



Inženjerska delatnost i tehničko savetovanje

SRBIJA
11000 Beograd
Limska br.7

+381(0)11.2473.083
+381(0)63.276.404
dplasonja@gmail.com

Investitor:

**Opština Pećinci
Slobodana Bajića 5, Pećinci**

Br. Projekta:

2204

**PZI – projekat za izvođenje za rehabilitaciju-
sanaciju Oračke ulice na k.p. 1601, 1602 i 1607 k.o.
Kupinovo u Kupinovu**

2.2 – PROJEKAT KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE


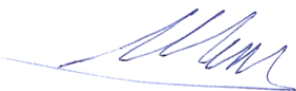
BEOGRAD
Maj 2024.

Registarski broj/mat.br.:
PIB:
Tekući račun:

62389796
SR 106947647
275-0010791256491-66 Societe Generale Srbija

OPŠTA DOKUMENTACIJA

2.1 NASLOVNA STRANA PROJEKTA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Investitor:	Opština Pećinci Slobodana Bajića 5, Pećinci
Objekat:	Oračka ulica na k.p. 1601, 1602 i 1607 k.o. Kupinovo u Kupinovu
Vrsta tehničke dokumentacije:	PZI-Projekat za izvođenje
Oznaka i naziv dela projekta:	2.2 – Projekat kolovozne konstrukcije
Vrsta radova:	Rehabilitacija-sanacija
Projektant:	"D.P. Biro" Beograd, Limanska br.7 Beograd
Odgovorno lice projektanta:	Danilo Plasonja
Potpis:	
Odgovorni projektant:	Miloš Šešlija, mast. inž. građ.
Broj licence:	315 0950 16
Potpis	
Broj dela projekta:	2204/2.2
Mesto i datum:	Beograd, maj 2024. god.



Inženjerska delatnost i tehničko savetovanje

SRBIJA
11000 Beograd
Limska br.7

+381(0)11.2473.083
+381(0)63.276.404
dplasonja@gmail.com

2.2 SADRŽAJ PROJEKTA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

	Opšta dokumentacija
2.1	Naslovna strana projekta kolovozne konstrukcije
2.2	Sadržaj projekta kolovozne konstrukcije
2.3	Rešenje o imenovanju odgovornog projektanta projekta kolovozne konstrukcije
2.4	Izjava odgovornog projektanta projekta kolovozne konstrukcije
2.5	Tekstualna dokumentacija

Registarski broj/mat.br.:

62389796

PIB:

SR 106947647

Tekući račun:

275-0010791256491-66 Societe Generale Srbija



2.3 REŠENJE O IMENOVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA PROJEKTA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Na osnovu člana 128. Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009-ispisanka, 64/2010 odluka US, 24/2011 i 121/2012, 42/2013–odluka US, 50/2013–odluka US, 98/2013–odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 – dr.zakon, 9/2020, 52/2021 i 62/2023) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i način vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata, kao:

O D G O V O R N I P R O J E K T A N T

za izradu 2.2 Projekta kolovozne konstrukcije, koji je deo PZI – projekta za izvođenje za rehabilitaciju-sanaciju Oračke ulice na k.p. 1601, 1602 i 1607 k.o. Kupinovo u Kupinovu, određuje se:

Miloš Šešlija, mast.inž.građ.:

315 0950 16

Projektant:

"D.P. Biro" Beograd, Limanska br.7 Beograd

Odgovorno lice / zastupnik:

Danilo Plasonja

Potpis:

Broj dela projekta:

2204/2.2

Mesto i datum:

Beograd,maj 2024.



2.4 IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA PROJEKTA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Odgovorni projektant 2.2 Projekta kolovozne konstrukcije koji je deo PZI – projekta za izvođenje za rehabilitaciju-sanaciju Oračke ulice na k.p. 1601, 1602 i 1607 k.o. Kupinovo u Kupinovu,

Miloš Šešlija, mast.inž.građ.

I Z J A V L J U J E M

1. da je projekat u svemu u skladu sa izdatim rešenjem po članu 145. (Broj: ROP-PEC-9763-ISAW-1/2024, zavodni broj: 351/2024- 96, dana: 09.04.2024.god.) i Idejnim projektom;
2. da je projekat izrađen u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, propisima, standardima i normativima iz oblasti izgradnje objekata i pravilima struke;
3. da je projekat u svemu u skladu sa načinima za obezbeđenje ispunjenja osnovnih zahteva za objekat propisanih elaboratima i studijama.

Odgovorni projektant PZI:

Miloš Šešlija, mast.inž.građ.

Broj licence:

315 0950 16

Potpis:

Broj dela projekta:

2204/2.2

Mesto i datum:

Beograd, maj 2024.

2.5 TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

OPŠTE

Osnovni dokumenti koji su bili dostupni prilikom izrade projekta kolovozne konstrukcije su sledeći:

1. Projektni zadatak za izradu projektne tehničke dokumentacije
2. Uputstvo za projektovanje, izgradnju, nadzor i održavanje, JP Putevi Srbije, Beograd, 2012.
3. SRPS standardni za projektovanje.

UTICAJNI PARAMETRI

SAOBRAĆAJNO OPTEREĆENJE

Za potrebe izrade projekta kolovozne konstrukcije bili su potrebni ulazni parametri, odnosno saobraćajno opterećenje. Pošto na predmetnoj lokaciji uglavnom dolaze putnička vozila, laka teretna vozila i srednja teška teretna vozila ponekad. Na osnovu toga projektant je usvojio saobraćajno opterećenje koje pripada grupi lakom saobraćajnom opterećenju, odnosno:

$$T_u = 4 \times 10^5 \text{ ESO } 82 \text{ kN}$$

DONJI STROJ

Geomehanički parametri lokalnog materijala iz posteljice

Pregledom geotehničkog profila utvrđeno je da je teren izrađen od glinovite prašine koji na pojedinim delovima sadrži čestice peska. Na osnovu klasifikacije materijala prema USCS klasifikaciji pripada grupi CI odnosno gline srednje plastičnosti. Prema geotehničkom elaboratu koji je izrađen od strane firme MHM Projekt doo iz Novog Sada, vrednost CBR se kreće od 5,2%. Za dalji proračun kolovozne konstrukcije uzeće se vrednost CBR-a za glinovito prašinasti materijal, na osnovu čega je vrednost CBR-a 5,2%.

Prema granulometrijskom sastavu, sastav tla je sledeći:

- Glina 28,6%
- Prašina 59,8%
- Pesak 11,6%

Pored granulometrijskog sastava zapreminska masa čvrsti čestica iznosi 26,5 kN/m³, prirodna vlažna zapreminska masa 19,7 kN/m³, suva zapreminska masa 16,2 kN/m³ sa vrednosti bubrenja tla od 0,84%.

ANALIZA KLIMATSKIH KARAKTERISTIKA

REGIONALNI FAKTOR

Za potrebe dimenzionisanja kolovozne konstrukcije prema AASHTO metodi primenjen je regionalni faktor $P=2$.

PODACI O TEMPERATURAMA VAZDUHA

U cilju analize ponašanja kolovozne konstrukcije u toku eksploatacije, kako u letnjem tako i u zimskom periodu, potrebni su određeni podaci o klimi.

Klimatski uslovi su analizirani sa aspekta temperature vazduha, odnosno temperature slojeva asfalta u kolovozu kao i uticaja mraza na kolovoznu konstrukciju.

