvencionalnih materialov (beton, asfalt beton ...) z opisanimi lastnostmi gume, kot na primer:

- dodatek gumenega agregata v asfalt betonu za posledično zmanjšanje hrupnosti prometa,
- granulirana guma kot nadomestitev obrabne površine na športnih igriščih (tartan),
- nadomestitev kamenega agregata z gumenim agregatom poveča abrazijsko odpornost betonov.

Trenutno se gumeni agregat največ uporablja v cestogradnji kot dodatek asfalt betonu pri izboljšanju karakteristik materiala. Trend tehnološkega razvoja gre v smeri proučevanja vgradljivosti in izboljšanja sprejemljivosti gumenega agregata v asfaltbetonsko strukturo. V ta namen uporabljamo posebne dodatke bitumenskem vezivu (polimeri) ali pa posebne kemijske obdelave gumenega agregata za doseganje večje sprejemljivosti (hrapavljenje). (Vir: www.bir.org/assets/Documents/industry/ManagingEndOfLifeTyres.pdf)

2.3 Postopek reciklaže odpadnih pnevmatik

Reciklaža je zbiranje, predelava in ponovna uporaba materiala, ki bi bil drugače zavržen. Reciklaža pnevmatik je proces razgradnje avtomobilskih avtoplaščev, ki niso več primerni za uporabo zaradi izrabe ali mehanske okvare. Odpadne pnevmatike so eden največjih in najbolj problematičnih odpadkov zaradi velikosti in dolge razgradljivosti. Ravno zaradi teh karakteristik so avto-pnevmatike tudi eden najbolj pogostih materialov, ki se jih reciklira. Proces reciklaže se začne z zbiranjem in razrezovanjem zavrženih avtomobilskih pnevmatik. Tako dobijo iz kosov zrnat gumast material (granulat), ki se mu odstranijo jeklena in ojačitvena vlakna.

Reciklaža odpadnih pnevmatik lahko poteka na spodaj opisane načine:

- Mehanska reciklaža je najbolj pogosto uporabljena v praksi. Izrabljene pnevmatike se obdeluje z mehničnim mletjem, kjer se uporablja število rotacijskih nožev z namenom ločiti odpadni material na njegove osnovne komponente.
- Postopek z zmrzovanjem poteka podobno kot mehanska reciklaža, kjer odpadne pnevmatike zmrznejo krepko pod lediščem (-80°C) in jih nato mehansko drobijo na majhne kose. Slabosti tega postopka so sorazmerno večji obratovalni stroški zaradi uporabe zamrzovalnega sredstva (tekoči dušik).

Po tej metodi je potrebno od 0,5 do 1,0 kg tekočega dušika na kilogram pnevmatike (gume). Za optimalno učinkovito reciklažo pri večjih dimenzijah pnevmatik pa je potrebno predhodno drobljenje.

- Obnova (protektiranje) pnevmatik poteka na način, da se izrabljena tekalna površina z brušenjem odstrani in nadomesti z novim obrabnim slojem. S tem postopkom se podaljša življenjska doba in uporabnost pnevmatik. Odpadni produkt pri obnovi pnevmatik predstavljajo ostružki, ki nastajajo pri brušenju pnevmatik, ki so za razliko od produktov mehanske reciklaže podolgovate oblike z značilno razcefrano vlaknasto strukturo.
- Piroliza je proces, pri katerem se odpadne gume termično razgradijo (segrevajo) brez prisotnosti kisika do določene temperature, ki povzroča ločevanje sestavin v različne komponente oz. pri tem nastanejo produkti, kot so olja, plin, saje, jeklo. Ta metoda zahteva tudi predhodno drobljenje odpadnih gum.

Nekaj naštetih načinov reciklaže odpadne pnevmatike. Bomo pa za primer opisali mehansko reciklažo, ki je ena bolj ekonomičnih v praksi, ter obnovo (protektiranje) pnevmatik.

2.3.1 Mehanska reciklaža

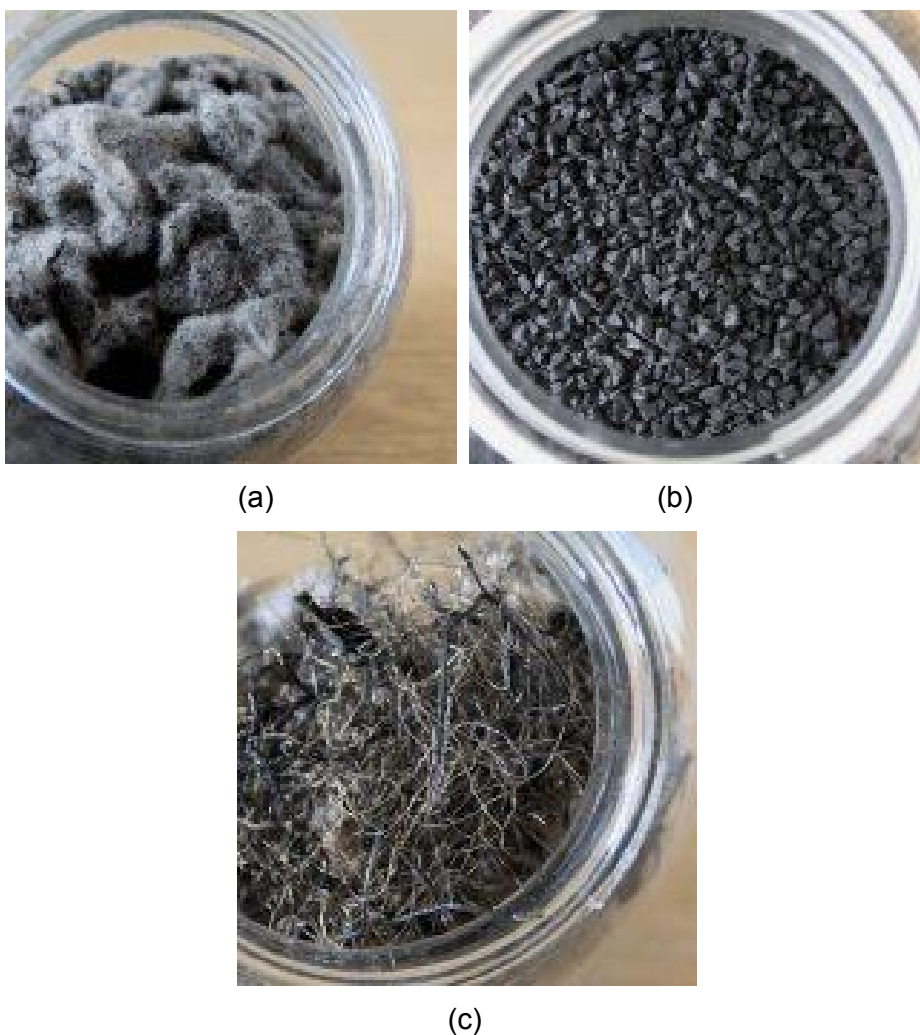
Opadne gume se zbirajo na odpadu v neposredni bližini proizvodnje linije. Pnevmatiko se sortira glede na obrabo ali kakovost. Izrabljene, a nepoškodovane pnevmatike za osebna tovorna in druga težja vozila odkupijo proizvajalci, ki s posebnim postopkom (postopek protektiranja) obnovijo vrhno plast plašča pnevmatike in jo ponovno ponudijo na trg lastnikom oz. voznikom vozil. S tem postopkom se podaljša življenjski krog avtoplaščev. Ostali avtoplašči pa so namenjeni reciklaži. Zaradi različne sestave materiala jih je pred postopkom reciklaže potrebno ločiti na osebne in tovarne avtoplašče (Preglednica 1). Le z ločitvijo v proizvodnji se lahko zagotavlja najbolj kakovosten sortiran granulata.

Preglednica 1: Produkti reciklaže so tako gumeni granulata, kovinski delci in tekstil.

Sestava granulata za osebna in transportna vozila.

Vrsta avtoplašča	Gumeni granulata	Tekstil	Kovinski delci
Osebna vozila	70 %	10 %	20 %
Transportna vozila	70 %	1 %	29 %

(Vir: Urek, 2005)



Slika 1: Pri mehanskem postopku rezanja pnevmatik v več fazah nastane stranski produkt: tekstilna vlakna (a), granulirana gume (b) in jeklena vlakna (c).

(Vir: www.eco-recycling.rs/proizvodi)

Sortirane pnevmatike ročno ali z nakladačem podajamo v trgalni stroj (Slika 2). To je prva faza obdelave pnevmatike ali faza trganja. V odprtino premera 1,2 m podajamo cele ali razrezane avtoplašče, odvisno od velikosti vhodne odprtine in velikosti avto pnevmatike. Kapaciteta vhodnega materiala je od 2 do 6 ton materiala na uro, različno glede na vrsto in velikost želenih razrezanih kosov. Noži v dveh rotacijskih valjih gumo raztrgajo na kose želenih dimenzij.



Slika 2: Nakladanje avtoplaščev za razrez z močnim trgalnim strojem, pri katerem ni potrebno predhodno odstraniti jeklenega obroča.

(Vir: www.eco-recycling.rs/proizvodi)



Slika 3: Trgalni stroj.

(Vir: www.eco-recycling.rs/proizvodi)

V izogib prevelikih stroškov (obrabi trgalnih nožev) se pred postopkom trganja avtoplašča izreže jekleni obroč (Slika 4a) ter jih ročno na transportni trak podajajo za razrez v trgalni

stroj (Slika 4b). Trganje je torej proces, pri katerem cele ali že delno razrezane avtoplašče razrežejo pri sobni temperaturi na kose dimenzije 5–30 cm ali 1–5 cm. V vsakem primeru pa je potreben razrez večjih avtoplaščev na večje kose zaradi njihovega lažjega vnosa v trgalni stroj.



(a)



(b)

Slika 4: Odstranjevanje jeklenega obroča iz avtoplašča (a) ter nato ročno podajanje na transportni trak v trgalni stroj (b).

(Vir: www.eco-recycling.rs/proizvodi)



Slika 5: Transport že razrezanih avtoplaščev na večje kose.

(Vir: www.eco-recycling.rs/proizvodi)

Gumeni delci krožijo v prvem stroju, dokler ne dosežejo želene velikosti. Ko gumeni kosi dosežejo želeno velikost, padejo iz odprtine bobna na tekoči trak in prehajajo v fazo drobljenja ali mletja.

Gumeni trganci, večji od 5 cm, prehajajo po tekočem traku v granulator. To je stroj, ki je v celotnem proizvodnem procesu najbolj obremenjen. Gumeni trganci se postopoma meljejo in drobijo ter prehajajo iz prvega granulatorja v zadnjega. Končna velikost gumenega granulata je ponavadi od 0,1 do 5 cm, odvisno od tehničnih zahtev za nadaljnjo uporabo. Temu primerno se na podlagi zamenjave sit, želene razponi velikosti gumenih delcev, spremenijo tudi nazivi gumenih delcev, ki so nazorno prikazani v Preglednici 2.

Gumeni delci se v bobnu mlina vrtijo tako dolgo, da dosežejo želeno velikost luknjic na situ, izpadejo iz bobna na transportni trak in potujejo v naslednji segment predelave. Delci, ki ne dosežejo velikosti luknjic, se po tekočem transportnem traku ponovno vračajo v granulator in drobijo tako dolgo, da dosežejo ustrezno velikost.

Preglednica 2: Gumeni delci glede na njihovo velikost.

Nazivi gumenih delcev	Velikost gumenih delcev
Drobec	50-300 mm
Odkrušek	10-50 mm
Zrno	0,5-15 mm
Prah	0-0,5 mm

(Vir: Urek, 2005)

Delež kovinskih delov v pnevmatiki je približno 10 do 20 %. Zaradi dodatka jeklenih ojačitev (žica, obroč) je avtoplašč kakovostnejši in prenaša bistveno večje obremenitve, po drugi strani pa prisotnost kovinskih delov podaljšuje in podraži postopek reciklaže. Vse kovinske in tekstilne dele je treba pred nadaljnjo predelavo v celoti izločiti. Zaradi razbremenitve trgalnih strojev se predhodno v največji možni meri odstranijo vsi kovinski deli, s čimer so razbremenjeni rezalni noži in prepreči se vnos večje količine jeklenih ostružkov v granulat.

Postopek odstranjevanja kovinskih delcev se izvaja s pomočjo elektro magnetov (Slika 6), ki so postavljeni na različnih mestih vzdolž transportnega traku, po katerem potujejo zdrobljeni gumeni delci v različnih fazah proizvodnje. Magnetna sila izvleče jeklene delce iz gumene mase in jih odloži na zbirno mesto v zabojnik. Polne zabojnike se s pomočjo transportnega vozila (viličar) transportira v skupni zabojnik, kjer se avtomatizirano po transportnem traku polnijo v vreče za nadaljnji odvoz (Slika 7).



Slika 6: Odstranjevanje jeklenih delcev s pomočjo magnetov.

(Vir: www.eco-recycling.rs/proizvodi)



Slika 7: Mesto na katerem se vrši polnjenje tekstilnih vlaken in ločeno polnjenje jeklenih niti (delcev) v vreče.

(Vir: www.eco-recycling.rs/proizvodi)

Odstranjevanje tekstilnih vlaken iz reciklirane zmesi se izvaja s kombinacijo vibracijskih sit in zračnih filtrov (Slika 8). Na sitih se groba tekstilna vlakna izločijo s pomočjo vibracij, v naslednji fazi pa zračni filtri vsrkavajo lahka tekstilna vlakna. Vlakna se zbirajo v posebnih zabojih in se kasneje odpeljejo na zbirno mesto, kjer se jih polni v za to namenjene vreče. Tekstilna vlakna kot primes v granulatu onemogočajo kakovostno vezavo gumenih delcev.



Slika 8: Prikazan sistema za odstranjevanje tekstilnih vlaken.

(Vir: www.eco-recycling.rs/proizvodi)

Odstranjevanje težjih delcev se izloča s pomočjo posebnega sita. Te predstavljajo običajno tujki, ki se nahajajo v pnevmatikah (kamenčki, steklo ...), in jih je potrebno prav tako odstraniti iz gumenega granulata pred nadaljnjo uporabo ali predelavo. V zadnji fazi predelave se gumeni granulati avtomatsko pakirajo in sortirajo po velikosti v velike vreče (jambo vreče) oziroma v stolpne silose (glej Slika 9).



(a)

(b)

Slika 9: Prikaz shranjevanja gumenega granulata v velike vreče (jambo vreče) (a) in stolpne silose (b).

(Vir: www.eco-recycling.rs/proizvodi)

2.3.2 Postopek obnove pnevmatik - protektiranje

Za obnovo pnevmatik se uporabljata dve metodi:

- vroča obnova in
- hladna obnova pnevmatik.

Za obnovo pnevmatik je pogoj, da avtoplašči niso mehansko poškodovani, kar pomeni, da se s pomočjo laserja kontrolira notranjost avtoplašča, ki dobi oceno, ali je primeren za obnovo.

2.3.2.1 Vroča obnova pnevmatik

Material je vzeti neposredno iz stiskalnice in se nanese na ogrodje. Nato se ogrodje postavi v kalup za vulkanizacijo, kjer se naredi tudi primeren profil pnevmatike. Pnevmatika se vulkanizira v ogretem kalupu pri temperaturi okrog 150 °C.

Vzorec profila je ustvarjen med postopkom vulkanizacije, tako kot pri proizvodnji nove pnevmatike.

Pnevmatike, ki so obnovljene z vročo metodo, so obnovljene v celoti. Glavna prednost te metode je obnova stranskega dela, kar zagotavlja, da je pnevmatika, obnovljena z vročo metodo, primerljiva novi pnevmatiki.

2.3.2.2 Hladna obnova pnevmatik

Hladna obnova avtoplaščev je vulkanizacijski postopek, za katerega ni potreben kalup. Avtoplašč se sestavi iz predvulkanizirane tekalne plasti (profila), nevulkanizirane vmesne vezne gume in obrušenega obrabljenega avtoplašča.

Pri uporabi hladne obnove pnevmatike se na ogrodje nanese material z že ustvarjenim in vnaprej vulkaniziranim vzorcem. Pod stalnim pritiskom se ta sloj nanese na del ogrodja, ki ni vulkaniziran. Pritiskanje pred vulkanizacijo zagotavlja, da se ta sloj optimalno prilagodi na pnevmatiko in da so vsi deli po prihodu iz avtoklava trdno spojeni skupaj. Tako pripravljena pnevmatika se vstavi v model in vulkanizira v avtoklavu.

Proces vulkanizacije poteka v avtoklavu pri temperaturi med 95 °C in 110 °C in pri povišanem tlaku.

2.4 Primeri uporabe reciklirane pnevmatike

Uporaba reciklirane gume ima zelo široko območje uporabe, tako v gradbeništvu kot gospodinjstvu, športu in ne nazadnje tudi v kmetijstvu.

Reciklirano gumo se uporablja za različne namene na različnih področjih, kot so:

➤ GRADBENIŠTVO:

- drenažni in podložni beton,
- podloga za strešno izolacijo,
- vodoodporne membrane,
- porozna bitumenska veziva,
- gumijaste cevi,
- stabilnost nasipov na manj nosilnih temeljnih tleh iz občutljivih materialov (mehka glina),
- uporaben za zasipe podpornih konstrukcij in zidov,
- namen uporabe za zvočne (protihrupne ograje v gradbeništvu) in toplotne zaščite,
- dodatek asfaltu za izgradnjo cest,
- oprema za cestni in železniški promet (parkirni stebrički in signalizacija, robniki, železniški prehodi, prometne ovire).



Slika 10: Primer uporabe za zasilne podpornih konstrukcij in zidov.

(Vir: www.drc.si)

➤ GOSPODINJSTVO:

- proizvodnja gumijastih delov za gospodinjstva,
- zaščitna talna obloga,
- trdne pnevmatike (polne gume) za vozičke in smetnjake,
- cvetlični lončki,
- korita za rože (ne vpijajo vode in so primerna za zimske razmere, ker ne zmrznejo in počijo).



Slika 11: Korita za rože v obliki vaze ali v obliki valja.

(Vir: www.gites.si/reciklirana-guma/korita-za-roze)

➤ ŠPORT IN REKREACIJA:

- podloge za športna igrišča,
- otroška igrišča (varnostne plošče, ki zagotovijo blaženje udarcev zlasti za zaščito otrok pri padcih),

- tlakovci iz reciklirane gume (imajo veliko pozitivnih lastnosti, kot npr. zmanjšujejo hrup, so temperaturno odporni),
- palisade (za obrobo peskovnikov, igral, obrobe tekaških igrišč),
- terasa plošče (pokrivalo stopnic, plošče za teraso in balkon, zaščitna plošča – imitacija trave, tlakovanja pešpoti, vrtov in območje okoli bazenov).



Slika 12: Obloga iz reciklirane gume Polytan (tartan) na športnem igrišču.

(Vir: www.jurles.si)

➤ KMETIJSTVO:

- proizvodnja gumenih podlog za tla, ki so namenjene za boljšo stabilnost (hojo) živali v hlevu.



Slika 13: Talne podloge za hlevske površine kot za vhode jahalnih konjskih centrov.

(Vir: www.efcom.si)

3 IZVEDBA EKSPERIMENTALNEGA DELA

3.1 Uporaba gumenega agregata pri pripravi betonov za posebne namene

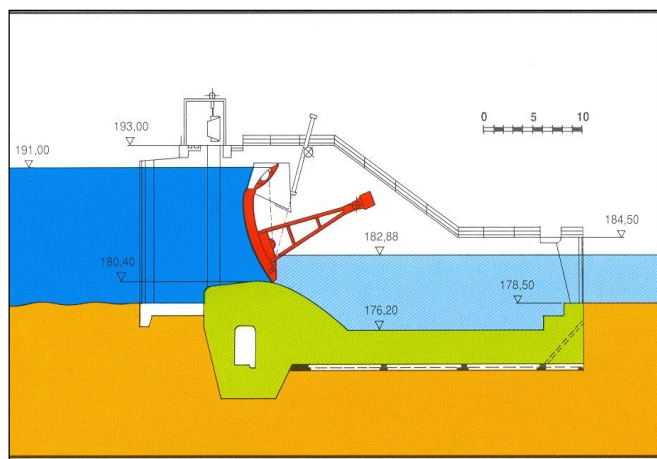
V naši nalogi bomo obravnavali pripravo betonskim mešanici z dodatkom gumenega agregata za primer uporabe na betonskih vodnih pregradah, kjer voda stalno deluje na površino betona z brušenjem in udarnimi sunki, kar povzroči obrabo in površinske poškodbe betona. Pri tem je potrebno upoštevati še naplavljen material (veje, hlodovina itd.), ki ga voda ob večjih spomladanskih in jesenskih hudournikih s povečanim pretokom deroče reke transportira po strugi reke.

Posledica erozijskih procesov vode in rinjenega materiala pa lahko privede do povečanega obsega obrabe in poškodb površinskih oblog na izpostavljenih delih betonskih konstrukcij na vodnih pregradah. Z napredujočimi poškodbami površine betona pa se spremenijo tudi hidravlični pogoji, s čimer se erozijski procesi še povečujejo in vplivajo tudi na objekte dolvodno po strugi reke.

Pri načrtovanju betonov na vodnih zgradbah je treba upoštevati, da ni splošnega pravila načrtovanja. Običajno se odpornost betonov oceni na osnovi niza parametrov, s katerimi dokazujemo posamezne mehanske lastnosti betonov, kot so: tlačna trdnost, natezna trdnost, trdota agregata, uporaba specialnih cementov, elastični modul, v/c faktor, površinsko zaglajevanje, nega betona, dodatki cementu (elektrofilterski pepel, vlakna). Kvaliteto oziroma odpornost betonov na erozijske procese z vodnim tokom pa dokazujemo s preskusnimi metodami, ki v laboratorijskem okolju bolj ali manj realno ponazarjajo dejanske razmere v naravi.

Na reki Savi poteka projekt energetske izrabe v obsegu 6. pretočnih hidroelektrarn. Trenutno obratujejo štiri elektrarne (Vrhovo, Boštanj, Blanca in Krško), dve elektrarni, Brežice in Mokrice, sta v načrtovanju in bosta predvidoma izvedeni do leta 2018. Reka Sava ima značilni hudourniški karakter z izrazitimi nihanji pretokov (med 40 m³/s do 3000 m³/s) ter izrazito prodonosnostjo (tudi do 12.000 m³ na dan). Na osnovi večletnih meritev je bilo ugotovljeno, da je transportna sposobnost Save izredno velika in da znaša povprečno zrno, ki ga transportira Sava, okoli 31 mm. Pri velikih pretokih je zato pričakovano, da bodo najbolj izpostavljeni deli betonskih konstrukcij pregrad nadpovprečno obremenjeni z rinjenimi plavinami.

HE Vrhuvo je prva elektrarna v nizu in obratuje od leta 1996. Jezovno zgradbo sestavlja strojnica in skupno 5 prelivnih polj, prečno na smer toka Save. Vsako prelivno polje je opremljeno s segmentno zapornico z nasajeno zaklopko (Slika 14). V primeru velikih voda se višek voda preliva preko prelivnih polj s prelivanjem preko zaklopk oziroma s podlivanjem pod zapornico. Pri izjemnih pretokih Save se s polnim odprtjem zapornic vzpostavi naravni režim odtoka preko pregrade. Zaradi navedenega režima obratovanja so izpostavljeni deli konstrukcije prelivnih polj prekriti z abrazijsko odporno betonsko oblogo. V letu 1999 je bil izveden razvojno raziskovalni projekt z namenom raziskave optimalnega delovanja prelivnih polj pri visokih vodah. V sklopu tega projekta so bila na dnu prelivnega polja na Vrhovem vgrajena poskusna polja, na katerih so spremljali abrazijsko odpornost različnih vrst betonov. Cilj projekta je bil opredeliti ustrezno sestavo abrazijsko odpornih betonov za pregrade na spodnji Savi.



Slika 14: Prerez čez prelivno polje pregrade Vrhuvo na Savi.

Na enem od poskusnih polj je bil vgrajen tudi beton z nadomestitvijo deleža kamenega agregata okoli 15 %, frakcije 0 do 4 mm z gumenim agregatom. Rezultati meritev so pokazali bistveno večjo odpornost betona z dodatkom gume na erozijsko delovanje vodnega toka v primerjavi z visokotrdnimi betoni, ki so bili vgrajeni na pregradah na spodnji Savi.

