

Izveštaj o vještačenju zgure odložene na lokaciji Crno brdo (k.č. 87/1 k.o. Biljane Donje)


broj: 217/22_rev0


datum: 5.7.2022.

naručitelj: **Republika Hrvatska, Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstv
 i državne imovine**
 Ulica Republike Austrije 20, HR-10000 Zagreb

ugovor: broj 20/2021-MV, klasa 406-07/21-01/213, urbroj 531-03-04-01/02-21-18 od
 5.11.2021.
 Aneks br. 1. ugovora klasa 406-07/21-01/213, urbroj 531-03-04/01-22-26 oc
 3.5.2022.

pružatelj usluge: **Ascon institut d.o.o.**
 Zagrebačka 14, Velika Kosnica, HR-10140 Velika Gorica

izveštaj izradili: **Dunja Ruža Petrinjak**, dipl.ing.geol. 

Emilija Barišić, dipl.ing.građ. 

Ascon institut d.o.o.,
 direktor: **Emilija Barišić**

Sadržaj

1	Uvod	4
2	Program vještačenja	4
3	Lokacija	5
4	Geodetsko mjerenje	6
5	Uzorkovanje	6
6	Granulometrijski sastav ukupne količine zgure	8
7	Utvrđivanje sadržaja i otpuštanja opasnih tvari	9
7.1	Općenito	9
7.2	Ispitivanje sadržaja i otpuštanja opasnih tvari zgure	9
7.3	Ispitivanje otpuštanja opasnih tvari iz betona pripremljenog od zgure kao agregata	10
7.4	Ispitivanje otpuštanja opasnih tvari iz bitumenskih mješavina pripremljenih od zgure kao agregata	11
8	Utvrđivanje radioaktivnosti	12
8.1	Općenito	12
8.2	Ispitivanje radioaktivnosti zgure	13
8.3	Ispitivanje radioaktivnosti betona pripremljenog od zgure kao agregata	13
8.4	Ispitivanje radioaktivnosti bitumenskih mješavina pripremljenih od zgure kao agregata	14
9	Utvrđivanje mogućnosti uporabe zgure kao agregata za beton	15
9.1	Općenito	15
9.2	Priprema uzoraka zgure za ispitivanje	15
9.3	Ispitivanje svojstava zgure i ocjena svojstava za uporabu kao agregata za beton	15
9.4	Ispitivanje i ocjena svojstava betona izrađenog od zgure kao agregata	16
10	Utvrđivanja mogućnosti uporabe zgure kao agregata za bitumenske mješavine i površinsku obradu cesta, aerodromskih pista i drugih prometnih površina	17
10.1	Općenito	17
10.2	Priprema uzoraka zgure za ispitivanje	17
10.3	Ispitivanje svojstava zgure i ocjena svojstava za uporabu kao agregata za bitumenske mješavine	17
10.4	Ispitivanje i ocjena svojstava bitumenske mješavine izrađene od zgure kao agregata	19
11	Utvrđivanja mogućnosti uporabe odložene zgure kao agregata za nevezane materijale za upotrebu u građevinarstvu	25
12	Zaključak	26
13	Referentni dokumenti	28

Prilozi

- Geodetski snimak broj 2021-21-0193-001-001, Geodezija d.o.o.
 - situacija.dwg
 - slojnice.dwg

- situacija_DOF_M200.pdf
 - situacija_M200.pdf
 - transparent_mosaic.tif
 - report.pdf
2. Izveštaji o ispitivanju agregata broj:
 - A-GR/9-19/22, A-LOS_8_22, A-UP-10-12_22, A-SA-1_22, A-CL-1_22, A-SI-3_22, A-SI-4_22, Ascon institut d.o.o., ukupni broj stranica 19
 - 72560-1433/22, 72560-1449/22, 72580-K-110/22 Institut IGH, d.d., ukupni broj stranica 8
 - 1249/22, 1249-dodatak/22, CSS d.o.o., ukupni broj stranica 8
 - 421/22-420-1, 421/22-420-2, Zavod za gradbeništvo Slovenije, ukupni broj stranica 8
 3. Izveštaji o ispitivanju opasnih tvari, Eurofins Croatiakontrola d.o.o.:
 - 22/otp/296-306, ukupni broj stranica 33
 - 22/otp/1787-1794, ukupni broj stranica 32
 - 22/otp/1795, ukupni broj stranica 4
 4. Izveštaji o ispitivanju radioaktivnosti broj, Institut Ruđer Bošković:
 - 016-1926/1/2022, 016-1926/2/2022, 016-1926/3/2022, 016-1926/4/2022, 016-1926/5/2022, 016-1926/6/2022, 016-1926/7/2022, 016-1926/8/2022, 016-1926/9/2022, 016-1926/10/2022, 016-1926/11/2022, ukupno stranica 44
 - 016-3808/1/2022, 016-3808/2/2022, 016-3808/3/2022, 016-3808/4/2022, 016-3808/5/2022, 016-3808/6/2022, 016-3808/7/2022, 016-3808/8/2022, 016-3808/9/2022, ukupno stranica 27
 - dopisi broj 016-1926/12/2022, 016-3808/10/2022, ukupno stranica 4
 5. Izveštaji o ispitivanju betona broj:
 - OB-Z/291-297_22, Ascon institut d.o.o., ukupno stranica 7
 6. Izveštaji o ispitivanju bitumenskih mješavina broj:
 - I-VT-044-2022, I-2022-295, I-VT-045-2022 i I-2022-296, I-VT-039-2022 i I-2022-290, I-VT-040-2022 i I-2022-292, I-VT-041-2022, I-2022-291 i I-2022-048, I-VT-042-2022 i I-2022-294, I-VT-043-2022, I-2022-293 i I-2022-047, I-VT-046-2022, I-2022-297, Viatest d.o.o., ukupno 44 stranice

1 Uvod

Vještačenje je provedeno u skladu s Tehničkom specifikacijom za vještačenje zgure odložene na lokaciji Crno brdo (k.č. 87/1 k.o. Biljane Donje) [1] u sastavu javne nabave evidencijski broj 20/2021-MV u periodu 5.11.2021. do 5.7.2022.

Prema podacima iz specifikacije:

- predmetna zgura je silikomanganska (SiMn), a rezultat je industrijske proizvodnje ferolegura u nekadašnjoj Tvornici elektroda i ferolegura iz Šibenika [2].
- količina deponirana na lokaciji Biljane Donje procijenjena je na oko 76.000 m³
- materijal je drobljena zgura veličine zrna do 25 mm, s udjelom sitnih čestica < 3 %, materijal na deponiju je nehomogen.

Svrha vještačenja je utvrđivanje mogućnosti uporabe odložene talioničke zgure u kombinaciji s drugim materijalom/ima za proizvodnju agregata za beton, agregata za bitumenske mješavine i površinsku obradu cesta, aerodromskih pista i drugih prometnih površina i agregata za nevezane i hidraulički vezane materijale za upotrebu u građevinarstvu; ocjena svojstava kombiniranih materijala prema odgovarajućim normama specifikacijama za pojedine predložene namjene te dodatna provjera radioaktivnosti i otpuštanja štetnih tvari u laboratorijski pripremljenim uzorcima.

2 Program vještačenja

Vještačenje je provedeno u skladu s programom prema specifikaciji [1], provedeno je:

1. mapiranje deponija geodetskim mjerenjem za utvrđivanje veličine i oblika deponija i količine materijala
2. utvrđivanje granulometrijskog sastava zgure na deponiju za procjenu udjela pojedinih frakcija
3. utvrđivanje mogućnosti upotrebe zgure kao industrijski proizvedenog agregata, same ili u kombinaciji s prirodnim agregatom, za proizvodnju:
 - a. agregata za beton
 - b. agregata za bitumenske mješavine
 - c. agregata za nevezane materijale,kroz:
 - ispitivanje zgure i razredbu svojstava zgure kao agregata prema odgovarajućim normama specifikacijama za pojedine namjene i ocjenu svojstava prema relevantnim tehničkim propisima i/ili granskim normama,
 - ispitivanje materijala koji sadrže zguru kao agregat: betona i bitumenskih mješavina i nevezanih mješavina.
4. utvrđivanje sadržaja i otpuštanja opasnih tvari i radioaktivnosti:
 - a. zgure kao odloženog materijala
 - b. konačnog proizvoda – betona, bitumenske mješavine i nevezanog materijalakroz ispitivanje zgure i materijala koji sadrže zguru kao agregat.

3 Lokacija

Deponij zgure Crno brdo smješten je u Biljanama Donjim, k.č. 87/1 k.o. Biljane Donje, oko 150 m sjeverno od autoceste A1.