MERODAVNA TEMPERATURA VAZDUHA

Za potrebe proračuna sezonskih temperatura vazduha primenjeni su podaci o srednjim temperaturama vazduha merenih u mernoj stanici Beograd u periodu od 2013. do 2022. godine. Podaci su prikazani u narednoj tabeli.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
2013	0.9	0.2	5.9	13.3	16.7	20.9	21.8	22.5	19.8	10.2	2.2	3.5
2014	2.0	-4.3	8.2	12.7	17.5	22.6	25.1	24.1	18.9	11.9	8.4	0.2
2015	2.0	3.1	4.9	12.7	16.8	20.3	23.3	22.9	15.6	12.9	7.6	1.2
2016	3.4	5.2	9.4	13.2	15.9	20.3	22.0	20.5	16.9	12.9	7.7	3.2
2017	2.6	2.2	7.0	12.1	17.6	20.8	24.1	23.4	17.9	10.6	7.3	3.2
2018	0.7	6.5	7.4	13.5	16.4	21.5	22.7	20.5	17.7	10.1	5.6	-0.3
2019	-5.3	3.3	9.6	11.3	17.7	22.8	23.2	23.3	16.4	11.7	6.7	3.2
2020	3.8	0.6	4.0	16.6	20.4	21.5	22.7	23.6	17.8	14.0	7.2	1.6
2021	0.2	4.2	9.3	13.0	14.4	23.2	22.6	23.2	17.5	12.5	10.1	4.1
2022	0.2	6.0	7.2	12.2	15.9	20.4	22.1	23.0	18.7	12.2	6.2	4.1
Srednja temperatura vazduga	1.1	2.7	7.3	13.1	16.9	21.4	23.0	22.7	17.7	11.9	6.9	2.4

Tabela 1 Srednje mesečne temperature vazduha (meteorološka stanica Beograd) u desetogodišnjem periodu 2013-2022

Uvidom u arhivu koja datira u 1991.godinu zaključuje se da je u poslednjih deset godina došlo do stabilne promene temperature vazduha. Kako je došlo do otopljenja i kako viša temperatura vazduha ima nepovoljniji uticaj na trajnost asfala u vezi sa ponovljenim opterećenjem, poslednji desetogodišnji period se smatra merodavnim za analizu.

Na osnovu podataka o srednjim mesečnim temperaturama vazduha sračunate su merodavne srednje temperature vazduha za pojedine sezone korišćenjem težinskog faktora temperature, u skladu sa Shell Pavement Design Manual, London, 1978. Chapter 3.2. Temperature, page 5. U narednoj tabeli prikazane su merodavne temperature vazduha i asfaltnih slojeva (za dubinu koja odgovara sredini debljine sloja) za tri perioda tokom godine (proleće/jesen, leto i zima) kao i za celu srednja godišnja temperatura asfalta. Za potrebe proračuna primenjeni su podaci o temperaturama iz perioda 2013-2022 (Tabela 1)

Temperatura	Srednja godišnja	Zima	Proleće	Leto	Jesen
w-MAAT (°C)	15.9	2.1	13.4	22.4	13.4
T-asfalta (°C) – D _{asf.} =11cm	22.9	2.1	19.4	31.8	19.4

Tabela 2 Karakteristične sezonske i godišnje temperature asfalta

REFERENTNI INDEKS MRAZA

Podaci o dubini dejstva mraza u tlu i kolovoznim konstrukcijama uzeti su iz Studije: Istraživanje temperaturnih promena i dubine dejstva mraza u tlu i kolovoznim konstrukcijama puteva u Srbiji, zima 1991./92. god. koje je izdao Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu 1992. god.

Registrovane vrednosti indeksa mraza za period od 1946. do 1992. god. za meteorološku stanicu Beograd prikazane su u naredoj tabeli.

Maksimalna vrednost indeksa mraza za meteorološku stanicu u Beogradu je 372 °C x dana (zima 1953/54), a srednja vrednost tri najveća indeksa mraza u tridesetogodišnjem periodu **210 °C x dana** (247 °C x dana (62/63), 218 °C x dana (63/64), 164 °C x dana (84/85)).

Na osnovu ovih podataka referentni indeks mraza iznosi IR = 210°C x dana.

PARAMETRI ZA PRORAČUN OSETLJIVOST KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE NA MRAZ

Geotehnički istražni radovi na utvrđivanju fizičko-mehaničkih karakteristika materijala koji će se naći u završnom sloju zemljanog trupa pokazali su sledeće:

- sadržaj (ispitani uzorak) gline je 8 %
- vrednost (ispitani uzorak tla) prašine je 75%
- vrednost (ispitani uzorak tla) indeksa plastičnosti je IP_{avg}=10,0.

U skladu sa navedenim, materijal je veoma osetljiv na dejstvo mraza, G₄ prema standardu U.E1.012 / Osetljivost materijala – tla na dejstvo mraza.

PROVERA NA MRAZ KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Uticaj mraza ne sme uticati na smanjenje projektog veka kolovozne konstrukcije, bilo da se radi o oštećenju kolovozne konstrukcije direktno kao posledica stvaranja ledenih sočiva ili kao posledica smanjenja nosivosti posteljice koje je izazvano kravljenjem kolovoza u proletnom periodu; zbog toga se proračun uticaja mraza sprovodi sofisticiranom metodom razvijenom od strane francuskog istraživačkog centra LCPC-GELID.

Ova metoda zasniva se na međusobnom poređenju referentne verednosti atmosferskog indeksa mraza IR i atmosferskog indeksa mraza koje projektovana konstrukcija može bez oštećenja podneti IA. Ovaj indeks sračunat je u funkciji osetljivosti primenjenih materijala u posteljici, termičke zaštite koju obezbeđuju slojevi kolovozne konstrukcije i njenog mehaničkog ponašanja.

Zaključak o osetljivosti konstrukcije na mraz donosi se proverom uslova da je:

$$IR > IA$$

Proračun dozvoljenog indeksa IA zasniva se na poznavanju sledećih parametara:

- Termička zaštita posteljice i tla, definisana kao količina mraza Q_{nm} koju obezbeđuju slojevi kolovozne konstrukcije neosetljivi na mraz.
- Količina mraza Q_m kojoj se dozvoljava prenošenje u slojeve ispod kolovozne konstrukcije (posteljicu), uz uslov prihvatanja bubrenja od 5 mm.
- Količina mraza Q_{sn} dobijena iz analize mehaničkog ponašanja kolovozne konstrukcije sračunatog za uslov ograničnog oštećenja konstrukcije u periodu kravljenja, odnosno prodora određene količine mraza u posteljicu.

Zbir ove tri vrednosti definiše dozvoljenu količinu mraza na nivou posteljice Q_{post} .

$$(I_{post.})^{1/2} = Q_{post.} = Q_{nm} + Q_m + Q_{sn}$$

Proračun termička zaštita posteljice od kolovozne konstrukcije (pomoću programa GELID) daje indeks mraza na površini kolovoza $I_{površ.}$. Proračun atmosferskog (dozvoljenog) indeksa mraza $IA = f(I_{površ.})$.