3.2 Izhodišča

Na osnovi ugodnih rezultatov odpornosti betonov z dodatkom gumenega agregata na testnih poljih pregrade Vrhuvo je bila podana pobuda, da se nadaljuje s tovrstnimi raziskavami. V predhodnih raziskavah je bil uporabljen gumeni agregat iz procesa obnavljanja obrabljenih pnevmatik, ki se je zaradi svoje oblike izkazal kot težko vgradljiv. Sodelovanje s proizvajalci

recikliranja odsluženih pnevmatik je ponudilo možnost, da se preskusi izvedejo z gumenim agregatom, ki je po obliki podoben običajnemu kamenemu agregatu. Proces reciklaže temelji na mehanskem drobljenju gume z razvrščanjem granulata po frakcijah, kar znatno olajša delo pri pripravi betonskih mešanic. Tovrstni materiali se tudi pri nas prvič uporabljajo v betonski tehnologiji, zato je bila tudi pozornost usmerjena v samo pripravo testnih mešanic v laboratoriju in pripravo betonskih preskušancev za nadaljnje raziskave. To je bila tudi temeljna naloga mojega diplomskega dela. Izkušnje pri pripravi laboratorijskih betonskih mešanic bomo povzeli s predlogom kratkih priporočil za izvedbo tovrstnih betonov v praksi.

Eksperimentalni del smo izvajali v laboratoriju inštituta IRMA. V okviru eksperimentalnega dela smo izvedli mešanice betona z dodatkom gumenega agregata, katerih sestave so bile določene na osnovi predhodnih raziskav. Analiza abrazijske odpornosti temelji na relativnih primerjavah med posameznimi vrstami betona. Zato smo za izhodišče privzeli osnovne mešanice, ki so bile že vgrajene v eksperimentalna polja na Vrhovem, ki bodo v kasnejših fazah služile za primerjavo mehanskih lastnosti. Za primerjavo smo pripravili dve mešanici, kjer smo spreminjali delež gumenega granulata (10 in 20 % deleža kamenega agregata). Moja naloga je bila priprava osnovnih mešanic v vseh fazah priprave testnih preskušancev: (1) priprava sestavin za betone; (2) doziranje in zamešanje v laboratorijskem mešalcu; (3) izvajanje osnovnih preskusov zagotavljanja in spremljanja kvalitete pri svežem betonu; (4) vodenje dnevnika izvajanja preskusa z evidentiranjem izvajanja procesa v vseh delovnih fazah.

3.3 Uporabljeni materiali pri sestavi receptur svežih betonskih mešanic

3.3.1 Agregat

Uporabljeni mineralni agregat je bil drobljenec frakcije 0/4 mm Asfaltna baza Drnovo, savski prod frakcije 4/8 mm separacije Stari grad in prod 8/16 mm separacije Stari grad. Omenjeni agregati so se dobavili iz podjetja CGP, družbe za gradbeništvo, inženiring, proizvodnjo in vzdrževanje cest, d. d., v kraju Drnovo v bližini Krškega.



Slika 15: Agregat dobavljen iz podjetja CGP Drnovo.

3.3.2 Cement

Pri izvedbi naloge smo uporabili Portland cement iz cementarne Salanit Anhovo, tip Cement 42,5 – specialni (CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R), ki je mešani cement z dvema dodatkom, apnencem (LL) in žlindro (S) trdnostnega razreda 42,5 z visoko zgodnjo trdnostjo. Namenjen je za najzahtevnejše gradnje, pri katerih se zahtevajo visoke začetne trdnosti. Sestava cementa je sledeča: min. 80 % portlandskega klinkerja, 6–20 % mešanega dodatka apnenca in žlindre, max. 5 % dodatkov (polnil) ter sadra kot regulator vezanja.

Uporaba cementa je zelo raznolika in se ga največ uporablja za armirane in nearmirane ter prednapete betone, za prefabricirane betonske izdelke, za brizgane in samozgoščevalne betone in za zmrzlinsko odporne aerirane betone.

Cement je bil dostavljen v laboratorij v 25-kilogramskih vrečah (Slika 16) posebej za potrebe te naloge v potrebni količini. V Preglednici 3 so prikazane lastnosti omenjenega cementa v primerjavi s standardom SIST EN 197-1.

Preglednica 3: Prikaz lastnosti na zahteve standarda in na dosežene povprečne vrednosti dobljene na osnovi povprečnih letnih rezultatov.

	Zahteve standarda	Dosežene povprečne vrednosti
Kemijske zahteve		
Vsebnost sulfata (kot SO ₃)	≤ 4,0 %	2,80 %

Vsebnost klorida	$\leq 0,1 \%$	0,05 %
Mehanske in fizikalne zahteve		
Zgodnja trdnost, 2 dneva	$\geq 20,0 \text{ MPa}$	27,0 MPa
Standardna trdnost, 28 dni	42,5 – 62,5 MPa	52,0 MPa
Čas začetka vezanja	$\geq 60 \text{ min}$	180 min
Prostorninska obstojnost	$\leq 10 \text{ mm}$	$\leq 1 \text{ mm}$

(Vir: www.salonit.si/proizvodi_in_storitve/cementi)



Slika 16: Cement v 25 kg vrečah, zložen na vozičku.

3.3.3 Voda

Uporabljali smo vodo iz pipe, ki je napeljana iz vodovodnega omrežja Ljubljana.

Voda ima lastnost, da uravnava konsistenco betonskih mešanic ter vpliva na vgrajevanje, obdelovalnost in zgostitev sveže betonske mešanice. Dodajali smo jo v razmerju vodocementnega faktorja glede na količino cementa in celokupnega vodnega dela (vključno s tekočimi dodatki), ki je v našem primeru znašal 0,39 in 0,40.



Slika 17: Pripravljena voda po recepturi za svež beton.

3.3.4 Granulirana guma

Granulirana guma je bila dobavljena iz podjetja Eco Recycling, d. o. o., v Novem Sadu in je prva tovarna v Srbiji, ki reciklira odpadne avtomobilske in kamionske gume. Granulat gume se pridobiva z mehaničnim postopkom rezanja v več fazah. Ločevanje na komponente (jeklena vlakna, tekstilna vlakna in granulirana guma) se izvede z magneti in z vpihovanjem zraka.

Postopek predelave je podrobneje opisan v predhodnih poglavjih. Pri predelavi gume ne uporabljajo kemijskih dodatkov, zato končni proizvod po lastnostih ne odstopa od običajne gume v pnevmatikah. V naboru predelave pnevmatik so zajeti vsi tipi, od običajnih avtomobilskih do pnevmatik izjemnih dimenzij pri rudniških prekucnikih.

Na Sliki 18 je prikazan končni proizvod granulirane gume frakcije od 2 do 8 mm, na kateri vidimo, da so zrnca nepravilne kockaste in podolgovate oblike. Struktura gumenega granulata je zelo podobna običajnemu kamenemu drobljenemu agregatu. Na Sliki 19 pa je z mikroskopsko povečavo razvidna površina granulirane gume, ki nakazuje na fino hrapava in pri predelavi z nepopolnim razsekanjem zrn gume vidno razcefrana vlakna na površini delca. Granulirana guma je bila dobavljena po frakcijah (0 do 2 mm, 2 do 4 mm in 2 do 8 mm) v vrečah.



Slika 18: Prikaz granulirane gume v naravni velikosti.

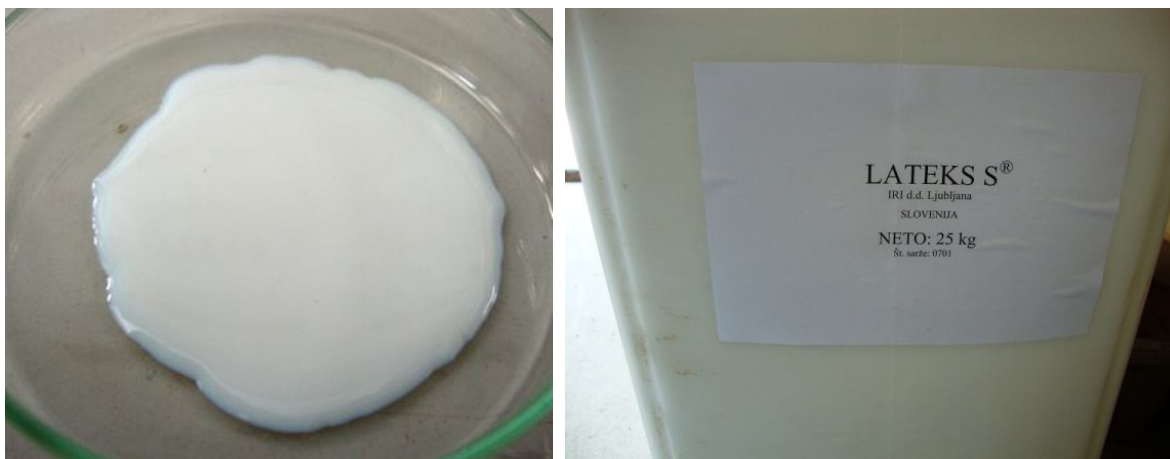


Slika 19: Prikaz mikroskopske povečave zrn granulirane gume.

3.3.5 Lateks S (Polimer)

Lateks S je vodna disperzija, po videzu tekočina bele barve in rahlo šibkega vonja, ki jo uporabljamo kot dodatek betonu. V našem primeru ima vlogo izboljšanja sprijemljivosti gume s cementnim vezivom. Izboljša se tudi obdelovalnost svežega betona in neprepustnost, s tem pa zmanjša prepustnost za vodo in druge tekoče snovi. Z dodatkom izboljšujemo mehansko trdnost in povečujemo abrazijsko odpornost strjenega betona.

Razmerje Lateksa S in vode je od 1 : 1 do 1 : 4 po volumnu ali teži odmerjene količine.



(a)

(b)



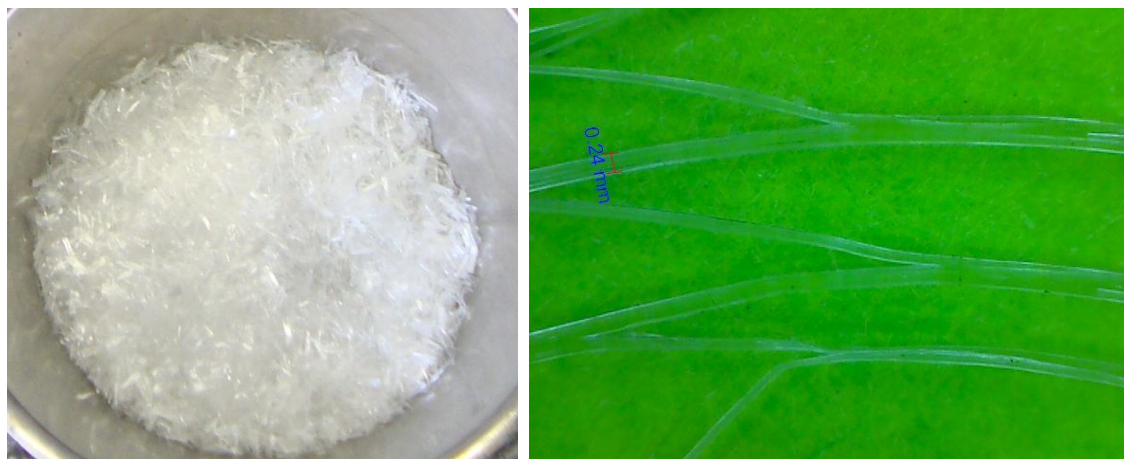
(c)

Slika 20: Lateks S je tekoče bele barve (a), shranjen v plastični embalaži po 25 kg (b) ali v cisterni po 1000 kg (c) proizvajalca, IRI, d. d., Ljubljana.

3.3.6 Polipropilenska vlakna PV 10

Vlakna v betonu zmanjšujejo nastanek razpok in mikropor, ki nastanejo zaradi različnih vplivov in krčenja med sušenjem betona. Z dodajanjem vlaken se betonu povečuje tlačna, obrabna in upogibna trdnost ter zmanjša razpoke v svežem stanju, ki nastanejo zaradi krčenja betona.

Polipropilenska vlakna smo dodajali v volumskem razmerju oz. utežno glede na izbrano betonsko mešanico (do 1 kg/m^3). Polipropilenska vlakna so bila v laboratorij dostavljena v vrečah.



(a)

(b)

Slika 21: Polipropilenska vlakna PV 10 v naravni velikosti (a) in pod mikroskopsko povečavo (b).

3.3.7 Mikrosilika – MS (Mineralni dodatek)

Mikrosilika je na videz sive barve v prahu in jo dodajamo za zapolnitev praznega prostora med cementnimi zrni, ker ima 100-krat manjša zrnca kot cement. S tem zmanjša prostor za nevezano vodo, in ker ima reaktivne lastnosti, izboljša stik med agregatom in cementnim kamnom, kar posledično prispeva k večji končni trdnosti betona. Običajno je znašal delež mikrosilike 5 do 10 % glede na količino cementa. V našem primeru smo jo dozirali utežno 5 % na težo cementa (okoli 20 kg/m^3) skupaj s cementom pred dodajanjem zamesne vode. Pred uporabo smo jo skladiščili na paletah v vrečah po 15 kg (Slika 22b) v enakih razmerah kot cement.



(a)

(b)

Slika 22: Mineralni dodatek mikrosilika, ki se jo pri tehtanju dozira v posodo skupaj s cementom (a) in je pakirana v embalaži (b).

3.3.8 Jeklana vlakna JV 50/16

V nalogi smo uporabili jeklana vlakna dolžine 16 mm in premera 0,5 mm. Vlakna so ravna in so na obeh koncih zakrivljena zaradi boljšega sidranja v cementnem kamnu. Vlakna, ki jih proizvaja podjetje IRI, d. d., iz Ljubljane so izdelana iz kvalitetne jeklene žice. Jeklana vlakna smo uporabili samo pri izhodiščnih betonskih mešanica C1 in C2. Vlakna so bila dostavljena v vrečah po 30 kg (Slika 23a) in skladiščena v primernih prostorih laboratorija. Jeklana vlakna smo dodajali v volumskem razmerju oz. utežno glede na izbrano betonsko mešanico (do 40 kg/m³).



Slika 23: Vreča, v kateri so pakirana jeklana vlakna (a), in način doziranja v posodi za tehtanje (b).

3.4 Tehnološka priprava laboratorijskih mešanic

3.4.1 Priprava kamenega agregata

Kameni agregat je bil opran na separaciji in dostavljen v laboratorij na paleti v PVC vrečah z maso 50 kg. Pred izvedbo preiskave je bil skladiščen v zaprtem prostoru. Pred uporabo smo agregat sušili od 17 do 20 ur v sušilniku s kontrolirano temperaturo 110 ± 5 °C ter ga po končanem sušenju okoli 6 ur pustiti v posodah, da se je ohladil na sobno temperaturo. Ohlajenega smo nato do nadaljnje obdelave skladiščili v nepropustno zaprtih PVC vrečah, da ni prišlo do neželenega stranskega pojava kondenzacije vlage na agregatu v vrečah.

3.4.1.1 Sejalna analiza

Pred pričetkom priprave betonskih mešanic je bilo potrebno narediti sejalno analizo kamenega agregata na posamezne frakcije. Sejalne analize smo naredili za tri frakcije: 0/4 mm, 4/8 mm in 8/16 mm.

Vzorke agregata frakcij 0/4, 4/8 in 8/16 mm zmanjšujemo po postopku z metodo četrтинjenja ali po postopku z razdelilno napravo.

Postopek zmanjševanja vzorca z razdelilno napravo

Osnovni vzorec se vsuje v eno od posod razdelilne naprave, dve prazni posodi pa se postavitata na svoje mesto v razdelilni napravi. Agregat se vsuje preko daljše stranice posode v območje centralne linije razdelilne naprave in se razdeli na dva enako verjetna dela v posodi za prestrezanje. Zmanjševanje vzorca se nadaljuje tako, da se na svoje mesto v razdelilni napravi ponovno postavitata dve prazni posodi, polovica osnovnega vzorca iz posode za prestrezanje uporabljene v prvem koraku pa se vsuje preko daljše stranice posode v območje centralne linije razdelilne naprave. Postopek se ponavlja, dokler se ne dobi zahtevana velikost laboratorijskega vzorca (Žarnić, Bosiljkov, Bokan Bosiljkov, 2009/2010).



Slika 24: Razdelilna naprava ELO 108 (velika) (a) in ELO 224 (mala) (b).

Postopek zmanjševanja vzorca z metodo četrтинjenja

Metode četrтинjenja se poslužujemo velikokrat, ko nimamo pri roki razdelilne naprave oz. je potrebno opraviti vzorčenje agregata po tej metodi na terenu.

Postopek zmanjševanja vzorca po metodi četrтинjenja je sledeč:

- ❖ Dani material dobro premešamo in oblikujemo kup.
- ❖ Zatem obstoječi kup premečemo na novi kup, tako da s polno lopato material stresamo na vrh kupa. Z dodajanjem materiala na vrh se oblikuje stožec.
- ❖ Po končanem stresanju na vrh kupa navpično zapičimo ročaj lopate ter počasi sploščimo stožec z ročajem lopate, ki jo postopoma premikamo iz vertikalne v horizontalno nagnjeno lego in pri tem hodimo okoli kupa. Hodimo toliko časa, da je popolnoma sploščen kup.
- ❖ Središče kupa mora biti ves čas v isti točki in se ne sme premakniti vse do zaključka sploščitve.
- ❖ Zatem izvedemo zmanjševanje vzorca z četrтинjenjem na enake dele sploščenega kupa.
- ❖ Dve diagonalni četrтинi premečemo na novi oblikovani kup, ostanek dveh diagonalnih četrтин pa odstranimo.
- ❖ Postopek ponovimo vse od začetka in ponavljamo toliko časa, da dobimo želeno maso laboratorijskega vzorca za nadaljnjo raziskavo.

V našem primeru smo postopali po **postopku zmanjševanja vzorcev z razdelilno napravo**, vse do želene mase posameznih frakcij z različnim maksimalnim zrnom, ki so podane v Preglednici 4.

Preglednica 4: Minimalne mase posameznega vzorca z maksimalnim zrnom D.

Maksimalno zrno D (mm)	Najmanjša masa posameznega vzorca (kg)
90 mm	80 kg
63 mm	40 kg
32 mm	10 kg
16 mm	2,6 kg
8 mm	0,6 kg
≤ 4 mm	0,2 kg

Najmanjša masa posameznega vzorca ni natančno določena v naprej in se jo ob preskusu sproti določi. Pripravljeni laboratorijski vzorci imajo nekoliko večjo maso, kot je najmanjša še dovoljena masa posameznega vzorca (Preglednica 4).

Priporočilo za potrebe laboratorijskega vzorca je, da se vzame maso posameznega vzorca:

- do 10,5 kg pri agregatu z maksimalnim zrnem 32 mm,
- do 3,0 kg pri agregatu z maksimalnim zrnem 16 mm,
- do 1,0 kg pri agregatu z maksimalnim zrnem 8 mm,
- do 0,4 kg pri agregatu z maksimalnim zrnem 4 mm.

Preden smo preskušance začeli prati, smo stehali njihovo maso (agregat predhodno osušen v sušilniku do konstantne mase) in smo jo označili kot maso suhega vzorca M_1 .

Pranje preskušancev je potekalo pod rahlim curkom vode na standardnih sitih dimenzije kvadratnih odprtih 0,063 mm, kjer nanj postavimo razbremenilno sito z odprtino 1,0 ali 2,0 mm za primer frakcije 0/4 mm. Čisto spodaj je dno z izlivno cevko, kjer voda odteka po cevki v kanal (Slika 25). Za večje frakcije glede na velikost maksimalnega zrna agregata pa na razbremenilno sito dimenzije 1,0 ali 2,0 mm postavimo večje sito z večjo odprtino 4,0 ali 8,0 mm, lahko tudi še večja sita, predvsem pa je odvisno od maksimalnega zrna vzorca, ki nam omogočajo lažje pranje velikih zrn in da razbremenimo spodnja sita.



Slika 25: Prikaz pranja drobljenega agregata frakcije 0/4 mm.

Agregat je dobro opran, ko iz cevke priteče čista voda in nam tako da vedeti, da na spodnjem situ z velikostjo 0,063 mm ni več finih delcev (kamena moka). Opran agregat na posameznih sitih (ostanek na sitih) zberemo v skupno posodo, da ponovno dobimo vzorec, ki ga damo sušiti pri temperaturi 110 ± 5 °C v sušilnik do konstantne mase. Suh in ohlajen vzorec se stehta ter zapiše maso suhega vzorca po pranju M_2 .

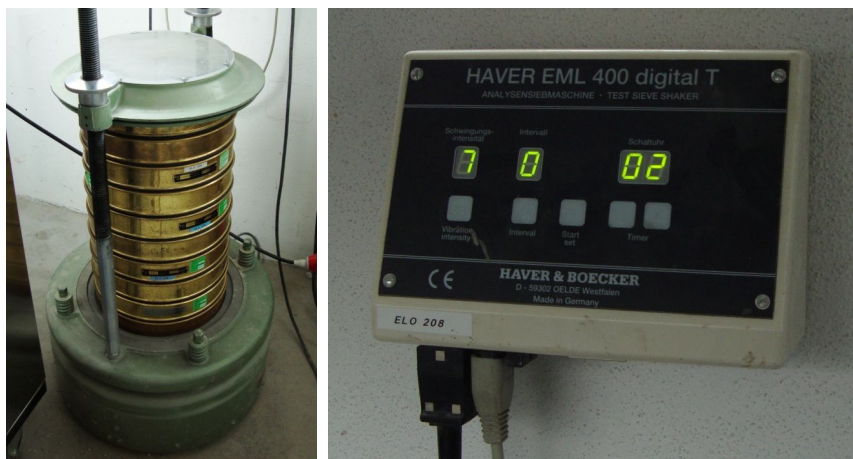
Stehtan vzorec M_2 stresemo na prej pripravljen sistem sit, v katerem je najvišje sito z največjo odprtino, najnižje pa z najmanjšo odprtino. Sistemu sit pravimo tudi stavek standardnih preskusnih sit s kvadratnimi odprtinami, kjer je zgoraj pokrov, spodaj pa dno. Na dnu se zbere material, ki gre skozi zadnjo sito dimenzije 0,063 mm.

Pri izvajanju preskusa smo ugotovili, da s pranjem ne odstranimo v celoti vseh finih delcev in je bilo zato potrebno v stavek preskusnih sit vključiti še sito odprtin 0,063 mm. V Preglednici 5 so za posamezne frakcije, za katere se izvaja sejalna analiza, skladno s standardom SIST EN 933-1 prikazani stavki uporabljenih sit po posameznih frakcijah. Ne glede na določila standarda smo dodali pri vseh frakcijah še dodatno sito, kar smo predhodno ugotovili kot potrebno.

Preglednica 5: Stavki preskusnih sit za posamezne frakcije.

Frakcija D/d	Stavek preskusnih sit
fini delci - mokro sejanje	0,063 mm in razbremenilno sito 1 mm ali 2 mm
4/0	8 mm; 5,6 mm; 4 mm; 2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,250 mm; 0,125 mm; 0,063 mm
8/4	16 mm; 11,2 mm; 8 mm; 5,6 mm; 4 mm; 2 mm; 0,063 mm
16/8	31,5 mm; 22,4 mm; 16 mm; 11,2 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 0,063 mm
32/16	63 mm; 45 mm; 31,5 mm; 22,4 mm; 16 mm; 8 mm; 0,063 mm

Sejanje se izvaja z ročnim ali mehanskim stresanjem stavka sit in traja ustrezno dolgo. V našem primeru smo postopali po mehanskem sejanju z vibracijsko mizico (sejalni stroj) (Slika 26a) sistema sit s stopnjo intenzitete 6 do 7, brez intervala in s časom mehanskega sejanja do 2,0 minuti (Slika 26b). Po pretečenem času se vibracijska mizica ustavi in se odstranijo sita ena za drugim (od zgornjega proti spodnjemu). Pri tem moramo biti pozorni, da ne izgubimo kaj materiala. Preostanek materiala na posameznih sitih sproti stehtamo na tehtnici in ga zabeležimo v obrazec za sejalno analizo. Postopek ponavljamo vse do dna stavka (masa materiala na dnu).