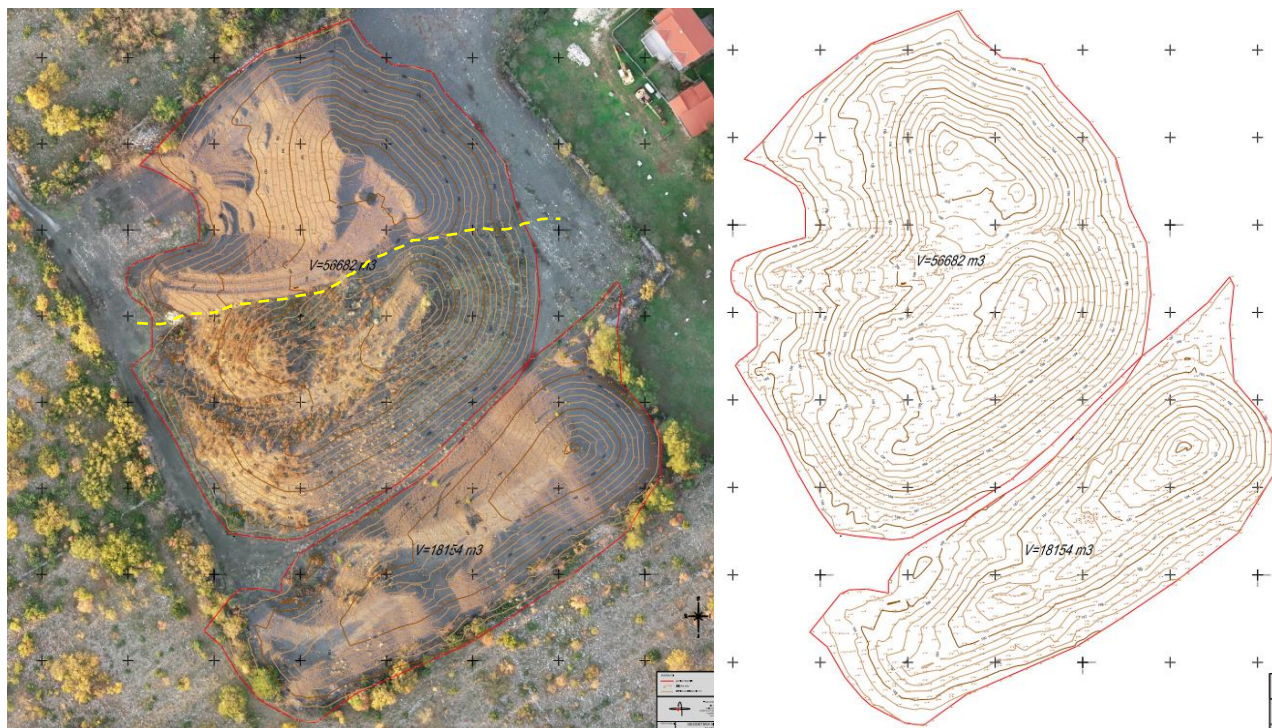
Slika 1 Prikaz lokacije na karti (Google maps)



Slike 2 i 3 Fotografije deponija – (2) pogled s južne strane, (3) pogled sa zapadne strane

4 Geodetsko mjerenje

Geodetsko snimanje provedeno je 30.11.2021. snimanjem iz zraka i obradom podataka u programu Pix4Dmapper. Na slikama 4 i 5 je geodetska situacija s prikazanim oblikom i granicama deponija i slojnicama ekvidistancije 1 m te iskazom količine materijala po dijelovima deponija.



Slike 4 i 5 Geodetska situacija

Deponij je tlocrtne veličine oko 112 (JZ-SI smjer) x 136 m (SZ-JI smjer), tlocrtne površine 12.512 m² (sjeverni, veći dio 7.923 m², a južni, manji dio 4.589 m²), visine 19 m (sjeverni, veći dio deponija), odnosno 16 m (južni, manji dio deponija).

Količina materijala na deponiju je:

- 56.682 m³ na sjevernom, većem dijelu deponija, od čega, razdvojeno crtkanom crtom na slici 4:
 - o 24.621 m³ sjeverna polovica
 - o 32.061 m³ južna polovica
- 18.154 m³ na južnom, manjem dijelu deponija
- **74.836 m³ – ukupna količina materijala na deponiju.**

Geodetski snimak broj 2021-21-0193-001-001 dan je u prilogu 1 ovom izvještaju. Sastoji se od datoteka: situacija.dwg, slojnice.dwg, situacija_DOE_M200.pdf, situacija_M200.pdf, transparent_mosaic.tif i report.pdf.

5 Uzorkovanje

Program uzorkovanja sastavljen je na temelju zahtjeva specifikacije na način da se osigura reprezentativnost uzorka za cijeli deponij. Na temelju podataka iz geodetskog snimka o obliku i veličini deponija, definiran je program uzorkovanja, odnosno količine i lokacije pozicija uzimanja uzoraka.

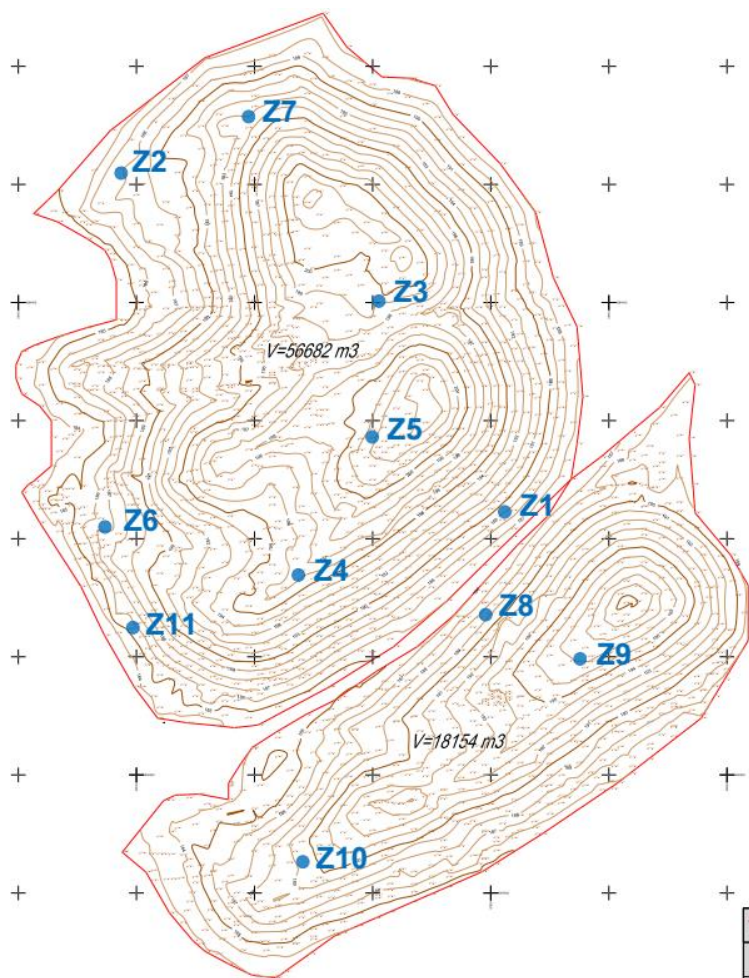
Uzimanje uzoraka provedeno je na sljedeći način (slike 6 i 7):

- uklanjanje površinskog sloja pokrivenog vegetacijom i nečistoćama
- iskop materijala s dubine od oko 1-2 m i formiranje malog deponija pokraj pozicije
- uzorkovanje u skladu s normom HRN EN 932-1, oko 150 kg zgre po poziciji.



Slike 6 i 7 Fotografije uzorkovanja

Uzimanje uzoraka provedeno je 26.1.2022. na 11 pozicija tlocrtno i visinski ravnomjerno raspoređenih po deponiju, oznaka Z1 do Z11, slika 8.



Slika 8 Pozicije uzorkovanja

6 Granulometrijski sastav ukupne količine zgure

Ispitan je granulometrijski sastav svih uzoraka prema HRN EN 933-1.

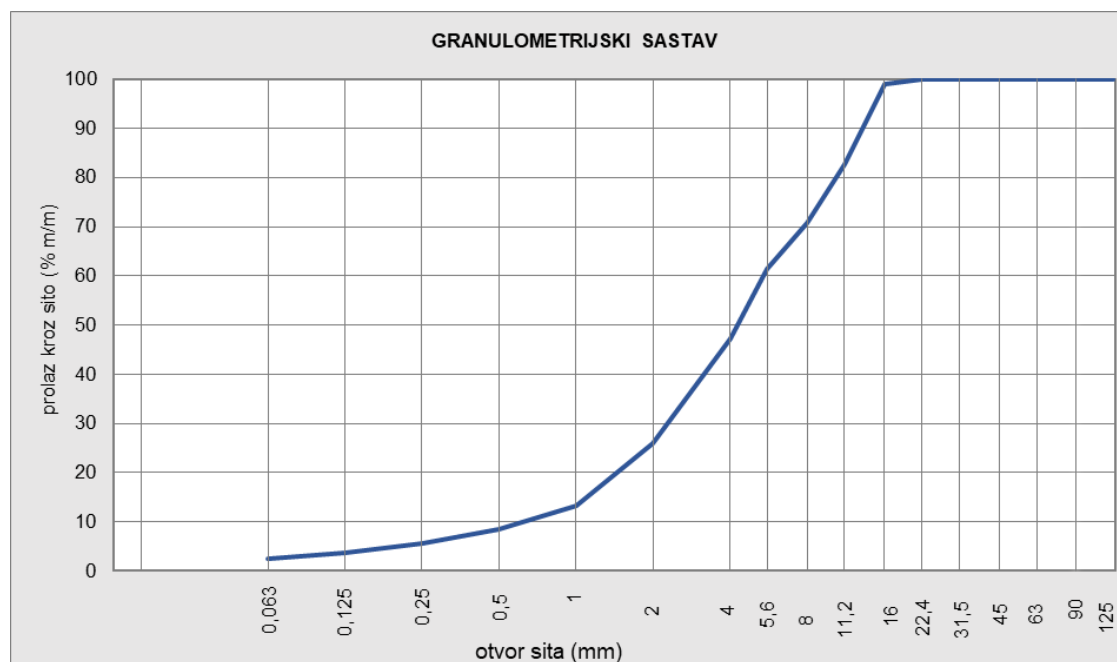
Utvrđeno je da je materijal:

- sjeverne polovice većeg, sjevernog dijela deponija (pozicije Z2, Z3 i Z7) krupni materijal uglavnom frakcije 8/16
- ostalih dijelova deponija (pozicije Z1, Z4, Z5, Z6, Z8, Z9, Z10 i Z11) u rasponu frakcija 0/8 do 0/11.

U tablici 1 prikazani su rezultati granulometrijskog sastava za uzorke sa svih pozicija te procijenjeni prosječni granulometrijski sastav. Na slici 7 prikazan je procijenjeni granulometrijski sastav cijelog deponija. Procijenjene količine materijala po frakcijama za uporabu u bitumenskim mješavinama i betonu prikazane su u tablici 2.