PARAMETRI POTREBNI ZA PROVERU KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE NA ŠTETNO DEJSTVO MRAZA

Termičke karakteristike materijala u slojevima kolovozne konstrukcije i posteljici

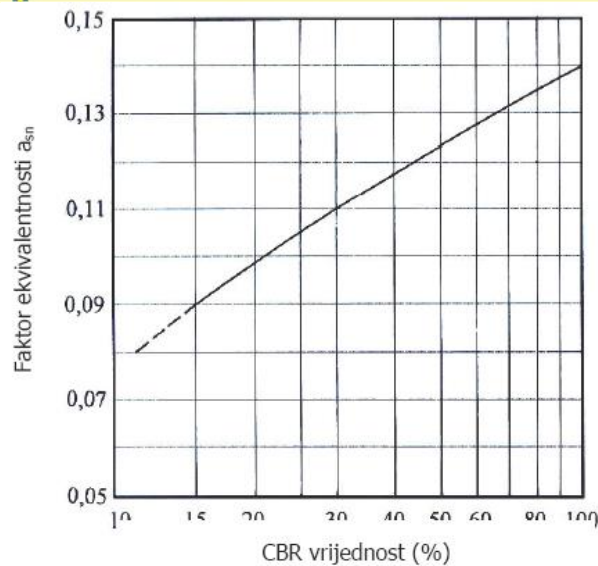
Materijal	ρ (kg/m ³)	W (%)	λ_{nm} (w/m.°C)	λ_m (w/m.°C)
BHNS	2 350	1	2,00	2,10
BNS	2 350	1	1,90	1,90
drobljeni kameni agregat	2 200	4	1,80	1,80
peskovit šljunak	2 200	4	1,80	1,80

Tabela 3 Termičke karakteristike materijala

KVALITET POJEDINIH SLOJEVA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

FAKTOR EKVIVALENCIJE SLOJEVA OD NEVEZANOG GRANULISANOG MATERIJALA – DROBLJENI KAMEN FRAKCIJE 0/31,5 MM

U skladu sa dokumentom: “Uputstvo za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, Knjiga 1 - Projektovanje, Deo 1 – Projektovanje puteva, Poglavlje 8 – Konstruktivni elementi puta”, J.P. „Putevi“ Srbije-Beograd 2012, koeficijent ekvivalencije sloja od nevezanog granulisanog material-drobljenog kamena iznosi $a = 0.135$ za nosivost laboratorijskog CBR-a od 80%.



Slika 1 Koeficijent zamene nevezani kameni agregat

BAZNI SLOJ OD NEVEZANOG KAMENOG MATERIJALA FRAKCIJE 0/31,5 MM

Donji noseći sloj od nevezanog drobljenog mineralnog materijala se projektuje za materijale čija maksimalna veličina zrna iznosi 31,5mm.

Granulometrijska kriva navedene mešavine pojedinih frakcija kamenog agregata treba da se nalazi u sledećim granicama:

Kvadratni otvor sita (mm)	Prolaz kroz sita, prema masama % drobljeni agregat 0/63 mm
0.063 mm	0 – 8
0.125 mm	2 – 11
0.25 mm	4 – 15
0.50 mm	7 – 21
1.0 mm	10 – 28
2.0 mm	16 – 37
4.0 mm	25 – 49
8.0 mm	39 – 64
11.2 mm	48 – 73
16.0 mm	60 – 83
22.4 mm	73 – 94
31.5 mm	85 – 100
45.0 mm	100

i da zadovolji sledeće zahteve:

koeficijent jednolikosti $C_u > 6$

koeficijent zakrivljenosti $C_c = 1 \div 3$.

Kameni agregat može u svom sastavu imati komponente čija je veličina manja od 0.063mm (prema EN 13242:2007) u sledećoj količini:

- na deponiji do 5% (težinski)

- nakon ugrađivanja do 8% (težinski).

Udeo kamenih zrna veličine do 0.02 mm ne sme biti veća od 3% (težinski). Indeks plastičnosti finih čestica (manjih od 0.425 mm) mora biti manji od 6. Ekvivalent peska mora biti najmanje 60 – $ES_{min}=60$ (u skladu sa EN 933-8:2008).

Mehaničke osobine kamenog agregata

Koeficijent otpornosti frakcija na drobljenje, određen po postupku Los Angeles (EN 1097-2:2008), sme iznositi najviše 40%.

Otpornost kamenih zrna na smrzavanje određena (prema EN 1367-2:2009) ispitivanjem magnezijumovim sulfatom i izražena u postotku oguljenih delova od prvobitne smese uzorka, sme iznositi do 25m.-%, a ispitivanjem natrijum sulfatom do 5m.-%.

U kamenom agregatu je dozvoljeno najviše 20 m.-% zrna, kod kojih oblik ne odgovara uslovu $l:d \leq 3:1$ (ispitivanja po EN 933-4).

U kamenom agregatu, sadržaj organskih primesa ne sme obojiti 3%-ni rastvor natrijumovog taloga tamnije od referentne boje (ispitivanje po EN 1744-1:2009).

Kameni agregat za predmetni sloj ne sme sadržati štetna nekvalitetna zrna ili primese (ispitivanja prema EN 1744-1:2009).

Mehaničke karakteristike za dimenzionisanje

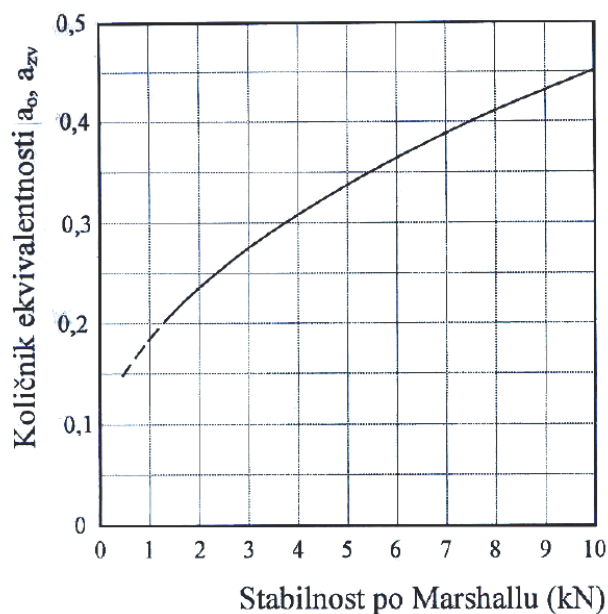
Za dimenzionisanje kolovozne konstrukcije modul elastičnosti donjeg nosećeg je (prema SHELL-u):

$$E_{d.k.} = 0.2 \times h_{d.k.}^{0.45} \times E_{posteljice} \text{ (MPa)}$$

Poasonov koeficijent $\nu=0.35$

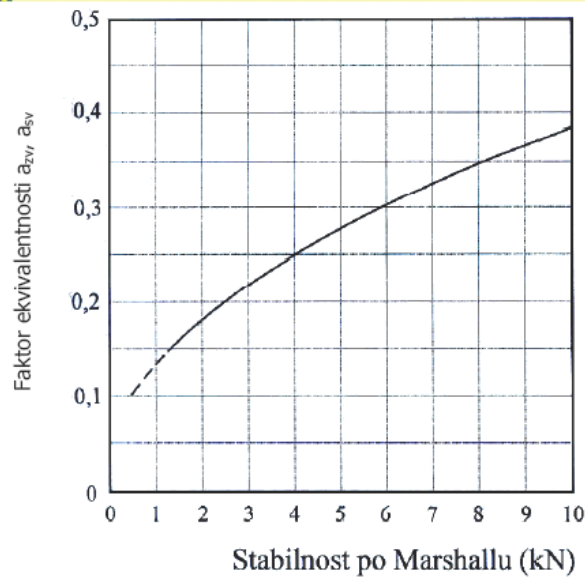
FAKTOR ZAMENE ZA ASFALTNE SLOJEVE

U skladu sa dokumentom: “Uputstvo za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, Knjiga 1 - Projektovanje, Deo 1 – Projektovanje puteva, Poglavlje 8 – Konstruktivni elementi puta”, J.P. „Putevi“ Srbije-Beograd 2012, koeficijent zamene za asfalt beton iznosi $a_1=0.42$ za stabilnost po Maršalu od $S_m=8.0-9.0kN$.