(a)

(b)

Slika 26: Vibracijska mizica oz. sejalni stroj (a) in avtomatika, ki omogoča želene nastavitve, kot so intenziteta, interval in čas sejanja (b).

Do preobremenitve sit ne sme priti, če pa pride, moramo ostanek na situ razdeliti na dva manjša dela glede na dovoljeno največjo količino (maso) in ju sejati enega za drugim ter rezultat obeh sejanj sešteti. Največja dovoljena masa ostankov na posameznih sitih je podana v Preglednici 6. Maksimalne ostanke na posameznih sitih smo dobili s pomočjo formule:

$$\frac{A * \sqrt{d}}{200}, \text{ kjer je:}$$

A ... površina sita v mm²,

d ... velikost odprtine na situ v mm.

Preglednica 6: Največja dovoljena masa ostanka na posameznem situ (ostanek na situ).

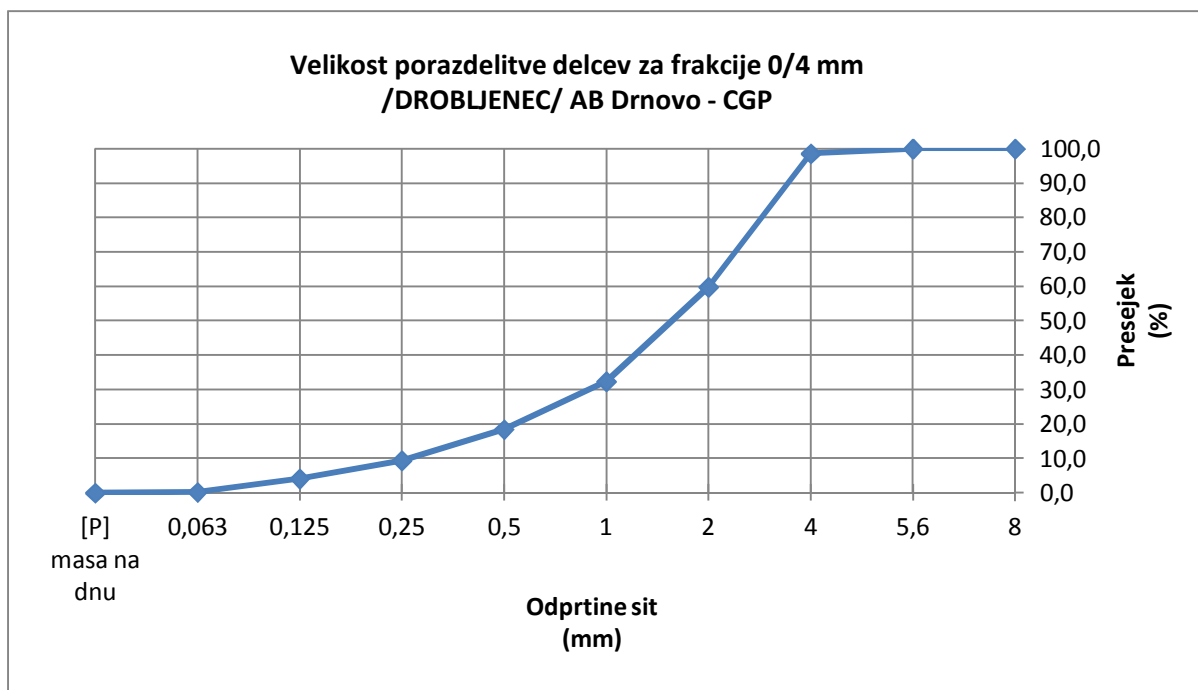
sito	ostanek na situ	sito	ostanek na situ
0,063 mm	92 g	8 mm	1033 g
0,125 mm	129 g	11,2 mm	1223 g
0,25 mm	183 g	16 mm	1461g
0,50 mm	258 g	22,4 mm	1729 g
1 mm	365 g	31,5 mm	2050 g
2 mm	517 g	45 mm	2451 g
4 mm	731 g	63 mm	2900 g
5,6 mm	864 g		

Končno poročilo preskusa mora vsebovati preskusno opremo, s katero smo opravljali sejnalno analizo (sejalni stroj, sušilnik, stavek sit, tehtnica in razdelilna naprava). Naveden mora biti standard, po katerem smo sejali, način izvedbe preskusa (pranje in sejanje ali samo suho sejanje), kumulativni delež presevkov skozi sita, datum sprejema vzorca, identifikacijo

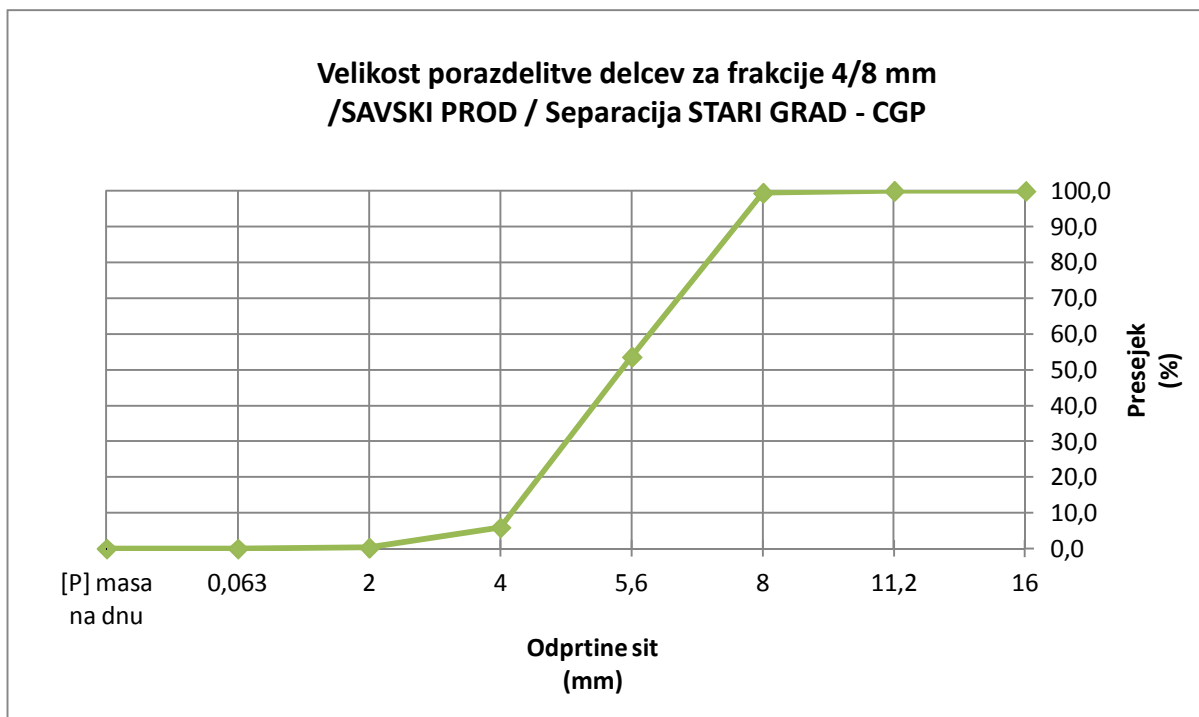
preskušanca in laboratorija. Poročilo pa lahko tudi vsebuje naziv in lokacijo izvora vzorca, mase preskusnih vzorcev (M_1 in M_2), datum preskusa itd.

Na Slikah od 27 do 29 so prikazani končni rezultati sejalne analize za posamezne frakcije agregata z odprtino 0/4, 4/8 in 8/16 mm, ki je vhodni podatek za načrtovanje receptur betonskih mešanic.

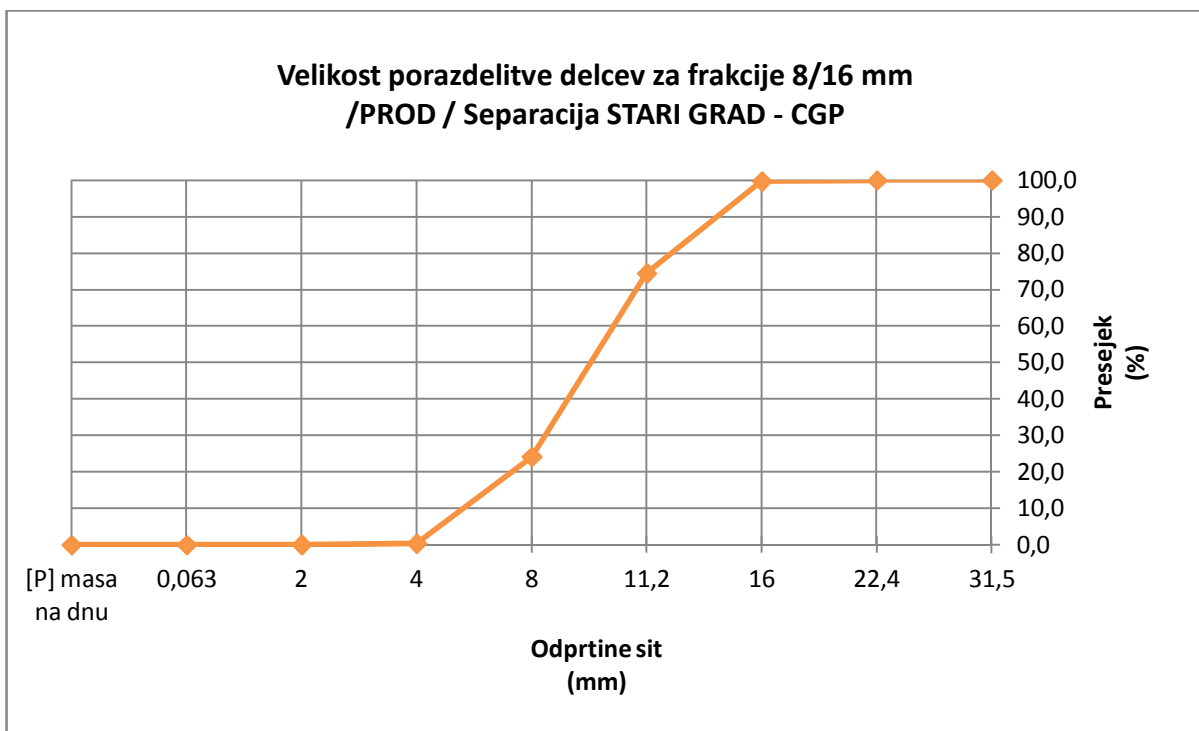
Prav tako je bila opravljena sejalna analiza za gumeni agregat po metodi suhega sejanja, kjer pa ni bilo potrebe po pranju gumenega granulata. Postopek sejanja je bil v principu enak kot pri sejalni analizi kamenega agregata. Sejanje smo pričeli izvajati strojno, kar pa se je zaradi odboja in deformabilnosti zm izkazalo kot zelo težavno in dolgotrajno. Po vsakem sejanju smo morali izvesti ročne popravke, tako da smo z lopatico najprej očistili sejarno mrežo, ker so se zrna gume zagostila v odprtinah sit, in nato ponovno ponovili sejanje. Sam postopek sejanja je zahteval izredno potrpežljivost in natančnost pri tehtanju, ker imajo gumena zrna bistveno manjšo maso in lahko z napako pri tehtanju hitro prekoračimo predpisane tolerance. Rezultati sejalne analize gumenega agregata frakcij 2 do 8 mm so prikazani na Sliki 30.



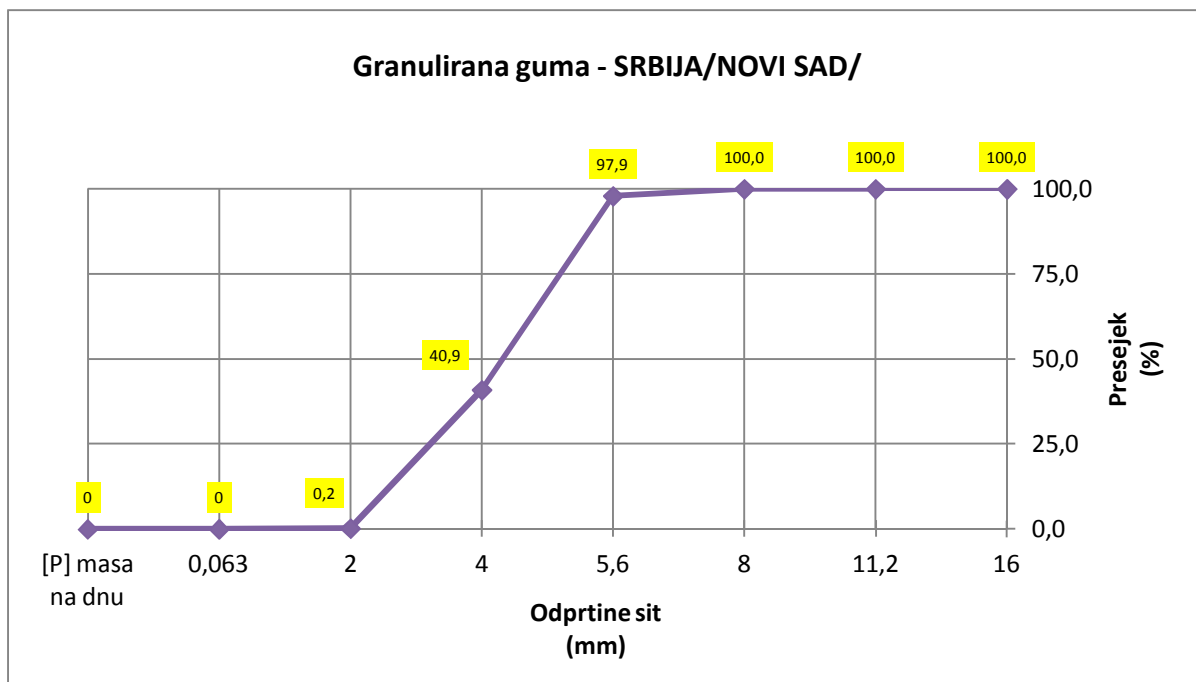
Slika 27: Sejalna analiza za uporabljeni agregat frakcije 0/4 mm.



Slika 28: Sejalna analiza za uporabljeni agregat frakcije 4/8 mm.



Slika 29: Sejalna analiza za uporabljeni agregat frakcije 8/16 mm.



Slika 30: Sejalna analiza za granulirano gumo, pripeljano iz Srbije.

3.4.2 Priprava betonskih mešanic po projektiranih recepturah

Recepture so bile privzete na osnovi predhodnih raziskav, kjer C1 ustreza betonom na prelivnih poljih Hidroelektrarne Vrhovo, C2 ustreza betonom, vgrajenim na prelivnih poljih na Hidroelektrarni Boštanj, PMC2 pa je modificiran beton z dodatkom granulirane gume, ki je bil uporabljen na testnih poljih na pregradi Vrhovo. V naši nalogi smo poimenovali sestave z oznakami C1-1, C2, PMC2-SR-1 in PMC2-SR-2, ki so bile enake kot v predhodnih raziskavah in jih razen dodatka gumenega agregata nismo spreminjali.

Pripravljene sestavine smo predhodno stehali glede na določeno sestavo betonske mešanice na laboratorijski tehnici do 5 kg oz. nad 5 kg. Pri izvedbi mešanic smo uporabili naslednje sestavine:

- cement (CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R),
- agregati (frakcije 0/4, 4/8 ali 8/16 mm),
- voda,
- polipropilenska vlakna PV 10,
- mineralni dodatek – mikrosilika MS,
- jeklena vlakna JV 50/16,
- kemijski dodatek – Kemament Hiper X,
- polimer – Latex S,

➤ granulirana guma – SR,

ki smo jih dozirali glede na projektirane sestave.

Po planu je bila tudi izvedena projektirana betonska mešanica po recepturi PMC2 (glej Preglednico 7), ki vsebuje rezano gumo iz procesa protektiranja avtoplaščev. V nadaljevanju diplomskega dela pa smo to sestavo izločili, ker se je pri izvedbi izkazalo, da vodo-cementno razmerje ne ustreza projektirani željeni konsistenci (posedu) sveže betonske mešanice. Granulirana oz. rezana stara guma je bila sicer pravilno shranjena v skladišču laboratorija (na paletah v PVC vrečah po frakcijah), vendar se je kljub temu sprijela v grudice, kar je onemogočalo normalno pripravo mešanice. Najverjetneje je vzrok v tem, ker je bila predolgo shranjena v skladišču. Granulometrijske sestave rezanega gumenega agregata tudi ni bilo možno natančno določiti, ker je bila guma sprijeta v grude. Sprijeti delci gume so vplivali tudi na lastnosti zamešanega svežega betona.

Težave so nastopile že pri suhem mešanju kamenega agregata in stare gume, ko se jo ni dalo razbiti z lopaticami laboratorijskega mešalca. Vse skupaj smo sproti ob mešanju in določitvi poseda improvizirali s postopnim dodajanjem zamesne vode v laboratorijski mešalec, ker bi drugače dobili neželjeno zelo tekočo konsistenco (S5) betona. Rezultati meritev od enega do drugega dne so odstopali od predvidenih projektiranih vrednosti z upoštevanjem minimalne tolerance pri preskusih lastnostih svežega betona za omenjeno recepturo. Zaradi vseh vidnih in omenjenih opažanj nismo želeli uporabiti dobljenih rezultatov za primerjavo med ostalimi v terminskem planu naštetimi recepturami, zato smo mešanico PMC2 izločili iz nadaljnjih opisov v diplomski nalogi.

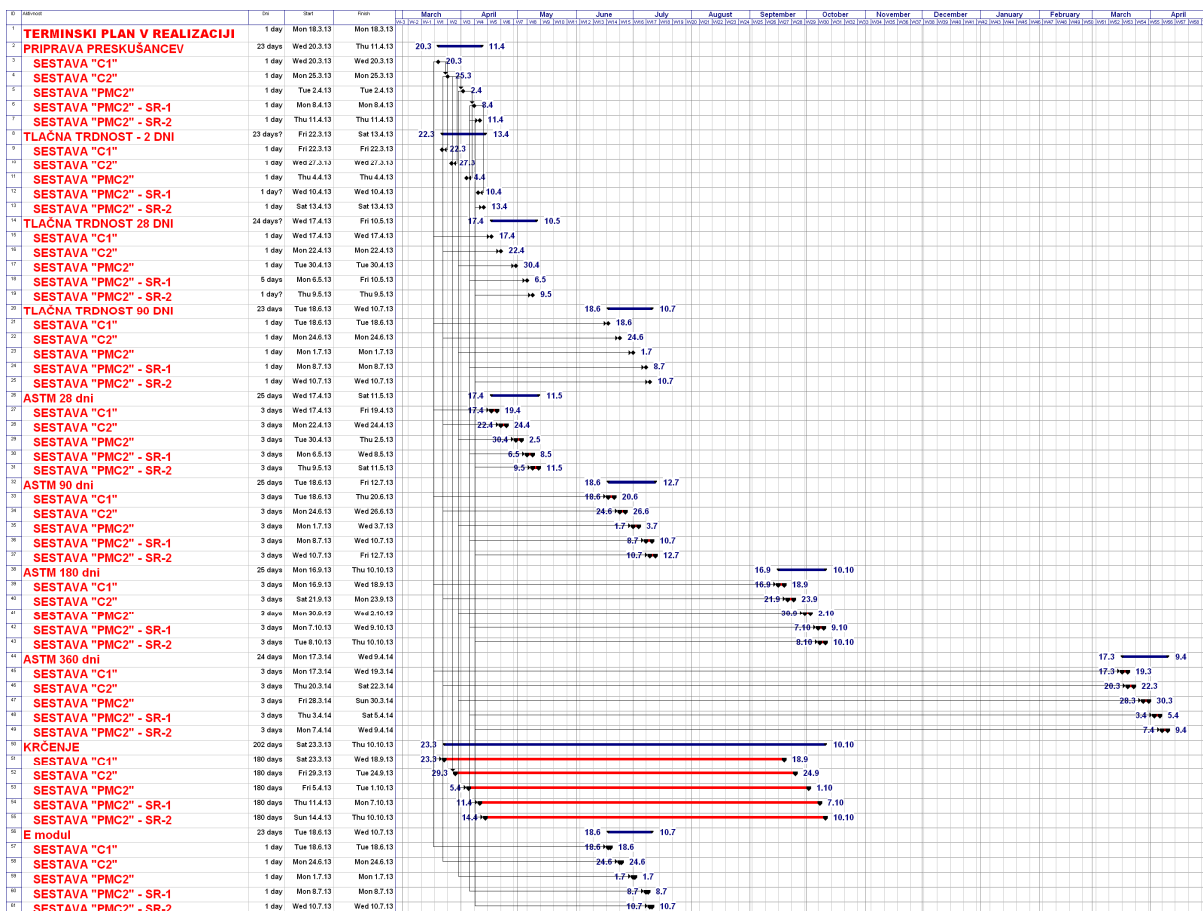
Preglednica 7: Vnaprej pripravljen terminski plan dela.

TERMINSKI PLAN V REALIZACIJI			
Aktivnost	Dni	Start	Finish
Začetne priprave pred pripravo preskušancev	1d	18. 3. 2013 8:00	18. 3. 2013 17:00
PRIPRAVA PRESKUŠANCEV	17d	20. 3. 2013 8:00	11. 4. 2013 17:00
SESTAVA "C1"	1d	20. 3. 2013 8:00	20. 3. 2013 17:00
SESTAVA "C2"	1d	25. 3. 2013 8:00	25. 3. 2013 17:00
SESTAVA "PMC2"	1d	2. 4. 2013 8:00	2. 4. 2013 17:00
SESTAVA "PMC2" - SR - 1	1d	8. 4. 2013 8:00	8. 4. 2013 17:00
SESTAVA "PMC2" - SR - 2	1d	11. 4. 2013 8:00	11. 4. 2013 17:00

3.4.3 Priprava dejanskega plana poteka dela

Pred izvedbo poskusnih mešanic smo morali predhodno (en dan do dva dni) pripraviti sestavine in opremo, ki smo jo potrebovali pri izvedbi naloge. Sestavine so bile shranjene v skladišču laboratorija v količinah, ki so bile potrebne za izdelavo poskusnih mešanic. Agregat je moral biti popolnoma suh (sušili smo ga v sušilniku) in ohlajen na sobno temperaturo. Okvirni plan dela smo postavili predhodno in smo ga vezali na predvidene preskuse strdelega betona. Na kritični poti so bili preskusi abrazijske odpornosti, ki v celoti traja 72 ur. Glede na to, da je v laboratoriju na voljo samo ena preskusna oprema za tovrstni preskus, smo morali poskusne mešanice pripravljati s časovnim zamikom, da je možno realizirati poskus abrazijske odpornosti v želenih časovnih rokih. Primer takega plana je prikazan na Sliki 31.

Dejanski plan je bil postavljen sproti za dan vnaprej po postopku, da se prvi dan za posamezno recepturo vgradi mešanica za: (1) 6 kock s standardnimi dimenzijami 15 cm za preskus tlačne trdnosti; (2) preskus za elastični modul s 3 prizmami 10/10/40 cm; (3) preskus podvodne abrazije z 2 valjema premera 30 cm. Drugi dan se postopek za isto betonsko mešanico ponovi in vgradi: (1) 5 kock dimenzije 15 cm za preskus tlačne trdnosti, (2) preskus krčenje do 360 dni z 3 prizmami 10/10/50 cm; (3) preskus podvodne abrazije z 2 valjema premera 30 cm. Neposredno ob zamešanju so potekale standardne preiskave sveže betonske mešanice, kot so temperatura zraka, temperatura betona, posed betona, vsebnost zraka v betonu in prostorninska masa.



Slika 31: Prikaz terminskega plana.

Narejen terminski plan je bil podlaga in izhodišče za potek izdelave posameznih betonskih mešanic. Ob koncu opravljenih, tj. zamešanih receptur svežih betonskih mešanic je prišlo do zamika po dnevih zaradi takšnih in drugačnih obveznosti zaposlenih na Inštitutu za raziskavo materiala in aplikacij (IRMA, d. o. o.) oz. vzporednega dela službenih obveznosti in projekta priprave gumi betonskih mešanic (ni bilo na razpolago nujno potrebnega orodja za izdelavo mešanic).