Tablica 1 Granulometrijski sastav uzoraka 1 do 11

pozicija	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	procijenjeno prosječno
lab. oznaka A-GR-	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
sito (mm)	prolaz kroz sito (%)											
0,063	3,1	0,6	0,8	3,3	2,4	5,4	0,7	0,6	1,0	2,2	6,1	2,4
0,125	5	1	1	6	4	8	1	1	1	3	9	4
0,25	10	1	1	10	8	11	1	1	2	5	12	6
0,5	16	2	2	16	14	15	1	1	2	7	17	8
1	27	2	2	25	23	22	2	2	4	11	24	13
2	48	4	3	38	41	41	2	15	24	29	40	26
4	72	8	5	54	66	70	3	46	71	60	64	47
5,6	83	13	6	68	84	85	4	76	94	85	78	61
8	92	19	14	83	93	92	12	92	99	95	86	71
11,2	97	31	50	96	97	96	52	99	100	99	93	83
16	100	97	99	100	99	99	98	100	100	99	97	99
22,4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100
31,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
pretežita frakcija	0/8	8/16	8/16	0/11	0/8	0/8	8/16	1/8	0/5,6	0/8	0/11	0/16



Slika 9 Procijenjen prosječni granulometrijski sastav cijelog deponija

Tablica 2 Procijenjene količine materijala po frakcijama za određenu namjeravanu uporabu

frakcija	količina materijala za namjeravanu uporabu (m3)			
	za bitumenske mješavine		za beton	
	(m3)	% od ukupne količine	(m3)	% od ukupne količine
0/4	35.271,3	47,1 %	35.271,3	47,1 %
4/8	17.583,4	23,5 %	17.583,4	23,5 %
8/11	9.061,1	12,1 %		
11/16	12.920,1	17,3 %		
8/16			21.981,2	29,4 %
ukupno 0/16:	74.836,0	100,0 %	74.836,0	100,0 %

7 Utvrđivanje sadržaja i otpuštanja opasnih tvari

7.1 Općenito

U skladu sa specifikacijom ispitano je otpuštanje opasnih tvari:

- a. zgure kao odloženog materijala, sve pozicije uzorkovanja, Z1 do Z11

Ispitani su svi parametri predviđeni specifikacijom, prema normama metodama ispitivanja navedenim u izvještajima o ispitivanju.

- b. betona izrađenog od zgure, 1 mješavina

Ispitano je otpuštanje onih opasnih tvari iz betona za koje je ispitivanjem zgure (pod a.) utvrđeno da premašuju dopuštene vrijednosti, odnosno policiklički aromatski ugljikovodici (PAH) i fenoli (Z3, Z4, Z8, Z10).

- c. bitumenskih mješavina izrađenih od zgure, 8 mješavina

Ispitano je otpuštanje onih opasnih tvari iz bitumenskih mješavina za koje je ispitivanjem zgure (pod a.) utvrđeno da premašuju dopuštene vrijednosti, odnosno policiklički aromatski ugljikovodici (PAH) i fenoli (Z1, Z3, Z4, Z8, Z10).

7.2 Ispitivanje sadržaja i otpuštanja opasnih tvari zgure

Priprema eluata i ispitivanja provedena su prema metodama navedenim u izvještajima o ispitivanju u prilogu 3. Rezultati ispitivanja i dopuštene vrijednosti dane su u tablici 3.

Tablica 3 Rezultati ispitivanja sadržaja i otpuštanja opasnih tvari zgure

redni broj	parametar	pozicija /oznaka uzorka											MDK ¹⁾	
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11		
fizikalno-kemijski pokazatelji														
1.	pH vrijednost kod 23 °C	8,2	8,1	8,1	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,1	8,0	8,0	-
metali, mg/kg st														
2.	arsen (As)	0,026	< 0,001	< 0,001	0,018	0,012	0,014	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,011	0,013	0,5	
3.	antimon (Sb)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,06	
4.	bakar (Cu)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2	
5.	barij (Ba)	0,058	0,053	0,072	0,273	0,051	0,297	0,049	0,062	0,046	0,078	0,517	20	
6.	cink (Zn)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	4	
7.	kadmij (Cd)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,04	
8.	krom (Cr)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,5	

redni broj	parametar	pozicija /oznaka uzorka											MDK ¹⁾	
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11		
9.	molibden (Mo)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,5
10.	nikal (Ni)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,4
11.	olovo (Pb)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,5
12.	selen (Se)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1
13.	živa (Hg)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,01
organski spojevi, mg/kg st														
14.	otopljeni organski ugljik (DOC)	207	85,1	71,1	82,8	58,5	102	42,7	80,0	65,5	83,6	65,0	500	
15.	ukupni organski ugljik (TOC)	15700	2555	2560	10700	13600	15000	2330	3950	2300	9400	19400	30000	
16.	fenolni indeks	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,935	1,05	< 0,050	< 0,050	0,632	0,512	1,33	1	
17.	mineralna ulja	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	500	
ioni, mg/kg st														
18.	kloridi	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	800	
19.	fluoridi	2,2	< 0,15	< 0,15	2,5	1,6	1,7	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	2,0	10	
20.	sulfati	33	< 0,35	5,3	408	189	362	3,7	6,7	14	13	846	1000	
organski spojevi, plinska kromatografija, mg/kg st														
21.	lakohlapljivi aromatski ugljikovodici, BTEX (benzen, toluen, etilbenzen i ksileni)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	6	
22.	poliklorirani bifenili (PCB)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1	
23.	polciklički aromatski ugljikovodici (PAH)	236	1,73	1,61	89,6	14,0	24,3	1,32	12,1	3,30	5,39	25,2	10	

¹⁾ MDK = maksimalna dopuštena količina prema Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada [5], prilog III Prilog III, odjeljak 1. Kriteriji za odlagališta inertnog otpada.

Rezultati ispitivanja sadržaja i otpuštanja opasnih tvari zgure pokazuju da uzorci Z6 i Z11 imaju sadržaj fenola veći od maksimalno dopuštene količine, a uzorci Z1, Z4, Z5, Z6, Z8 i Z11 imaju sadržaj policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH) veći od maksimalno dopuštene količine. Vrijednosti veće od dopuštenih označene su u tablici 3 crvenom bojom.

7.3 Ispitivanje otpuštanja opasnih tvari iz betona pripremljenog od zgure kao agregata

Priprema i opis sastava betona dani su u točki 9.4. Za pripremu betona upotrijebljena je zgura s pozicija Z3, Z4, Z8 i Z10. u udjelu od 70 % na ukupnu masu agregata.

Iz očvrslog betona izrađeni su uzorci za ispitivanje otpuštanja opasnih tvari veličine (4 x 4 x 7) cm, površine oplošja 144 cm², gustoće 2370 kg/m³. Uzorak je iz kalupa, ali ima jednu piljenu stranicu 4 x 4 cm, što znači da uzorak na 10 % ukupne površine oplošja ima izložena zrna zgure, što je na strani sigurnosti za rezultat ispitivanja otpuštanja opasnih tvari, naime, u realnim situacijama najčešće nema rezanih ploha betona.

Priprema eluata provedena je prema normi HRS CEN/TS 16637-2 za vremena eluiranja 6h, 24h, 54h, 4 dana, 9 dana, 16 dana i 35 dana za ispitivanje PAH-a, odnosno za vrijeme eluiranja 19 dana za ispitivanje fenola. Ispitivanje je provedeno u periodu 1.6. do 4.7.2022., prema metodama navedenim u izvještaju o ispitivanju u prilogu 3. Rezultati ispitivanja prikazani kao donja i gornja granica područja otpuštanja tvari, ri, kumulativno za svaki period, dani su u tablici 4.

Tablica 4 Rezultati ispitivanja sadržaja i otpuštanja PAH-ova iz betona pripremljenog od zgure kao agregata

korak	trajanje koraka eluiranja	kumulativno trajanje eluiranja	PAH (µg/L)		područje otpuštanja tvari, ri	
			c = LOQ	c = 0	gornja granica mg/m ²	donja granica mg/m ²
uzorak oznake 9 (1 mješavina betona)						
1.	6 h	6 h	0,135	0,1	0,0140625	0,010417
2.	18 h	1 dan	0,1	0	0,010416667	0
3.	1 dan i 6 sati	2 dana i 6 h	0,1	0	0,010416667	0
4.	1 dan i 18 sati	4 dana	0,1	0	0,010416667	0
5.	5 dana	9 dana	0,1	0	0,010416667	0
6.	7 dana	16 dana	0,1	0	0,010416667	0
7.	19 dana	35 dana	0,1	0	0,010416667	0
Rn (mg/m ²):					0,0765625	0,010417
PAH (mg/kg st):					< 0,001	-

Tablica 5 Rezultati ispitivanja fenolnog indeksa iz betona pripremljenog od zgure kao agregata

r.br.	oznaka uzorka betona	kumulativno trajanje eluiranja	fenolni indeks (mg/kg st)	MDK ¹⁾
1.	9	19 dana	< 0,050	1

Rezultati ispitivanja pokazuju da uzorak betona pripremljenog od zgure kao agregata ne otpušta PAH-ove i fenole više od dopuštenih vrijednosti.

7.4 Ispitivanje otpuštanja opasnih tvari iz bitumenskih mješavina pripremljenih od zgure kao agregata

Priprema i opis sastava bitumenskih mješavina dani su u točki 10.4. Za pripremu bitumenskih mješavina upotrijebljena je zgura s pozicija Z1, Z3, Z4, Z8 i Z10. u udjelu od 49 do 80 % zgure na ukupnu masu agregata.

Iz bitumenskih mješavina izrađeni su uzorci za ispitivanje otpuštanja opasnih tvari veličine ø100/h60 mm. Uzorak je iz kalupa, gornja ploha nastala zbijanjem Marshalovim zbijanjem, što je reprezentativno za realne situacije u asfaltnim kolnicima u smislu rubnih uvjeta.

Priprema eluata provedena je prema normi HRS CEN/TS 16637-2 za vremena eluiranja 6h, 24h, 54h, 4 dana, 9 dana, 16 dana i 35 dana za ispitivanje PAH-a, odnosno za vrijeme eluiranja 19 dana za ispitivanje fenola. Ispitivanje je provedeno u periodu 1.6. do 4.7.2022., prema metodama navedenim u izvještaju o ispitivanju u prilogu 3. Rezultati ispitivanja prikazani kao donja i gornja granica područja otpuštanja tvari, ri, kumulativno za svaki period, dani su u tablici 4.