Slika 2 Koeficijent zamene za asfalt beton

U skladu sa dokumentom: “Uputstvo za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, Knjiga 1 - Projektovanje, Deo 1 – Projektovanje puteva, Poglavlje 8 – Konstruktivni elementi puta”, J.P. „Putevi“ Srbije-Beograd 2012, koeficijent zamene za asfaltni noseći ili vezni sloj od drobljenog kamenog agregata iznosi $a_1=0.35$ za stabilnost po Maršalu od $S_m=8.0kN$.



Slika 3 Koeficijent zamene za BNS

MEHANIČKE KARAKTERISTIKE BITUMENA

PRORAČUNSKE VREDNOSTI MODULA KRUTOSTI PUTNOG BITUMENA 50/70

Projektne karakteristike bitumena

Putni bitumen klase BIT 50/70 (prema EN 12591) je sledećih karakteristika:

Penetracija (25° C)	60
Tačka razmekšanja po metodi prsten i kuglica	52

Tokom razastiranja i ugrađivanja asfaltnih mešavina dolazi do pada penetracije kao i tokom vremena eksploatacije (fenomen "starenja bitumena"). Stoga su za računanje karakteristika mešavina korišćene karakteristike „ostarelog“ bitumena odnosno, merodavni parametri putnog bitumena su sledeći:

Penetracija (25° C)	39 (1/10 mm)
Tačka razmekšanja po metodi prsten i kuglica	56.4 °C
Indeks penetracije	-0.3

Modul krutosti bitumena

Korišćenjen Van Der Pel-ovog nomograma izvršen je proračun modula krutosti putnog bitumen za sledeće parametre:

- (a) $v=50\text{km/h}$
- (b) $\text{pen}=39 (1/10 \text{ mm})$
- (c) $T_{pk}=56.4 \text{ °C}$.

Temperatura asfalta na pretpostavljnoj dubini od 10cm je u skladu sa podacima prikazanim u tabeli (Tabela 4). Rezultati su prikazani u sledećoj tabeli:

Merodavni model	Tačka razmekšanja po PK (°C)	Penetracija (0.1 mm)	Merodavna temp. asfalta (°C)	Modul krutosti bitumena (MPa) / $v=50\text{km}$
Srednji godišnji model	56.4	39	22.9	28.2
“Zimska“ model	56.4	39	2.1	312.0
“Prolećni“ model	56.4	39	19.4	45.1
“Letnji“ model	56.4	39	31.8	6.84
“Jesenji“ model	56.4	39	19.4	45.1

Tabela 4 Modul krutosti bitumena bit 50/70 za karakterisične temperature

MEHANIČKE KARAKTERISTIKE ASFALTNE MEŠAVINE BNS22SA SA PUTNIM BITUMENOM – BNS22SA SA BIT 50/70

PRORAČUN SASTAVA KOMPONENTALNIH MATERIJALA

Pretpostavljen udeo frakcija agregata je prikazan na sledećoj tabeli.

br.	frakcija (mm-mm)	učešće (%)	zapreminska masa (g/cm ³)
1	0.00 - 0.09	8.0	2.710
2	0.09-2.00	24.0	2.710
3	2.00-4.00	11.0	2.710
4	4.00-8.00	17.0	2.710
5	8.00-16.0	25.0	2.710
6	16.0-22.5	15.0	2.710

pretpostavljeno minimalno težinsko učešće bitumena - $P_{b_{min}} = 3.8 (\%)$

$$\text{zapreminska masa bitumena} - \gamma_b = 1.020 \text{ g/cm}^3 \rightarrow \gamma_{mm} = 2.71 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\gamma_{\text{max}} = \frac{100}{\frac{100 - 3.8}{2.71} + \frac{3.8}{1.02}} = 2.549 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Zapreminsko učešće šupljina

$$\text{za } \gamma_{mb} = 2.400 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad V_v = 100 \times \left(1 - \frac{2.400}{2.549}\right) = 5.86\%$$

Zapreminsko učešće bitumena

$$V_b = 100 \times \left(\frac{3.8 \times 2.400}{1.020}\right) = 8.92\%$$

Zapreminsko učešće agregata

$$V_a = 100 - 7.097 - 8.329 = 85.22\%$$

PRORAČUN MODULA I ZAMORA

Proračun modula krutosti bitumena (Van Der Pel-ov dijagram) sproveden je za sledeće parametre:

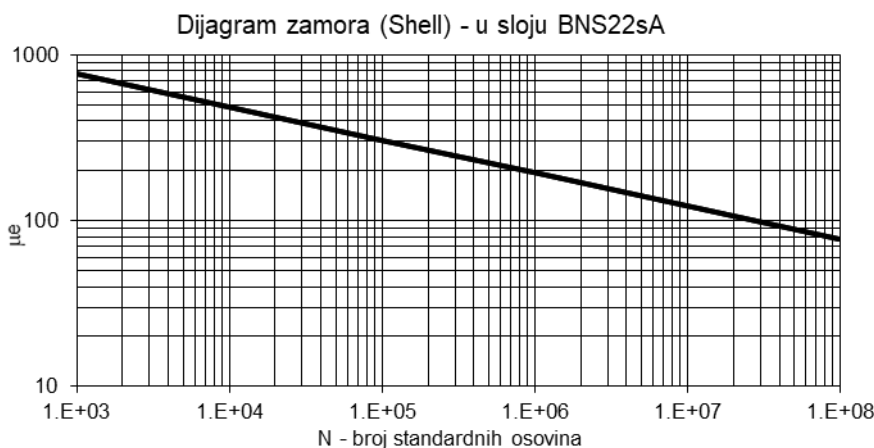
- Penetracija ostarelog bitumena je pen (25°C) = 39 (0.1mm)
- Tačka razmekšavanja po prstenu i kuglici (°C) - $T_{pk} = 56.4$
- Indeks penetracije IP = -0.3
- Brzina vozila $v = 50 \text{ km/h}$
- Temperatura bitumena - $T = 22.9^\circ\text{C}$ (srednji godišnji model), $T = 19.4^\circ\text{C}$ („proleće“), $T = 31.8^\circ\text{C}$ („leto“), $T = 19.4^\circ\text{C}$ („jesen“), $T = 2.1^\circ\text{C}$ („zimski“),

pa je modul krutosti bitumena za $v = 50 \text{ km/h}$: $M_b = 28.9 \text{ MPa}$ (za temperaturu asfalta od 22.9°C) odnosno, $M_b = 312.0 \text{ MPa}$ (za temperaturu asfalta od 2.1°C), $M_b = 45.1 \text{ MPa}$ (za temperaturu asfalta od 19.4°C), $M_b = 6.84 \text{ MPa}$ (za temperaturu asfalta od 31.8°C).