3.5 Izvedba mešanic

Pripravljene sestavine so namerjene za 50 litrov betona, kot ga lahko premeša laboratorijski mešalec. Vse pripravljene sestavine smo neposredno pred samim mešanjem še enkrat preverili (kakovost, količina, stanje ...), da ne bi prišlo do zapletov pri pripravi mešanic. Pred vsako zamešanjem vsake od navedenih mešanic smo pripravili posebni protokol doziranja sestavin in s tem izključili možnost človeške napake, da bi pozabili ali napačno dozirali katerokoli od sestavin pri posameznih mešanicah.

Mešanice smo pripravljali z laboratorijskim mešalcem. Osnovno konstrukcijo laboratorijskega mešalca za beton sestavlja boben, ki predstavlja prostor, v katerega vložimo sestavine in v katerem so nameščene vertikalno rotirajoče lopatice, da material ne pada prosto, temveč se obrača z lopaticami. Bobni laboratorijskih mešalcev omogočajo izmenjavo materiala z enega na drugi konec z gnetenjem in kotaljenjem. Takšnemu sistemu mešanja pravimo protitočni mešalnik s prisilnim mešanjem (Slika 32).



Slika 32: Laboratorijski mešalec s katerim se je mešalo betonske mešanice.

3.5.1 Mešanica z označbo sestave C1-1

Za sestavo mešanice z označbo C1-1 postopamo po naslednjih korakih z dodajanjem sestavin:

- vse sestavine predhodno pripravimo in jih natančno stehtamo,
- po pripravi sestavin začnemo z dodajanjem agregatov frakcije 0/4 mm (48 %), 4/8 mm (15 %) in 8/16 mm (37 %) v mešalno posodo,
- po površini agregata dodamo enakomerno polipropilenska vlakna PV 10 (0,025 kg) v laboratorijski mešalec ter jih z zidarsko žlico premešamo toliko, da se razporedijo med zrnja agregata,
- mešamo na suho okoli 30-60 sekund, nato pa dodajamo polovico stehtane vode in mešamo še dodatnih 30 sekund,
- nato v mešalec skupaj dodamo cement (22,0 kg), mikrosiliko MS (1,1 kg) in jeklena vlakna JV 50/16 (2,0 kg) in mešamo še nadaljnje 3 minute,
- med mešanjem dodajamo preostalo vodo in superplastifikator Hiper X (0,162 kg).

Sestavine doziramo počasi in postopoma, da se lažje in hitreje pri mešanju doseže homogenost betonske mešanice. Ko so bile pri mešanju vse sestavine v mešalcu, smo proti

koncu mešalnega časa za kratek čas ustavili mešalec, z zidarsko žlico očistili z lopatk prijete beton in ga premetali iz roba posode na sredino, kjer je vedno ostajal ne popolnoma premešan agregat.

3.5.2 Mešanica z označbo sestave C2

Za sestavo z označbo C2 postopamo po naslednjih korakih z dodajanjem sestavin:

- vse sestavine predhodno pripravimo in jih natančno stehtamo,
- po pripravi sestavin začnemo z dodajanjem agregatov frakcije 0/4 mm (71 %), 4/8 mm (29 %) v mešalno posodo,
- po površini agregata dodamo enakomerno polipropilenska vlakna PV 10 (0,025 kg) v laboratorijski mešalec ter jih z zidarsko žlico premešamo toliko, da se razporedijo med zrne agregata,
- mešamo na suho okoli 30 sekund, nakar dodajamo polovico stehtane vode in mešamo še dodatnih 15 sekund,
- nato v mešalec dodamo skupaj cement (22,5 kg), mikrosiliko MS (1,125 kg) in jeklena vlakna JV 50/16 (2,0 kg) ter mešamo še nadaljnje 3 minute,
- med mešanjem dodajamo preostalo vodo in superplastifikator Hiper X (0,165 kg).

Sestavine doziramo počasi in postopoma, da se lažje in hitreje pri mešanju doseže homogenost betonske mešanice. Ko so bile pri mešanju vse sestavine v mešalcu, smo proti koncu mešalnega časa za kratek čas ustavili mešalec in z zidarsko žlico očistili z lopatk prijete beton in ga premetali iz roba posode na sredino, kjer je vedno ostajal ne popolnoma premešan agregat.

3.5.3 Mešanica z označbo sestave PMC2-SR-1

Dodajanje sestavin za sestavo z označbo PMC2-SR-1 postopamo po naslednjih korakih:

- vse sestavine predhodno pripravimo in jih natančno stehtamo,
- po pripravi sestavin začnemo z dodajanjem agregatov frakcije 0/4 mm (57 %), 4/8 mm (33 %) v mešalno posodo,
- po površini agregata dodamo enakomerno polipropilenska vlakna PV 10 (0,05 kg) v laboratorijski mešalec ter jih z zidarsko žlico premešamo toliko, da se razporedijo med zrne agregata,
- dodamo granulirano gumo SR (10%),

- mešamo na suho okoli 30 sekund, nakar dodajamo polovico stehtane vode in mešamo še dodatnih 15 do 30 sekund,
- nato v mešalec dodamo cement (22,5 kg) in mešamo še okoli 3 do 4 minute,
- med mešanjem dodajamo Latex S (4,5 kg) in preostalo vodo.

Sestavine doziramo počasi in postopoma, da se lažje in hitreje pri mešanju doseže homogenost betonske mešanice. Ko so bile pri mešanju vse sestavine v mešalcu, smo proti koncu mešalnega časa za kratek čas ustavili mešalec, z zidarsko žlico očistili z lopatk prijete beton in ga premetali iz roba posode na sredino, kjer je vedno ostajal ne popolnoma premešan agregat.



(a)

(b)

Slika 33: Stehtane in pripravljene sestavine za mešanico PMC2-SR-1(a) in stehtana granulirana guma SR (b).

3.5.4 Mešanica z označbo sestave PMC2-SR-2

Ves postopek mešanja se ponovi enako kot pri mešanici z oznako sestave PMC2-SR-1 z razliko, da smo pri sestavini mešanice delež granulirane gume SR povečali za 10 % na skupaj 20 %. Delež agregata frakcije 0/4 mm se je malenkostno zmanjšal na 55 % in prav tako delež frakcije 4/8 mm na 25 %. Temu primerno smo zmanjšali tudi delež dodane vode zaradi zmanjšanja finega agregata frakcije 0/4 mm ob predpostavki, da je vodocementno razmerje ostalo nespremenjeno in je $v/c = 0,41$.



Slika 34: Pripravljene sestavine za mešanico PMC2-SR-2.

3.6 Preiskave svežega betona

3.6.1 Preskus konsistence betonskih mešanic po metodi s posedom po standardu SIST EN 12350-2

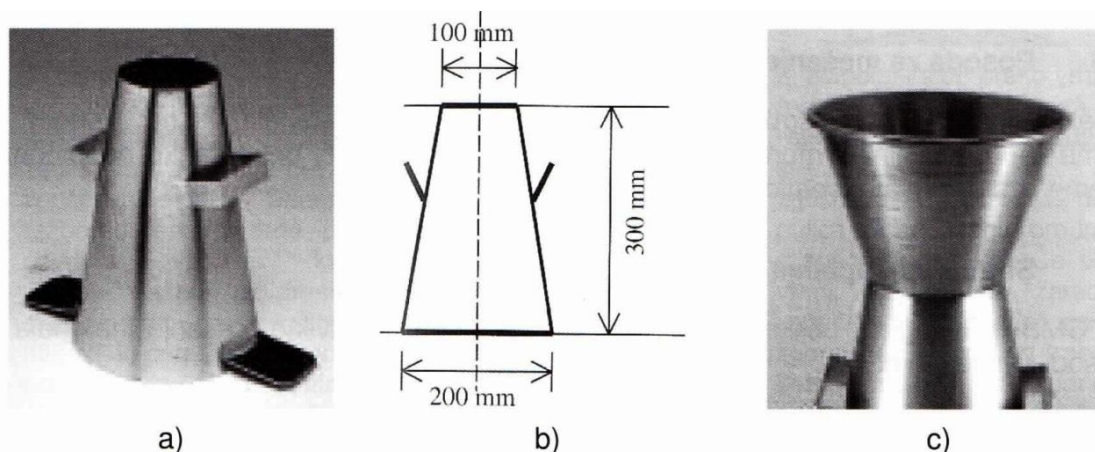
Konsistenca je skupek lastnosti svežega betona, ki vplivajo na njegove transportne lastnosti (vgradljivost, obdelovalnost, zgostitev) in je sposobnost plastičnega oblikovanja svežega betona, predvsem pa je odvisna od dodane količine vode in vrste agregata oz. notranjega trenja. Za meritve definirane konsistence potrebujemo naprave in veliko časa. Konsistenco v praksi merimo pogosto in v kratkem časovnem intervalu, od dostave betona na gradbišču do vgradnje. Na mestu vgradnje se lahko na posreden način zelo uspešno kontrolira vodocementno razmerje v sveži betonski mešanici.

S predpisanimi standardi določamo konsistenco betona na štiri načine:

- metoda s posedom (po SIST EN 12350-2),
- metoda z razlezom (po SIST EN 12350-5),
- metoda Vebe (po SIST EN 12350-3),
- metoda z zgoščevanjem pri vibriranju (po SIST EN 12350-4).

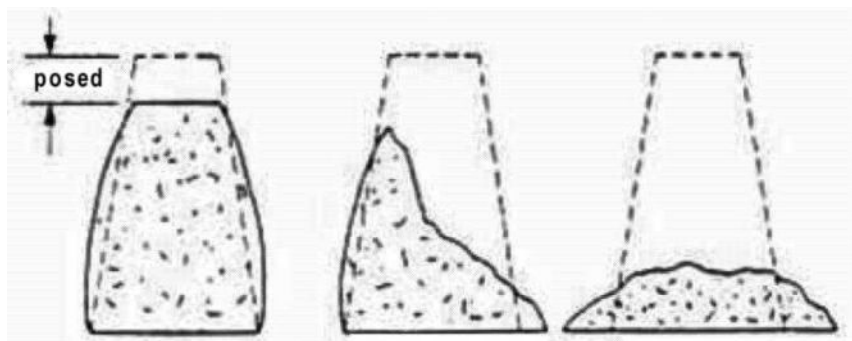
Najbolj preprosta metoda je metoda s posedom (po SIST EN 12350-2), ki se zelo pogosto uporablja na gradbiščih in je zanesljiva metoda za določanje konsistence srednje plastičnih, mehko plastičnih in tekočih mešanic betona. Sveži beton po predpisih standarda vgradimo v posebno oblikovano posodo kalup (presekan stožec). Ko je kalup napolnjen z betonom, ga odstranimo (dvignemo) in izmerimo posed. Mera za konsistenco betona je višina (Δh) poseda vzorca svežega betona po odstranitvi kalupa. Metoda je primerna za betone s konsistenco $210 \text{ mm} \geq \Delta h \geq 10 \text{ mm}$ (Preglednica 8).

Postopek: Pred preskusom v posodi za mešanje vzorec premešamo z zidarsko žlico. Površino plošče in notranjost kalupa obrišemo z vlažno krpo in odstranimo odvečno vodo. Kalup postavimo na vodoravno ploščo. Med polnjenjem moramo kalup pritisniti k plošči tako, da stojimo na obeh pločevinastih ušesih (Slika 35a). Kalup polnimo v treh slojih, vsakega zgostimo s 25 udarci s standardno palico. Polnimo ga tako, da vsak sloj zaseda tretjino višine kalupa. Ko je kalup napolnjen, s standardizirano palico odstranimo odvečni beton na zgornjem obodu kalupa. Nato odstranimo še ves beton, ki je med polnjenjem padel na površino plošče. Ko je površina plošče očiščena, se s počasnim enakomernim vlečenjem navzgor odstrani kalup. Predvideni čas dvigovanja kalupa je od 5 do 10 sekund brez premora. Celoten postopek, od začetka polnjenja do odstranitve kalupa, izvedemo brez prekinitev in ne sme trajati več kot 150 sekund. Preverimo, kakšno obliko ima posedek svežega betona. Preskus je veljaven le, če se konča s pravim posedom. Če se preskušane poruši strižno (Slika 36), vzamemo drug vzorec betona in postopek ponovimo. Če se pri dveh zaporednih preskusih del betona strižno izloči iz mase preskušanca, tak beton za preskus s posedom ni primeren, ker nima potrebne plastičnosti in kohezivnosti. Višino pravega poseda zaokrožimo na 10 mm in dobljeno vrednost zabeležimo.



Slika 35: Kalup (votel prisekan stožec) za preskus s posedom (a in b) in lijak, s katerim si pomagamo pri polnjenju v kalup (c).

(Vir: Priročnik za preskušanje betona, ZBS, 2006)



pravi posed	posed s strižno porušitvijo	porušitev stožca
Stožec se posede, vendar zadrži razločno vidno simetrično obliko	mešanica rada segregira – ponovimo preskus	izgubi se oblika stožca – značilno za SCC betone

Slika 36: Različne vrste poseda.

(Vir: Ercegovič, Korla, 2007)

Preglednica 8: Stopnje poseda.

Stopnja	Posed (mm)
S1	10 do 40
S2	50 do 90
S3	100 do 150
S4	160 do 210
S5	≥ 220

(Vir: Priročnik za preskušanje betona, ZBS, 2006)

Med mešalnim časom betona se je pripravilo orodje oz. oprema (plošča, presekan stožec-kalup, standardna jeklena palica in lopatica s katero bomo polnili kalup), ki jo je bilo potrebno zmočiti in s krpo obrisati odvečno vodo za preskus konsistence po metodi poseda.

Po končanem mešanju z zidarsko žlico ročno premešamo sveži beton, nakar izvedemo omenjeni preskus konsistence betonske mešanice po metodi poseda.

3.6.1.1 Preskus konsistence betonske mešanice C1-1 po metodi s posedom

Na spodnji Sliki 37 je prikazan dobljen posed betonske mešanice C1-1. Izmerjena višina je bila 125 mm prvi, pa tudi drugi dan vgrajevanja istih sestavin za svežo betonsko mešanico. Izmerjeni odčitek na tračnem metru nam pove, da je konsistenca mešanice mehko plastična in je razred poseda S3.



Slika 37: Izmerjeni posed svežega betona spada v razred S3 (mehko plastična konsistenca).

3.6.1.2 Preskus konsistence betonske mešanice C2 po metodi s posedom

Dobljen posed betonske mešanice C2 je bil 110 mm, izmerjen prvi dan, in je sodil v razred poseda S3 (mehko plastična mešanica). Izmerjen posed iste mešanice je bil drugi dan 70 mm, kar ustreza razredu poseda S2 (srednje plastična mešanica).

Sprva ni bilo mogoče ugotoviti, zakaj je nastala taka razlika pri meritvi poseda, ker napak pri izvedbi preskusa nismo zaznali. Vzrok je v tem, da smo drugi dan uporabili nepopolno ohlajen agregat frakcije 0/4 mm, ki je bil isti dan vzet iz sušilnika in se je lahko le deloma ohladil. Temperatura zamešanega betona je bila zato za 7 °C višja kot prejšnji dan, ko smo izmerili 13 °C.

Temperatura agregata je na videz nepomembna lastnost, ki pa na koncu igra pomembno vlogo pri hidrataciji cementne paste s predčasnim vezanjem in strjevanjem cementa z agregatom, mikrosiliko MS in vlakni PV 10 ter JV 50/16.



Slika 38: Prikaz izmerjenega razreda poseda S2 (uporabil se je deloma ohlajen agregat frakcije 0/4 mm).

3.6.1.3 Preskus konsistence betonske mešanice PMC2-SR-1 po metodi s posedom

Na Sliki 39 je prikazan dobljen posed betonske mešanice PMC2-SR-1, ki je v prvem dnevu dosegel 115 mm in je sodil v razred poseda S3 (mehko plastična mešanica). Izmerjen posed drugega dne pri isti mešanici pa je bil 80 mm, kar ustreza razredu poseda S2 (srednje plastična mešanica)

Na podlagi meritev je ubila ugotovljena razlika v posedu za isto betonsko mešanico. Vzrok za ta odstopanja so v tem, da je bila razpoložljiva količina agregata frakcije 0/4 v celoti porabljena že prvi dan in je bilo treba dostaviti dodatne količine, ki pa so se malenkostno razlikovale pri deležu finih zrn, kar se je odražalo tudi na razliki izmerjenih posedov.



Slika 39: Prvi dan izmerjen razred poseda S3 (115 mm).

3.6.1.4 Preskus konsistence betonske mešanice PMC2-SR-2 po metodi s posedom

Na Sliki 40 je prikazan dobljen posed betonske mešanice PMC2-SR-2, ki je v prvem dnevu dosegel 110 mm (Slika 40a) in je sodil v razred poseda S3 (mehko plastična mešanica). Izmerjen posed drugega dne iste mešanice pa je bil 90 mm (Slika 40b), kar ustreza razredu poseda S2 (srednje plastična mešanica).

Pri obeh dneh mešanja betonske mešanice ni bilo opaziti nikakršnih težav in opažanj pri samem izvajanju preskusa. Dosežena obdelavnost sveže betonske mešanice je bila v obeh dneh dobra.



(a)

(b)

Slika 40: Prvi dan izmerjen posed S3 (a) in drugi dan izmerjen posed S2 (b).

3.6.2 Preskušanje gostote svežega betona po standardu SIST EN 12350-6

Betonsko mešanico smo po končanem preskusu poseda stresli nazaj v mešalec in ponovno premešali pred naslednjim preizkusom določanja gostote svežega betona. Pripravljeno porozimetrijsko posodo – kalup volumna 8 litrov (Slika 41), smo med mešanjem betona navlažili, obrisali odvečno vodo in stehali maso m_1 . Napolnili smo jo v dveh plasteh ter vsako plast zgostili z vibracijsko mizico s frekvenco 50 Hz (3000 nihajev na minuto) toliko časa, da ni več opaziti večjih zračnih mehurčkov. Zadnjo plast smo zgoščevali toliko časa, da na vidni površini nastane film cementnega mleka, kar pomeni, da smo popolnoma zgostili beton. Takrat smo prenehali z vibriranjem in vrhno površino poravnali z robom posode s pomočjo jeklene gladilke. Pred tehtanjem smo zgornji rob in zunanjo površino posode dobro očistili. Napolnjeno in na vrhu zglajeno površino smo stehali maso m_2 . Gostoto izračunamo po formuli:

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V},$$

kjer je:

D gostota svežega betona (kg/m^3),

m_1 masa posode (kg),

m_2 skupna masa posode in betonske mešanice (kg),

V prostornina posode (m^3).



Slika 41: Zvibriran beton v posodi, pripravljen za določitev gostote svežega betona – površina je samo poravnana z robom posode.

3.6.2.1 Preskušanje gostote svežega betona C1-1

Prazno posodo smo predhodno stehali in dobili odčitek na tehtnici 6,559 kg, ki v formuli predstavlja maso m_1 . Nato smo postopali po zgoraj opisanemu postopku za betonsko mešanico z oznako sestave C1-1. Napolnjeno posodo smo stehali ter dobili odčitek na tehtnici 25,610 kg, ki predstavlja maso m_2 po zgornji formuli. Gostoto oz. prostorninsko maso sveže betonske mešanice (D) smo izračunali po zgornji formuli in za prvi dan mešanja po omenjeni recepturi dobili rezultat 2381 kg/m^3 .

Postopek smo ponovili drugi dan in dobili rezultate:

$$m_1 = 6,575 \text{ kg}$$

$$m_2 = 25,484 \text{ kg}$$

$$D = 2364 \text{ kg/m}^3$$

Iz obeh dneh lahko povzamem, da ni bilo nikakršnih težav, postopek pa je tekel brez posebnosti in opažanj, kar rezultata dovolj nazorno izrazita. Med obema rezultatoma je razlika zanemarljivo majhna oz. nična.

3.6.2.2 Določanje gostote svežega betona C2

Prazno posodo smo predhodno stehali in dobili odčitek na tehtnici 6,570 kg, ki v formuli predstavlja maso m_1 . Nato smo postopali po že omenjenemu postopku za betonsko mešanico z oznako sestave C2. Po končanem glajenju in očiščeni posodi po zunanji površini smo stehali napolnjeno posodo ter dobili odčitek na tehtnici 25,246 kg, ki predstavlja maso m_2 . Gostoto oz. prostorninsko maso sveže betonske mešanice (D) smo izračunali po znani formuli in dobili rezultat za prvi dan mešanja po recepturi C2 je 2335 kg/m^3 .

Postopek smo ponovili drugi dan in dobili rezultate: $m_1 = 6,570 \text{ kg}$, $m_2 = 24,941 \text{ kg}$, $D = 2296 \text{ kg/m}^3$.

Iz obeh dni lahko povzamem, da ni bilo nikakršnih težav in je postopek tekel brez posebnosti in opažanj, kar je razvidno iz dobljenih rezultatov.

3.6.2.3 Določanje gostote svežega betona PMC2-SR-1

Prazno posodo smo predhodno stehali in dobili odčitek na tehtnici 6,572 kg, ki v formuli predstavlja maso m_1 . Nato smo postopali po že omenjenemu postopku za betonsko mešanico z oznako sestave PMC2-SR-1. Po končanem glajenju in očiščeni posodi po zunanji površini smo stehali napolnjeno posodo ter dobili odčitek na tehtnici 23,583 kg, ki predstavlja maso m_2 . Gostoto oz. prostorninsko maso sveže betonske mešanice (D) smo izračunali po znani formuli in dobili rezultat za prvi dan mešanja po tej recepturi 2126 kg/m^3 .

Postopek smo ponovili drugi dan in dobili rezultate: $m_1 = 6,568 \text{ kg}$, $m_2 = 23,754 \text{ kg}$, $D = 2148 \text{ kg/m}^3$.

Iz obeh dni lahko povzamem, da ni bilo nikakršnih težav in je postopek tekel brez posebnosti in opažanj, kar je razvidno iz dobljenih rezultatov, razlika pa je zanemarljivo majhna.

3.6.2.4 Določanje gostote svežega betona PMC2-SR-2

Prazno posodo smo predhodno stehali in dobili odčitek na tehtnici 6,563 kg, ki v formuli predstavlja maso m_1 . Nato smo postopali po opisanemu postopku na začetku tega poglavja za betonsko mešanico z oznako sestave PMC2-SR-2. Po končanem glajenju in očiščeni posodi po zunanji površini smo stehali napolnjeno posodo ter dobili odčitek na tehtnici 22,672 kg, ki predstavlja maso m_2 . Gostoto oz. prostorninsko maso sveže betonske

mešanice (D) smo izračunali za prvi dan mešanja po znani formuli in dobili rezultat 2014 kg/m³.

Postopek smo ponovili drugi dan in dobili rezultate: $m_1 = 6,568$ kg, $m_2 = 22,892$ kg, $D = 2040$ kg/m³.

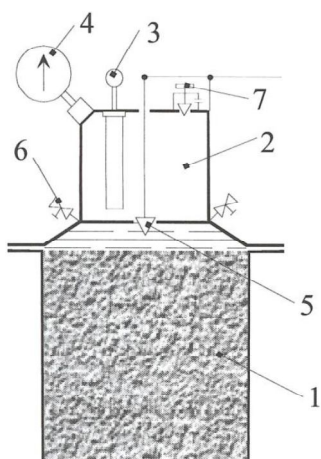
Iz obeh dni lahko povzamem, da ni bilo nikakršnih težav in je postopek tekel brez posebnosti in opažanj, kar je razvidno iz dobljenih rezultatov, razlika pa je zanemarljivo majhna.

Ugotovitve so podobne kot pri prejšnji mešanici, kjer ni bilo izrazitega odstopanja od enega do drugega dne.

3.6.3 Določanje vsebnosti zraka v svežem betonu po standardu SIST EN 12350-7

Poskus določitve deleža zraka v svežem betonu smo izvajali z isto opremo, ki smo jo že uporabili pri poskusu določitve gostote betonske mešanice in se izvaja neposredno po opravljenem poskusu gostote svežega betona. Zgornji in stranski rob posode, kjer nalega pokrov s prirobnico, smo dobro očistili. Na očiščen zgornji rob smo počasi namestili pokrov (Slika 43), ga z zaklepom pritrdili, ter pazili, da smo pokrov vsakič obrnili na isto mesto (označeno na ohišju posode in pokrova). Zatesnitev mora biti nepropustna in taka, da ne pride do zračnih »žepkov«.