Tablica 6 Rezultati ispitivanja sadržaja i otpuštanja PAH-ova iz bitumenskih mješavina pripremljenih od zgure kao agregata

korak	trajanje koraka eluiranja	kumulativno trajanje eluiranja	PAH (µg/L)		područje otpuštanja tvari, ri	
			c = LOQ	c = 0	gornja granica mg/m ²	donja granica mg/m ²
uzorci oznaka 1 do 8 (8 bitumenskih mješavina, rezultati isti za sve mješavine)						
1.	6 h	6 h	0,1	0	0,005441389	0
2.	18 h	1 dan	0,1	0	0,005441389	0
3.	1 dan i 6 sati	2 dana i 6 h	0,1	0	0,005441389	0
4.	1 dan i 18 sati	4 dana	0,1	0	0,005441389	0
5.	5 dana	9 dana	0,1	0	0,005441389	0

korak	trajanje koraka eluiranja	kumulativno trajanje eluiranja	PAH (µg/L)		područje otpuštanja tvari, ri	
			c = LOQ	c = 0	gornja granica mg/m ²	donja granica mg/m ²
6.	7 dana	16 dana	0,1	0	0,005441389	0
7.	19 dana	35 dana	0,1	0	0,005441389	0
Rn (mg/m ²):					0,038089725	0
PAH (mg/kg st):					< 0,001	-

Tablica 7 Rezultati ispitivanja fenolnog indeksa iz bitumenskih mješavina pripremljenih od zgure kao agregata

r.br.	oznaka uzorka bitumenske mješavine	kumulativno trajanje eluiranja	fenolni indeks (mg/kg st)	MDK ¹⁾
1.	1	19 dana	< 0,050	1
2.	2		< 0,050	
3.	3		< 0,050	
4.	4		< 0,050	
5.	5		< 0,050	
6.	6		< 0,050	
7.	7		< 0,050	
8.	8		< 0,050	

Rezultati ispitivanja pokazuju da uzorci bitumenskih mješavina pripremljenih od zgure kao agregata ne otpuštaju PAH-ove i fenole više od dopuštenih vrijednosti.

8 Utvrđivanje radioaktivnosti

8.1 Općenito

U skladu sa specifikacijom ispitana je radioaktivnost:

- a. zgure kao odloženog materijala, sve pozicije uzorkovanja, Z1 do Z11

Ispitani su svi parametri predviđeni specifikacijom (masena aktivnost radionuklida ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²²⁸Ra(²³²Th), ²³⁸U, ¹³⁷Cs), prema metodama ispitivanja navedenim u izvještajima o ispitivanju.

- d. betona izrađenog od zgure, 1 mješavina

Ispitana je radioaktivnost betona izrađenog od uzoraka zgure s pozija za koje je ispitivanjem zgure (pod a.) utvrđeno da premašuju dopuštene vrijednosti indeksa koncentracije aktivnosti radionuklida (Z3, Z4, Z8 i Z10).

- e. bitumenskih mješavina izrađenih od zgure, 8 mješavina

Ispitana je radioaktivnost bitumenskih mješavina izrađenih od uzoraka zgure s pozija za koje je ispitivanjem zgure (pod a.) utvrđeno da premašuju dopuštene vrijednosti indeksa koncentracije aktivnosti radionuklida (Z1, Z3, Z4, Z8 i Z10).

Indeks koncentracije aktivnosti izračunat je iz formule:

$$I = CRa226/300 \text{ Bq/kg} + CTh232/200 \text{ Bq/kg} + CK40/3000 \text{ Bq/kg}$$

gdje su CRa226, CTh232 i CK40 koncentracije aktivnosti,

prema članku 41. Pravilnika o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu [8].

Vrijednost Indeksa koji iznosi 1 može se koristiti kao konzervativni alat za prepoznavanje materijala koji mogu dovesti do prekoračenja referentne razine. Indeks se primjenjuje na građevni materijal, ne na njegove sastavne dijelove, osim kada su ti sastavni dijelovi sami građevni materijal i posebno se procjenjuju kao takvi. Za primjenu indeksa na takve sastavne dijelove, osobito rezidue iz industrija koje obrađuju materijale koji sadrže prirodne radionuklide, a koji se recikliraju u građevni materijal, treba primjenjivati odgovarajući faktor udjela [8].

8.2 Ispitivanje radioaktivnosti zgure

Ispitani su uzorci zgure uzorkovane veličine frakcije koja je u laboratoriju za ispitivanje radionuklida smanjena na veličinu volumena komore za ispitivanje $\varnothing 60/h45$ mm. Ispitivanje je provedeno gamaspektrometrijskim mjerenjem koncentracije aktivnosti/masene aktivnosti radionuklida ^{40}K , ^{226}Ra , $^{228}\text{Ra}^{(232}\text{Th)}$, ^{238}U , ^{137}Cs .

Tablica 8 Rezultati ispitivanja masene aktivnosti radionuklida zgure

r. br.	parametar	masena aktivnost (a) (Bq/kg)										
		pozicija /oznaka uzorka										
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11
1.	^{40}K	420	533	568	500	432	589	516	667	513	662	437
2.	^{226}Ra	153	189	230	198	162	223	172	241	191	232	171
3.	$^{228}\text{Ra}^{(232}\text{Th)}$	34,3	36,5	53	40,9	35,1	50,2	41,6	59,5	37,7	62,8	35,9
4.	^{238}U	141	179	174	195	143	213	178	241	185	235	180
5.	^{137}Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,663
indeks koncentracije aktivnosti prema [8]		0,82148	0,99097	1,22188	1,03040	0,86009	1,19050	0,95374	1,32192	0,99741	1,30843	0,89572

Ako se prema preporuci iz pravilnika [8], navedenoj u točki 8.2 za kriterij indeksa koncentracije aktivnosti primijeni vrijednost indeksa 1, prema rezultatima ispitivanja uzorci s pozicija Z3, Z4, Z6, Z8 i Z10 imaju indeks koncentracije aktivnosti veći od 1.

Za pozicije Z1, Z2, Z5, Z7, Z9 i Z11 indeks koncentracije aktivnosti je manji od 1.

8.3 Ispitivanje radioaktivnosti betona pripremljenog od zgure kao agregata

Priprema i opis sastava betona dani su u točki 9.4. Za pripremu betona upotrijebljena je zgura s pozicija Z3, Z4, Z8 i Z10 u udjelu od 70 % zgure na ukupnu masu agregata.

Iz očvrstlog betona izrađeni su uzorci za ispitivanje otpuštanja opasnih tvari veličine (4 x 4 x 4) cm. Uzorak je dobiven piljenjem uzorka iz kalupa na veličinu 4 x 4 x 4 cm zbog veličine komore za ispitivanje $\varnothing 60/h45$ mm.

Tablica 9 Rezultati ispitivanja masene aktivnosti radionuklida betona pripremljenog od zgure kao agregata

r. br.	parametar	masena aktivnost (a) (Bq/kg)
1.	^{40}K	484
2.	^{226}Ra	155
3.	$^{228}\text{Ra}^{(232}\text{Th)}$	38,3
4.	^{238}U	83,8
indeks koncentracije aktivnosti prema [8]		0,87065

Prema rezultatima ispitivanja za uzorak betona pripremljenog od zgure kao agregata, indeks koncentracije aktivnosti je manji od 1. Prema tome se za beton s udjelom zgure od xx % na ukupnu masu može smatrati da neće prekoračiti referentnu razinu.

8.4 Ispitivanje radioaktivnosti bitumenskih mješavina pripremljenih od zgure kao agregata

Priprema i opis sastava bitumenskih mješavina dani su u točki 10.4. Za pripremu bitumenskih mješavina upotrijebljena je zgura s pozicija Z1, Z3, Z4, Z8 i Z10. u udjelu od 49 do 80 % na ukupnu masu agregata.

Iz bitumenskih mješavina izrađeni su uzorci za ispitivanje radioaktivnosti veličine 4 x4 x4 cm, zbog veličine komore za ispitivanje $\varnothing 60/h45$ mm. Uzorak je dobiven piljenjem uzorka iz kalupa, piljene stranice su premazane tankim slojem bitumena da se osiguraju rubni uvjeti, osim za uzorke broj 1. 4 i 6 (bitumenske mješavine za habajući sloj asfalta) za koje je jedna stranica ostavljena kao rezna ploha.

Tablica 10 Rezultati ispitivanja masene aktivnosti radionuklida bitumenskih mješavina pripremljenih od zgure kao agregata

r. br.	parametar	masena aktivnost (a) (Bq/kg)							
		oznaka uzorka							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	⁴⁰ K	360	442	330	359	215	446	273	183
2.	²²⁶ Ra	132	156	118	118	78,8	155	109	73,3
3.	²²⁸ Ra(²³² Th)	31,1	42	23,8	33,6	18,2	42,4	23,6	15,2
4.	²³⁸ U	123	74,9	102	53,4	62,7	71,8	68,7	58,8
	indeks koncentracije aktivnosti prema [8]	0,71537	0,87614	0,62094	0,68159	0,42534	0,87689	0,57411	0,38132

Prema rezultatima ispitivanja za uzorke bitumenskih mješavina pripremljenih od zgure kao agregata, indeks koncentracije aktivnosti je manji od 1

9 Utvrđivanje mogućnosti uporabe zgre kao agregata za beton

9.1 Općenito

Ispitana su sva propisana svojstva zgre kao agregata za beton te je provedena ocjena u skladu s Tehničkim propisom za betonske konstrukcije (TPBK), Prilog D [9]. Izrađena je mješavina betona i ispitana su svojstva betona u skladu sa specifikacijom.

9.2 Priprema uzoraka zgre za ispitivanje

Uzorkovani materijal s deponija razdvojen je na frakcije 0/4, 4/8 i 8/16 suhim sijanjem. Iz pripremljenih frakcija uzorkovani su uzorci za ispitivanje prema HRN EN 932-1 i HRN EN 932-2.

9.3 Ispitivanje svojstava zgre i ocjena svojstava za uporabu kao agregata za beton

U tablici 11 prikazani su rezultati ispitivanja zgre kao agregata za beton te utvrđivanje razreda /graničnih vrijednosti u skladu s HRN EN 12620 i ocjenjivanje svojstava prema Tehničkom propisu za betonske konstrukcije, Prilog D [9].