Za gore navedeni modul krutosti bitumena kao i proračunat udeo komponentnih materijala i šupljina u asfaltnoj mešavini BNS22sA sa putnim bitumenom, odnosno: (1) projektovanim sadržajem šupljina od $V_v = 5.86\%$, (2) projektovanim sadržajem bitumena od $V_b = 8.92$ i (3) projektovanim sadržajem agregata od $V_a = 85.22\%$, izvršen je proračun modula krutosti i dijagram zamora materijala. Modul krutosti asfaltno mešavine BNS22sA, prema metodi SHELL laboratorije, korišćenjem računarskog programa BANDS iznosi:

	Referentna temperatura (°C)	Modul krutosti (MPa)	Poasonov koeficijent μ
Srednji godišnji model	22.9	5150	0.35
“Zimska“ model	2.1	17800	0.35
“Prolećni“ model	19.4	6720	0.35
“Letnji“ model	31.8	2170	0.35
“Jesenji“ model	19.4	6720	0.35

Tabela 5 Moduli krutosti i Poasonovi koeficijenti asfaltne mešavine BNS22sA sa BIT 50/70 ($v=50\text{km/h}$)



Slika 4 Dijagram zamora materijala BNS 22sA sa putnim bitumenom BIT 50/70 – srednja godišnja temperatura

MEHANIČKE KARAKTERISTIKE ASFALTNE MEŠAVINE BHNS16 SA BIT 50/70

PRORAČUN MODULA

Proračun modula krutosti bitumena (Van Der Pel-ov dijagram) sproveden je za sledeće parametre:

- Penetracija ostarelog bitumena je pen (25°C) = 39 (0.1mm)
- Tačka razmekšavanja po prstenu i kuglici (°C) - $T_{pk} = 56.4$
- Indeks penetracije IP = -0.3
- Brzina vozila $v=50\text{km/h}$
- Temperatura bitumena - $T=22.9^\circ\text{C}$ (srednji godišnji model), $T=19.4^\circ\text{C}$ („proleće“), $T=31.8^\circ\text{C}$ („leto“), $T=19.4^\circ\text{C}$ („jesen“), $T=2.1^\circ\text{C}$ („zimski“),

pa je modul krutosti bitumena za $v=50\text{km/h}$: $M_b = 28.9\text{MPa}$ (za temperaturu asfalta od 22.9°C) odnosno, $M_b = 312.0\text{MPa}$ (za temperaturu asfalta od 2.1°C), $M_b = 45.1\text{MPa}$ (za temperaturu asfalta od 19.4°C), $M_b = 6.84\text{MPa}$ (za temperaturu asfalta od 31.8°C).

Za gore navedeni modul krutosti bitumena kao i proračunat udeo komponentnih materijala i šupljina u asfaltnoj mešavini BHNS 16 sa putnim bitumenom, odnosno: (1) projektovanim sadržajem šupljina od $V_v=5.0\%$, (2) projektovanim sadržajem bitumena od $V_b=12.0\%$ i (3) projektovanim sadržajem agregata od $V_a=83.0\%$, izvršen je proračun modula krutosti i dijagram zamora materijala. Modul krutosti asfaltne mešavine BHNS 16 sa BIT 50/70 (brzina-50km/h), prema metodi SHELL laboratorije, korišćenjem računarskog programa BANDS iznosi:

	Referentna temperatura (°C)	Modul krutosti (MPa)	Poasonov koeficijent μ
Srednji godišnji model	22.9	3810	0.35
“Zimska“ model	2.1	15200	0.35
“Prolećni“ model	19.4	5130	0.35
“Letnji“ model	31.8	1450	0.35
“Jesenji“ model	19.4	5130	0.35

Tabela 6 Moduli krutosti i Poasonovi koeficijenti asfaltne mešavine BHNS 16 sa BIT 50/70 (brzina-50km/h)

DIMENZIONISANJE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

PRELIMINARNO PROJEKTNO REŠENJE

Postupak dimenzionisanja novih kolovoznih konstrukcija prema standardu SRPS U.C4.012 je najvećim delom zasnovan na rezultatima AASHTO testa i metode za dimenzionisanje AASHTO iz 1974. godine (AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures, AASHTO, Washington, D.C., 1974) i primenjen je u ovom projektu za preliminarno dimenzionisanje kolovozne konstrukcije trase. Uticajni parametri su sledeći:

- Preostala vrednost kolovozne konstrukcije na kraju projektnog veka iznosi $P_t=2.5$
- Saobraćajno opterećenje – $T_i = 4.0 \times 10^5$
- Nosivost posteljice kolovozne konstrukcije – $CBR_{ekv}=5,0\%$
- Regionalni faktor $R=2.0$
- Srednji koeficijent zamene asfaltnih slojeva iznosi $a_i = 0.38$
- Srednji koeficijent zamene slojeva od nevezanog granulisanog materijala iznosi $a_i=0.11$
- Koeficijent zamene habajućeg sloja BHNS16 ($S_m=8-9kN$) iznosi $a_1 = 0.42$
- Koeficijent zamene asfaltnog veznog i nosećeg sloja od drobljenog materijala iznosi $a_2=0.35$
- Koeficijent zamene slojeva od nevezanog granulisanog materijala ($CBR=80\%$) iznosi $a_2=0.135$.

PRELIMINARNO DIMENZIONISANJE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Prosečne vrednosti koeficijenta zamene asfaltnih materijala iznosi 0.38. Prosečne vrednosti koeficijenta zamene nevezanih granulisanih materijala iznosi 0.11.

Prema dijagramu za određivanje dimenzija osnovnih slojeva novih asfaltnih kolovoznih konstrukcija, za predviđeno saobraćajno opterećenje od $4,0 \times 10^5$ standardnih osovina od 80kN i nosivost posteljice $CBR_{ekv}=5,0\%$ potrebna je sledeća kolovozna konstrukcija:

- a. ukupna potrebna debljina asfaltnih slojeva iznosi 10,5 cm
- b. ukupna potrebna debljina slojeva od nevezanog granulisanog materijala iznosi 40,0 cm.

Indeks debljine (Strukturni broj) ove kolovozne konstrukcije iznosi:

$$D=SN= 9,0 \times 0.38 + 37,0 \times 0.11 = 3,42 + 4,07 = 7,49 \text{ cm}$$

ODREĐIVANJE SLOJEVA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Projektom se, zbog dobrih površinskih karakteristika, predlaže primena asfaltne BHNS 16 sa BIT 50/70 za izradu habajućeg sloja. Debljina sloj je fiksna i iznosi $D=7$ cm. Predlaže se, takođe, primena asfaltne mešavine BNS22sA za izradu veznog i nosećeg asfaltnog sloja u debljini od 6 cm.

Za izradu sloja od nevezanog granulisanog materijala predlaže se primena drobljenog kamena kontinualnog granulometrijskog sastava maksimalnog zrna $D_{max}=31.5$ mm sloja u debljini od 15 cm.

Preliminarno projektno rešenje koje zadovoljava zahtevani strukturni broj od $SN=8,94$ cm je prikazano:

kolovozne konstrukcije	Koeficijent zamene a_i	Predložena debljina (cm)
Habajući sloj: AB 11s	0.42	7
Noseći sloj: BNS22sA	0.35	6
Gornji sloj od nevezanog granulisanog materijala – d.k. 0/31.5 mm	0.135	20

Indeks debljine (Strukturni broj) preliminarnog projektnog rešenja iznosi $D=SN=7,74$ cm. Prikazano preliminarno projektno rešenje je detaljno je analizirano u programskom paketu BISAR3.