Skozi odprta ventila (6) A in B smo vbrizgali vodo z brizgalko (Slika 44), dokler ni izstopila čista voda skozi drugi ventil in so prenehali izhajati zračni mehurčki. Posodo smo malo nagnili iz ene strani na drugo, da smo zajeti zrak spustili skozi ventila. Posodo smo ponovno napolnili z vodo skozi ventil A in B, po iztekanju vode pa smo zaprli oba ventila.



Legenda:

1. Posoda
2. Pokrov posode
3. Ročna zračna črpalka
4. Manometer
5. Glavni zračni ventil
6. Odprtini z ventilom A in B
7. Izpustni ventil zraka

Slika 42: Naprava za merjenje vsebnosti zraka v svežem betonu.

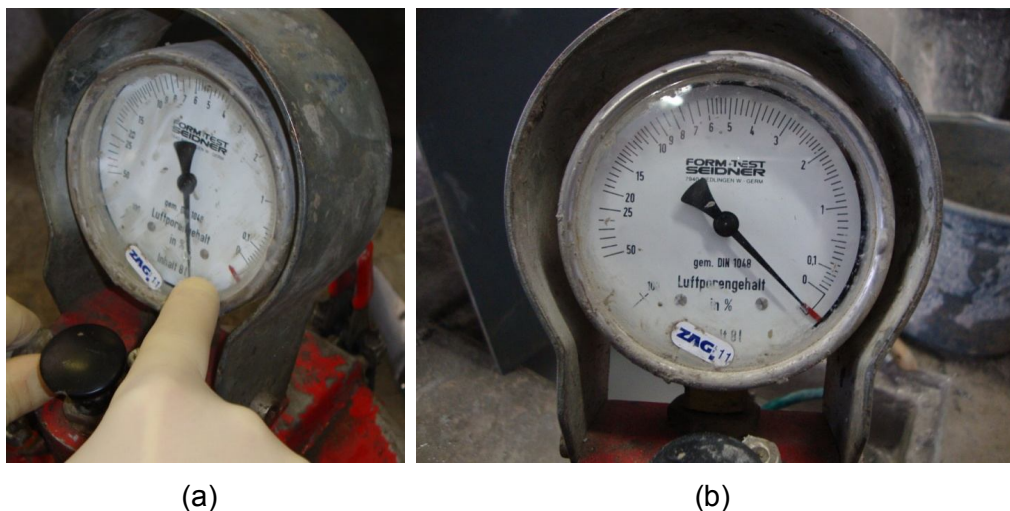


Slika 43: Zvibriran beton v posodi, namestitvev pokrova na posodo za določitev vsebnosti zraka v svežem betonu – površina je zglajena z robom posode.



Slika 44: Prikaz vbrizganja vode z gumijasto brizgalko skozi ventil v posodo.

Z ročno črpalko (3) smo vnesli nadtlak v predkomoro (pokrov), ki ga registriramo na manometru in predstavlja odklon od oznake, označene z rdečo barvo na manometru (4), ki označuje zračni tlak (ničla na manometru). Z izpustnim ventilom za zrak (7) smo na oznako za zračni tlak (Slika 45b) uravnavali tlak na manometru in med uravnavanjem kazalca na rahlo s prsti udarjali po zaščitnem okviru manometra.



(a)

(b)

Slika 45: Prikaz, do kod mora segati kazalec na manometru, ko vnesemo zrak z ročno črpalko (a), kazalec po izpustu odvečnega zraka pa se nalega na ničlo, označeno z rdečo barvo (b).

Po izravnavi kazalca na manometru počakamo nekaj sekund, odpremo glavni zračni ventil (5) in na manometru odčitamo »porozimetrijski indeks«, ki predstavlja delež zraka v % glede na celotno prostornino svežega betona v posodi.

3.6.3.1 Preskušanje na vsebnost zraka v svežem betonu C1

Delež zraka v svežem betonu pri mešanici C1-1, ki smo ga odčitali na manometru, je znašal prvi dan 3,7 % in drugi dan 4,6 %. Minimalna razlika izhaja najverjetneje zaradi slabšega zgoščevanja drugega dne pri vibriranju na stresalni mizici.

3.6.3.2 Preskušanje na vsebnost zraka v svežem betonu C2

Delež zraka v svežem betonu pri mešanici C2, ki smo ga odčitali na manometru, je znašal prvi dan 4,2 % in drugi dan 6,5% (Slika 46). Razlika izmerjenih vrednosti izhaja najverjetneje zaradi razlik v temperaturi sveže betonske mešanice.



Slika 46: Kazalec na manometru pokaže delež por 6,5 %.

3.6.3.3 Preskušanje na vsebnost zraka v svežem betonu PMC2-SR-1

Delež zraka v svežem betonu pri mešanici PMC2-SR-1, ki smo ga odčitali na manometru, je znašal prvi dan 6,5 % in drugi dan 5,7%. Minimalna razlika se najverjetneje zgodi zaradi slabšega zgoščevanja prvega dne pri vibriranju na stresalni mizici.

3.6.3.4 Preskušanje na vsebnost zraka v svežem betonu PMC2-SR-2

Delež zraka v svežem betonu pri mešanici PMC2-SR-2, ki smo ga odčitali na manometru, je znašal prvi dan 8,0 % in drugi dan 6,0%. Razlika se najverjetneje zgodi zaradi slabšega zgoščevanja prvega dne pri vibriranju na stresalni mizici.

3.7 Analiza preskusov svežega betona

V Preglednici 9 so zbirno prikazani rezultati preskusov svežega betona: (1) meritev gostote, (2) konsistenca s posedom, (3) vsebnost zraka v svežem betonu. V preglednici smo še posebej označili vrednosti (označeno s sivo barvo), ki po našem mnenju niso reprezentativne zaradi predhodno naštetih razlogov (nepravilno pripravljen agregat, zamenjava agregata) in jih ne moremo šteti kot verodostojen podatek. Z rumeno barvo smo označili vrednosti, ki jih lahko smatramo kot verodostojne in so še najboljši približek vrednostim, ki smo jih izmerili v predhodnih raziskavah.

Preglednica 9: Prikaz rezultatov za posamezno mešanico 1. in 2. dan.

Mešanica		Posed betona (mm)		Gostota betona (kg/m ³)		Vsebnost zraka v betonu (%)	
Vrstni red	Oznaka sestave	1. dan	2. dan	1. dan	2. dan	1. dan	2. dan
1.	C1-1	125	125	2381	2364	3,7	4,6
2.	C2	110	70	2335	2296	4,2	6,5
3.	PMC2-SR-1	115	80	2126	2148	6,5	5,7
4.	PMC2-SR-2	110	90	2014	2040	8,0	6,0

Na podlagi priprave poskusnih mešanic z gumenim agregatom in na opravljenih preskusih lastnosti svežega betona ugotavljamo naslednje:

- Vodo cementno razmerje pri betonski mešanici C1 je znašalo 0,39, pri vseh ostalih pa 0,41. Pri sestavi C1 je bil uporabljen agregat frakcije do 16 mm, pri vseh preostalih pa je znašala maksimalna frakcija do 8 mm.
- Gostota betona je pričakovano večja pri mešanicah C1 in C2 glede na delež kamenega agregata, sorazmerno z deležem gumenega agregata pa je pri mešanicah PMC2-SR-1 in PMC2-SR-2 gostota opazno manjša.
- Pri mešanicah C1 in C2 je bila obdelavnost v primerjavi z mešanicama z gumo slabša, kar lahko pripisujejo dodatku jeklenih vlaken, ki vplivajo na obdelovalnost sveže betonske mase.
- Za gumi betonsko mešanico (PMC2-SR-1 ali PMC2-SR-2), ki je lažja in temu primerno bolj porozna, bi bilo smiselno uporabiti še mineralni dodatek (mikrosiliko), kjer smo za lažjo vgradljivost in sprijemnost gumenega agregata s cementnim kamnom uporabili samo polimerno vezivo Latex S.
- Mikrosilika je bila pri betonski mešanicah C1 in C2 dodana z namenom, da se izboljša kvaliteta betona z zapolnitvijo por med komponentami betona (agregat – cementni kamen). Ob tem pa se je povečala potreba po vodi in otežila vgradljivost, kar smo nadomestili z dodatkom superplastifikatorja. Zato je pri tovrstnih betonih priporočljiva uporaba superplastifikatorja, ki znižuje potrebo po vodi in hkrati poveča obdelovalnost

svežega betona. Mikrosilika v mešanici pa pripomore k zmanjšanju vsebnosti zraka, kar kažejo tudi dobljeni rezultati meritev.

- Posed mešanic z gumenim agregatom je v primerjavi z osnovnimi betoni manjši, delež vsebnosti zraka v svežem betonu pa je glede na to, da betonom z gumenim agregatom nismo dodali mikrosilike, pričakovano večji.
- Vpliva na obdelovalnost svežega betona glede na delež gumenega agregata v mešanici nismo mogli dokazati. V literaturi smo zasledili, da se z večjim deležem gumenega agregata obdelavnost poslabšuje, česar pa pri naši raziskavi nismo potrdili. Tako pri zgoščevanju, vgrajevanju kot pri obdelovalnosti same mešanice ni bilo opaziti značilnih sprememb. Verjetno je vzrok v tem, da smo z gumenim agregatom nadomeščali le drobnejše frakcije agregata, in še to v manjšem deležu kot v primeru iz literature (Papit s sodelavci, 2012).
- Glede na razlike pri izmerjenih lastnostih svežega betona pa predvidevamo, da bodo razlike bolj izražene v fazi izvajanja preskusov strdelega betona in abrazijske odpornosti.

3.8 Izdelava vzorcev po standardu SIST EN 12390-2

Po zaključenih preskusih lastnosti svežega betona smo pripravili preskušance za nadaljnje preiskave strdelega betona. V sklopu našega dela smo pripravili naslednje preskušance:

- vgrajevanje betona v jeklene kalupe kocke dimenzije 15/15/15 mm za preskus tlačne trdnosti, ki se bo izvajal v različnih časovnih terminih,
- vgrajevanje betona v jeklene kalupe prizem dimenzije 100/100/400 mm za preskus statičnega modula elastičnosti,
- vgrajevanje betona v jeklene kalupe prizem dimenzije 100/100/500 mm za preskus krčenja,
- vgrajevanje betona v jeklene kalupe valjev dimenzije $d = 300$ mm, $v = 100$ mm, za preskus podvodne abrazijske, ki se bo izvajal v različnih časovnih terminih (Slika 47a).

Za izdelavo preskušancev smo uporabili sledečo opremo (Slika 47):

- ❖ različni kalupi,
- ❖ zidarska žlica,
- ❖ gladilka,
- ❖ kovinska lopatica »zajemalka«,
- ❖ eno od sredstev za zgoščevanje (npr. vibracijska mizica, vibrator),
- ❖ olje za premaz kalupov,
- ❖ gumijasto kladivo.



(a)



(b)

Slika 47: Jekleni kalupi različnih oblik in dimenzij (a) ter uporabljeno orodje za izdelavo vzorcev (b).

Postopek priprave preskušancev je bil v načelu enak za vse primere po naslednjih korakih:

- pred začetkom vgrajevanja betonske mešanice je potrebno kalupe dobro namazati z oljem, da po strditvi preskušancev (po 24 urah) lažje razopazimo,
- kalupe različnih dimenzij smo polnili v dveh plasteh in višina posameznega sloja naj ne presega 100 mm,
- vsako plast smo zgoščevali na vibracijski mizi (s frekvenco 50 Hz, 3000 nihajev na minuto) najmanj toliko časa, da na površju betona ni bilo več opaziti zračnih mehurčkov in je površina postala gladka (Slika 48b),
- med zgoščevanjem je treba paziti, da ne pride do prekomerne segregacije ali do prekomernega izločanja cementnega mleka,
- po končanem zgoščevanju zgornjo površino preskušanca zgladimo z gladilko, valje pa smo zgladili z ravnilom (Slika 48a).



(a)

(b)

Slika 48: Napolnjen in zviriran kolač zgladimo z ravnilom (a) in zgoščevanje betona na vibracijski mizi (b).

Po končani izdelavi je nujno potrebno pravilno označiti vzorce, da ne pride kasneje do napak pri odvzemu preskušancev pri preiskavah. Preskušance pustimo v kalupih 24 ur pri temperaturi $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po razkalupljanju preskušance negujemo z vodo s konstantno temperaturo $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ in jih hranimo do preiskave v klimatiziranemu prostoru pri relativni vlažnosti $\geq 95\%$.

4 TEHNOLOŠKA PRIPRAVA BETONOV Z DODATKOM GUME

4.1 Priporočila za tehnološko pripravo mešanic v laboratoriju

4.1.1 Priprava agregata posameznih frakcij

Pri izvedbi naloge smo se soočili s problemom predčasne uporabe materiala direktno iz sušilca, kar je posledično povzročilo spremembe pri obdelavi svežega betona. Podoben problem je nastopil zaradi premalo pripravljenih količin agregata, potrebnega za izvedbo preiskave. Pred pričetkom preiskav je zato nujno potrebno predhodno pripraviti zadostne količine ustreznih frakcij agregata, ki ga bomo kasneje uporabili pri izvedbi preiskav. Pri predpripravi agregata moramo upoštevati, da ostaja dovolj časa, da agregat doseže želene fizikalne lastnosti. To velja pri vseh fazah priprave agregata: (1) dobava, (2) skladiščenje dobavljenega materiala, (3) sejalne analize, (4) sušenje, (5) skladiščenje materiala pred preiskavo, (6) uporaba materiala za preiskave.

4.1.1.1 Kontrola sestavin pred začetkom dodajanja v mešalec

Pri doziranju sestavin v mešalec je potrebno upoštevati pravilni vrstni red dodajanja sestavin v mešalec. Pri pripravi poskusne mešanice C1 se nam je dogodila neljuba napaka, da smo pozabili dodati mineralni dodatek. Napako smo ugotovili šele po opravljenih preiskavah svežega betona, ko nismo mogli doseči želene konsistence. Kljub skrbni pripravi preiskave nismo mogli docela izključiti človeškega dejavnika. V nadaljevanju preiskave smo pripravili opomnik, ki smo ga uporabili pri doziranju sestavin betona. Na podlagi pridobljenih izkušenj je priporočljivo, da se pred vsako raziskavo uporabi posebni kontrolni formular (t. i. ček listo) z navedbo sestavin, vrstnega reda doziranja sestavin, potekom mešanja, pogoji dela v laboratoriju, skratka čim več informacij, ki jih potrebujemo pri interpretaciji poteka priprave poskusnih mešanic. Pri tem pa je pomembno, da se vodi tudi dnevnik poteka izvajanja poskusa z opisom opažanj tekom izvajanja preskusa.

4.1.1.2 Cement

Cement se dozira takoj po vlažno zamešanem kamenem agregatu, granulirani gumi in dodani polovici stehtane zamesne vode.

4.1.1.3 Voda

Prvo polovico stehtane vode se doda na začetku, proti koncu pa se doda še druga polovica. Če imamo v sestavi vključeno še tekoče vezivo (npr. polimerno vezivo, ki se meša z vodo), se po možnosti obe sestavini združi in dozira v mešalec za pripravo svežega betona malo pred koncem mešanja.

4.1.1.4 Granulirana guma

Granulirana guma se dozira v mešalec skupaj z mineralnim agregatom. Glede mešanja ni kakšnih posebnih zahtev, razen da je potrebno med mešanjem mešalec za kratek čas ustaviti in z zidarsko žlico maso iz roba premetati na sredino mešalca, da ne pride do nehomogeno zamešane betonske mešanice.

4.1.1.5 Polimerno vezivo

Polimerno vezivo se pri zamešanju dodaja skupaj z vodo. Po končanem delu je potrebno mešalec in orodje, katerega smo uporabljali, takoj očistiti oz. oprati z vodo, da ne pride do izsušitve betona in kasneje težjega odstranjevanja z mešalca in uporabljenega orodja.

4.1.1.6 Polipropilenska vlakna

Dodajanje vlaken v betonsko mešanico je priporočljivo, da se izvaja skupaj z doziranjem agregata, da se med mešanjem kosi sprijetih vlaken dobro razpustijo, preden pričnemo dodajati cement. V kolikor ostajajo kosi sprijetih vlaken pri doziranju cementa, obstaja nevarnost, da se vlakna in cement sprimejo v grude, kar lahko na koncu privede do nehomogene sveže betonske mešanice. Da se izognemo takšnim težavam, moramo dosledno upoštevati vrstni red dodajanja sestavin v mešalec.

4.2 Napotke za pripravo betonov z gumo na terenu

4.2.1 Priprava betonske mešanice

Na podlagi izvedbe našega eksperimentalnega dela smo ugotovili, da gumeni agregat bistveno vpliva na obdelavnost svežega betona. Tovrstne betone bi po naši presoji uvrstili v visoko zahtevne specialne betone, za katere je potrebno predhodno pripraviti podrobnejše

postopke tehnološke priprave, ki se znatno razlikuje od običajnih, konvencionalnih betonov. Odločitev o tehnologiji priprave je odvisna tudi od namembnosti betonov, pri čemer so betoni, namenjeni za vgradnjo na vodnih zgradbah, že sami po sebi tehnološko bolj zahtevni od običajnih, konstrukcijskih betonov.

4.2.2 Priprava betona na gradbišču

Pri betoniranju abrazijsko odpornih oblog imamo opravka z manjšimi količinami betona, ki ga lahko pripravimo kar na mestu vgradnje. V ta namen uporabimo lahko prenosne ali fiksne gradbiščne protitočne mešalce s kapaciteto, ki je odvisna od potreb oziroma velikosti objekta.

Prostor, kjer bomo skladiščili agregat, granulirano gumo, cement in vse potrebne dodatke, ki jih bo projektirana betonska mešanica vsebovala, je potrebno ločiti agregat po frakcijah in gumo prav tako, če je v različnih granulacijah na primernih zaščitenih in ločenih boksih. Dodatki (mineralni in kemijski) in vlakna se dobavljajo v embalaži, zato ni težav pri ločevanju in shranjevanju. Glavno je, da je poskrbljeno za zaščito pred zunanjimi klimatskimi vplivi.

Vrstni red in doziranje sestavin v gradbiščni mešalec je po postopku kot za pripravo laboratorijske mešanice, samo kapaciteta (volumen) končno zamešanega betona je precej večja.

Transport materiala na tehtnico poteka ročno ali s pomočjo transportnega vozila. Doziranje materiala izvedemo z mehansko in elektronsko tehtnico. Agregat, vlakna in gumeni agregat se tehtajo skupaj, cement pa posebej na isti tehtnici. Voda, kemijski in mineralni dodatki so sestavine v manjših količinah in se temu primerno pri doziranju sestavin v gradbiščni mešalec tehtajo na bolj precizni elektronski tehtnici.

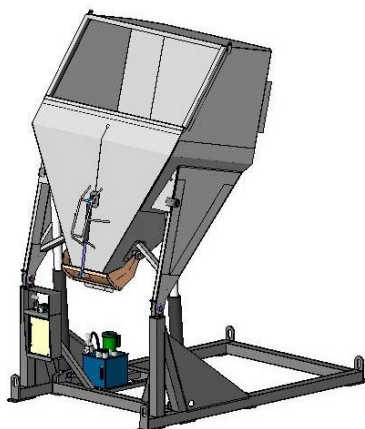
Pomembna je količina mešanice glede na kapaciteto mešalca, čas polnjenja, čas mešanja ter obliko, stanje bobna in stanje lopatic. Pri tem moramo paziti tudi na kakovost agregata, saj je nedopustno, da agregati vsebujejo tudi glinene ali humusne primesi ter ostanke rastlin.

V kolikor dodajamo vlakna, je priporočeno, da se čas mešanja podaljša (okoli 3 minute), predvsem z namenom dosega boljše homogenizacije betonske mešanice.

V kolikor pa vgrajujemo manjše količine materiala (npr. pri sanacijah), pa lahko uporabimo predpripravljeno suho betonsko mešanico, ki jo do mesta vgradnje dostavimo v vrečah. Na

gradbišču v mešalcu suho zamešamo komponente in dodamo vodo in eventualne dodatke. Tako pripravljeno betonsko zmes vgradimo neposredno po zamešanju. Betonska mešanica ne sme biti pregosta ali preredka, najbolj optimalno je, če je kompaktna. Beton je potrebno vgraditi čim prej po končanem mešanju, dokler se zaradi spremenjene konsistence ne zmanjša njegova vgradljivost. Predvideni čas za vgrajevanje je do 30 minut.

Dinamika gradnje poteka neprekinjeno ali prekinjeno, odvisno od potreb po količini betona, ki ga vgrajujemo. Za nemoteno in neprekinjeno delovanje celotnega procesa, od mešanja pa do vgrajevanja v opaž konstrukcije, pri obsežnejših betonažah uporabljamo prekladalne posode (Slika 49), ki se jih uporablja v primeru, ko beton pripravljamo v obratu in se na mesto vgradnje dostavlja s transportnimi sredstvi. Iz prekladalne posode z žerjavno posodo, »kiblo« (Slika 50), transportiramo beton do mesta vgradnje.



Slika 49: Primer prekladalne posode.

(Vir: www.alsing.si/prekladalna_posoda.html)



Slika 50: Uporaba »kible« predvsem na težko dostopnih mestih, kjer ni možen dostop z avtomešalcem in avtočrpalko.

4.2.3 Priprava betona v proizvodnem obratu – v betonarni

Priprava betona v proizvodnem obratu je popolnoma avtomatiziran proces, ki poteka po točno določeni proceduri s stalno kontrolo izvajanja v posameznih fazah priprave betona. Na tak način so možnosti odstopanja kvalitete pripravljenega betona od zahtevanih zmanjšane na tehnični minimum.

Priprava betona v betonarni ima naslednje prednosti v primerjavi s pripravo betona na gradbišču:

- Proizvodnja je pod stalnim nadzorom, ki jo izvaja strokovno usposobljena in izurjena ekipa.
- Pri organizaciji priprave betona ni ovir glede prostorske utesnjenosti.
- Transport do mesta vgradnje poteka s specialnimi vozili ob sočasnem mešanju.
- Količina betona ne vpliva na kvaliteto.

Odločitev o pripravi betonov z gumenim agregatom v proizvodnem obratu je vezana na velikost potreb in dinamike vgradnje. V kolikor gre za večje količine materiala, je izbira betonskega obrata utemeljena. Upoštevati pa je treba dejstvo, da je zaradi specifik gumenega agregata treba izvesti modifikacije na samem postroju v betonarni in zagotoviti možnost skladiščenja gumenega agregata v silosih. Te modifikacije so povezane s sorazmerno velikimi organizacijskimi ukrepi in je zato smiselno, da se predhodno naredi ekonomsko-finančna utemeljenost modifikacije betonskega obrata z ozirom na pričakovane proizvodne kapacitete.

4.2.4 Transport betona

V kolikor beton transportiramo na daljše razdalje, uporabimo običajna transportna sredstva (avtomešalci). Glede na posebne zahteve in krajši čas od priprave do vgradnje naj bo čas transporta čim krajši. V izogib nevšečnostim pri vgradnji betonov je priporočljivo, da se betoni z dodatkom gumenega agregata vgrajujejo v klimatsko najbolj ugodnih razmerah s čim manjšimi temperaturnimi šoki v času manipulacije z betonsko mešanico.

4.3 Vgradljivost in zgoščanje betona

Namen zgoščevanja betona je doseči čim kompaktnjšo betonsko maso, ki povsem zapolnjuje prostor med opaži in odstranjuje zrak iz betona. Zgoščevanje je lahko ročno ali strojno. Kot smo ugotovili pri pripravi preskušancev, je vgrajevanje betonov z dodatkom gume bolj težavno kot običajni konstrukcijski beton. Na vodnih zgradbah se specialni betoni vgrajujejo v tanjših plasteh, ki ne presegajo 30 cm debeline. Zgoščevanje tako tankih plasti betona je že za običajne konstrukcijske betone tehnološko zahteven postopek, ki pa je z dodatkom gumenega agregata še toliko bolj zahteven. Kvaliteta vgrajenega betona in odpornost proti abraziji je močno odvisna od uspešnosti pri zgoščevanju betona pri vgradnji in naknadni obdelavi površine.