Tablica 11 Svojstva, ispitivanja i ocjena zgre kao agregata za beton

redni broj	svojstvo		metoda ispitivanja	rezultati ispitivanja			granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 12620 [13]			zahtjev za svojstvo prema TPBK-u [9]
				frakcija			frakcija			
				0/4	4/8	8/16	0/4	4/8	8/16	
1.	granulo-metrijski sastav (%)	sito (mm)	HRN EN 933-1							0/4 G _r 85 4/8 G _c 80/20 8/16 G _c 80/20
		0,063		3,2	0,1	0,1				
		0,125		5	0	0				
		0,25		9	0	0				
		0,5		14	0	0				
		1		25	0	0				
		2		52	0	1		0-5		
		4		100	6	2	85-99	0-20	0-5	
		5,6			54	3	95-100			
		8			96	8	100	85-99	0-20	
		11,2			100	49		98-100		
		16				95		100	85-99	
		22,4				100			98-100	
		31,5							100	
2.	sadržaj sitnih čestica (%)	HRN EN 933-1	3,2	0,1	0,1	f ₁₀	f _{1,5}	f _{1,5}	maks. 0/4 f ₁₀ 4/8, 8/16 f _{1,5}	
3.	kvaliteta sitnih čestica, MB	HRN EN 933-9	0,5	-	-	MB10	-	-	0/4 maks. MB10	
4.	krupnoća/sitnoća, prolaz na situ 0,5 (%)	HRN EN 933-1	14	-	-	CP	-	-	CP	
5.	oblik zrna krupnog agregata, SI	HRN EN 933-4	-	20	15	-	SI20	SI15	maks. SI20	
6.	otpornost na drobljenje, LA	HRN EN 1097-2	-	-	15	LA20			maks. LA30	
7.	sadržaj sulfata topivog u kiselini (%)	HRN EN 1744-1, t.12	0,8	-	-	AS1,0			maks. AS1,0	
8.	sadržaj ukupnog sumpora (%)	HRN EN 1744-1, t.11	0,2	-	-	2 %			≤ 2 %	
9.	sadržaj klorida (%)	HRN EN 1744-1, t.7	0,043	-	-	deklarirati			≤ 0,15 % za nearmirani,	

redni broj	svojstvo		metoda ispitivanja	rezultati ispitivanja			granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 12620 [13]			zahtjev za svojstvo prema TPBK-u [9]
				frakcija			frakcija			
				0/4	4/8	8/16	0/4	4/8	8/16	
									≤ 0,06 % za armirani beton	
10.	nasipna gustoća (Mg/m ³)		HRN EN 1097-3	1,58	1,31	1,48	deklarirati			ispituje se
11.	gustoća zrna (Mg/m ³) i upijanje vode (%)	ρ _a	HRN EN 1097-6	2,95	2,94	2,93	deklarirati			ispituje se
		ρ _{rd}		2,90	2,91	2,91				
		ρ _{ssd}		2,92	2,92	2,92				
		Wa24		0,7	0,3	0,2				
12.	otpornost na površinsku abraziju (%)		HRN EN 1097-8, dodatak A	-	-	2,4	AAV10			maks. AV20
13.	sadržaj humusa		HRN EN 1744-1 toč.15.1	nije moguće ispitati			-			ne smije sadržavati
14.	kemijski sastav (%)		HRN EN 932-3	oksid	[2]	[3]	-			-
				SiO ₂	34,3	36,4				
				Al ₂ O ₃	15,3	12,6				
				Mn ₂ O ₃	15,6	-				
				MnO	-	15,1				
				CaO	8,3	16,2				
				MgO	5,1	10,0				
				K ₂ O	1,9	2,2				
				Na ₂ O	0,6	0,5				
				Fe ₂ O ₃	1,1	1,3				
			TiO ₂	0,7	-					
15.	otpornost na smrzavanje (%)		HRN EN 1367-2	-	-	1	MS18			maks. MS25 za XF1, XF3 MS18 za XF2, XF4
16.	skupljanje uslijed sušenja (%)		HRN EN 1367-4	0,023			≤ 0,075			≤ 0,075
17.	raspadanje dikalcijevog silikata		HRN EN 1744-1, t.19.1	ne sadrži (vidi 14.)			ne smije sadržavati			ne smije sadržavati
18.	raspadanje željeza		HRN EN 1744-1, t. 19.2	ne sadrži			ne smije sadržavati			ne smije sadržavati
19.	alkalno-silikatna reakcija		ASTM C1260	nije reaktivna			deklarirati			mjere u slučaju prisutnosti
20.	lagani organski zagađivači		HRN EN 1744-1, t.14.2.	-	0,0	0,0	ne smije sadržavati			ne smije sadržavati

Rezultati ispitivanja zgre kao agregata za beton pokazuju da su zadovoljeni svi zahtjevi norme HRN EN 206 i Tehničkog propisa za betonske konstrukcije.

9.4 Ispitivanje i ocjena svojstava betona izrađenog od zgre kao agregata

Izrađen je beton oznake C(0,45) D_{max}16 prema normi HRN EN 1766 uz primjenu prirodnog agregata i zgre u omjeru 30:70 %.

Tablica 12 Sastav betona

sastojak		masa za 1 m ³ (kg)
cement	NEXE CEM II A-S 42.5 R	380,0
voda	gradski vodovod	171,0
vodocementni omjer (v/c)	0,45	-

sastojak			masa za 1 m ³ (kg)	
kemijski dodatak betonu - superplastifikator	MasterGlenium 695	1,0 %	1,06	
agregat	Igma d.o.o., Koprivnica	0/4	30,0 %	557,2
		0/4	15,0 %	309,5
	zgura, Crno brdo	4/8	30,0 %	619,1
		8/16	25,0 %	515,9

Tablica 13 Rezultati ispitivanja betona

redni broj	svojstvo	metoda ispitivanja	rezultat ispitivanja	
			pojedinačna vrijednost	srednja vrijednost
1.	konzistencija (mm)	HRN EN 12350-2	140	-
2.	tlačna čvrstoća, 7 dana starosti, (MPa)	HRN EN 12390-3	55,4	53,4
			51,3	
3.	tlačna čvrstoća, 14 dana starosti, (MPa)		61,1	60,6
			60,1	
4.	tlačna čvrstoća, 28 dana starosti, (MPa)		68,6	69,4
			71,1	
			72,1	

Rezultati ispitivanja zgre kao agregata za beton pokazuju da su zadovoljeni svi zahtjevi norme HRN EN 206 i Tehničkog propisa za betonske konstrukcije. Beton je postigao tlačnu čvrstoću u razini čvrstoća betona s prirodnim agregatom.

10 Utvrđivanja mogućnosti uporabe zgre kao agregata za bitumenske mješavine i površinsku obradu cesta, aerodromskih pista i drugih prometnih površina

10.1 Općenito

Ispitana su sva propisana svojstva zgre kao agregata za bitumenske mješavine te je provedena ocjena u skladu s Tehničkim propisom za asfaltne kolnike (TPAK) [11]. U specifikaciji [1] je za ocjenu svojstava bitumenskih mješavina naveden dokument Tehnički uvjeti za asfaltne kolnike [10], koji je u međuvremenu postao nevažeći stavljanjem na snagu TPAK-a.

Izrađene su bitumenske mješavine i ispitana su svojstva bitumenskih mješavina u skladu sa specifikacijom.

10.2 Priprema uzoraka zgre za ispitivanje

Uzorkovani materijal s deponija razdvojen je na frakcije 0/4, 4/8 i 8/16 suhim sijanjem. Iz pripremljenih frakcija uzorkovani su uzorci za ispitivanje prema HRN EN 932-1 i HRN EN 932-2.

10.3 Ispitivanje svojstava zgre i ocjena svojstava za uporabu kao agregata za bitumenske mješavine

U tablici 14 prikazani su rezultati ispitivanja zgre kao agregata za bitumenske mješavine te utvrđivanje razreda /graničnih vrijednosti u skladu s HRN EN 13043 i ocjenjivanje svojstava prema Tehničkom propisu za asfaltne kolnike [11].

Tablica 14 Svojstva, ispitivanja i ocjena zgre kao agregata za bitumenske mješavine

redni broj	svojstvo		metoda ispitivanja	rezultati ispitivanja			granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13043 [16]			zahtjev za svojstvo prema TPAK-u [11]
				frakcija			frakcija			
				0/4	4/8	8/16	0/4	4/8	8/16	
1.	granulometrijski sastav (%)	sito (mm)	HRN EN 933-1							0/4 G _A 90 4/8 G _C 90/15 8/16 G _C 90/15
		0,063		3,2	0,1	0,1				
		0,125		5	0	0				
		0,25		9	0	0				
		0,5		14	0	0				
		1		25	0	0				
		2		52	0	1		0-5		
		4		100	6	2	85-99	0-15	0-5	
		5,6			54	3	95-100			
		8			96	8	100	90-99	0-15	
		11,2			100	49		98-100		
		16				95		100	90-99	
		22,4				100			98-100	
31,5						100				
2.	sadržaj sitnih čestica (%)		HRN EN 933-1	3,2	0,1	0,1	f ₁₀	f ₁	f ₁	maks: AG4 i AG6 0/4 f ₁₀ AG4 4/8, 8/16 f ₁ AG6 4/8, 8/16 f ₂
3.	kvaliteta sitnih čestica, MB		HRN EN 933-9	0,5	-	-	MBf10	-	-	0/4 maks. MBf10
4.	oblik zrna krupnog agregata, FI		HRN EN 933-3	-	20	10	-	FI20	FI15	maks. FI20
5.	koeficijent protoka		HRN EN 933-6	45	-	-	ECS38	-	-	min. ECS30
6.	otpornost na drobljenje, LA		HRN EN 1097-2	-	-	15	LA20			maks. LA30
7.	otpornost na habanje, MDE		HRN EN 1097-1	-	-	6	MDE10			maks. MDE20
21.	gustoća zrna (Mg/m ³) i upijanje vode (%)	ρ _a	HRN EN 1097-6	2,95	2,94	2,93	deklarirati			ispituje se
		ρ _{rd}		2,90	2,91	2,91				
		ρ _{ssd}		2,92	2,92	2,92				
		Wa24		0,7	0,3	0,2				
8.	otpornost na toplinski šok, VLA		HRN EN 1367-5	-	-	4	deklarirati			-
9.	određivanje prionjivosti između agregata i bitumena (%)		HRN EN 12697-11, metoda A			90 % (6h)	deklarirati			AG4 ≥ 80 % (6h) AG6 ≥ 70 % (6h)
10.	otpornost na površinsku abraziju (%)		HRN EN 1097-8, dodatak A	-	-	2,4	AAV10			maks. AV20
11.	kemijski sastav (%)		HRN EN 932-3	oksid	[2]	[3]	-			-
				SiO ₂	34,3	36,4				
				Al ₂ O ₃	15,3	12,6				
				Mn ₂ O ₃	15,6	-				
				MnO	-	15,1				
				CaO	8,3	16,2				
				MgO	5,1	10,0				
				K ₂ O	1,9	2,2				
				Na ₂ O	0,6	0,5				
				Fe ₂ O ₃	1,1	1,3				
TiO ₂	0,7	-								
12.	otpornost na smrzavanje (%)		HRN EN 1367-2	-	-	1	MS18			maks. MS18

redni broj	svojstvo	metoda ispitivanja	rezultati ispitivanja			granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13043 [16]			zahtjev za svojstvo prema TPAK-u [11]
			frakcija			frakcija			
			0/4	4/8	8/16	0/4	4/8	8/16	
13.	otpornost na polirnost	HRN EN 1367-4	-	-	42	PSVdekI42			min. PSVdekI30
14.	krupni lagani organski zagađivači	HRN EN 1744-1, t.14.2	-	0,0	0,0	mLPC0,1			maks. mLPC0,1
15.	raspadanje dikalcijevog silikata	HRN EN 1744-1, t.19.1	ne sadrži (vidi 14.)			ne smije sadržavati			ne smije sadržavati
16.	raspadanje željeza	HRN EN 1744-1, t. 19.2	ne sadrži			ne smije sadržavati			ne smije sadržavati
17.	volumna stabilnost čeličanske troske	HRN EN 1744-1, t. 19.3	0,18 %			V _{3,5}			maks. V _{3,5}

Rezultati ispitivanja zgure kao agregata za bitumenske mješavine pokazuju da su zadovoljeni svi zahtjevi norme HRN EN 13043 i Tehničkog propisa za asfaltni kolnik.

10.4 Ispitivanje i ocjena svojstava bitumenske mješavine izrađene od zgure kao agregata

Izrađene su bitumenske mješavine za habajući (2 kom.) i nosivi sloj (5 kom.) asfaltnog kolnika prema specifikaciji i dodatno 1 mješavina za habajući sloj s PmB bitumenom.

Za izradu bitumenskih mješavina su uz zguru upotrijebljeni sljedeći proizvodi:

- prirodni drobljeni agregat 0/4 mm, Kamenolom Srebrenik, Jablan d.o.o, Potpeć, BIH-75350 Srebrenik
- punilo, 16/22 i 16/32 mm, Kamenolom Špica, Kaming d.d., Zagorska 1, HR-42222 Ljubešćica
- bitumen, cestograđevni 50/70, MOL Hungarian Oil and Gas Public Limited Company, Mađarska

Tablica 15 Sastav bitumenskih mješavina

broj mješavine	oznaka bitumenske mješavine	sastojak	porijeklo	vrsta /pozicija	udio u masi agregata (%)		udio u smjesi (%)
6	AC 11 surf 50/70 AG4 M4	zgura	Crno brdo	0/4 (Z8)	31,4	74,1	
				4/8 (Z1)	23,8		
				8/16 (Z1)	19,0		
		prirodni agregat	Srebrenik	0/4	2,66	25,9	
			--	16/22	-		
				16/32	-		
punilo	Špica	-	4,9				
bitumen	MOL	50/70	-		5,2		
4	AC 8 surf 50/70 AG4 M4	zgura	Crno brdo	0/4 (Z8)	27	59,7	
				4/8 (Z8)	32,7		
				8/16	-		
		prirodni agregat	Srebrenik	0/4	36,6	40,3	
			-	16/22	-		
			-	16/32	-		
punilo	Špica	-	3,7				
bitumen	MOL	50/70			5,8		
2	AC 16 base 50/70 AG6 M2	zgura	Crno brdo	0/4 (Z8)	27,6	80,0	
				4/8 (Z1)	16,2		
				8/16 (Z4)	36,2		
			Srebrenik	0/4	15,2	20	

broj mješavine	oznaka bitumenske mješavine	sastojak	porijeklo	vrsta /pozicija	udio u masi agregata (%)		udio u smjesi (%)
		prirodni agregat	-	16/22	-		
			-	16/32	-		
		punilo	Špica	-	4,7		
		bitumen	MOL	50/70			
7	AC 22 base 50/70 AG6 M1	zgura	Crno brdo	0/4 (Z8)	21,0	61,9	
				4/8 (Z1)	14,3		
				8/16 (Z4)	26,6		
		prirodni agregat	Srebrenik	0/4	13,4	38,1	
			Špica	16/22	20,0		
			-	16/32	-		
		punilo	Špica	-	4,7		
		bitumen	MOL	50/70			
3	AC 22 base 50/70 AG6 M2	zgura	Crno brdo	0/4 (Z10)	21,0	61,9	
				4/8 (Z1)	14,3		
				8/16 (Z4)	26,6		
		prirodni agregat	Srebrenik	0/4	13,4	38,1	
			Špica	16/22	20,0		
			-	16/32	-		
		punilo	Špica	-	4,7		
		bitumen	MOL	50/70			
8	AC 32 base 50/70 AG6 M1	zgura	Crno brdo	0/4 (Z8)	15,4	49,0	
				4/8 (Z8)	11,5		
				8/16 (Z1)	22,1		
		prirodni agregat	Srebrenik	0/4	15,6	51,0	
			-	16/22	-		
			Špica	16/32	31,7		
		punilo	Špica	-	3,7		
		bitumen	MOL	50/70			
5	AC 32 base 50/70 AG6 M2	zgura	Crno brdo	0/4 (Z8)	15,4	49,0	
				4/8 (Z1)	11,5		
				8/16 (Z3)	22,1		
		prirodni agregat	Srebrenik	0/4	15,6	51,0	
			-	16/22	-		
			Špica	16/32	31,7		
		punilo	Špica	-	3,7		
		bitumen	MOL	50/70			
1	AC 11 surf 45/80-65 AG3 M3	zgura	Crno brdo	0/4 (Z8)	31,4	74,1	
				4/8 (Z1)	23,8		
				8/16 (Z1)	19,0		
		prirodni agregat	Srebrenik	0/4	20,9	25,9	
			-	16/22	-		
			-	16/32	-		
		punilo	Špica	-	4,9		
		bitumen	MOL	50/70			

Rezultati ispitivanja, granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13108-1 i zahtjevi za svojstva prema TPAK-u dani su u tablicama 16 do 23.

Tablica 16 Rezultati ispitivanja i zahtjevi za svojstva za bitumensku mješavinu broj 4 - AC 8 surf 50/70 AG4 M4

redni broj	svojstvo /metoda ispitivanja		metoda ispitivanja	rezultat ispitivanja	granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13108-1 ¹⁾	zahtjev za svojstvo prema TPAK-u ²⁾
1.	granulometrijski sastav (%)	0,063	HRN EN 12697-2	9,2	2,0-13,0	3,0-11,0
		0,25		15	-	8-30
		1		31	-	20-45
		2		47	10-72	33-58
		4		67	-	54-84
		8		100	90-100	90-100
		11,2			100	100
2.	udio bitumena (%)		HRN EN 12697-1	5,6	Bmin5,4	-
3.	udio šupljina, V (%)		HRN EN 12697-8	5,9	Vmin5,5	Vmin1,5
					Vmax6	Vmax4
4.	ispuna šupljina bitumenom (%)		EN 12697-8	69,1	VFBmin65	VFBmin70
					VFBmax71	VFBmax86
5.	najmanji omjer indirektno vlačne čvrstoće ITSR (%)		EN 12697-12	89,3	ITSR80	ITSR70
¹⁾ HRN EN 13108-1 [17], tablice 1, 3, 4, 5, 13, 18 i 19						
²⁾ TPAK [11], tablice A3 i A4						

Rezultati ispitivanja dani su u izvještajima broj I-VT-044-2022 i I-2022-295, prilog 6.

Tablica 17 Svojstva, rezultati ispitivanja i ocjena bitumenske mješavine broj 6 - AC 11 surf 50/70 AG4 M4

redni broj	svojstvo /metoda ispitivanja		metoda ispitivanja	rezultat ispitivanja	granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13108-1 ¹⁾	zahtjev za svojstvo prema TPAK-u ²⁾
1.	granulometrijski sastav (%)	sito (mm)	HRN EN 12697-2			
		0,063		8,4	2,0-12,0	3,0-10,0
		0,25		13	-	6-27
		1		25	-	16-41
		2		37	10-60	25-50
		4		56	-	42-73
		8		80	-	70-92
		11,2		89	90-100	90-100
		16		100	100	100
2.	udio bitumena (%)		HRN EN 12697-1	4,6	Bmin4,4	-
3.	udio šupljina, V (%)		HRN EN 12697-8	6,3	Vmin6,0	Vmin1,5
					Vmax7	Vmax4
4.	ispuna šupljina bitumenom (%)		EN 12697-8	63,6	VFBmin60	VFBmin70
					VFBmax65	VFBmax86
5.	najmanji omjer indirektno vlačne čvrstoće ITSR (%)		EN 12697-12	91,7	ITSR90	ITSR70
¹⁾ HRN EN 13108-1[17], tablice 1, 3, 4, 5, 13, 18 i 19						
²⁾ TPAK [11], tablice A3 i A4						

Rezultati ispitivanja dani su u izvještajima broj I-VT-045-2022 i I-2022-296, prilog 6.

Tablica 18 Svojstva, rezultati ispitivanja i ocjena bitumenske mješavine 2 - AC 16 base 50/70 AG6 M2

redni broj	svojstvo /metoda ispitivanja		metoda ispitivanja	rezultat ispitivanja	granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13108-1 ¹⁾	zahtjev za svojstvo prema TPAK-u ²⁾
1.	granulometrijski sastav (%)	sito (mm)	HRN EN 12697-2			
		0,063		7,8	0,0-12,0	2,0-10,0
		0,25		12	-	5-24
		1		22	-	14-39
		2		33	10-50	22-47
		4		47	-	35-65
		8		68	-	56-84
		11,2		84		-
		16		99	90-100	90-100
		22,4		100	100	100
2.	udio bitumena (%)		HRN EN 12697-1	4,1	Bmin4,0	-
3.	udio šupljina, V (%)		HRN EN 12697-8	6,8	Vmin6,0	Vmin4
4.	ispuna šupljina bitumenom (%)				EN 12697-8	59,7
					VFBmax62	VFBmax80
5.	najmanji omjer indirektna vlačne čvrstoće ITSR (%)		EN 12697-12	96,1	ITSR90	ITSRNR
¹⁾ HRN EN 13108-1[17], tablice 1, 3, 4, 5, 13, 18 i 19						
²⁾ TPAK [11], tablice A10 i A11						

Rezultati ispitivanja dani su u izvještajima broj I-VT-039-2022 i I-2022-290, prilog 6.

Tablica 19 Svojstva, rezultati ispitivanja i ocjena bitumenske mješavine 3 - AC 22 base 50/70 AG6 M2

redni broj	svojstvo /metoda ispitivanja		metoda ispitivanja	rezultat ispitivanja	granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13108-1 ¹⁾	zahtjev za svojstvo prema TPAK-u ²⁾
1.	granulometrijski sastav (%)	sito (mm)	HRN EN 12697-2			
		0,063		7,3	0,0-11,0	2,0-10,0
		0,25		11	-	5-22
		1		19	-	11-36
		2		27	10-50	18-43
		4		38	-	29-59
		8		54	-	-
		11,2		64	-	57-83
		16		81	-	-
		22,4		100	90-100	90-100
	31,5	100	100			
2.	udio bitumena (%)		HRN EN 12697-1	3,4	Bmin3,2	-
3.	udio šupljina, V (%)		HRN EN 12697-8	7,0	Vmin6,0	Vmin4
4.	ispuna šupljina bitumenom (%)				EN 12697-8	53,9
					VFBmax80	VFBmax80
6.	najmanji omjer indirektna vlačne čvrstoće ITSR (%)		EN 12697-12	91,4	ITSR90	ITSRNR
¹⁾ HRN EN 13108-1[17], tablice 1, 3, 4, 5, 13, 18 i 19, ²⁾ TPAK [11], tablice A10 i A11						

Rezultati ispitivanja dani su u izvještajima broj I-VT-040-2022 i I-2022-292, prilog 6.

Tablica 20 Svojstva, rezultati ispitivanja i ocjena bitumenske mješavine 7 - AC 22 base 50/70 AG6 M1

redni broj	svojstvo /metoda ispitivanja		metoda ispitivanja	rezultat ispitivanja	granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13108-1 ¹⁾	zahtjev za svojstvo prema TPAK-u ²⁾
1.	granulometrijski sastav (%)	sito (mm)	HRN EN 12697-2			
		0,063		6,9	0,0-11,0	2,0-10,0
		0,25		10	-	5-22
		1		18	-	11-36
		2		25	10-50	18-43
		4		36	-	29-59
		8		53	-	-
		11,2		64	-	57-83
		16		83	-	-
		22,4		100	90-100	90-100
	31,5	100	100	100		
2.	udio bitumena (%)		HRN EN 12697-1	3,5	Bmin3,4	-
3.	udio šupljina, V (%)		HRN EN 12697-8	6,8	Vmin6,0	Vmin5
					Vmax7	Vmax8
4.	ispuna šupljina bitumenom (%)		EN 12697-8	55,7	VFBmin50	VFBminNR
					VFBmax56	VFBmaxNR
5.	najmanji omjer indirektna vlačne čvrstoće ITSR (%)		EN 12697-12	95,3	ITSR90	ITSR70
6.	najveća brzina deformacije, WTS _{AIR} , (mm/10 ³ ciklusa)		EN 12697-22	0,03	WTS _{AIR} 0,05	WTS _{AIR} 0,10
7.	najveća relativna dubina kolotruga, PRD _{AIR} (%)		EN 12697-22	3,6	PRD _{AIR} 5,0	PRD _{AIR} 7,0

¹⁾ HRN EN 13108-1 [17], tablice 1, 3, 4, 5, 8, 9, 13, 18 i 19, ²⁾ TPAK [11], tablice A10 i A11

Rezultati ispitivanja dani su u izvještajima broj I-VT-041-2022, I-2022-291 i I-2022-048, prilog 6.

Tablica 21 Svojstva, rezultati ispitivanja i ocjena bitumenske mješavine 5 - AC 32 base 50/70 AG6 M2

redni broj	svojstvo /metoda ispitivanja		metoda ispitivanja	rezultat ispitivanja	granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13108-1 ¹⁾	zahtjev za svojstvo prema TPAK-u ²⁾
1.	granulometrijski sastav (%)	sito (mm)	HRN EN 12697-2			
		0,063		6,5	0,0-11,0	2,0-10,0
		0,25		10	-	5-21
		1		17	-	9-34
		2		24	10-50	15-40
		4		34	-	-
		8		46	-	36-66
		11,2		55	-	-
		16		68	-	57-84
		22,4		86	-	-
		31,5		100	90-100	90-100
				45	100	100
		2.		udio bitumena (%)		HRN EN 12697-1
3.	udio šupljina, V (%)		HRN EN 12697-8	6,3	Vmin6,0	Vmin4
					Vmax7	Vmax8
4.	ispuna šupljina bitumenom (%)		EN 12697-8	56,8	VFBmin55	VFBmin50
					VFBmax59	VFBmax80
5.	najmanji omjer indirektna vlačne čvrstoće ITSR (%)		EN 12697-12	93,8	ITSR90	ITSRNR

¹⁾ HRN EN 13108-1 [17], tablice 1, 3, 4, 5, 13, 18 i 19, ²⁾ TPAK [11], tablice A10 i A11

Rezultati ispitivanja dani su u izvještajima broj I-VT-042-2022 i I-2022-294, prilog 6.

Tablica 22 Svojstva, rezultati ispitivanja i ocjena bitumenske mješavine 8 - AC 32 base 50/70 AG6 M1

redni broj	svojstvo /metoda ispitivanja		metoda ispitivanja	rezultat ispitivanja	granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13108-1 ¹⁾	zahtjev za svojstvo prema TPAK-u ²⁾
1.	granulometrijski sastav (%)	sito (mm)	HRN EN 12697-2			
		0,063		6,1	0,0-11,0	2,0-10,0
		0,25		11	-	5-21
		1		21	-	9-34
		2		28	10-50	15-40
		4		36	-	-
		8		48	-	36-66
		11,2		56	-	-
		16		67	-	57-84
		22,4		85	-	-
		31,5		100	90-100	90-100
		45		100	100	100
2.	udio bitumena (%)		HRN EN 12697-1	3,4	Bmin3,4	-
3.	udio šupljina, V (%)		HRN EN 12697-8	6,6	Vmin6,0 Vmax7	Vmin5 Vmax8
4.	ispuna šupljina bitumenom (%)		EN 12697-8	55,8	VFBmin50 VFBmax56	VFBminNR VFBmaxNR
5.	najmanji omjer indirektna vlačne čvrstoće ITSR (%)		EN 12697-12	100,0	ITSR90	ITSR70
6.	najveća brzina deformacije, WTS _{AIRv} (mm/10 ³ ciklusa)		EN 12697-22	0,10	WTS _{AIR} 0,10	WTS _{AIR} 0,10
7.	najveća relativna dubina kolotruga, PRD _{AIR} (%)		EN 12697-22	5,4	PRD _{AIR} 7,0	PRD _{AIR} 7,0
¹⁾ HRN EN 13108-1 [17], tablice 1, 3, 4, 5, 8, 9, 13, 18 i 19						
²⁾ TPAK [11], tablice A10 i A11						

Rezultati ispitivanja dani su u izvještajima broj I-VT-043-2022, I-2022-293 i I-2022-047, prilog 6.

Tablica 23 Svojstva, rezultati ispitivanja i ocjena bitumenske mješavine 1 - AC 11 surf 45/80-65 AG3 M3

redni broj	svojstvo /metoda ispitivanja		metoda ispitivanja	rezultat ispitivanja	granične vrijednosti /razredi prema HRN EN 13108-1 ¹⁾	zahtjev za svojstvo prema TPAK-u ²⁾
1.	granulometrijski sastav (%)	sito (mm)	HRN EN 12697-2			
		0,063		8,6	0,0-11,0	3,0-10,0
		0,25		14	-	6-27
		1		26	-	16-41
		2		39	10-50	25-50
		4		55	-	42-73
		8		81	-	70-92
		11,2		91	-	90-100
		16		100	-	100
		2.		udio bitumena (%)		HRN EN 12697-1
3.	udio šupljina, V (%)		HRN EN 12697-8	5,8	Vmin5,5	Vmin3
4.					Vmax6	Vmax5,5
5.	ispuna šupljina bitumenom (%)		EN 12697-8	65,6	VFBmin65	VFBmin65
6.					VFBmax68	VFBmax83
7.	najmanji omjer indirektna vlačne čvrstoće ITSR (%)		EN 12697-12	91,3	ITSR90	ITSR80
¹⁾ HRN EN 13108-1 [17], tablice 1, 3, 4, 5, 13, 18 i 19						
²⁾ TPAK [11], tablice A3 i A4						

Rezultati ispitivanja dani su u izvještajima broj I-VT-046-2022, I-2022-297, prilog 6.

Rezultati ispitivanja bitumenskih mješavina pokazuju da su postignuta projektirana svojstva mješavina, uz manja odstupanja za sadržaj šupljina i ispunjenost šupljina bitumenom.

11 Utvrđivanja mogućnosti uporabe odložene zgure kao agregata za nevezane materijale za upotrebu u građevinarstvu

U odnosu na rezultate ispitivanja fizikalnih i kemijskih svojstava (točka 9. i 10.), zgura bi zadovoljila zahtjeve za uporabu kao agregat za nevezane materijale, ali s obzirom na dobivene rezultate ispitivanja sadržaja i otpuštanja opasnih tvari i radioaktivnosti, zgura nije prikladna za uporabu za agregat za uporabu u građevinarstvu, pa se ne daje ocjena prema normi specifikaciji HRN EN 13242 [18], odnosno prema Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama [12].

12 Zaključak

U periodu 11/2021 do 7/2022 provedeno je vještačenje zgure odložene na lokaciji Crno brdo (k.č. 87/1 k.o. Biljane Donje) koja je rezultat industrijske proizvodnje ferolegura u nekadašnjoj tvornici elektroda i ferolegura iz Šibenika. Vještačenje je obuhvatilo:

- geodetsko snimanje deponija
- uzorkovanje s 11 pozicija ravnomjerno tlocrtno i visinski raspoređenih po deponiju
- ispitivanje zgure (geometrijskih, fizikalnih i kemijskih svojstava)
- ispitivanje sadržaja i otpuštanja opasnih tvari i radioaktivnosti zgure
- ispitivanje otpuštanja opasnih tvari materijala pripremljenih od zgure (betona i bitumenskih mješavina), parametara za koje je utvrđeno da za zguru premašuju dopuštene vrijednosti
- ispitivanje radioaktivnosti materijala pripremljenih od zgure (betona i bitumenskih mješavina)
- izrada betona i bitumenskih mješavina od zgure u omjerima koji su rezultat ocjene sadržaja i otpuštanja opasnih tvari i radioaktivnosti zgure
- ispitivanje fizikalnih, mehaničkih, kemijskih i svojstava trajnosti betona i bitumenskih mješavina izrađenih od zgure.

Rezultati vještačenja pokazuju sljedeće:

- procijenjeno je da je na deponij odloženo ukupno 74.836 m³ zgure, što je odgovarajuće prethodnoj procjeni (76.000 m³)
- deponij je nehomogen u odnosu na veličinu zrna, kao pomiješan nefrakcioniran materijal je veličine 0/16, a od ukupne količine 47,1 % je materijal veličine 0/4, 23,5 % veličine 4/8 i 29,4 % veličine 8/16
- prema rezultatima ispitivanja sadržaja i otpuštanja opasnih tvari zgure sadržaj fenola premašuje dopuštenu vrijednost kod 2 od 11 uzoraka za 5-30 %, a policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH) je veće od dopuštene vrijednosti kod 6 od 11 uzoraka za 20 % do 24 puta.
- prema rezultatima ispitivanja radioaktivnosti indeks koncentracije aktivnosti premašuje preporučenu vrijednost 1 kod 5 od 11 uzoraka za 3 do 32 %, što znači da primjena takve zgure kao građevnog materijala nije dopuštena. Iako više od polovice uzoraka imaju vrijednost indeksa koncentracije aktivnosti manji od 1, s obzirom na distribuciju rezultata po volumenu deponija, iz deponija nije moguće odvojiti materijal s indeksom aktivnosti manjim od 1. Za primjenu zgure kao sastavnog dijela nekog građevnog materijala, treba primijeniti odgovarajući faktor udjela, što znači da, u skladu s rezultatima ispitivanja, najveći udio zgure u nekom građevnom materijalu ne bi trebao premašiti 70 %. Na temelju te ocjene, izrađeni su sastavi betona i bitumenskih mješavina s određenim udjelom zgure
- rezultati ispitivanja zgure za upotrebu u betonu, odnosno bitumenskoj mješavini pokazuju da su svojstva (geometrijska, fizikalna i kemijska) u skladu sa zahtjevima regulative koja se odnosi na agregat za beton, odnosno bitumenske mješavine
- izrađen je beton C(0,45) prema HRN EN 1766 s udjelom od 70 % zgure na ukupnu masu agregata. Beton je dobre ugradljivosti i ima tlačnu čvrstoću od 69,4 MPa, ne otpušta opasne tvari više od dopuštenih vrijednosti, a indeks koncentracije aktivnosti je manji od granične vrijednosti.
- izrađene su bitumenske mješavine s udjelima zgure u rasponu 49 do 80 % zgure na ukupnu masu agregata, za namjeravanu uporabu u habajućem i nosivom sloju asfaltnog kolnika razreda opterećenja M1 do M2 za nosive slojeve (AC 16 base 50/70 AG6 M2, AC 22 base 50/70 AG6 M1, AC 22 base 50/70 AG6 M2, AC 32 base 50/70 AG6 M1, AC 32 base 50/70 AG6 M2) i M3 do M4 za habajuće slojeve (AC 11 surf 50/70 AG4 M4 i AC 8 surf 50/70 AG4 M4, AC 11 surf 45/80-65 AG3 M3). Utvrđeno je da bitumenske mješavine imaju zadovoljavajuća fizikalno-

mehanička i svojstva trajnosti, ne otpuštaju opasne tvari više od dopuštenih vrijednosti, a indeks koncentracije aktivnosti je manji od granične vrijednosti. Utvrđena su manja odstupanja fizikalnih i svojstava trajnosti bitumenskih mješavina koje se mogu otkloniti korekcijama sastava, što nije presudno za mogućnost uporabe zgure kao sastavnog materijala u bitumenskim mješavinama.

- zguru nije dopušteno upotrijebiti kao agregat za nevezane mješavine.

Prema svim nalazima vještačenja zaključuje se sljedeće:

Odložena zgura na lokaciji Crno brdo (k.č. 87/1 k.o. Biljane Donje):

- **ne može se upotrijebiti samostalno kao građevinski materijal zbog vrijednosti sadržaja opasnih tvari i radioaktivnosti većih od dopuštenih**
- **može se upotrijebiti kao agregat za beton s preporučenim udjelom zgure do 70 % u ukupnoj masi agregata**
- **može se upotrijebiti kao agregat za bitumenske mješavine s preporučenim udjelom zgure do 70 % u ukupnoj masi agregata. Vještačenjem je utvrđeno da su bitumenske mješavine pripremljene od zgure kao agregata, pogodne za ugradnju u:**
 - o **habajuće slojeve asfaltnog kolnika razreda M3 i M4 za sve prometne površine osim operativne površine aerodroma,**
 - o **nosive slojeve asfaltnog kolnika razreda M1 i M2 za sve prometne površine osim operativne površine aerodroma.**

13 Referentni dokumenti

1. Tehnička specifikacija za vještačenje zgure odložene na lokaciji Crno brdo (k.č. 87/1 k.o. Biljane Donje), ev. broj javne nabave 20/2021-MV, <https://eojn.nn.hr/Oglasnik/>
2. Jadrijević, A., Bermanec, V., Oršulić, D.; Žigovečki Gobac, Ž.: Silikomanganska troska kao agregat za asfalt i beton, Građevinar 63 (2011) 5, 441-447, <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-63-2011-05-03.pdf>
3. Mišljenje o mogućnosti uporabe talioničke troske s lokacije Crno brdo k.č.br. 87/1 k.o. Biljane Donje u građevinarstvu broj 72580-0-001/20 od lipnja 2020. i nadopuna broj 72580-0-001/20-1 od srpnja 2020., Institut IGH, d.d.
4. Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN [94/13](#), [73/17](#), [14/19](#), [98/19](#))
5. Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN [114/15](#), [103/18](#), [56/19](#))
6. Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN [141/13](#), [39/15](#), [130/17](#), [118/18](#))
7. Pravilnik o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja za obavljanje djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja (NN [53/18](#))
8. Pravilnik o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu (NN [40/18](#))
9. Tehnički propis za betonske konstrukcije (NN [139/09](#), [14/10](#), [125/10](#), [136/12](#)), prilog D (prestao važiti)
10. Tehnički uvjeti za asfaltne kolnike, Hrvatske ceste d.o.o., Zagreb, lipanj 2015., https://hrvatske-cesteceste.hr/uploads/documents/attachment_file/file/260/Tehni%C4%8Dki_uvjeti_za_asfaltne_kolnike.pdf
11. Tehnički propis za asfaltne kolnike (NN [48/21](#))
12. Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Hrvatske ceste-Hrvatske autoceste, Zagreb, prosinac 2001., <https://hrvatske-cesteceste.hr/hr/stranice/tehnicka-dokumentacija/dokumenti/44-opci-tehnicki-uvjeti-za-radove-na-cestama>
13. HRN EN 12620:2008, Agregati za beton (EN 12620:2002+A1:2008), <https://repozitorij.hzn.hr>
14. HRN EN 206:2016, Beton -- Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206:2013+A1:2016), <https://repozitorij.hzn.hr>
15. HRN 1128:2007, Beton -- Smjernice za primjenu norme HRN EN 206-1, <https://repozitorij.hzn.hr>
16. HRN EN 13043:2003, HRN EN 13043:2003/AC:2006, Agregati za bitumenske mješavine i površinsku obradu cesta, aerodromskih pista i drugih prometnih površina (EN 13043:2002, EN 13043:2002/AC:2004), <https://repozitorij.hzn.hr>
17. HRN EN 13108-1:2007, HRN EN 13108-1:2007/Ispr.1:2008, Bitumenske mješavine -- Specifikacije materijala -- 1. dio: Asfaltbeton (EN 13108-1:2006, EN 13108-1:2006/AC:2008), <https://repozitorij.hzn.hr>
18. HRN EN 13242:2008, Agregati za nevezane i hidraulički vezane materijale za uporabu u građevinarstvu i cestogradnji (EN 13242:2002+A1:2007)<https://repozitorij.hzn.hr>
19. norme metode ispitivanja, važeće na datum ispitivanja, <https://repozitorij.hzn.hr>