PROJEKTNO REŠENJE BAZIRANO NA NAPONSKO-DEFORMACIJSKOJ ANALIZI

Polazeći od:

- rezultata analiza destruktivnog uticaja prognoziranog saobraćajnog opterećenja iskazanih ukupnim brojem ekvivalentnih standardnih osovina i njihove agresivnosti za svaku vrstu primenjenog materijala u pojedinim slojevima i posteljici
- referentnih vrednosti fundamentalnih mehaničkih svojstava (modul, zamor) projektovanih materijala u svakom od slojeva kolovoznih konstrukcija
- referentnih klimatskih parametara

sprovedeno je dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija.

Dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija i proračun trajnosti referentnih nosećih slojeva, obavljeno je poređenjem napona σ i dilatacija ε i to dobijenih proračunom višeslojnog elastičnog sistema za slučaj kolovoznih konstrukcija za koje važi pretpostavka da su slojevi homogeni i izotropni u horizontalnom pravcu u svakom sloju i posteljici (program BISAR3-SHELL), sa dozvoljenim vrednostima elastičnih dilatacija ε , (jednačina SHELL laboratorije).

Debljine asfaltnih slojeva uslovljene su:

- Tehnološkim debljinama habajućeg sloja od asfaltne mešavine BHNS 16 sa BIT 50/70 i bitumeniziranog nosećeg sloja. U skladu sa savremenom praksom u ovoj oblasti u zemljama EU potrebno je primeniti habajući sloj od asfaltne mešavine sa PmB-om. Habajući sloj od navedene asfaltne mešavine obezbeđuje manji rizik od pojave “aquaplanning-a” i viši koeficijent trenja u odnosu na koeficijent koji obezbeđuje klasična asfaltna mešavina. Projektuje se primena habajućeg sloja sa eruptivnim kamenim agregatom.

- Projektuje se noseći asfaltni sloj od asfaltne mešavine BNS 22sA sa BIT 50/70 (veća trajnost).

Odnos $E_{subbase}$: Ecapping layer se nalazi u rasponu od $2 \div 4$ iako, prema našim saznanjima, ne postoji jedinstvena procedura za određivanje Jungovog modula sloja od granulisanog kamenog agregata.

Primenjen je odnos dva modula, Jungovog (Young`s) modula sloja od nevezanog kamenog agregata (subbase) i posteljice (capping layer) $k = E_{subbase} : E_{capping\ layer} = 2.5$. Projektant je mišljenja da primenjena vrednost na dobar način simulira odnos vrednosti modula ova dva sloja. Razloge za to vidimo u sledećem:

- Preporuke date u dokumentu “Conception et dimensionnement des structures de chaussee – Guide Technique” published by LCPC, SETRA 1992, Paris iz fusnote 13, tabela V.3.2, strana 106. Prema navedenoj tabeli za materijale najviše klase kvaliteta za izradu sloja od nevezanog kamenog agregata odnos dva modula, Jungovog (Young`s) modula sloja od nevezanog kamenog agregata (subbase) i posteljice (capping layer) je $k = 3$. Navedeni odnos “k” ima vrednosti (prema navedenoj tabeli): (1) $k=3.0$, najviša klasa materijala, (2) $k=2.5$, srednja klasa materijala i (3) $k=2.0$ za najnižu klasu kvaliteta materijala.
- Smatramo da dokument: “Uputstvo za projektovanje, izgradnju, nadzor i održavanje”, J.P. „Putevi“ R, Srbije, Beograd 2012. svojim merodavnim tehničkim specifikacijama za izradu sloja od nevezanog kamenog materijala, upućuje na primenu visokog kvaliteta ovog materijal. To daje osnovu za dobru projektnu pretpostavku unapređenja nosivosti u odnosu na projektnu nosivost posteljice.
- Ukoliko se želi primena jednačine iz fusnote¹

$$E_{subbase} = 0.2 \times h_{subbase}^{0.45} \times E_{capping\ layer} \text{ (MPa)}$$

¹ (Dorman and Metcalf: “Design curve for flexible pavement based on layer system theory”, Highway Research Record no.71, 1965.)

tada je potrebno primeniti Odemarkovu teoriju ekvivalentnih debljina (MET) kako bi se kvalitet materijala koji se primenjuje u ovom projektu iskazao kao peskovit šljunak. Na taj način, Odemarkovom transformacijom se dobija nova debljina sloja, ona koja bi odgovarala debljini sloja od peskovitog šljunka .

$$H_e = f_i \times H_i \cdot \left(\frac{E_{cs}}{E_{sg}} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.9_i \times 250 \cdot \left(\frac{800}{300} \right)^{\frac{1}{3}} = 311mm$$

Gde je:

H_e – equivalent thickness

f_i – correction factor

H_i – thickness of the layer

E_{cs} – Yungov modul drobljenog kamenog agregata

E_{sg} - Yungov modul peskovitog šljunka

Korišćenjem ovako dobijene ekvivalentne debljine koeficijent k iznosi $k=2.65$.

Zaključak: Razlika između primenjene i računski dobijene ne utiče suštinski na rezultate proračuna.

PROJEKTNO REŠENJE BAZIRANO NA NAPONSKO-DEFORMACIJSKOJ ANALIZI

Idealni model za proračun trajnosti kolovozne konstrukcije sa nosećim asfaltnim slojevima predstavljena je na sledećoj slici:

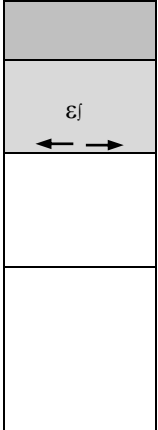
međukontakt dobar		habajući sloj: BHNS 16 sa BIT 50/70	E_1, ν_1
međukontakt dobar		Noseći sloj: BNS 22sA sa BIT 50/70	E_2, ν_2
međukontakt dobar		Gornji sloj od nevezanog granulisanog materijala - d.k.0/31mm	
međukontakt dobar		posteljica	E_P, ν_P

Tabela 7 Model proračuna



Inženjerska delatnost i tehničko savetovanje

SRBIJA
11000 Beograd
Limska br.7

+381(0)11.2473.083
+381(0)63.276.404
dplasonja@gmail.com



BISAR 3.0 - Block Report

(untitled)

System 1: (untitled)