Ročno: Ročno nabijamo beton z 12 do 15 kg težkimi nabijači v plasti, ki naj nebi bile debelejše od 0,18 m v nezgoščenem stanju ali 0,12 m v zgoščenem stanju, tako dolgo, dokler se ne pokaže voda na površini betona. Tako ponavljamo plast za plastjo, pred tem pa moramo vsako plast, preden naneseemo nov sloj, ohrapaviti. Ročno zgoščevanje uporabimo le izjemoma, in to pri manjših sanacijskih delih, ko strojno vgrajevanje ni možno oz. so mesta nedostopna.

Strojno: Pri strojnem zgoščevanju pa moramo biti tudi zelo pozorni na način, ki ga uporabljamo pri zgoščevanju, kajti zelo se loči od vrste betona. Tako npr. lahko z nepravilnim vibriranjem dosežemo nasprotni učinek od zgotovitve, to je segregacija betona. Namesto da bi odstranili zrak iz betona, bo le ta v tem primeru vsrkal zrak vase.

Vibriranje z vibratorji se najpogosteje uporablja pri strojnem zgoščevanju (je tudi najučinkovitejše). Pri vodnih zgradbah je zelo pomembno, da je površina betonov dobro zaglajena, kar dosežemo z zaglajevanjem površine z vibrirnimi letvami in dodatno vakuumsko obdelavo površine, s čimer dosežemo večjo trdnost betonov na površini. Hrapavost betonske površine in s tem občutljivost na abrazijo lahko zmanjšamo tudi z naknadnim brušenjem nepravilnosti na površini betona.

5 ZAKLJUČEK

Predmet diplomske naloge je bila priprava poskusnih mešanic betona z dodatkom granulirane gume in pripravo betonskih preskušancev za preskus abrazijske odpornosti. V nalogi smo uporabili granulirano gumo, ki je produkt reciklaže izrabljenih avtomobilskih pnevmatik.

Diplomska naloga je eden od sestavnih delov večletnega projekta raziskave abrazijsko odpornih betonov za potrebe izgradnje hidroenergetskih objektov na reki Savi. V okviru te raziskave so na pregradi elektrarne Vrhovo izvedena eksperimentalna polja z namenom raziskati abrazijsko odpornost različnih vrst betonov. Med temi betoni je bil uporabljen tudi beton z dodatkom gumenega agregata v obliki sekancev kot odpadek pri obnovi pnevmatik. Beton z dodatkom gume je dosegal izjemno odpornost na abrazijo, zaradi neugodne teksture gumenega agregata pa imel zelo slabo obdelovalnost.

Gumeni agregat, ki smo ga uporabili v naši nalogi, je po strukturi zelo podoben običajnemu drobljenemu kamenemu agregatu. Kot se je izkazalo v nalogi, beton po obdelavnosti ni nič bolj zahteven kot običajni betoni. V sklopu naloge smo naredili štiri poskusne mešanice z uporabo istih receptur, kot so bile vgrajene na Vrhovem, a le z razliko, da smo naredili posebej dve različici z dodatkom gumenega agregata, pri čemer smo spreminjali delež gumenega agregata 10- in 20-odstotnega deleža kamenega agregata.

Jedro dela v diplomski nalogi je bila priprava sestavin in poskusnih mešanic, ki sem jih pripravil samostojno pod nadzorstvom tehnologa v razvojnem laboratoriju Inštituta za raziskavo materialov in aplikacije – IRMA. Za vsako od poskusnih mešanic smo naredili po dve mešanji z laboratorijskim protitočnim mešalcem. Opravili smo standardne preskuse svežega betona: meritev poseda, vsebnost por in gostoto. Vgradili smo tudi preskušance za kasnejše preiskave strdelega betona (tlačna trdnost, elastični modul, krčenje) in abrazijsko odpornost.

Pri pripravi poskusnih mešanic smo posebno pozornost posvetili samemu postopku doziranja sestavin, kako zadostiti zahtevam po homogenizaciji mešanice in kako doseči čim boljšo vgradljivost betona z dodatkom gumenega agregata. Pridobljene izkušnje smo v zaključku preiskave strnili v kratka priporočila, kako ustrezno organizirati pripravo poskusnih mešanic v laboratorijskih razmerah in ravnanje z betoni z dodatkom gumenega agregata na gradbišču.

Nalogo zaključujem z naslednjo sklepno mislijo:

V največji meri dajem velik poudarek na uporabo gumenega granulata, tako za konstrukcijski beton kot za gumeno betonske izdelke na slovenskem tržišču. S tem bi zmanjšali količino reciklirane odpadne pnevmatike in bi naredili en korak naprej v smeri ekološke problematike onesnaževanja okolja z odpadnimi gumami. Vidim pa tudi potencial, ki bi omogočal nova delovna mesta. Če bi to še ne tako razvito branžo vpeljali v Slovenijo, bi v prihodnje lahko zaživela tudi v EU prostoru. Imamo torej zelo veliko manevrskega prostora, samo pravo idejo potrebujemo, ki bi jo morali znati predstaviti poslovnim partnerjem, strankam in nenazadnje kot produkt ponuditi tudi kupcu.

VIRI

Simon, M. 2000. Beton – sestavine in tehnologija betona. Ljubljana, ZAG, Zavod za gradbeništvo Slovenije: 49 str.

Pratnemer, B. 2008. Lastnosti betonskih mešanic z dodatkom mlete gume. Diplomski naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba B. Pratnemer): 44 str.

Žarnić, R. 2003. Lastnosti gradiv. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij: 350 str.

Žarnić, R., Bosiljkov, V., Bokan Bosiljkov, V. 2009/2010. Gradiva - vaje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 146 str.

Papit, A., Nikonov, A., Emri, I. 2012. Pregled raziskav lastnosti in uporabnosti betonov z dodatkom mlete gume iz odpadnih pnevmatik. Gradb. vestn. 61, 285-295.

Kosmatka, Steven H., Kerkhoff, Beatrix, Panarese, William C. 2002. Design and Control of Concrete Mixtures. 14th edition. Skokie. Portland Cement Association: 358 str.

Urek, A. 2005. Pomen reciklaže avtopnevmatik. Specialistično delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta (samozaložba A. Urek): 65 str.

Bokan Bosiljkov, V., Bras, V., Kavčič, F., Simon, M., Šajna, A., Zajc, A., Žnidarič, J. 2006. Priročnik za preskušanje betona. Ljubljana, ZAG, Zavod za gradbeništvo Slovenije: ZBS, Združenje za beton Slovenije: 97 str.

Koblar, V. 2011. Gradiva. Kranj, EDC – zavod za strokovno izobraževanje, Višja strokovna šola: 127 str.

Kryžanowski, Andrej, Mikoš, Matjaž, Šušteršič, Jakob, Ukrainczyk, Velimir, Planinc, Igor. 2012. Testing of concrete abrasion resistance in hydraulic structures on the lower Sava river. Stroj. vestn. 58, 4: 245-254.

Piroliza. 2013.

http://studentski.net/gradiva/vis/eru/vok/gospodarjenje-z-odpadki.html?r=vis_eru_vok_god_sno_studijsko_gradivo_01.pdf (Pridobljeno 25. 8. 2013)

Ercegovič, R., Kora, J. 2007. Meritve posebnih lastnosti betonov V: Zajc, A. (ur.), Ukrainczyk, V. (ur.), Šušteršič, J. (ur.), Leskovar, I. (ur.), Bernik, M. (ur.), Dobnikar, V. (ur.). 2007. 14. slovenski kolokvij o betonih – Posebne lastnosti betonov z dodatki, Ljubljana, 29. maj 2007, Zbornik gradiv in referatov, IRMA: str. 64-68.

Nudl, S. 2010. Uporaba reciklirane gume za nadomestilo agregatov v betonski mešanici. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba S. Nudl): 59 str.

Cement. 2013.

<http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/cement> (Pridobljeno 21. 3. 2013)

Granulati. 2013.

<http://www.calcit.si/proizvodi/teraco/> (Pridobljeno 21. 3. 2013)

Polipropilenska vlakna. 2013.

<http://www.motvoz.si/images/uploads/VlaknaFIBRILs-Motvoz.pdf> (Pridobljeno 21. 3. 2013)

Lateks S. 2013.

<http://www.tkk.si/default.asp?id=3707> (Pridobljeno 3. 4. 2013)

Mikrosilika. 2013.

<http://www.kema.si/si/vsebina/produkti/po-produktnih-skupinah/dodatki-betonu-in-cementni-malti/129> (Pridobljeno 3. 4. 2013)

Cement 42,5 – specialni, Salomit Anhovo. 2013.

http://www.salonit.si/proizvodi_in_storitve/cementi/2011122210551525/
(Pridobljeno 3. 4. 2013)

Cement in betoniranje. 2013.

http://mojdom.dnevnik.si/sl/Gradnja+in+prenova/4934/Prakti_C4_8Dni+nasveti+za+uporabo+cementa+in+betoniranje (Pridobljeno 25. 3. 2013)

Beton. 2013.

<http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/beton-2565> (Pridobljeno 12. 3. 2013)

Tehnologija betona. 2013.

http://www.student-info.net/sis-mapa/skupina_doc/fgghidrotehnika/knjiznica_datoteke/1257584716_38_predpisi_vgrajevanje_betona.pdf (Pridobljeno 15. 2. 2013)

Tehnologija beton. 2013.

<http://sciget.com/Predogled/3372/a38f1421e506008a84f2c11c43dea2a168290cc6>
(Pridobljeno 22. 2. 2013)

tehrefbeton01sodobnigradbenimaterial. 2013.

http://www.dijaski.net/tehnika/referati.html?r=teh_ref_beton_01__sodobni_gradbeni_material.doc (Pridobljeno 22. 2. 2013)

38predpisivgrajevanjebetona. 2013.

<http://ebookbrowse.com/1257584716-38-predpisi-vgrajevanje-betona-pdf-d193986017>
(Pridobljeno 22. 2. 2013)

Cement. 2013.

<http://sl.wikipedia.org/wiki/Cement> (Pridobljeno 21. 3. 2013)

Dobava granulirane gume. 2013.

<http://www.eco-recycling.rs/> (Pridobljeno 2. 7. 2013)

Priprava betona na gradbišču. 2013.

http://www.alsing.si/prekladalna_posoda.html (Pridobljeno 10. 9. 2013)

Managing end of life tyres. 2013.

<http://www.bir.org/assets/Documents/industry/ManagingEndOfLifeTyres.pdf>
(Pridobljeno 20. 9. 2013)

Obnova pnevmatik. 2013.

<http://www.conti-online.com>, <http://www.protectgl.si/obnovapnevmatik>
(Pridobljeno 20. 9. 2013)

Uporaba reciklirane pnevmatike. 2013.

<http://www.gites.si/reciklirana-guma/korita-za-roze>, <http://www.drc.si>, <http://www.jurles.si>,
<http://www.efcom.si> (Pridobljeno 25. 9. 2013)

SIST EN 12350-1: 2001 Preskušanje svežega betona – 1. del: Vzorčenje.

SIST EN 12350-2: 2001 Preskušanje svežega betona – 2. del: Preskus s posedom.

SIST EN 12350-5: 2001 Preskušanje svežega betona – 5. del: Razlez.

SIST EN 12350-6: 2001 Preskušanje svežega betona – 6. del: Gostota.

SIST EN 12350-7: 2001 Preskušanje svežega betona – 7. del: Vsebnost zraka – metode s pritiskom.

SIST EN 12390-2: 2001 Preskušanje strjenega betona – 2. del: Izdelava in nega preskušancev za preskuse trdnosti.

SIST EN 197-1: 2001 Cement - 1. del: Sestava, zahteve in merila skladnosti za običajne cemente.

SEZNAM PRILOG

- PRILOGA A: SEJALNA ANALIZA ZA UPORABLJENI AGREGAT FRAKCIJE 0/4 MM.
- PRILOGA B: SEJALNA ANALIZA ZA UPORABLJENI AGREGAT FRAKCIJE 4/8 MM.
- PRILOGA C: SEJALNA ANALIZA ZA UPORABLJENI AGREGAT FRAKCIJE 8/16 MM.
- PRILOGA D: MEŠANICA Z OZNAČBO SESTAVE C1-1.
- PRILOGA E: MEŠANICA Z OZNAČBO SESTAVE C2.
- PRILOGA F: MEŠANICA Z OZNAČBO SESTAVE PMC2-SR-1.
- PRILOGA G: MEŠANICA Z OZNAČBO SESTAVE PMC2-SR-2.
- PRILOGA H: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO SESTAVE C1-1
- PRILOGA I: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO SESTAVE C1-1
- PRILOGA J: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO SESTAVE C2
- PRILOGA K: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO SESTAVE C2
- PRILOGA L: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO PMC2-SR-1.
- PRILOGA M: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO PMC2-SR-1
- PRILOGA N: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO PMC2-SR-2
- PRILOGA O: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO PMC2-SR-2

PRILOGA A: Sejalna analiza za uporabljeni agregat frakcije 0/4 mm.

dat.ob-sejalna SIST EN 933-1-v2

Velikostna porazdelitev delcev - sejalna metoda po SIST EN 933-1:2012

- Preskusna oprema:
- sejalni stroj ELO 208
 - sušilnik: Memmert, ULE 700, ELO 176
 Memmert, UFE 800, ELO 223
 - stavek sit: 0,063-32 mm (ELO 23) z dnom in pokrovom
 0,063-80 mm (ELO 206) z dnom in pokrovom
 - tehtnica: Sartorius (ELO 57) za mase do 5 kg
 ST-AD 20 (ELO 118) za mase nad 5 kg
 - razdelilna naprava: ELO 108 velika
 ELO 224 mala



IRMA - Institut za raziskavo materialov in aplikacije d.o.o.
Ljubljana, slovenčeva 95
slovenija

šifra iz EP: 13-0072

Izvor materiala: DROBLJENEC / AB DRNOVO - CGP

Frakcija: 0/4 mm

Začetek preskusa:

Uporabljena metoda: pranje in sejanje suho sejanje

Masa suhega vzorca $M_1 =$	<u>311,9</u>				g
Masa suhega vzorca po pranju $M_2 =$	<u>282,8</u>				g
Masa finih delcev odstranjenih s spiranjem $M_1 - M_2 =$					g

Velikost odprtih sit mm	Ostanek na situ (R_i)				Dovoljena obremenitev sita g
	g	g	g	g	
80					3267
63					2900
45					2451
31,5					2050
22,4					1729
16					1461
11,2					1223
8	<u>0</u>				1033
5,6	<u>0</u>				864
4	<u>3,8</u>				731
2	<u>109,9</u>				517
1	<u>77,5</u>				365
0,71	<u>-</u>				308
0,5	<u>39,4</u>				258
0,25	<u>25,6</u>				183
0,125	<u>15,0</u>				129
0,063	<u>11,0</u>				92
Masa mat. na dnu [P] =	<u>0,6</u>				

Procent finih delcev (f), ki gredo skozi 0,063 mm sito = $\frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100 =$

$\sum R_i + P =$	<u>0</u>	Opombe:
$\frac{M_2 - (\sum R_i + P)}{M_2} \times 100 =$	<u>< 1%</u>	

Konec preskusa: _____

Preskus izvedel: _____

PRILOGA B: Sejalna analiza za uporabljeni agregat frakcije 4/8 mm.

dat:ob-sejalna SIST EN 933-1-v2

Velikostna porazdelitev delcev - sejalna metoda po SIST EN 933-1:2012



šifra iz EP: 13-0072

- Preskusna oprema:
- sejalni stroj ELO 208
 - sušilnik: Memmert, ULE 700, ELO 176
 Memmert, UFE 800, ELO 223
 - stavek sit: 0,063-32 mm (ELO 23) z dnom in pokrovom
 0,063-80 mm (ELO 206) z dnom in pokrovom
 - tehtnica: Sartorius (ELO 57) za mase do 5 kg
 ST-AD 20 (ELO 118) za mase nad 5 kg
 - razdelilna naprava: ELO 108 velika
 ELO 224 mala

Izvor materiala: SAVSKI PROD / SEPARACIJA STARI GRAD - CGP Frakcija: 4/8 mm

Začetek preskusa:

Uporabljena metoda: pranje in sejanje suho sejanje

Masa suhega vzorca $M_1 =$	<u>743,60</u>				g
Masa suhega vzorca po pranju $M_2 =$	<u>741,3</u>				g
Masa finih delcev odstranjenih s spiranjem $M_1 - M_2 =$					g

Velikost odprtih sit mm	Ostane na situ (R_i)				Dovoljena obremenitev sita g
	g	g	g	g	
80					3267
63					2900
45					2451
31,5					2050
22,4					1729
16	<u>0</u>				1461
11,2	<u>0</u>				1223
8	<u>4,2</u>				1033
5,6	<u>339,6</u>				864
4	<u>353,6</u>				731
2	<u>41,9</u>				517
1	<u>-</u>				365
0,71	<u>-</u>				308
0,5	<u>-</u>				258
0,25	<u>-</u>				183
0,125	<u>-</u>				129
0,063	<u>1,8</u>				92
Masa mat. na dnu [P] =	<u>0,2</u>				

Procent finih delcev (f), ki gredo skozi 0,063 mm sito = $\frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100 =$

$\Sigma R_i + P =$	<u>0</u>	Opombe:
$\frac{M_2 - (\Sigma R_i + P)}{M_2} \times 100 =$	<u>< 1%</u>	

Konec preskusa: _____ Preskus izvedel: _____

PRILOGA C: Sejalna analiza za uporabljeni agregat frakcije 8/16 mm.

dat.ob-sejalna SIST EN 933-1-v2

Velikostna porazdelitev delcev - sejalna metoda po SIST EN 933-1:2012

- Preskusna oprema:
- sejalni stroj ELO 208
 - sušilnik: Memmert, ULE 700, ELO 176
 Memmert, UFE 800, ELO 223
 - stavek sit: 0,063-32 mm (ELO 23) z dnom in pokrovom
 0,063-80 mm (ELO 206) z dnom in pokrovom
 - tehtnica: Sartorius (ELO 57) za mase do 5 kg
 ST-AD 20 (ELO 118) za mase nad 5 kg
 - razdelilna naprava: ELO 108 velika
 ELO 224 mala



irma inštitut za raziskavo materialov in aplikacije d.o.o.
ljubljana, slovenčeva 95
slovenija

šifra iz EP: 13-0072

Izvor materiala: /PROD/ SEPARACIJA STARI GRAD - CGP

Frakcija: 8/16 mm

Začetek preskusa:

Uporabljena metoda: pranje in sejanje suho sejanje

Masa suhega vzorca $M_1 =$	<u>2825</u>				g
Masa suhega vzorca po pranju $M_2 =$	<u>2817</u>				g
Masa finih delcev odstranjenih s spiranjem $M_1 - M_2 =$					g

Velikost odprtin sit mm	Ostanek na situ (R_i)				Dovoljena obremenitev sita g
	g	g	g	g	
80					3267
63					2900
45					2451
31,5	<u>0</u>				2050
22,4	<u>0</u>				1729
16	<u>7</u>				1461
11,2	<u>711</u>				1223
8	<u>1418</u>				1033
5,6	<u>-</u>				864
4	<u>669</u>				731
2	<u>10</u>				517
1	<u>-</u>				365
0,71	<u>-</u>				308
0,5	<u>-</u>				258
0,25	<u>-</u>				183
0,125	<u>-</u>				129
0,063	<u>2</u>				92
Masa mat. na dnu [P] =	<u>0</u>				

Procent finih delcev (f), ki gredo skozi 0,063 mm sito = $\frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100 =$

$\sum R_i + P =$	<u>0</u>	Opombe:
$\frac{M_2 - (\sum R_i + P)}{M_2} \times 100 =$	<u>< 1%</u>	

Konec preskusa: _____

Preskus izvedel: _____

PRILOGA D: MEŠANICA Z OZNAČBO SESTAVE C1-1.



ima inštitut za raziskavo materialov in aplikacije d.o.o. ljubljana, slovenčeva 95 slovenija

DN: 3 Šifra iz E.P.: _____
 Naročnik: _____
 Objekt: _____

GRAVIVOLUMETRIJSKA SESTAVA ZA 1m ³ SVEŽEGA VGRAJENEGA BETONA ALI MALTE										MATERIALI (g,kg,l,ml) ZA VELIKOSTI MEŠANIC [kg]			
Označba sestave: C1-1										1m ³	0,75	0,05	
POSAMEZNI SESTAVNI MATERIALI		RELATIVNO	MASA kg	PROST.MASA kg/dm ³	VOLUMEN dm ³	ZA VLAŽEN AGREGAT							
VEZIVA	cement CEM I/II-A-M(LL-S)42,5 R		440	3,02	145,70					440	330	22	
	silika		0	2,25	0,0					0	0	0	
	EF pepel		0	2,16	0,0					0	0	0	
	apno		0	1	0,0					0	0	0	
	mineralni dodatek MD	5,00%	22,00	2,25	9,78					22	16,5	1,1	
POLIMER	Latex S	suha snov 0,0 %m/m	0,00	1,01	1,02	0,00	0,00			0	0	0	
	KEMAMENT HIPER X	suha snov	0,00	1,294	1,33	0,97	1,94			0	0	0	
		voda	0,7 %m/m	3,23	1,11	1,00	2,91	1,94		3,23	2,43	0,1617	
	KEMIJSKI DODATKI	kema nonshrink	suha snov 0,00 %m/m	0,000	1,13	1,49	0,00	0,00			0,000	0,000	0
KEMA EXPAND		suha snov	0,000	1,05	1,20	0,00	0,00			0,000	0,000	0	
		voda	0,00 %m/m	0,000	1,00	1,00	0,00	0,00		0,000	0,000	0	
BARVA	oksid.b.modra (LB-100)	0%	0	3,0	0,00					0	0	0	
	oksid.b.črna ()	0%	0	3,0	0,00					0	0	0	
VLA KNA	Jeklena JV 50/16		40	7,82	5,12					40	30	2	
	Poliprop. PV 10		0,5	1,0	0,50					0,5	0,375	0,025	
VSEBNOST ZRAKA (PORE)		1,5 %v/v	/	/	15								
VEZIVNI DEL SESTAVE	vezanje veziv	za cement	(v/c) _{ef} =										
		za siliko	(v/s) _{ef} =										
		za EF pepel	(v/EF) _{ef} =										
		za apno	(v/a) _{ef} =										
		za											
	skupaj za vezanje veziv	(v/v) _{ef} = 0,39	180,18										
		v polim.in v kem.dod.	1,94										
		neto za vezanje veziv	178,24			178,24							
	VODA ZA: vodovpojnost agregata	0-4 D, Dmovo	0,90% m/m	7,4									
		4-8 N, Stari grad	1,00% m/m	2,6									
		8/16 N, Stari grad	0,80% m/m	5,1									
				0,0									
	sestavlo sestavo	skupaj za vse frakcije	m/m	14,98									
		skupaj voda v sestavi	(v/v) _{bet} = 0,422	195,16									
s suhim agregatom			193,22										
z vlažnim agregatom			193,22							193,22	144,91	9,66087	
SKUPAJ VEZIVNI DEL SESTAVE			698,95	1,957	357,24								
AGREGATNI DEL SESTAVE	POSAMEZNE FRAKCIJE AGREGATA	0-4 D, Dmovo	48% %v/v	817,59	2,65	308,52	0,0	818	0,0	817,59	613,19	40,8795	
		4-8 N, Stari grad	15% %v/v	255,50	2,65	96,41	0,0	255	0,0	255,50	191,62	12,7748	
		8/16 N, Stari grad	37% %v/v	633,08	2,662	237,82	0,0	633	0,0	633,08	474,81	31,6539	
			0% %v/v	0,00	2,86	0,00	0,0	0	0,0	0,00	0,00	0	
			%v/v								0,00	0,00	0
			%v/v								0,00	0,00	0
			%v/v								0,00	0,00	0
			%v/v								0,00	0,00	0
			%v/v								0,00	0,00	0
			%v/v								0,00	0,00	0
SKUPAJ AGREGATNI DEL SESTAVE			100 %v/v	1706,16		642,76		0,0	#####	1279,62	85,3082		
SKUPAJ VSI SESTAVNI MATERIALI				2405,12		1000					0		

- in 2. dan: 1 Pripravi se 50 dm³ betona
- in 2. dan: 2 Preskusi svežega betona:
 - T_{zraka}, T_{bet} posed, vsebnost zraka, prostorninska masa
21. dan: 22.3.13 3 Preskusi strjenega betona:
 - tlačna trdnost: 6 kock z a = 15 cm (2k.-2 dni, 2k.-28 dni, 2k.-90 dni)
 - E modul: 3 prizme 10 x 10 x 40 cm (pri starosti: 2, 28, 90, 180 in 360 dni)
 - podvodna abrazija: 2 kolača-d=30cm, v=10cm (pri starosti: 28, 180 dni)
- 1 2. dan: 23.3.13 4 Preskusi strjenega betona:
 - tlačna trdnost: 5 kock z a = 15 cm (2k.-2 dni, 2k.-28 dni, 1k.-90 dni)
 - krcenje do 360 dni : 3 prizme 10 x 10 x 50 cm
 - podvodna abrazija: 2 kolača-d=30cm, v=10cm (pri starosti: 90, 360 dni)

Kraj in datum mešanja: _____

Sestavi: _____

PRILOGA E: MEŠANICA Z OZNAČBO SESTAVE C2.



