

OVJERA PROJEKTA OD STRANE OVLAŠTENIH REVIDENATA

Investitor :	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220
Projektantski ured :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnjska 16a
Građevina :	Desnoobalni nasip rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare – Etapa 1
Projektirani dio građevine:	Desnoobalni nasip rijeke Kupe
Lokacija :	Grad Karlovac, k.o. Karlovac II, Karlovačka županija
ZOP :	ZOP-120-18
Oznaka mape :	mapa 1.2.



POPIS SVIH PROJEKTANATA I SURADNIKA

Investitor:	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220
Građevina:	Desnoobalni nasip rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare – Etapa 1
Glavni projektant :	Goran Grget, dipl. ing. građ.
ZOP:	ZOP-120-18

r.br. mape	Oznaka mape	Projektant	Suradnici	Tvrtka Projektanta
01	mapa 1.1.	Dunja Štefanac Dukarić, mag. ing. aedif.	Branka Zubčić Mrljak,, mag.ing.aedif Mirjana Rataić, građ.teh.	Vodoprivreda Karlovac d.d.
02	mapa 1.2.	Marko Kaić, mag. ing. aedif.	Goran Dašić. dipl. ing. građ. Luka Rendulić, mag. ing. aedif. Tomica Tomčić. teh. crt.	Geokon-Zagreb d.d.
03	mapa 1.3	Dunja Štefanac Dukarić, mag. ing. aedif.	Branka Zubčić Mrljak, mag.ing aedif. Mirjana Rataić, građ.teh.	Vodoprivreda Karlovac d.d.
04	mapa 2.1.	Marko Kaić, mag. ing. aedif.	Goran Dašić. dipl. ing. građ. Luka Rendulić, mag. ing. aedif. Ivan Mateljić, građ. tehn. Tomica Tomčić. teh. crt.	Geokon-Zagreb d.d.
05	mapa 2.2.	Igor Bitunjac, mag. ing. aedif.	Goran Dašić. dipl. ing. građ. Ante Vekić, mag. ing. aedif. Tomica Tomčić, teh. crt.	Geokon-Zagreb d.d.
06	mapa 2.3.	Marko Kaić, mag. ing. aedif.	Goran Dašić. dipl. ing. građ. Luka Rendulić, mag. ing. aedif. Ivan Mateljić, građ. tehn. Tomica Tomčić. teh. crt.	Geokon-Zagreb d.d.
07	mapa 2.4.	Mario Šulc, dipl. ing. el. Krunoslav Marošević, mag. ing. aedif.		Projektzni biro Naglič d.o.o.
08	mapa 3.1.	Igor Bitunjac, mag. ing. aedif.	Goran Dašić. dipl. ing. građ. Luka Rendulić, mag. ing. aedif. Tomica Tomčić. teh. crt.	Geokon-Zagreb d.d.



PREGLEDNA STRANICA

Investitor:	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220, OIB 28921383001		
Projektantski ured:	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnanska 16a, OIB 61600467614		
Građevina:	Desnoobalni nasip rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare – Etapa 1		
Projektirani dio građevine:	Desnoobalni nasip rijeke Kupe		
Lokacija:	Grad Karlovac, k.o. Karlovac II, Karlovačka županija		
Naziv mape:	Geostatički proračun desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare – Etapa 1		
Razina razrade:	Glavni projekt	Strukovna odrednica:	Građevinski projekt
Zajednička oznaka projekta (ZOP):	ZOP-120-18	Oznaka mape:	mapa 1.2.
R.br. mape:	02/08		
Oznaka Geokon-Zagreb:	E-048-22-02	Oznaka ugovora:	U-048-22-01
Glavni projektant:	Goran Grget, dipl. ing. građ. br. upisa G 3561		
Projektant:	Marko Kaić, mag. ing. građ. br. upisa G 4575		
Ovlašteni inženjer geodezije :	Jure Šimundić, dipl.ing.geod. br. upisa Geo 1278		
Suradnici:	Goran Dašić, dipl.ing.građ. Luka Rendulić, mag. ing. aedif. Ivan Mateljić, građ. tehn. Tomica Tomčić, teh. crt.		
Pregledao:	Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ.		
Predsjednik uprave:	Renato Lisica, dipl. ing. rud.		
Revizija / izdanje:	00		
Mjesto i datum:	Zagreb, 20.06.2022.		



POPIS MAPA GLAVNOG PROJEKTA

Investitor:	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220
Građevina:	Desnoobalni nasip rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare – Etapa 1
Glavni projektant :	Goran Grget, dipl. ing. građ.
ZOP:	ZOP-120-18

r.br. mape	Oznaka mape	Naziv mape	Oznaka mape prema Projektantu	Projektanti	Tvrtka Projektanta
01	mapa 1.1.	Glavni projekt izgradnje desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare - Etapa 1	1202/18	Dunja Štefanac Dukarić, mag. ing. aedif.	Vodoprivreda Karlovac d.d.
02	mapa 1.2.	Geostatički proračuni desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare - Etapa 1.	E-048-22-01	Marko Kaić, mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
03	mapa 1.3	Projekt rekonstrukcije kolektora odvodnje na području izgradnje desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare u km 0+547,29 – Etapa 1	1272/22	Dunja Štefanac Dukarić, mag. ing. aedif.	Vodoprivreda Karlovac d.d.
04	mapa 2.1.	Glavni projekt izgradnje desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare – Etapa 2.	E-120-18-02	Marko Kaić, mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
05	mapa 2.2.	Ispusti sa čepovima na desnoobalnom nasipu rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare – Etapa 2	E-120-18-03	Igor Bitunjac, mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
06	mapa 2.3.	Glavni projekt nalazišta materijala za izgradnju desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare	E-120-18-04	Marko Kaić, mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
07	mapa 2.4.	Glavni projekt zaštite i izmještanja elektroenergetskih objekata prema obuhvatu etape 2	22-037	Mario Šulc, dipl. ing. el. Krunoslav Marošević, mag. ing. aedif.	Projektni biro Naglić d.o.o.
08	mapa 3.1.	Glavni projekt izgradnje desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare – Etapa 3	E-120-18-05	Igor Bitunjac, mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.



SADRŽAJ MAPE:

	Stranica broj:
OPĆI DIO	I
OVJERA PROJEKTA OD STRANE OVLAŠTENIH REVIDENATA.....	II
POPIS SVIH PROJEKTANATA I SURADNIKA.....	III
PREGLEDNA STRANICA	IV
POPIS MAPA GLAVNOG PROJEKTA	V
SADRŽAJ MAPE:	VI
POPIS ZAKONA I PROPISA.....	VIII
TEHNIČKI DIO	1-1
1 UVOD	1-2
2 POPIS KORIŠTENIH PODLOGA.....	2-1
2.1 Tehničke podloge.....	2-1
2.2 Osvrt na geotehničke elaborate.....	2-1
2.2.1 Lokacija.....	2-1
2.2.2 Istražni radovi	2-2
2.2.3 Geotehnička kategorizacija.....	2-3
2.2.4 Seizmološki podaci	2-4
2.2.5 Sastav i svojstva materijala tla	2-9
2.2.6 Zaključno o istražnim radovima.....	2-14
3 TEHNIČKI OPIS – KONCEPCIJA RJEŠENJA	3-1
3.1 Desnoobalni nasip rijeke Kupe od potoka stubljava do bivše vojarnje – etapa 1.....	3-1
3.2 Elementi nasipne građevine	3-1
3.2.1 Usporni Nasip.....	3-1
3.2.2 Obrambeni nasip	3-2
3.2.3 Servisni put	3-3
4 DOKAZI O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA.....	4-1
4.1 Geostatički proračuni	4-1
4.2 Tipovi proračuna	4-2
4.3 Parametri materijala.....	4-3
4.3.1 Nalazište 3 (Nasipni materijal).....	4-3
4.3.2 Računski modeli 1 i 2.....	4-3
4.3.1 Računski model 3.....	4-4
4.3.1 Računski model 4.....	4-4
4.4 Računski modeli	4-5



4.5	Analiza procjeđivanja.....	4-6
4.5.1	Računski modeli	4-6
4.5.2	Projektne situacije.....	4-8
4.5.3	Rezultati proračuna	4-9
4.5.4	Zaključak analize procjeđivanja	4-12
4.6	Analiza slijeganja temeljnog tla	4-13
4.6.1	Projektna situacija.....	4-13
4.6.2	Računski modeli	4-13
4.6.3	Zaključak uz analizu slijeganja temeljnog tla	4-19
4.7	Analize stabilnosti	4-20
4.7.1	Seizmički Parametri	4-20
4.7.2	Projektne situacije.....	4-22
4.7.3	Geomreža.....	4-22
4.7.4	Računski modeli	4-23
4.7.5	Zaključak uz analize stabilnosti	4-30
4.8	Analiza konsolidacijskog slijeganja temeljnog tla	4-31
4.8.1	Računski modeli	4-31
4.8.2	Zaključak naponsko - deformacijske analize konsolidacije.....	4-33
5	PROCJENA TROŠKOVA GRADNJE	5-1
6	GRAFIČKI I DRUGI PRILOZI	6-1



POPIS ZAKONA I PROPISA

- Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19)
- Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19)
- Zakon o vodama (66/19, 84/21)
- Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN78/15, 118/18, 110/19)
- Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10)
- Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 94/18, 96/18)
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 78/15, 12/18, 118/18)
- Zakon o šumama (NN 68/18, 115/18, 98/19, 32/20, 145/20)
- Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19)
- Zakon o gospodarenju otpadom (NN 84/21)
- Zakon o zaštiti zraka (NN 127/19)
- Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19, 144/21)
- Zakon o normizaciji (NN 80/13)
- Zakon o građevnim proizvodima (NN 76/13, 30/14, 130/17, 39/19, 118/20),
- Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (NN 69/99, 151/03, 157/03, 87/09, 88/10, 61/11, 25/12, 136/12, 157/13, 152/14, 44/17, 90/18, 32/20, 62/20, 117/21)
- Zakon o poljoprivrednom zemljištu (NN 20/2018, 115/18, 98/19)
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20, 7/22)
- Tehnički propis o građevnim proizvodima (NN 35/18, 104/19)
- Tehnički propis kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevinske proizvode u usklađenom području (NN 4/15, 24/15, 93/15, 133/15, 36/16, 58/16, 104/16, 28/17, 88/17, 29/18, 43/19)
- Pravilnik o obaveznom sadržaju idejnog projekta (NN 118/19, 65/20)
- Pravilnik o obaveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN 118/19, 65/20)
- Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima (NN 112/17, 34/18, 36/19, 98/19, 31/20)
- Pravilnik o zaštiti na radu na privremenim gradilištima (NN 48/18)
- Pravilnik o tehničkim mjerama i o zaštiti na radu pri površinskim kopovima (Sl. list 18/61, 37/64 i 6/67)
- Pravilnik o pružanju prve pomoći radnicima na radu (NN 56/83)
- Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada (NN 05/84)
- Pravilnik o najviše dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04, 48/08, 30/09)
- Pravilnik o uvjetima za vatrogasne pristupe (NN 35/94, 55/94, 142/03)
- Pravilnik o mjerama zaštite od požara kod građenja (NN 141/2011)
- Pravilnik o zaštiti na radu pri uporabi radne opreme (NN 018/2017)
- Pravilnik o uporabi osobne zaštitne opreme (NN 005/2021)
- Pravilnik o zapaljivim tekućinama (NN 054/1999)



- Pravilnik o provjeri tehničkih rješenja iz zaštite od požara predviđenih u glavnom projektu (NN 088/11)
- Pravilnik o načinu utvrđivanja obujma i površine građevina u svrhu obračuna komunalnog doprinosa (NN 15/19)
- Pravilnik o načinu provedbe stručnog nadzora građenja, uvjetima i načinu vođenja građevinskog dnevnika te o sadržaju završnog izvješća nadzornog inženjera (NN 131/21)
- Pravilnik o održavanju građevina (NN 122/14, 98/19)
- Pravilnik o kontroli projekta (NN 32/14, 72/20)
- Pravilnik o nostrifikaciji projekata (NN 98/99, 29/03, 20/17)
- Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa (NN 110/01, 105/04, 67/08)
- Pravilnik o općim uvjetima za građenje u zaštitnom pružnom pojasu (NN 093/10, 63/20)
- Opći tehnički uvjeti za radove na cestama (Hrvatske ceste, 2001.) - u dijelu koji nije u suprotnosti sa važećim propisima,
- Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu (Hrvatske vode, 2011.) - u dijelu koji nije u suprotnosti sa važećim propisima
- HRN EN 1997-1:2012/A1:2014 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila (EN 1997-1:2004/A1:2013)
- HRN EN 1997-1:2012/NA:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila - Nacionalni dodatak
- HRN EN 1997-2:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla (EN 1997-2:2007+AC:2010)
- HRN EN 1998-5:2011 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja (EN 1998-5:2004)
- HRN EN 1998-5:2011/NA:2011 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja -- Nacionalni dodatak
- HRN EN 206:2014 Beton - 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost
- HRN EN 197-1:2012: Cement - 1. dio: Sastav, specifikacije i kriteriji sukladnosti cementa opće namjene (EN 197-1:2011)
- HRN EN 12620:2013 Agregati za beton (EN 12620:2013)
- HRN EN 1008:2002 Voda za pripremu betona (EN 1008:2002)
- HRN EN 10080:2012 Čelik za armiranje betona (EN 10080:2005)

Zagreb, 20.06.2022.

Projektant:

Marko Kaić, mag. ing. građ.



Projektantski ured: **Geokon-Zagreb d.d.**
ZAGREB, Starotrnrjanska 16a
OIB 61600467614

Investitor: **Hrvatske vode**
ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220
OIB 28921383001

Razina razrade: **Glavni projekt**

Strukovna
odrednica: Građevinski projekt

ZOP: ZOP-120-18

Oznaka mape: mapa 1.2.

TEHNIČKI DIO

Građevina: **Desnoobalni nasip rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare – Etapa 1**

Projektirani dio: Desnoobalni nasip rijeke Kupe

Projektant: Marko Kaić, mag. ing. građ.

Mjesto, datum: Zagreb, 20.06.2022.



1 UVOD

Temeljem ugovora U-048-22-01, zaključenog između Vodoprivrede Karlovac d.d., kao Naručitelja i tvrtke Geokon-Zagreb d.d. kao Izvoditelja, izvršeni su radovi na izradi mape projekta „Geostatički proračun desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare – Etapa 1“.

Temeljna podloga ovom projektu je mapa 1.1. glavnog projekta "Glavni projekt izgradnje desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare - Etapa 1"

Poglavlje 2 ovog projekta pruža pregled podloga korištenih u ovom projektu te osvrt na provedene geotehničke istražne radove. U poglavlju 3 ovog projekta dan je tehnički opis. U poglavlju 4 provedeni su dokazi o ispunjavanju temeljnih i drugih zahtjeva koje građevina mora ispuniti. U poglavlju 5 dana je procjena troškova projektiranih radova. Popis grafičkih i drugih priloga dan je u poglavlju 6.

U izradi projekta sudjelovao je Koordinator zaštite na radu I te je osigurana primjena načela Zaštite na radu u projektu.

Projektant :

Marko Kaić, mag. ing. građ.



2 POPIS KORIŠTENIH PODLOGA

2.1 TEHNIČKE PODLOGE

Slijedeća dokumentacija je korištena kao podloga pri izradi projekta:

r.br.	vrsta podloge	naziv; (oznaka); mjesto; datum; izvođač	naručitelj	napomena
1.	Geotehnički elaborat	"Desnoobalni nasip rijeke Kupe od Brodaraca do pivovare L=5,7 km" (E-014-16-01 v 1.0) Zagreb, rujun 2016. Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE, Zagreb, Ul. Grada Vukovara 220	
2.	Geotehnički elaborat	"Desnoobalni nasip rijeke Kupe od Brodaraca do pivovare L=5,7 km" (E-120-18-01 v 1.0) Zagreb, siječanj 2019. Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE, Zagreb, Ul. Grada Vukovara 220	
3.	Idejni projekt	Idejni projekt izgradnje desnog kupskog nasipa od Brodaraca do Karlovačke pivovare u duljini oko 5,9 km (E-095-19-01 v 1.0) Zagreb, veljača 2020. Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE, Zagreb, Ul. Grada Vukovara 220	

2.2 OSVRT NA GEOTEHNIČKE ELABORATE

Za potrebe izrade Glavnog projekta desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do pivovare L=5,7 km provedeno je dodatno geotehničko istraživanje 2018. godine (Elaborat E-120-18-01 v 1.0, Geokon-Zagreb d.d) koje se nadovezalo na geotehnička istraživanja iz 2016. godine (Elaborat E-014-16-01 v 1.0, Geokon-Zagreb d.d) koja su se izvodila za potrebu izrade Idejnog projekta duž trase nasipa i na potencijalnim lokacijama nalazišta materijala. Oba istraživanja su obuhvatile izvođenje istražnog bušenja uz geotehnički nadzor, uzorkovanje uzoraka tla, ispitivanje standardnog penetracijskog testa u bušotini - SPT i laboratorijska ispitivanja uzoraka, dok su u dodatnom geotehničkom istraživanju uz navedena istraživanja obuhvaćena i in-situ ispitivanja tla kontinuiranom dinamičkom penetracijom (TUS).

2.2.1 LOKACIJA

Lokacija istraživanja nalazi se sjeverozapadno od grada Karlovca, a proteže se uz desnu obalu rijeke Kupe na potezu od Brodaraca do Karlovačke pivovare u približnoj duljini od oko 5,7 km. Novoprojektirani nasip se nastavlja na izgrađeni transverzalni nasip kod Karlovačke pivovare te se proteže do mosta kod Brodaraca. Od mosta se nadalje umjesto nasipa izvodi obalni obrambeni zid jer zbog blizine postojećih kuća nema dovoljno mjesta za izgradnju nasipa. Predmet ovog geostatičkog proračuna je etapa 1 duljine cca 1,1 km koja se proteže od stacionaže km 0+000,00 do km 1+088,00 i zahvaća izgradnju uspornog nasipa duljine L=300,00 m i obrambenog nasipa duljine 788,00 m. Na temelju navedenih elaborata geotehničkih istražnih radova doneseni su zaključci i odabrani su parametri materijala temeljnog tla koji služe za danje proračune u geostatičkom proračunu.



Na sljedećoj slici prikazana je trasa nasipa u etapi 1 te šire područje lokacije istraživanja:



Lokacija istraživanja sa trasom nasipa u etapi 1

Karakteristike lokacije istraživanja za etapu 1 pobliže su opisane u sljedećoj tablici

Značajke lokacije	Opis
Generalni nagib i pad terena	Teren uz Kupu je generalno ravničarski, a visinske kote se kreću od 110 m n.m. do 113 m n.m.
Postojeće građevine	Postojeće građevine na trasi: Napuštena Vojarna, betonski poligon, objekt sa el. Instalacijama na području vojarne (cca km 0+900 - 1+225)
Vegetacija	Trava, nisko raslinje, drveće, oranice.
Izdanci osnovne stijene	Registrirani mjestimično na prvoj polovici trase etape 1 na većim dubinama.
Zahvati na terenu - zasjeci, usjeci, nasipi	Zahvati prilikom izgradnje prometnica, mostova te objekata.
Izvori, vodotoci i tragovi vodotoka (vododerine)	Rijeka Kupa te potoci, vodotoci i kanali koji se ulijevaju u Kupu duž gotovo cijele trase.
Klizanja, puzanja i dr. pomaci na terenu	Nestabilnosti na pokosu obale nastale uslijed erozijskog djelovanja rijeke Kupe.
Nagnuto drveće ("pijano drveće")	Mjestimično duž pokosa obale.
Pukotine u terenu (od klizanja ili pojava sufozije)	Mjestimično duž pokosa obale.
Drugi znakovi nestabilnosti	Manji odroni na pokosima postojećih potoka, kanala i vodotoka koji se ulijevaju u Kupu nastali uslijed erozije.

2.2.2 ISTRAŽNI RADOVI

Istražni radovi su izvedeni u svrhu utvrđivanja uslojenosti te fizikalnih i mehaničkih svojstava tla. U sklopu tih radova izvedeno je ukupno 73 istražnih bušotina i 11 sonde kontinuirane dinamičke penetracije tla (TUS), od kojih se 8 istražnih bušotina i 2 DPH-a nalazi u obuhvatu predmeta geostatičkih proračuna za etapu 1. U okviru geotehničkih istraživanja provedena su inženjerskogeološka istraživanja.

Program terenskih i laboratorijskih istražnih radova definiran je projektnim zadatkom.

Terenski istražni radovi sastojali su se od slijedećih segmenata:

- Istražno bušenje uz geotehnički nadzor, identifikaciju i klasifikaciju jezgre bušenja
- Uzorkovanje poremećenih i neporemećenih uzoraka



- Ispitivanje standardnog penetracijskog testa u bušotini (SPT)
- Terensko ispitivanje džepnim penetrometrom i džepnom krilnom sondom na jezgri bušenja
- In-situ ispitivanje tla kontinuiranom dinamičkom penetracijom – teška udarna sonda (TUS)

Laboratorijskim ispitivanjima su obuhvaćeni pokusi za određivanje općih i mehaničkih karakteristika reprezentativnih NU i PU:

- granulometrijski sastav,
- prirodni sadržaj vlage i indeks konzistencije (w_0 , I_c),
- Atterbergove granice plastičnosti (w_L , w_P),
- prirodna vlažna i suha zapreminska težina (γ , γ_d),
- specifična težina (γ_s),
- optimalan sadržaj vode (w_{opt}),
- posmična čvrstoća izravnim smicanjem (ϕ , c),
- jednoaksijalna čvrstoća (q_u),
- edometarski modul stišljivosti (E_{oed}),
- vodopropusnost u oedometru (k_y).

Cilj istražnih radova bio je dobiti podatke o sastavu i karakteristikama materijala temeljnog tla na lokaciji gradnje i na potencijalnim lokacijama nalazišta materijala te dati preporuke za projektiranje i izvođenje predmetnog zahvata.

2.2.3 GEOTEHNIČKA KATEGORIZACIJA

Eurokod 7 uvodi klasifikaciju od tri geotehničke kategorije prema složenosti i rizičnosti geotehničke konstrukcije ili zahvata, a kako bi se racionalizirao opseg istražnih radova i složenost postupka dokazivanja stabilnosti i uporabivosti za građevine bitno različitih stupnjeva složenosti i različitih stupnjeva izloženosti riziku. Norma ne daje posebne upute, već traži rigoroznije kriterije i postupke istražnih radova, projektiranja, opažanja i nadziranja pod vodstvom geotehničara specijalista s odgovarajućim (i dokazanim) iskustvom, a normiranje prepušta potrebama. Primjena kategorizacije nije obvezna, a služi projektantu kao smjernica i pomoć pri projektiranju.

Geotehnička kategorija 1 se odnosi na najjednostavnije konstrukcije (npr. temelji jednokatnica, niski zidovi i nasipi i slično) gdje istražni radovi mogu obuhvaćati najjednostavnije radnje (pregled terena, primjena iskustva sa susjednih objekata i sl.), a dokazi se stabilnosti mogu zamijeniti usporedivim iskustvom.

Geotehnička kategorija 2 obuhvaća najčešće zastupljene geotehničke zahvate kao što su plitki i duboki temelji, potporni zidovi, nasipi i niske nasute brane, jednostavnije građevne jame, stabilnost jednostavnijih kosina i sl.

U *geotehničku kategoriju 3* spadaju vrlo složeni zahvati i zahvati velikog rizika (na primjer temeljenje na mekom tlu, složene građevne jame u blizini postojećih objekata, klizišta, tuneli, visoke nasute brane, nuklearne elektrane i sl.).

Obzirom na značajke građevine i lokacije za predmetni zahvat vrijedi sljedeće:



geotehnička kategorija	2.
općenito	Uobičajena vrste konstrukcija i temelja, koja ne uključuju pretjerane opasnosti, neobične ili izuzetno teške uvjete u temeljnom tlu ili uvjete opterećenja, te je moguće uz kvantificirane geotehničke podatke i analize rutinskim postupcima provesti projektiranje i gradnju temelja sa zanemarivim opasnostima za vlasništvo i živote.
geotehnički hazard	Srednji.
uvjeti u tlu	Mogu se odrediti iz istražnih radova.
podzemna voda	Podzemna voda u bušotinama je registrirana na dubinama od 1,3 do 7,2 m
istražni radovi	Potrebni su kvantitativni geotehnički podaci dobiveni terenskim istražnim radovima i laboratorijskim ispitivanjima.
regionalna seizmičnost	<i>Maksimalni intenzitet očekivanih potresa prema MSC skali.</i> - $I_{max} = 6^{\circ}$ MCS za povratni period od 100 godina - $I_{max} = 7^{\circ}$ MCS za povratni period od 500 godina <i>Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A</i> $a_{gR} = 0,081-0,089$ g za $T=95$ godina $a_{gR} = 0,167-0,187$ g za $T=475$ godina
utjecaj okoliša	Rješava se rutinskim postupcima dimenzioniranja.
osjetljivost konstrukcije	Nema podataka. Pretpostavlja se srednja osjetljivost.
veličina konstrukcije	Obrambeni nasip od poplava. Duljina nasipa u fazi 2 iznosi cca 3,76 km. Kota krune nasipa je od 112,87 - 113,46 m n.m. Širina krune nasipa je 4,0 m, a nagibi pokosa 1:2,5 obostrano.
geotehnički rizik	Srednji.
projektni postupci	Geotehničke analize stabilnosti, slijeganja, procjeđivanja i konsolidacije, po potrebi i složene analize.