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical		Horizontal (Shear)		Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
					Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.070	5.130E+03	0.35	1	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	-1.575E-01	0.000E+00
2	0.060	6.720E+03	0.35	2	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	1.575E-01	0.000E+00
3	0.200	2.300E+02	0.35									
4		5.000E+01	0.35									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses			Strains			Displacements		
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-02	-6.099E-02	-1.387E-01	-4.919E-02	9.311E-01	-1.952E+01	4.037E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.538E+02
2	1	0.000E+00	-1.575E-01	7.000E-02	-1.496E-01	-1.522E-01	-3.453E-01	4.776E+00	4.102E+00	-4.671E+01	0.000E+00	7.836E-01	5.410E+02
3	2	0.000E+00	0.000E+00	1.300E-01	1.275E+00	7.617E-01	-6.895E-02	1.537E+02	5.052E+01	-1.163E+02	0.000E+00	0.000E+00	5.504E+02
4	2	0.000E+00	-1.575E-01	1.300E-01	1.420E+00	1.183E+00	-8.014E-02	1.538E+02	1.063E+02	-1.475E+02	0.000E+00	-1.268E+01	5.359E+02
5	3	0.000E+00	0.000E+00	3.300E-01	6.144E-02	5.348E-02	-2.924E-02	2.302E+02	1.835E+02	-3.020E+02	0.000E+00	0.000E+00	4.944E+02
6	3	0.000E+00	-1.575E-01	3.300E-01	5.726E-02	4.826E-02	-2.739E-02	2.172E+02	1.644E+02	-2.797E+02	0.000E+00	-2.800E+01	4.799E+02
7	4	0.000E+00	0.000E+00	3.300E-01	1.036E-03	-6.942E-04	-2.924E-02	2.302E+02	1.835E+02	-5.871E+02	0.000E+00	0.000E+00	4.944E+02
8	4	0.000E+00	-1.575E-01	3.300E-01	9.077E-04	-1.050E-03	-2.739E-02	2.172E+02	1.644E+02	-5.467E+02	0.000E+00	-2.800E+01	4.799E+02

Slika 5 Proračun napona i dilatacija kolovozne konstrukcije – prolećni model

Registarski broj/mat.br.:

62389796

PIB:

SR 106947647

Tekući račun:

275-0010791256491-66 Societe Generale Srbija



BISAR 3.0 - Block Report

(untitled)

System 1: (untitled)

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.070	1.450E+03	0.35	1	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	-1.575E-01	0.000E+00
2	0.060	2.170E+03	0.35	2	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	1.575E-01	0.000E+00
3	0.200	2.300E+02	0.35									
4		5.000E+01	0.35									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-02	-1.078E-01	-1.683E-01	-7.109E-02	-1.653E+01	-7.289E+01	1.760E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.779E+02
2	1	0.000E+00	-1.575E-01	7.000E-02	-2.173E-01	-2.125E-01	-3.952E-01	-3.152E+00	1.263E+00	-1.688E+02	0.000E+00	4.309E+00	6.680E+02
3	2	0.000E+00	0.000E+00	1.300E-01	6.000E-01	1.996E-01	-1.089E-01	2.618E+02	1.280E+01	-1.792E+02	0.000E+00	0.000E+00	6.730E+02
4	2	0.000E+00	-1.575E-01	1.300E-01	7.580E-01	6.159E-01	-1.490E-01	2.740E+02	1.856E+02	-2.902E+02	0.000E+00	-1.612E+01	6.568E+02
5	3	0.000E+00	0.000E+00	3.300E-01	9.485E-02	7.769E-02	-4.193E-02	3.580E+02	2.573E+02	-4.448E+02	0.000E+00	0.000E+00	5.896E+02
6	3	0.000E+00	-1.575E-01	3.300E-01	8.782E-02	7.062E-02	-3.901E-02	3.337E+02	2.328E+02	-4.107E+02	0.000E+00	-3.955E+01	5.672E+02
7	4	0.000E+00	0.000E+00	3.300E-01	2.952E-03	-7.784E-04	-4.193E-02	3.580E+02	2.573E+02	-8.537E+02	0.000E+00	0.000E+00	5.896E+02
8	4	0.000E+00	-1.575E-01	3.300E-01	2.652E-03	-1.087E-03	-3.901E-02	3.337E+02	2.328E+02	-7.912E+02	0.000E+00	-3.955E+01	5.672E+02

Slika 6 Proračun napona i dilatacija kolovozne konstrukcije – letnji model

Registarski broj/mat.br.:

62389796

PIB:

SR 106947647

Tekući račun:

275-0010791256491-66 Societe Generale Srbija



BISAR 3.0 - Block Report

(untitled)

System 1: (untitled)

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.070	5.130E+03	0.35	1	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	-1.575E-01	0.000E+00
2	0.060	6.720E+03	0.35	2	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	1.575E-01	0.000E+00
3	0.200	2.300E+02	0.35									
4		5.000E+01	0.35									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-02	-6.099E-02	-1.387E-01	-4.919E-02	9.311E-01	-1.952E+01	4.037E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.538E+02
2	1	0.000E+00	-1.575E-01	7.000E-02	-1.496E-01	-1.522E-01	-3.453E-01	4.776E+00	4.102E+00	-4.671E+01	0.000E+00	7.836E-01	5.410E+02
3	2	0.000E+00	0.000E+00	1.300E-01	1.275E+00	7.617E-01	-6.895E-02	1.537E+02	5.052E+01	-1.163E+02	0.000E+00	0.000E+00	5.504E+02
4	2	0.000E+00	-1.575E-01	1.300E-01	1.420E+00	1.183E+00	-8.014E-02	1.538E+02	1.063E+02	-1.475E+02	0.000E+00	-1.268E+01	5.359E+02
5	3	0.000E+00	0.000E+00	3.300E-01	6.144E-02	5.348E-02	-2.924E-02	2.302E+02	1.835E+02	-3.020E+02	0.000E+00	0.000E+00	4.944E+02
6	3	0.000E+00	-1.575E-01	3.300E-01	5.726E-02	4.826E-02	-2.739E-02	2.172E+02	1.644E+02	-2.797E+02	0.000E+00	-2.800E+01	4.799E+02
7	4	0.000E+00	0.000E+00	3.300E-01	1.036E-03	-6.942E-04	-2.924E-02	2.302E+02	1.835E+02	-5.871E+02	0.000E+00	0.000E+00	4.944E+02
8	4	0.000E+00	-1.575E-01	3.300E-01	9.077E-04	-1.050E-03	-2.739E-02	2.172E+02	1.644E+02	-5.467E+02	0.000E+00	-2.800E+01	4.799E+02

Slika 7 Proračun napona i dilatacija kolovozne konstrukcije – jesenji model

Registarski broj/mat.br.:

62389796

PIB:

SR 106947647

Tekući račun:

275-0010791256491-66 Societe Generale Srbija



BISAR 3.0 - Block Report

(untitled)

System 1: (untitled)

Structure

Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0.070	1.520E+04	0.35	1	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	-1.575E-01	0.000E+00
2	0.060	1.780E+04	0.35	2	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	1.575E-01	0.000E+00
3	0.200	2.300E+02	0.35									
4		5.000E+01	0.35									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX μ strain	Strains YY μ strain	ZZ μ strain	UX (μ m)	Displacements UY (μ m)	UZ (μ m)
1	1	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-02	2.266E-02	-7.874E-02	-3.302E-02	4.064E+00	-4.942E+00	-8.808E-01	0.000E+00	0.000E+00	4.407E+02
2	1	0.000E+00	-1.575E-01	7.000E-02	-5.163E-02	-6.509E-02	-3.153E-01	5.362E+00	4.166E+00	-1.806E+01	0.000E+00	-1.053E-01	4.321E+02
3	2	0.000E+00	0.000E+00	1.300E-01	1.914E+00	1.357E+00	-3.969E-02	8.165E+01	3.936E+01	-6.655E+01	0.000E+00	0.000E+00	4.387E+02
4	2	0.000E+00	-1.575E-01	1.300E-01	2.026E+00	1.733E+00	-4.302E-02	8.061E+01	5.837E+01	-7.634E+01	0.000E+00	-7.878E+00	4.295E+02
5	3	0.000E+00	0.000E+00	3.300E-01	3.605E-02	3.251E-02	-1.930E-02	1.366E+02	1.158E+02	-1.882E+02	0.000E+00	0.000E+00	4.046E+02
6	3	0.000E+00	-1.575E-01	3.300E-01	3.394E-02	2.963E-02	-1.831E-02	1.303E+02	1.050E+02	-1.763E+02	0.000E+00	-1.771E+01	3.962E+02
7	4	0.000E+00	0.000E+00	3.300E-01	-2.970E-04	-1.067E-03	-1.930E-02	1.366E+02	1.158E+02	-3.765E+02	0.000E+00	0.000E+00	4.046E+02
8	4	0.000E+00	-1.575E-01	3.300E-01	-3.379E-04	-1.275E-03	-1.831E-02	1.303E+02	1.050E+02	-3.549E+02	0.000E+00	-1.771E+01	3.962E+02

Slika 8 Proračun napona i dilatacija kolovozne konstrukcije – zimski model

Registarski broj/mat.br.:

62389796

PIB:

SR 106947647

Tekući račun:

275-0010791256491-66 Societe Generale Srbija



PROJEKTNJA TRAJNOST PREDLOŽENOG PROJEKTOG REŠENJA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Rezultati proračuna napona u merodavnom asfaltnom nosećem sloju su prikazani na slikama 5, 6, 7 i 8 kao i u sledećoj tabeli.

	Proleće	Leto	Jesen	Zima
Radna dilatacija \square_z ($\square\square$)	153	274	153	81
Računska trajnost ($\times 10^6$)	1,23	0,51	1,23	5,10
Sezonska raspodela teškog teretnog saobraćaja	0,25	0,35	0,25	0,15
Jedinično oštećenje	0,08	0,20	0,08	0,02

Tabela 8 Rezultati proračuna i računsa trajnost

Ukupno jedinično oštećenje iznosi 0,38. Projektovana kolovozna konstrukcija zadovoljava usvojene eksploatacione uslove.

Korišćenjem Minerovog pravila broj prelaza standardnih osovin od 80kN koji dovodi do zamora iznosi 1.1×10^6 .

Na delovima gde se radi kompletno nova kolovozna konstrukcija

Kolovozna konstrukcija	7 cm – Habajući sloj: BHNS 16 sa BIT 50/70	Habajući sloj BHNS 16 sa putnim pitumenom BIT 50/70
	6 cm - noseći asfaltni sloj BNS22sA sa BIT 50/70	Noseći asfaltni sloj BNS22sA sa putnim bitumenom BIT 50/70
	10-20 cm - sloj od nevezanog granulisanog materijala – d.k.o/31mm (kvalitet materijala, tehnologija izgradnje, nosivost definisani su posebnim tehničkim specifikacijama)	<ul style="list-style-type: none"> - Gornji bazni sloj od nevezanog materijala maksimalnog zrna veličine $D_{max}=31mm$. Kontinualan granulometrijski sastav koga karakteriše koeficijent jednolikosti $C_u=15\div 50$, koeficijent zakrivljenosti $C_c=1\div 3$ kao i prisustvo „finih” čestica na 5% na deponiji materijala (f_s) i 8% u ugrađenom sloju u ugrađenom sloju (f_s). Ekvivalent peska nije manji od 50 (u skladu sa EN 933-8:2002 ili JUS U.B1.040). - Kvalitet (mehaničke osobine) kamenog agregata treba da bude u skladu sa tehničkim specifikacijama Uputstva za projektovanje, građenje, nadzor i održavanje, J.P. Putevi 2012, Beograd.
Posteljica	Lokalno tlo	

Slika 9 Prikaz usvojene kolovozne konstrukcije

Na delovima gde se radi određena rehabilitacija radi se struganje u debljini od 2 do 3 cm i na to se radi habajući sloj od BHNS 16 sa BIT 50/70 u debljini od 7 cm.

Izrada habajućeg sloja	7 cm – Habajući sloj: BHNS 16 sa BIT 50/70	Habajući sloj BHNS 16 sa putnim pitumenom BIT 50/70
Postojeća kolovozna konstrukcija	Sloj od asfalt betona i peskovito-šljunkovitog materijala	

Slika 10 Prikaz rehabilitovane kolovozne konstrukcije

PRORAČUN OSETLJIVOSTI NA UTICAJ MRAZA

Struktura kolovozne konstrukcije i odgovarajući termički koeficijenti

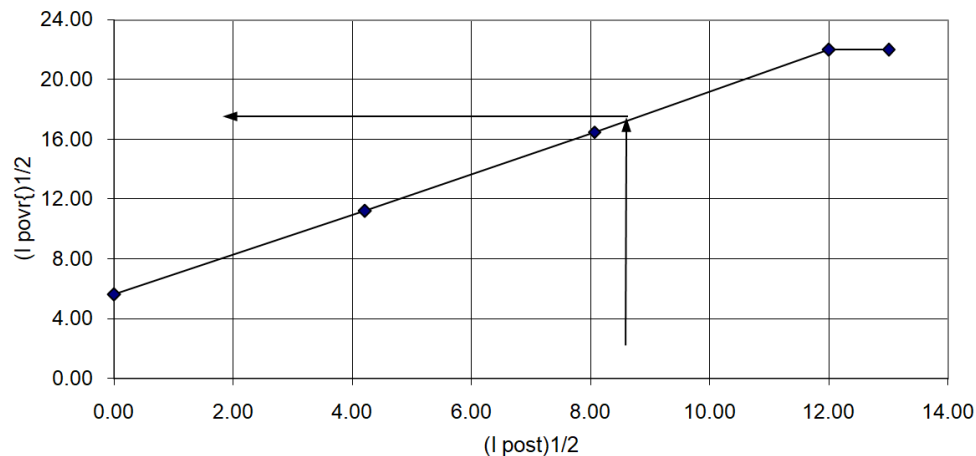
Materijal	ρ (kg/m ³)	W (%)	λ_{nm} (w/m.°C)	λ_m (w/m.°C)
AB 11s PmB 45/80-65	2 350	1	2,00	2,10
BNS 22sA BIT 50/70	2 350	1	1,90	1,90
drobljeni kameni agregat	2 200	3	1.80	1.90
posteljica	1 700	3	1.80	1.90

Peskovita prašina - visoke osetljivosti na mraz -
nagib koji bi se dobio opitom bubrenja = 0,35
[mm/(°Cxčas)^{1/2}]
Qsn = 0.25

$$Q_m = 1/0.35 = 2.86$$

$$(I_{post.})^{1/2} = Q_{post.} = Q_{nm} + Q_m + Q_{sn} = 8.52$$

Proračun termička zaštita posteljice od kolovozne konstrukcije sračunat je korišćenjem računarskog programa „GEL 1D“ a rezultati proračuna dati su na sledećem dijagramu



Slika 11 Odnos indeksa mraza u posteljici i na površini kolovoza

Na osnovu dijagrama - $(I_{post.})^{1/2} = 8.52 \Rightarrow (I_{površ.})^{1/2} = 17.82$

$$IA = (I_{površ.})^2 / 0.7 + 10 = 463 \text{ (}^\circ\text{C x dana)}$$

$$IA = 463 \text{ (}^\circ\text{C x dana)} > IR = 210 \text{ (}^\circ\text{C x dana)}$$

Projektovana kolovozna konstrukcija, za sračunate uticaje, nije osetljiva na dejstvo mraza.