IRMA Institut za raziskavo materialov in aplikacije d.o.o.
Ljubljana, slovenčeva 95
slovenija

DN: _____ Šifra iz E.P.: _____
Naročnik: _____
Objekt: _____

5

lest

GRAVIVOLUMETRIJSKA SESTAVA ZA 1m ³ SVEŽEGA VGRAJENEGA BETONA ALI MALTE										MATERIALI (g,kg,l,m) ZA VELIKOSTI MEŠANIC [kg]			
Označba sestave: C2										1m ³	60 [g]	0,05	
POSAMEZNI SESTAVNI MATERIALI		RELATIVNO	MASA kg	PROST.MASA kg/dm ³	VOLUMEN dm ³	ZA VLAŽEN AGREGAT							
VEZIVA	cement CEM III/A-M(LL-S)42,5 R		450	3,02	149,01					450	27000	22,5	→ CEM
	silika		0	2,25	0,0					0	0	0	
	EF pepel Trbovlje		0	2,16	0,0					0	0	0	
	apno		0	1	0,0					0	0	0	
	mikrosilika MS	5,00%	22,50	2,25	10,00					22,5	1350	1,125	→ MIKROSIK
	Latex S	suha snov voda	0,0 %/m ³ 48 %/m ³ 52 %/m ³	0,00	0	1,01	1,02	0,00	0,00	0	0	0	0
KEMIJSKI DODATKI	KEMAMENT HIPER X	suha snov voda	0,7 %/m ³	40 %/m ³ 60 %/m ³	3,31	1,323	1,11	1,33	2,98	3,31	198,45	0,16538	→ HIPER
	KEMA Nonshrink	suha snov voda	0,00 %/m ³	35 %/m ³ 65 %/m ³	0,000	0	1,11	1,39	0,00	0,000	0,000	0,000	
	KEMA EXPAND	suha snov voda	0,00 %/m ³	30 %/m ³ 70 %/m ³	0,000	0	1,05	1,20	0,00	0,000	0,000	0,000	
BARVA	oksid.b.modra (LB-100)	0%	0	3,0	0,00					0	0	0	
	oksid.b.črna ()	0%	0	3,0	0,00					0	0	0	
VLA	Jeklena JV 50/16		40	7,82	5,12					40	2400	2,0	→ JEKLENA
	polipropilenska PV10		0,5	1	0,50					0,5	30	0,025	→ PVC
VSEBNOŠT ZRAKA (PORE)		2,0 %v/v	7	7	20								
VEZIVNI DEL SESTAVE	vezanje veziv												
	za cement	(v/c) _{ef} =											
	za siliko	(v/s) _{ef} =											
	za EF pepel	(v/EF) _{ef} =											
	za apno	(v/a) _{ef} =											
	za												
	skupaj za vezanje veziv	(v/v) _{ef} =	0,41	193,73									
	v polim.in v kem.dod.			1,98									
	netto za vezanje veziv			191,74				191,74					
	0-4 D,Drnovo	0,90%	m/m	10,5									
	4-8 N, Stari grad	1,00%	m/m	4,8									
		0	0,30%	m/m	0,0		1,00						
		0	0,30%	m/m	0,0								
			%m/m										
			%m/m										
		%m/m											
skupaj za vse frakcije		m/m	15,28										
skupaj voda v sestavi	(v/v) _{tot} =	0,442	209,00										
s suhim agregatom			207,02										
z vlažnim agregatom			207,02						207,02	12421,21	10,351	→ H ₂ O	
SKUPAJ VEZIVNI DEL SESTAVE			723,33	1,907	379,34								
AGREGATNI DEL SESTAVE	POSAMEZNE FRAKCIJE AGREGATA												
	0-4 D,Drnovo	71%	%v/v	1167,77	2,65	440,67	0,0	1168	0,0	#####	70066,09	58,3884	→ 0-4 } Ag
	4-8 N, Stari grad	28%	%v/v	476,98	2,65	179,99	0,0	477	0,0	476,98	28618,54	23,8488	→ 4-8 }
	0	0%	%v/v	0,00	2,85	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	
	0	0%	%v/v	0,00	2,85	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	
			%v/v								0,00	0,00	0
			%v/v								0,00	0,00	0
			%v/v								0,00	0,00	0
			%v/v								0,00	0,00	0
			%v/v								0,00	0,00	0
SKUPAJ AGREGATNI DEL SESTAVE			1644,74		620,66		0,0	#####	98684,63	82,2372			
SKUPAJ VSI SESTAVNI MATERIALI			2368,07		620,66							0	

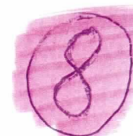
1. in 2. dan: 1 Pripravi se 50 dm³ betona
1. in 2. dan: 2 Preskusi svežega betona:
- T_{zrak} , T_{bet} posed, vsebnost zraka, prostorninska masa
1. dan: 26.3.13 3 Preskusi strjenega betona:
- tlačna trdnost: 6 kock z a = 15 cm (2k.-2 dni, 2k.-28dni, 2k.-90 dni)
- E modul: 3 prizme 10 x 10 x 40 cm (pri starosti: 2, 28, 90, 180 in 360 dni)
- podvodna abrazija: 2 kolača d=30cm, v=10cm (pri starosti: 28, 180 dni)
2. dan: 27.3.13 4 Preskusi strjenega betona:
- tlačna trdnost: 5 kock z a = 15 cm (2k.-2 dni, 2k.-28dni, 1k.-90 dni)
- krčenje do 360 dni: 3 prizme 10 x 10 x 50 cm
- podvodna abrazija: 2 kolača d=30cm, v=10cm (pri starosti: 90, 360 dni)
- Kraj in datum mešanja: _____ Sestavlil: _____

PRILOGA F: MEŠANICA Z OZNAČBO SESTAVE PMC2-SR-1.



irma inštitut za raziskavo materialov in aplikacije d.o.o. ljubljana, slovenčeva 95 slovenija

DN: _____ Šifra iz E.P.: _____
 Naročnik: _____
 Objekt: _____



GRAVIVOLUMETRIJSKA SESTAVA ZA 1m ³ SVEŽEGA VGRAJENEGA BETONA ALI MALTE										MATERIALI (g,kg,l,m) ZA VELIKOSTI MEŠANIC [kg]			
Oznacba sestave: PMC2-SR-1										1m ³	60 [g]	0,05	
POSAMEZNI SESTAVNI MATERIALI			RELATIVNO	MASA kg	PROST.MASA kg/dm ³	VOLUMEN dm ³	ZA VLAŽEN AGREGAT						
VEZIVA	cement CEM III/A-M(L-L-S)42,5 R			450	3,02	149,01				450	27000	22,5	
	silika			0	2,25	0,0			0	0	0	0	
	EF pepel Trbovje			0	2,16	0,0			0	0	0	0	
	apno			0	1	0,0			0	0	0	0	
	mikrosilika MS		0,00%	0,00	2,25	0,00			0	0	0	0	
POLIMER	Latex S	suha snov	48 %m/m	43,2	1,02	1,00	89,11	42,31	90	5400	4,5		
		voda	20,0 %m/m	46,8	1,00	1,00	46,80						
	KEMAMENT HIPER X	suha snov	40 %m/m	0,00	1,11	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		voda	60 %m/m	0,00	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
KEMIJSKI DODATKI	KEMA	suha snov	35 %m/m	0,000	1,11	1,39	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000		
		voda	65 %m/m	0,000	0	1,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000		
	KEMA EXPAND	suha snov	30 %m/m	0,000	1,05	1,20	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000		
	voda	70 %m/m	0,000	0	1,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000			
BARVA	oksid.b.modra (LB-100)		%w/v na DC	0	3,0	0,00			0	0	0		
	oksid.b.črna ()		%w/v na DC	0	3,0	0,00			0	0	0		
VLA KNA	Jeklena JV 50/16			0	7,82	0,00			0	0	0,0		
	polipropilenska PV10			1	1	1,00			1	60	0,05		
VSEBNOST ZRAKA (PORE)			3,5 %v/v	/	/	35							
VEZIVNI DEL SESTAVE	vezivanje veziv	za cement	(v/c) _{ef} =										
		za siliko	(v/s) _{ef} =										
		za EF pepel	(v/EF) _{ef} =										
		za apno	(v/a) _{ef} =										
		za											
		skupaj za vezivanje veziv	(v/v) _{ef} = 0,41		184,50								
	VODA ZA: vodopojnost agregata	v polim.in v kem.dod			46,80								
		neto za vezivanje veziv			137,70								
		0-4 D.Drnovo	0,90%	m/m	8,0								
		4-8 N, Stari grad	1,00%	m/m	5,1								
		guma-SR	0,00%	m/m	0,0								
		0	0,30%	m/m	0,0								
	skupaj	skupaj za vse frakcije			13,14								
		skupaj voda v sestavi	(v/v) _{tot} = 0,335		150,84								
		s suhim agregatom			150,84								
z vlažnim agregatom				150,84					150,84	9050,38	7,54199		
SKUPAJ VEZIVNI DEL SESTAVE				691,84	1,680	411,82							
AGREGATNI DEL SESTAVE	POSAMEZNE FRAKCIJE AGREGATA	0-4 D.Drnovo	57%	%v/v	888,45	2,65	335,27	0,0	888	0,0	888,45	53307,16	44,4226
		4-8 N, Stari grad	33%	%v/v	514,37	2,65	194,10	0,0	514	0,0	514,37	30862,04	25,7184
		guma-SR	10%	%v/v	58,82	1	58,82	0,0	58,82	0,0	58,82	3529,11	2,94092
		0	0%	%v/v	0,00	0,92	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0
				%v/v							0,00	0,00	0
				%v/v							0,00	0,00	0
				%v/v							0,00	0,00	0
				%v/v							0,00	0,00	0
				%v/v							0,00	0,00	0
				%v/v							0,00	0,00	0
SKUPAJ AGREGATNI DEL SESTAVE			100	%v/v	1461,64		588,18	0,0	#####	87698,30	73,0819		
SKUPAJ VSI SESTAVNI MATERIALI					2153,48		1000				0		
							588,18				0		

1. in 2. dan: 1 Pripravi se 50 dm³ betona
 1. in 2. dan: 2 Preskusi svežega betona:
 T_{zraka} , T_{bet} , posed, vsebnost zraka, prostorninska masa
1. dan: 3 Preskusi strjenega betona:
 tlačna trdnost: 6 kock z a = 15 cm (2k.-2 dni, 2k.-28dni, 2k.-90 dni)
 E modul: 3 prizme 10 x 10 x 40 cm (pri starosti: 2, 28, 90, 180 in 360 dni)
 podvodna abrazija: 2 kolača d=30cm, v=10cm (pri starosti: 28, 180 dni)
2. dan: 4 Preskusi strjenega betona:
 tlačna trdnost: 5 kock z a = 15 cm (2k.-2 dni, 2k.-28dni, 1k.-90 dni)
 krčenje do 360 dni: 3 prizme 10 x 10 x 50 cm
 podvodna abrazija: 2 kolača d=30cm, v=10cm (pri starosti: 90, 360 dni)

Kraj in datum mešanja: _____ Sestavi: _____

PRILOGA G: MEŠANICA Z OZNAČBO SESTAVE PMC2-SR-2.



irma inštitut za raziskavo materialov in aplikacije d.o.o. ljubljana, slovenčeva 95 slovenija

DN: _____ Šifra iz E.P.: _____
 Naročnik: _____
 Objekt: _____



GRAVIVOLUMETRIJSKA SESTAVA ZA 1m ³ SVEŽEGA VGRAJENEGA BETONA ALI MALTE										MATERIALI (g,kg,l,m) ZA VELIKOSTI MEŠANIC [kg]		
Označba sestave: PMC2-SR-2										1m ³	60 [g]	0,05
POSAMEZNI SESTAVNI MATERIALI		RELATIVNO	MASA kg	PROST.MASA kg/dm ³	VOLUMEN dm ³	ZA VLAŽEN AGREGAT						
VEZIVA	cement CEM III/A-(M)-(L)-S)42,5 R		450	3,02	149,01				450	27000	22,5	
	silika		0	2,25	0,0				0	0	0	
	EF pepel Trbovlje		0	2,16	0,0				0	0	0	
	apno		0	1	0,0				0	0	0	
	mikrosilika MS	0,00%	0,00	2,25	0,00				0	0	0	
POLIMER	Latex S	suha snov 20,0 %m/m voda 48 %m/m	90,00	43,2	1,01	1,02	89,11	42,31	90	5400	4,5	
				46,8		1,00		46,80			0	
KEMIJSKI DODATKI	KEMAMENT HIPER X	suha snov 0,0 %m/m voda 40 %m/m	0,00	0	1,11	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
				0		1,00		0,00			0,00	
	KEMA Nonshrink	suha snov 0,00 %m/m voda 35 %m/m	0,0000	0	1,11	1,39	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	
				0		1,00		0,00			0,00	
KEMA EXPAND		suha snov 0,00 %m/m voda 30 %m/m	0,0000	0	1,05	1,20	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	
				0		1,00		0,00			0,000	
BARV	oksid.b.modra (LB-100)	0%	0	3,0	0,00				0	0	0	
A	oksid.b.črna ()	0%	0	3,0	0,00				0	0	0	
VLA	Jeklena JV 50/16		0	7,82	0,00				0	0	0,00	
KNA	polipropilenska PV10		1	1	1,00				1	60	0,05	
VSEBNOŠT ZRAKA (PORE)		3,5 %v/v	/	/				35			0	
VEZIVNI DEL SESTAVE	za cement	(v/c) _{ef} =									0	
	za siliko	(v/s) _{ef} =									0	
	za EF pepel	(v/EF) _{ef} =									0	
	za apno	(v/a) _{ef} =									0	
	za										0	
	skupaj za vezanje veziv	(v/v) _{ef} = 0,41		184,50							0	
	v polim.in v kem dod.			46,80							0	
	netto za vezanje veziv			137,70				137,70			0	
	0-4 D,Drmovo	0,90% m/m		7,7							0	
	4-8 N, Stari grad	1,00% m/m		3,9							0	
	guma-SR	0,00% m/m		0,0							0	
	0	0,30% m/m		0,0		1,00					0	
		%m/m									0	
		%m/m									0	
		%m/m									0	
skupaj za vse frakcije	m/m		11,61							0		
skupaj voda v sestavi	(v/v) _{bet} = 0,332		149,31							0		
s suhim agregatom			149,31							0		
z vlažnim agregatom			149,31							0		
SKUPAJ VEZIVNI DEL SESTAVE			690,31	1,676	411,82				149,31	8958,73	7,46561	
AGREGATNI DEL SESTAVE	POSAMEZNE FRAKCIJE AGREGATA											
	0-4 D,Drmovo	55% %v/v	857,28	2,65	323,50	0,0	857	0,0	857,28	51436,73	42,8639	
	4-8 N, Stari grad	25% %v/v	389,67	2,65	147,05	0,0	390	0,0	389,67	23380,33	19,4836	
	guma-SR	20% %v/v	117,64	1	117,64	0,0	118	0,0	117,64	7058,21	5,88184	
	0	0% %v/v	0,00	0,92	0,00	0,0	0	0,0	0,00	0,00	0	
		%v/v									0	
		%v/v							0,00	0,00	0	
		%v/v							0,00	0,00	0	
		%v/v							0,00	0,00	0	
		%v/v							0,00	0,00	0	
SKUPAJ AGREGATNI DEL SESTAVE	100 %v/v	1364,59		588,18		0,0	#####		81875,28	68,2294		
SKUPAJ VSI SESTAVNI MATERIALI		2054,90		1000						0		

- in 2. dan: 1 Pripravi se 50 dm³ betona
- in 2. dan: 2 Preskusi svežega betona:
 T_{zrak} , T_{bet} posed, vsebnost zraka, prostorninska masa
1. dan: 2.4.13 3 Preskusi strjenega betona:
 tlačna trdnost: 6 kock z a = 15 cm (2k.-2 dni, 2k.-28dni, 2k.-90 dni)
 E modul: 3 prizme 10 x 10 x 40 cm (pri starosti: 2, 28, 90, 180 in 360 dni)
 podvodna abrazija: 2 kolača-d=30cm, v=10cm (pri starosti: 28, 180 dni)
2. dan: 9.4.13 4 Preskusi strjenega betona:
 tlačna trdnost: 5 kock z a = 15 cm (2k.-2 dni, 2k.-28dni, 1k.-90 dni)
 krčenje do 360 dni : 3 prizme 10 x 10 x 50 cm
 podvodna abrazija: 2 kolača-d=30cm, v=10cm (pri starosti: 90, 360 dni)

Kraj in datum mešanja: _____ Sestavil: _____

PRILOGA H: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO SESTAVE C1-1

dat:ob-mesanje laboratorij-v1.xls

Preskus lastnosti svežega betona po SIST EN 12350

Preskusna oprema: posoda za beton, zidarska žlica, zajemalka in dodatno spodaj navedena oprema

v laboratoriju IRMA



1. Temperatura (digitalni termometer ELO 59):

označba ali zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)	4, huj			
globina merskega mesta (cm)	10			
temperatura betona (°C)	14,0			
temperatura zraka (°C)	17,4			
temperatura zamesne vode (°C)	9,1			

Šifra iz EP: 13-0072

Datum mešanja: 22. 3. 13

Ura mešanja: 10:20

Receptura: C1/1

2. Konsistenca (tračni meter ELO 249, štoparica ELO 242, vlažna krpa)

2a. Posed po SIST EN 12350-2 (komplet za posed ELO 25):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)	4, huj	30		
tip porušitve stožca (P/S)	P	P		
posed (mm)	125	85		

2b. Vebe čas po SIST EN 12350-3 (Vebe aparat ELO 229):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
izmerjen posed (mm)				
tip porušitve stožca (P/S)				
Vebe (sek)				

2c. Stopnja zgoščenosti po SIST EN 12350-4 (ravnilo, kalup a=20, nastavek):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
metoda zgoščanja (igla/mizica)				
padec površine s 4x (mm)				
stopnja zgoščenosti				

2d. Razlez po SIST EN 12350-5 (miza za razlez ELO 82):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
segregiranje (DA/NE)				
čakanje (s)				
razlez r1 in r2 (mm)				

3. Prostorninska masa po SIST EN 12350-6 in vsebnost zraka po SIST EN 12350-7, tč. 5:

(porozimeter ELO 13, ELO 105, tehtnica ELO 200, vib mizica ELO 32 ali vib igla ELO 201, kovinsko ravnilo, gumijasto kladivo, kipa, brizgalka za vodo)

označba ali zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
masa prazne posode (kg)	6559			
masa polne posode (kg)	25,610 25,610			
masa betona v posodi (kg)	19,051 19,051			
prostornina posode (dm ³)	8 8			
metoda zgoščanja (M/M/P/N)				
prost.masa sv. vgr. betona (kg/m ³)	2381			
porozimetrski indeks A ₁ (%v/v)	3,7			
korekcijski faktor agregata G (%v/v)	*			
vsebnost zraka A _c =A ₁ -G (%v/v)				

4. Vodocementno razmerje po SIST 1026, Dodatek 3:

(pladnji, plinski gorilnik, tehtnica ELO 200, lopatica, grebljica)

označba ali zap.št.preskušanca				
masa prazne posode (g)				
masa posode in svežega bet. (g)				
masa posode in osušenega bet. (g)				
masa vode v vzorcu sv. bet. (g)				
delež vode v svežem bet. (%m/m)				
prost. masa sveže vgr. bet. (kg/m ³)				
masa vode v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
voda ki jo vpije agregat v 1m ³ (kg)				
efektivna vsebnost vode v 1m ³ (kg)				
masa cem. v 1m ³ sv. vgr. bet.(kg)				
ef. vodocementno razmerje (m/m)				
opombe:				

6. Izdelava preskušancev po SIST EN 12390-2 (kalup ELO 27, ELO 219, ELO 236, gladilka, vibr. igla ELO 201 ali vibr. miza ELO 32)

označba ali zap.št.preskušanca	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
vrsta in zap.št. kalupa											
metoda zgoščanja (M/M/P/N)	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
za preskus	TT-28	TT-28	TT-28	TT-90	TT-90	TT-90	E mod	E mod	E mod	alotri	alotri

6. Vizualni opis:

vgradljivost: ZELO DOBRA

obdelavnost površine: ZELO DOBRA

segregabilnost: NE

izločanje vode ("krvavenje"): NE

ostalo:

PRILOGA I: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO SESTAVE C1-1

dat:ob-mesanje laboratorij-v1.xls

Preskus lastnosti svežega betona po SIST EN 12350

Preskusna oprema: posoda za beton, zidarska žlica, zajemalka in dodatno spodaj navedena oprema

v laboratoriju IRMA



1. Temperatura (digitalni termometer ELO 59):

označba ali zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)	1020			
globina merskega mesta (cm)	10			
temperatura betona (°C)	13,0			
temperatura zraka (°C)	10,0			
temperatura zamesne vode (°C)	8,6			

Šifra iz EP:

13-0072

Datum mešanja: 23.3.13

Ura mešanja: 10:10

Receptura: C1/1

2. Konsistenca (tračni merer ELO 249, štoparica ELO 242, vlažna krpa)

2a. Posed po SIST EN 12350-2 (komplet za posed ELO 25):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)	10h1j	30		
tip porušitve stožca (P/S)	P	P		
posed (mm)	125	75		

2b. Vebe čas po SIST EN 12350-3 (Vebe aparat ELO 229):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
izmerjen posed (mm)				
tip porušitve stožca (P/S)				
Vebe (sek)				

2c. Stopnja zgoščenosti po SIST EN 12350-4 (ravnilo, kalup a=20, nastavek):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
metoda zgoščanja (igla/mizica)				
padec površine s 4x (mm)				
stopnja zgoščenosti				

2d. Razlez po SIST EN 12350-5 (miza za razlez ELO 82):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
segregiranje (DANE)				
čakanje (s)				
razlez r1 in r2 (mm)				

3. Prostorninska masa po SIST EN 12350-6 in vsebnost zraka po SIST EN 12350-7, tč. 5:

(porozimeter ELO 13, ELO 105, tehtnica ELO 200, vib. mizica ELO 32 ali vib. igla ELO 201, kovinsko ravnilo, gumijasto kladivo, krpa, brizgalka za vodo)

označba ali zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)	10h1j			
masa prazne posode (kg)	6,575			
masa polne posode (kg)	25,184			
masa betona v posodi (kg)	18,609			
prostornina posode (dm ³)	8			
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	M			
prost.masa sv. vgr. betona (kg/m ³)	2364			
porozimetski indeks A _r (%v/v)	4,6			
korekcijski faktor agregata G (%v/v)				
vsebnost zraka A _c =A _r -G (%v/v)				

4. Vodocementno razmerje po SIST 1026, Dodatek 3: (pladnji, plinski gorilnik, tehtnica ELO 200, lopatica, grebljica)

označba ali zap.št.preskušanca				
masa prazne posode (g)				
masa posode in svežega bet. (g)				
masa posode in osušenega bet. (g)				
masa vode v vzorcu sv. bet. (g)				
delež vode v svežem bet. (%m/m)				
prost. masa sveže vgr. bet. (kg/m ³)				
masa vode v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
voda ki jo vpije agregat v 1m ³ (kg)				
efektivna vsebnost vode v 1m ³ (kg)				
masa cern. v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
ef. vodocementno razmerje (m/m)				
opombe:				