2.2.4 SEIZMOLOŠKI PODACI

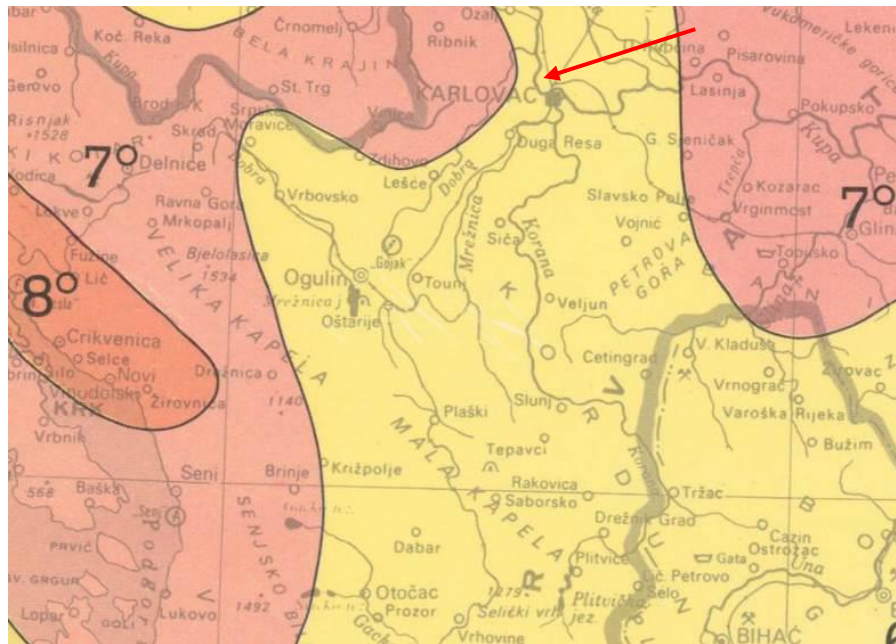
MAKSIMALNI INTENZITET POTRESA I_{max}

Na sljedećim slikama prikazani su isječci iz seizmoloških karata¹ sa označenom lokacijom istraživanja na kojima su prikazani stupnjevi maksimalnih intenziteta očekivanih potresa prema MCS skali.

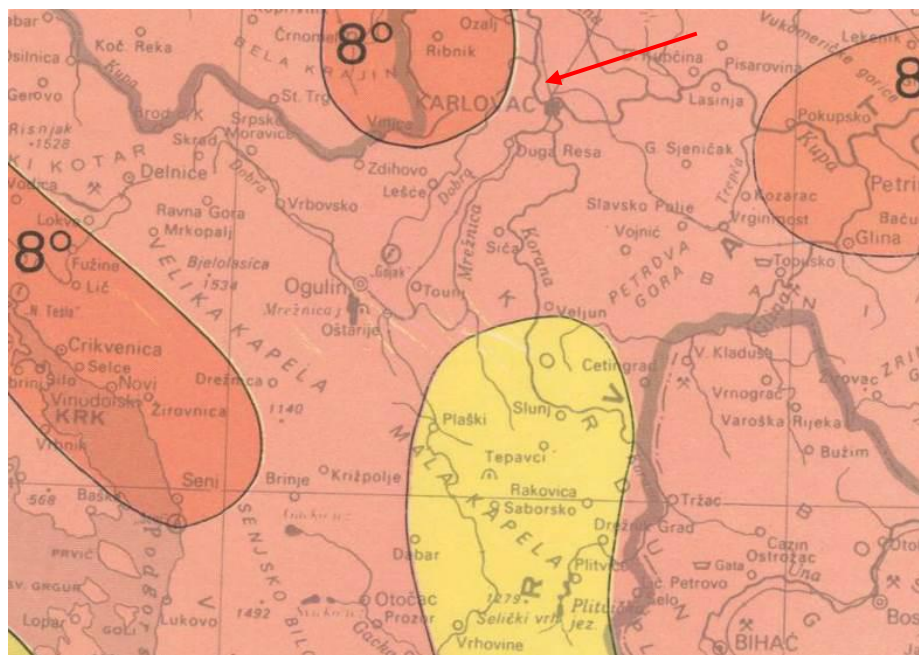
¹ V. Kuk (1987): Seizmološka karta - SR Hrvatska, M 1:1.000.000, Geofizički zavod PMF-a – Zagreb



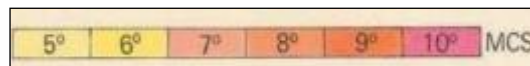
ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 100 GODINA



ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 500 GODINA



LEGENDA UZ KARTE



Očitani maksimalni intenziteti očekivanih potresa prema MCS skali prikazani su u sljedećoj tablici.

Maksimalni intenzitet potresa	
Povratni period	Imax (°) ljestvice MCS
100 godina	6°
500 godina	7°



POREDBENA VRŠNA UBRZANJA a_{gR}

Na temelju karata potresnih područja Republike Hrvatske određuju se potresom prouzročena horizontalna poredbena vršna ubrzanja (a_{gR}) površine temeljnog tla tipa A čiji se premašaj tijekom bilo kojih $t = 50$ godina godina očekuje s vjerojatnošću od $p = 10$ %. Vjerojatnosti premašaja (p) i poredbena razdoblja (T) s povratnim su razdobljem (T) povezana izrazom

$$p = 100 \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T} \right)^i \right]$$

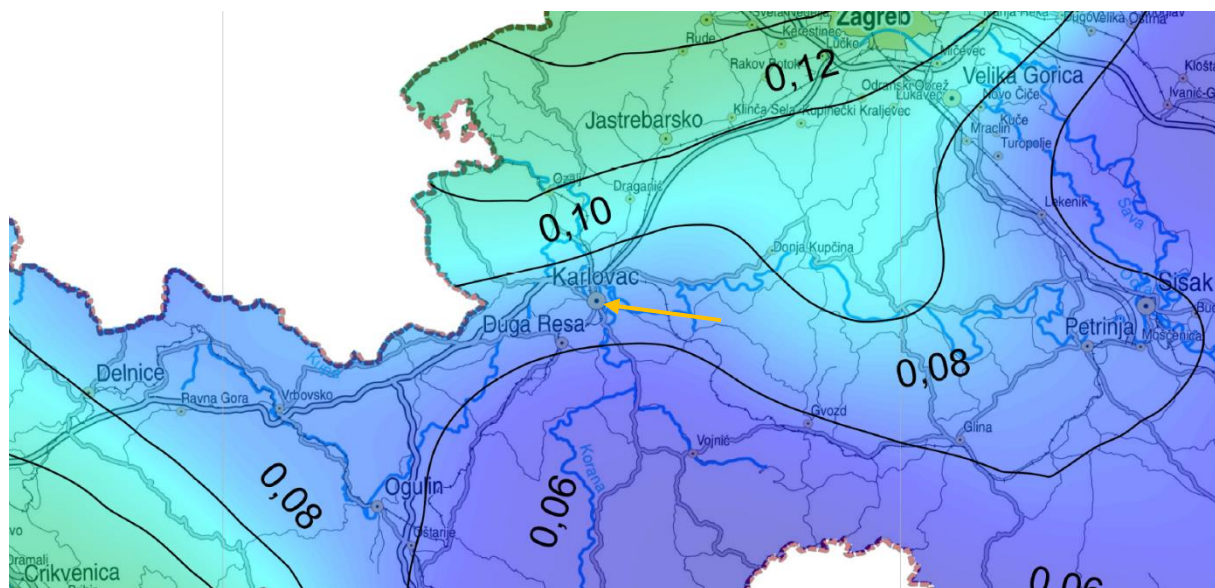
pa vrijednosti prikazane na karti odgovaraju ubrzanjima koja se u prosjeku premašuju svakih $T = 95$ i $T = 475$ godina. Ubrzanja su izražena u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g ($1 g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Iznosi poredbenih vršnih ubrzanja na karti prikazani su izolinijama s rezolucijom od $0,02 g$. Numerički navedene vrijednosti na karti odnose se na prostor između dvije susjedne izolinije. U slučaju dvojbe valja uzeti prvu susjednu veću vrijednost.

Karte sa tumačem su sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio – Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade.

Na sljedećim slikama prikazani su isječci karata potresnih područja Republike Hrvatske² za lokaciju istraživanja na kojoj su prikazana vršna ubrzanja tla tipa A.

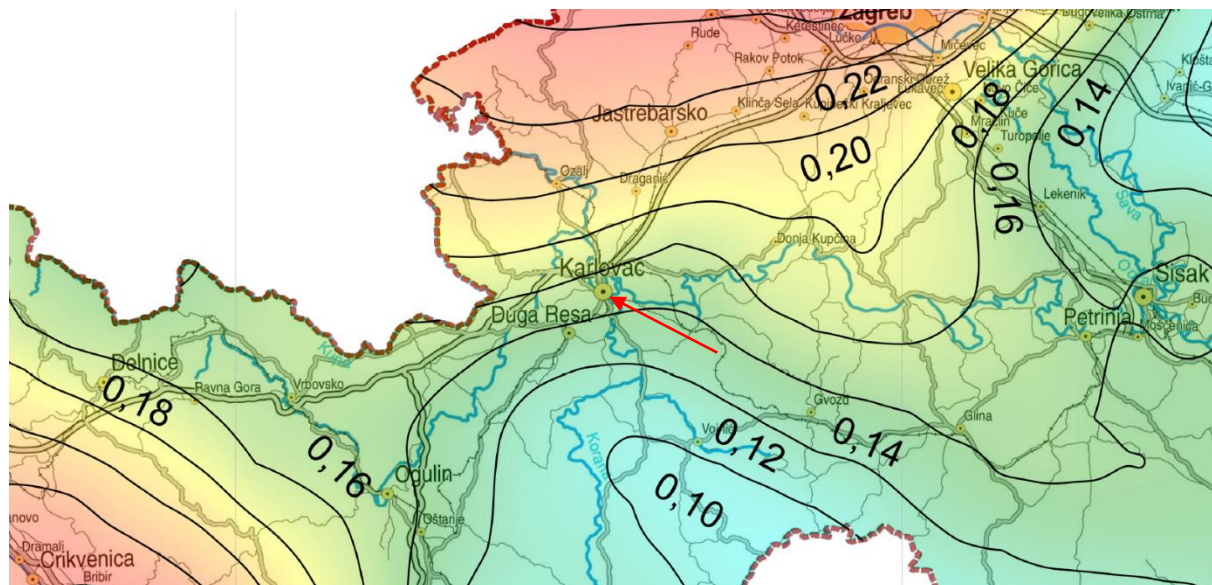
ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 95 GODINA



Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A (a_{gR}), s vjerojatnosti premašaja 10 % u 10 godina, za poredbeno povratno razdoblje potresa $T_{DLR} = 95$ godina, izraženo u jedinicama gravitacijskog ubrzanja (g)

² M.Herak (2011): Karta potresnih područja Republike Hrvatske, M 1:800.000, Geofizički odsjek PMF-a – Zagreb

ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 475 GODINA



Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A (a_{gR}), s vjerojatnosti premašaja 10 % u 50 godina, za poredbeno povratno razdoblje potresa $T_{NCR} = 475$ godina, izraženo u jedinicama gravitacijskog ubrzanja (g)

LEGENDA:

T_{DLR} – DLR = **D**amage **L**imitation **R**equirement

T_{NCR} - NCR = **N**o-**C**ollapse **R**equirement

Očitane vrijednosti poredbenih vršnih ubrzanja tla tipa A prikazane su u sljedećoj tablici.

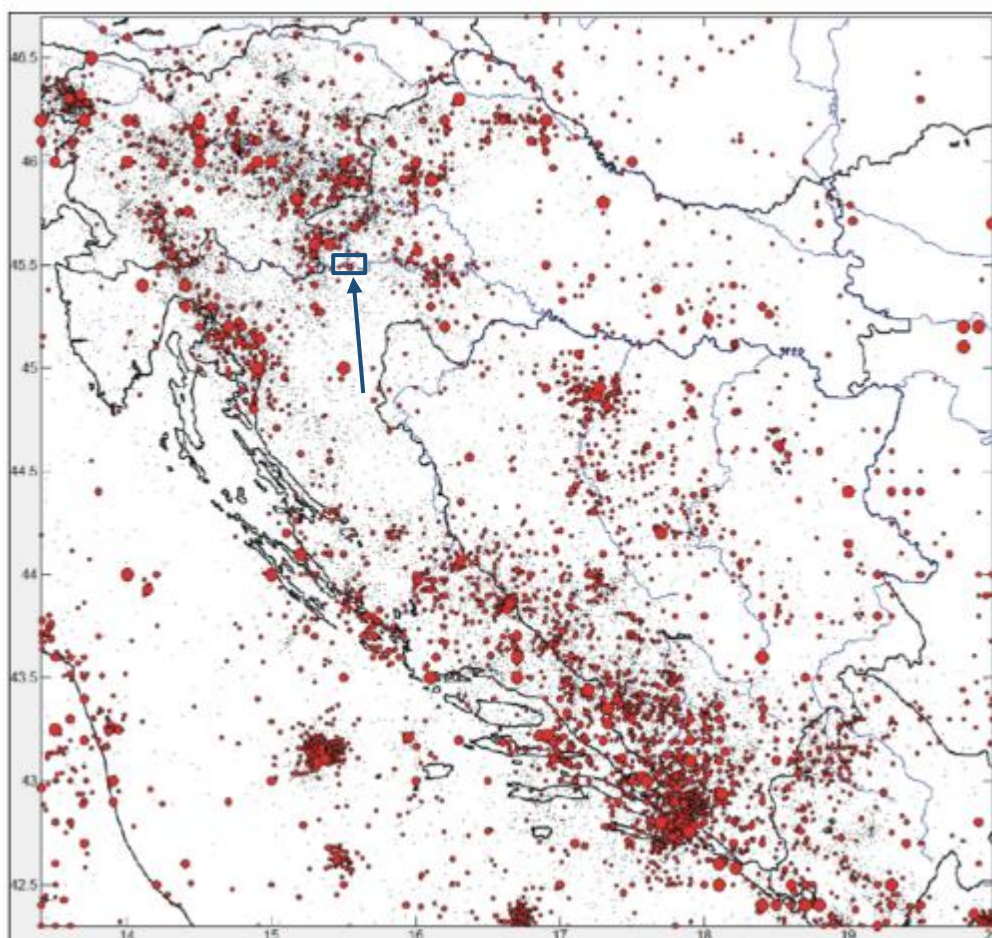
Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A	
Povratni period	a_{gR} (g)
95 godina	0,087
475 godina	0,179

Napomena: za očitavanje poredbenog vršnog ubrzanja predmetne lokacije može se koristiti i web poveznica <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php> Geofizičkog zavoda PMF-a. Sukladno uputi, očitavanja na navedenoj poveznici su samo orijentacijska i nužno ih je potvrditi uvidom u karte potresnih područja.

Karte potresnih područja karte su seizmičkog hazarda ili potresne opasnosti koja se procjenjuje na temelju opažene seizmičnosti tijekom što je moguće duljeg razdoblja. Za Hrvatsku osnovna je baza podataka sadržana u Hrvatskom katalogu potresa (Herak et al., 1996) koji održava Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Trenutno sadrži osnovne podatke o više od 40 000 potresa koji su se dogodili na teritoriju Republike Hrvatske i susjednim područjima, a redovito se dopunjuje podacima o novim potresima.

Današnja mreža seizmografa u Hrvatskoj omogućuje da se godišnje prosječno locira i u katalog uvrsti više od 3 500 potresa.

Sljedeća slika prikazuje Kartu epicentara potresa Republike Hrvatske na kojoj je označena lokacija istraživanja.



*Epicentri potresa iz Hrvatskog kataloga potresa
(Geofizički odsjek PMF-a, 2011).*

Na temelju izvršenih istražnih radova, a sukladno sljedećoj tablici iz Eurokoda 8, lokalno temeljno tlo pripada većim dijelom pod **TIP C**, a manjim dijelom pod **TIP A** (na dijelovima gdje je plitko registrirana stijena podloge:

Tip tla	Opis geotehničkog profila tla	$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (n/30cm)	Cu (kPa)
A	Stijena ili druga geološka formacija uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini.	>800	-	-
B	Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom.	360 - 800	>50	>250
C	Debeli nanosi srednje zbijenoga pijeska, šljunka ili srednje krute gline debljine od nekoliko desetaka do više stotina metara.	180 - 360	15-50	70 - 250
D	Nanosi slabo do srednje koherentni (sa ili bez mekih koherentnih slojeva) ili s predominantno mekim do srednje krutim koherentnim tlima.	<180	<15	<70
E	Profili koji sadrže površinski sloj koji karakterizira brzina v_s tzv. tipove tla C i D i debljine od 5 m do 20 m, a ispod njih je kruti materijal s brzinom većom od v_s 800 m/s			



Tip tla	Opis geotehničkog profila tla	$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (n/30cm)	C_u (kPa)
S1	Nanosi koji sadrže najmanje 10 m debeli sloj mekane gline s visoko plastičnim indeksom ($PI > 40$) i visokim sadržajem vode	<100		10-20
S2	Nanosi likvefakcijski osjetljivog tla pijeska i gline ili bilo koji tip tla koji nije opisan od A do E i pod S1			

LEGENDA:

$v_{s,30}$ - srednja vrijednost brzine poprečnih površinskih valova

N_{SPT} - standardni penetracijski test (broj udaraca)

C_u - posmična čvrstoća tla

2.2.5 SASTAV I SVOJSTVA MATERIJALA TLA

2.2.5.1 Grupe materijala duž trase nasipa

U skladu s provedenim istražnim radovima utvrđeni su sljedeći materijali koji su razvrstani u grupe prema svojstvima i dubini pojavljivanja na duž trase nasipa.



grupa materijala	vrsta materijala	oznaka materijala	opis materijala
(1)	HUMUS	-	Humus je površinski sloj terena debljine 0,1-0,4 m, a registriran je u svim bušotinama duž trase.
(2)	NASIP	N, N(CI), N(CI/CH), N(CH)	Nasip je registriran u 20 bušotina duž trase, a sastoji se od mješavine drobljenog kamena, šljunka, pijeska, gline, odlomaka opeke, te mjestimice komada betona i drugog otpadnog građevinskog materijala u raznim omjerima. Registriran je najpliće do dubine 0,2 m, a najdublje do 3,2 m (debljina nasipa 0,2-3,0 m). <i>Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (N) je 3 - 23 udaraca/30 cm (prosječno 7 udaraca/30 cm).</i>
(3)	GLINE NISKE, SREDNJE I VISOKE PLASTIČNOSTI	CL, CI, CH	Gline su niske, srednje i visoke plastičnosti, s tim da prevladavaju gline srednje do visoke plastičnosti. Uglavnom su kruto plastične konzistencije, u manjoj mjeri i srednje plastične konzistencije, pretežito smeđe, žutosmeđe i sivosmeđe boje, a u dubljim dijelima terena sivoplave i žutosmeđe boje prošarane crvenkastom. Od primjesa sadrže mjestimice malo pijeska, nešto kongrecija željeznih i manganskih oksida te vrlo malo organskih primjesa. Duž trase ovaj sloj je registrirana u 44 bušotine uglavnom u površinskom dijelu terena, i to najpliće do dubine 0,9 m, a najdublje do 7,2 m. Mjestimice su registrirane i u dubljim dijelovima terena kao leće/proslojci gline debljine 0,3-4,0 m. <i>Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (N) je 5 - 21 udarac/30 cm (prosječno 11 udaraca/30 cm).</i>
(4)	GLINE NISKE I SREDNJE PLASTIČNOSTI	CL, CI	Gline su niske i srednje plastičnosti, pjeskovite, uglavnom meko do srednje plastične, u manjoj mjeri i srednje do krutoplastične konzistencije, smeđe, žutosmeđe i tamnosmeđe boje, u dubljim dijelima terena sive do sivoplave boje. Od primjesa sadrže kongrecije željeznih i manganskih oksida, pokuju valuticu šljunka te nešto ostataka ljuštura školjaka. Duž trase ovaj sloj je registriran u 39 bušotina uglavnom ispod sloja krutoplastične gline (grupa materijala 3), a na jednom kraćem potezu su ove gline registrirane od površine terena (ispod humusa). U dvije bušotine ove gline su registrirane u dubljem dijelu terena (B-20 i B-21), a bušenje je završeno u ovoj glini. Najpliće se proteže do dubine 2,0 m, a najdublje do 11,1 m (debljina sloja je od 0,4 do 10,0 m). <i>Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (N) je 0 - 9 udaraca/30 cm (prosječno 5 udaraca/30 cm).</i>
(5)	TRESET I ORGANSKA GLINA	Pt, OH	Sloj treseta i organske gline je registriran samo u bušotini B-1, i to u intervalu 2,3-4,2 m (2,3-2,8 m – treset, 2,8-4,2 m – organska glina). Treset je zrnat do vlaknast, tamnosive do crne boje (sadržaj gorivih tvari 27,22%, organskih tvari 41,06%), a organska glina je visoke plastičnosti, meko plastične konzistencije, crne boje. <i>Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (N) je 0 udaraca/30 cm (pribor propao pod vlastitom težinom).</i>
(6)	PJESKOVITA GLINA DO GLINOVITI PIJESAK	CL/SC, SC/CL	U bušotinama B-5, B-6, B-7 i B-17 registrirana je pjeskovita glina niske plastičnosti - CL/SC do sitan do srednje krupan glinoviti pijesak - SC/CL (prelazni sloj između gline i pijeska). Materijali su krutoplastične konzistencije tj. srednje zbijeni, žuto smeđe prošarano crvenkasto-ljubičastom, dok su u bušotini B-17 sivoplavi. Ovaj sloj je nabušen u dubljem dijelu terena, najpliće na dubini 5,6 m, najdublje na 9,0 m, a bušenje je završeno u ovim materijalima. <i>Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (N) je 13 - 22 udaraca/30 cm (prosječno 18 udaraca/30 cm).</i>

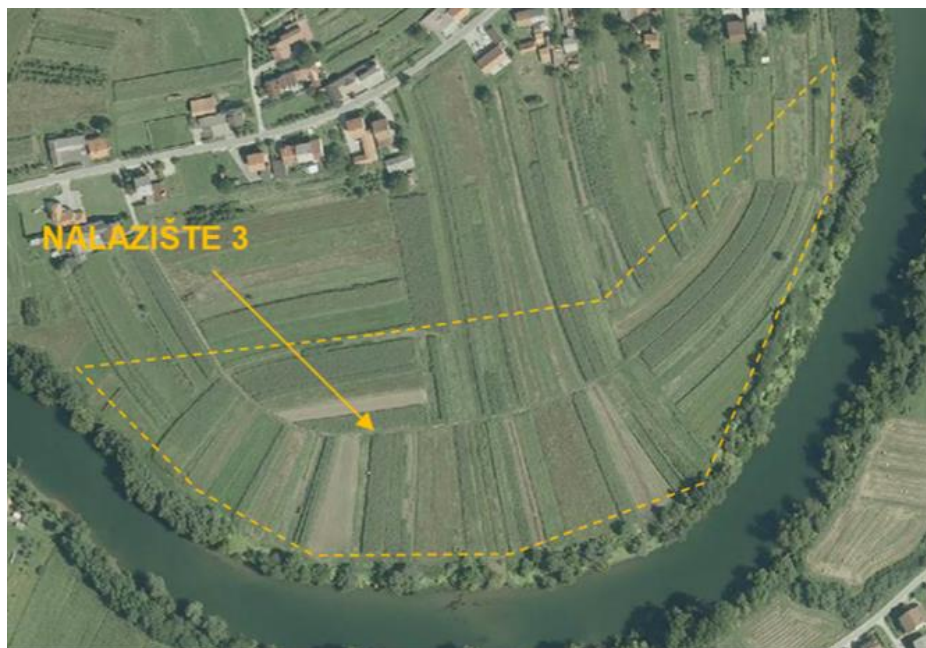


grupa materijala	vrsta materijala	oznaka materijala	opis materijala
(7)	PIJESAK	SP, SC, SM/SC, SP-SC	<p>Pijesak je sitan do srednje krupan, mjestimice i krupan, slabo graduiran, zaglinjen i prahovit, mjestimice sa nešto šljunka, uglavnom srednje zbijen, smeđe, žutosmeđe i sive boje. Pijesak je duž trase registriran u 18 bušotina, uglavnom ispod površinskih slojeva gline (grupe materijala 3 i 4), a bušenje je u većini bušotina završeno u njemu. Najpliće je registriran na dubini 2,0 m, a najdublje na 10,0 m.</p> <p><i>Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (N) je 5 - 35 udarca/30 cm (prosječno 17 udarca/30 cm).</i></p>
(8)	ŠLJUNAK	GW, GP, GC, GP-GC, GC/SC, GP/SC	<p>Šljunak je sitan do krupan, slabo i dobro graduiran, zaglinjen i pjeskovit, rastresit do srednje zbijen, smeđe, žutosmeđe i sive boje. Oblog je do poluzaobljenog zrna veličine do pretežito 4 cm, a mjestimice sa pokojom većom valuticom do 8-10 cm. Šljunak je duž trase registriran u 35 bušotina, najpliće na dubini 1,4 m, a najdublje na 9,0 m. Debljina sloja šljunka se kreće od 0,2 do najviše 4,7 m, s tim da je u par bušotina bušenje završeno u šljunku.</p> <p><i>Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (N) je 3 - >50 udarca/30 cm (prosječno 13 udarca/30 cm; u izračunu prosjeka N>50 je razmatran kao N=50).</i></p>
PODLOGA – OSNOVNA STIJENA			
(9)	LAPOROVITA GLINA	La, La(CH)	<p>Laporovita glina je polučvrste do čvrste konzistencije, sive do sivoplave boje, prema rezultatima SPT-a nešto trošnija u gornjem dijelu intervala. Sadrži tinjice te nešto ostataka ljuštura školjaka, a duž trase je registrirana u 17 bušotina. Najpliće je registrirana na dubini 4,5 m, a najdublje na 11,1 m. Bušenje je završeno u laporovitoj glini, izuzev bušotina B-2 i B-13 gdje je ispod nje nabušen dolomit.</p> <p><i>Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (N) je 12 - >50 udarca/30 cm (prosječno 44 udarca/30 cm; u izračunu prosjeka N>50 je razmatran kao N=50).</i></p>
(10)	ŠEJL, PJEŠČENJAK	Sh, Pj	<p>Šejl, sitno klastična stijena, s dosta tinjaca, tamnosive do crne boje, škriljav – tektonski deformiran, varira od praha do čvrstih odlomaka (stijenska masa je vjerojatno dodatno degradirana bušenjem), prema rezultatima SPT-a nešto trošniji u gornjem dijelu intervala. Registriran je u bušotinama B-14, B-15, B-16, B-22, B-23, B-24, B-30, S-014-16-13 i S-014-16-14, najpliće na dubini 4,8 m, a najdublje na 7,7 m. U plitkim ručnim bušotinama B-24 i B-30 registriran je na dubinama 0,3 i 0,5 m.</p> <p>Klastična stijena pješčenjak je čvrsta (nije moguće bušenje vidija krunom), sive do tamnosive boje, varira od praha do čvrstih odlomaka (stijenska masa je vjerojatno dodatno degradirana bušenjem). Registriran je u bušotinama B-25, S-014-16-07, S-014-16-08 i S-014-16-12, najpliće na dubini 2,6 m, a najdublje na 5,8 m.</p> <p><i>Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (N) je 19 - >50 udarca/30 cm (prosječno 43 udarca/30 cm; u izračunu prosjeka N>50 je razmatran kao N=50).</i></p>
(11)	DOLOMIT	D	<p>Dolomit je kalcitičan, čvrst (nije moguće bušenje vidija krunom), sive do tamnosive boje, razlomljen bušenjem u odlomke veličine do 6 cm. Registriran je u bušotini B-2 na dubini 8,7 m te u bušotini B-13 na dubini 5,9 m, a bušenje je završeno u njemu.</p> <p><i>Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (N) je >50 udarca/30 cm.</i></p>



2.2.5.2 Grupe materijala na nalazištu 3

Lokacija nalazišta 3 je prikazana na slici.



Na temelju izvedenih radova su do dubine istraživanja registrirani sljedeći materijali tla.

grupa materijala	vrsta materijala	oznaka materijala	opis materijala
(1)	HUMUS	-	Humus je površinski sloj debljine 10-20 cm i registriran je u svim bušotinama. Obzirom da se nalazište nalazi na obrađivanim poljoprivrednim površinama debljina humusa može biti i veća te se predlaže usvojiti prosječnu debljinu od cca 30-40 cm.
(2)	GLINA NISKE DO SREDNJE PLASTIČNOSTI	CL, CI	Glina je niske do srednje plastičnosti, uglavnom srednje do kruto plastične konzistencije, malo pjeskovita, pretežito smeđe boje. Od primjesa sadrži kongrecije željeznih i manganskih oksida. Registrirana je bušotinama BN-9 (0,2-4,0 m; bušenje završeno u ovoj glini), BN-10 (0,2-1,8 m), BN-11 (0,2-1,6 m i 3,6-4,0 m; bušenje završeno u ovoj glini), BN-12 (0,2-1,2 m), BN-13 (0,2-0,7 m i 3,1-4,0 m; bušenje završeno u ovoj glini), BN-14 (0,2-5,0 m; bušenje završeno u ovoj glini), S-014-16-26 (0,1-4,0 m; bušenje završeno u ovoj glini) i S-014-16-27 (0,1-4,0 m; bušenje završeno u ovoj glini). U bušotini S-014-16-28 ova glina nije registrirana.
(3)	PJESKOVITA GLINA	CL/SC	Pjeskovita glina niske plastičnosti je smeđe boje, sadrži 42-49% sitnog pijeska, a registrirana je u bušotinama BN-10 (1,8-3,2 m), BN-11 (1,6-3,6 m) i BN-12 (1,2-4,0 m; bušenje završeno u ovoj glini). U ostalim bušotinama ova glina nije registrirana.
(4)	GLINOVITI PIJESAK	SC/CL	Pijesak je sitan, vrlo glinovit (cca 40-45% sitnozrne komponente), smeđe boje. Registriran je bušotinama BN-10 (3,2-5,0 m; bušenje završeno u pijesku), BN-13 (0,7-3,1 m) i S-014-16-28 (0,1-4,0 m; bušenje završeno u pijesku). U ostalim bušotinama pijesak nije nabušen.



2.2.5.3 Procjena raspoloživih količina glinenog materijala sa nalazišta 3

Prema rezultatima ispitivanja pogodnosti gline za ugradnju (Elaborat E-120-18-01 poglavlje 8.5.3.) utvrđeno je da su gline sa predmetnog nalazišta pogodne za ugradnju sukladno uvjetima iz OTU.

Procjena raspoloživih količina glinenog materijala se daje za iskop do prosječne dubine od 3,0 m. Površina plohe nalazišta je cca 47.800 m², što uz iskop od 2,8 m (3,0 m umanjeno za prosječnu debljinu sloja humusa od 0,2 m) daje cca 133.840 m³ sraslog materijala (u navedenu količinu nisu uračunati gubici koji se odnose na pokose te eventualne gubitke zbog neadekvatnog materijala kao što je treset i visoko organska tla).

2.2.5.4 Podzemna voda – Etapa 1

Za vrijeme izvođenja terenskih istražnih radova pojave (PPV) i razine podzemne vode (RPV) su registrirane na sljedećim dubinama, mjereno od ušća bušotine.

Dodatni geotehnički istražni radovi:

Oznaka bušotine	Interna oznaka bušotine	Stacionaža (km)	Datum izvođenja (dd.mm.gggg.)	Kota izviđenja bušotine (m n. m.)	Pojava podzemne vode PPV (m)	Razina podzemne vode RPV (m)	Razina podzemne vode RPV (m n. m.)
B-1	S-120-18-01	0+058	25.10.2018	111,1	3,0	2,1	109,00
B-2	S-120-18-02	0+409	26.10.2018	110,15	3,0	1,3	108,85
B-3	S-120-18-03	0+544	24.10.2018	110,5	7,3	6,6	103,90
B-4	S-120-18-04	0+868	29.10.2018	111,31	7,6	7,2	104,11

Registrirane razine podzemne vode mjerene su u otvorenim bušotinama i odnose se na period provođenja istražnih radova i naknadna mjerenja, a generalno ovise o hidrološkoj situaciji. Točniji podaci o razini podzemne vode na lokaciji dobili bi se praćenjem RPV-a putem piezometara kroz cijelu hidrološku sezonu.



2.2.6 ZAKLJUČNO O ISTRAŽNIM RADOVIMA

Prema podacima iz oba geotehnička istraživanja duž trase su izdvojeni sljedeći materijali temeljnog tla koji su grupirani prema svojstvima i dubini pojavljivanja.

grupa materijala	vrsta materijala	oznaka materijala
(1)	HUMUS	-
(2)	NASIP	N, N(CI), N(CI/CH), N(CH)
(3)	GLINE NISKE, SREDNJE I VISOKE PLASTIČNOSTI	CL, CI, CH
(4)	GLINE NISKE I SREDNJE PLASTIČNOSTI	CL, CI
(5)	TRESET I ORGANSKA GLINA	Pt, OH
(6)	PJESKOVITA GLINA DO GLINOVITI PIJESAK	CL/SC, SC/CL
(7)	PIJESAK	SP, SC, SM/SC, SP-SC
(8)	ŠLJUNAK	GW, GP, GC, GP-GC, GC/SC, GP/SC
PODLOGA – OSNOVNA STIJENA		
(9)	LAPOROVITA GLINA	La, La(CH)
(10)	ŠEJL, PJEŠČENJAK	Sh, Pj
(11)	DOLOMIT	D
NALAZIŠTE 3 – MATERIJAL ZA NASIP		
(1)	HUMUS	-
(2)	GLINA NISKE DO SREDNJE PLASTIČNOSTI	CL, CI
(3)	PJESKOVITA GLINA	CL/SC
(4)	GLINOVITI PJESAK	SC/CL

Provedeni geotehnički istražni radovi na predmetnoj lokaciji dostatni su za potrebe projektiranja glavnog projekta "Glavni projekt izgradnje desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Pivovare "

Projektant :

Marko Kaić, mag. ing. građ.



3 TEHNIČKI OPIS – KONCEPCIJA RJEŠENJA

3.1 DESNOOBALNI NASIP RIJEKE KUPE OD POTOKA STUBLJAVA DO BIVŠE VOJARNE – ETAPA 1

Etapa 1, ukupne duljine 1.088,00 m, koja se nalazi na području k.o. Karlovac II te se proteže od stacionaže km 0+000,00 km do km 1+088,00. Započinje kod potoka Stubljave i završava kod bivše vojarne. Etapa 1 se sastoji od uspornog i obrambenog nasipa. Usporni nasip je ukupne duljine 275,00 m, od st. km 0+000,00 do st. km 0+275,00, a obrambeni nasip je ukupne duljine 813,00 m, od st. km 0+275,00 do st. km 1+088,00.

Na zaobalnoj strani nožice obrambenog nasipa, od st. km 0+275,00 do kraja etape 1 st. km 1+088,00, proteže se servisni put a silazna rampa prema inundaciji se nalazi na st. km 0+850,00.

AB ispust E1.P1 se nalazi u st. km 0+559,82, a objekt kanalizacijskog preljeva je u st. km 0+547,29. Duž trase nasipa, uz servisni put, nalaze se 3 kanala koji se razlikuju prema smjeru otjecanja vode koju odvođe iz zaobalja do AB ispusta sa čepovima. Kanali E1.K1 (st. km 0+275,00 – st. km 0+559,82) i E1.K2 (st. km 0+559,82 – st. km 0+825,00) imaju smjer otjecanja prema ispustu E1.P1, a kanal E1.K3 (st. km 0+875,00 – st. km 1+280,00) ima smjer otjecanja prema E2.P1.

3.2 ELEMENTI NASIPNE GRAĐEVINE

Nasip za obranu od poplava sastoji se od :

1. Uspornog nasipa
2. Obrambenog nasipa,
3. Servisnog makadamskog puta,

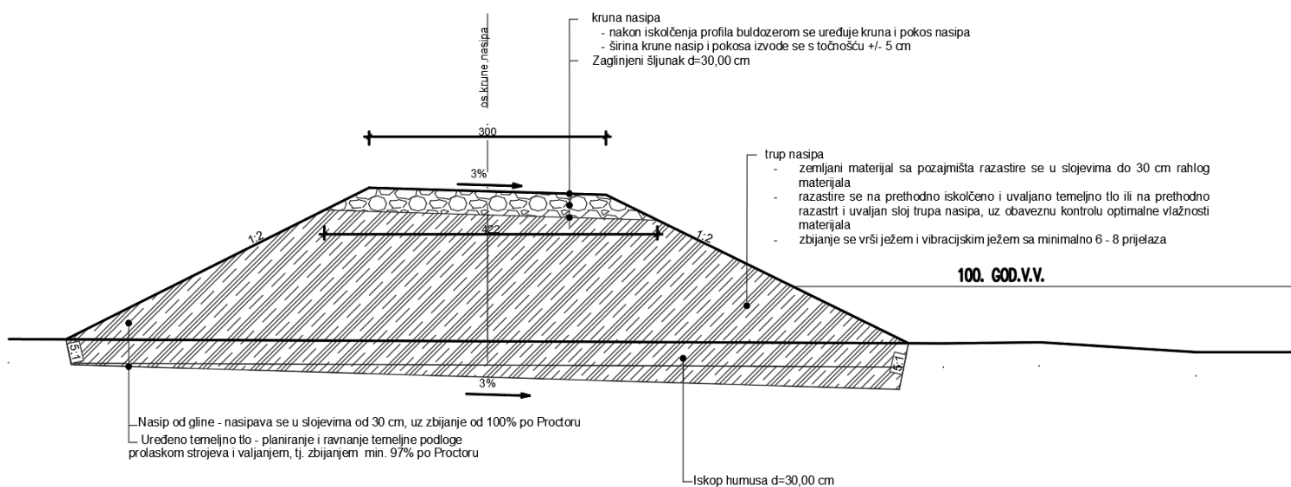
3.2.1 USPORNİ NASIP

Transverzalni usporni zemljani nasip uz potok Stubljava se izvodi od st. km 0+000,00 do st. km 0+275,00. Duljina nasipa je 275,0 m.

Nasip homogenog poprečnog presjeka je visine do 2,25 m. Krana obrambenog nasipa je konstantne širine 3,0 m i ima poprečni pad prema potoku Stubljavi od 3%. Nagib oba pokosa je 1:2. Na krani nasipa projektiran je sloj zaglinjenog šljunka $d=30\text{cm}$. Kota krune nasipa je na 112.74 m n.m.

Temeljno tlo se uređuje zbijanjem minimalno do stupnja zbijenosti $S_z=97\%$ (u odnosu na standardni Proctorov postupak) ili modula stišljivosti $M_s=20\text{ MN/m}^2$ (mjereno kružnom pločom promjera $\varnothing 30\text{ cm}$).

Nasip se izvodi od koherentnog materijala iz nalazišta pogodnog za ugradnju u nasip (prema kriterijima Općih tehničkih uvjeta za radove u vodnom gospodarstvu). Nasip se izvodi u slojevima debljine do 30,0 cm koji se zbijaju minimalno do stupnja zbijenosti $S_z=100\%$ (u odnosu na standardni Proctorov postupak) ili modula stišljivosti $M_s=25\text{ MN/m}^2$ (mjereno kružnom pločom promjera $\varnothing 30\text{ cm}$).



Detaljni prikaz poprečnog presjeka uspornog nasipa dan je u grafičkim prilogima mape 1.1.

3.2.2 OBRAMBENI NASIP

Obrambeni nasip uz rijeku Kupu se izvodi od st. km 0+275,00 do st. km 1+088,00. Visina nasipa varira od 1,10 m do 2,55 m, a kota krune nasipa varira od 112.74 m n. m. do 112.86 m n. m. Kruna obrambenog nasipa je konstantne širine 4,0 m i u poprečnom padu prema rijeci Kupi od 3%. Pokosi obrambenog nasipa su u nagibu 1:2,5. Na kruni nasipa projektiran je sloj zaglinjenog šljunka d=30 cm.

Temeljno tlo se uređuje zbijanjem minimalno do stupnja zbijenosti $S_z=97\%$ (u odnosu na standardni Proctorov postupak) ili modula stišljivosti $M_s=20\text{ MN/m}^2$ (mjereno kružnom pločom promjera $\varnothing 30\text{ cm}$).

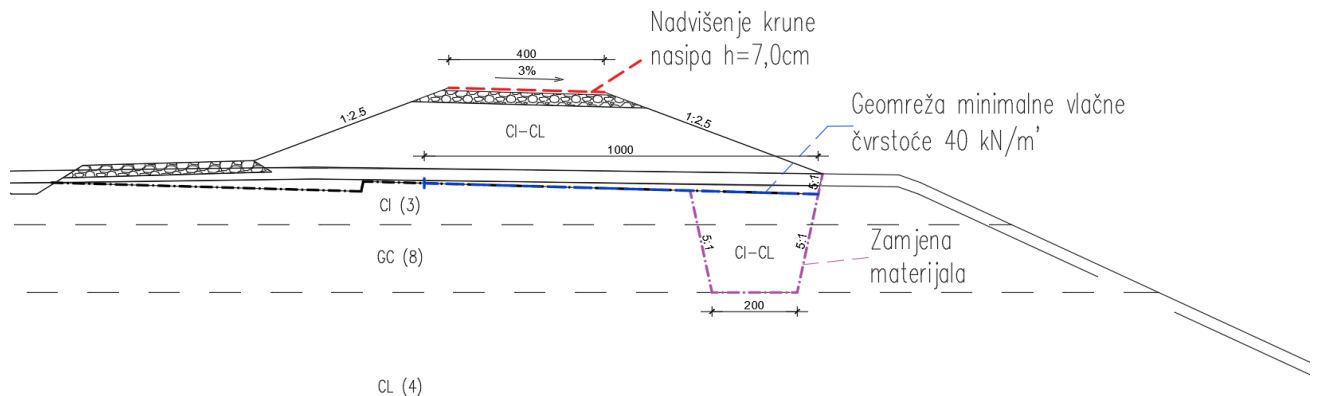
Nasip se izvodi od koherentnog materijala iz nalazišta pogodnog za ugradnju u nasip (prema kriterijima Općih tehničkih uvjeta za radove u vodnom gospodarstvu). Nasip se izvodi u slojevima debljine do 30,0 cm koji se zbijaju minimalno do stupnja zbijenosti $S_z=100\%$ (u odnosu na standardni Proctorov postupak) ili modula stišljivosti $M_s=25\text{ MN/m}^2$ (mjereno kružnom pločom promjera $\varnothing 30\text{ cm}$).

Od st. km 0+440,00 do st. km 0+575,00 na kontaktu temeljnog tla i nasipa postavlja se polimerna geomreža minimalne vlačne čvrstoće 40 kN/m^2 . Geomreža se ugrađuje od obalne nožice prema zaobalnoj strani u duljini od 10 m.

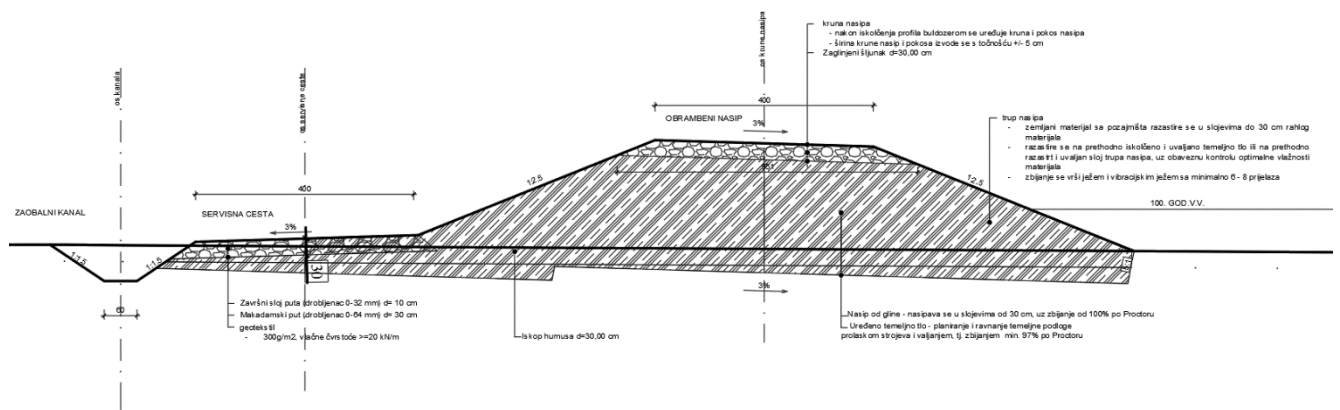
Kako bi se osigurala hidraulička stabilnost nasipa, a zbog nepovoljne uslojenosti temeljnog tla, od st. 0+475,00 do st. km 0+625,00, vrši se iskop šljunčanog materijala ispod vodne nožice nasipa i ugradnja glinenog materijala. Zamjena dijela temeljnog tla povećava vodonepropusnost temeljnog tla i smanjuje protok vode kroz temeljno tlo (sloj šljunka). Zamjena materijala vrši se do dna sloja šljunka koji se nalazi na 3 m dubine. Detaljan prikaz dimenzija zamjene materijala dan je u grafičkim prilogima mape 1.1.



Skica presjeka nasipa na lokaciji zamjene materijala:



Zbog dugotrajnog konsolidacijskog slijeganja temeljnog tla ispod nasipa, izvodi se nadvišenje krune nasipa za 7 cm na stacionaži od 0+300,00 do 0+825,00



Detaljni prikazi poprečnog presjeka dani su u grafičkim prilogima mape 1.1.

3.2.3 SERVISNI PUT

Makadamski servisni put se izvodi uz zaobalnu nožicu obrambenog nasipa na stacionaži od km 0+275,00 do km 1+088,00, kraja etape 1.

Servisni put projektiran je kao makadamski zastor u dva sloja: 30 cm kamenog materijala granulacije 0-64 mm i završnog sloja od 10 cm granulacije 0-32 mm. Makadamski zastor postavljen je na sloj netkanog geotekstila minimalne vlačne čvrstoće 15kN/m i gustoće 200 g/m². Servisni put je širine 4,00 m sa poprečnim nagibom od 3% prema zaobalnom kanalu

Temeljno tlo se zbija minimalno do modula stišljivosti $M_s = 20 \text{ MN/m}^2$, a kameni materijal na putu se zbija minimalno do modula stišljivosti $M_s = 40 \text{ MN/m}^2$.

Detaljni prikaz poprečnog presjeka servisnog puta dan je u grafičkim prilogima mape 1.1.

Projektant :

Marko Kaić, mag. ing. građ.



4 DOKAZI O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA

4.1 GEOSTATIČKI PRORAČUNI

Geotehničko projektiranje građevine provodi se sukladno Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije (NN 17/17, dio sedmi):

- *Geotehničkim projektiranjem dokazuje se da će građevinska konstrukcija s okolnim tlom, stijenom i susjednim građevinama tijekom njenog građenja i trajanja ispunjavati temeljni zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti u dijelu u kojem tlo, stijena i podzemna voda utječu na tu građevinsku konstrukciju.*
- *Geotehničko projektiranje obuhvaća i projektiranje građevinskih konstrukcija čije osnovno gradivo je tlo, nasipani kamen ili drugi nasipani materijal kao što je rastresiti otpad i slično.*

Geotehničko projektiranje provodi se prema hrvatskim normama vezanim uz Eurokod 7 i Eurokod 8:

- norma HRN EN 1997-1:2012 i HRN EN 1997-1:2012/NA:2012
- norma HRN EN 1998-5:2011 i HRN EN 1998-5:2011/NA:2011.

Svi neophodni proračuni za potrebe dimenzioniranja provedeni su u programima:

GEO STUDIO 2021 paket programa:

- **SEEP/W** modul programa GEOSTUDIO 2021 (GEO-SLOPE International Ltd., Calgary, Alberta, Canada) koji problem (ne)stacionarnog tečenja rješava metodom konačnih elemenata.
- **SIGMA/W** modul programa *GEOSTUDIO 2021* (GEO-SLOPE International Ltd., Calgary, Alberta, Canada) za proračun i analizu naponsko deformacijskih stanja metodom konačnih elemenata.
- **SLOPE/W** modul programa GEOSTUDIO 2021 (GEO-SLOPE International Ltd., Calgary, Alberta, Canada) koji jednom od odabranih metoda granične ravnoteže (Fellenius, Janbu, Bishop, Spencer, Morgenstern-Price, Corp of Engineers, Lowe-Karafiath itd.) omogućava neograničen broj računskih analiza stabilnosti po pretpostavljenim cilindričnim ili cilindrično-poligonalnim plohamu posmičnog sloma.

GGU Consolidate program omogućuje proračun jednodimenzionalne konsolidacije u jedno i višeslojnim tlima. Usporedo s klasičnom konsolidacijskom teorijom, program omogućuje analize s vertikalnim drenovima.

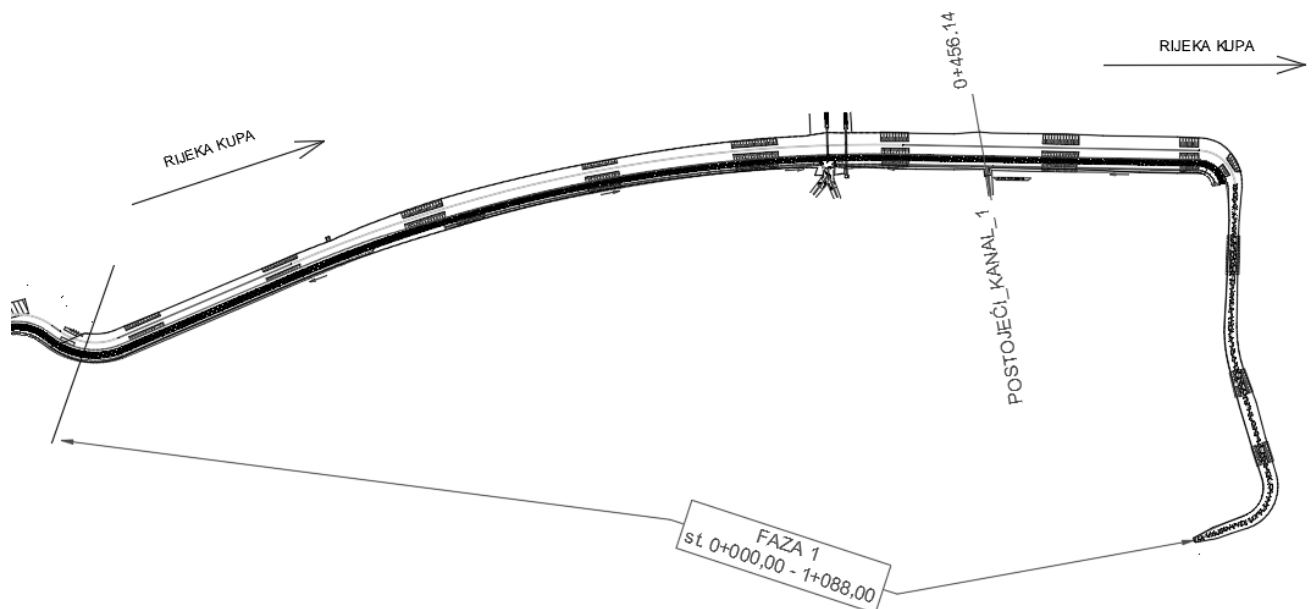
Microsoft-Excel 2016 program za računalnu obradu podataka.



Proračuni se provode na odabranom profilu koji uzima u obzir geometriju tla i nasipa, utvrđenu uslojenost i karakteristike nasipa i temeljnog tla utvrđene geotehničkim istražnim radovima i geofizičkim ispitivanjima. Za potrebe projektiranja provedeni su geotehnički istražni radovi koji su se sastojali od:

- Geotehničkog istražnog bušenja: terenske determinacije i ispitivanja materijala (SPT i DPT), uzorkovanja poremećenih i neporemećenih uzoraka, mjerenje pojave i razine podzemne vode.
- Laboratorijskih ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava uzoraka tla.
- Interpretaciju i obradu svih podataka geotehničkih istražnih radova te prikaz rezultata kroz izvještaj o ispitivanju temeljnog tla.

U etapi 1 izgradnje desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Karlovačke pivovare, gradi se usporni nasip duljine 275 m na stacionaži km 0+000,00 do km 0+275,00 i na njega se nastavlja obrambeni nasip duljine 813 m na stacionaži od km 0+275,00 do km 1+088,00.



4.2 TIPOVI PRORAČUNA

Za potrebe dimenzioniranja provedeni su slijedeći proračuni:

- Analiza procjeđivanja kroz i ispod obrambenog nasipa i AB obrambenog zida - provedena za stacionarno stanje tečenja u temeljnom tlu s . Rezultati su ocijenjeni preko vrijednosti izlaznih hidrauličkih gradijenata, odnosno brzina tečenja.
- Slijeganje obrambenog nasipa i AB propusta- izvršen je za granično stanje uporabljivosti s nefaktoriziranim stalnim djelovanjem na temeljno tlo i s karakterističnim parametrima tla.
- Analize stabilnosti pokosa obrambenog nasipa i AB obrambenog zida - proračun je proveden prema Eurokodu 7, PP3 s proračunskim parametrima tla.
- Konsolidacijske analize - proračun je proveden s karakterističnim parametrima tla na temeljnom tlu.



4.3 PARAMETRI MATERIJALA

Karakteristike materijala tla i nasipnog materijala odabrane su na osnovu provedenih istražnih radova na lokaciji pri čemu je izvršena grupacija materijala opisanih u poglavlju 2.4.3..

Prema Eurokodu 7-EN 1997 za granično stanje nosivosti prema proračunskom pristupu 3 (PP3) parcijalni koeficijent M2 predstavlja proračunsku vrijednost parametara čvrstoće tla koja se dobiva na način da se karakteristična vrijednost podijeli s parcijalnim koeficijentom za parametre tla.

$$tg\phi'_d = tg\phi'_k / \gamma_\phi \quad c'_d = c'_k / \gamma_c \quad C_{ud} = C_{uk} / \gamma_{cu} \quad \text{gdje je } \gamma_\phi = \gamma_c = 1,25 \text{ i } \gamma_{cu} = 1,40.$$

$$\text{gdje je } \gamma_\phi = \gamma_c = 1,25 \text{ i } \gamma_{cu} = 1,40.$$

4.3.1 NALAZIŠTE 3 (NASIPNI MATERIJAL)

NALAZIŠTE 3 - KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA											
Grupa i vrsta materijala	dubina sloja	RPV	Zapreminska težina	kohezija	ef. kut trenja	Nedren. čvrstoća	modul stišljivosti	ν'	modul elastičnosti	Koeff. Vodopropusnosti	
	m	m	Y (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ (°)	cu (kPa)	Ms (kPa)		E (kPa)	ky (m/s)	Ratio kx/ky
(2) Nasip CI/CL	-	5,0	18	10	26	50	3,0	0,34	2,0	5,00E-09	0,33
NALAZIŠTE 3 - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA											
(2) Nasip CI/CL	-	5,0	18	8	21	36	3,0	0,34	2,0	5,00E-09	0,33

4.3.2 RAČUNSKI MODELI 1 I 2

Karakteristični parametri materijala temeljnog tla za proračun odabranih modela uzimaju se prema bušotinama B2 i B3.

Uslojenost temeljnog tla na računskom modelu RM2 se sastoji od slojeva(3)CI, (4)CL i (9)La

Odabrane karakteristične vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

RM1 I RM2 - KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA											
Grupa i vrsta materijala	dubina sloja	RPV	Zapreminska težina	kohezija	ef. kut trenja	Nedren. čvrstoća	modul stišljivosti	ν'	modul elastičnosti	Koeff. Vodopropusnosti	
	m	m	Y (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ (°)	cu (kPa)	Ms (kPa)		E (kPa)	ky (m/s)	Ratio kx/ky
(3) CI	0,0-1,0	6,6	19	8	25	40	3500	0,34	2300	1,00E-8	0,33
(8) GC	1,0-2,7		21	0	34	0	15000	0,30	11200	5,00E-7	1,0
(4) CL	2,7-7,7		19	5	27	42	2200	0,33	1500	5,00E-9	0,33
(9) La	7,7-		22	400	40	/	50000	0,28	40000	1,00E-9	1,0

Odabrane računске vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

RM1 I RM2 - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA											
Grupa i vrsta materijala	dubina sloja	RPV	Zapreminska težina	kohezija	ef. kut trenja	Nedren. čvrstoća	modul stišljivosti	ν'	modul elastičnosti	Koeff. vodopropusnosti	
	m	m	Y (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ (°)	cu (kPa)	Ms (kPa)		E (kPa)	ky (m/s)	Ratio kx/ky
(3) CI	0,0-1,0	6,6	19	6	20	29	3500	0,34	2300	1,00E-8	0,33
(8) GC	1,0-2,7		21	0	28	0	15000	0,30	11200	5,00E-7	1,0
(4) CL	2,7-7,7		19	4	23	30	2200	0,33	1500	5,00E-9	0,33
(9) La	7,7-		22	320	34	/	50000	0,28	40000	1,00E-9	1,0



4.3.1 RAČUNSKI MODEL 3

Karakteristični parametri materijala temeljnog tla za proračun odabranog modela uzimaju se prema bušotini B4.

Odabrane. karakteristične vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

RM3- KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA											
Grupa i vrsta materijala	dubina sloja	RPV	Zapreminska težina	kohezija	ef. kut trenja	Nedren. čvrstoća	modul stišljivosti	ν'	modul elastičnosti	Koef. Vodopropusnosti	
	m		Y (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ (°)	cu (kPa)	Ms (kPa)		E (kPa)	ky (m/s)	Ratio kx/ky
(3) CI	0,0-3,1	7,2	19	10	25	100	4500	0,34	3000	5,00E-9	0,33
(8) GW	3,1-5,9		21	0	35	0	15000	0,30	11100	2,00E-3	1,0
(8) GP-GC	5,9-7,8		21	1	33	0	10000	0,30	7400	2,50E-4	1,0
(3) CL	7,8-11,2		19	5	27	60	6500	0,33	4400	1,00E-8	0,33
(8) GP-GC	11,2-		21	0	36	0	20000	0,30	15000	2,00E-3	1,0

Odabrane računске vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

RM3 - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA											
Grupa i vrsta materijala	dubina sloja	RPV	Zapreminska težina	kohezija	ef. kut trenja	Nedren. čvrstoća	modul stišljivosti	ν'	modul elastičnosti	Koef. vodopropusnosti	
	m		Y (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ (°)	cu (kPa)	Ms (kPa)		E (kPa)	ky (m/s)	Ratio kx/ky
(3) CI	0,0-3,1	7,2	19	6	20	29	4500	0,34	3000	5,00E-9	0,33
(8) GW	3,1-5,9		21	0	28	0	15000	0,30	11100	2,00E-3	1,0
(8) GP-GC	5,9-7,8		21				10000	0,30	7400	2,50E-4	1,0
(3) CL	7,8-11,2		19	4	23	43	6500	0,33	4400	1,00E-8	0,33
(8) GP-GC	11,2-		21	320	34	0	20000	0,30	15000	2,00E-3	1,0

4.3.1 RAČUNSKI MODEL 4

Karakteristični parametri materijala temeljnog tla za proračun odabranog modela uzimaju se prema bušotini S-014-16-02.

Odabrane. karakteristične vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

RM4- KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA											
Grupa i vrsta materijala	dubina sloja	RPV	Zapreminska težina	kohezija	ef. kut trenja	Nedren. čvrstoća	modul stišljivosti	ν'	modul elastičnosti	Koef. Vodopropusnosti	
	m		Y (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ (°)	cu (kPa)	Ms (kPa)		E (kPa)	ky (m/s)	Ratio kx/ky
(3) CH	0,0-0,5	1,3	19	15	20	90	7200	0,35	4600	1,00E-9	0,33
(3) CI	0,5-2,2		19	10	25	80	7000	0,34	4500	7,00E-9	0,33
(7) SC/SP	2,2-4,1		20	1	32	0	9000	0,31	6500	5,00E-7	1,00
(8) GP/SP	4,1-6,3		21	0	36	0	15000	0,3	11200	1,00E-4	1,00
(9) La	6,3-		20	20	18	250	52500	0,29	40000	1,00E-9	1,00



Odabrane računске vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

RM3 - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA											
Grupa i vrsta materijala	dubina sloja	RPV	Zapreminska težina	kohezija	ef. kut trenja	Nedren. čvrstoća	modul stišljivosti	ν'	modul elastičnosti	Koef. vodopropusnosti	
	m		Y (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ (°)	cu (kPa)	Ms (kPa)		E (kPa)	ky (m/s)	Ratio kx/ky
(3) CH	0,0-0,5	1,3	19	12	16	64	7200	0,35	4600	1,00E-9	0,33
(3) CI	0,5-2,2		19	8	20	57	7000	0,34	4500	7,00E-9	0,33
(7) SC/SP	2,2-4,1		20	1	27	0	9000	0,31	6500	5,00E-7	1,00
(8) GP/SP	4,1-6,3		21	0	30	0	15000	0,3	11200	1,00E-4	1,00
(9) La	6,3-		20	20	15	179	52500	0,29	40000	1,00E-9	1,00

4.4 RAČUNSKI MODELI

Za potrebe provedbe proračuna modeliraju se tri računska modela **RM1 – RM3** obrambenog nasipa i jedan računski model **RM4** uspornog nasipa na stacionažama:

- **RM1** – presjek P24 na stacionaži km 0+525,00, visine 2,55 m
- **RM2** – presjek P20 na stacionaži km 0+450,00, visine 2,38 m
- **RM3** – presjek P38 na stacionaži km 0+825,00, visine 2,00 m
- **RM4** – presjek P7 na stacionaži km 0+150,00, visine 1,50 m



4.5 ANALIZA PROCJEĐIVANJA

Analize procjeđivanja provedene su na računskim modelima RM1, RM2 i RM4.

Na odabranim poprečnim presjecima provedena je analiza za stacionarno stanje tečenja u mreži konačnih elemenata u temeljnom tlu (program GeoStudio/SEEP). Rezultati su ocijenjeni preko vrijednosti izlaznih hidrauličkih gradijenata, odnosno brzina tečenja. Ukoliko su iste veće od dopuštenih vrijednosti moguća je hidraulička nestabilnost temeljnog tla te pojava erozije uz ispiranje sitnih čestica i razrahljenja temeljnog tla ispod nasipa, što može dovesti do deformacija i nestabilnosti istog.

Rezultati su ocijenjeni preko vrijednosti izlaznih hidrauličkih gradijenata. Zahtijeva se da izlazni gradijenti budu manji od dopuštenih prema normi HRN.U.C5.020.:

Tablica 1: Kriteriji dopuštenih hidrauličkih izlaznih gradijenata za filtarski nezaštićen materijal:

i_{SR}	Materijal
0,12	Sitnozrnati prašinski pijesak
0,14	Sitnozrnati pijesak $0,063 < d < 0,5$ mm
0,17	Srednjezrnati pijesak $0,5 < d < 2,0$ mm
0,20	Krupnozrnati pijesak $2,0 < d < 5,0$ mm
0,30	Srednjezrnati šljunak $10 < d < 20$ mm
0,40	Krupnozrnati šljunak $20 < d < 100$ mm
0,50	Zbijena glina $0,50 < I_c < 1,00$
0,65	Čvrsta glina $I_c > 1,00$

Tablica 2: Kriteriji dopuštenih hidrauličkih izlaznih gradijenata za filtarski zaštićen materijal:

i_{SR}	Materijal
10	Zbijena glina u brani
12	Zbijena glina u tepihu, debljine najmanje 0,50 m
3	Glinoviti prah u brani
4	Glinoviti prah u tepihu, debljine najmanje 0,50 m

4.5.1 RAČUNSKI MODELI

Analize procjeđivanja su izvršene na računskim modelima **RM1, RM2 i RM4** koji opisuju projektirane karakteristične poprečne presjeke na odabranim profilima. Vrijednosti 100. god VV i vode na kruni nasipa za navedene modele opisane su u projektnim situacijama.

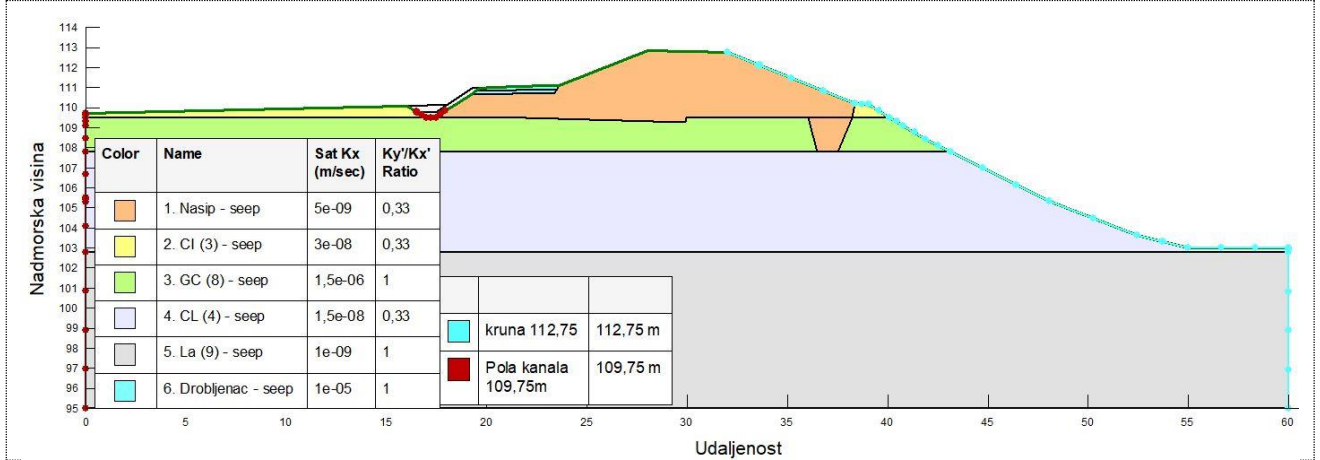
RM1 – karakteristični poprečni presjek na profilu P24 na stacionaži km 0+525,00,

RM2 – karakteristični poprečni presjek na profilu P20 na stacionaži km 0+450,00,

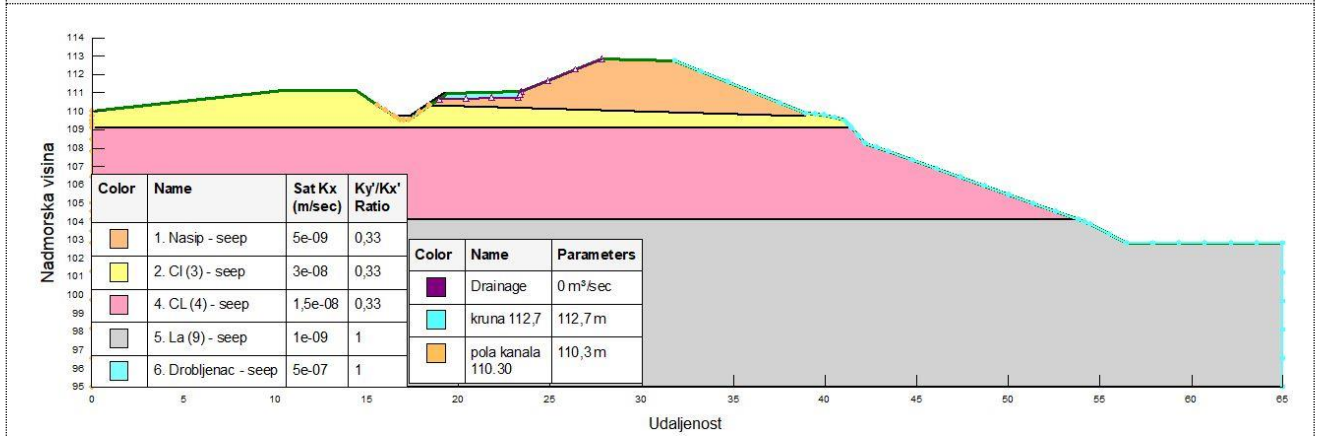
RM4 – karakteristični poprečni presjek na profilu P7 na stacionaži km 0+150,00.



Računski model RM1

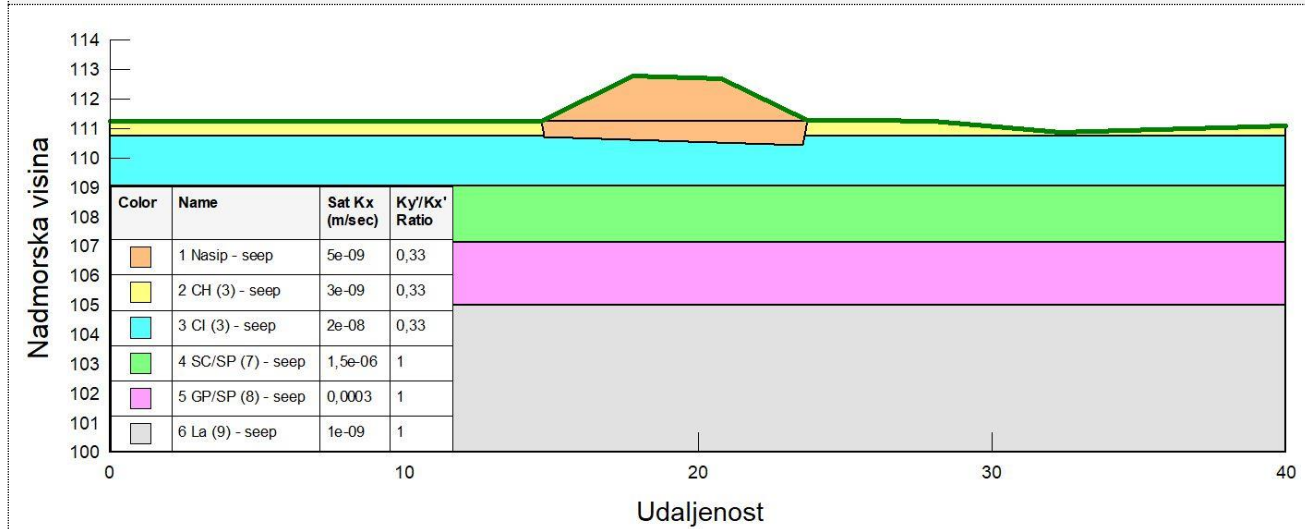


Računski model RM2





Računski model RM4



4.5.2 PROJEKTNE SITUACIJE

Proračun je proveden za odabranu najnepovoljniju projektnu situaciju:

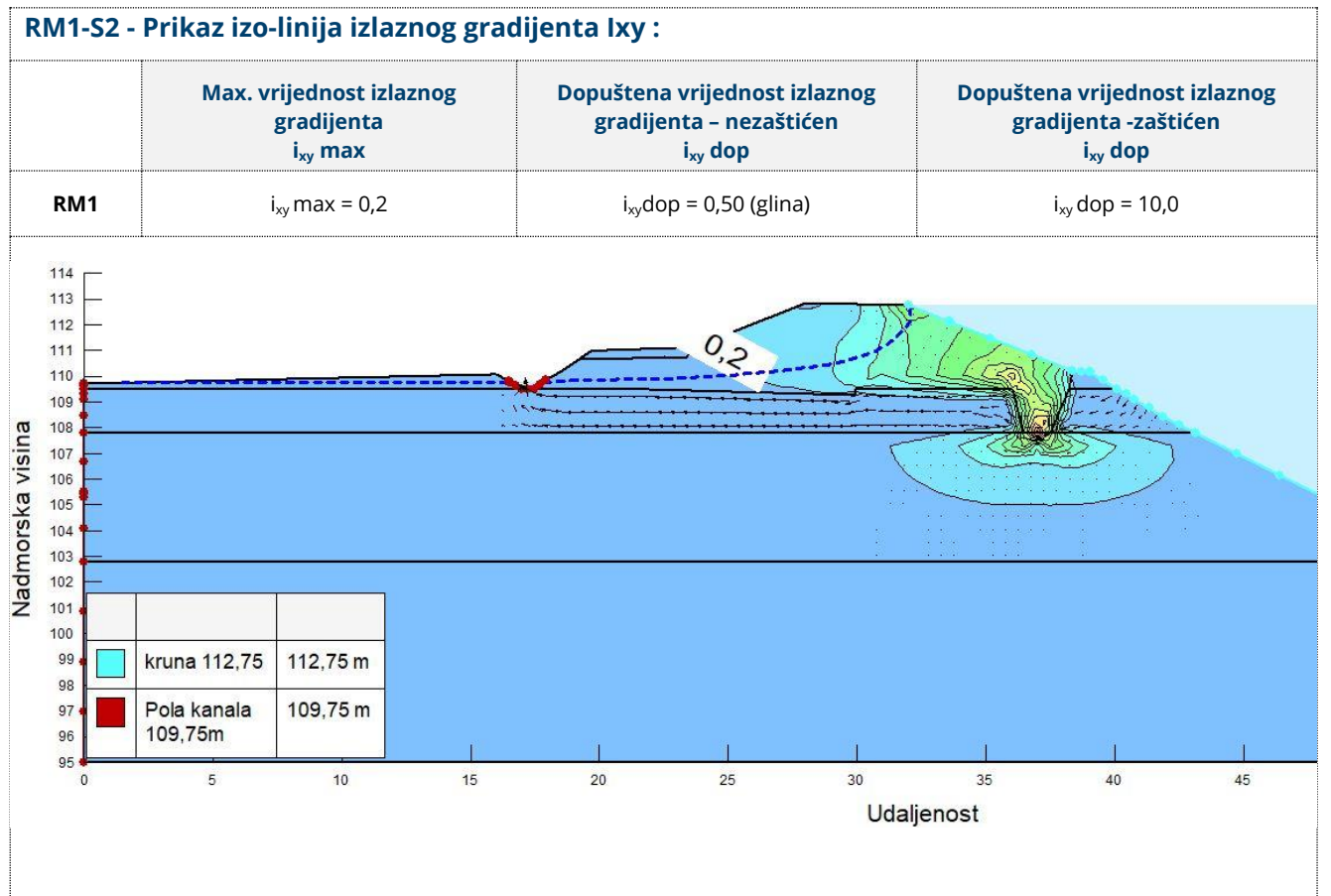
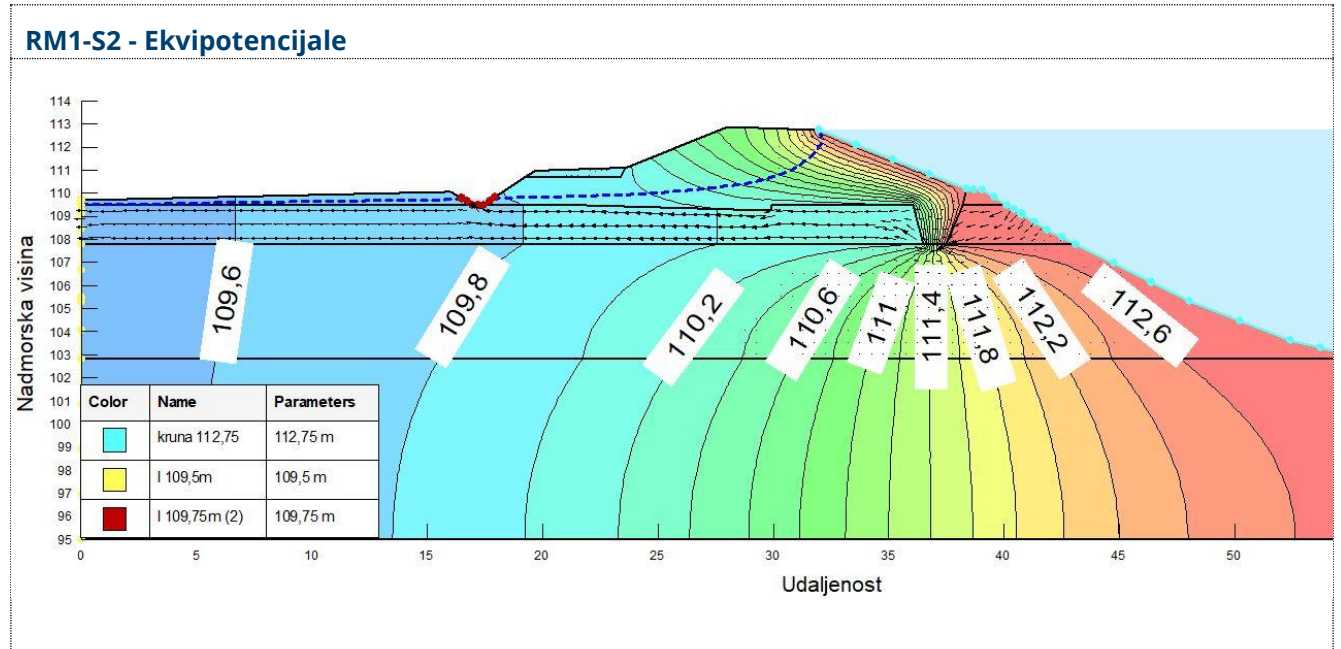
R. br.	Oznaka projektne situacije	Projektna situacija	Napomena
1.	S1	Voda na kruni	Kota vode na kruni ovisi o odabranom poprečnom presjeku nasipa



4.5.3 REZULTATI PRORAČUNA

RM1 - Rezultati analize procjeđivanja

RM1 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Voda na kruni " na računskom modelu RM1.

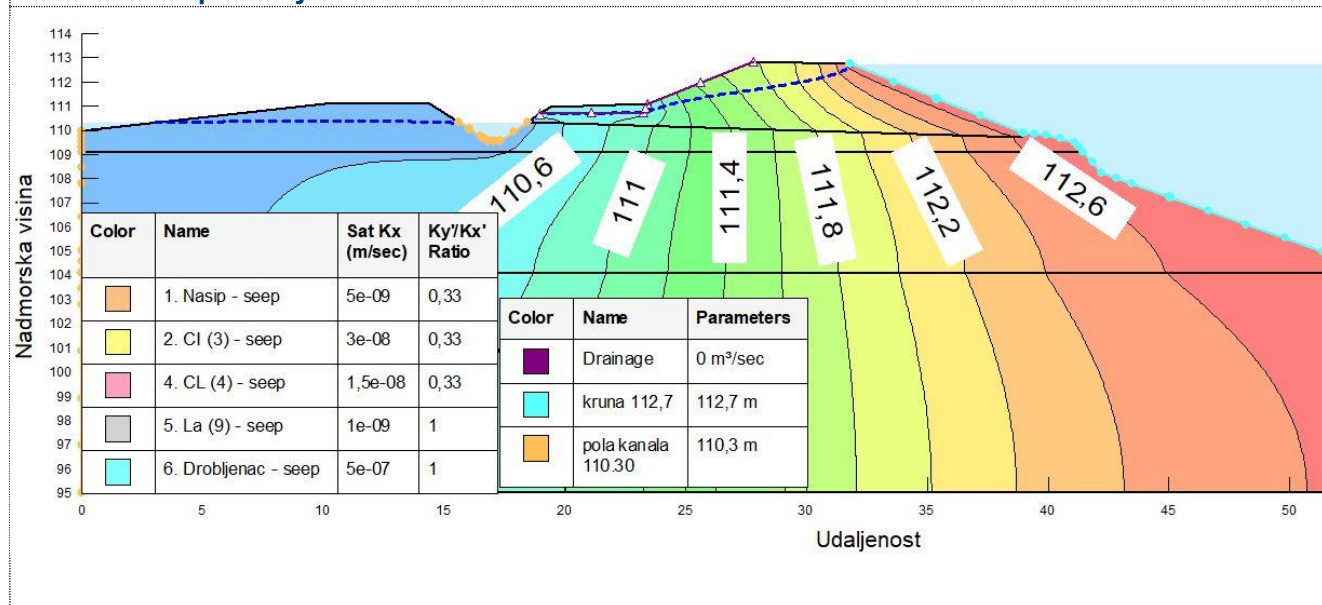




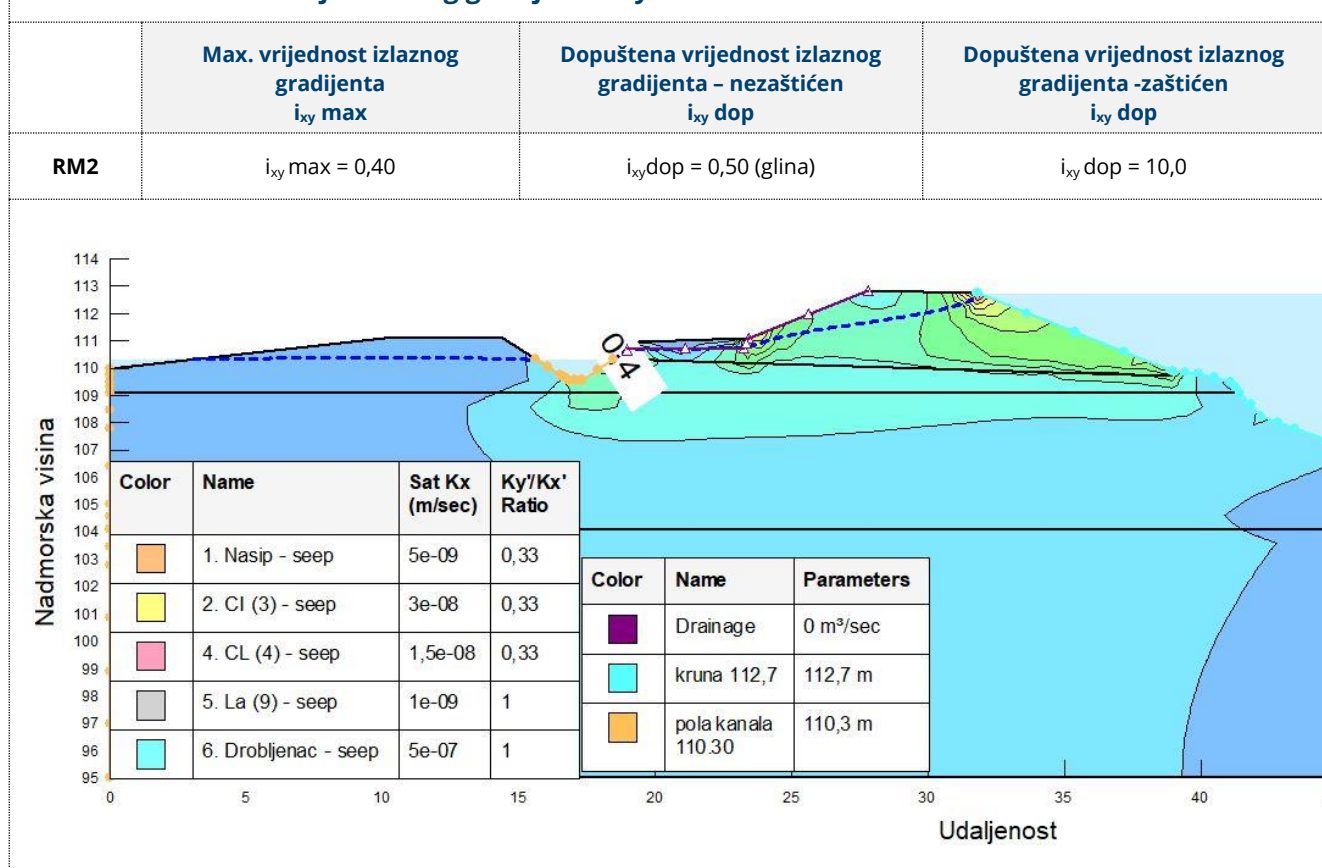
RM2 - Rezultati analize procjeđivanja

RM2 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Voda na kruni " na računskom modelu RM2.

RM2-S2 - Ekvipotencijale



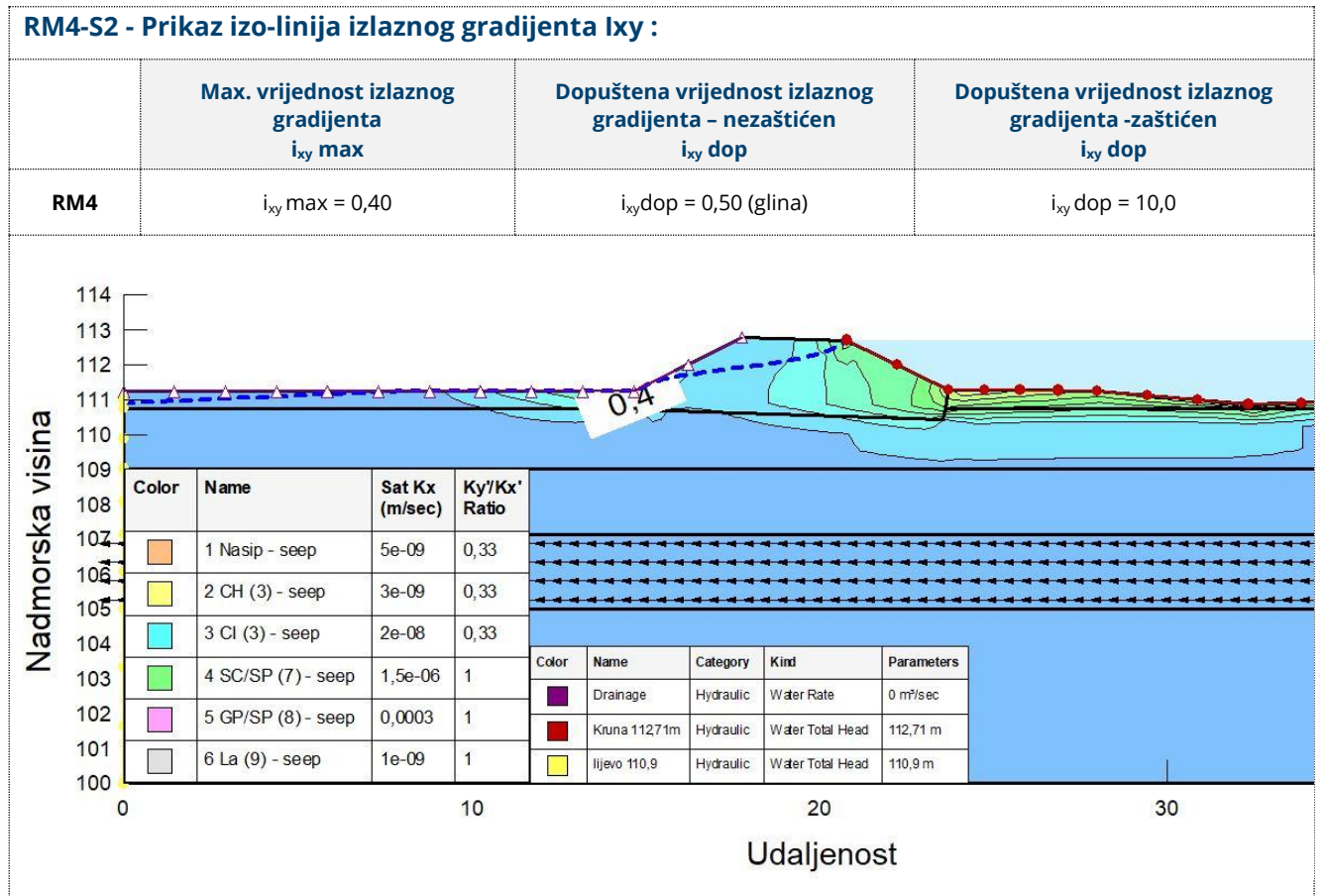
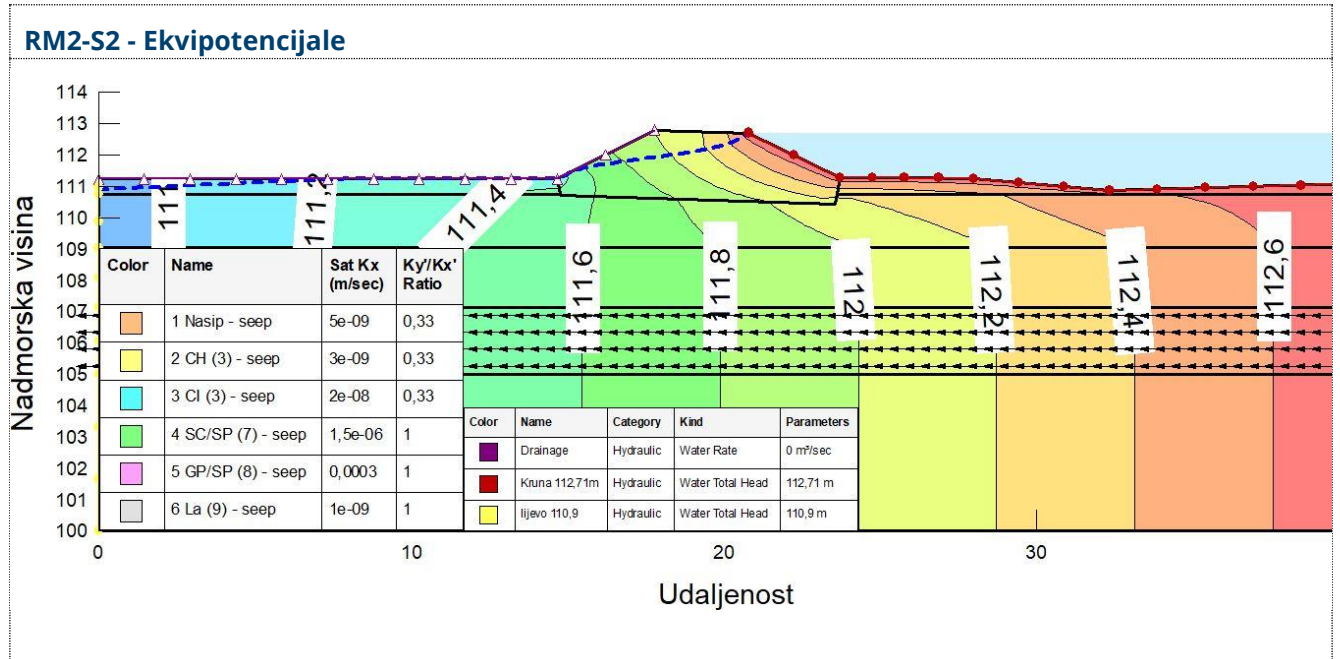
RM2-S2 - Prikaz izo-linija izlaznog gradijenta i_{xy} :





RM4 - Rezultati analize procjeđivanja

RM4 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Voda na kruni " na računskom modelu RM4.





4.5.4 ZAKLJUČAK ANALIZE PROCJEĐIVANJA

Na odabranim računskim modelima provedene su analize stacionarnog procjeđivanja kroz temeljno tlo i nasip za projektnu situaciju pojave razine vode na kruni nasipa rijeke Kupe. Hidraulička stabilnost je razmatrana kroz provjeru izlaznih hidrauličkih gradijenata i_{xy} u temeljnom tlu i nasipu.

Na temelju dobivenih rezultata analize procjeđivanja, hidraulički izlazni gradijenti na pokosu odvodnog kanala na računskom modelu RM1 prelazi dopuštenu vrijednost ($i_{xy} > 0,5$) zbog pozicije šljunčanog sloja ispod dna odvodnog kanala. Za projektno rješenje u navedenom modelu izabrano je presijecanje šljunčanog sloja ugradnjom glinenog materijala kao zamjenskog materijala ispod obalne nožice nasipa.

Za odabrana projektirana stanja, na proračunskim modelima nasipa i pokosa kanala iznos izlaznog gradijenta (i_{xy}) u dopuštenim je vrijednostima te nije potrebno izvoditi dodatna ojačanja zaobalne nožice nasipa

Računski model	Vrijednost izlaznog gradijenta i_{xy}
RM1	0,2
RM2	0,4
RM4	0,4

Na temelju provedenih analiza može se zaključiti kako je projektirano izgrađeni nasip hidraulički stabilan.



4.6 ANALIZA SLIJEGANJA TEMELJNOG TLA

Analiza slijeganja temeljnog tla ispod budućeg nasipa provedena je naponsko – deformacijskom analizom metodom konačnih elemenata programom GeoStudio/SIGMA na odabranim poprečnim presjecima nasipa.

Opterećenja koja su se uračunala na temeljno tlo su vertikalna opterećenja od vlastite težine izvedenog nasipa. Nasip je izveden od glinenog materijala, razina podzemne vode je na cca 105,50 m.n.m.

4.6.1 PROJEKTNJA SITUACIJA

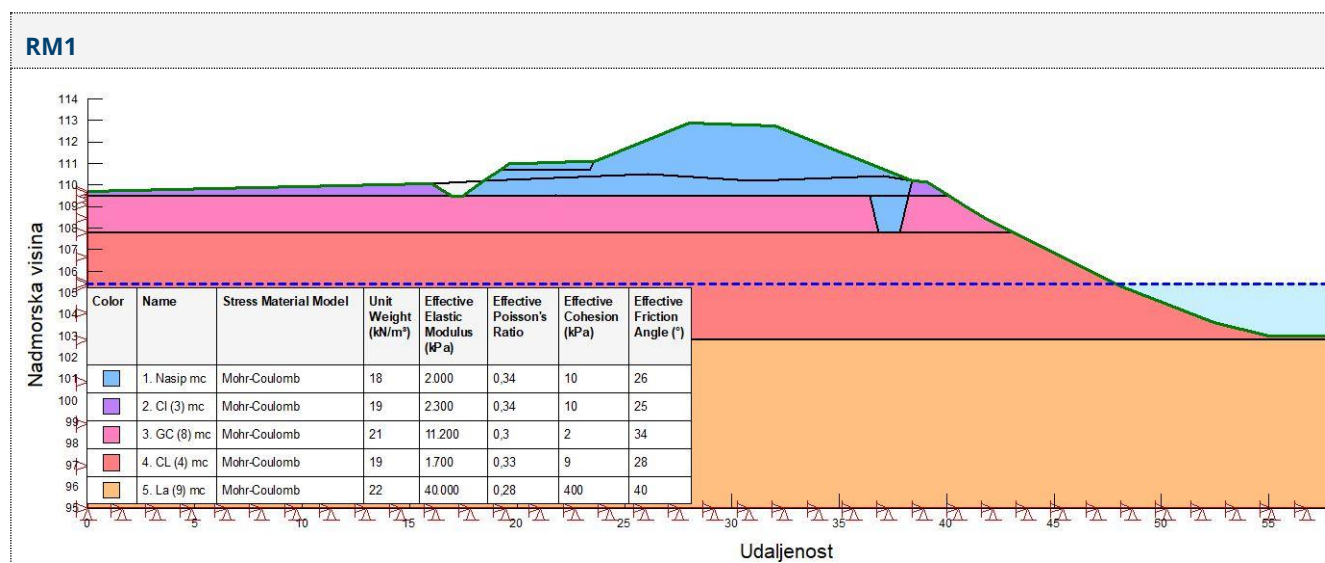
Projektna situacija S1 analizira drenirano slijeganje temeljnog tla uslijed opterećenja vlastitom težinom nasipa.

Oznaka	Projektna situacija
S1	drenirani uvjeti

4.6.2 RAČUNSKI MODELI

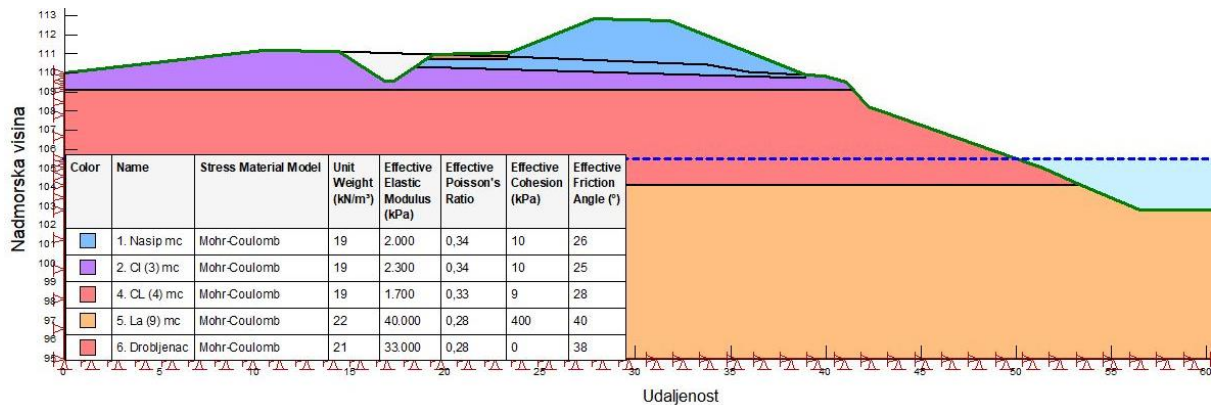
Analize slijeganja provode se na tri računska modela **RM1 – RM3**.

- **RM1** – presjek P24 na stacionaži km 0+525,00, visine 2,55 m
- **RM2** – presjek P20 na stacionaži km 0+450,00, visine 2,20 m
- **RM3** – presjek P38 na stacionaži km 0+825,00, visine 2,00 m
- **RM4** – presjek P7 na stacionaži km 0+150,00, visine 1,50 m

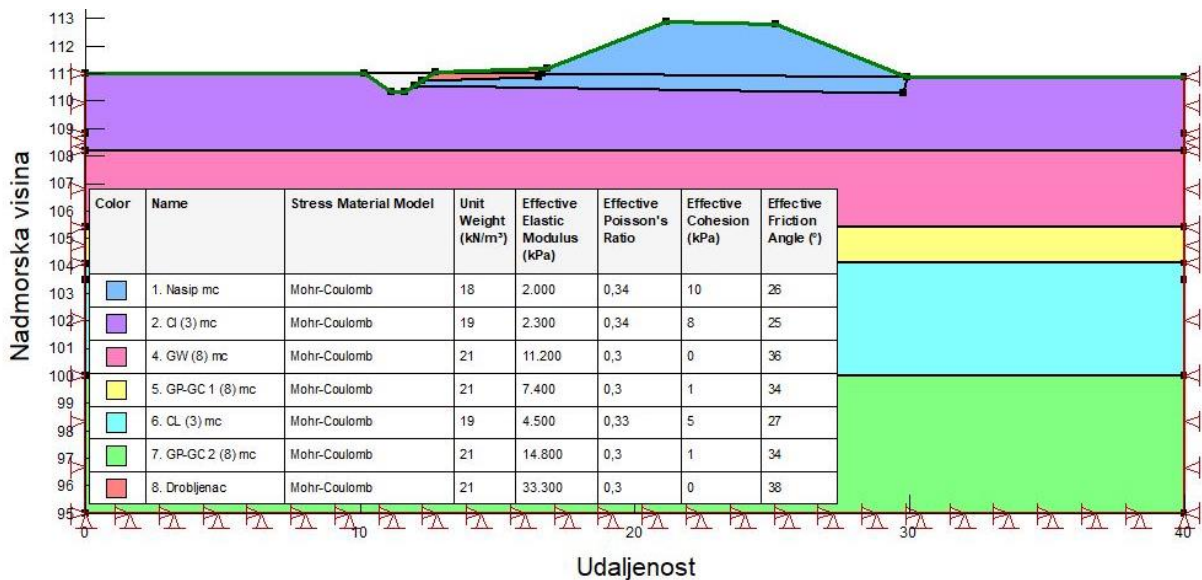




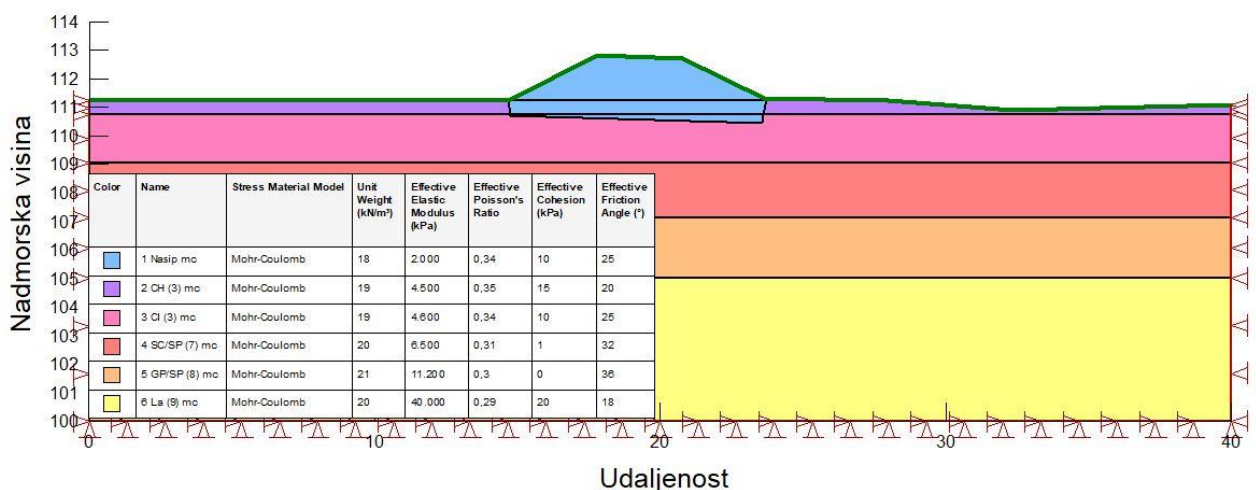
RM2



RM3



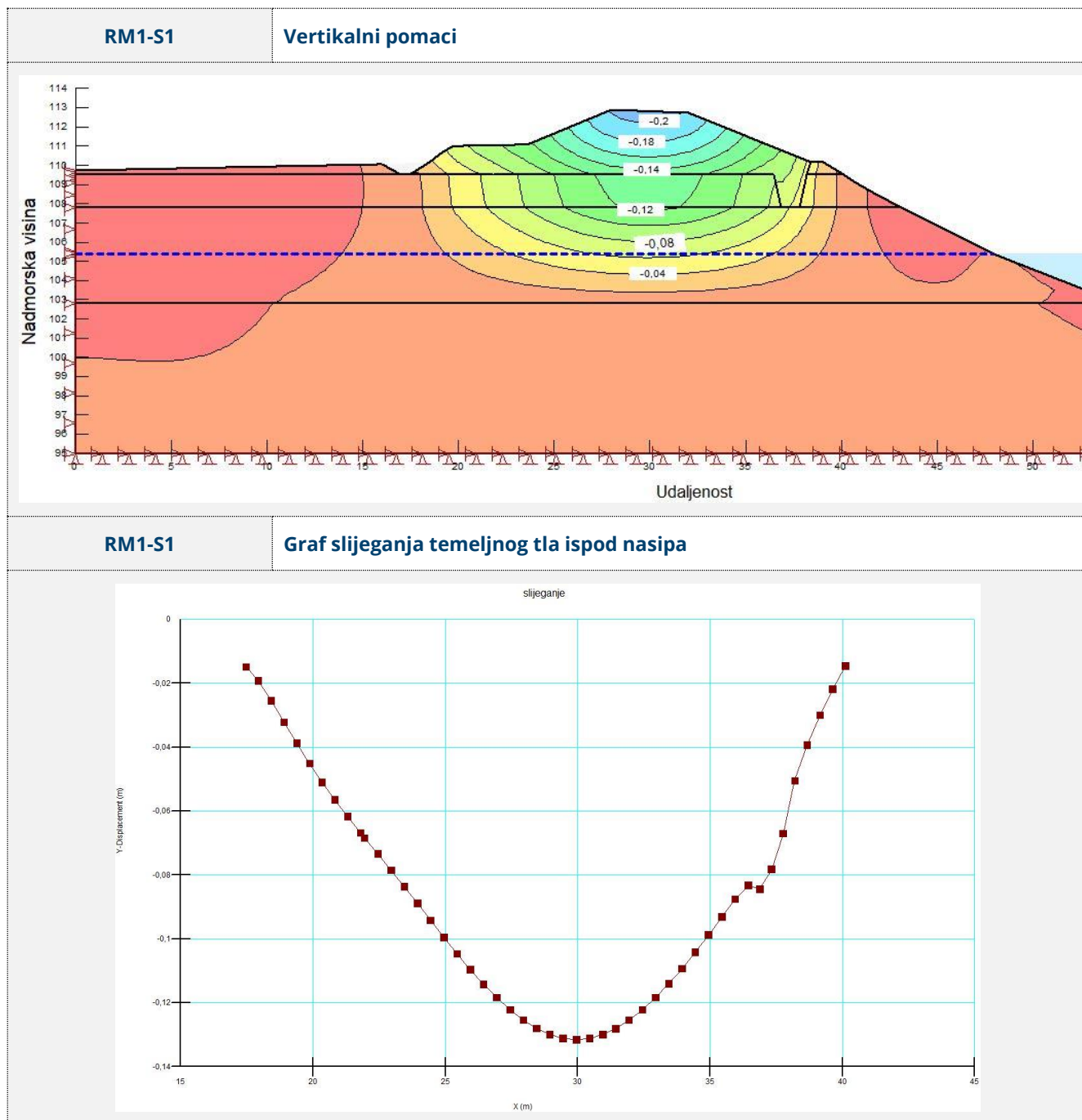
RM4





RM1 - Rezultati analize slijeganja

RM1 -Prikazani su rezultati analize slijeganja za projektnu situaciju S1 "drenirani uvjeti" na računskom modelu RM1.



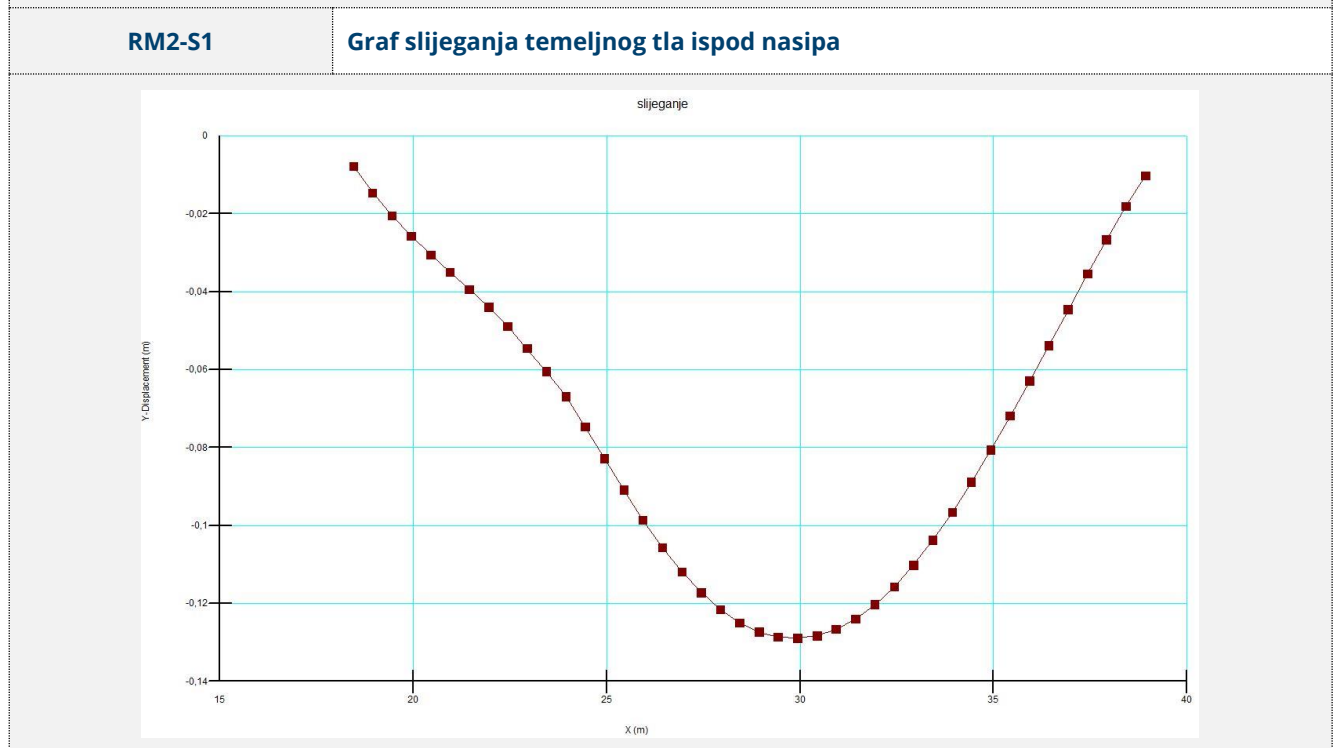
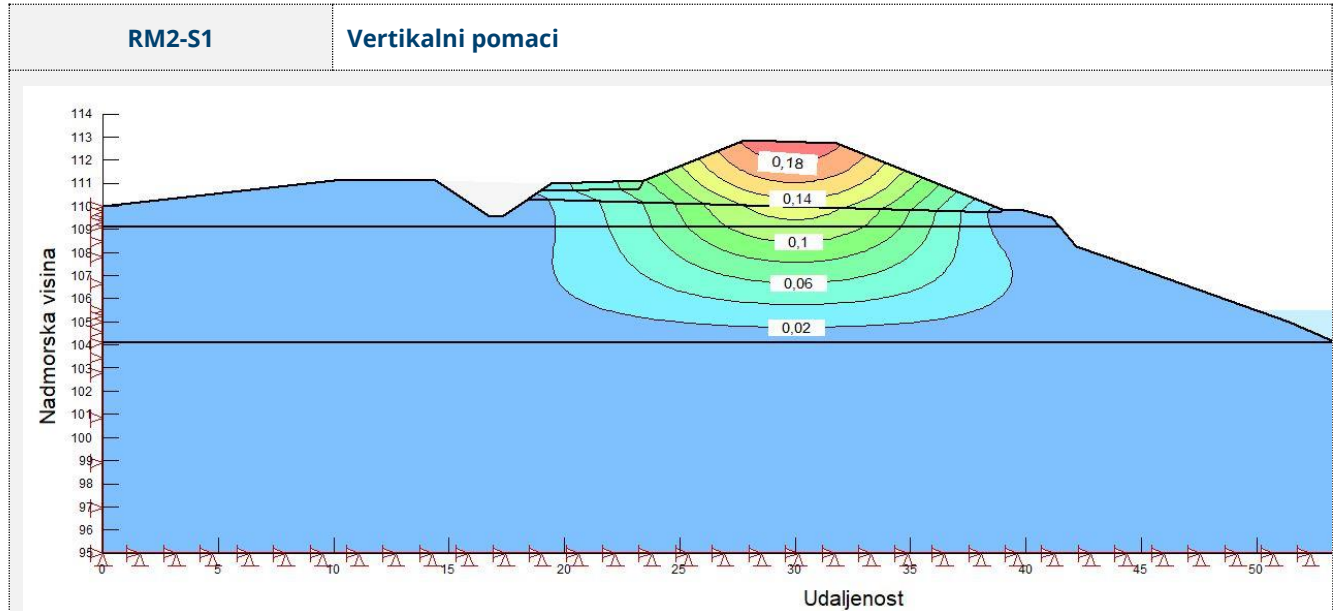
Računsko slijeganje temeljnog tla ispod nasipa očekuje se u iznosu do 13,0 cm.

RM1 - Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-13,1



RM2 - Rezultati analize slijeganja

RM2 -Prikazani su rezultati analize slijeganja za projektnu situaciju S1 "drenirani uvjeti" na računskom modelu RM2.



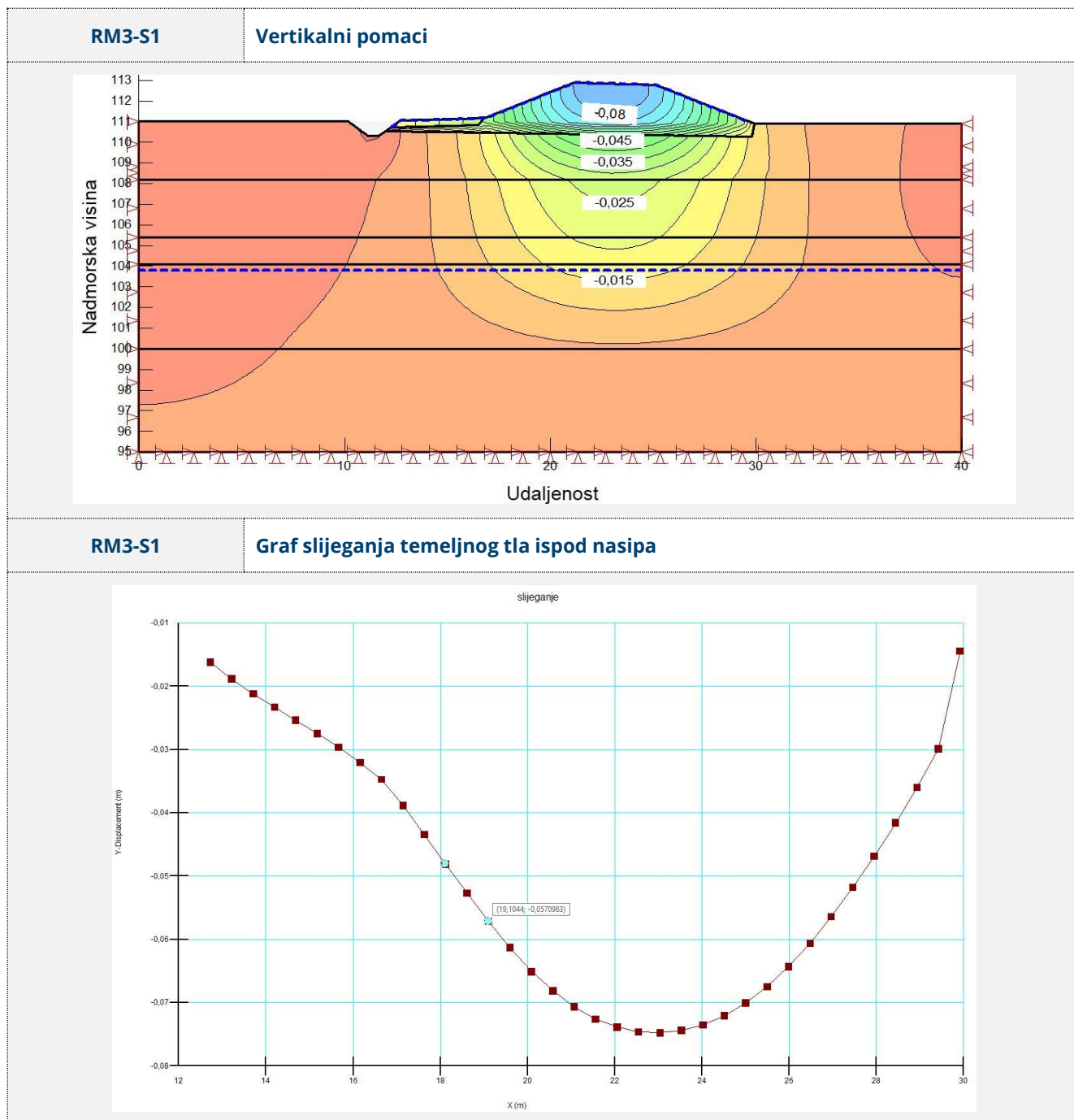
Računsko slijeganje temeljnog tla ispod nasipa očekuje se u iznosu do 13,0 cm.

RM2 - Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-13,0



RM3 - Rezultati analize slijeganja

RM3 -Prikazani su rezultati analize slijeganja za projektnu situaciju S1 "drenirani uvjeti" na računskom modelu RM3.



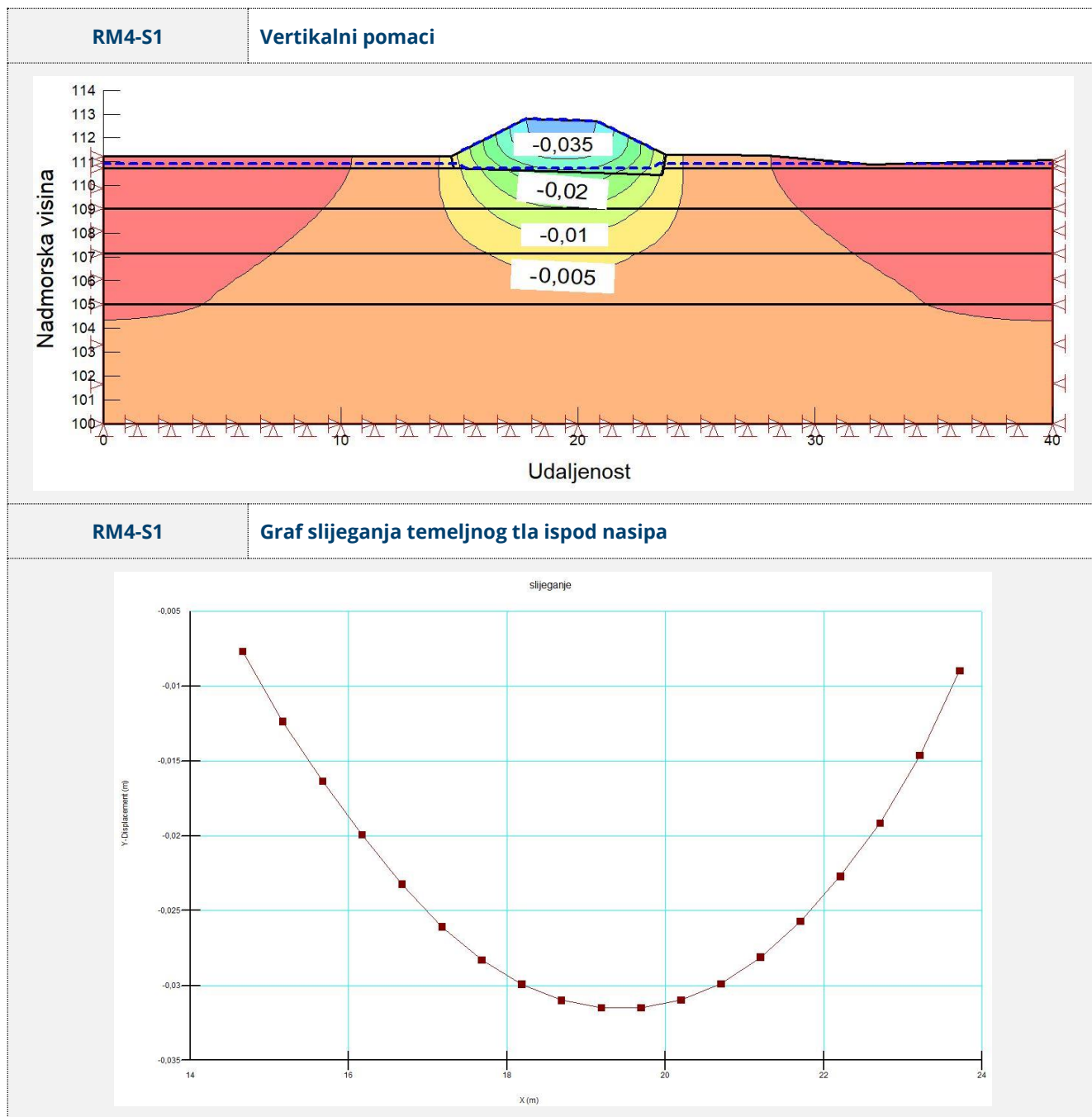
Računsko slijeganje temeljnog tla ispod nasipa očekuje se u iznosu do 7,5 cm.

RM3 - Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-7,5



RM4 - Rezultati analize slijeganja

RM4 -Prikazani su rezultati analize slijeganja za projektnu situaciju S1 "drenirani uvjeti" na računskom modelu RM4.



Računsko slijeganje temeljnog tla ispod nasipa očekuje se u iznosu do 3,5.

RM4 - Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-3,5



4.6.3 ZAKLJUČAK UZ ANALIZU SLIJEGANJA TEMELJNOG TLA

Analizom opterećenja temeljnog tla na poprečnim presjecima nasipa visina od 1,50 do 2,55 m, izgrađenog od glinenog materijala, dobivamo slijedeće rezultate slijeganja temeljnog tla:

Računski model	Visina nasipa h (m)	Računski vertikalni pomaci D_y (m)
RM1	2,55	13,1
RM2	2,38	13,0
RM3	2,00	7,5
RM4	1,50	3,5

Iz navedenog se zaključuje kako očekivana ukupna slijeganja temeljnog tla, ispod karakterističnih presjeka nasipa, ne prelaze kritične iznose ($D_y > 0,1h$) te nema potrebe za primjenom dodatnih mjera ojačanja temeljnog tla kojim bi se smanjilo slijeganje nasipa.

Na temelju dobivenih rezultata slijeganja zaključujemo da je u fazi izgradnje na stacionaži od km 0+300,00 do km 0+850,00 potrebno nadvisiti obrambeni nasip za cca polovicu iznosa ukupnog slijeganja.

Potrebna nadvišenja nasipa po stacionažama iznose:

Stacionaža	Potrebno nadvišenje nasipa (cm)
km 0+300,00 - km 0+850,00	7,0



4.7 ANALIZE STABILNOSTI

Proračuni se provode prema Eurokodu 7 – (norma HRN EN 1997-1 i NA 1997-2012). Provedene su analize za krajnje granično stanje tipa GEO. Analize stabilnosti za projektirano stanje rađene su prema projektnom pristupu 3 (PP3) sukladno EC7. Proračunski pristup 3 ima sljedeću kombinaciju grupa parcijalnih koeficijenata: A1+M2+R3.

4.7.1 SEIZMIČKI PARAMETRI

Analiza ponašanja nasipa pri seizmičkom opterećenju provedena je preko kvazidinamičkog postupka kojim se nekom od poznatih metoda stabilnosti kosina odrede faktori sigurnosti za različite intenzitete potresa. Kritično ubrzanje je ono horizontalno ubrzanje koje kliznu masu omeđenu kliznom plohom dovodi u stanje labilne ravnoteže. Proračunske analize s provedene na modelima sa karakterističnim parametrima materijala, a traženi faktor sigurnosti na klizanje je $F_s \geq 1,10$.

Očitane vrijednosti poredbenih vršnih ubrzanja tla tipa A prikazane su u sljedećoj tablici.

Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A	
Povratni period	agR (g)
95 godina	0,087
475 godina	0,179

Naponsko stanje pri nastupu potresa simulirano je kao dodatna sila koja djeluje u težištu svake pojedine lamele. Dodatna sila je podijeljena na horizontalnu i vertikalnu komponentu, iznosi komponenti dodatne sile definirani su prema izrazima:

- horizontalna komponenta: $F_H = 0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W$

- vertikalna komponenta: $F_V = \pm 0,5 \cdot F_H$

gdje je: α - ubrzanje tla izraženo postotkom gravitacije g za potres povratnog razdoblja $T=475$ god., za predmetnu lokaciju $\alpha=0,179 \cdot g$

S - parametar tla prema tipovima tla iz EN 1998-1, temeljno tlo je definirano kao tip C stoga je $S=1,15$

W - težina kliznog tijela (za potrebe proračuna uzima se 1,0).



Tablica prikazuje karakteristike za određeni tip temeljnog tla:

Tip tla	Opis geotehničkog profila tla	$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (n/30cm)	C_u (kPa)
A	Stijena ili druga geološka formacija uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini.	>800	-	-
B	Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom.	360 - 800	>50	>250
C	Debeli nanosi srednje zbijenoga pijeska, šljunka ili srednje krute gline debljine od nekoliko desetaka do više stotina metara.	180 - 360	15-50	70 - 250
D	Nanosi slabo do srednje koherentni (sa ili bez mekih koherentnih slojeva) ili s predominantno mekim do srednje krutim koherentnim tlima.	<180	<15	<70
E	Profili koji sadrže površinski sloj koji karakterizira brzina v_s tzv. tipove tla C i D i debljine od 5 m do 20 m, a ispod njih je kruti materijal s brzinom većom od v_s 800 m/s			
S1	Nanosi koji sadrže najmanje 10 m debeli sloj mekane gline s visoko plastičnim indeksom ($PI>40$) i visokim sadržajem vode	<100		10-20
S2	Nanosi likvefakcijski osjetljivog tla pijeska i gline ili bilo koji tip tla koji nije opisan od A do E i pod S1			

Tabela seizmičkih parametara ovisno o vrsti tla:

Klasa tla	S	TB(s)	TC(s)	TD(s)
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

Dodatna sila podijeljena je na horizontalnu i vertikalnu komponentu u iznosima:

- horizontalna komponenta (pp=95g.): $F_H=0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W=0,5 \cdot 0,179g \cdot 1,15 \cdot 1,0=$ **0,103g**

- vertikalna komponenta (pp=95g.): $F_V=\pm 0,5 \cdot F_H=\pm 0,5 \cdot 0,103g=\pm$ **0,052g**



4.7.2 PROJEKTNE SITUACIJE

Proračun je proveden za odabrane najnepovoljnije projektne situacije:

R. br.	Projektna situacija	Klizna ploha
1	Kraj gradnje	Klizna ploha minimalnog F_s , nedrenirani parametri glinenih materijala nasipa, voda u temeljnom tlu.
2	Eksploatacija	Klizna ploha minimalnog F_s , drenirani parametri, voda u temeljnom tlu, prometno opterećenje na bermi $q_k=15 \text{ kN/m}^2$.
3	Voda na kruni	Klizna ploha minimalnog F_s , drenirani parametri, voda na kruni obrambenog nasipa.
4	Naglo sniženje	Klizna ploha minimalnog F_s , drenirani parametri, saturiran nasip uz pad vodnog lica sa krune na 107 m.n.m.
5	Potres	Klizna ploha minimalnog F_s , nedrenirani parametri čvrstoće za opterećenje od potresa $T=475g$, $a_h=0,179g$

4.7.3 GEOMREŽA

Od st. km 0+440,00 do st. km 0+575,00 na kontaktu temeljnog tla i nasipa postavlja se geomreža minimalne vlačne čvrstoće 40 kN/m^2 .

Geomreže su zadane pomoću kontaktnih parametara čvrstoće c i φ i vlačne čvrstoće geomreže.

Geomreža 40 kN/m

Type: Geosynthetic

Pullout Resistance

Pullout Resistance (F/Area): 0 kPa

Calculate Pullout Resistance from:

Interface Adhesion: 10 kPa

Interface Shear Angle: 26 °

Surface Area Factor: 1

Reduction Factor: 1,25

Calculation Settings

Force Orientation: 0
(0 - Axial, 1 - Parallel to Slice Base)

ODF Dependent: No

Force Distribution: Distributed

Tensile Capacity

Tensile Capacity: 40 kN/m

Reduction Factor: 2,2

Installation Specifications

Face Anchorage: Yes

Factored Pullout Resistance:

Factored Tensile Capacity: 18,182 kN/m

Faktor prionjivosti (Surface Area Factor) jednak je 1,0 što programu znači da se trenje aktivira samo na jednoj strani geomreže. U stvarnosti se trenje aktivira na obje strane. Odabirom vrijednosti 1,0 za faktor prionjivosti smo na strani sigurnosti. Parcijalni faktor sigurnosti na vlačnu čvrstoću geomreže (Reduction Factor) je 2,2.



4.7.4 RAČUNSKI MODELI

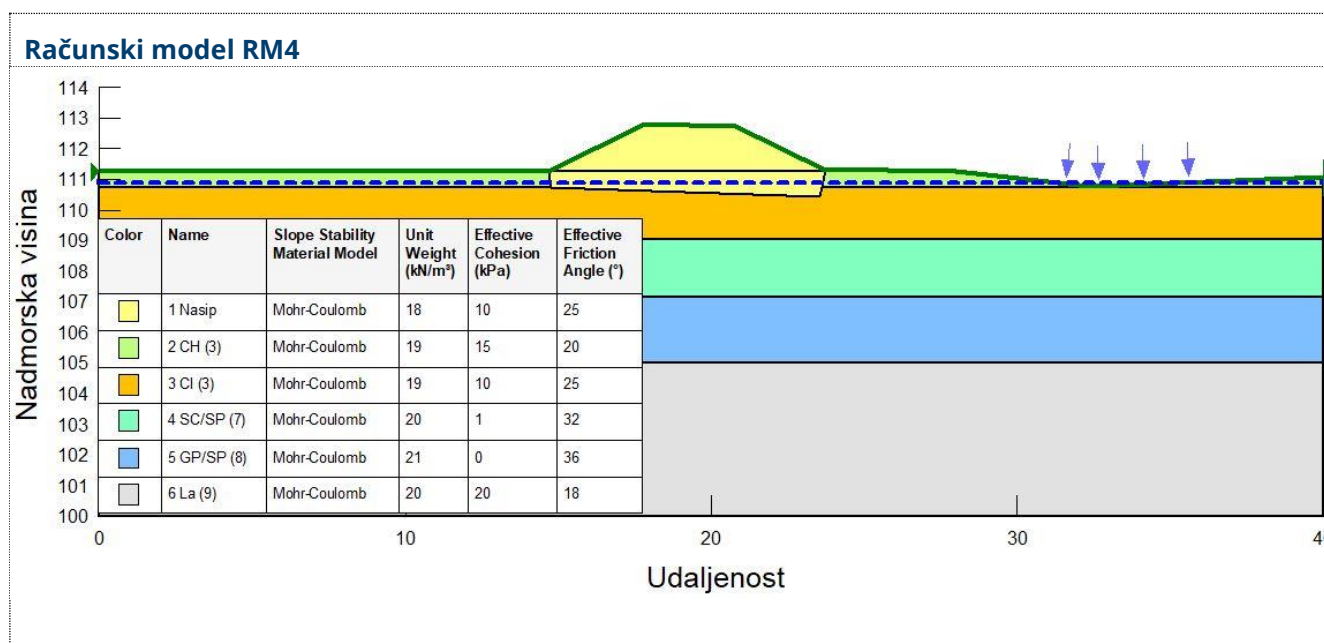
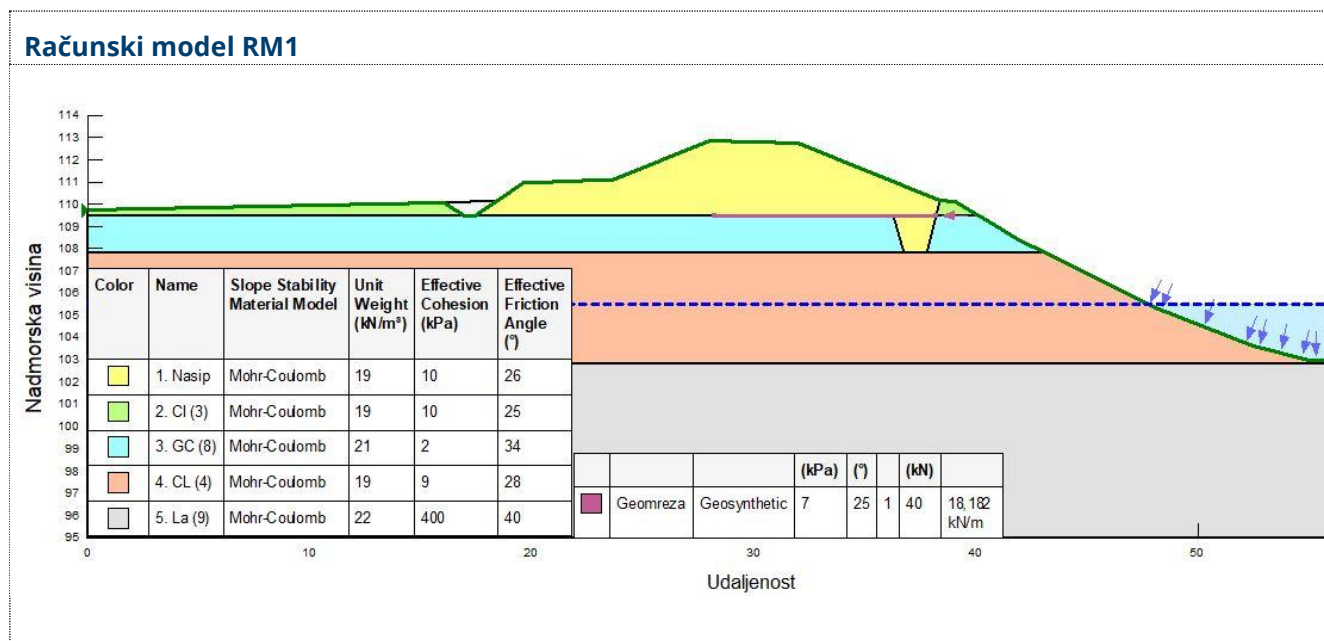
Proračun analize stabilnosti nasipa provesti će se na računskom modelu RM1 i RM4.

RM1 – karakteristični poprečni presjek na profilu P24 na stacionaži 0+525,00.

RM4 – karakteristični poprečni presjek na profilu P7 na stacionaži km 0+150,00.

Na modelima je prikazano i prolazno nepovoljno opterećenje od prometa na servisnom putu na modelu RM1 i na kruni nasipa na modelu RM4 q_k u projektnim situacijama eksploatacije.

Karakteristično opterećenje od servisnog puta: $q_k=15 \text{ kN/m'}$





4.7.4.1 Rezultati proračuna

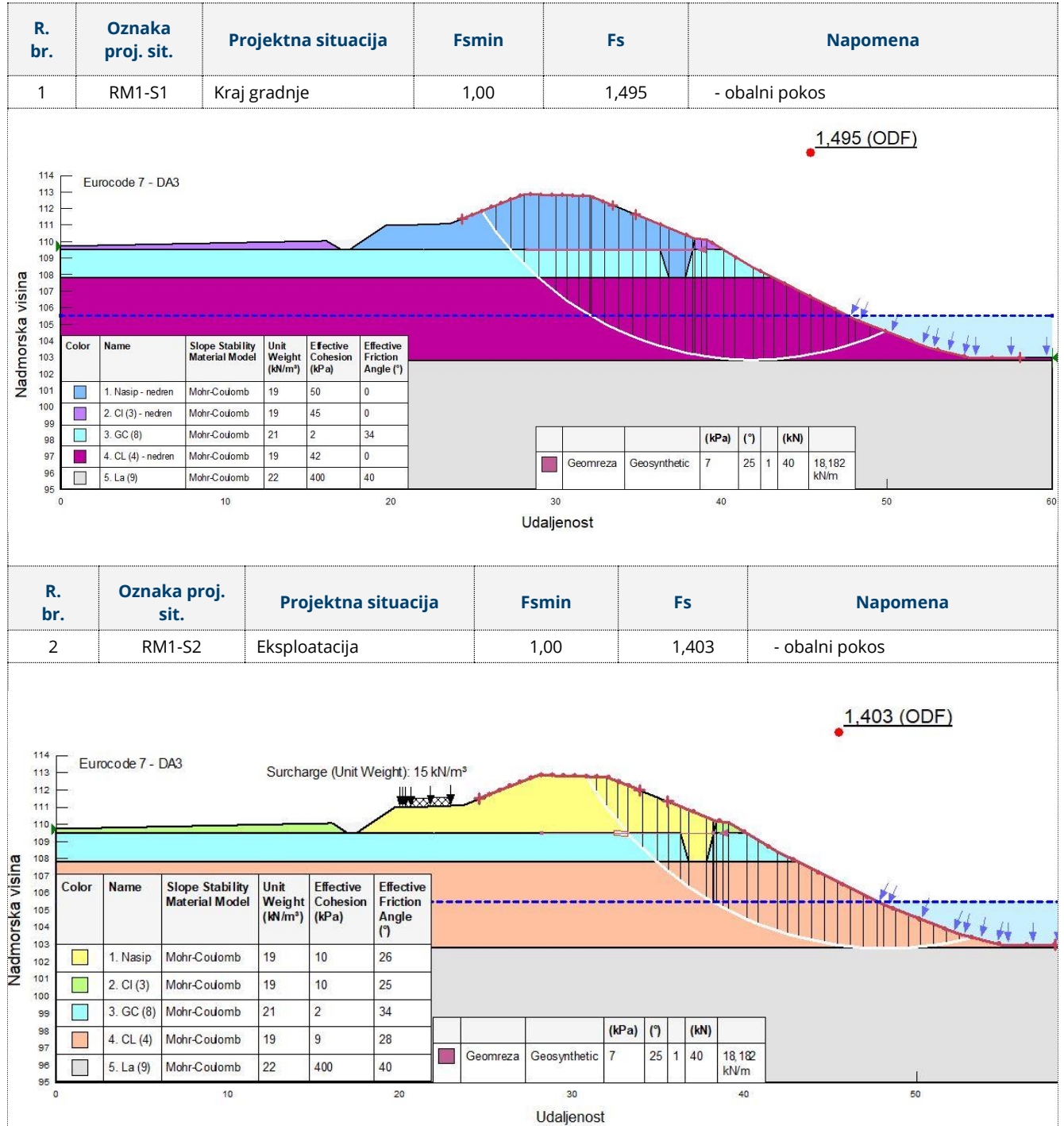
U slučaju potresne analize korišten je pristup prema Carrol-u (1963. god.) koji preporuča da se nedrenirana posmična čvrstoća za dinamičko opterećenje uveća za 1,5x u odnosu na statičku nedreniranu posmičnu čvrstoću. Na taj način možemo i dalje računati sa stabilnosti prema PP3, tj. nakon što smo Cu (statički) povećali za 1,5x, možemo ga umanjiti za parcijalni faktor za materijal Cu = 1,4 te dalje kroz proračun tražiti otpornost $R_d > 1,0$. Korišteno za sloj: CL (4)

Minimalni potrebni faktori sigurnosti iznose $F_s=1,0$. Numeričkim analizama dobivene su slijedeće vrijednosti faktora sigurnosti za odabrane cilindrične/poligonalne klizne plohe kojima se karakterizira globalna stabilnost pokosa:

R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	F _{min}	F _s	Napomena
1	RM1-S1	Kraj gradnje	1,00	1,495	- obalni pokos
2	RM1-S2	Eksploatacija	1,00	1,403	- obalni pokos
3	RM1-S3	Voda na kruni	1,00	2,952	- zaobalni pokos
4	RM1-S4	Naglo sniženje	1,00	1,005	- obalni pokos
5	RM1-S5	Potres	1,10	1,109	- obalni pokos
6	RM4-S1	Kraj gradnje	1,00	7,073	- obalni pokos
7	RM4-S2	Eksploatacija	1,00	2,066	- obalni pokos
8	RM4-S3	Voda na kruni	1,00	3,265	- zaobalni pokos
9	RM4-S4	Naglo sniženje	1,00	2,746	- obalni pokos
10	RM4-S5	Potres	1,10	4,801	- obalni pokos



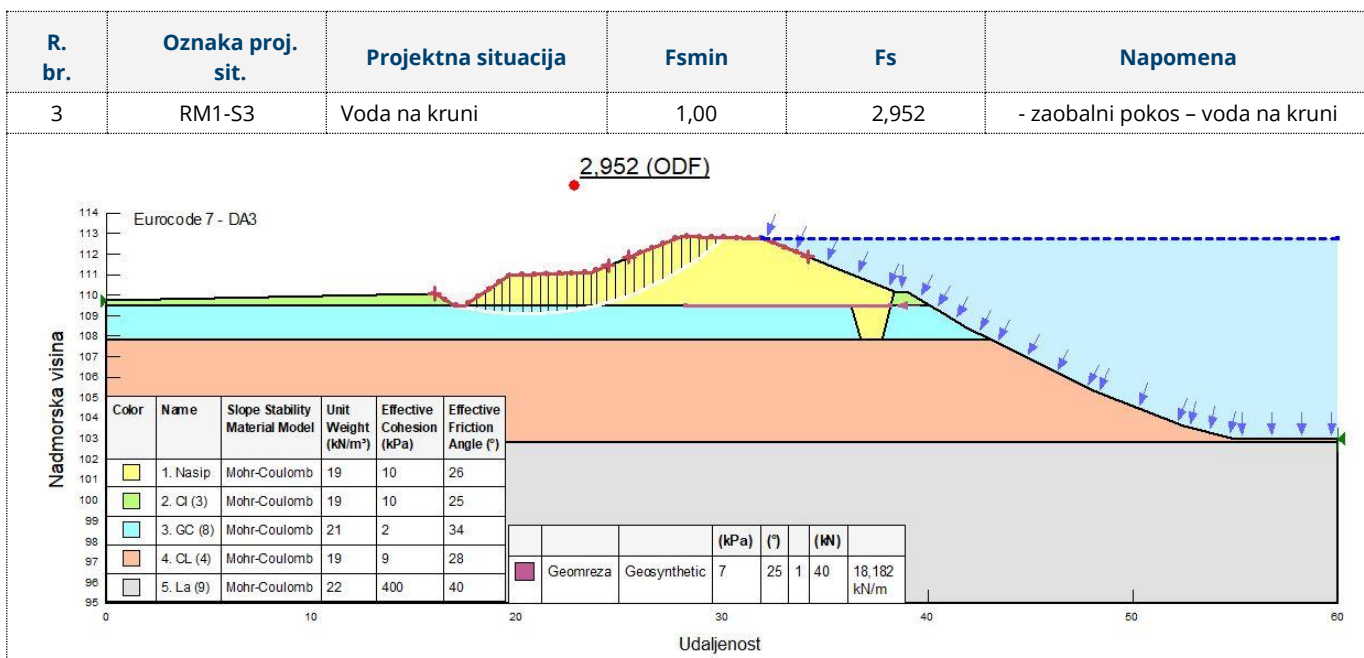
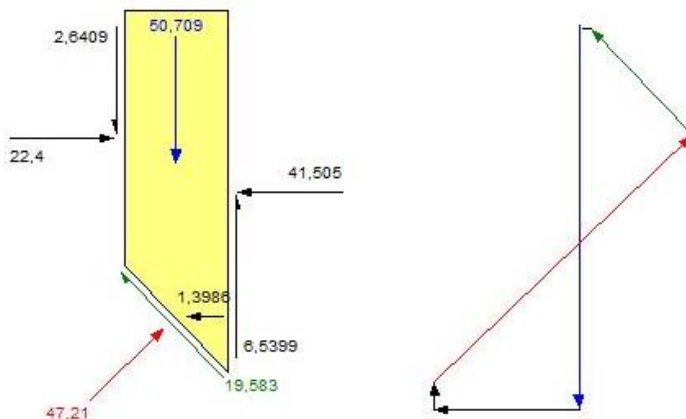
RM1 - Rezultati analize stabilnosti

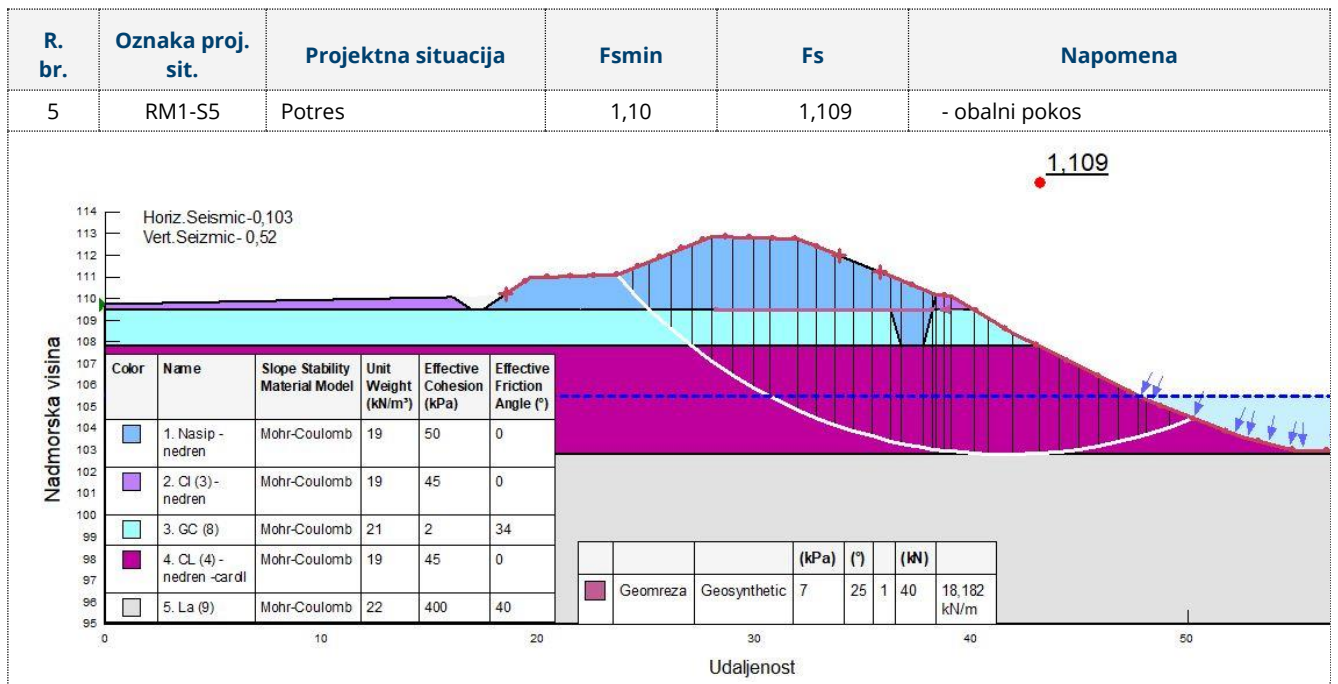
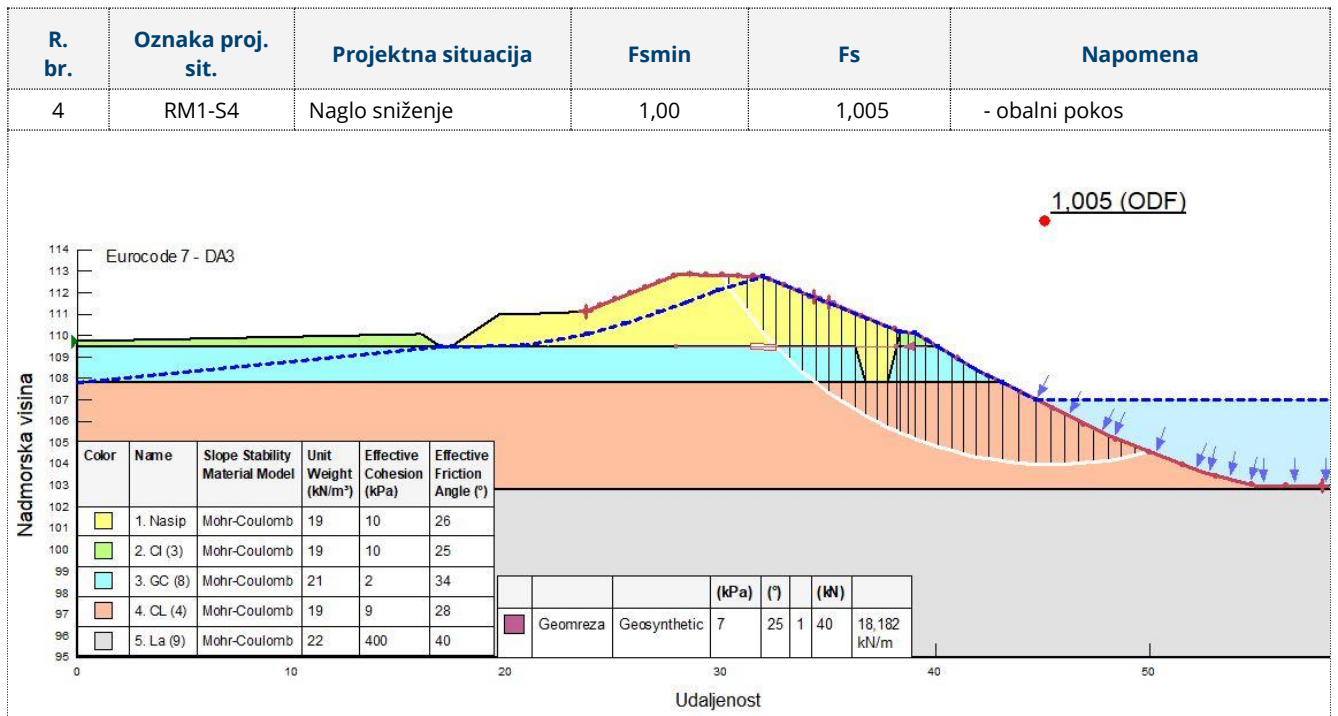




Sile u lameli na mjestu presjecanja geomreže i klizne plohe:

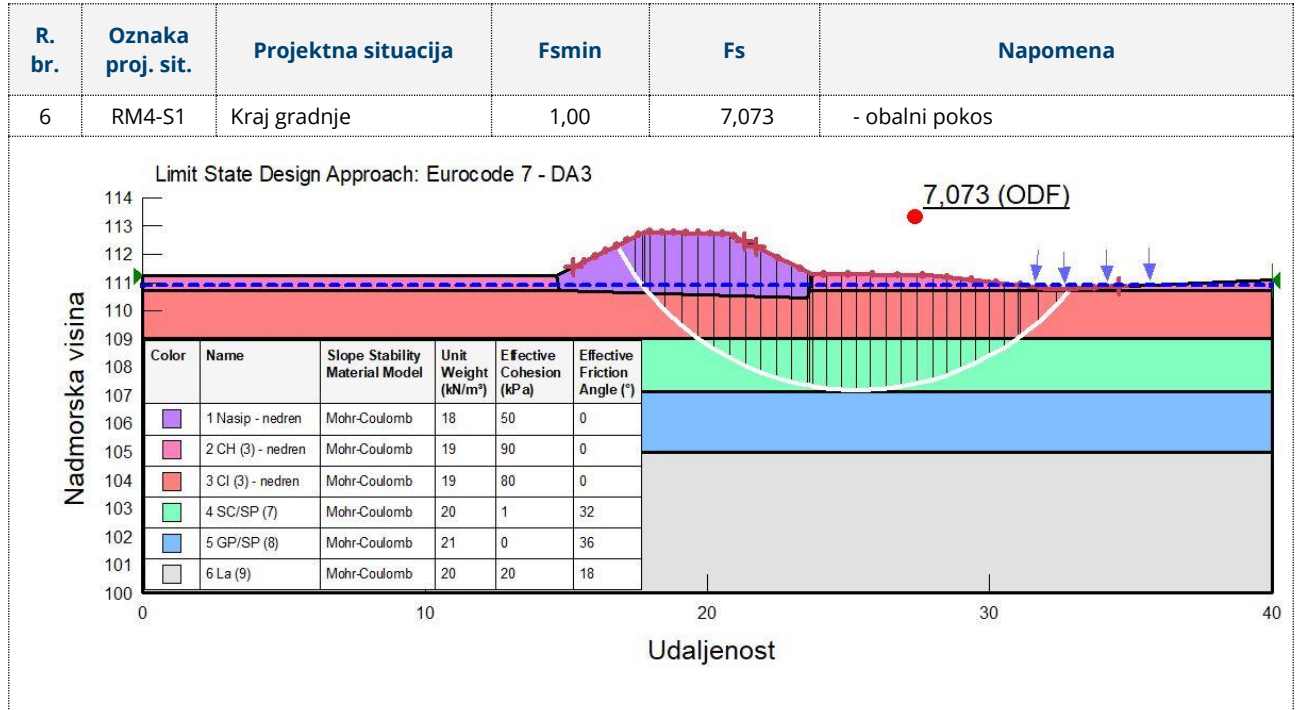
Korišteno opterećenje u geomreži - $F=1,3986$ kN



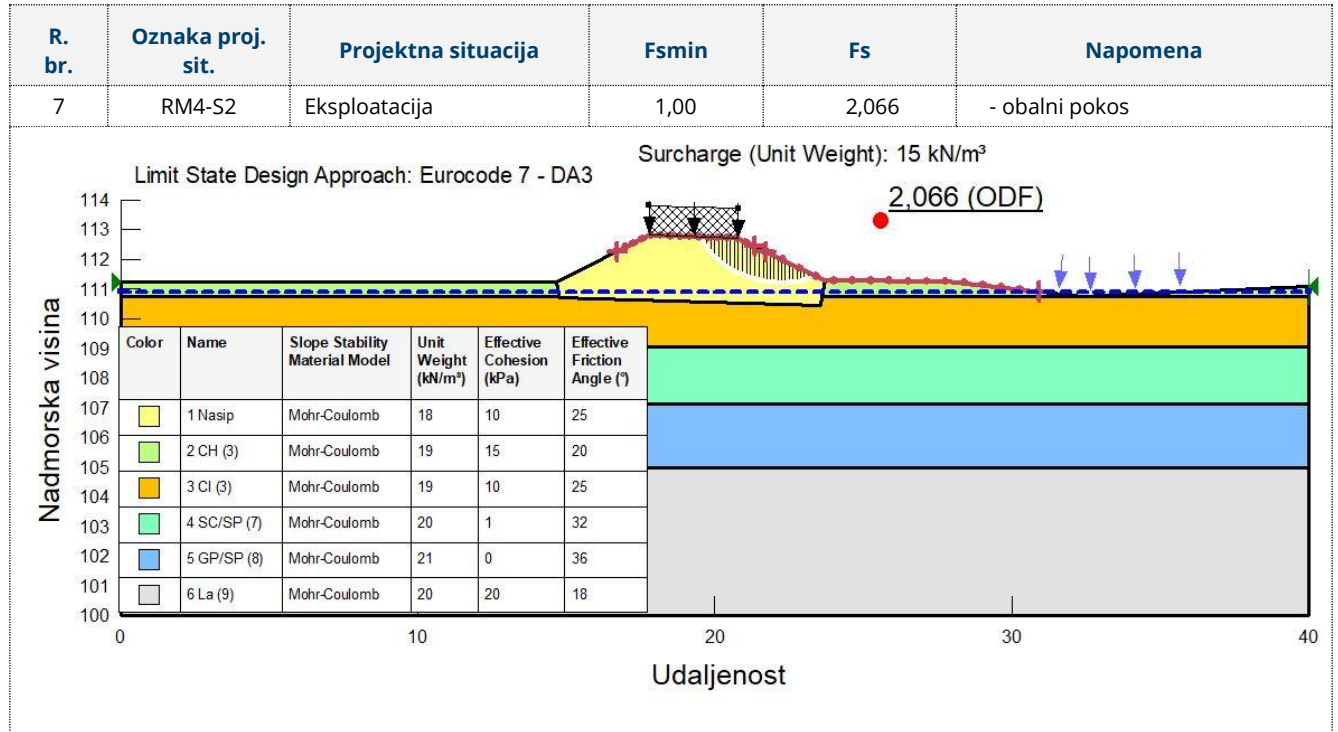


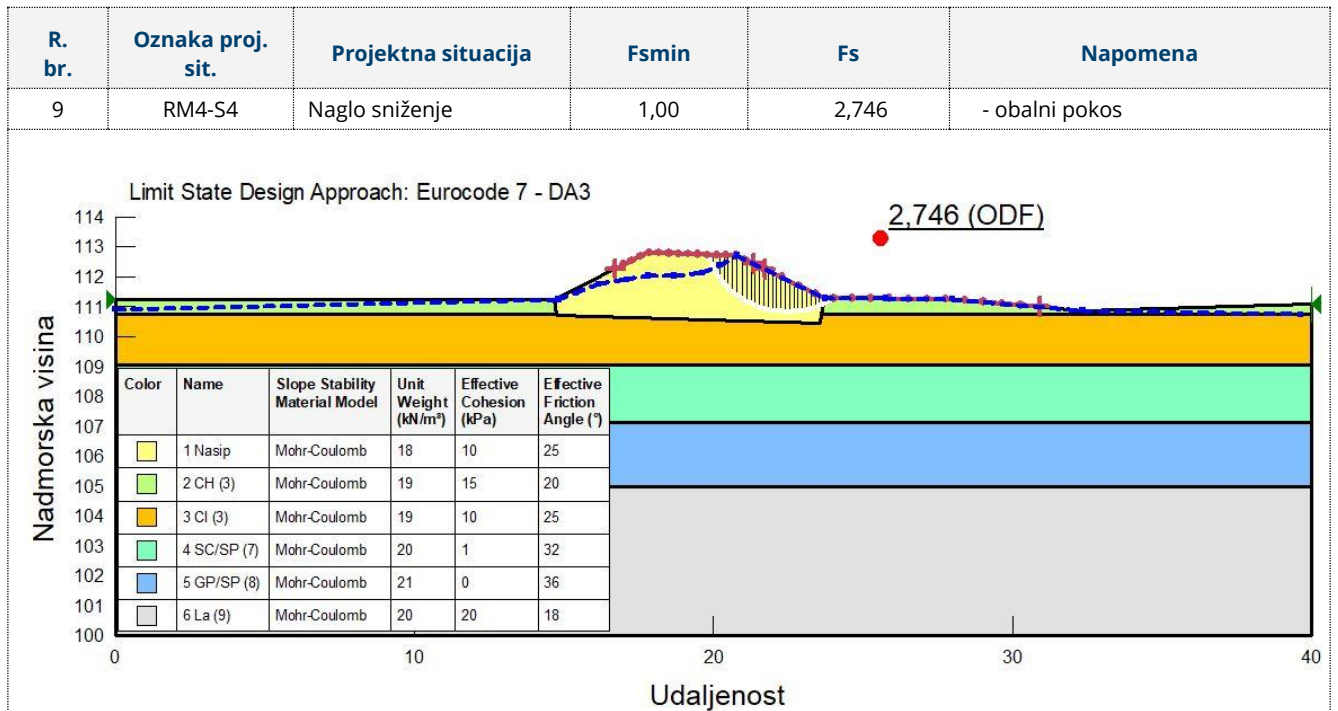
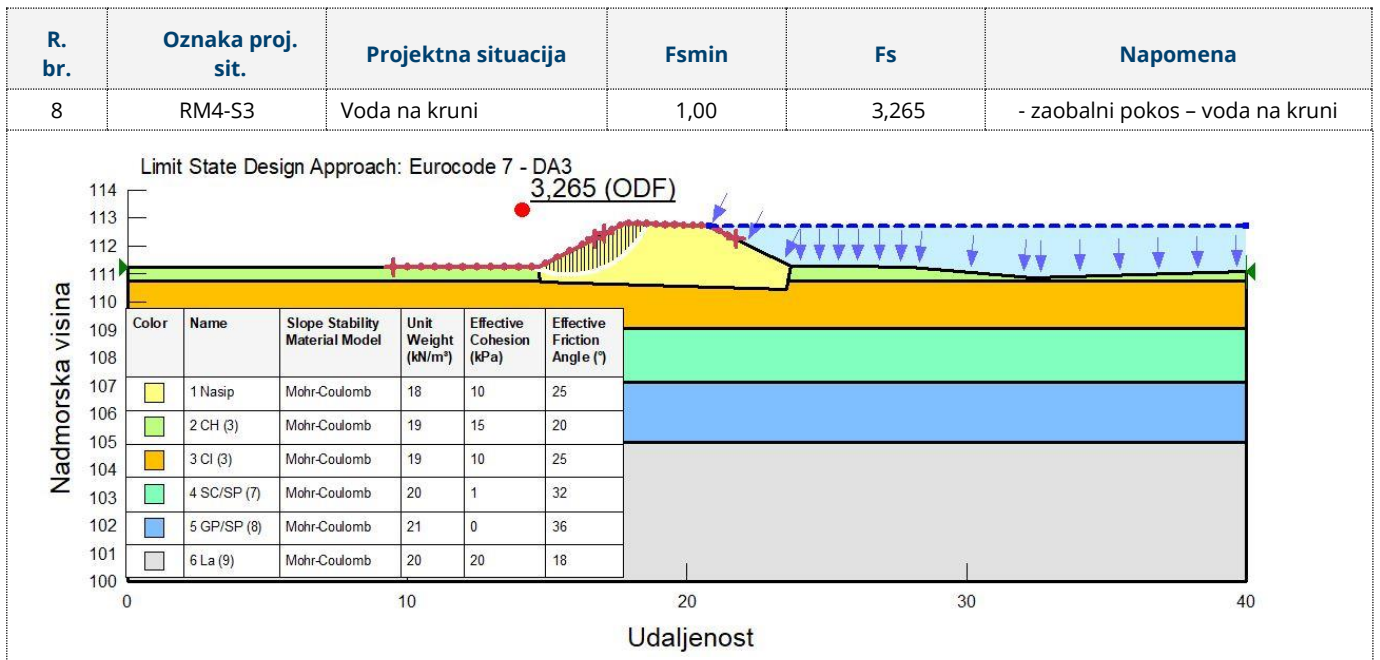


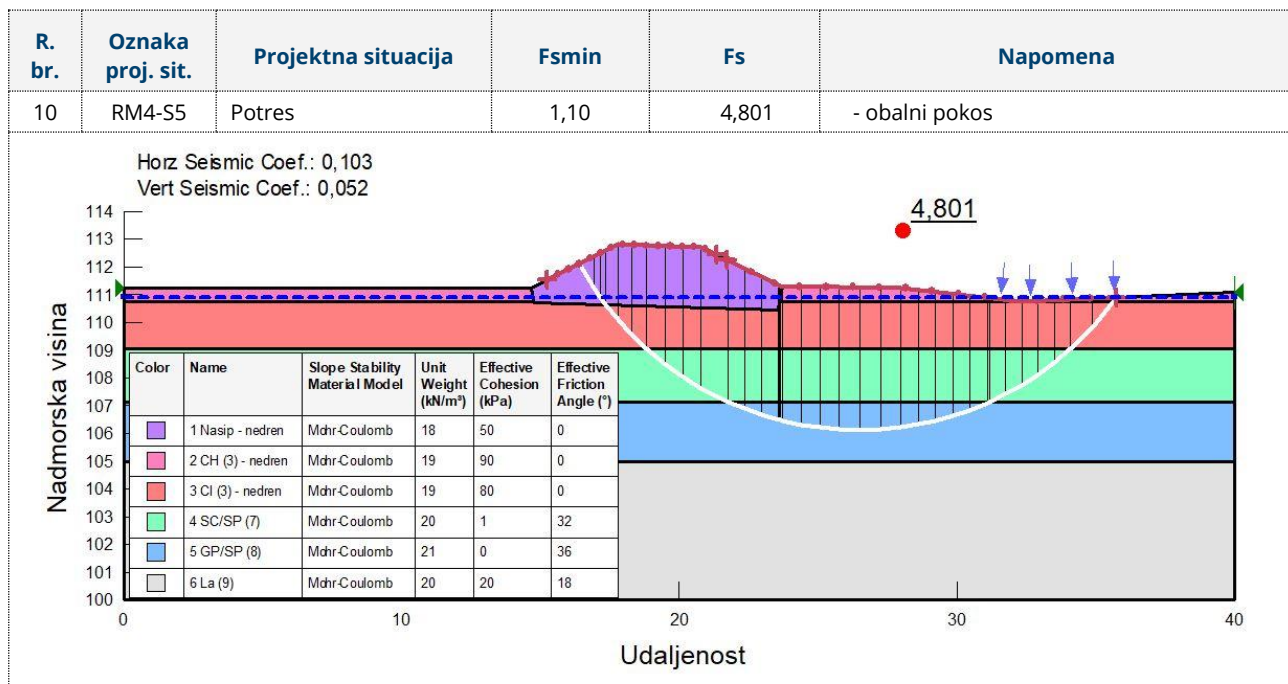
RM4 - Rezultati analize stabilnosti



10







4.7.5 ZAKLJUČAK UZ ANALIZE STABILNOSTI

Provedene su analize stabilnosti nasipa na odabranim karakterističnim presjecima za obrambeni i usporni nasip. Proračunima je dokazano da je predložena geometrija nasipa geotehnički stabilna uz uvjet korektno ugradnje glinenog materijala sa predloženog nalazišta.

Najnepovoljnija proračunska situacija:

Računski model	Poprečni presjek	Stacionaža nasipa	Faktor sigurnosti	Situacija
RM1	P24	km 0+525,00	1,004	Naglo sniženje vode
RM4	P7	Km 0+150,00	2,066	Eksploatacija

Površinska stabilnost pokosa (stabilnost na pojavu erozije) postići će se humusiranjem i zatravljenjem.

Dobiveni su rezultati koji zadovoljavaju tražene faktore sigurnosti na klizanje za globalnu stabilnost pokosa.



4.8 ANALIZA KONSOLIDACIJSKOG SLIJEGANJA TEMELJNOG TLA

Naponsko – deformacijske analize konsolidacije temeljnog tla provedene su na računskom modelu RM2 projektiranog stanja.

Na odabranom poprečnom presjeku u računskom programu GGU Consolidate modeliran je višeslojni karakteristični presjek. Rezultati analiza konsolidacije nam daju očekivano vrijeme konsolidacije temeljnog tla ispod projektiranog nasipa.

Opterećenja koja su se uračunala na temeljno tlo su vertikalna opterećenja od vlastite težine nasipa. Visina nasipa modela iznosi 2,20 m, a nasip je izveden od glinenog materijala (CI/CL) zapremne težine $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.



4.8.1 RAČUNSKI MODELI

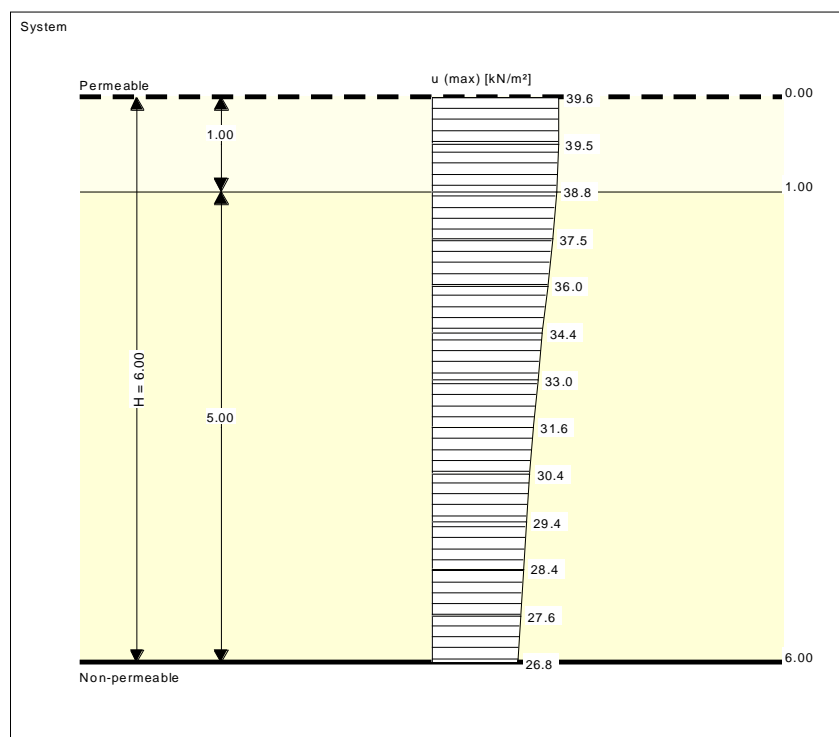
Analize konsolidacije izvršene su na Računski model RM2

Temeljno tlo na stacionaži km 0+450,00 za odabrani karakteristični poprečni presjek P20 sastoji se od sloja gline (3) CI do dubine 1,0 m i od sloja gline (4) CL do dubine 6,0 m, nakon kojeg dolazi sloj nepropusne stijene (La).

Modeliran je dvoslojni model površinskih gline do dubine 6,0 m. Obzirom na nepovoljan položaj sloja stijene ispod gline, konsolidacija je procijenjena kao jednostrana. Opterećenje na temeljno tlo je od vlastite težine nasipa.

Koeficijenti vodopropusnosti slojeva su zadani prema tablici:

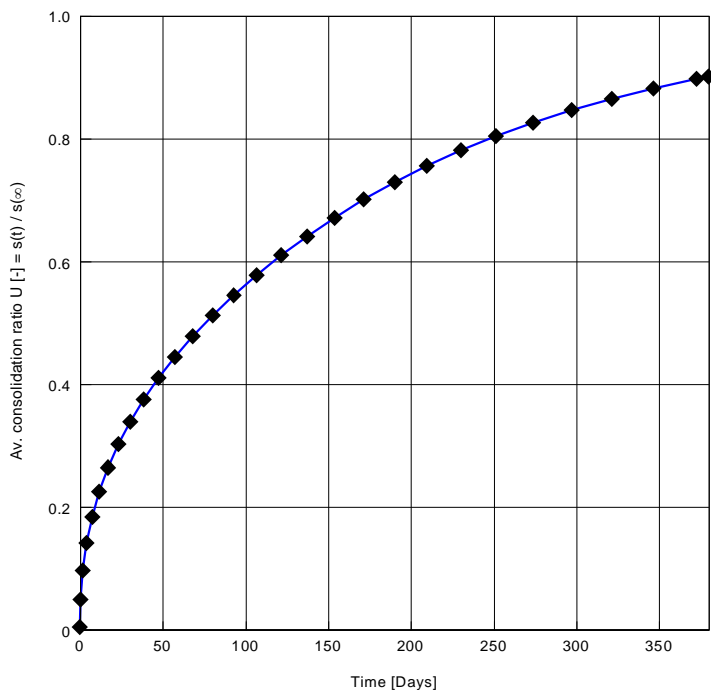
Soil	E_s [MN/m ²]	k [m/s]	C_v [m ² /s]	Designation
	2.3	$1.00 \cdot 10^{-8}$	$2.30 \cdot 10^{-6}$	CI (3)
	1.5	$5.00 \cdot 10^{-9}$	$7.50 \cdot 10^{-7}$	CL (4)



Razmatrano je očekivano vrijeme konsolidacije za nasip od 2,20 m.



Rezultati konsolidacijskog slijeganja su prikazani u tablici i dijagramu:



Time [Days]	$T_v^{(*)}$ [-]	U [-]
0.00	0.000	0.004
0.48	0.003	0.048
1.90	0.011	0.095
4.28	0.024	0.141
7.61	0.042	0.184
11.89	0.066	0.224
17.12	0.095	0.264
23.31	0.129	0.302
30.44	0.168	0.338
38.53	0.213	0.374
47.56	0.263	0.409
57.55	0.318	0.444
68.49	0.378	0.478
80.38	0.444	0.511
93.22	0.515	0.544
107.02	0.591	0.577
121.76	0.672	0.609
137.46	0.759	0.640
154.10	0.851	0.671
171.70	0.948	0.700
190.25	1.050	0.728
209.75	1.158	0.755
230.20	1.271	0.780
251.61	1.389	0.803
273.96	1.512	0.825
297.27	1.641	0.845
321.52	1.775	0.864
346.73	1.914	0.881
372.89	2.058	0.896
380.00	2.098	0.900

$(*) T_v [-] = c_{v(t)} * t / H^2$

Analiza konsolidacije pokazuje kako je 90% konsolidacijsko slijeganje postignuto cca 380 dana nakon početka građenja.



4.8.2 ZAKLJUČAK NAPONSKO - DEFORMACIJSKE ANALIZE KONSOLIDACIJE

Izvršena je naponsko - deformacijska analiza konsolidacije na najnepovoljnijem karakterističnom računskom modelu RM2 visine nasipa 2,20 m, gdje je zbog uslojenosti temeljnog tla konsolidacija jednostrana.

Vrijeme potrebno za ostvarivanje 90% konsolidacije prikazano je u tablici:

Računski model	Visina nasipa (m)	Vrijeme potrebno za ostvarivanje 90% konsolidacije
RM2	2,20	380 dana

Stvarne vrijednosti i tijek konsolidacijskog slijeganja ovisit će o stvarnim koeficijentima vodopropusnosti tla na terenu, koji su u proračunskim analizama procijenjeni na temelju korelacija.

Projektant :

Marko Kaić, mag. ing. građ.



5 PROCJENA TROŠKOVA GRADNJE

Procijenjeni troškovi izvedbe desnoobalnog nasipa rijeke Kupe od Brodaraca do Karlovačke pivovare, 1. etape izgradnje od potoka Stubljava do bivše vojarne, dani su u mapi 1.1 glavnog projekta.

Projektant :

Marko Kaić, mag. ing. građ.



6 GRAFIČKI I DRUGI PRILOZI

Popis priloga dan je u mapi 1.1. glavnog projekta.

Projektant :

Marko Kaić, mag. ing. građ.