6. Izdelava preskušancev po SIST EN 12390-2 (kalup ELO 27, ELO 219, ELO 236, gladilka, vibr. igla ELO 201 ali vibr. miza ELO 32)

označba ali zap.št.preskušanca	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
vrsta in zap.št. kalupa										
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
za preskus	TT-2	TT-2	TT-2	TT-28	TT-90	hrc	hrc	hrc	uhrc	uhrc

6. Vizualni opis:

vgradljivost: ZELO DOBRA obdelavnost površine: ZELO DOBRA
 segregabilnost: NE izločanje vode ("krvavenje"): NE
 ostalo: POKROVLJENA, ZAKRANO, 23.3.13
 (PRESKUSNIKA) vzorci mi kažejo podoben
 "glej RAZLIKU POSEDA"
 Mh

PRILOGA J: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO SESTAVE C2

dat:ob-mesanje laboratorij-v1.xls

Preskus lastnosti svežega betona po SIST EN 12350

Preskusna oprema: posoda za beton, zidarska žlica, zajemalka in dodatno spodaj navedena oprema

v laboratoriju IRMA



1. Temperatura (digitalni termometer ELO 59):

označba ali zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)	10			
globina merskega mesta (cm)	13,0			
temperatura betona (°C)	13,0			
temperatura zraka (°C)	12,2			
temperatura zamesne vode (°C)	8,4			

Šifra iz EP: 13-0072

Datum mešanja: 26.3.13

Ura mešanja: 11:25

Receptura: C2

2. Konsistenca (tračni meter ELO 249, štoparica ELO 242, vlažna krpa)

2a. Posed po SIST EN 12350-2 (komplet za posed ELO 25):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)	10	30		
tip porušitve stožca (P/S)	P	P		
posed (mm)	110	65		

2b. Vebe čas po SIST EN 12350-3 (Vebe aparat ELO 229):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
izmerjen posed (mm)				
tip porušitve stožca (P/S)				
Vebe (sek)				

2c. Stopnja zgoščenosti po SIST EN 12350-4 (ravnilo, kalup a=20, nastavek):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
metoda zgoščanja (igla/mizica)				
padec površine s 4x (mm)				
stopnja zgoščenosti				

2d. Razlez po SIST EN 12350-5 (miza za razlez ELO 82):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
segregiranje (DA/NE)				
čakanje (s)				
razlez r1 in r2 (mm)				

3. Prostorninska masa po SIST EN 12350-6 in vsebnost zraka po SIST EN 12350-7, tč. 5:

(porozimeter ELO 13, ELO 105, tehtnica ELO 200, vib mizica ELO 32 ali vib igla ELO 201, kovinsko ravnilo, gumijasto kladivo, krpa, brizgalka za vodo)

označba ali zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
masa prazne posode (kg)	6,570			
masa polne posode (kg)	25,246			
masa betona v posodi (kg)	18,676			
prostornina posode (dm ³)	8			
metoda zgoščanja (I/MP/N)	N			
prost.masa sv. vgr. betona (kg/m ³)	2,335			
porozimetski indeks A ₁ (%v/v)	4,2			
korekcijski faktor agregata G (%v/v)				
vsebnost zraka A _c =A ₁ -G (%v/v)				

4. Vodocementno razmerje po SIST 1026, Dodatek 3:

(pladnji, plinski gorilnik, tehtnica ELO 200, lopatica, grebljica)

označba ali zap.št.preskušanca				
masa prazne posode (g)				
masa posode in svežega bet. (g)				
masa posode in osušenega bet. (g)				
masa vode v vzorcu sv. bet. (g)				
delež vode v svežem bet. (%m/m)				
prost. masa sveže vgr. bet. (kg/m ³)				
masa vode v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
voda ki jo vpije agregat v 1m ³ (kg)				
efektivna vsebnost vode v 1m ³ (kg)				
masa cem. v 1m ³ sv. vgr. bet.(kg)				
ef. vodocementno razmerje (m/m)				
opombe:				

6. Izdelava preskušancev po SIST EN 12390-2 (kalup ELO 27, ELO 219, ELO 236, gladilka, vibr. igla ELO 201 ali vibr. miza ELO 32)

označba ali zap.št.preskušanca	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
vrsta in zap.št. kalupa											
metoda zgoščanja (I/MP/N)	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
za preskus	TT-2	TT-2	TT-28	TT-28	TT-90	TT-90	E _{end}	E _{end}	E _{end}	oboz	oboz

6. Vizualni opis:

vgradljivost: ZELO DOBRA obdelavnost površine: ZELO DOBRA
 segregabilnost: NE izločanje vode ("krvavenje"): DA
 ostalo: POPOLN BETONIRANJE ZARADI DNŽ 25.3.13 (MAJHEN POSED)
 (AGREGAT IN VODA SE SPREJEMATA)

PRILOGA K: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO SESTAVE C2

dat:ob-mesanje laboratorij-v1.xls

Preskus lastnosti svežega betona po SIST EN 12350

Preskusna oprema: posoda za beton, zidarska žlica, zajemalka in dodatno spodaj navedena oprema

v laboratoriju IRMA



1. Temperatura (digitalni termometer ELO 59):

označba ali zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)	70h	60		
globina merskega mesta (cm)	10	10		
temperatura betona (°C)	20,2	16,2		
temperatura zraka (°C)	12,6			
temperatura zamesne vode (°C)	8,3			

Šifra iz EP: 73-0072

Datum mešanja: 27.3.13

Ura mešanja: 11²⁰

Receptura: C2

2. Konsistenca (tračni meter ELO 249, štoparica ELO 242, vlažna krpa)

2a. Posed po SIST EN 12350-2 (komplet za posed ELO 25):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)	70h	30		
tip porušitve stožca (P/S)	P	P		
posed (mm)	70	50		

2b. Vebe čas po SIST EN 12350-3 (Vebe aparat ELO 229):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
izmerjen posed (mm)				
tip porušitve stožca (P/S)				
Vebe (sek)				

2c. Stopnja zgoščenosti po SIST EN 12350-4 (ravnilo, kalup a=20, nastavek):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
metoda zgoščanja (igla/mizica)				
padec površine s 4x (mm)				
stopnja zgoščenosti				

2d. Razlez po SIST EN 12350-5 (miza za razlez ELO 82):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
segregiranje (DANE)				
čakanje (s)				
razlez r1 in r2 (mm)				

3. Prostorninska masa po SIST EN 12350-6 in vsebnost zraka po SIST EN 12350-7, tč. 5:

(porozimeter ELO 13 ELO 105 , tehtnica ELO 200, vib. mizica ELO 32 ali vib. igla ELO 201, kovinsko ravnilo, gumijasto kladivo, krpa, brizgalka za vodo)

označba ali zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)	8			
masa prazne posode (kg)	-	6,570		
masa polne posode (kg)	-	24,941		
masa betona v posodi (kg)	-	18,371		
prostornina posode (dm ³)	8			
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	17			
prost. masa sv. vgr. betona (kg/m ³)	2,290			
porozimetski indeks A _r (%v/v)	6,5			
korekcijski faktor agregata G (%v/v)				
vsebnost zraka A _c =A _r -G (%v/v)				

4. Vodocementno razmerje po SIST 1026, Dodatek 3:

(pladnji, plinski gorilnik, tehtnica ELO 200, lopatica, grebljica)

označba ali zap. št. preskušanca				
masa prazne posode (g)				
masa posode in svežega bet. (g)				
masa posode in osušenega bet. (g)				
masa vode v vzorcu sv. bet. (g)				
delež vode v svežem bet. (%m/m)				
prost. masa sveže vgr. bet. (kg/m ³)				
masa vode v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
voda ki jo vpije agregat v 1m ³ (kg)				
efektivna vsebnost vode v 1m ³ (kg)				
masa cem. v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
ef. vodocementno razmerje (m/m)				
opombe:				

6. Izdelava preskušancev po SIST EN 12390-2 (kalup ELO 27 ELO 219 ELO 236, gladilka, vibr. igla ELO 201 ali vibr. miza ELO 32)

označba ali zap. št. preskušanca	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
vrsta in zap. št. kalupa										
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
za preskus	TT-2	TT-2	TT-28	TT-28	TT-90	krč	krč	krč	alovec	alovec

6. Vizualni opis:

vgrajljivost: DOBRA obdelavnost površine: ZELO DOBRA
 segregabilnost: NE izločanje vode ("krvavenje"): DA
 ostalo: UPORABLJEN AGR. (0-4) NI BIL POPOLNOMA OHLAJEN (POSED SE JE RAZLIKOVAL OD PREJŠJEGA DNE 26.3.13) II (GLUB TEM. BETONA) II

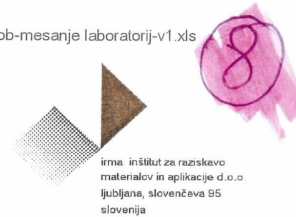
PRILOGA L: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO PMC2-SR-1.

dat.ob-mesanje laboratorij-v1.xls

Preskus lastnosti svežega betona po SIST EN 12350

Preskusna oprema: posoda za beton, zidarska žlica, zajemalka in dodatno spodaj navedena oprema

v laboratoriju IRMA



1. Temperatura (digitalni termometer ELO 59):

označba ali zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)	10			
globina merskega mesta (cm)	10			
temperatura betona (°C)	14,0			
temperatura zraka (°C)	12,8			
temperatura zamesne vode (°C)				

Šifra iz EP: 13-0072

Datum mešanja: 3.4.13

Ura mešanja: 12:20

Receptura: PMC2-SR-1

2. Konsistenca (tračni meter ELO 249, štoparica ELO 242, vlažna krpa)

2a. Posed po SIST EN 12350-2 (komplet za posed ELO 25):

zap. št. preskušanca	13			
čas po zamešanju (min)	30			
tip porušitve stožca (P/S)	P	P		
posed (mm)	115	80		

2b. Vebe čas po SIST EN 12350-3 (Vebe aparat ELO 229):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
izmerjen posed (mm)				
tip porušitve stožca (P/S)				
Vebe (sek)				

2c. Stopnja zgoščenosti po SIST EN 12350-4 (ravnilo, kalup a=20, nastavek):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
metoda zgoščanja (igla/mizica)				
padec površine s 4x (mm)				
stopnja zgoščenosti				

2d. Razlez po SIST EN 12350-5 (miza za razlez ELO 82):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
segregiranje (DA/NE)				
čakanje (s)				
razlez r1 in r2 (mm)				

3. Prostominska masa po SIST EN 12350-6 in vsebnost zraka po SIST EN 12350-7, tč. 5:

(porozimeter ELO 13, ELO 105, tehtnica ELO 200, vib. mizica ELO 32 ali vib. igla ELO 201, kovinsko ravnilo, gumijasto kladivo, krpa, brizgalka za vodo)

označba ali zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
masa prazne posode (kg)	6,572			
masa polne posode (kg)	23,583			
masa betona v posodi (kg)	17,011			
prostornina posode (dm ³)	8			
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	M			
prost. masa sv. vgr. betona (kg/m ³)	2,126			
porozimetski indeks A ₁ (%v/v)	0,5			
korekcijski faktor agregata G (%v/v)				
vsebnost zraka A _c =A ₁ -G (%v/v)				

4. Vodocementno razmerje po SIST 1026, Dodatek 3:

(pladnji, plinski gorilnik, tehtnica ELO 200, lopatica, grebljica)

označba ali zap. št. preskušanca				
masa prazne posode (g)				
masa posode in svežega bet. (g)				
masa posode in osušenega bet. (g)				
masa vode v vzorcu sv. bet. (g)				
delež vode v svežem bet. (%m/m)				
prost. masa sveže vgr. bet. (kg/m ³)				
masa vode v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
voda ki jo vpije agregat v 1m ³ (kg)				
efektivna vsebnost vode v 1m ³ (kg)				
masa cem. v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
ef. vodocementno razmerje (m/m)				
opombe:				

6. Izdelava preskušancev po SIST EN 12390-2 (kalup ELO 27, ELO 219, ELO 236, gladilka, vibr. igla ELO 201 ali vibr. miza ELO 32)

označba ali zap. št. preskušanca	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
vrsta in zap. št. kalupa											
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
za preskus	IT-2	IT-2	IT-28	IT-28	IT-90	IT-90	E mod	E mod	E mod	Ak27	Ak27

6. Vizualni opis:

vgradljivost: ZELO DOBRA

obdelavnost površine: ZELO DOBRA

segregabilnost: NE

izločanje vode ("krvavenje"): DA

ostalo: AGREGAT (0-4) JE DRUGI IN VPLIVA NA POSED BET. MEŠANICE
AGR. (4-8) JE PA STARI. NOVA GUMA, SE FODOBNO AGREGATU W
SE NE SPRIJETA V GRUPLICE.

PRILOGA M: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO PMC2-SR-1

dat:ob-mesanje laboratorij-v1.xls

Preskus lastnosti svežega betona po SIST EN 12350

Preskusna oprema: posoda za beton, zidarska žlička, zajemalka in dodatno spodaj navedena oprema

v laboratoriju IRMA



1. Temperatura (digitalni termometer ELO 59):

označba ali zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)	540			
globina merskega mesta (cm)	10,0			
temperatura betona (°C)	14,0			
temperatura zraka (°C)	10,5			
temperatura zamesne vode (°C)	7,0			

Šifra iz EP: 13-0072

Datum mešanja: 4.4.13

Ura mešanja: 11:25

Receptura: PMC2-SR-1

2. Konsistenca (tračni meter ELO 249, štoparica ELO 242, vlažna krpa)

2a. Posed po SIST EN 12350-2 (komplet za posed ELO 25):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)	toljaj	30		
tip porušilne stožca (P/S)	P	P		
posed (mm)	80	60		

2b. Vebe čas po SIST EN 12350-3 (Vebe aparat ELO 229):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
izmerjen posed (mm)				
tip porušilne stožca (P/S)				
Vebe (sek)				

2c. Stopnja zgoščenosti po SIST EN 12350-4 (ravnilo, kalup a=20, nastavek):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
metoda zgoščanja (igla/mizica)				
padec površine s 4x (mm)				
stopnja zgoščenosti				

2d. Razlez po SIST EN 12350-5 (miza za razlez ELO 82):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
segregiranje (DA/NE)				
čakanje (s)				
razlez r1 in r2 (mm)				

3. Prostorninska masa po SIST EN 12350-6 in vsebnost zraka po SIST EN 12350-7, tč. 5:

(porozimeter ELO 13, ELO 105, tehtnica ELO 200, vib. mizica ELO 32 ali vib. igla ELO 201, kovinsko ravnilo, gumijasto kladivo, krpa, brizgalka za vodo)

označba ali zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)	5			
masa prazne posode (kg)	6,568			
masa polne posode (kg)	23,754			
masa betona v posodi (kg)	17,186			
prostornina posode (dm ³)	8			
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	M			
prost. masa sv. betona (kg/m ³)	2,148			
porozimetrovski indeks A ₁ (%v/v)	5,7			
korekcijski faktor agregata G (%v/v)	100			
vsebnost zraka A _c =A ₁ -G (%v/v)				

4. Vodocementno razmerje po SIST 1026, Dodatek 3:

(pladnji, plinski gorilnik, tehtnica ELO 200, lopatica, grebljica)

označba ali zap. št. preskušanca				
masa prazne posode (g)				
masa posode in svežega bet. (g)				
masa posode in osušenega bet. (g)				
masa vode v vzorcu sv. bet. (g)				
delež vode v svežem bet. (%m/m)				
prost. masa sveže vgr. bet. (kg/m ³)				
masa vode v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
voda ki jo vpije agregat v 1m ³ (kg)				
efektivna vsebnost vode v 1m ³ (kg)				
masa cem. v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
ef. vodocementno razmerje (m/m)				
opombe:				

6. Izdelava preskušancev po SIST EN 12390-2 (kalup: ELO 27, ELO 219, ELO 236, gladilka, vibr. igla ELO 201 ali vibr. miza ELO 32)

označba ali zap. št. preskušanca	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
vrsta in zap. št. kalupa										
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
za preskus	IT-2	IT-2	IT-2	IT-2	IT-2	IT-2	IT-2	IT-2	IT-2	IT-2

6. Vizualni opis:

vgradljivost: ZELO DOBRA
 segregabilnost: NE
 ostalo:
 obdelavnost površine: ZELO DOBRA
 izločanje vode ("krvavenje"): NA

PRILOGA N: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO PMC2-SR-2

dat.ob-mesanje laboratorij-v1.xls

Preskus lastnosti svežega betona po SIST EN 12350

Preskusna oprema: posoda za beton, zidarska žlica, zajemalka in dodatno spodaj navedena oprema

v laboratoriju IRMA



1. Temperatura (digitalni termometer ELO 59):

označba ali zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)	10			
globina merskega mesta (cm)	10			
temperatura betona (°C)	14,5			
temperatura zraka (°C)	11,8			
temperatura zamesne vode (°C)	8,5			

Šifra iz EP: 13-0072

Datum mešanja: 8.4.13

Ura mešanja: 10:35

Receptura: PMC2-SR-2

2. Konsistenca (tračni meter ELO 249, štoparica ELO 242, vlažna krpa)

2a. Posed po SIST EN 12350-2 (komplet za posed ELO 25):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)	10	30		
tip porušitve stožca (P/S)	P	P		
posed (mm)	110	90		

2b. Vebe čas po SIST EN 12350-3 (Vebe aparat ELO 229):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
izmerjen posed (mm)				
tip porušitve stožca (P/S)				
Vebe (sek)				

2c. Stopnja zgoščenosti po SIST EN 12350-4 (ravnilo, kalup a=20, nastavek):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
metoda zgoščanja (igla/mizica)				
padec površine s 4x (mm)				
stopnja zgoščenosti				

2d. Razlez po SIST EN 12350-5 (miza za razlez ELO 82):

zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
segregiranje (D/ANE)				
čakanje (s)				
razlez r1 in r2 (mm)				

3. Prostorninska masa po SIST EN 12350-6 in vsebnost zraka po SIST EN 12350-7, tč. 5:

(porozimeter ELO 13, ELO 105, tehtnica ELO 200, vib. mizica ELO 32 ali vib. igla ELO 201, kovinsko ravnilo, gumijasto kladivo, krpa, brizgalka za vodo)

označba ali zap. št. preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
masa prazne posode (kg)	6,563			
masa polne posode (kg)	22,672			
masa betona v posodi (kg)	16,109			
prostornina posode (dm ³)	8			
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	M			
prost. masa sv. vgr. betona (kg/m ³)	2,014			
porozimetski indeks A ₁ (%v/v)	8,0			
korekcijski faktor agregata G (%v/v)				
vsebnost zraka A _c =A ₁ -G (%v/v)				

4. Vodocementno razmerje po SIST 1026, Dodatek 3:

(pladnji, plinski gorilnik, tehtnica ELO 200, lopatica, grebljica)

označba ali zap. št. preskušanca				
masa prazne posode (g)				
masa posode in svežega bet. (g)				
masa posode in osušenega bet. (g)				
masa vode v vzorcu sv. bet. (g)				
delež vode v svežem bet. (%m/m)				
prost. masa sveže vgr. bet. (kg/m ³)				
masa vode v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
voda ki jo vpije agregat v 1m ³ (kg)				
efektivna vsebnost vode v 1m ³ (kg)				
masa cem. v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
ef. vodocementno razmerje (m/m)				
opombe:				

6. Izdelava preskušancev po SIST EN 12390-2 (kalup ELO 27, ELO 219, ELO 236, gladilka, vibr. igla ELO 201 ali vibr. miza ELO 32)

označba ali zap. št. preskušanca	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
vrsta in zap. št. kalupa											
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
za preskus	IT-2	IT-2	IT-28	IT-28	IT-28	IT-28	Emal	Emal	Emal	Emal	Emal

6. Vizualni opis:

vgradljivost: ZELO DOBRO obdelavnost površine: ZELO DOBRO
 segregabilnost: NE izločanje vode ("krvavenje"): ZELO
 ostalo:

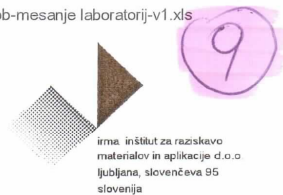
PRILOGA O: PRESKUS LASTNOSTI BETONSKE MEŠANICE Z OZNAKO PMC2-SR-2

dat:ob-mesanje laboratorij-v1.xls

Preskus lastnosti svežega betona po SIST EN 12350

Preskusna oprema: posoda za beton, zidarska žlica, zajemalka in dodatno spodaj navedena oprema

v laboratoriju IRMA



1. Temperatura (digitalni termometer ELO 59):

označba ali zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)	42			
globina merskega mesta (cm)	10			
temperatura betona (°C)	14,4			
temperatura zraka (°C)	13,8			
temperatura zamesne vode (°C)	8,7			

Šifra iz EP: 13-0072

Datum mešanja: 9.4.13

Ura mešanja: 10:30

Receptura: PM2-SR-2

2. Konsistenca (tračni meter ELO 249, stoparica ELO 242, vlažna krpa)

2a. Posed po SIST EN 12350-2 (komplet za posed ELO 25):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)	30			
tip porušitve složca (P/S)	P	P		
posed (mm)	90	75		

2b. Vebe čas po SIST EN 12350-3 (Vebe aparat ELO 229):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
izmerjen posed (mm)				
tip porušitve složca (P/S)				
Vebe (sek)				

2c. Stopnja zgoščenosti po SIST EN 12350-4 (ravnilo, kalup a=20, nastavek):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
metoda zgoščanja (igla/mizica)				
padec površine s 4x (mm)				
stopnja zgoščenosti				

2d. Razlez po SIST EN 12350-5 (miza za razlez ELO 82):

zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)				
segregiranje (DA/NE)				
čakanje (s)				
razlez r1 in r2 (mm)				

3. Prostorninska masa po SIST EN 12350-6 in vsebnost zraka po SIST EN 12350-7, tč. 5:

(porozimeter ELO 13, ELO 105, tehtnica ELO 200, vib. mizica ELO 32 ali vib. igla ELO 201, kovinsko ravnilo, gumijasto kladivo, krpa, brizgalka za vodo)

označba ali zap.št.preskušanca				
čas po zamešanju (min)	5			
masa prazne posode (kg)	6,568			
masa polne posode (kg)	22,893			
masa betona v posodi (kg)	16,324			
prostornina posode (dm ³)	8			
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	M			
prost. masa sv. vgr. betona (kg/m ³)	2040			
porozimetrski indeks A _r (%v/v)	6,0			
korekcijski faktor agregata G (%v/v)				
vsebnost zraka A _c =A _r ·G (%v/v)				

4. Vodocementno razmerje po SIST 1026, Dodatek 3:

(pladnji, plinski gorilnik, tehtnica ELO 200, lopatica, grebljica)

označba ali zap.št.preskušanca				
masa prazne posode (g)				
masa posode in svežega bet. (g)				
masa posode in osušenega bet. (g)				
masa vode v vzorcu sv. bet. (g)				
delež vode v svežem bet. (%m/m)				
prost. masa sveže vgr. bet. (kg/m ³)				
masa vode v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
voda ki jo vpije agregat v 1m ³ (kg)				
efektivna vsebnost vode v 1m ³ (kg)				
masa cem. v 1m ³ sv. vgr. bet. (kg)				
ef. vodocementno razmerje (m/m)				
opombe:				

6. Izdelava preskušancev po SIST EN 12390-2 (kalup ELO 27, ELO 219, ELO 236, gladilka, vibr. igla ELO 201 ali vibr. miza ELO 32)

označba ali zap.št.preskušanca	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95		
vrsta in zap.št. kalupa												
metoda zgoščanja (I/M/P/N)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
za preskus	TI-2	TI-2	TI-28	TI-28	TI-90	KPC	KPC	KPC	ahz	ahz		

6. Vizualni opis:

vgradljivost:

ZELO DOBRA

obdelavnost površine:

ZELO DOBRA

segregabilnost:

NE

izločanje vode ("krvavenje"):

ZELO

ostalo: