

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

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

Građevina: **Pregrada Brodarci s vodnim građevinama na kanalu Kupa-Kupa, rijekama Kupi i Dobri i retenciji Kupčini**

Projektirani dio građevine: **Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka**

Etapu: **Etapa 2/5 - Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka**

Lokacija: **Zagrebačka županija (k.o. Cvetković, k.o. Zdenčina) i Karlovačka županija (k.o. Šišljavić**

Naziv mape: **Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka - Geotehnički dio**

Razina razrade: **Glavni projekt**

Strukovna odrednica: **Građevinski projekt**

Zajednička oznaka projekta (ZOP): **089.02**

Oznaka mape: **G3-089.02.01-G03.0**

R. br. mape **3/4**

Glavni projektant:

Ovl. inženjer geodezije:

Goran Grget, dipl. ing. građ.
br. upisa G 3561

Projektant:

Slaven Marasović, dipl.ing.geod.
br. upisa Geo 781

Predsjednik uprave:

Marko Kaić mag. ing. aedif.
br. upisa G 3561

Renato Lisica, dipl. ing. rud.

Revizija / izdanje: **0**

Mjesto, datum: **Zagreb, srpanj 2024.**

OVJERA PROJEKTA OD STRANE OVLAŠTENIH REVIDENATA

Investitor :	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220
Projektantski ured :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrtnjanska 16a
Građevina :	Pregrada Brodarci s vodnim građevinama na kanalu Kupa-Kupa, rijekama Kupi i Dobri i retenciji Kupčini
Projektirani dio građevine:	Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka
Faza / Etapa :	Etapa 2/5 – Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka
Lokacija :	Zagrebačka županija (k.o. Cvetković, k.o. Zdenčina) i Karlovačka županija (k.o. Šišljavić
ZOP :	089.02
Oznaka mape :	G3-O89.02.01-G03.0



POPIS SVIH PROJEKTANATA I SURADNIKA

Investitor:	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220
Građevina:	Pregrada Brodarci s vodnim građevinama na kanalu Kupa-Kupa, rijekama Kupi i Dobri i retenciji Kupčini
Glavni projektant :	Goran Grget, dipl. ing. građ.
ZOP:	089.02

r.br. mape	Oznaka mape	Projektant	Suradnici	Tvrtka Projektanta
1	G3-O89.02.01-G01.0	Goran Grget dipl. ing. građ..	Luka Rendulić, mag. ing. aedif. Ivan Mateljić, građ. teh. Viktor Blašković, mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
2	G3-O89.02.01-G02.0	Marko Kaić mag. ing. aedif.	Luka Rendulić, mag. ing. aedif. Ivan Mateljić, građ. teh. Viktor Blašković, mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
3	G3-O89.02.01-G03.0	Marko Kaić mag. ing. aedif.	Luka Rendulić, mag. ing. aedif. Ivan Mateljić, građ. teh. Viktor Blašković, mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
4	G3-O89.02.01-G04.0	Goran Grget dipl. ing. građ.	Luka Rendulić, mag. ing. aedif. Ivan Mateljić, građ. teh. Viktor Blašković, mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
5	TD KA09/23	Ivan Juratek mag. ing. prosp. arch.		DVOKUT ECRO d.o.o.



PREGLEDNA STRANICA

Investitor:	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220, OIB 28921383001		
Projektantski ured:	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnska 16a, OIB 61600467614		
Građevina:	Pregrada Brodarci s vodnim građevinama na kanalu Kupa-Kupa, rijekama Kupi i Dobri i retenciji Kupčini		
Projektirani dio građevine:	Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka		
Etapa:	Etapa 2/5 – Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka		
Lokacija:	Zagrebačka županija (k.o. Cvetković, k.o. Zdenčina) i Karlovačka županija (k.o. Šišljavić		
Naziv mape:	Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka – Geotehnički dio		
Razina razrade:	Glavni projekt	Strukovna odrednica:	Građevinski projekt
Zajednička oznaka projekta (ZOP):	089.02	Oznaka mape:	G3-O89.02.01-G03.0
R. br. mape	3/4		
Oznaka Geokon-Zagreb:	E-103-22-05	Oznaka ugovora:	U-103-22-01
Glavni projektant:	Goran Grget, dipl. ing. građ. br. upisa G 3561		
Projektant:	Marko Kaić mag. ing. aedif. br. upisa G 3561		
Ovlašteni inženjer geodezije :	Slaven Marasović, dipl.ing.geod. br. upisa Geo 781		
Suradnici:	Luka Rendulić, mag. ing. aedif. Ivan Mateljić, građ. tehn. Viktor Blašković, mag. ing. aedif.		
Pregledao:	Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ.		
Predsjednik uprave:	Renato Lisica, dipl. ing. rud.		
Revizija / izdanje:	0		
Mjesto i datum:	Zagreb, srpanj 2024.		



POPIS MAPA GLAVNOG PROJEKTA

Investitor:	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220
Građevina:	Pregrada Brodarci s vodnim građevinama na kanalu Kupa-Kupa, rijekama Kupi i Dobri i retenciji Kupčini
Glavni projektant :	Goran Grget, dipl. ing. građ.
ZOP:	089.02

r.br. mape	Oznaka mape	Naziv mape	Oznaka mape prema projektantu	Projektanti	Tvrtka Projektanta
1	G3-O89.02.01-G01.0	Nasip za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka – Opći dio	E-103-22-03	Goran Grget dipl. ing. građ.	Geokon-Zagreb d.d.
2	G3-O89.02.01-G02.0	Nasip za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka – Projekt trase nasipa	E-103-22-04	Marko Kaić mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
3	G3-O89.02.01-G03.0	Nasip za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka – Geotehnički dio	E-103-22-05	Marko Kaić mag. ing. aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
4	G3-O89.02.01-G04.0	Nasip za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka – AB Objekti	E-103-22-06	Goran Grget dipl. ing. građ.	Geokon-Zagreb d.d.
5	TD KA09/23	Nasip za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka – Projekt krajobraznog uređenja	TD KA09/23	Ivan Juratek mag. ing. prosp. arch.	DVOKUT ECRO d.o.o.



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.....	2-2
2.2.1 Lokacija.....	2-2
2.2.2 Seizmološki podaci	2-5
2.2.3 Sastav i svojstva materijala tla	2-10
3 DOKAZI O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA.....	3-1
3.1 Geostatički proračuni	3-1
3.2 Tipovi proračuna	3-3
3.3 Parametri materijala.....	3-3
3.3.1 Nalazište (Nasipni materijal).....	3-3
3.3.2 Geotehnička sredina 1	3-4
3.3.3 Geotehnička sredina 2	3-4
3.3.4 Geotehnička sredina 3	3-5
3.3.5 Geotehnička sredina 4	3-5
3.3.6 Geotehnička sredina 5	3-6
3.3.7 Geomreža.....	3-7
3.3.8 Gabioni sa zategom	3-7
3.3.9 Geotehničke analize ugradnje CH gline za rekonstrukciju nasipa	3-8
3.4 Analiza procjeđivanja.....	3-9
3.4.1 Računski modeli	3-9
3.4.2 Projektne situacije.....	3-13
3.4.3 Rezultati proračuna	3-13



3.4.4	Zaključak analize procjeđivanja	3-23
3.5	Analiza slijeganja temeljnog tla	3-24
3.5.1	Projektna situacija.....	3-24
3.5.2	Računski modeli	3-24
3.5.3	Rezultati analize slijeganja	3-28
3.5.4	Zaključak uz analizu slijeganja temeljnog tla	3-37
3.6	Analize stabilnosti	3-38
3.6.1	Seizmički Parametri	3-38
3.6.2	Projektne situacije.....	3-40
3.6.3	Računski modeli	3-40
3.6.4	Rezultati proračuna	3-44
3.6.5	Zaključak uz analize stabilnosti	3-92
3.7	Proračun konsolidacije tla ispod nasipa	3-93
3.7.1	Karakteristike tla	3-93
3.7.2	Projektne situacije.....	3-94
3.7.3	Računski modeli	3-94
3.7.4	Rezultati naponsko-deformacijske analize.....	3-96
3.7.5	Zaključak naponsko - deformacijske analize konsolidacije.....	3-104



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, 67/23)
- Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15, 118/18, 110/19)
- Zakon o vodama (66/19, 84/21, 47/23)
- Zakon o građevinskoj inspekciji (NN 153/13)
- Zakon o državnom inspektoratu (NN 115/18 i 117/21, 67/23)
- Zakon komunalnom gospodarstvu (NN 68/18, 110/18 i 32/20)
- Zakon o financiranju vodnog gospodarstva (NN 153/09, 90/11, 56/13, 154/14, 119/15, 120/16, 127/17 i 66/19)
- Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10, 114/22)
- Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14, 154/14, 118/14, 94/18, 96/18)
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 78/15, 12/18, 118/18)
- Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09., 55/13., 153/13., 41/16, 114/18 i 14/21)
- Zakon o šumama (NN 68/18, 115/18, 98/19, 32/20, 145/20, 101/23, 36/24)
- Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19)
- Zakon o gospodarenju otpadom (NN 84/21, 142/23)
- Zakon o zaštiti zraka (NN 127/19, 57/22)
- Zakon o cestama (NN 84/11, 18/13, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19, 144/21, 114/22, 4/23)
- 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, 98/15, 44/17, 90/18, 32/20, 62/20, 117/21, 114/22)
- Zakon o poljoprivrednom zemljištu (NN 20/2018, 115/18, 98/19, 57/22)
- 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, 150/22, 142/23)
- 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, 74/22, 155/23)
- 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 najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka (NN 143/21)
- 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, 68/22)
- Pravilnik o održavanju građevina (NN 122/14, 98/19)
- Pravilnik o kontroli projekta (NN 32/14, 72/20, 90/23)
- 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, 90/22)
- 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, srpanj 2024.

Projektant:

Marko Kaić mag. ing. aedif.

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

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

Razina razrade: **Glavni projekt**

Strukovna
odrednica: Građevinski projekt

ZOP: 089.02

Oznaka mape: G3-O89.02.01-G03.0

TEHNIČKI DIO

Građevina: **Pregrada Brodarci s vodnim građevinama na kanalu Kupa-Kupa, rijekama Kupi i Dobri i retenciji Kupčini**

Projektirani dio: Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka

Projektant: Marko Kaić mag. ing. aedif.

Mjesto, datum: Zagreb, srpanj 2024.



1 UVOD

Temeljem ugovora U-103-22-01, zaključenog između Hrvatske vode, kao Investitora i zajednice ponuditelja, tvrtke Elektroprojekt d.d (vodeći član), Vodoprivredno-projekttni biro d.d. (član), Institut IGH d.d. (član) i tvrtke Geokon-Zagreb d.d. (član), izvršene su usluge na izradi građevinskog projekta „ Pregrada Brodarci s vodnim građevinama na kanalu Kupa-Kupa, rijekama Kupi i Dobri i retenciji Kupčini , Etapa 2/5 – Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka „.

Predmetni glavni projekt se odnosi na građevinu „Pregrada Brodarci s vodnim građevinama na kanalu Kupa-Kupa, rijekama Kupi i Dobri i retenciji Kupčini „ a prema važećoj lokacijskoj dozvoli od 07.03.2022., zahvat dijeli na ETAPE s fazama prikazane u tablici:

Tablica 1-1

ETAPA	FAZA:	Naziv
ETAPA 1		Usporni nasip uz Kupu i Dobru uzvodno od Brodaraca
	FAZA 1	Nasipi 1 i 2 na lijevoj obali rijeke Kupe
	FAZA 2	Nasip na desnoj obali rijeke Kupe
	FAZA 3	Nasip oko sela Trg na desnoj obali rijeke Kupe
	FAZA 4	Nasip na lijevoj obali rijeke Dobre
ETAPA 2		Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka
ETAPA 3		Radovi na kanalu Kupa-Kupa i istočnom nasipu
		- Rušenje lijevog nasipa kanala Kupa-Kupa
		- Istočni nasip retencije Kupčina
		- Nadvišenje desnog nasipa kanala Kupa-Kupa
ETAPA 4		Ustava Šišljavić
ETAPA 5		Pregrada Brodarci

Temeljem ugovora U-103-22-01, zaključenog između Hrvatskih voda kao Investitora i tvrtke Geokon-Zagreb d.d. kao Izvoditelja, izvršeni su radovi na izradi mape projekta „**Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka**“.

Ova MAPA G3-O89.02.01-G02.0 „Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka – Geotehnički dio“ glavnog projekta prikazuje Dokaze o ispunjavanju temeljnih i drugih zahtjeva ovog glavnog projekta.

Temeljna podloga ovom glavnom projektu je idejni projekt "PREGRADA BRODARCI S VODNIM GRAĐEVINAMA NA KANALU KUPA-KUPA, RIJEKAMA KUPI I DOBRI I RETENCIJI KUPČINA", ZOP : 089, oznake Y2- 089.00.01- G01.0 izrađen od strane projektantskih ureda ELEKTROPROJEKT d.d., VODOPRIVREDNO-PROJEKTNI BIRO d.d., Institut IGH i Geokon-Zagreb d.d., siječanj 2021.

Podloga za Etapu 2 – Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka je "Idejni projekt izgradnje nasipa za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka" (oznaka idejnog projekta_E-141-18-05 v 1.0; Geokon-Zagreb d.d., Zagreb, listopad 2019.).



Poglavlje 2 ove mape projekta pruža pregled podloga korištenih u ovom projektu te osvrt na provedene geotehničke istražne radove. U poglavlju 3 provedeni su dokazi o ispunjavanju temeljnih i drugih zahtjeva koje građevina mora ispuniti

Projektant :

Marko Kaić mag. ing. aedif.



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	"Geotehnički istražni radovi za Idejni projekt nasipa za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka" (E-141-18-01 v 1.0) Zagreb, kolovoz 2019. Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE, Zagreb, Ul. Grada Vukovara 220	
2.	Geotehnički elaborat	"Geotehnički istražni radovi na nalazištu materijala za izradu nasipa za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka" (E-141-18-08 v 1.0) Zagreb, rujan 2019. Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE, Zagreb, Ul. Grada Vukovara 220	
3.	Geotehnički elaborat	"Geotehnički istražni radovi na nalazištu materijala za rekonstrukciju nasipa kanala Kupa- Kupa" (E-141-18-09 v 1.0) Zagreb, listopad 2019. Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE, Zagreb, Ul. Grada Vukovara 220	
4.	Geotehnički elaborat	"Geotehnički istražni radovi za Idejni projekt rekonstrukcije lijevog nasipa kanala Kupa-Kupa" (E-141-18-10 v 1.0) Zagreb, listopad 2019. Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE, Zagreb, Ul. Grada Vukovara 220	
5.	Idejni projekt	Idejni projekt izgradnje nasipa za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka(E-141-18-05 v 1.0) Zagreb, listopad 2019. Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE, Zagreb, Ul. Grada Vukovara 220	

Prostorni planovi:

r.br.	prostorni plan	naziv i broj glasnika
1.	Prostorni plan grada Jastrebarsko	Prostorni plan uređenja Grada Jastrebarsko – PPUOG Jastrebarsko - neverificiran Službeni vjesnik Grada Jastrebarsko broj 2/02, 3/04, 8/08, 2/11, 9/11, 8/12, 9/13, 9/14, 10/14 (pročišćeni tekst), 1/16, 2/16 (pročišćeni tekst), 1/19 i 2/19 (pročišćeni tekst.)
2.	Prostorni plan Zagrebačke županije	Prostorni plan Zagrebačke županije – PPŽ Zagrebačke županije- neverificiran Odluka o izradi VI. Izmjena i dopuna PPŽŽ (Glasnik Zagrebačke županije, broj 32/14) Glasnik Zagrebačke županije 3/02, 6/02 (ispravak), 8/05, 8/07, 4/10, 10/11, 14/12 (pročišćeni tekst), 27/15 i 31/15 (pročišćeni tekst)
3.	Prostorni plan grada Karlovca	Prostorni plan uređenja Grada Karlovca – PPUG Karlovac - neverificiran Glasnik Grada Karlovca, broj 01/02, 13/03, 04/04, 05/10. 05/03/2010
4.	Prostorni plan Karlovačke županije	Prostorni plan Karlovačke županije – PPŽ Karlovačka županija- neverificiran Glasnik Karlovačke županije, broj 26/01, 33/01-ispravak, 36/08-pročišćeni tekst 10/30/2008



2.2 OSVRT NA GEOTEHNIČKE ELABORATE

Za potrebe izrade Glavnog projekta Pregrada Brodarci s vodnim građevinama na kanalu Kupa – Kupa, rijekama Kupi i Dobri i retenciji Kupčini za projektirani dio građevine – Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka provedena su 2018. godine geotehnička istraživanja na trasi nasipa ribnjaka (Elaborat E- 141-18-01 v 1.0, Geokon-Zagreb d.d), u ribnjacima (Elaborat E-141-18-08 v 1.0, Geokon-Zagreb d.d), na lijevom nasipu kanala Kupa-Kupa (Elaborat E-141-18-10 v 1.0, Geokon-Zagreb d.d) te na nalazištima uz lijevu obalu kanala Kupa-Kupa (Elaborat E-141-18-09 v 1.0, Geokon-Zagreb d.d), a 2022. godine provedeno je dodatno geotehničko ispitivanje na trasi nasipa ribnjaka Crna Mlaka CPT metodom (Elaborat E-103-22-01, Geokon-Zagreb d.d).

Istraživanja iz 2018. godine obuhvatila su izvođenje istražnog bušenja uz geotehnički nadzor, uzorkovanje uzoraka tla, ispitivanje standardnog penetracijskog testa u bušotini - SPT i laboratorijska ispitivanja uzoraka te in-situ ispitivanja tla kontinuiranom dinamičkom penetracijom (TUS). U dodatnom geotehničkom istraživanju 2022. godine obuhvaćena su istraživanja statičkim penetracijskim testom (CPT).

2.2.1 LOKACIJA

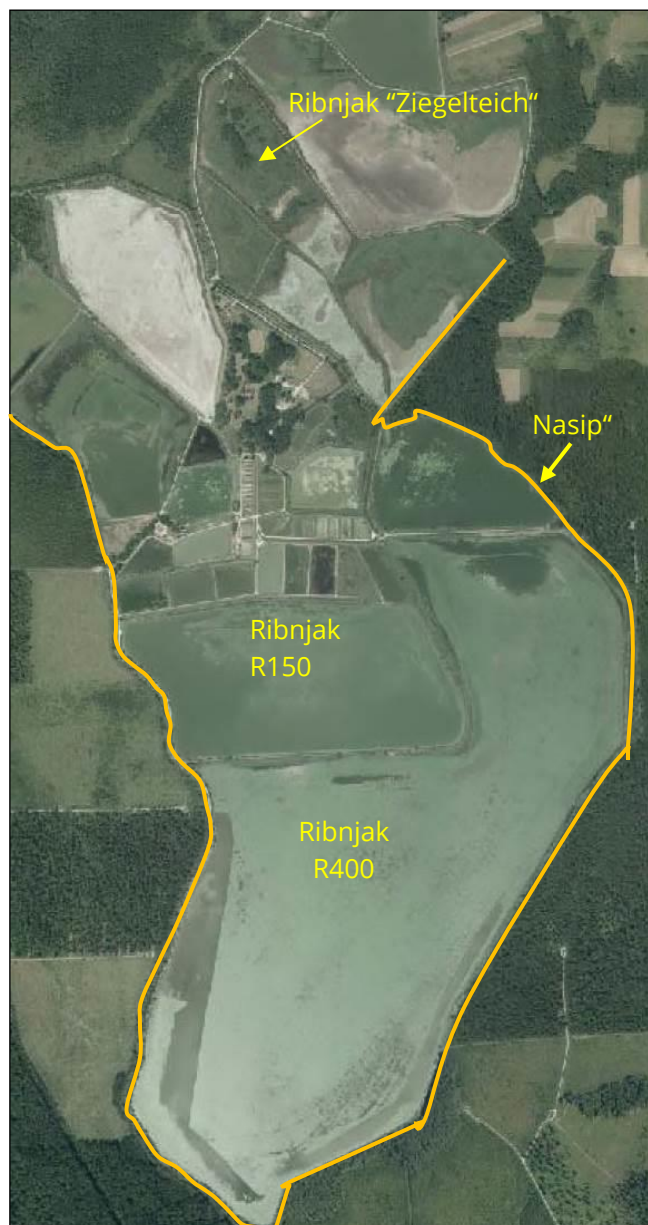
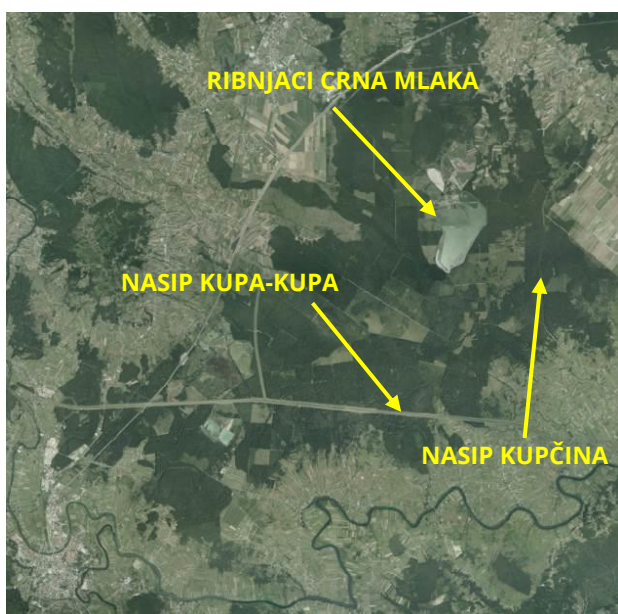
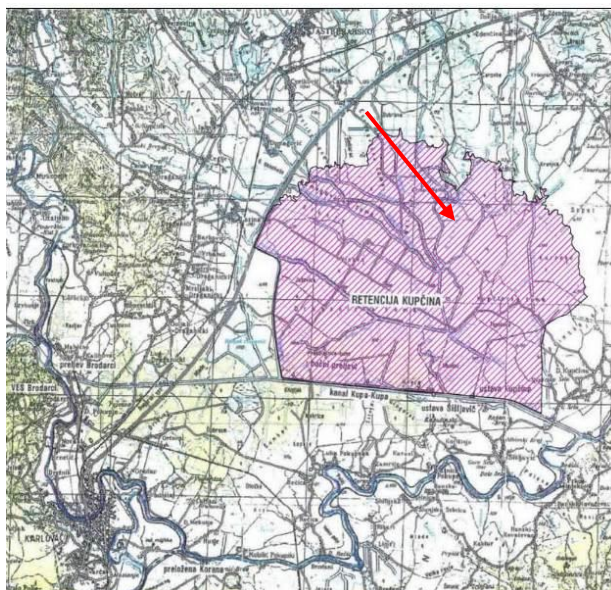
Ribnjaci Crna Mlaka

Lokacija istraživanja nalazi se unutar posebnog ornitološkog rezervata Crna Mlaka u dolini rijeke Kupe, jugoistočno od Jastrebarskog. Radi se o sustavu ribnjaka koji su smješteni unutar močvarno šumskog područja. Kazete unutar ribnjaka su omeđene nasipima koji su izvedeni lokalnim materijalom iz iskopa pri izgradnji ribnjaka i kanala. Svi pojedinačni ribnjaci su spojeni sustavom kanala kojima voda dolazi iz okolnih potoka Brebernica, Lukavac, Okičnica i Botić. Najveći ribnjaci su oznaka R400 i R150 koji se nalaze na južnom dijelu lokacije, a ukupna površina im je oko 316 ha.

Za utvrđivanje pogodnosti materijala za ugradnju u tijelo nasipa istraženo je područje u zoni ribnjaka R150 i R400 te područje u zoni ribnjaka „Ziegelteich“ koji za vrijeme istraživanja nije bio u funkciji. Ribnjak R 150 nalazi se u središnjem dijelu dok se ribnjak „Ziegelteich“ nalazi na sjevernom dijelu ribnjaka Crna Mlaka te je obrastao u gustu neprohodnu šikaru. Zaključeno je da materijali tla iz ribnjaka R150, R400 i „Ziegelteich“ **nisu pogodni** za ugradnju u nasipe ribnjaka Crna Mlaka stoga će se koristiti materijal od lijevog nasipa Kupa-Kupa i sa nalazišta uz lijevi nasip Kupa-Kupa.

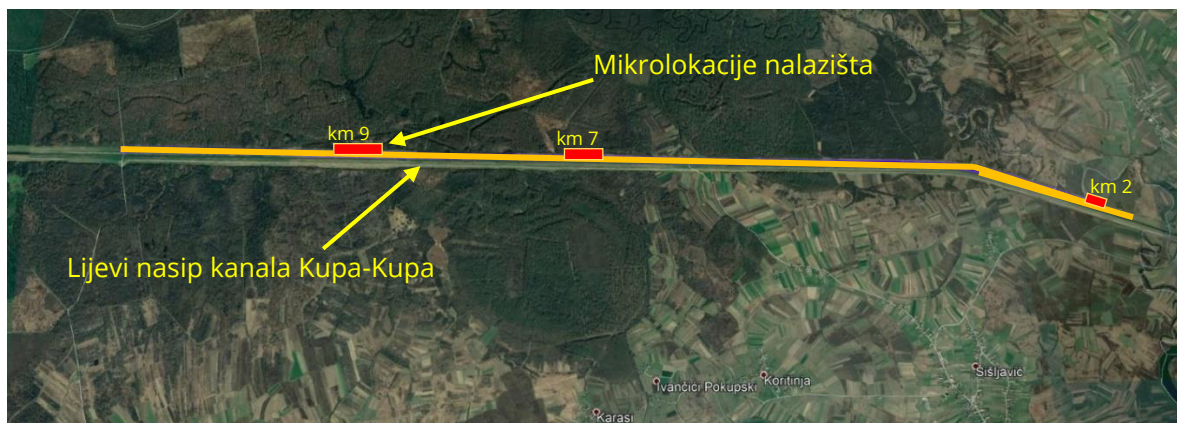
Ukupna dužina nasipa koja je obuhvaćena istražnim radovima je cca 11,5 km.

Na slijedećim slikama prikazan je položaj ribnjaka unutar prostora retencije Kupčina i lokacija istraživanja nalazišta te lijevi nasip Kupa-Kupa i lijevi nasip Kupčine:



Lijevi nasip kanala Kupa-Kupa

Lokacija istraživanja je lijevi nasip kanala Kupa-Kupa na dijelu trase nasipa od km 2+000 do 12+650. Šire područje te sama lokacija istraživanja prikazani su na sljedećim slikama.





Nalazišta uz lijevu obalu kanala Kupa-Kupa

Lokacija istraživanja se nalazi na lijevoj obali kanala Kupa - Kupa, između kinete kanala i lijevog nasipa. Ovim istražnim radovima ispitano je područje na tri mikrolokacije koje je definirao Projektant. Na svakoj mikrolokaciji izvedene su po dvije istražne bušotine. Na slijedećim slikama prikazana je lokacija istraživanja.

Nalazište materijala u 2. km



Nalazište materijala u 7. km



Nalazište materijala u 9. km



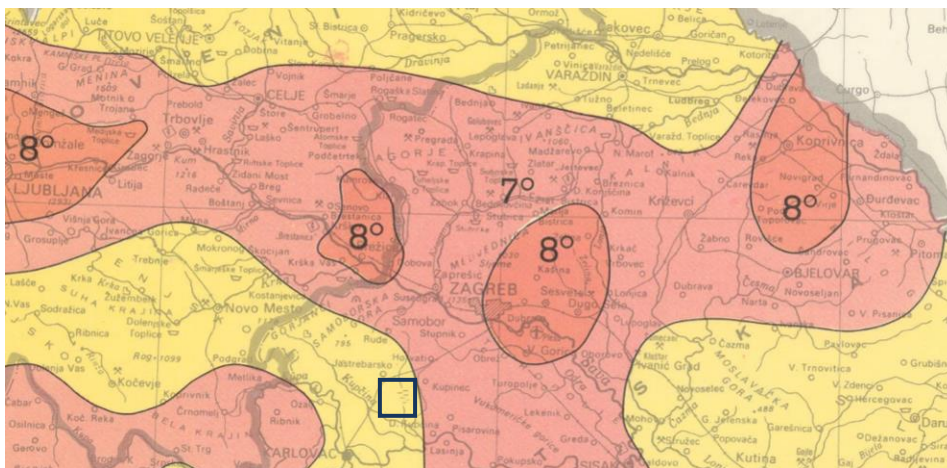


2.2.2 SEIZMOLOŠKI PODACI

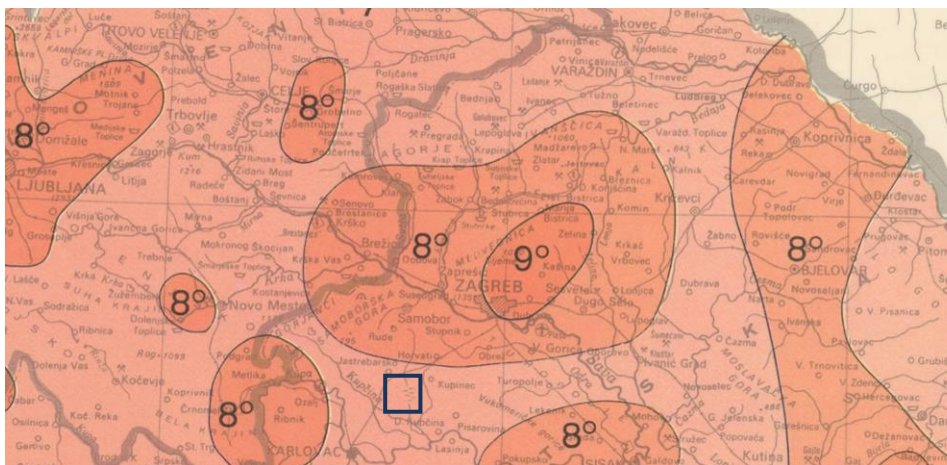
MAKSIMALNI INTENZITET POTRESA $I_{\max}$

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.

ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 100 GODINA



ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 500 GODINA



LEGENDA UZ KARTU



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

Maksimalni intenzitet potresa	
Povratni period	$I_{\max}$ (°) 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

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



$t = 50$ godina godina očekuje s vjerojatnošću od $p = 10\%$. Vjerojatnosti premašaja (p) i poredbena razdoblja (t) s povratnim su razdobljem (T) povezana izrazom

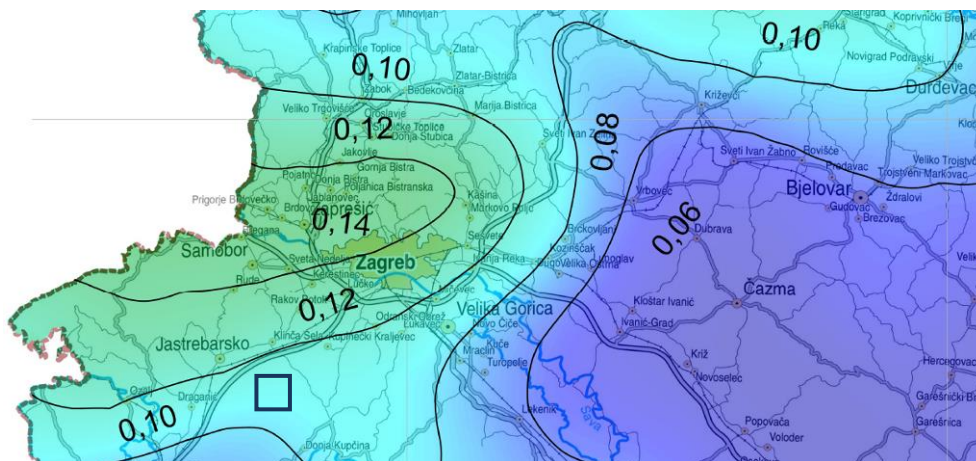
$$p = 100 \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T} \right)^t \right]$$

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 ($1g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

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

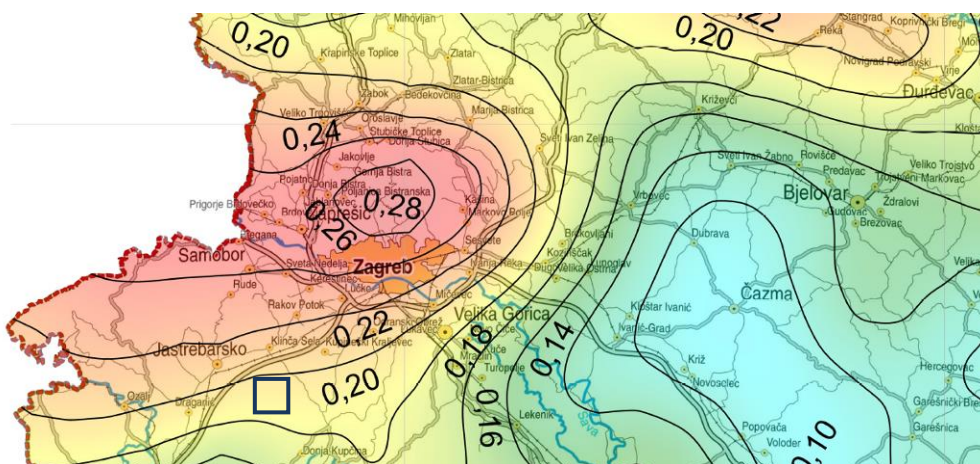
Karte sa tumačem su sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio – Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade. Na sljedećim slikama prikazani su isječci karata potresnih područja Republike Hrvatske² 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 povratnorazdoblje potresa $T_{DLR} = 95$ godina, izraženo u jedinicama gravitacijskog ubrzanja (g)

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)

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



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.

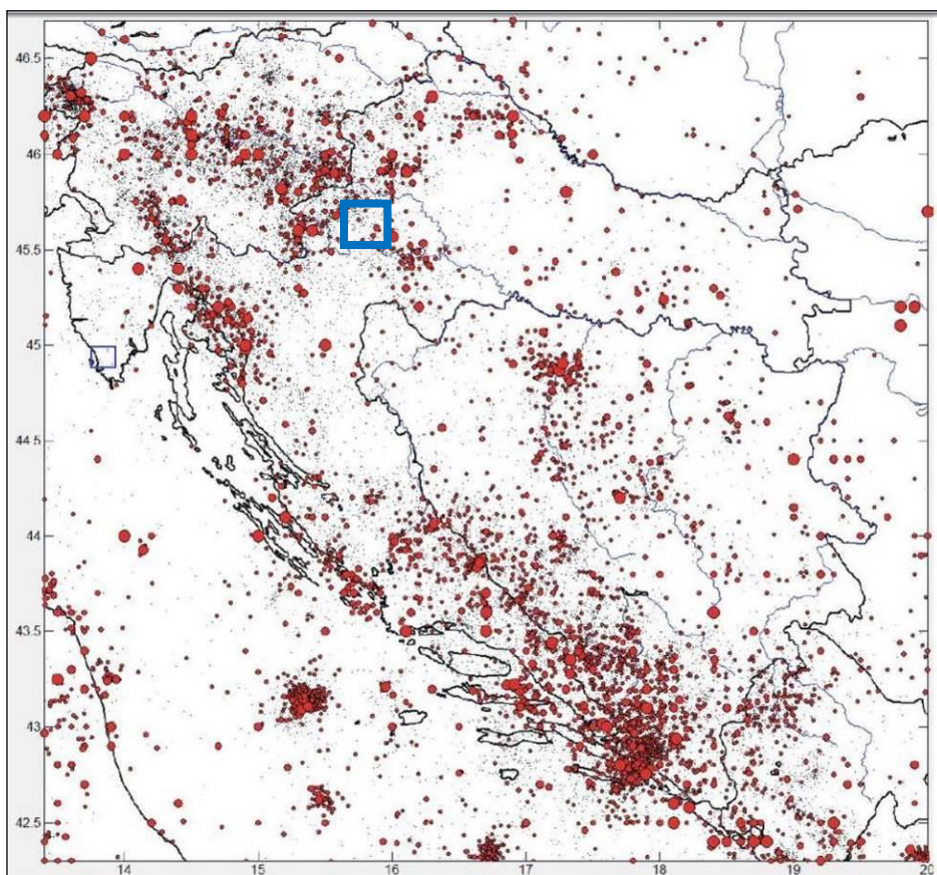
Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A	
Povratni period	a_{gR} (g)
95 godina	0,093 – 0,099
475 godina	0,19 – 0,20

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 šira lokacija istraživanja.



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



Na osnovu tipova geotehničkih sredina propisanih Eurokodom 8, a koji se koriste za projektiranje objekata u dinamičkim uvjetima, predmetna lokacija se nakon usvojenih klasifikacijskih parametara može svrstati u **geotehničku sredinu C do D** sukladno sljedećoj tablici.

Geotehnička sredina	Opis geotehničke sredine	V_{s30} (m/s)	N_{SPT} (n/30cm)	C_u (kPa)
A	Stijena ili neka druga geološka formacija slična stijeni koja uključuje najviše 5 m slabijeg materijala na površini.	>800	-	-
B	Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili polučvrste i čvrste gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara koje karakterizira postupno poboljšanje mehaničkih svojstava s	360 - 800	>50	>250
C	Nanosi zbijenog ili srednje zbijenoga pijeska, šljunka ili krutoplastične gline debljine od nekoliko desetaka do više stotina metara.	180 - 360	15-50	70 - 250
D	Nanosi rastresitih do srednje zbijenih nekoherentnih tala (sa ili bez mekoplastičnih do srednjeplastičnih koherentnih slojeva) ili nanosi s dominantno mekoplastičnim do srednjeplastičnim koherentnim tlima.	<180	<15	<70
E	Površinski aluvijalni pokrivač koji karakterizira brzina v_{s30} geotehničkih sredina C i D i debljina od 5 m do 20 m, a ispod kojeg je krući materijal s brzinom V_{s30} većom od 800 m/s.	-	-	-
S1	Tla koja sadrže sloj debljine najmanje 10 m mekoplastične ili srednjeplastične gline/praha s indeksima plastičnosti većim od 40 i velikim sadržajem vode.	<100	-	10-20
S2	Tla podložna likvefakciji, tla izgrađena od osjetljivih glina ili bilo koja druga geotehnička sredina koja nije navedena od A do E ili pod S1	-	-	-
LEGENDA:				
v_{s30} - srednja vrijednost brzine poprečnih površinskih valova				
NSPT - standardni penetracijski test (broj udaraca/30cm)				
C_u - posmična čvrstoća tla				



2.2.3 SASTAV I SVOJSTVA MATERIJALA TLA

2.2.3.1 Grupe materijala duž trase nasipa ribnjaka Crna Mlaka

Temeljem provedenih istražnih radova je utvrđeno kako se tlo na predmetnoj lokaciji sastoji od sljedećih grupa materijala razvrstanih prema značajkama i dubini pojavljivanja:

Grupa materijala	Vrsta materijala	Oznaka materijala	Opis materijala
(-)	HUMUS	-	Humus je površinski sloj tla debljine 10-40 cm.
TIJELO POSTOJEĆEG NASIPA			
(1)	GLINA VISOKE PLASTIČNOSTI MJESTIMIČNO S ORGANSKOM GLINOM	N (CH, CH/OH)	Tijelo nasipa se u gornjem dijelu sastoji od drobljenog kamena (N). Radi se o pristupnom putu po kruni nasipa, debljine sloja od 0,50 do 0,90 m. U tijelu nasipa ispod pristupnog puta, registrirane su gline visoke plastičnosti (CH), uglavnom srednje do kruto plastične konzistencije, u manjoj mjeri meko plastične konzistencije, smeđe, narančasto smeđe, sive, sivo smeđe boje, prošarane sivo plavom. Pri vrhu sloja prisutno je korijenje te drobljeni kamen. Od primjese, gline sadrže kongregacije željeznih oksida i mangana, te nešto organskih tvari. Kako se radi o lokalnom materijalu iz iskopa prilikom gradnje ribnjaka, u tijelu nasipa su također registrirane i organske gline (OH, CH/OH), tamno sive i crne boje, koje sadrže treset i organske primjese. Ukupna visina (debljina) nasipa, uključujući i pristupni put od drobljenog kamena kreće se od 0,50 do 3,00 m (prosječno 1,57 m). Unutar tijela nasipa registrirani su glineni materijali vrlo visoke plastičnosti koje imaju visoke vrijednosti granica žitkosti $w_L(\max)=101\%$ i indekse plastičnosti $IP(\max)=68\%$. Dobiveni rezultati granica žitkosti i indeksa plastičnosti ukazuju na niske posmične čvrstoće te predstavljaju kritični dio u pogledu stabilnosti nasipa. Indeksi plastičnosti u tijelu nasipa kreću se od 20% do 68% (prosječno 38%), dok su ispitivanjem sadržaja organske tvari u materijalima nasipa dobivene vrijednosti od 2% do 11%. Ove gline su pri promjenama vlažnosti sklone promjenama volumena. U sušnom ljetnom periodu dolazi do stezanja i pucanja glina te stvaranja vlačnih pukotina na površini terena što omogućuje penetraciju površinske vode u tlo i omekšanje glina uz smanjenje parametara čvrstoće. Rezultati ispitivanja modula stižljivosti ukazuju na vrlo stižljive materijale, prosječni modul stižljivosti je reda veličine $Ms_{(50-400)}=1-5$ MPa. <i>Točna granica između nasipa i temeljnog tla nije točno utvrđena već je pretpostavljena na temelju geodetske snimke i konfiguracije terena.</i>
TEMELJNO TLO			
(2)	GLINA UGLAVNOM VISOKE PLASTIČNOSTI, MJESTIMIČNO NISKE I SREDNJE	CH (CL, CI)	Gline su uglavnom visoke plastičnosti te mjestimično niske i srednje plastičnosti, srednje do kruto plastične konzistencije. Gline visoke plastičnosti su kruto plastične konzistencije, smeđe, narančasto smeđe, smeđe, sive, sivo smeđe boje i tamno sive boje, prošarane sivo plavom. Sadrže kongregacije željeznih oksida i mangana te nešto organskih primjese. Sa povećanjem dubine, gline su mjestimično niske i srednje plastičnosti, srednje do kruto plastične konzistencije, pjeskovite (SC/CL), sivo plave boje, sadrže vapnenačke kongregacije. Gliveni materijali grupe materijala 2 registrirane su u svim bušotinama, uglavnom do dubine bušenja. Dobiveni rezultati direktnog smicanja $\phi_{\min}=11^\circ$, uz visoke vrijednosti granica žitkosti $w_L(\max)=98\%$ i indeksa plastičnosti $IP(\max)=72\%$



Grupa materijala	Vrsta materijala	Oznaka materijala	Opis materijala
			ukazuju na niske parametre posmične čvrstoće. Indeksi plastičnosti kreću se od 12% do 72% (prosjeak 43%), dok su ispitivanjem sadržaja organske tvari dobivene vrijednosti od 3% do 6%. <i>Unutar ove grupe materijala registrirane su grupe materijala 3 - 5 u vidu tanjih slojeva i leća.</i>
(3)	ORGANSKE GLINE	OH, OH/CH, CH/OH	Organska glina s glinom visoke plastičnosti je srednje do kruto plastične konzistencije, tamno smeđe do tamno sive i crne boje, sadrži treset. U vidu sloja debljine od 0,80 do 2,60 m (prosjeak 1,50 m) organske gline registrirane su na zapadnom dijelu ribnjaka, dok su na preostalom dijelu organske gline registrirane u vidu leća debljine 0,30 do 0,80 m. Registrirane su u 21 bušotini. Ove materijale karakteriziraju vrlo visoke granice žitkosti $w_L=79-245\%$ (prosjeak 112%), indeksi plastičnosti $IP=53-160\%$ (prosjeak 78%) te sadržaj organskih tvari 5-42% (prosjeak 18%).
(4)	PIJESAK	SC, SP	Pijesak je glinovit do slabo građuran sa šljunkom, sitan do srednje krupan, rastresit do srednje zbijen, sive, sivo smeđe i tamno sive boje. Pijesak je registriran u vidu tanjih slojeva i leća u šest bušotina, na dubinama od 5,00 do 9,00 m. Debljina sloja kreće se od 0,30 do 1,80 m, prosječno 0,83 m. Prema koeficijentu vodopropusnosti k (cm/s) dobivenom iz granulometrijske krivulje prema USBR-u, koji se kreće od 10^{-7} do 10^{-2} cm/s radi se o pijescima slabe do dobre vodopropusnosti.
(5)	ŠLJUNAK	GC/SC, GW	Šljunak je glinovit i pjeskovit do dobro građuran sa pijeskom, sitan do srednje krupan, srednje zbijen, sive boje. Šljunak je registriran lokalno u dvjema bušotinama na dubinama od 5,00 do 8,00 m, debljine sloja 1,30 i 2,20 m. Prema koeficijentu vodopropusnosti koji se kreće od $k=10^{-3}$ do 10^{-1} cm/s, radi se o materijalima srednje do dobre vodopropusnosti.

2.2.3.2 Grupe materijala duž trase lijevog nasipa kanala Kupa-Kupa

Temeljem provedenih istražnih radova je utvrđeno kako se tlo na predmetnoj lokaciji sastoji od sljedećih grupa materijala razvrstanih prema značajkama i dubini pojavljivanja:

Grupa materijala	Vrsta materijala	Oznaka materijala	Opis materijala
(-)	HUMUS	-	Humus je površinski sloj tla debljine 10-20cm.
TIJELO POSTOJEĆEG NASIPA			
(1)	GLINA SREDNJE I VISOKE PLASTIČNOSTI	N (CI, CH)	U tijelu nasipa registrirane su gline srednje i visoke plastičnosti, mjestimično pjeskovite, srednje do kruto plastične konzistencije, smeđe, žuto smeđe i smeđe sive boje. Pri vrhu mjestimično sadrže sitno korijenje te valutice šljunka. Od primjesa, gline sadrže konkrecija željeznih oksida i mangana, te nešto organskih tvari. Indeksi plastičnosti (I_p) u tijelu nasipa kreću se od 18% do 45% (prosjeak 32%), dok su vrijednosti granica tečenja (w_L) u rasponu od 36% do 68% (prosjeak 53%). Ispitivanjem sadržaja organske tvari u materijalima nasipa dobivene vrijednosti su između 4% i 9% (prosjeak 7 %). Analizom granulometrijskog sastava udio krupnozrnate komponente unutar glinenih materijala kreće se od 2% do 43% (prosjeak 21%) Ispitivanjem čvrstoće tla metodom direktnog smicanja dobivene su vrijednosti kohezije $c=7-26$ kPa (prosječno 14 kPa), dok je kut unutarnjeg trenja u rasponu od $\phi=19-33^\circ$ (prosjeak 26°). Rezultati jednoosne tlačne čvrstoće su u rasponu od $q_u=99-239$ kPa, (prosjeak 140 kPa). Prosječni modul stišljivosti je reda veličine, $Ms_{(50-400)}=3-8$ MPa, dok je prosječni koeficijent vodopropusnosti $k=10^{-8}-10^{-9}$ cm/s.



Grupa materijala	Vrsta materijala	Oznaka materijala	Opis materijala
TEMELJNO TLO			
(2)	GLINA VISOKE PLASTIČNOSTI	CH	U temeljnom tlu registrirane su gline visoke plastičnosti, srednje do kruto plastične konzistencije, smeđe, sive i sivo plave boje. Mjestimično sadrže organske primjese, te konekcije željeznih oksida i mangana. Ove gline registrirane su na dijelu trase gdje je nasip nešto niži, od ≈km 7+600 do ≈ km11+500, u bušotinama B-6, B-78, B-8, B-9 i B-10. - Indeksi plastičnosti (Ip) u tijelu nasipa kreću se od 32% do 51% (prosjeak 39%), dok su vrijednosti granica tečenja (w_L) u rasponu od 55% do 76% (prosjeak 62%). Ispitivanjem sadržaja organske tvari u materijalima nasipa dobivene vrijednosti su između 5% i 10% (prosjeak 7 %). - Rezultati jednoosne tlačne čvrstoće su u rasponu od qu=136-311 kPa, (prosjeak 203 kPa).

2.2.3.3 Grupe materijala na nalazištima uz lijevi nasip kanala Kupa-Kupa

Temeljem provedenih istražnih radova je utvrđeno kako se tlo na predmetnoj lokaciji sastoji od sljedećih grupa materijala razvrstanih prema značajkama i dubini pojavljivanja:

Nalazište materijala u 2 km

Grupa materijala	Vrsta materijala	Oznaka materijala	Opis materijala
(-)	HUMUS	-	Humus je površinski sloj tla debljine 20 cm.
(1)	GLINA	CH	Glina je visoke plastičnosti, kruto plastične konzistencije, smeđe, smeđe sive i sive boje, sadrži vapnenačke konkrecije i konkrecije željeznih oksida. Registrirana je u obje bušotine ispod humusa do dubina 2,60 i 2,90 m.
(2)	ŠLJUNAK	GC, GP	Glinoviti šljunak sa pijeskom i slabo građuiran šljunak sa pijeskom registrirani su ispod gline visoke plastičnosti do dubina 5,30 i 5,40 m.
(3)	PIJESAK	SC	Glinoviti pijesak, sitan do srednje krupan, srednje zbijen, sive boje. Registriran je u bušotini S-141-18-96 ispod šljunka do dubine bušenja 6,00 m.
(4)	GLINA	CI	Glina je srednje plastičnosti, kruto plastične konzistencije, sivo plave boje, sadrži vapnenačke konkrecije. Registrirana je u bušotini S-141-18-95 ispod šljunka do dubine bušenja 6,00 m.

Nalazište materijala u 7 km

Grupa materijala	Vrsta materijala	Oznaka materijala	Opis materijala
(-)	HUMUS	-	Humus je površinski sloj tla debljine 30 cm.
(1)	GLINA	CI	Glina je srednje plastičnosti, kruto plastične konzistencije, žuto smeđe boje, sadrži konkrecije željeznih oksida. Registrirana je u obje bušotine ispod humusa do dubina 1,00 i 1,20 m.
(2)	GLINA	CH	Glina je visoke plastičnosti, kruto plastične konzistencije, žuto smeđe, sive, sivo smeđe i tamno sive boje, sadrže konkrecije željeznih oksida. Registrirana je u obje bušotine do dubine bušenja 5,00 m.

Nalazište materijala u 9 km

Grupa materijala	Vrsta materijala	Oznaka materijala	Opis materijala
(-)	HUMUS	-	Humus je površinski sloj tla debljine 20 cm.
(1)	GLINA	CH	Glina je visoke plastičnosti, kruto plastične konzistencije, žuto sive, sivo smeđe i sive boje, prošarana sivo plavom, sadrži konkrecije željeznih oksida. Registrirana je u obje bušotine do dubine bušenja 5,00 m.



3 DOKAZI O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA

3.1 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 ploham 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.

GGU-Footing koji omogućava analize nosivosti prema DIN 4017 i slijeganja prema DIN 4019. Proračuni se mogu vršiti prema DIN 1054 sa globalnim faktorom sigurnosti te prema 1054 sa parcijalnim faktorima sigurnosti a sve usklađeno sa Eurokodom 7.

Microsoft-Excel 2016 program za računalnu obradu podataka.



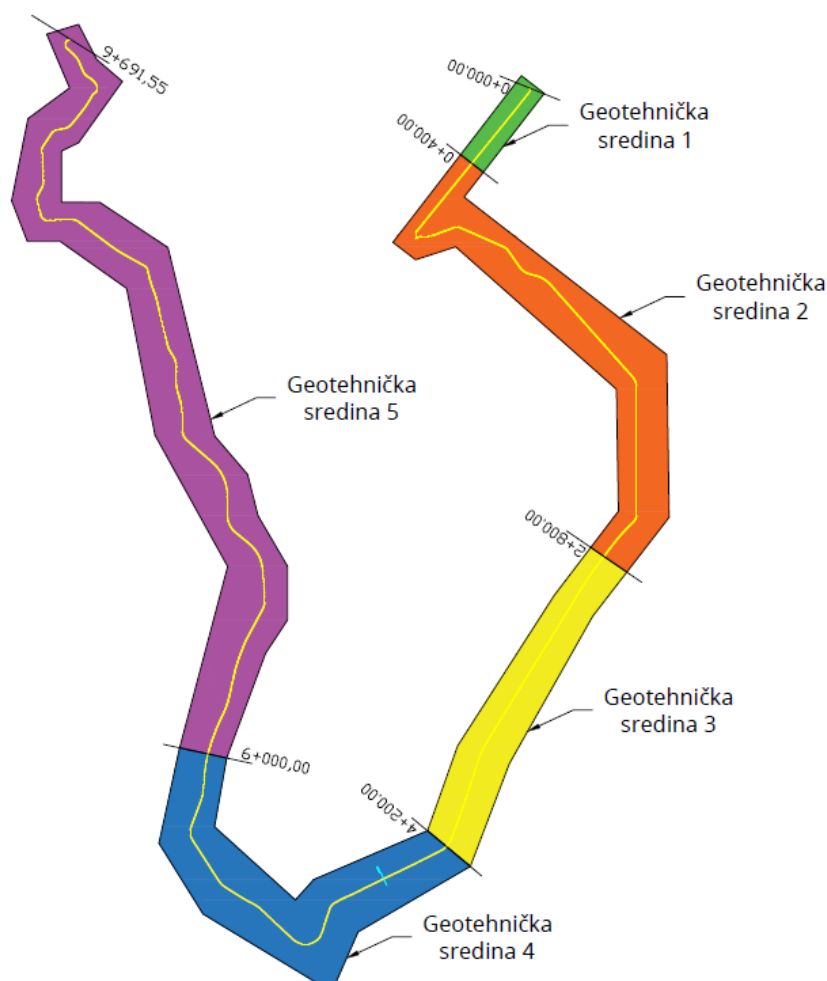
Proračuni se provode na odabranim profilima koji uzimaju u obzir geometriju tla, postojećeg nasipa i novoprojektiranog nasipa, utvrđenu uslojenost i karakteristike nasipa i temeljnog tla utvrđene geotehničkim istražnim radovima i geofizičkim ispitivanjima. Za potrebe projektiranja provedeni su geotehnički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

- Geotehničkog istražnog bušenja: terenske determinacije i ispitivanja materijala (SPT, CPT 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.

Na ribnjacima Crna Mlaka izvodi se rekonstrukcija postojećih nasipa za obranu ribnjaka prilikom visokih vodostaja u retenciji Kupčina te sanacija i rekonstrukcija AB objekata za regulaciju vodotoka u ribnjacima. Rekonstrukcija nasipa izvodi se u ukupnoj duljini od $L=9.691,55\text{m}$. Uslojenost temeljnog tla na trasi nasipa podijeljena je u 5 geotehničkih sredina koje su određene prema podacima iz istražnih radova.

Podijela geotehničkih sredina prema stacionaži nasipa:

- **GS1** - km 0+000,00 – km 0+400,00
- **GS2** - km 0+400,00 – km 2+800,00
- **GS3** - km 2+800,00 – km 4+200,00
- **GS4** - km 4+200,00 – km 6+000,00
- **GS5** - km 6+000,00 – km 9+660,00





3.2 TIPOVI PRORAČUNA

Za potrebe dimenzioniranja provedeni su slijedeći proračuni:

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

3.3 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. te prema dobivenim rezultatima podijeljene su u 4 geotehničke sredine. Karakteristični parametri materijala temeljnog tla za proračun AB zida uzimaju se na temelju istražne bušotine na samoj lokaciji AB zida.

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.

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

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

3.3.1 NALAZIŠTE (NASIPNI MATERIJAL)

NALAZIŠTE - KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA									
Vrsta materijala	Zapreminska težina	kohezija	ef. kut trenja	Nedren. čvrstoća	modul stišljivosti	ν'	modul elastičnosti	Koef. Vodopropusnosti	
	Y (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ (°)	cu (kPa)	Ms (kPa)		E (kPa)	ky (m/s)	Ratio kx/ky
Stari nasip CI/CH	18,5	5	19	50	3000	0,35	1900	5,00E-09	0,33
Novi nasip CI/CH	18,5	4	14	50	2500	0,35	1600	5,00E-09	0,33
NALAZIŠTE - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA									
Stari nasip CI/CH	18,5	4	15	36	3000	0,35	1900	5,00E-09	0,33
Novi nasip CI/CH	18,5	3	11	36	2500	0,35	1600	5,00E-09	0,33



3.3.2 GEOTEHNIČKA SREDINA 1

Geotehnička sredina nalazi se u stacionaži od km 0+000,00 do km 0+400,00.

Odabrane karakteristične vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS1 - KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH 1	0-3,1		18	15	19	60	5500	0,35	3400	3,00e-9	9,00e-9
CH/OH	3,1-3,8		15	5	15	40	2500	0,34	1600	5,00e-9	1,50e-8
CH 2	3,8-		18,5	13	18	70	7500	0,35	4600	1,00e-9	3,00e-9

Odabrane računske vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS1 - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH 1	0-3,1		18	12	15	43	5500	0,35	3400	3,00e-9	9,00e-9
CH/OH	3,1-3,8		15	4	12	29	2500	0,34	1600	5,00e-9	1,50e-8
CH 2	3,8-		18,5	10	15	50	7500	0,35	4600	1,00e-9	3,00e-9

3.3.3 GEOTEHNIČKA SREDINA 2

Geotehnička sredina nalazi se u stacionaži od km 0+400,00 do km 2+800,00.

Odabrane karakteristične vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS2 - KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH 1	0 – 8		18,5	13	18	80	5500	0,35	3400	1,00e-9	3,00e-9
CH 2	8 -		18,5	13	18	80	7000	0,35	4400	1,00e-9	3,00e-9

Odabrane računske vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS2 - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH 1	0 – 8		18,5	10	15	57	5500	0,35	3400	1,00e-9	3,00e-9
CH 2	8 -		18,5	10	15	57	7000	0,35	4400	1,00e-9	3,00e-9



3.3.4 GEOTEHNIČKA SREDINA 3

Geotehnička sredina nalazi se u stacionaži od km 2+800,00 do km 4+200,00.

Odabrane karakteristične vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS3 - KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH 1	0 – 1,5		19	10	18	60	4500	0,35	2800	1,00e-9	3,00e-9
CH/OH	1,5 – 2,1		15	4	15	35	2000	0,34	1300	5,00e-9	1,50e-8
CH 2	2,1 -		19	12	18	80	7000	0,35	4400	1,00e-9	3,00e-9

Odabrane računске vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS3 - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH 1	0 – 1,5		19	8	15	43	4500	0,35	2800	1,00e-9	3,00e-9
CH/OH	1,5 – 2,1		15	3	12	25	2000	0,34	1300	5,00e-9	1,50e-8
CH 2	2,1 -		19	10	15	57	7000	0,35	4400	1,00e-9	3,00e-9

3.3.5 GEOTEHNIČKA SREDINA 4

Geotehnička sredina nalazi se u stacionaži od km 4+200,00 do km 6+000,00.

Odabrane karakteristične vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS4 - KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH/OH 1	0 – 1		17	3	15	25	2000	0,35	1250	1,00e-9	3,00e-9
CH 1	1 – 3,5		19	12	18	70	5500	0,35	3400	1,00e-9	3,00e-9
SC	3,5 – 4		20	2	32	/	11000	0,31	7900	1,00e-6	3,00e-6
CH 2	4 – 5		19	12	18	70	6500	0,35	4100	1,00e-9	3,00e-9
CH/OH 2	5 – 5,5		17	10	18	80	8000	0,35	5000	1,00e-9	3,00e-9
CH 3	5,5 -		19	15	19	100	8000	0,35	5000	1,00e-9	3,00e-9

Odabrane računске vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS4 - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH/OH 1	0 – 1		17	2	12	18	2000	0,35	1250	1,00e-9	3,00e-9
CH 1	1 – 3,5		19	10	15	50	5500	0,35	3400	1,00e-9	3,00e-9
SC	3,5 – 4		21	2	27	/	11000	0,31	7900	1,00e-6	1,00e-6
CH 2	4 – 5		19	10	15	50	6500	0,35	4100	1,00e-9	3,00e-9
CH/OH 2	5 – 5,5		17	8	15	57	8000	0,35	5000	1,00e-9	3,00e-9
CH 3	5,5 -		19	12	15	71	8000	0,35	5000	1,00e-9	3,00e-9



Odabrani parametri materijala na lokaciji ispusta u stacionaži km 4+861,22 određeni su na temelju bušotina S-141-18-15 i S-141-18-16.

Odabrane karakteristične vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS4 - KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH 1	0 – 2,5		19	12	18	70	5500	0,35	3400	1,00e-9	3,00e-9
CH/CI	2,5 – 4,0		18,5	8	22	60	6100	0,35	3800	5,00e-9	1,50e-9
CH/OH	4,0 – 4,5		17	5	16	50	8000	0,35	5000	1,00e-9	3,00e-9
CH/CI 2	4,5 -		19	15	20	100	8000	0,35	5000	1,00e-9	3,00e-9

Odabrane računske vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS4 - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH 1	0 – 2,5		19	10	15	50	5500	0,35	3400	1,00e-9	3,00e-9
CH/CI	2,5 – 4,0		18,5	6	18	43	6100	0,35	3800	5,00e-9	1,50e-9
CH/OH	4,0 – 4,5		17	4	13	36	8000	0,35	5000	1,00e-9	3,00e-9
CH/CI 2	4,5 -		19	12	16	71	8000	0,35	5000	1,00e-9	3,00e-9

3.3.6 GEOTEHNIČKA SREDINA 5

Geotehnička sredina nalazi se u stacionaži od km 6+000,00 do km 9+660,00.

Odabrane karakteristične vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS5 - KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH/OH 1	1,5 – 2,8		17	5	15	20	2000	0,34	1300	1,00e-8	3,00e-8
CH 1	2,8 – 4,4		19	11	18	70	4500	0,35	2800	2,00e-9	6,00e-9
CH/OH 2	4,4 – 6,0		17	5	15	40	3500	0,34	2300	1,00e-8	3,00e-8
CH 2	6,0 -		19	12	17	90	7000	0,35	4400	1,00e-9	3,00e-9

Odabrane računske vrijednosti parametara tla prikazane su u tablici:

GS5 - RAČUNSKA VRIJEDNOST PARAMETARA											
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
CH/OH 1	1,5 – 2,8		16	4	12	14	2000	0,34	1300	1,00e-8	3,00e-8
CH 1	2,8 – 4,4		19	9	15	55	4500	0,35	2800	2,00e-9	6,00e-9
CH/OH 2	4,4 – 6,0		16	4	12	29	3500	0,34	2300	1,00e-8	3,00e-8
CH 2	6,0 -		19	10	14	64	7000	0,35	4400	1,00e-9	3,00e-9



3.3.7 GEOMREŽA

Geomreže su zadane pomoću kontaktnih parametara čvrstoće c i φ i sile otpornosti na čupanje.

Geomreža 40 kN/m

Type: Geosynthetic	Calculation Settings Force Orientation: 0 (0 - Axial, 1 - Parallel to Slice Base) ODF Dependent: No Force Distribution: Distributed
Pullout Resistance ☐ Pullout Resistance (F/Area): 1 kPa ☒ Calculate Pullout Resistance from: Interface Adhesion: 4 kPa Interface Shear Angle: 14 ° Surface Area Factor: 1 Reduction Factor: 1,25	Installation Specifications Face Anchorage: Yes
Tensile Capacity Tensile Capacity: 40 kN/m Reduction Factor: 2,2	
Factored Pullout Resistance: Factored Tensile Capacity: 18,182 kN/m	

Faktor prionjivosti (Interface 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 (Fabric Safety Factor) je 2,2.

3.3.8 GABIONI SA ZATEGOM

Gabion sa zategom je zadan pomoću kontaktnih parametara čvrstoće c i φ i sile otpornosti na čupanje.

Gabion sa zategom 46 kN/m

Type: Geosynthetic	Calculation Settings Force Orientation: 0 (0 - Axial, 1 - Parallel to Slice Base) F of S Dependent: No Force Distribution: Distributed
Pullout Resistance ☐ Pullout Resistance (F/Area): 1 kPa ☒ Calculate Pullout Resistance from: Interface Adhesion: 4 kPa Interface Shear Angle: 14 ° Surface Area Factor: 1 Reduction Factor: 1,25	Installation Specifications Face Anchorage: Yes
Tensile Capacity Tensile Capacity: 46 kN/m Reduction Factor: 1,65	
Factored Pullout Resistance: Factored Tensile Capacity: 27,879 kN/m	



Faktor prionjivosti (Interface 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 (Fabric Safety Factor) je 1,65.

3.3.9 GEOTEHNIČKE ANALIZE UGRADNJE CH GLINE ZA REKONSTRUKCIJU NASIPA

Rekonstrukcija nasipa ribnjaka Crna Mlaka izvodit će se glinenim materijalom sa nalazišta uz lijevi nasip Kupa-Kupa i sa materijalom lijevog nasipa Kupa-Kupa.

Materijal sa navedenih nalazišta ne udovoljava uvjetima OTU-a. Iako u manjem postotku nalazišta i nasipa postoji materijal koji odgovara uvjetima ugradnje, za potrebe ove analize razmatra se da je kompletna dogradnja nasipa izvedena visokoplastičnim glinenim materijalom (CH) i visokoplastičnim glinenim materijalom sa organskom primjesom (CH/OH).

3.3.9.1 Analiza parametara visokoplastične gline

Važno je napomenuti da se dobivene vrijednosti ispitanih parametara odnose na uzorke pripremljene s optimalnom vlažnosti, dok pri povećanim vlažnostima mehanička svojstva bitno padaju. Zbog toga su odabrane vrijednosti za numeričke analize oprezna projektantska procjena na temelju očekivanih uvjeta izvođenja.

Nalazišta (materijal za nasip):

SVOJSTVO	RASPON ISPITANIH VRIJEDNOSTI	SREDNJA VRIJEDNOST	MEDIJAN	KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST (Orr & Farrell, 1999)	ODABRANA VRIJEDNOST
kohezija c' [kPa]	21,9 – 29,20	23,58	23,60	18,90	4,0
kut unutarnjeg trenja ϕ [°]	13,70 – 18,10	15,67	15,20	14,92	14,0
nedrenirana posmična čvrstoća c_u [kPa]	178,00 – 256,00	216,00	214,00	183,60	50,0



3.4 ANALIZA PROCJEĐIVANJA

Analize procjeđivanja provedene su na računskim modelima projektiranog stanja.

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

3.4.1 RAČUNSKI MODELI

Analize procjeđivanja su izvršene na računskim modelima **RM1 – RM9** 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.

GS1 - RM1 - karakteristični poprečni presjek na profilu P6 na stacionaži 0+250,00

GS2 - RM2 - karakteristični poprečni presjek na profilu P33 na stacionaži 1+600,00

GS2 - RM3 - karakteristični poprečni presjek na profilu P35 na stacionaži 1+700,00

GS3 - RM4 - karakteristični poprečni presjek na profilu P79 na stacionaži 3+900,00.

GS4 - RM5 - karakteristični poprečni presjek na profilu P4 (situacija srca) na stacionaži 4+861,22

GS4 - RM6 - karakteristični poprečni presjek na profilu P113 na stacionaži 5+600,00

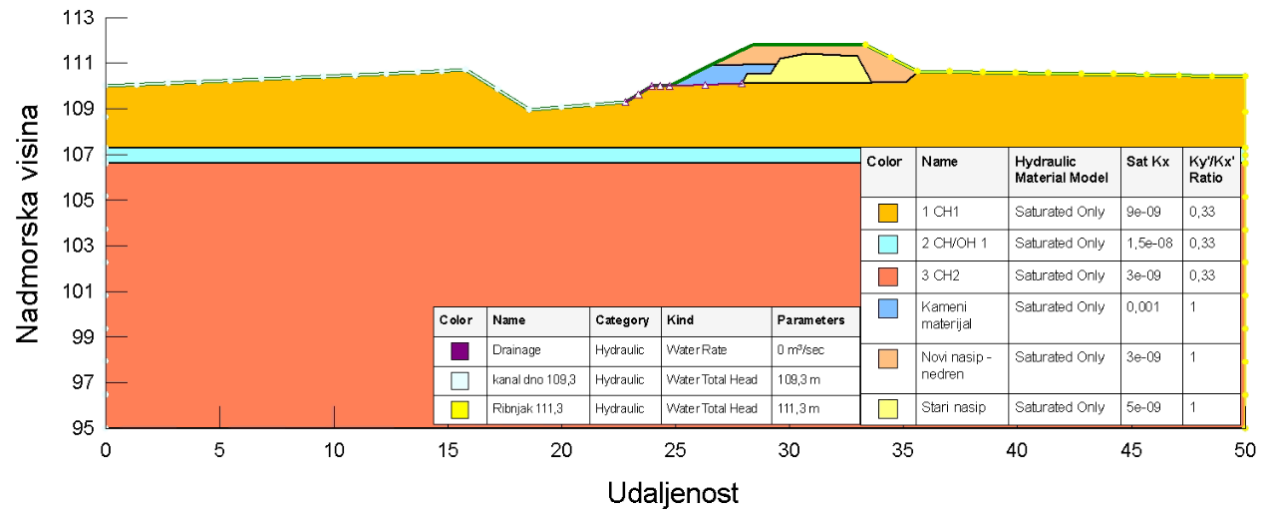
GS5 - RM7 - karakteristični poprečni presjek na profilu P147 na stacionaži 7+300,00

GS5 - RM8 - karakteristični poprečni presjek na profilu P158 na stacionaži 7+850,00

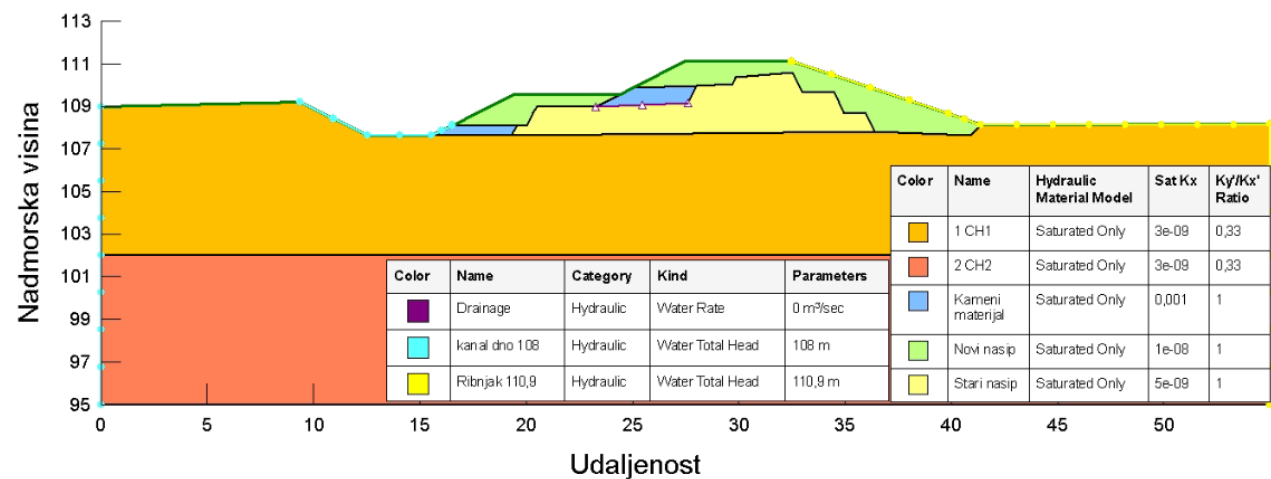
GS5 - RM9 - karakteristični poprečni presjek na profilu P186 na stacionaži 9+250,00.



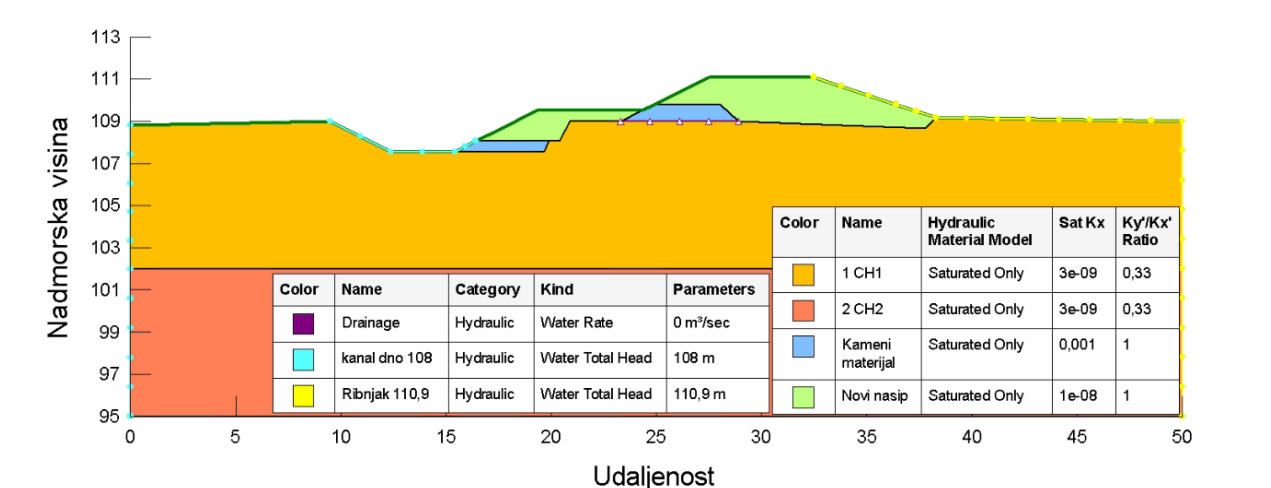
Računski model RM1



Računski model RM2

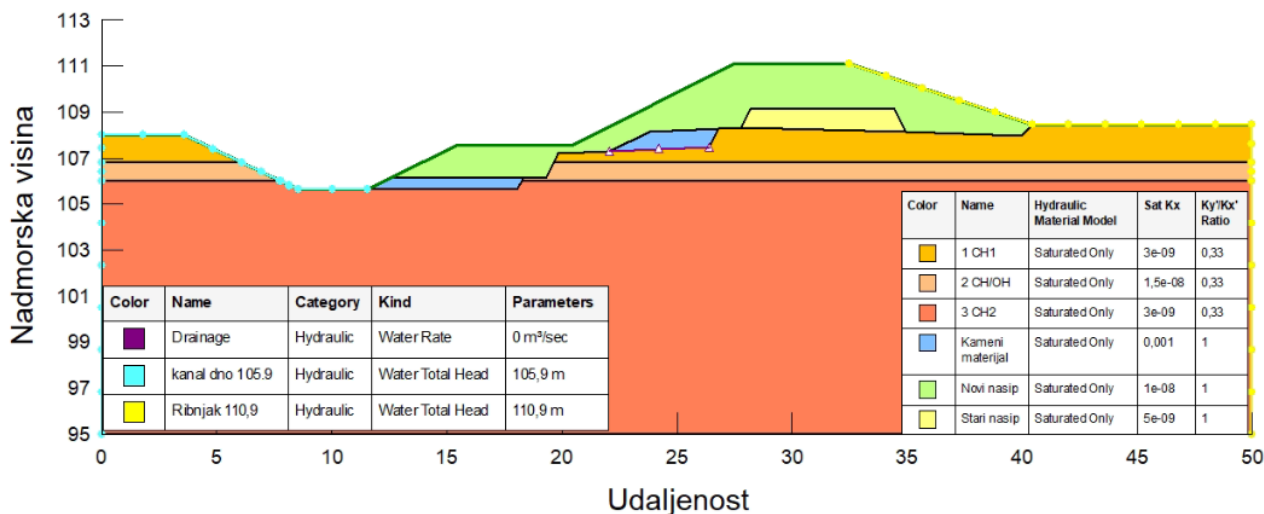


Računski model RM3

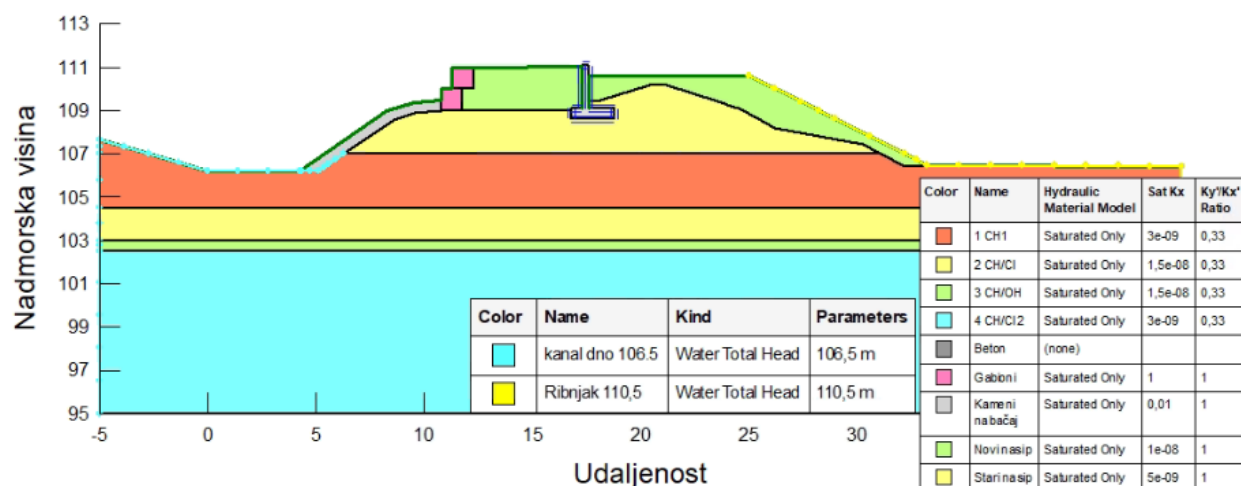




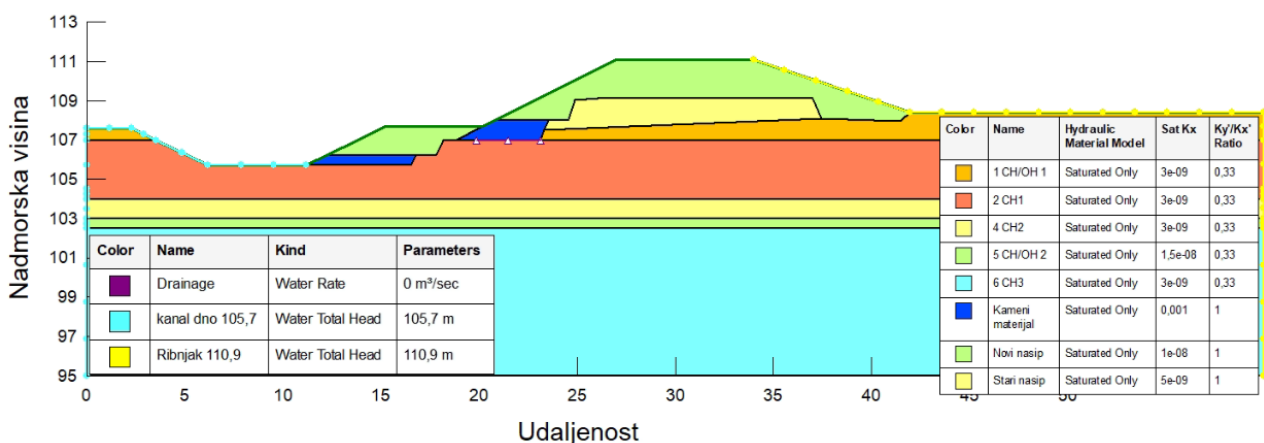
Računski model RM4



Računski model RM5

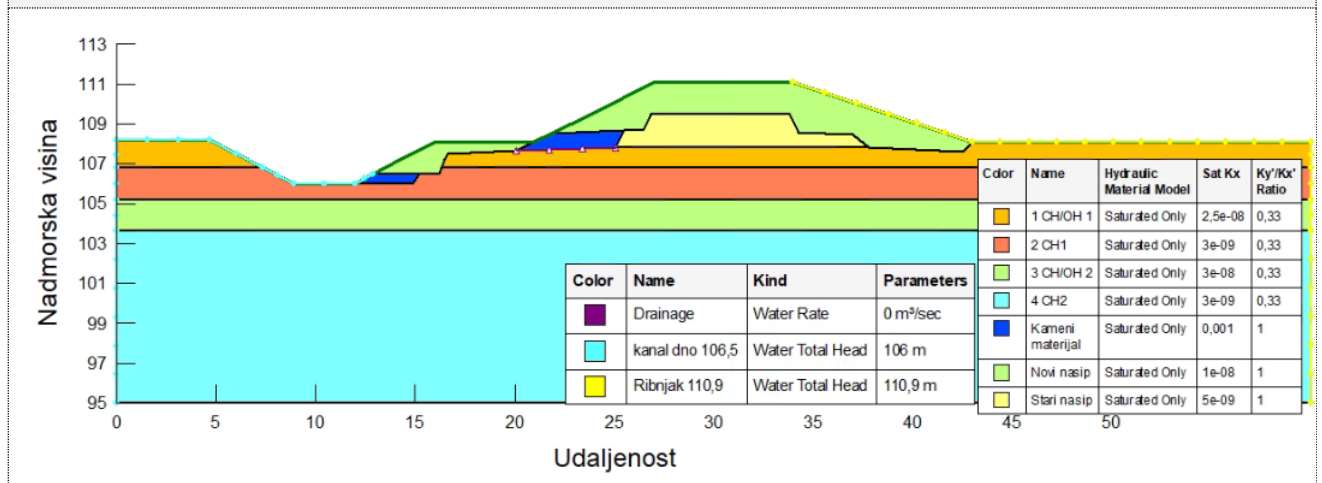


Računski model RM6

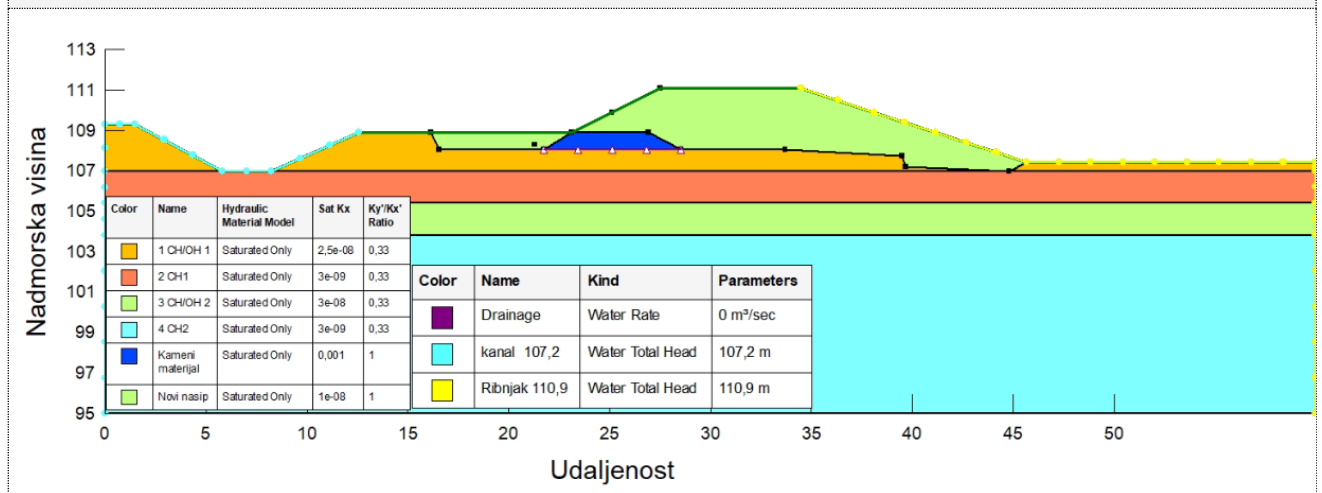




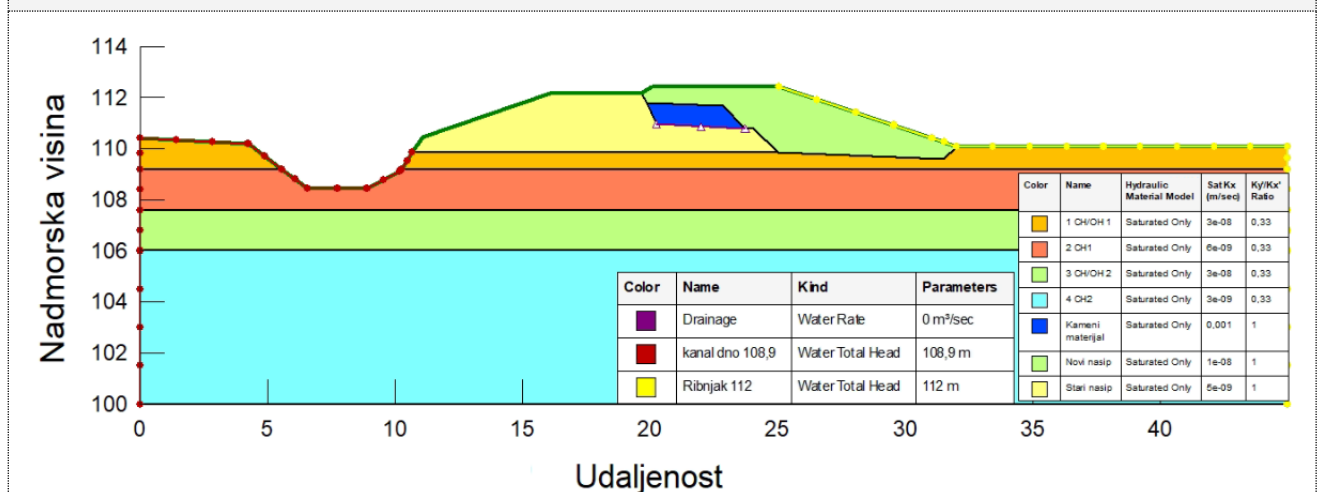
Računski model RM7



Računski model RM8



Računski model RM9





3.4.2 PROJEKTNE SITUACIJE

Proračun je proveden za odabrane najnepovoljnije projektne situacije. Projektne situacije iste su za sve računske modele i one su:

R. br.	Oznaka projektne situacije	Projektna situacija	Napomena
1.	S1	Visoka voda	Kota visoke vode na strani ribnjaka ovisi o odabranom poprečnom presjeku nasipa (110,5 m.n.m.– 112,0 m.n.m.)

3.4.3 REZULTATI PRORAČUNA

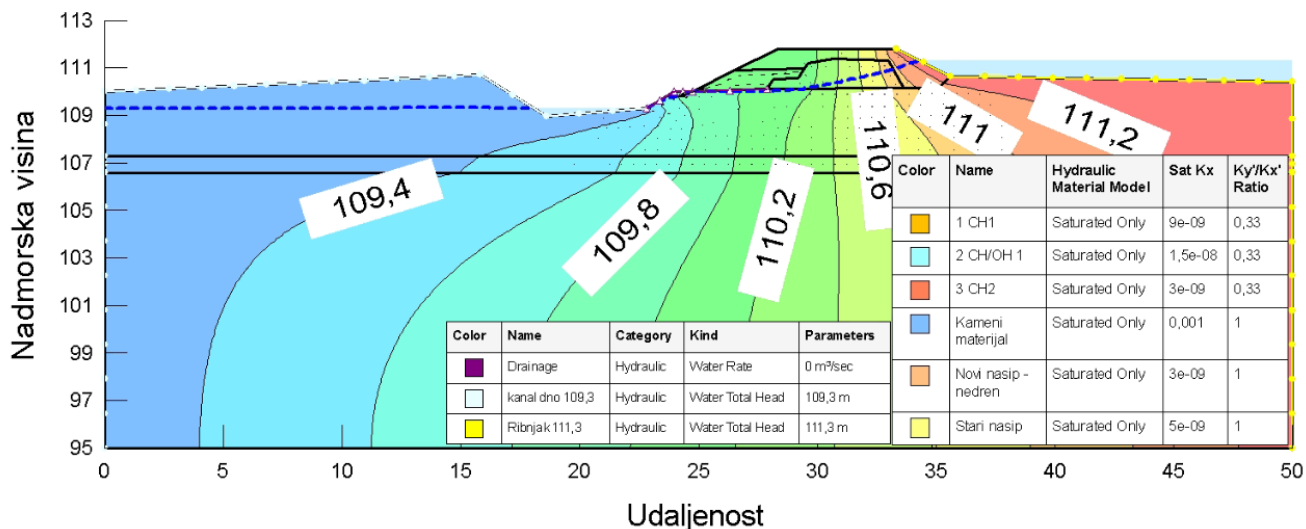
R. br.	Računski model	Projektna situacija	Max. Vrijednost izlaznog gradijenta I_{xy} max
1.	RM1	Visoka voda	0,45
2.	RM2	Visoka voda	0,25
3.	RM3	Visoka voda	0,25
4.	RM4	Visoka voda	0,40
5.	RM5	Visoka voda	0,10
6.	RM6	Visoka voda	0,45
7.	RM7	Visoka voda	0,30
8.	RM8	Visoka voda	0,10
9.	RM9	Visoka voda	0,45



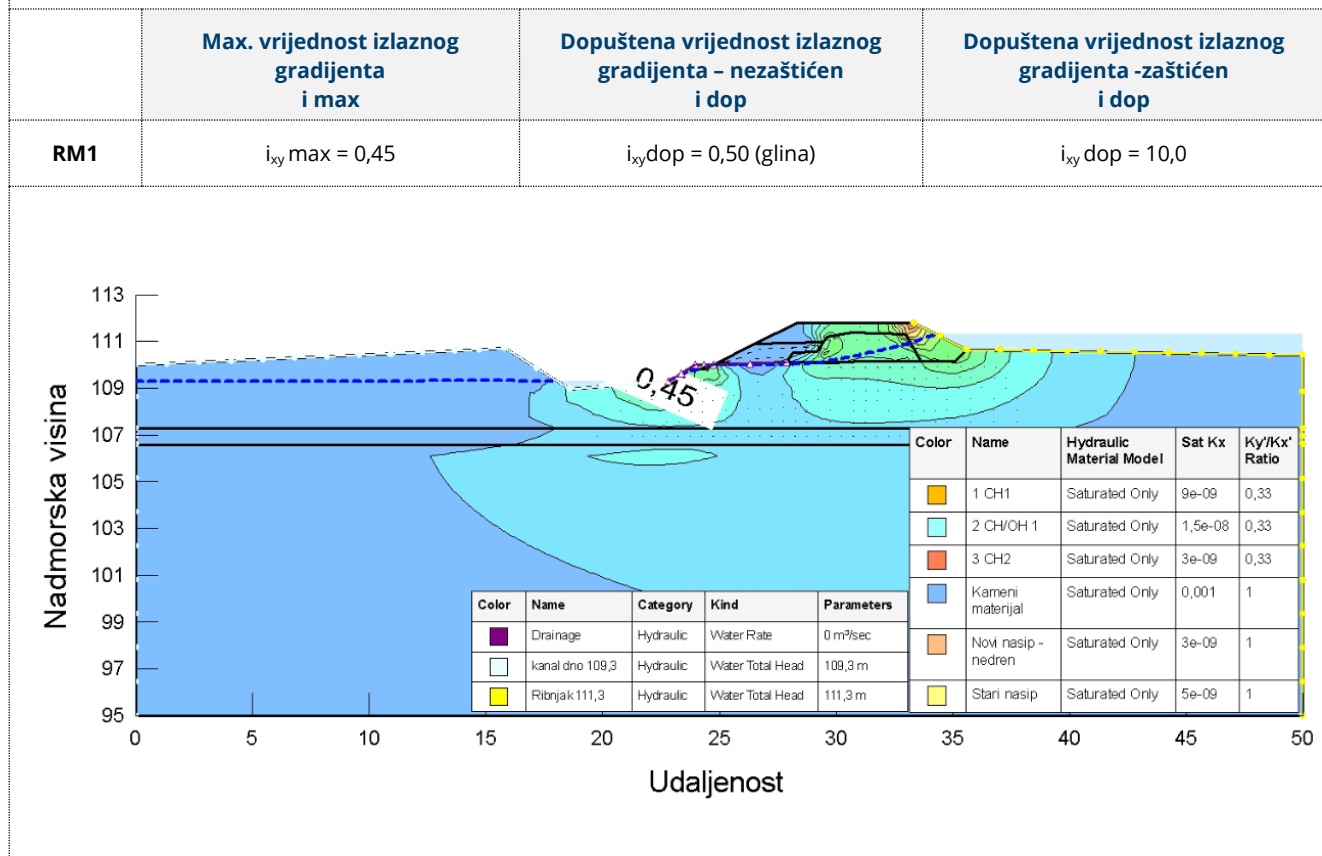
RM1 - Rezultati analize procjeđivanja

RM1 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Visoka voda " na računskom modelu RM1.

RM1-S1 - Ekvipotencijale



RM1-S1 - Prikaz izo-linija izlaznog gradijenta i_{xy} :

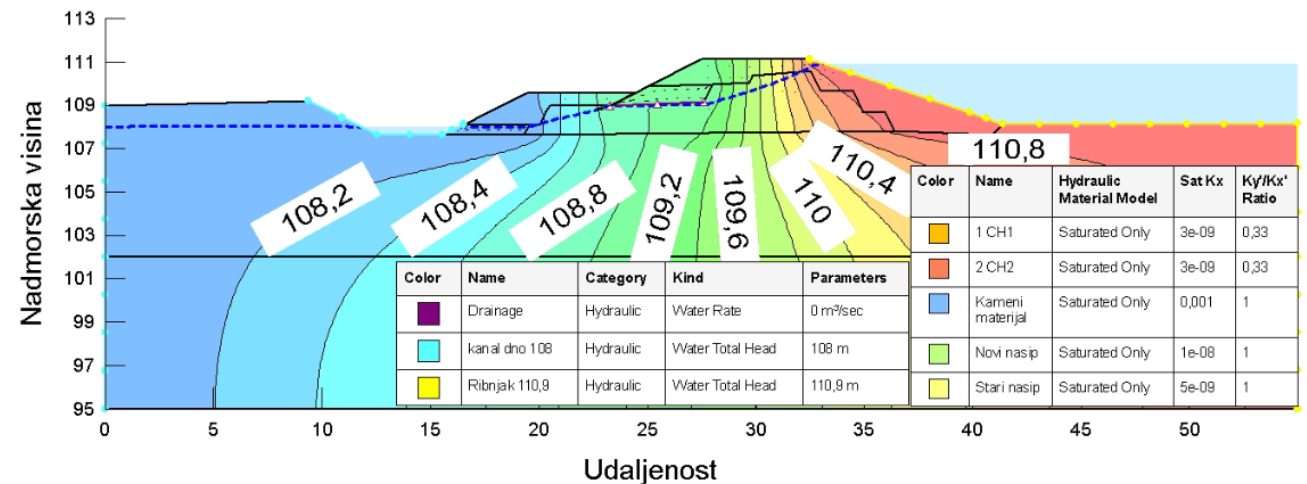




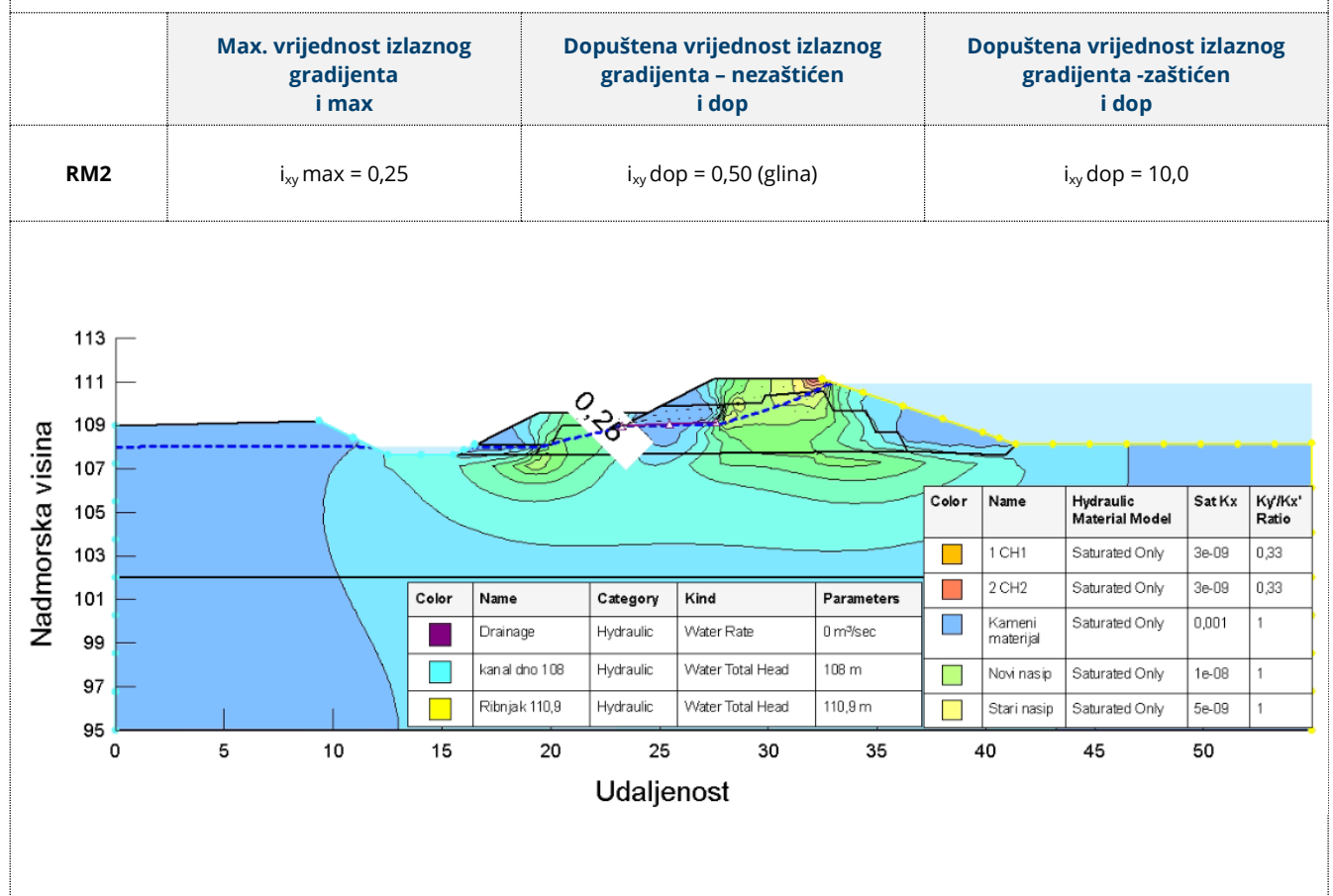
RM2 - Rezultati analize procjeđivanja

RM2 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Visoka voda " na računskom modelu RM2.

RM2-S1 - Ekvipotencijale



RM2-S1 - Prikaz izo-linija izlaznog gradijenta i_{xy} :

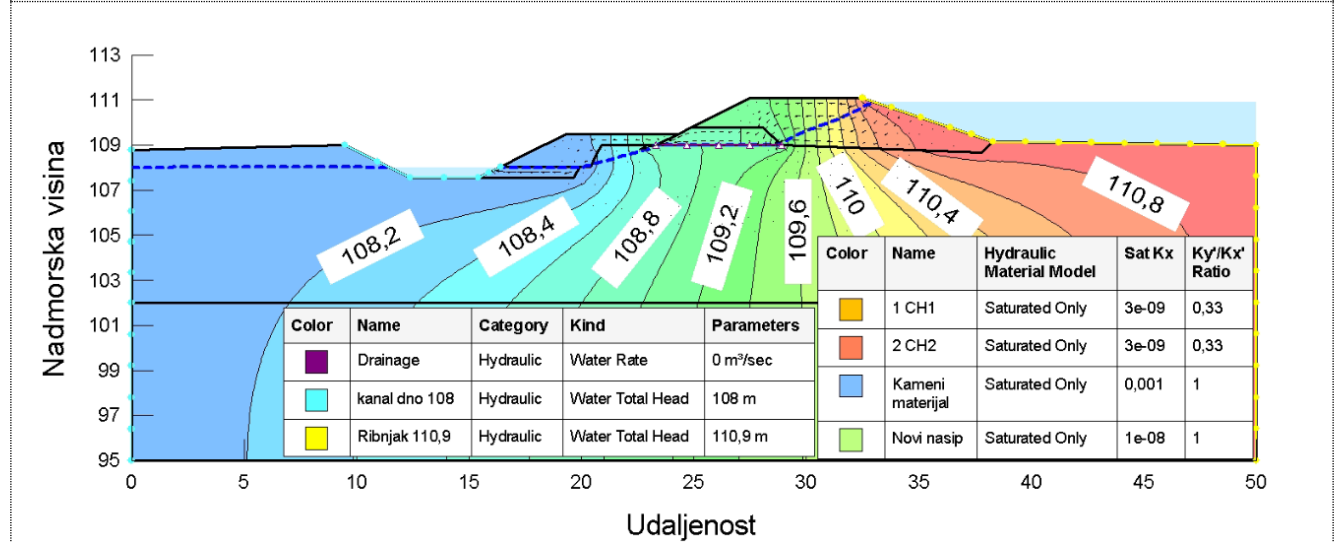




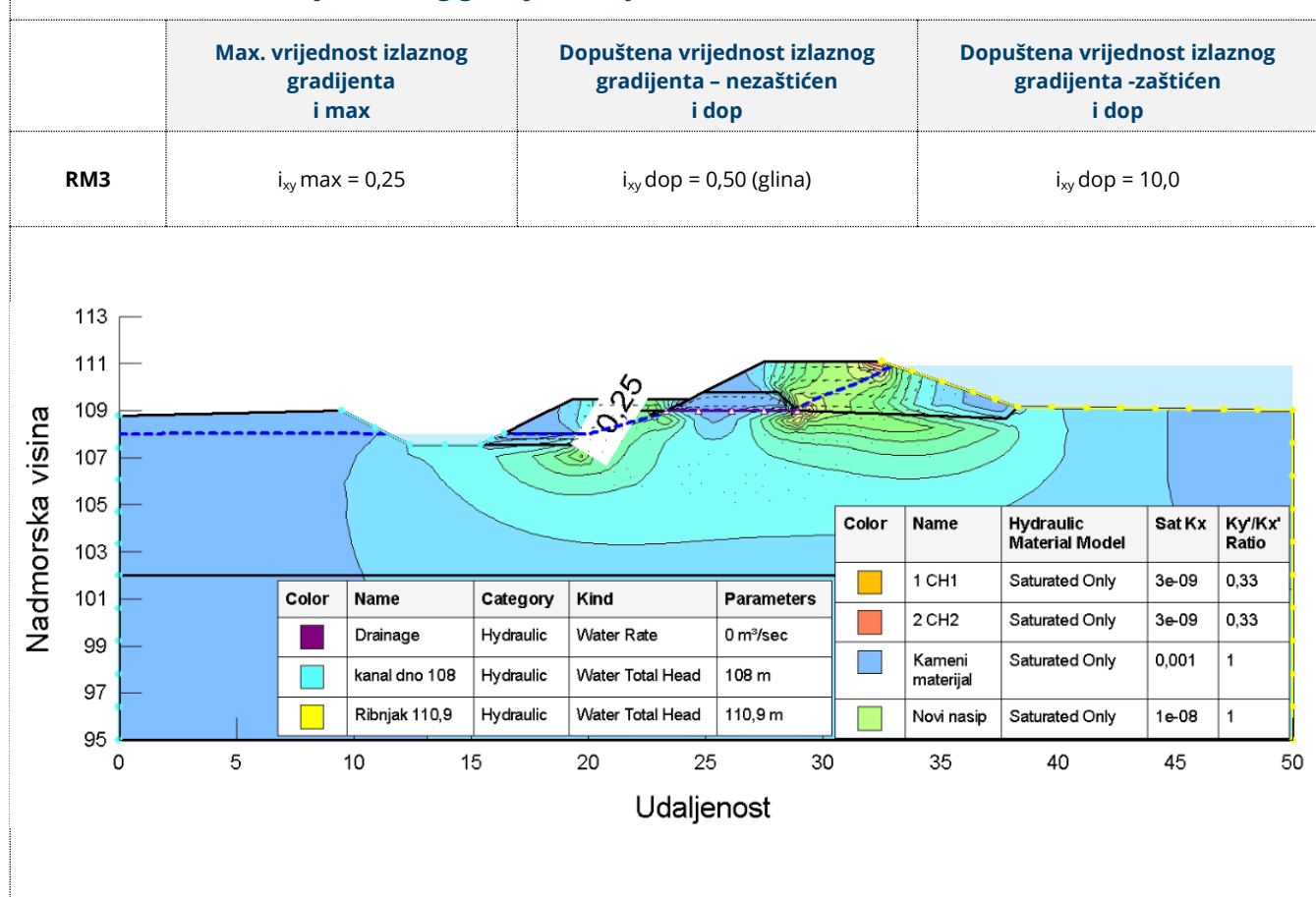
RM3 - Rezultati analize procjeđivanja

RM3 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Visoka voda " na računskom modelu RM3.

RM3-S1 - Ekvipotencijale



RM3-S1 - Prikaz izo-linija izlaznog gradijenta i_{xy} :

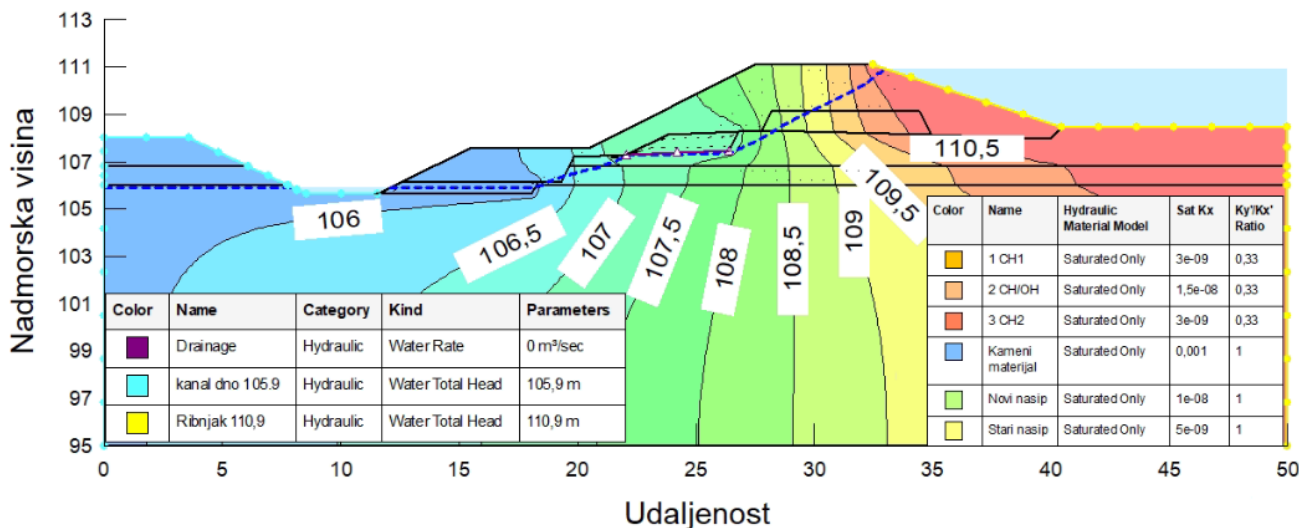




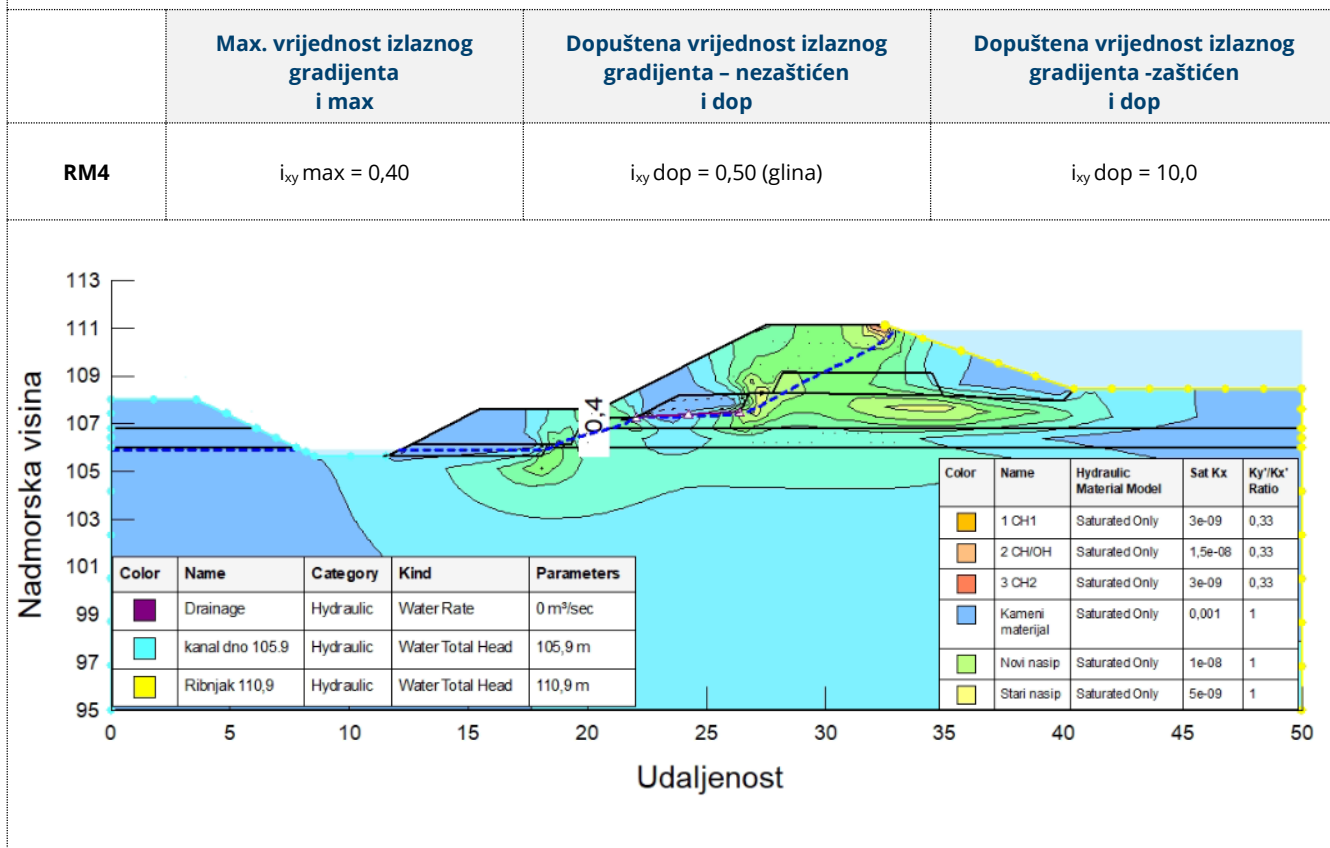
RM4 - Rezultati analize procjeđivanja

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

RM4-S1 - Ekvipotencijale



RM4-S1 - Prikaz izo-linija izlaznog gradijenta i_{xy} :

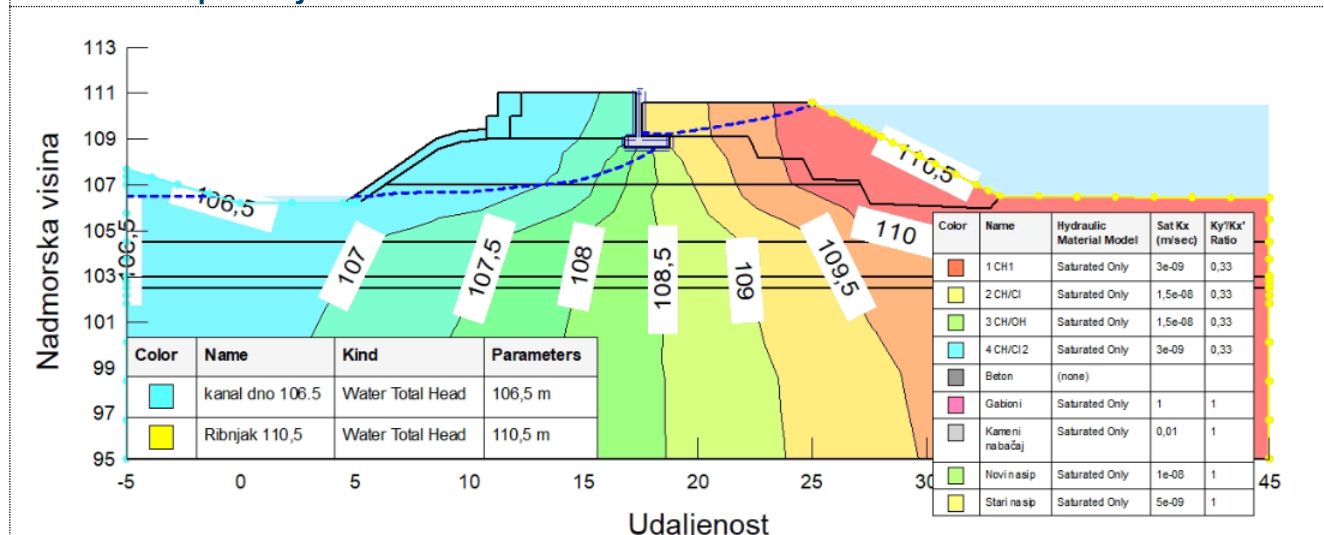




RM5 - Rezultati analize procjeđivanja

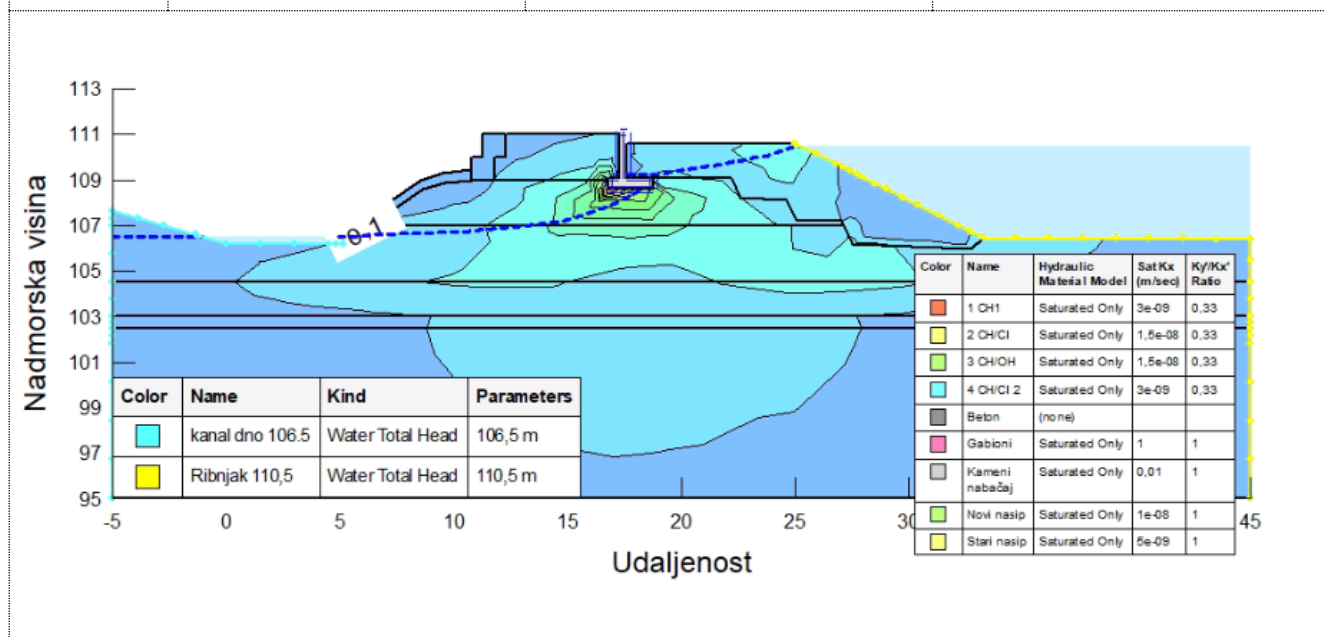
RM5 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Voda na kruni " na računskom modelu RM5.

RM5-S1 - Ekvipotencijale



RM5-S1 - Prikaz izo-linija izlaznog gradijenta i_{xy} :

	Max. vrijednost izlaznog gradijenta i_{xy} max	Dopuštena vrijednost izlaznog gradijenta – nezaštićen i_{xy} dop	Dopuštena vrijednost izlaznog gradijenta -zaštićen i_{xy} dop
RM5	i_{xy} max = 0,1	i_{xy} dop = 0,50 (glina)	i_{xy} dop = 10,0

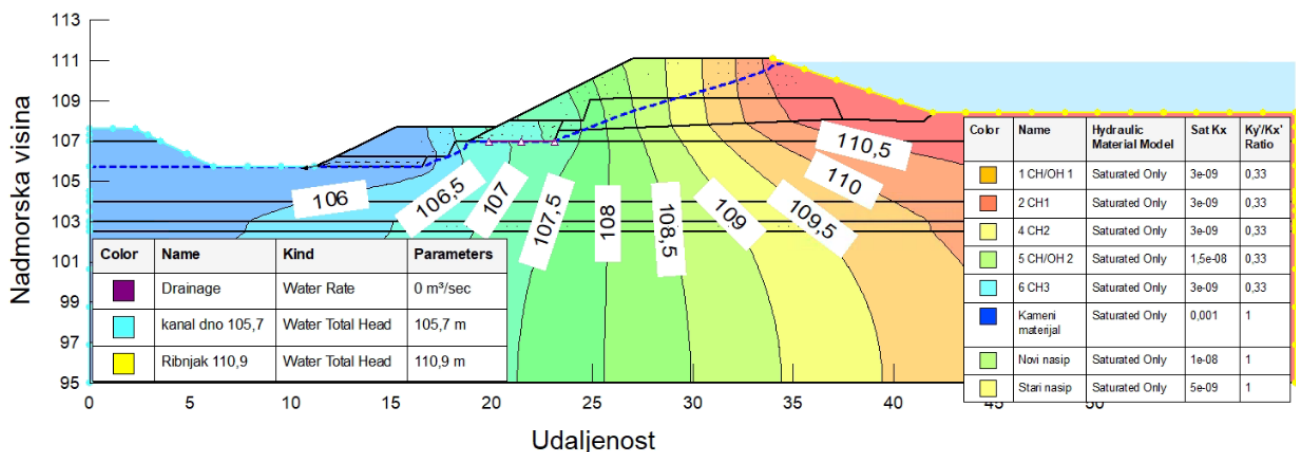




RM6 - Rezultati analize procjeđivanja

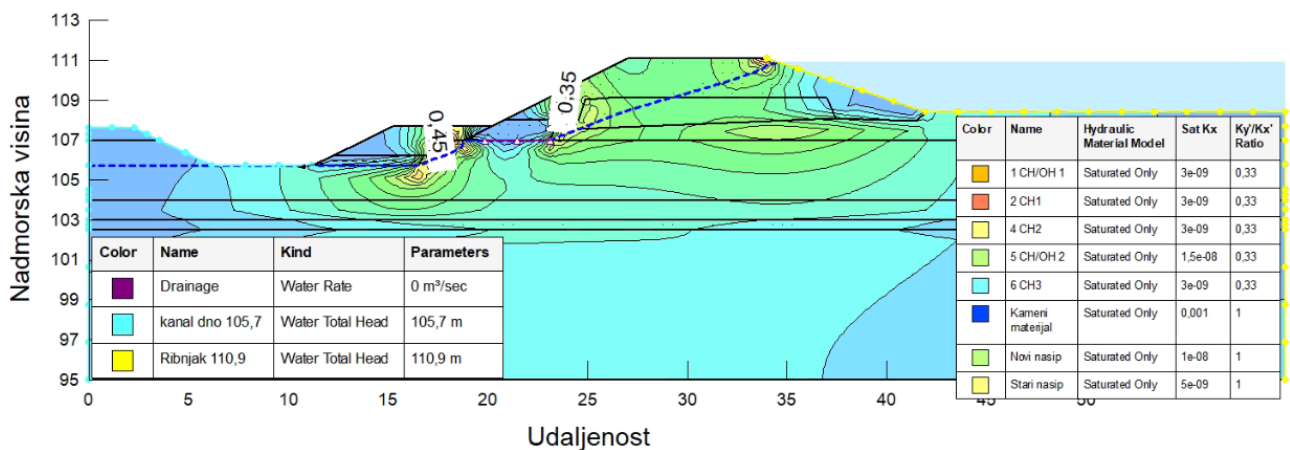
RM6 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Voda na kruni " na računskom modelu RM6.

RM6-S1 - Ekvipotencijale



RM6-S1 - Prikaz izo-linija izlaznog gradijenta i_{xy} :

	Max. vrijednost izlaznog gradijenta i_{max}	Dopuštena vrijednost izlaznog gradijenta – nezaštićen i_{dop}	Dopuštena vrijednost izlaznog gradijenta -zaštićen i_{dop}
RM6	$i_{xy \max} = 0,45$	$i_{xy \text{ dop}} = 0,50$ (glina)	$i_{xy \text{ dop}} = 10,0$

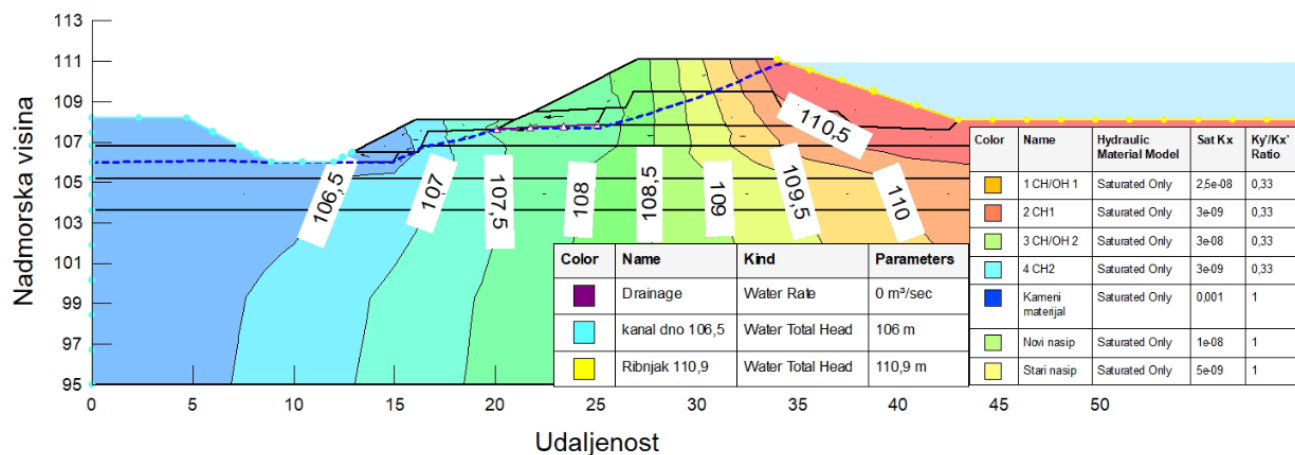




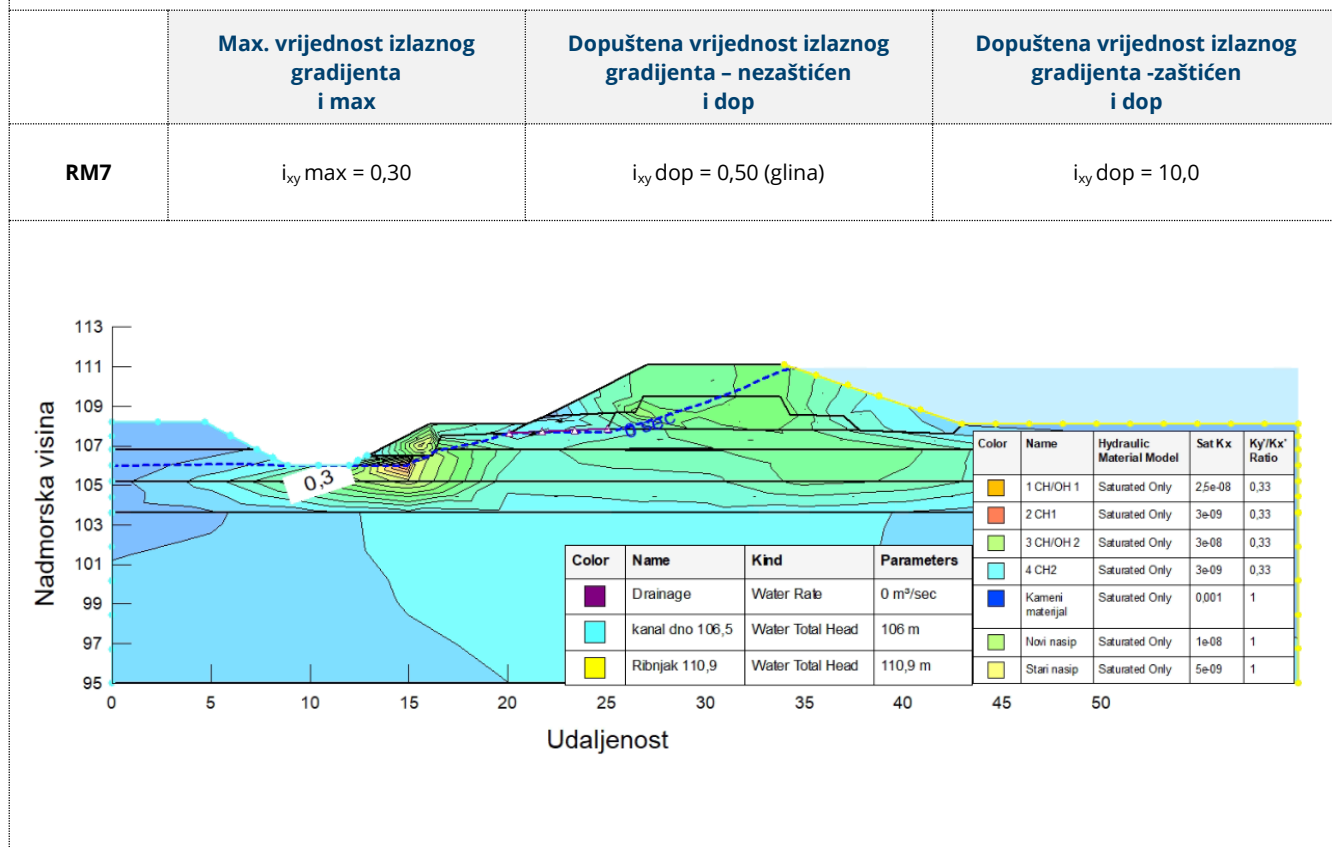
RM7 - Rezultati analize procjeđivanja

RM7 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Visoka voda " na računskom modelu RM7.

RM7-S1 - Ekvipotencijale



RM7-S1 - Prikaz izo-linija izlaznog gradijenta i_{xy} :

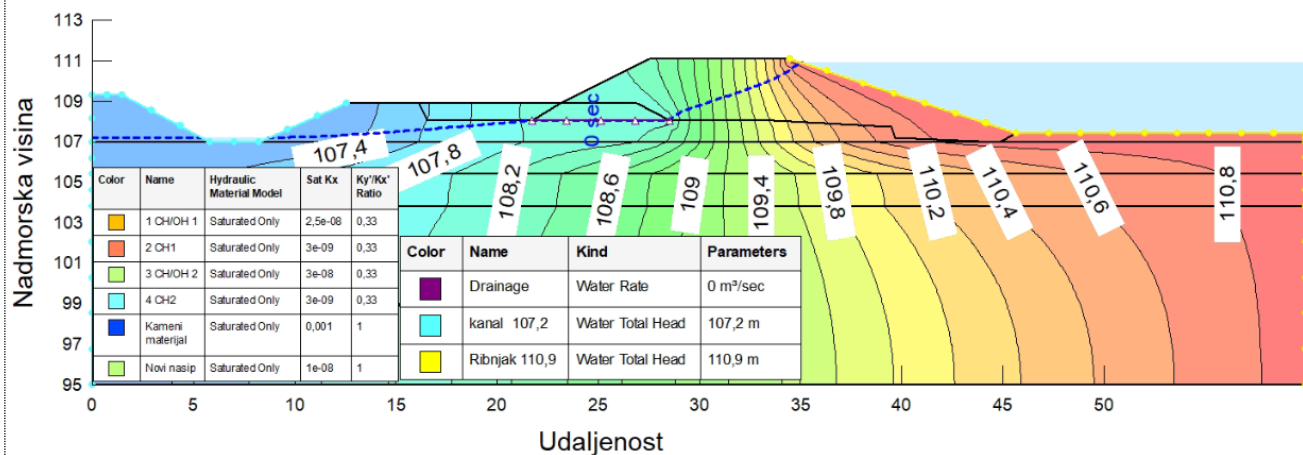




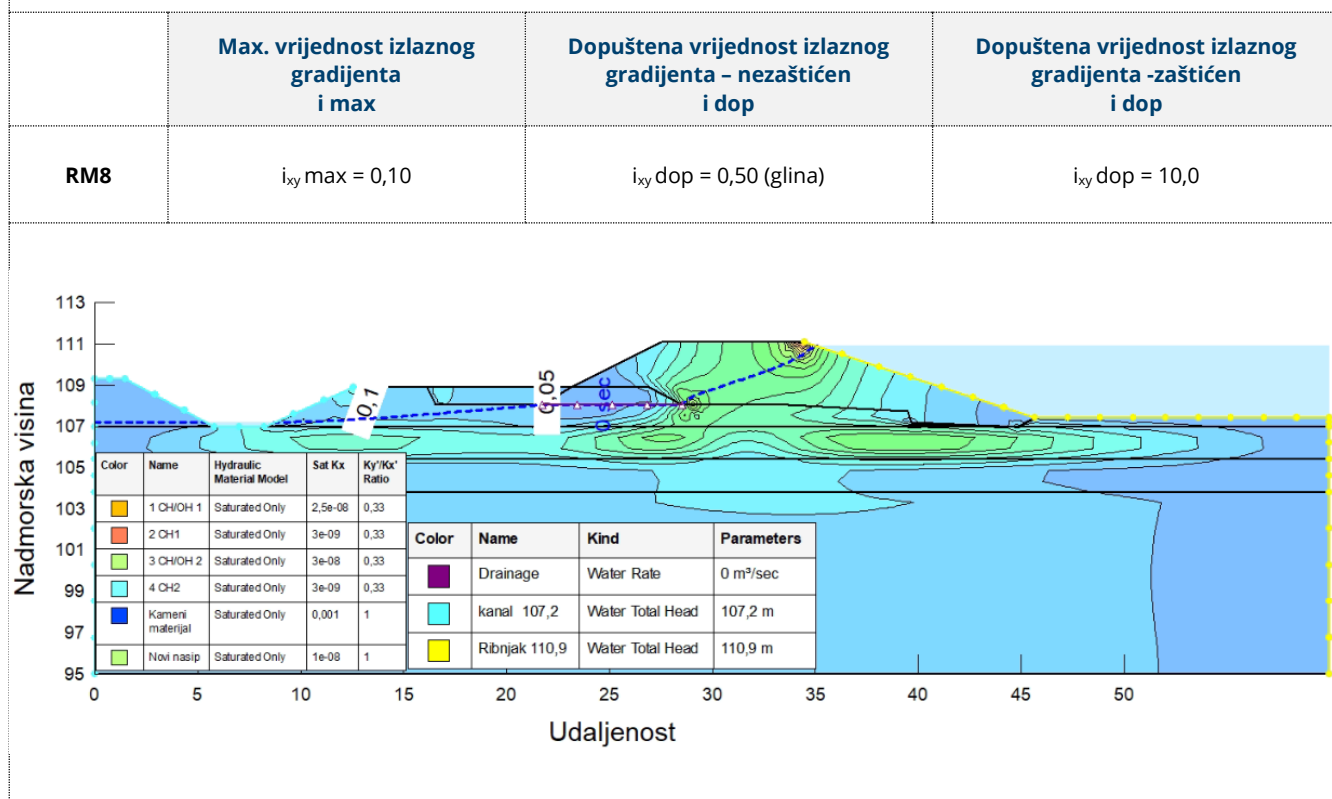
RM8 - Rezultati analize procjeđivanja

RM8 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Visoka voda " na računskom modelu RM8.

RM8-S1 - Ekvipotencijale



RM8-S1 - Prikaz izo-linija izlaznog gradijenta i_{xy} :

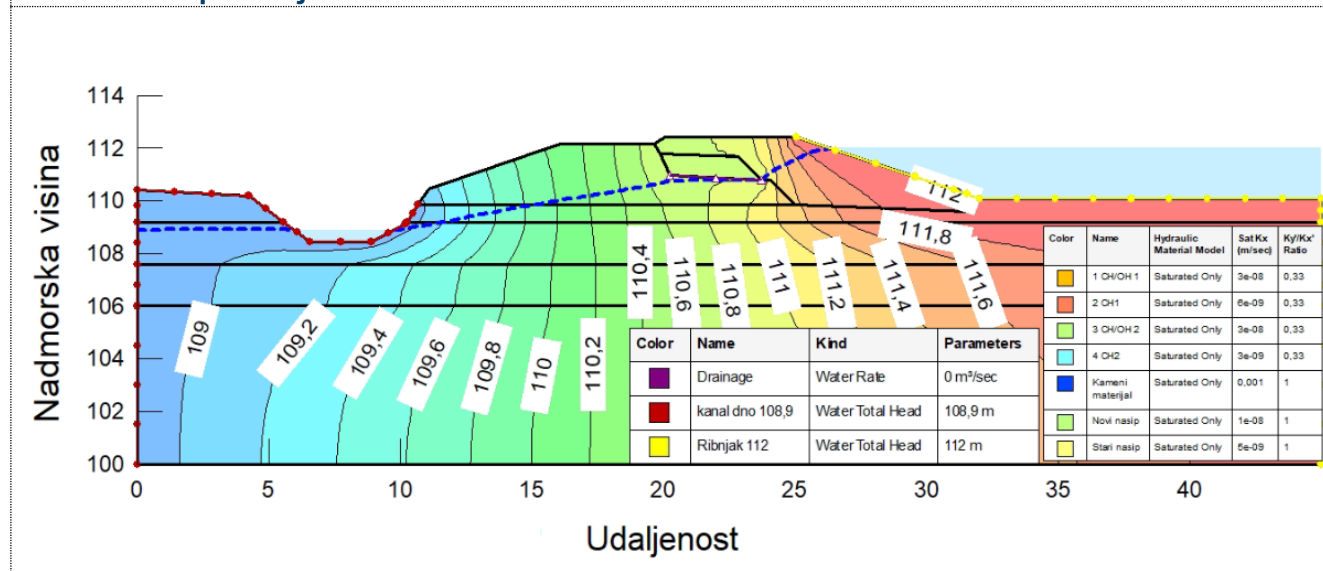




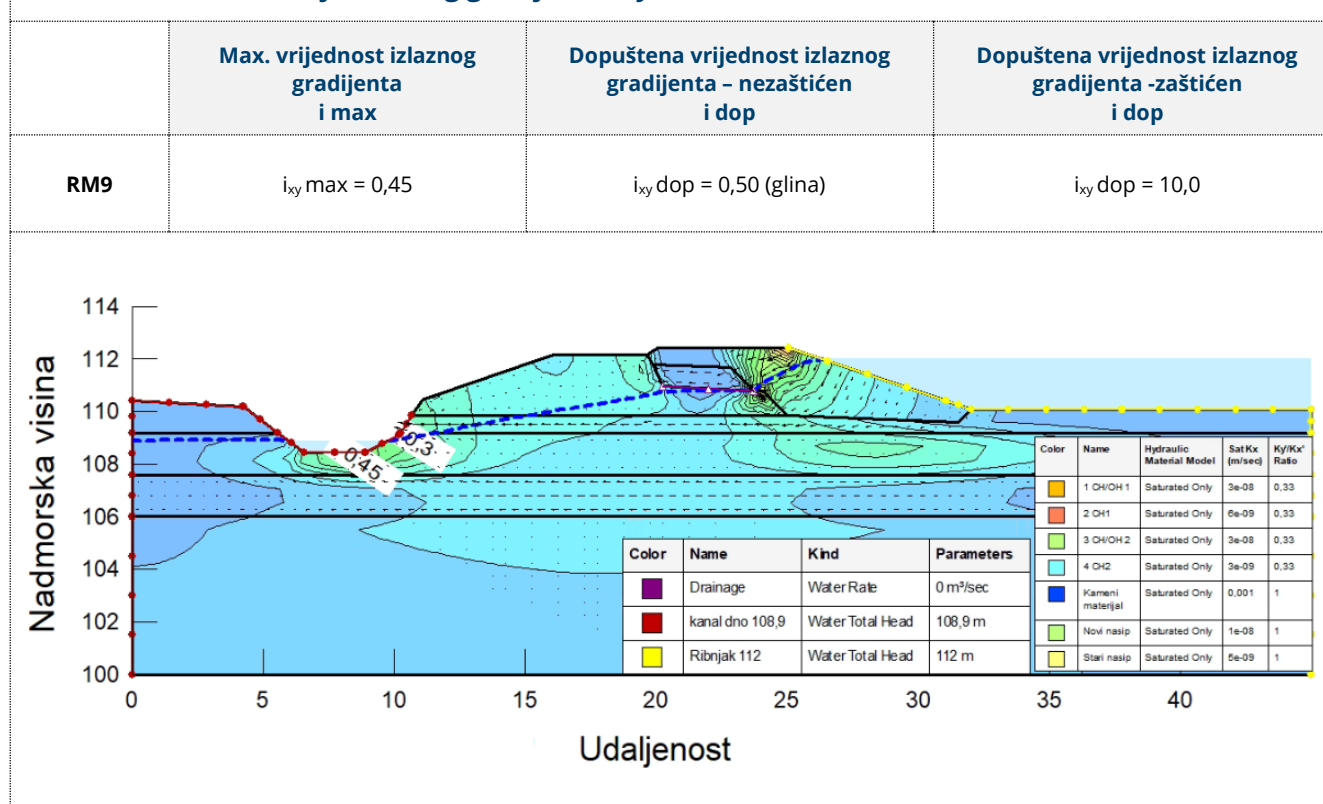
RM9 - Rezultati analize procjeđivanja

RM9 -Prikazani su rezultati za projektnu situaciju S1 " Visoka voda " na računskom modelu RM9.

RM9-S1 - Ekvipotencijale



RM9-S1 - Prikaz izo-linija izlaznog gradijenta i_{xy} :





3.4.4 ZAKLJUČAK ANALIZE PROCJEĐIVANJA

Na odabranim računskim modelima provedene su analize stacionarnog procjeđivanja kroz temeljno tlo i nasip za projektnu situaciju pojave visoke vode u ribnjacima Crna Mlaka. 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 RM5 prelazi dopuštene vrijednosti ($i_{xy} > 0,5$) te je za projektno rješenje u navedenom modelu izabrana kamena obloga odvodnog kanala. Kamena obloga se postavlja na stacionaži od km 4+800,00 do cca km 4+905,00.

Odabrana rješenja pojedinog računskog modela:

- RM5 – Kamenom oblogom oblaže se pokos nasipa i odvodnog kanala na strani nasipa u cijeloj visini

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

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



3.5 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.

3.5.1 PROJEKTNJA SITUACIJA

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

Oznaka	Projektna situacija
S1	drenirani uvjeti

3.5.2 RAČUNSKI MODELI

Za potrebe provedbe analize slijeganja nasipa formiraju se 4 računski modela **RM1 – RM9**.

GS1 - RM1 - karakteristični poprečni presjek na profilu P6 na stacionaži 0+250,00

GS2 - RM2 - karakteristični poprečni presjek na profilu P33 na stacionaži 1+600,00

GS2 - RM3 - karakteristični poprečni presjek na profilu P35 na stacionaži 1+700,00

GS3 - RM4 - karakteristični poprečni presjek na profilu P79 na stacionaži 3+900,00.

GS4 - RM5 - karakteristični poprečni presjek na profilu P4 (situacija srca) na stacionaži 4+861,22

GS4 - RM6 - karakteristični poprečni presjek na profilu P113 na stacionaži 5+600,00

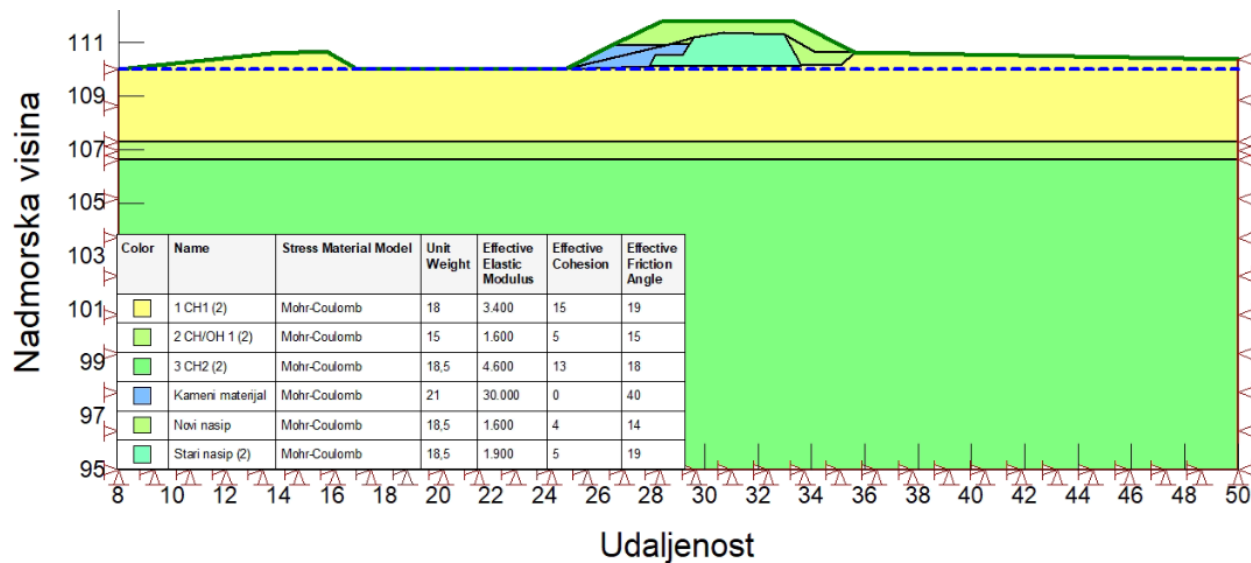
GS5 - RM7 - karakteristični poprečni presjek na profilu P147 na stacionaži 7+300,00

GS5 - RM8 - karakteristični poprečni presjek na profilu P158 na stacionaži 7+850,00

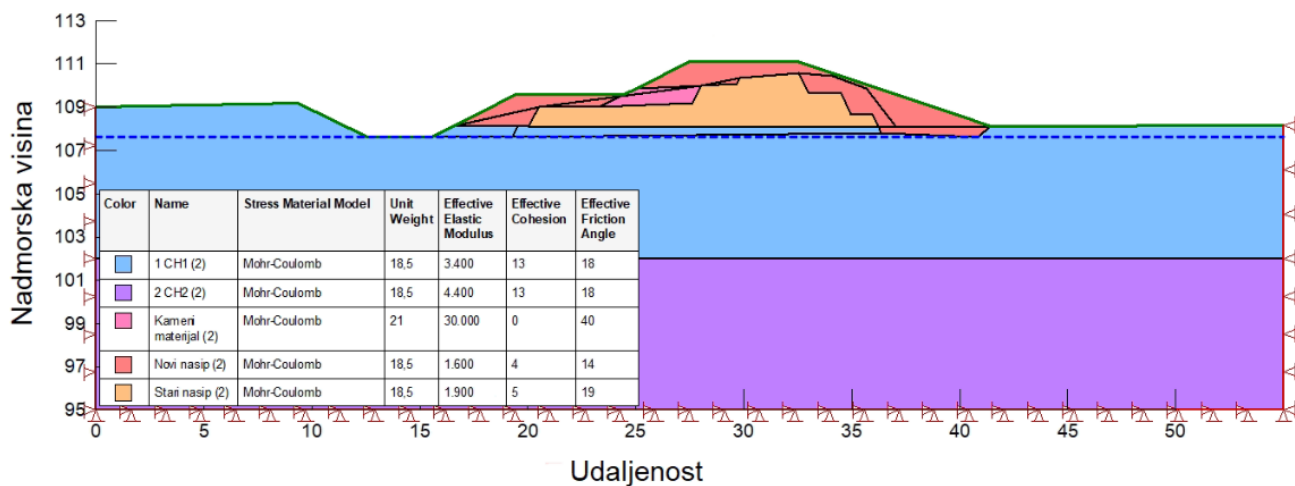
GS5 - RM9 - karakteristični poprečni presjek na profilu P186 na stacionaži 9+250,00.



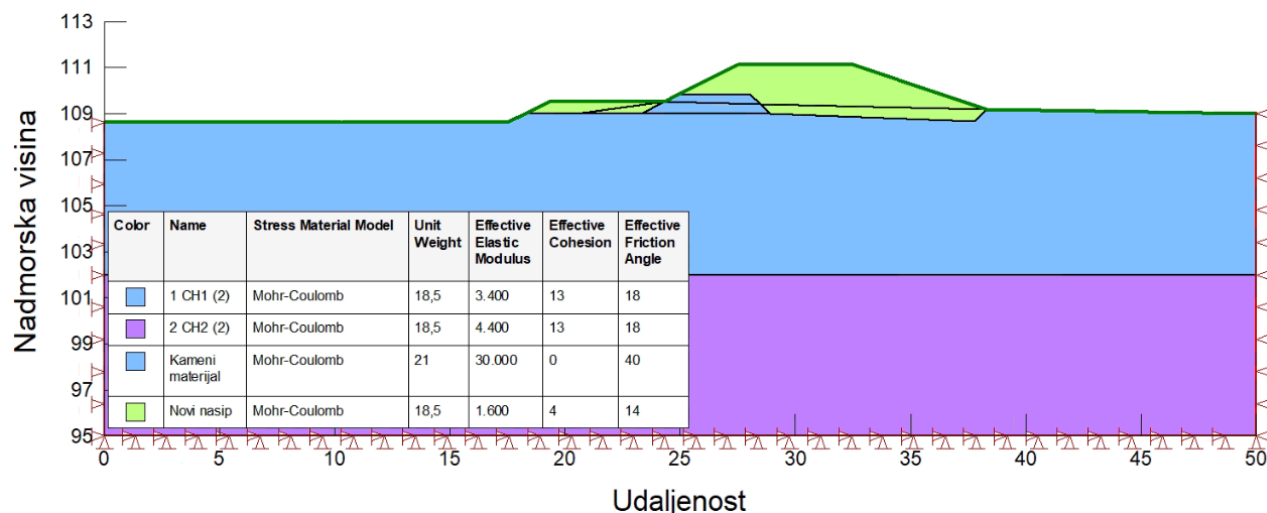
RM1



RM2

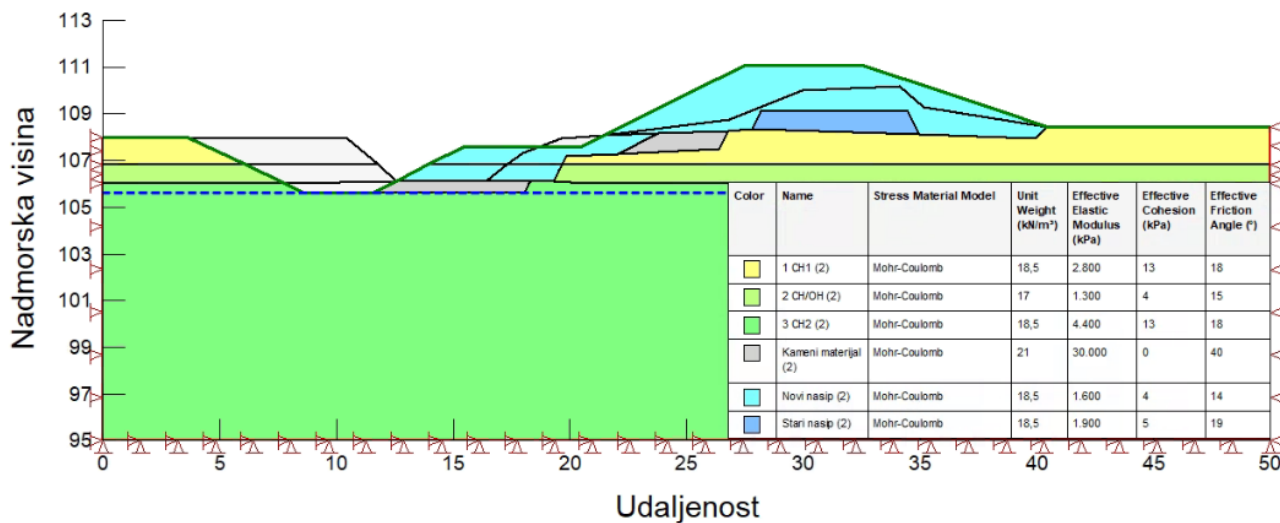


RM3

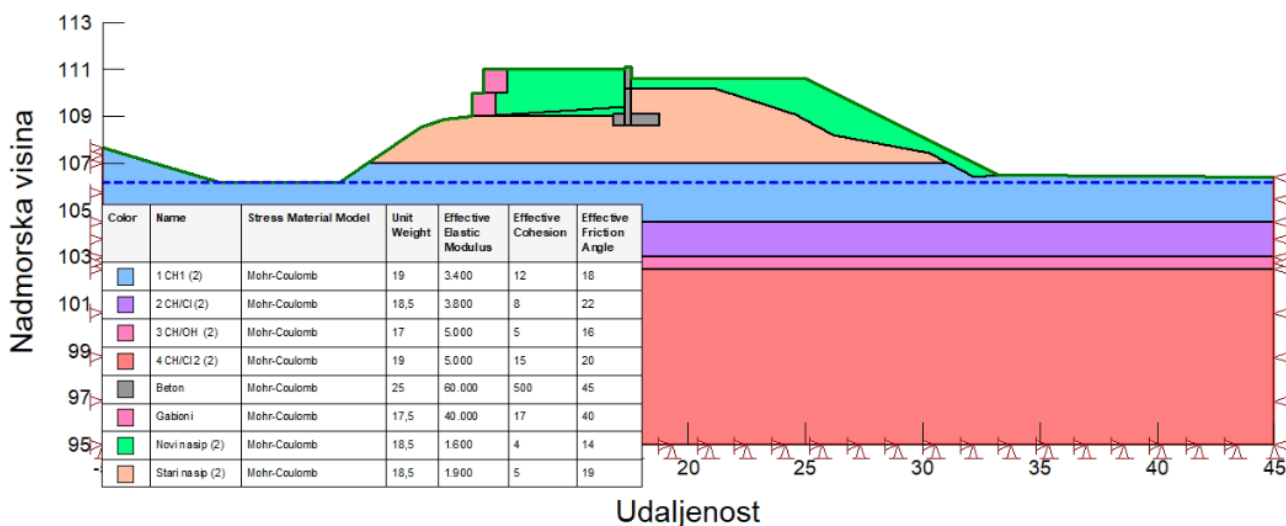




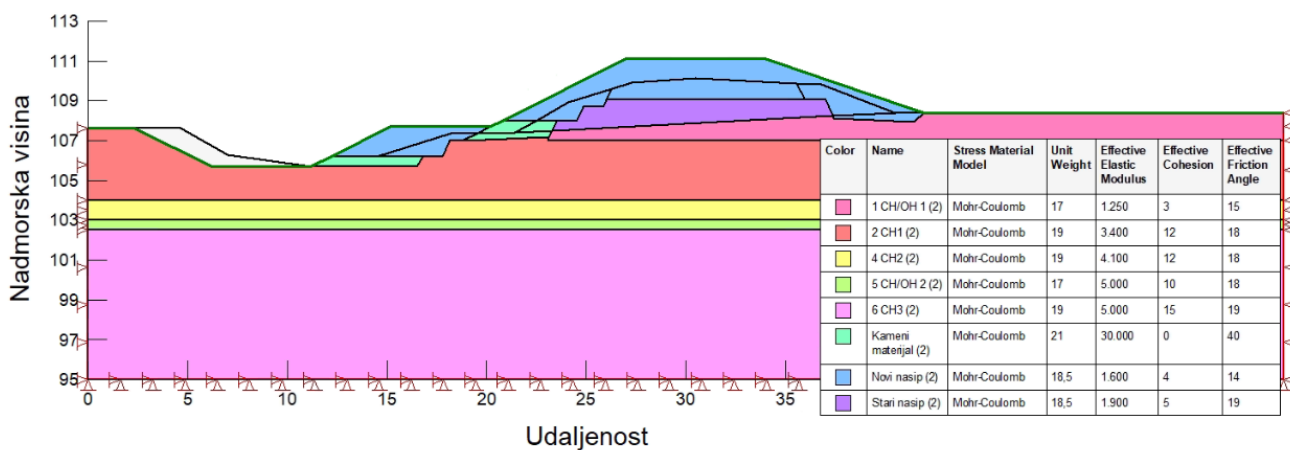
RM4



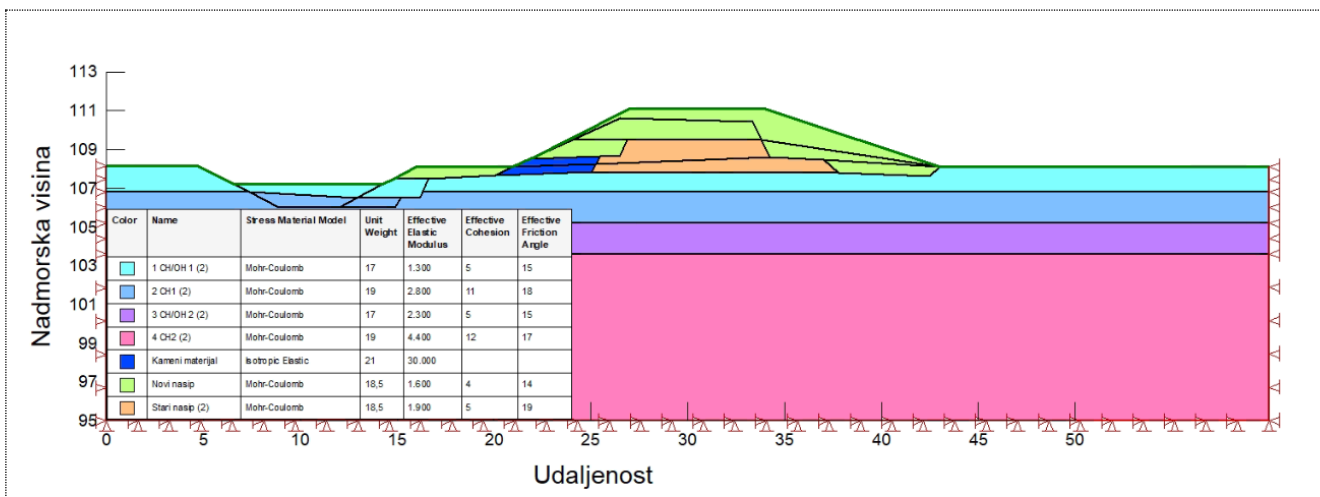
RM5



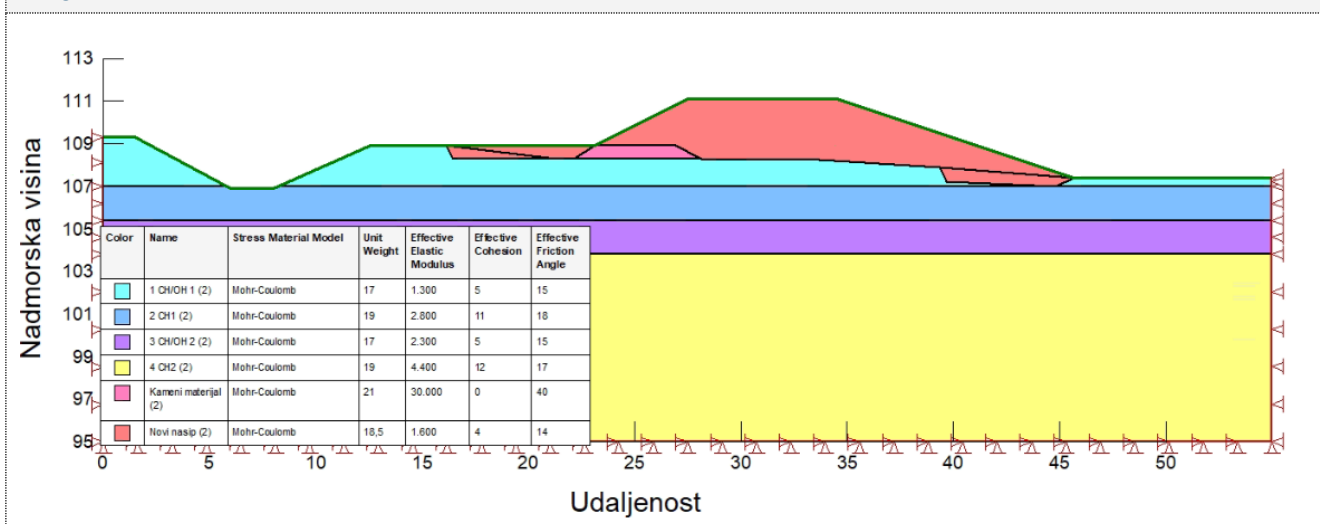
RM6



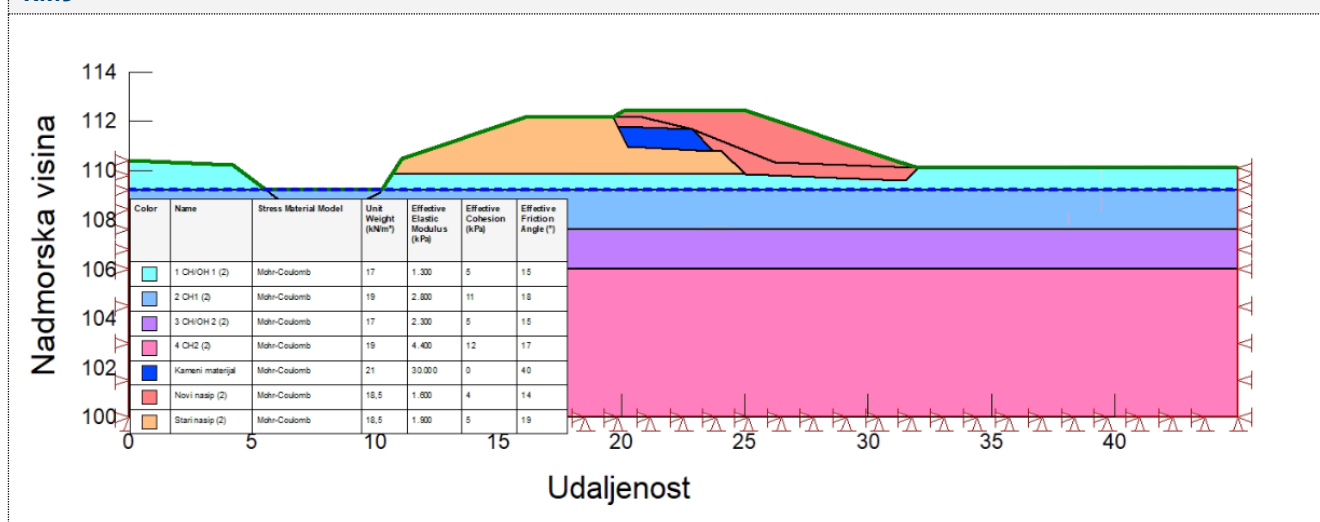
RM7



RM8



RM9

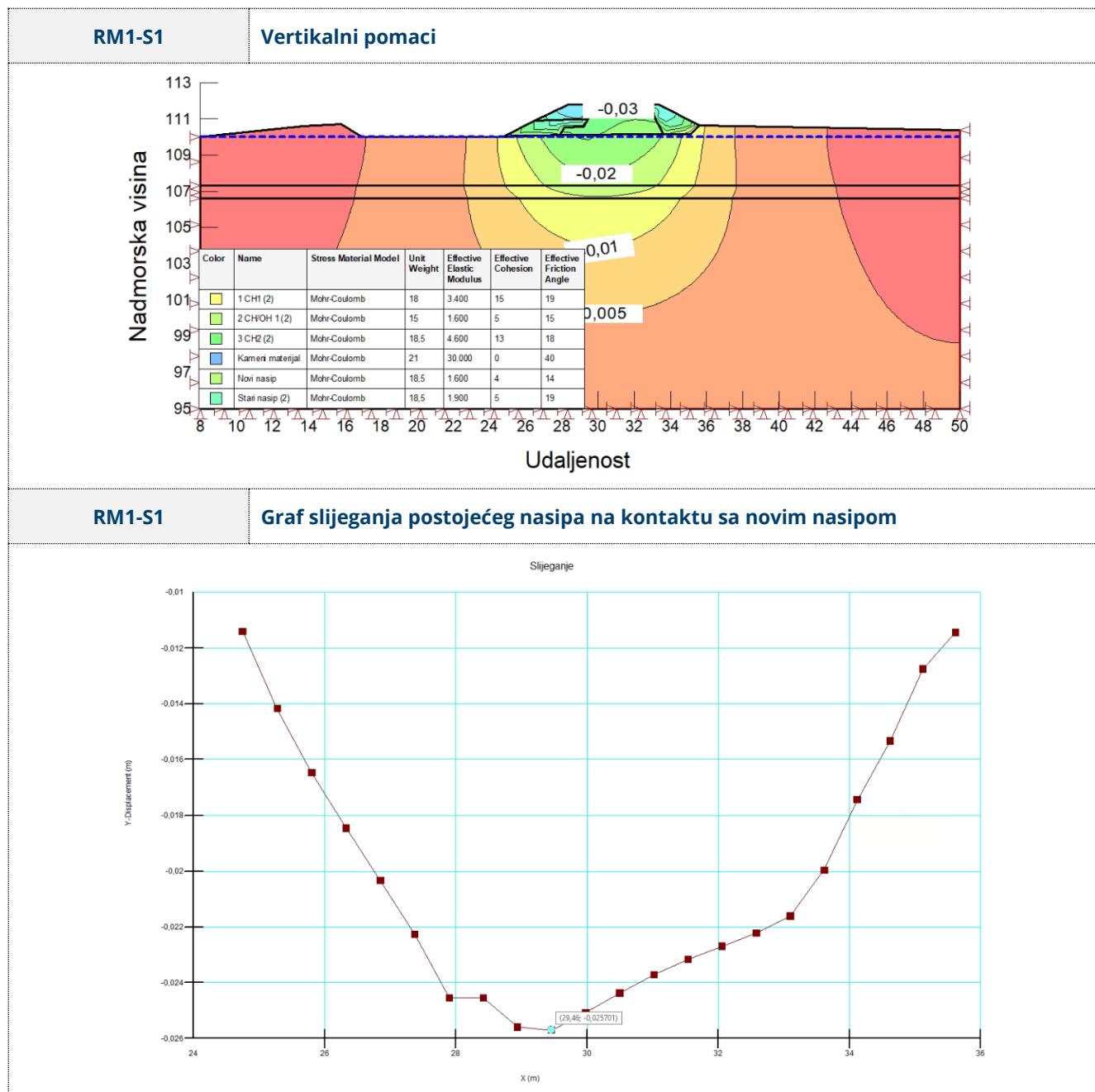




3.5.3 REZULTATI ANALIZE SLIJEGANJA

3.5.3.1 RM1 - Rezultati analize slijeganja

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



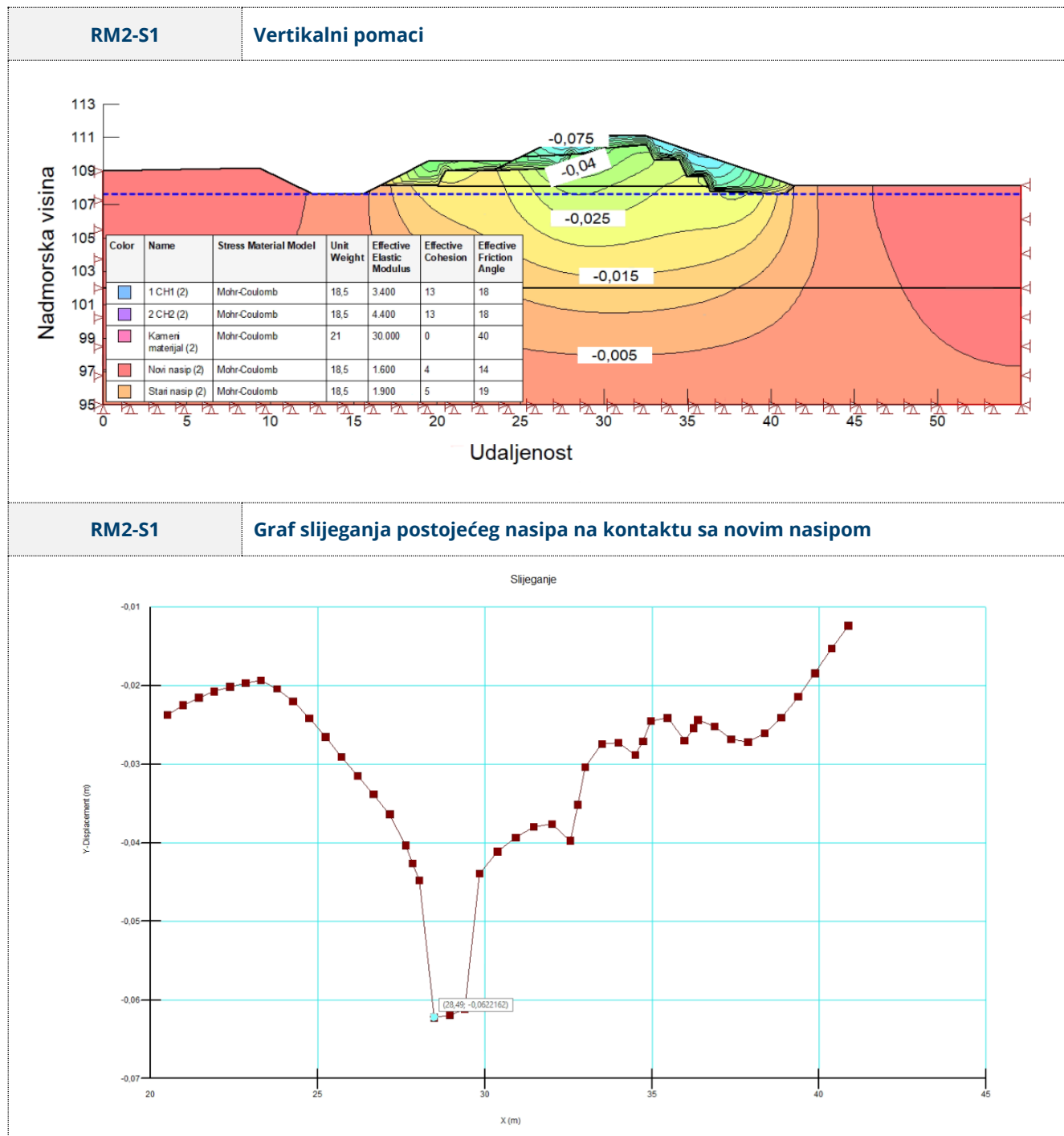
Računsko slijeganje postojećeg nasipa na kontaktu sa novim nasipom očekuje se u iznosu do 2,6 cm.

RM1 - Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-2,6



3.5.3.2 RM2 - Rezultati analize slijeganja

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



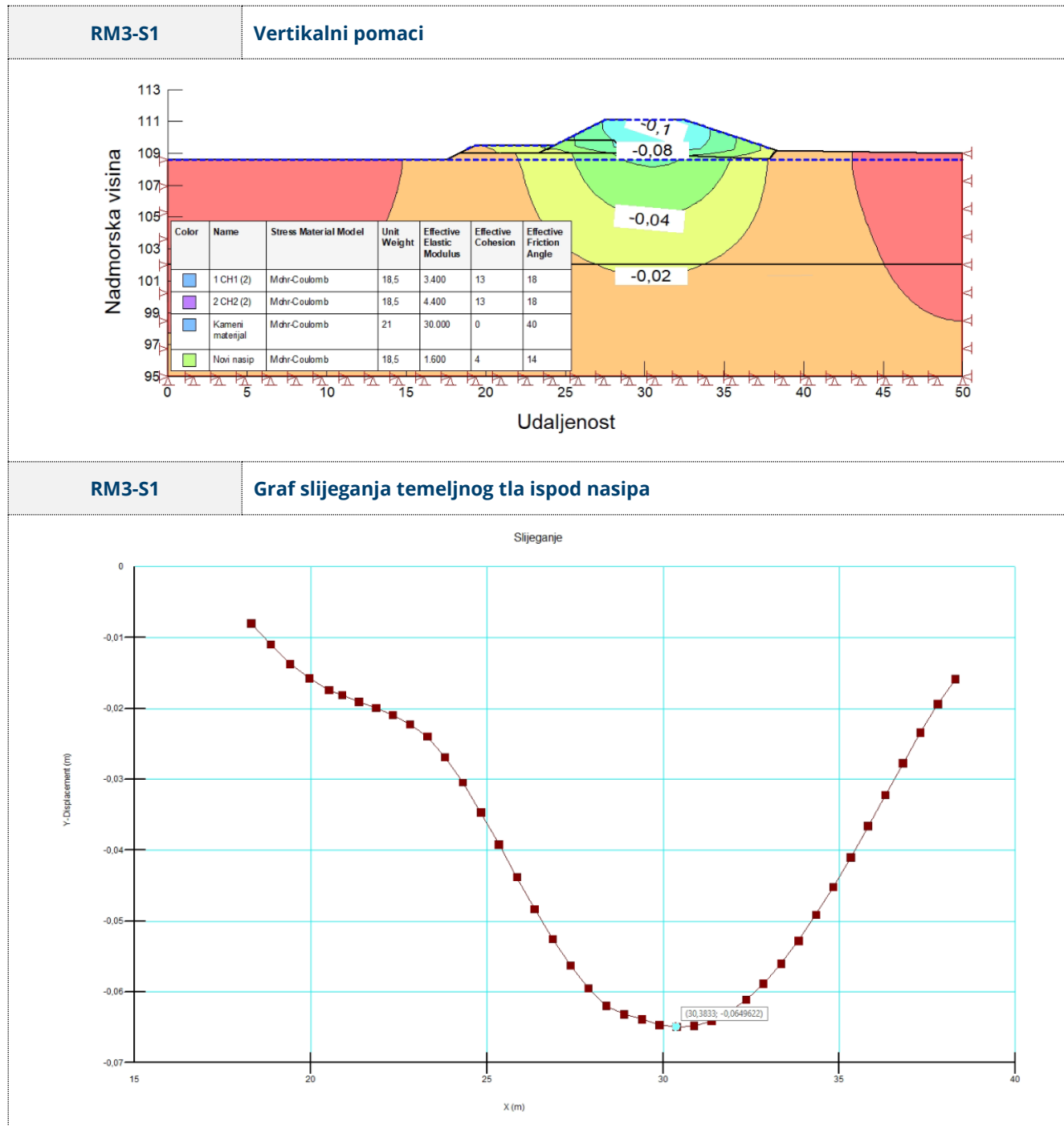
Računsko slijeganje postojećeg nasipa na kontaktu sa novim nasipom očekuje se u iznosu do 6,2 cm.

RM2 – Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-6,2



3.5.3.3 RM3 - Rezultati analize slijeganja

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



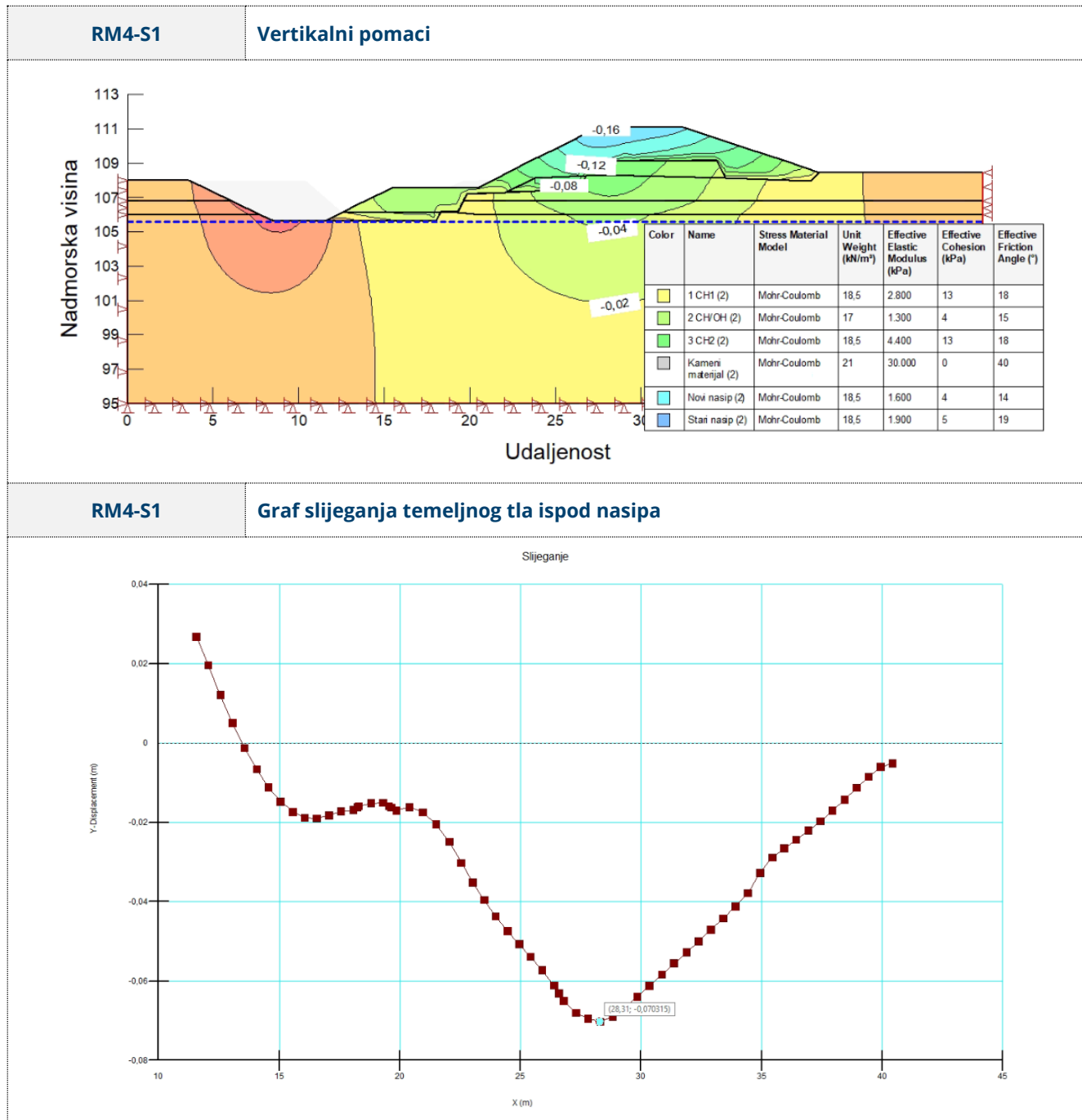
Računsko slijeganje temeljnog tla ispod nasipa očekuje se u iznosu do 6,5.

RM3 - Nasip	
Računski vertikalni pomaci	Dy (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-6,5



3.5.3.4 RM4 - Rezultati analize slijeganja

RM4 -Prikazani su rezultati analize slijeganja za projektnu situaciju S1 " drenirani uvjeti " na računskom modelu RM5.



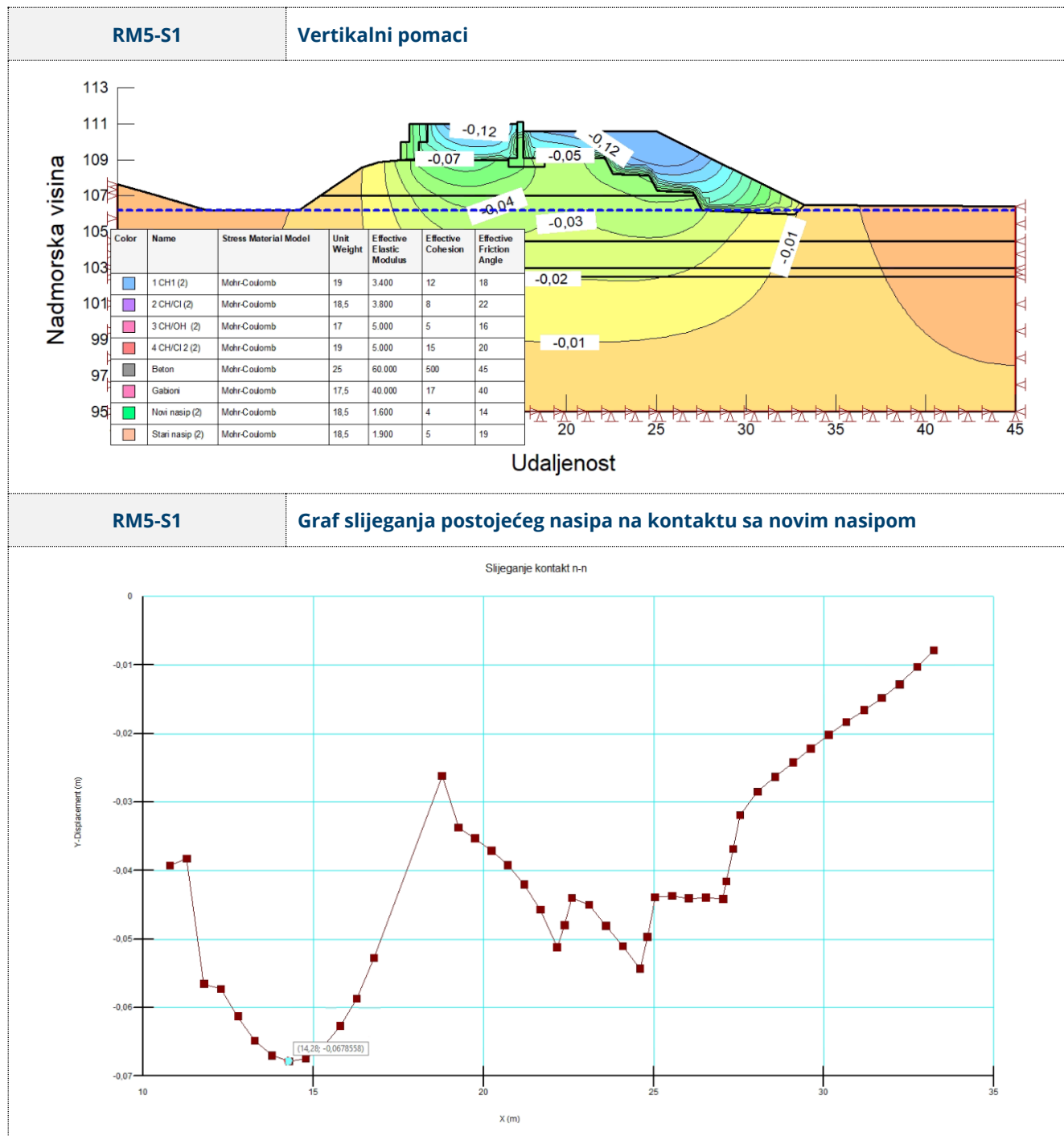
Računsko slijeganje temeljnog tla ispod nasipa očekuje se u iznosu do 7,0 cm.

RM4 – Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-7,0



3.5.3.5 RM5 - Rezultati analize slijeganja

RM5 -Prikazani su rezultati analize slijeganja za projektnu situaciju S1 " drenirani uvjeti " na računskom modelu RM5.



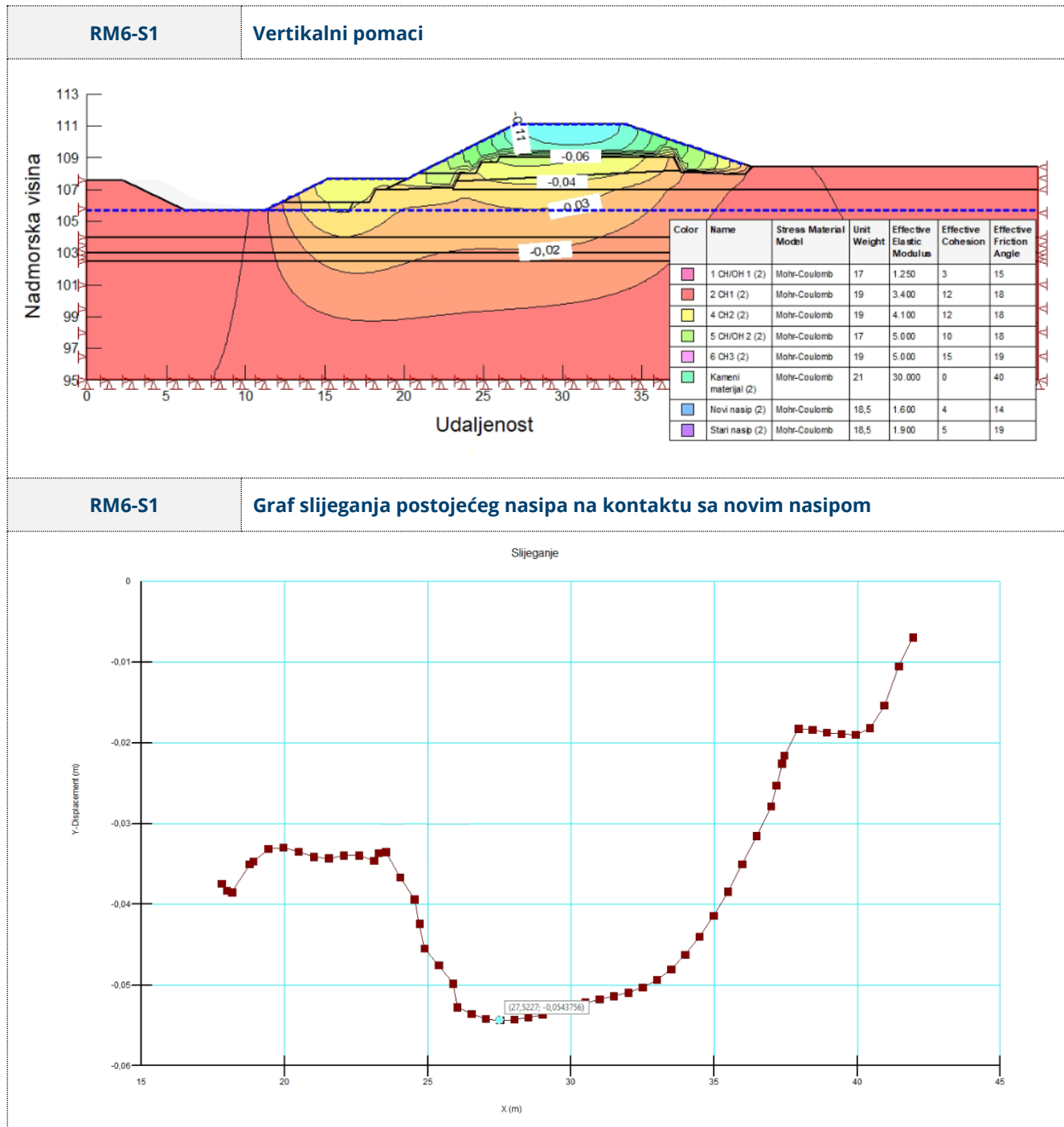
Računsko slijeganje postojećeg nasipa na kontaktu sa novim nasipom očekuje se u iznosu do 6,8 cm.

RM5 - Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-6,8



3.5.3.6 RM6 - Rezultati analize slijeganja

RM6 -Prikazani su rezultati analize slijeganja za projektnu situaciju S1 " drenirani uvjeti " na računskom modelu RM6.



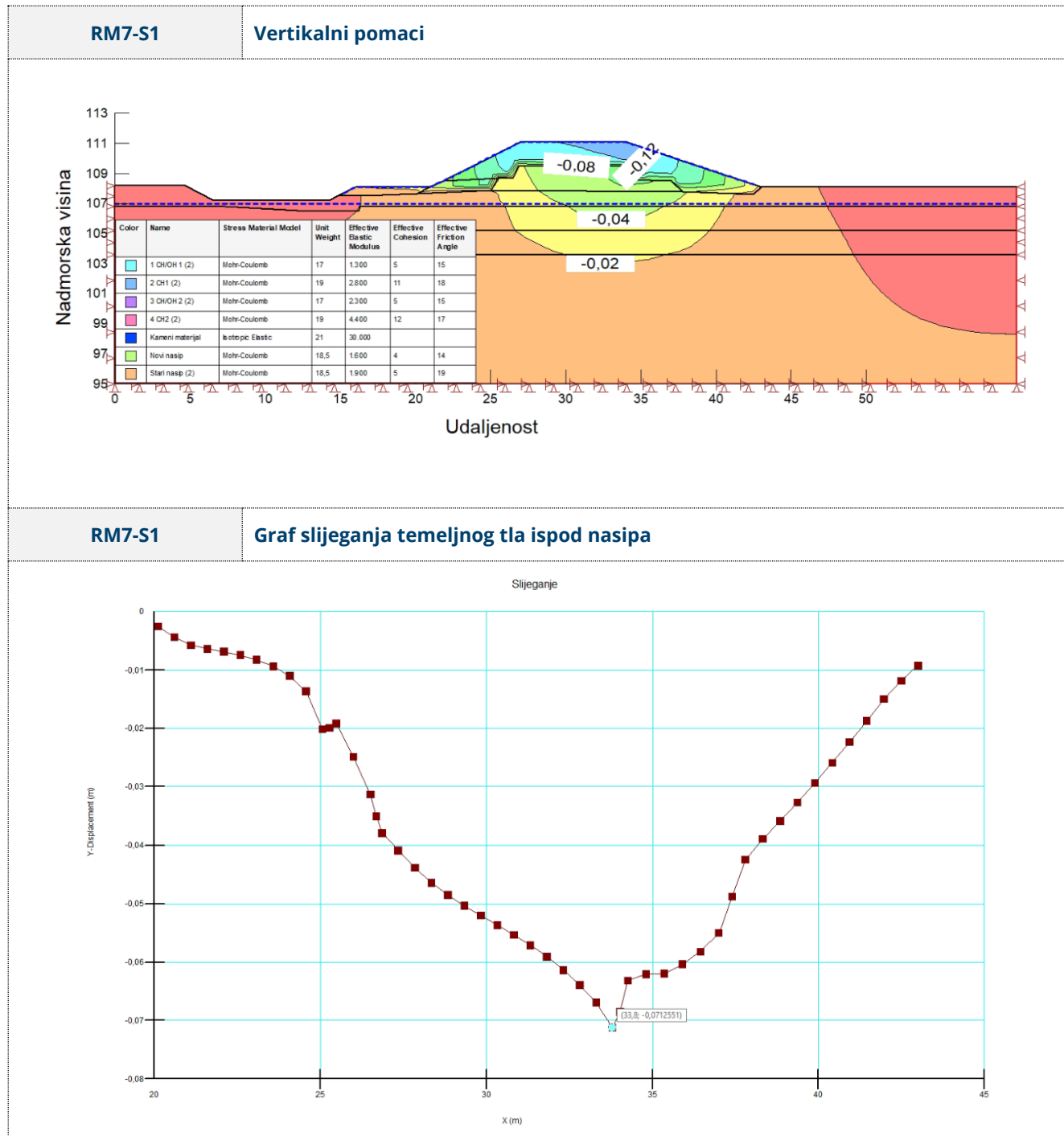
Računsko slijeganje postojećeg nasipa na kontaktu sa novim nasipom očekuje se u iznosu do 5,4 cm.

RM6 – Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-5,4



3.5.3.7 RM7 - Rezultati analize slijeganja

RM7 -Prikazani su rezultati analize slijeganja za projektnu situaciju S1 " drenirani uvjeti " na računskom modelu RM7.



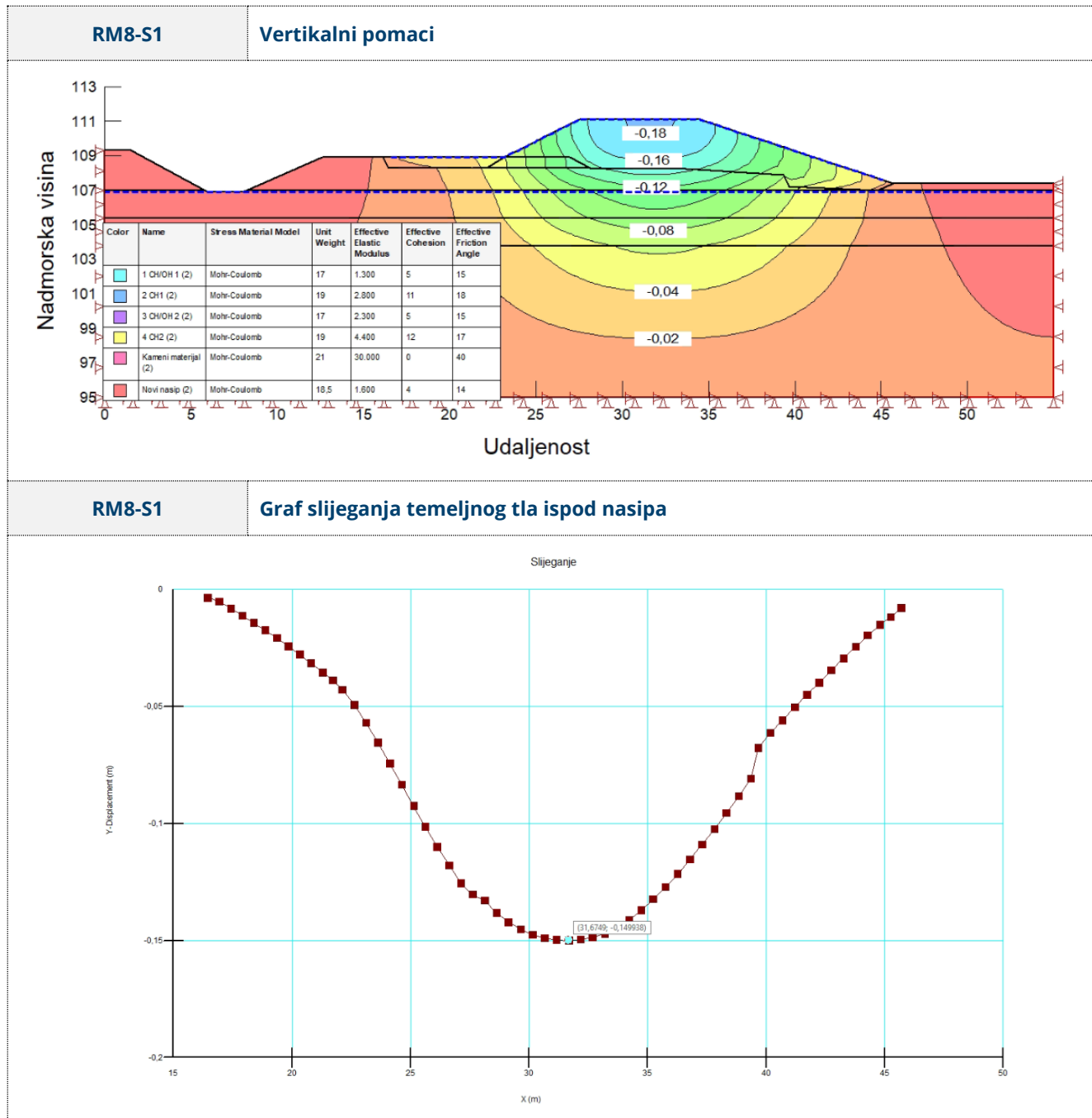
Računsko slijeganje postojećeg nasipa na kontaktu sa novim nasipom očekuje se u iznosu do 7,1 cm.

RM7 - Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-7,1



3.5.3.8 RM8 - Rezultati analize slijeganja

RM8 -Prikazani su rezultati analize slijeganja za projektnu situaciju S1 " drenirani uvjeti " na računskom modelu RM8.



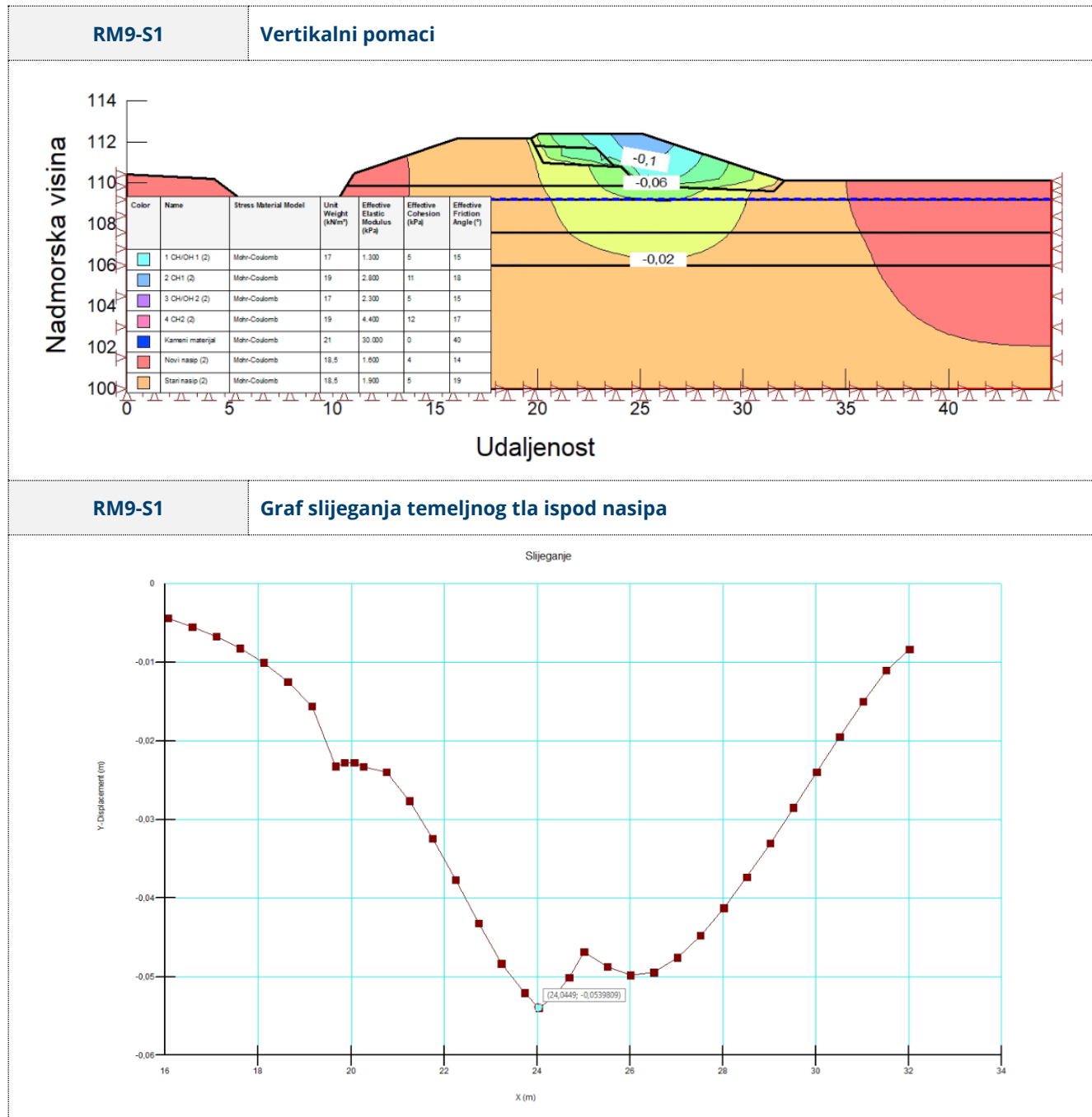
Računsko slijeganje temeljnog tla ispod nasipa očekuje se u iznosu do 15,0 cm.

RM8 – Nasip	
Računski vertikalni pomaci	D _y (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-15,0



3.5.3.9 RM9 - Rezultati analize slijeganja

RM9 -Prikazani su rezultati analize slijeganja za projektnu situaciju S1 " drenirani uvjeti " na računskom modelu RM9.



Računsko slijeganje temeljnog tla ispod nasipa očekuje se u iznosu do 5,4 cm.

RM9 – Nasip	
Računski vertikalni pomaci	Dy (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla ispod nasipa.	-5,4



3.5.4 ZAKLJUČAK UZ ANALIZU SLIJEGANJA TEMELJNOG TLA

Analizom opterećenja temeljnog tla na poprečnim presjecima nasipa različitih visina ovisno o poprečnim presjecima, izgrađenog od glinenog materijala, dobivamo sljedeće rezultate slijeganja nasipa na kontaktu s postojećim nasipom ili na kontaktu nasipa i temeljnog tla:

Računski model	Računski vertikalni pomaci D_y (m)	Kontakt slijeganja
RM1	-2,6	Nasip - nasip
RM2	-6,2	Nasip - nasip
RM3	-6,5	Temeljno tlo - nasip
RM4	-7,0	Temeljno tlo - nasip
RM5	-6,8	Nasip - nasip
RM6	-5,4	Nasip - nasip
RM7	-7,1	Nasip - nasip
RM8	-15,0	Temeljno tlo - nasip
RM9	-5,4	Temeljno tlo - nasip

Iz navedenog se zaključuje kako očekivana ukupna slijeganja postojećeg nasipa i 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 u fazi izgradnje nije potrebno dodatno nadvišenje nasipa, pošto će se većina slijeganja odviti tijekom izgradnje samog nasipa



3.6 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.

3.6.1 SEIZMIČKI PARAMETRI

Analiza ponašanja nasipa pri seizmičkom opterećenju provedena je preko kvazi dinamičkog 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 s 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	0,099
475 godina	0,20

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 ($pp=475g$): $F_H=0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W=0,5 \cdot 0,20g \cdot 1,35 \cdot 1,0=$ **0,135g**

- vertikalna komponenta ($pp=475g$): $F_V=\pm 0,5 \cdot F_H=\pm 0,5 \cdot 0,135g=\pm$ **0,067g**



3.6.2 PROJEKTNE SITUACIJE

Proračun je proveden za odabrane najnepovoljnije projektne situacije. Projekte situacije iste su za sve računске modele i one su:

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 kruni nasipa $q_k=15 \text{ kN/m'}$.
3	Velika voda	Klizna ploha minimalnog F_s , drenirani parametri, voda na koti 110,30 m.n.m. u retenciji ili na vrhu obrambenog nasipa u ribnjaku.
4	Naglo sniženje	Klizna ploha minimalnog F_s , drenirani parametri, saturiran nasip uz pad vodnog lica s kote 110,30 m.n.m. u retenciji ili s kote vrha ispusne građevine u ribnjaku (ovisno o pop. presjeku).
5	Potres	Klizna ploha minimalnog F_s , nedrenirani parametri čvrstoće za situaciju u kojoj je podzemna voda na koti nožice nasipa i opterećenjem od potresa $T=475g$, $a_h=0,179g$

3.6.3 RAČUNSKI MODELI

Za potrebe proračuna analize stabilnosti nasipa, modelirat će se 4 računskih modela.

Računski modeli:

GS1 - RM1 - karakteristični poprečni presjek na profilu P6 na stacionaži 0+250,00

GS2 - RM2 - karakteristični poprečni presjek na profilu P33 na stacionaži 1+600,00

GS2 - RM3 - karakteristični poprečni presjek na profilu P35 na stacionaži 1+700,00

GS3 - RM4 - karakteristični poprečni presjek na profilu P79 na stacionaži 3+900,00

GS4 - RM5 - karakteristični poprečni presjek na profilu P4 (situacija srca) na stacionaži 4+861,22

GS4 - RM6 - karakteristični poprečni presjek na profilu P113 na stacionaži 5+600,00

GS5 - RM7 - karakteristični poprečni presjek na profilu P147 na stacionaži 7+300,00

GS5 - RM8 - karakteristični poprečni presjek na profilu P158 na stacionaži 7+850,00

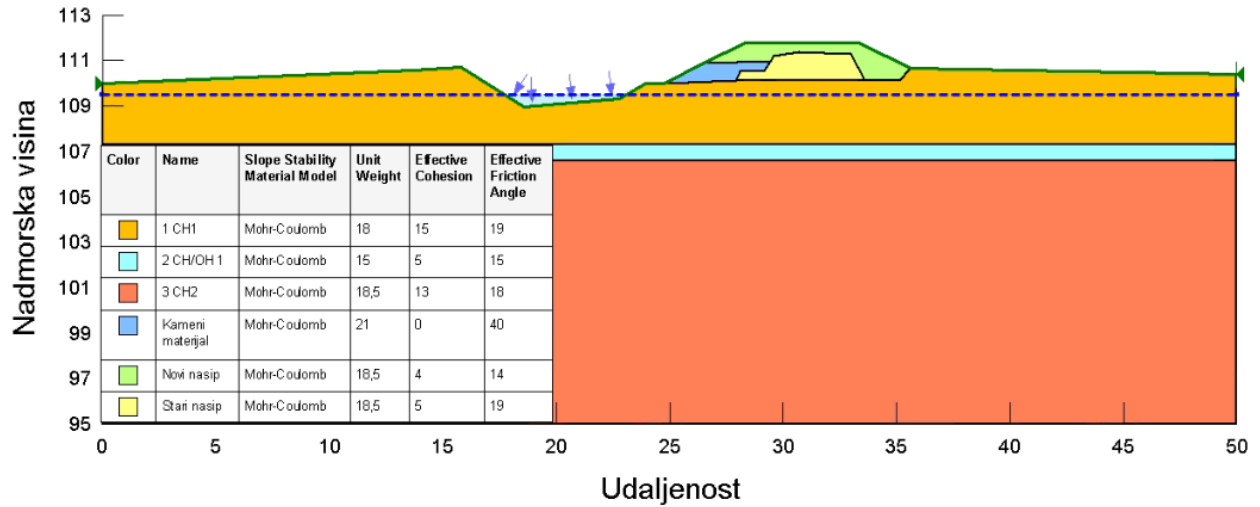
GS5 - RM9 - karakteristični poprečni presjek na profilu P186 na stacionaži 9+250,00.

Na modelu je prikazano i prolazno nepovoljno opterećenje od prometa na kruni nasipa q_k u projektnim situacijama eksploatacije.

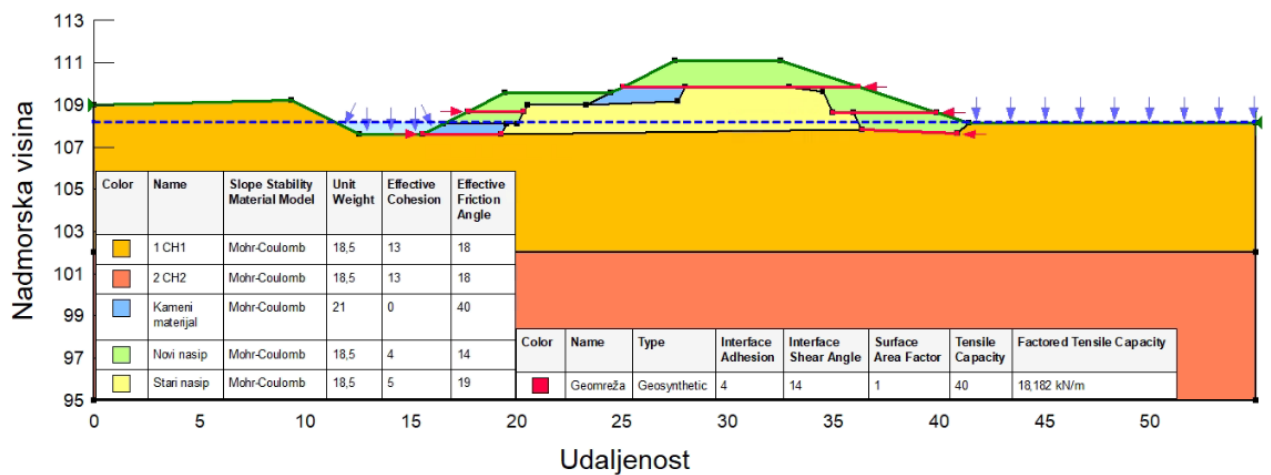
Karakteristično opterećenje na servisnom putu: $q_k=15 \text{ kN/m'}$



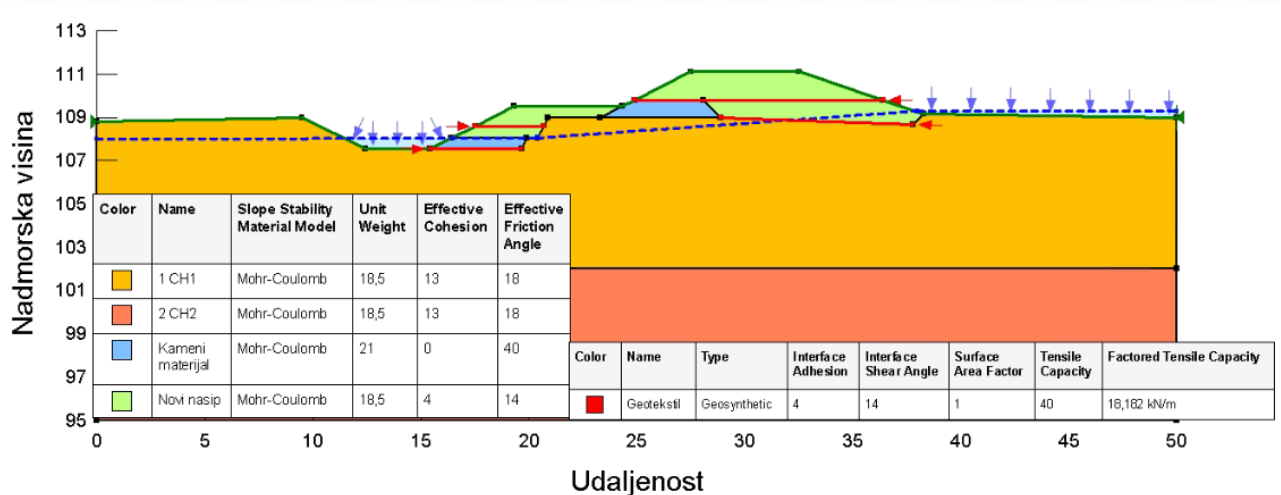
Računski model RM1



Računski model RM2

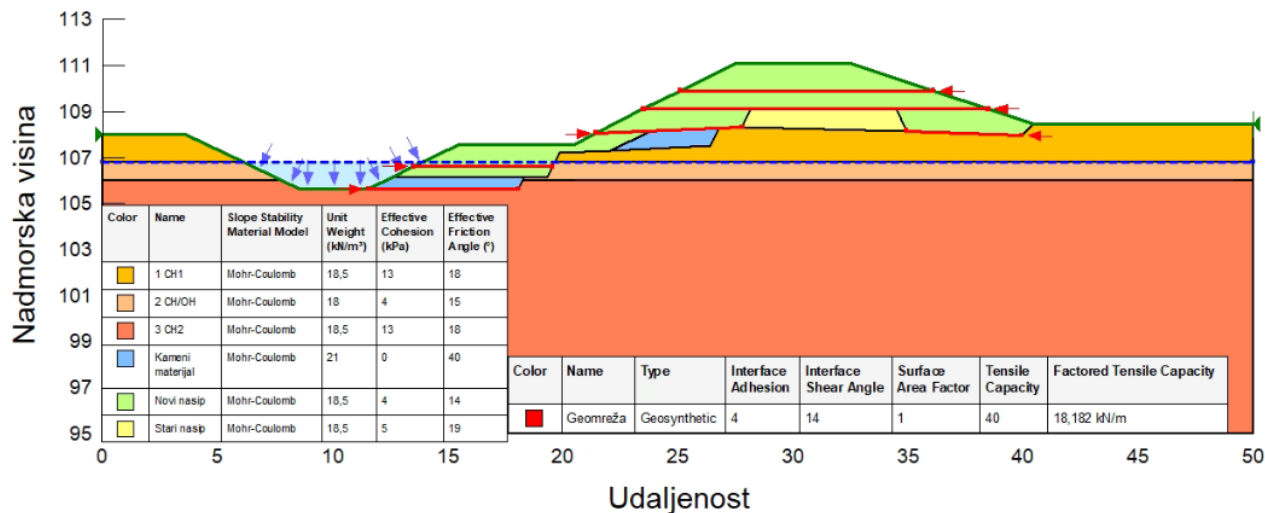


Računski model RM3

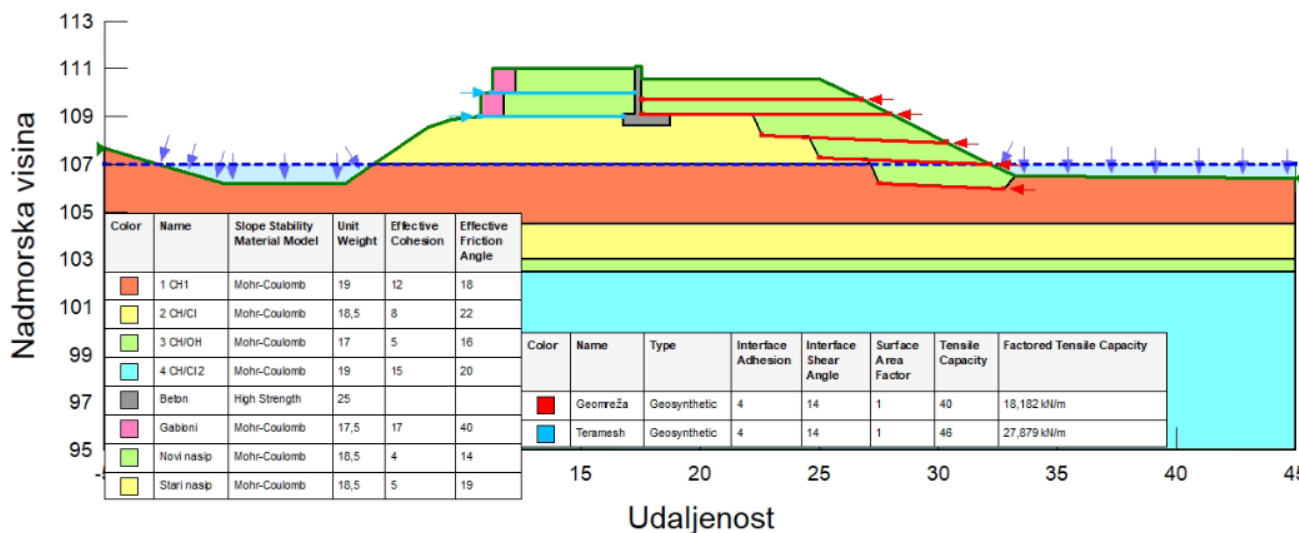




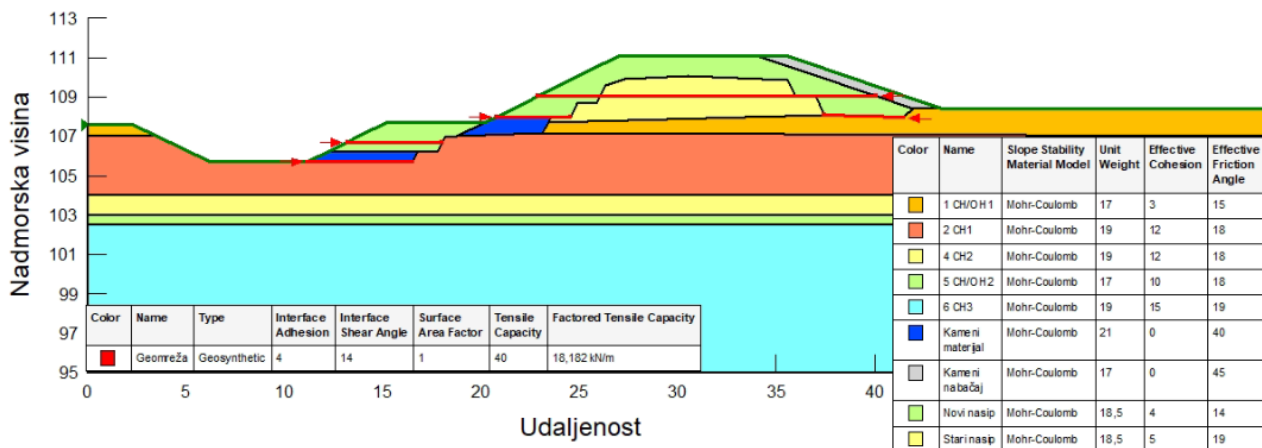
Računski model RM4



Računski model RM5

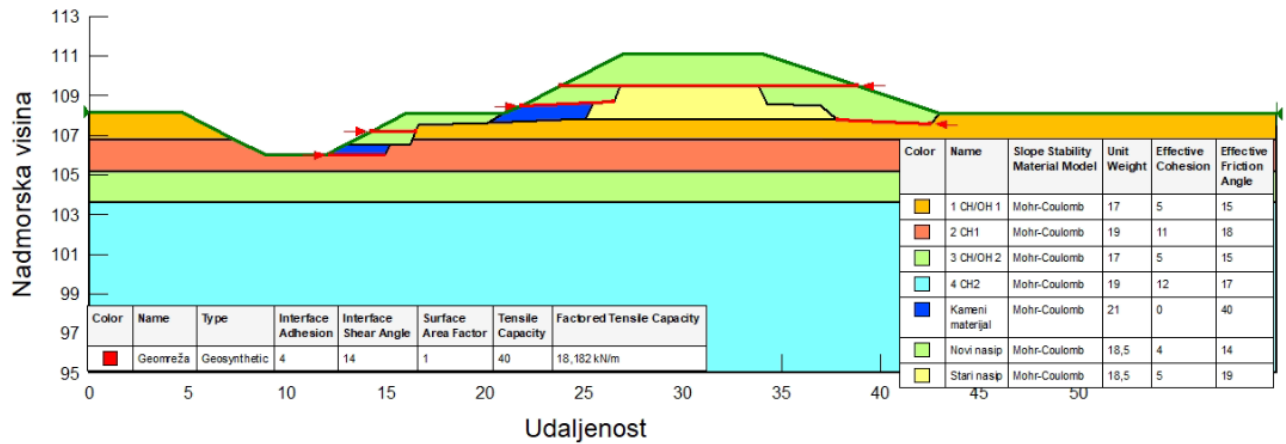


Računski model RM6

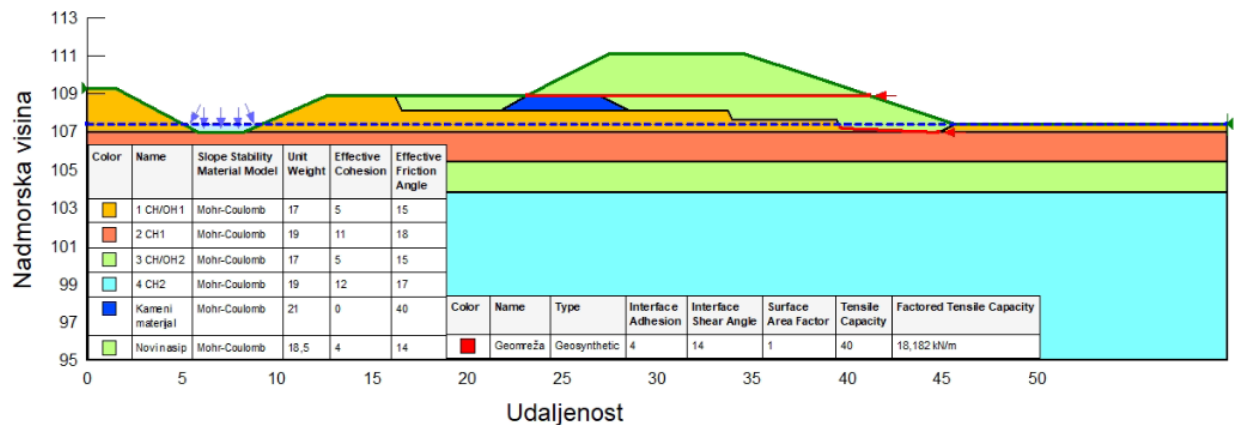




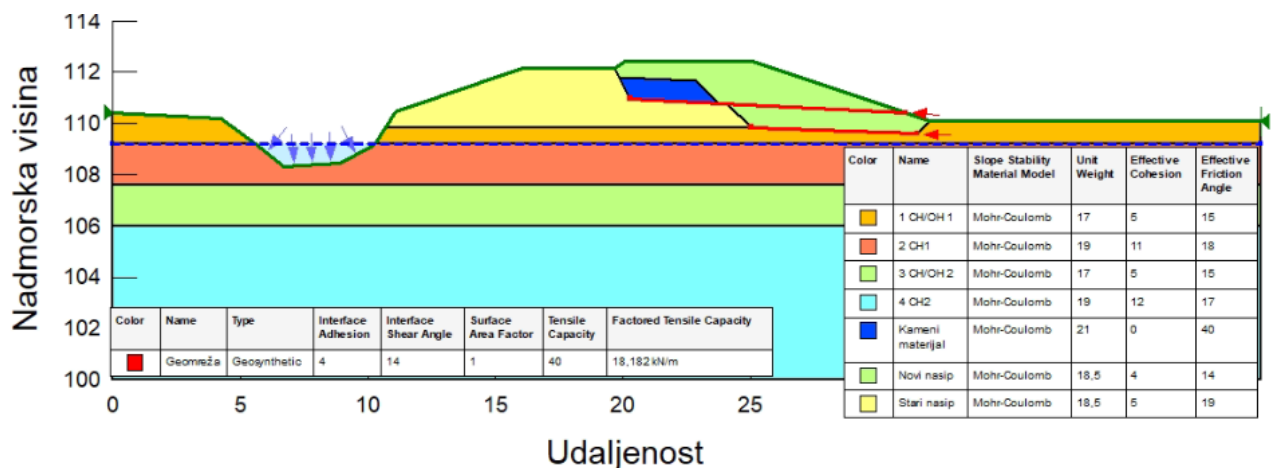
Računski model RM7



Računski model RM8



Računski model RM9





3.6.4 REZULTATI PRORAČUNA

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

R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	F _{smin}	F _s	Napomena
RM1					
1	RM1-S1	Kraj gradnje	1,00	8,844	- ribnjaci
2	RM1-S1	Kraj gradnje	1,00	4,384	- retencija
3	RM1-S2	Eksploatacija	1,00	1,359	- ribnjaci
4	RM1-S2	Eksploatacija	1,00	1,551	- retencija
5	RM1-S3	Velika voda	1,00	1,705	- ribnjaci
6	RM1-S3	Velika voda	1,00	1,674	- retencija
7	RM1-S4	Naglo sniženje	1,00	1,353	- ribnjaci
8	RM1-S4	Naglo sniženje	1,00	1,674	- retencija
9	RM1-S5	Potres	1,10	5,496	- ribnjaci
10	RM1-S5	Potres	1,10	3,975	- retencija
RM2					
1	RM2-S1	Kraj gradnje	1,00	5,875	- ribnjaci
2	RM2-S1	Kraj gradnje	1,00	6,131	- retencija
3	RM2-S2	Eksploatacija	1,00	1,525	- ribnjaci
4	RM2-S2	Eksploatacija	1,00	1,919	- retencija
5	RM2-S3	Velika voda	1,00	1,857	- ribnjaci
6	RM2-S3	Velika voda	1,00	2,232	- retencija
7	RM2-S4	Naglo sniženje	1,00	1,376	- ribnjaci
8	RM2-S4	Naglo sniženje	1,00	2,099	- retencija (nasip)
9	RM2-S4	Naglo sniženje	1,00	1,128	- retencija (berma)
10	RM2-S5	Potres	1,10	4,244	- ribnjaci
11	RM2-S5	Potres	1,10	4,596	- retencija (nasip)
12	RM2-S5	Potres	1,10	4,009	- retencija (berma)
RM3					
1	RM3-S1	Kraj gradnje	1,00	9,015	- ribnjaci
2	RM3-S1	Kraj gradnje	1,00	6,023	- retencija
3	RM3-S2	Eksploatacija	1,00	1,478	- ribnjaci
4	RM3-S2	Eksploatacija	1,00	1,237	- retencija
5	RM3-S3	Velika voda	1,00	2,278	- ribnjaci
6	RM3-S3	Velika voda	1,00	1,863	- retencija
7	RM3-S4	Naglo sniženje	1,00	1,880	- ribnjaci
8	RM3-S4	Naglo sniženje	1,00	1,253	- retencija (nasip)
9	RM3-S4	Naglo sniženje	1,00	1,389	- retencija (berma)
10	RM3-S5	Potres	1,10	5,633	- ribnjaci
11	RM3-S5	Potres	1,10	4,559	- retencija (nasip)
12	RM3-S5	Potres	1,10	3,652	- retencija (berma)



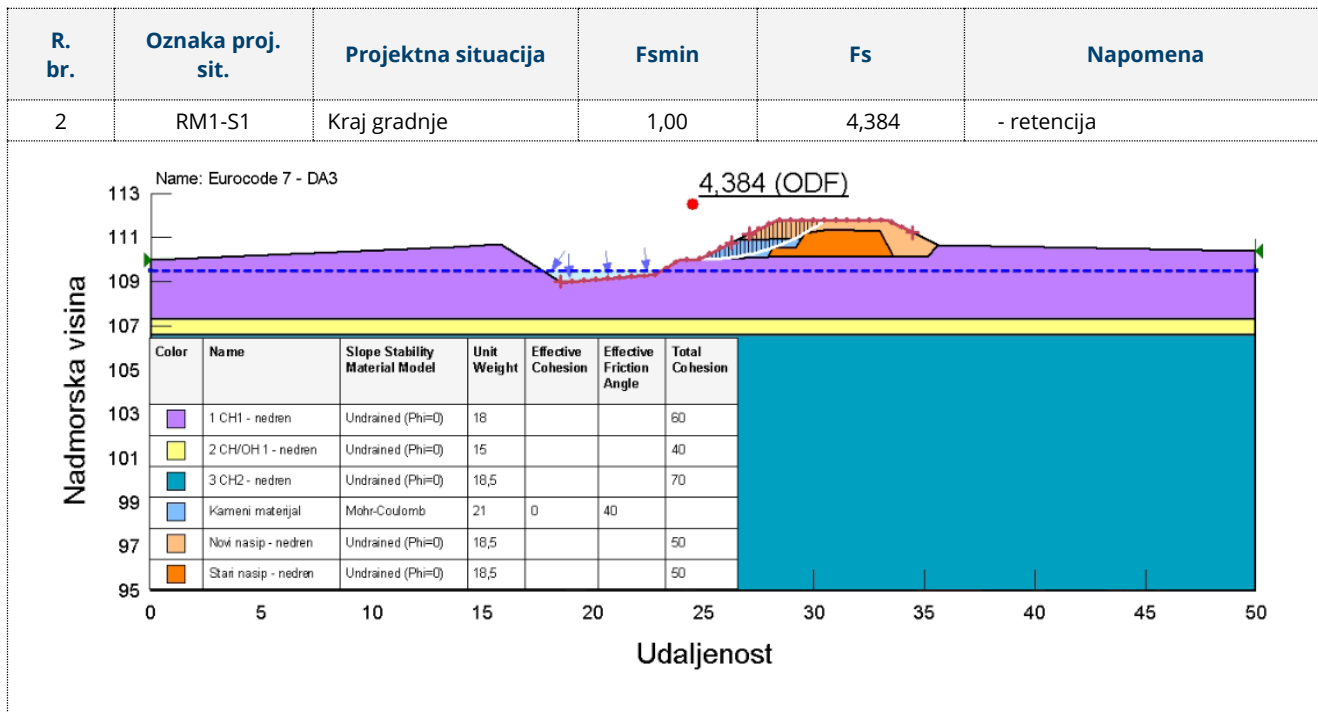
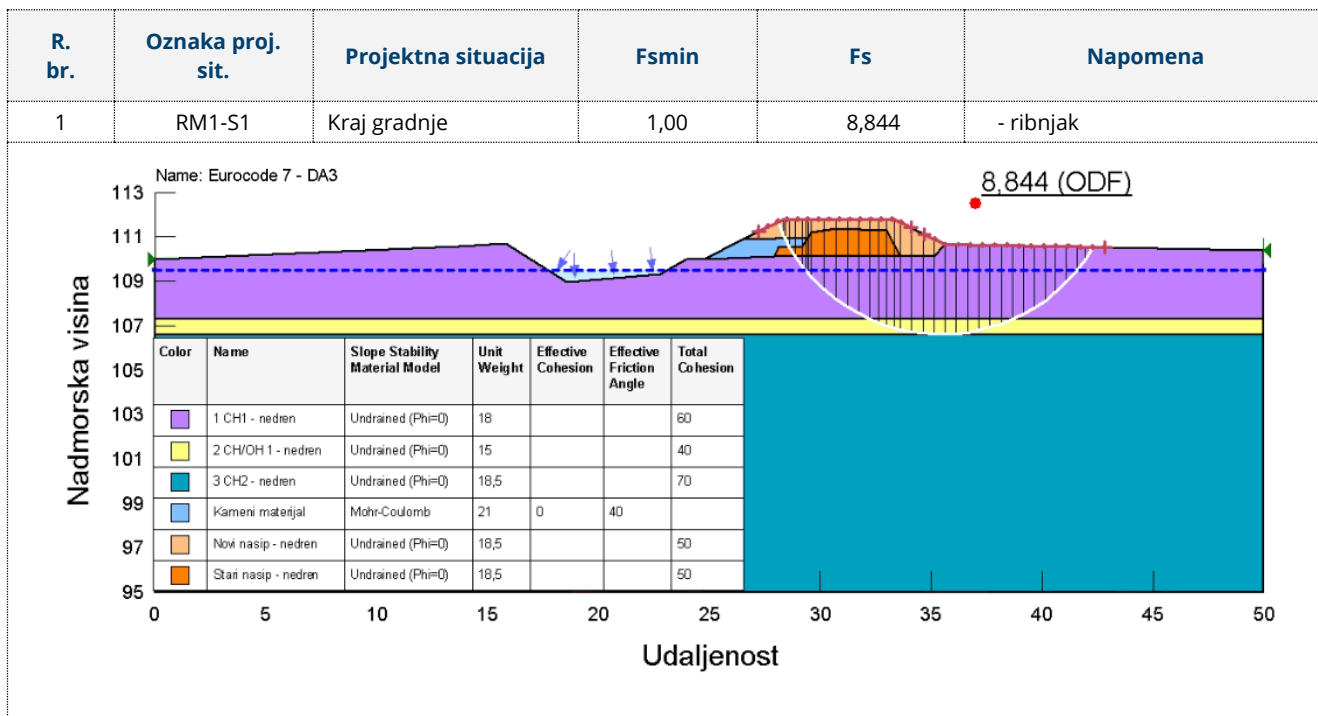
R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Fsmin	Fs	Napomena
RM4					
1	RM4-S1	Kraj gradnje	1,00	5,740	- ribnjaci
2	RM4-S1	Kraj gradnje	1,00	3,644	- retencija
3	RM4-S2	Eksploatacija	1,00	1,533	- ribnjaci
4	RM4-S2	Eksploatacija	1,00	1,262	- retencija
5	RM4-S2	Velika voda	1,00	1,994	- ribnjaci
6	RM4-S3	Velika voda	1,00	1,389	- retencija
7	RM4-S3	Naglo sniženje	1,00	1,734	- ribnjaci
8	RM4-S4	Naglo sniženje	1,00	1,043	- retencija (nasip)
9	RM4-S4	Naglo sniženje	1,00	1,728	- retencija (berma)
10	RM4-S5	Potres	1,10	4,440	- ribnjaci
11	RM4-S5	Potres	1,10	3,087	- retencija
RM5					
1	RM5-S1	Kraj gradnje	1,00	3,435	- ribnjaci
2	RM5-S1	Kraj gradnje	1,00	2,999	- retencija
3	RM5-S2	Eksploatacija	1,00	1,269	- ribnjaci
4	RM5-S2	Eksploatacija	1,00	1,188	- retencija
5	RM5-S3	Velika voda	1,00	1,516	- ribnjaci
6	RM5-S3	Velika voda	1,00	1,237	- retencija
7	RM5-S4	Naglo sniženje	1,00	1,010	- ribnjaci
8	RM5-S4	Naglo sniženje	1,00	1,041	- retencija
9	RM5-S5	Potres	1,10	3,044	- ribnjaci
10	RM5-S5	Potres	1,10	2,946	- retencija
RM6					
1	RM6-S1	Kraj gradnje	1,00	3,759	- ribnjaci
2	RM6-S1	Kraj gradnje	1,00	3,046	- retencija
3	RM6-S2	Eksploatacija	1,00	1,252	- ribnjaci
4	RM6-S2	Eksploatacija	1,00	1,124	- retencija
5	RM6-S3	Velika voda	1,00	1,402	- ribnjaci
6	RM6-S3	Velika voda	1,00	1,300	- retencija
7	RM6-S4	Naglo sniženje	1,00	1,019	- ribnjaci
8	RM6-S4	Naglo sniženje	1,00	1,045	- retencija (nasip)
9	RM6-S4	Naglo sniženje	1,00	1,629	- retencija (berma)
10	RM6-S5	Potres	1,10	3,068	- ribnjaci
11	RM6-S5	Potres	1,10	2,726	- retencija (nasip)
12	RM6-S5	Potres	1,10	3,965	- retencija (berma)
RM7					
1	RM7-S1	Kraj gradnje	1,00	3,082	- ribnjaci
2	RM7-S1	Kraj gradnje	1,00	2,625	- retencija
3	RM7-S2	Eksploatacija	1,00	1,367	- ribnjaci
4	RM7-S2	Eksploatacija	1,00	1,247	- retencija
5	RM7-S3	Velika voda	1,00	1,485	- ribnjaci
6	RM7-S3	Velika voda	1,00	1,347	- retencija

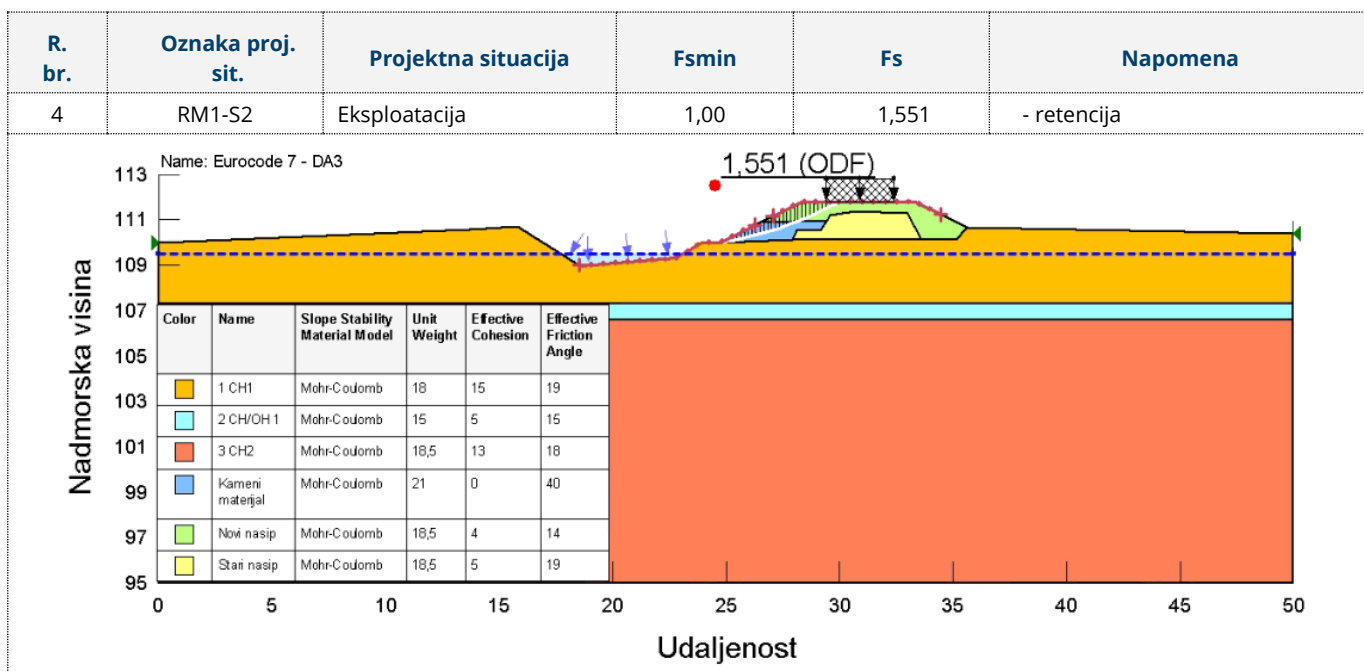
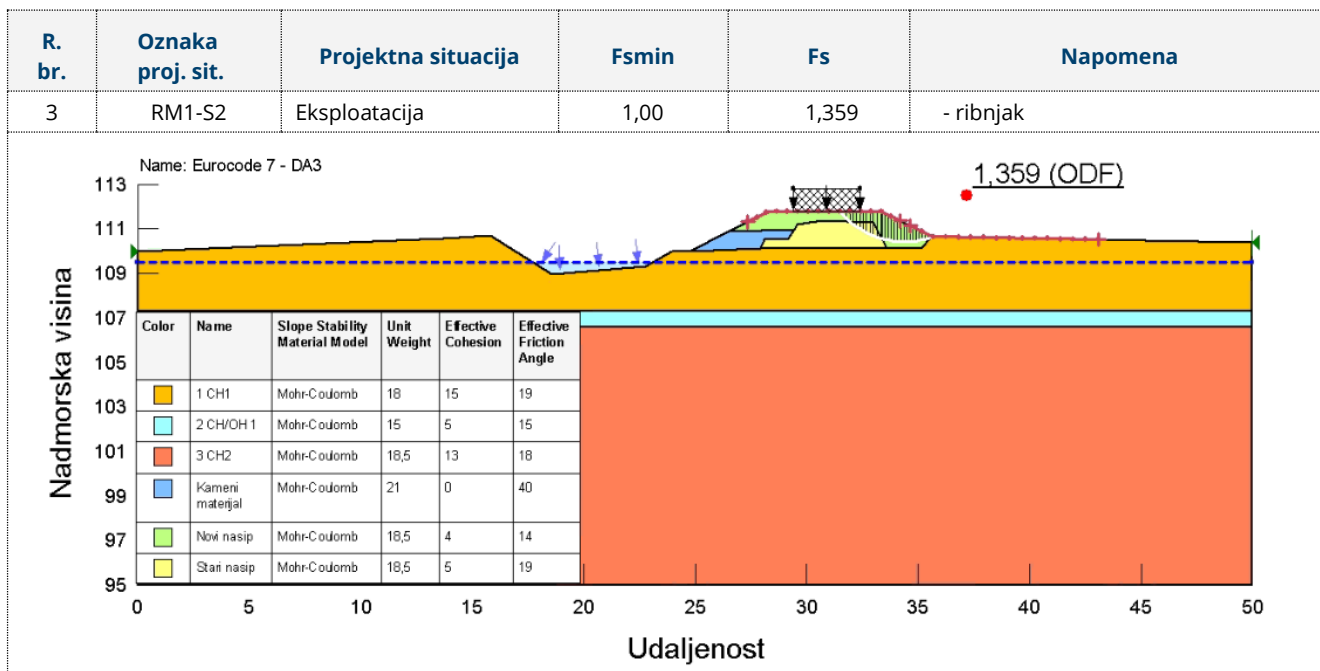


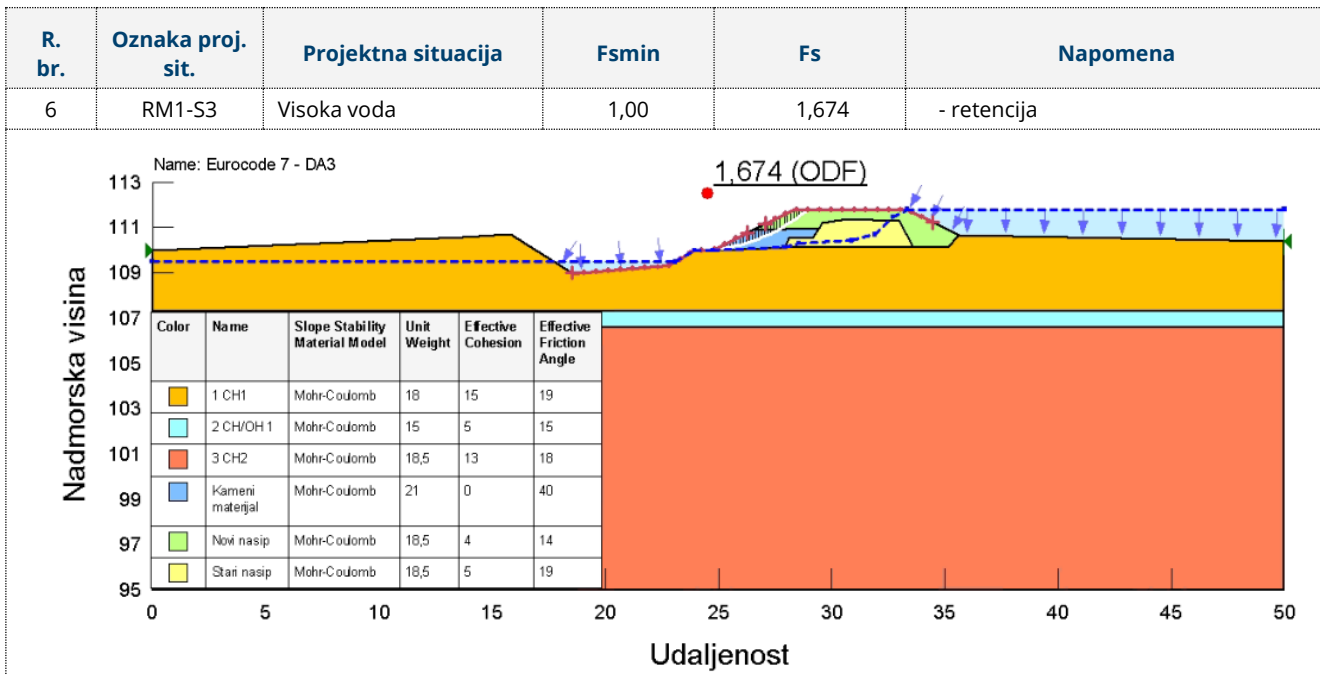
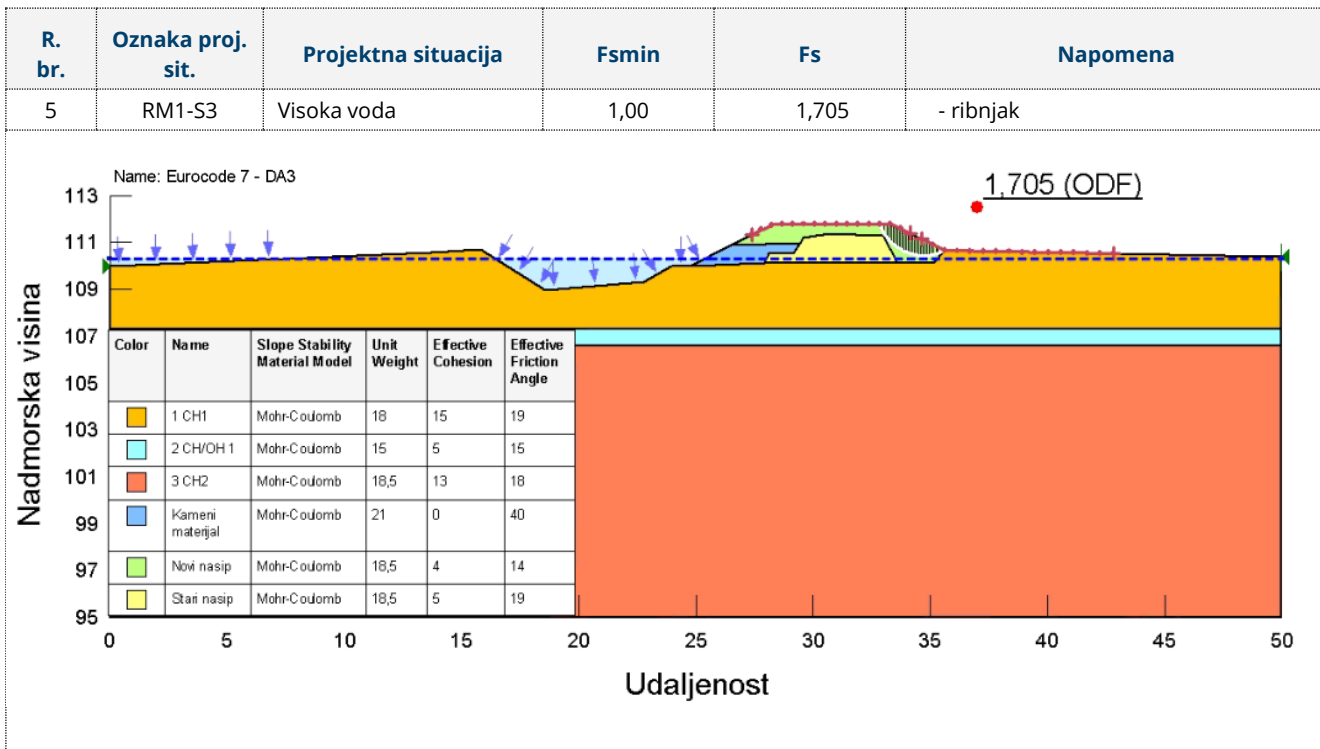
R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Fsmin	Fs	Napomena
7	RM7-S4	Naglo sniženje	1,00	1,100	- ribnjaci
8	RM7-S4	Naglo sniženje	1,00	1,016	- retencija (nasip)
9	RM7-S4	Naglo sniženje	1,00	1,035	- retencija (berma)
10	RM7-S5	Potres	1,10	2,539	- ribnjaci
11	RM7-S5	Potres	1,10	2,288	- retencija (nasip)
12	RM7-S5	Potres	1,10	3,322	- retencija (berma)
RM8					
1	RM8-S1	Kraj gradnje	1,00	3,273	- ribnjaci
2	RM8-S1	Kraj gradnje	1,00	3,980	- retencija
3	RM8-S2	Eksploatacija	1,00	1,272	- ribnjaci
4	RM8-S2	Eksploatacija	1,00	1,080	- retencija
5	RM8-S3	Velika voda	1,00	1,407	- ribnjaci
6	RM8-S3	Velika voda	1,00	1,250	- retencija
7	RM8-S4	Naglo sniženje	1,00	1,006	- ribnjaci
8	RM8-S4	Naglo sniženje	1,00	1,037	- retencija (nasip)
9	RM8-S5	Potres	1,10	2,611	- ribnjaci
10	RM8-S5	Potres	1,10	2,928	- retencija (nasip)
RM9					
1	RM9-S1	Kraj gradnje	1,00	4,189	- ribnjaci
2	RM9-S1	Kraj gradnje	1,00	2,902	- retencija
3	RM9-S2	Eksploatacija	1,00	1,257	- ribnjaci
4	RM9-S2	Eksploatacija	1,00	1,194	- retencija
5	RM9-S3	Velika voda	1,00	1,752	- ribnjaci
6	RM9-S3	Velika voda	1,00	1,155	- retencija
7	RM9-S4	Naglo sniženje	1,00	1,662	- ribnjaci
8	RM9-S4	Naglo sniženje	1,00	1,023	- retencija (nasip)
9	RM9-S5	Potres	1,10	3,163	- ribnjaci
10	RM9-S5	Potres	1,10	1,832	- retencija (nasip)

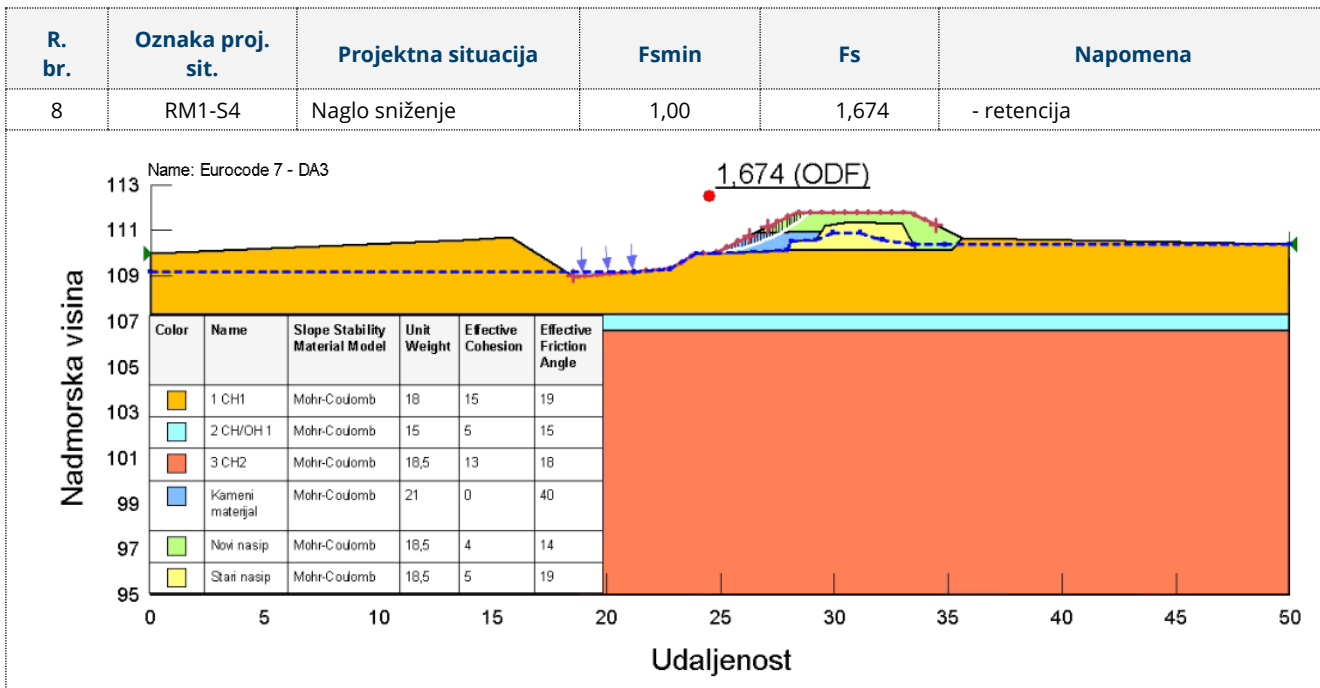
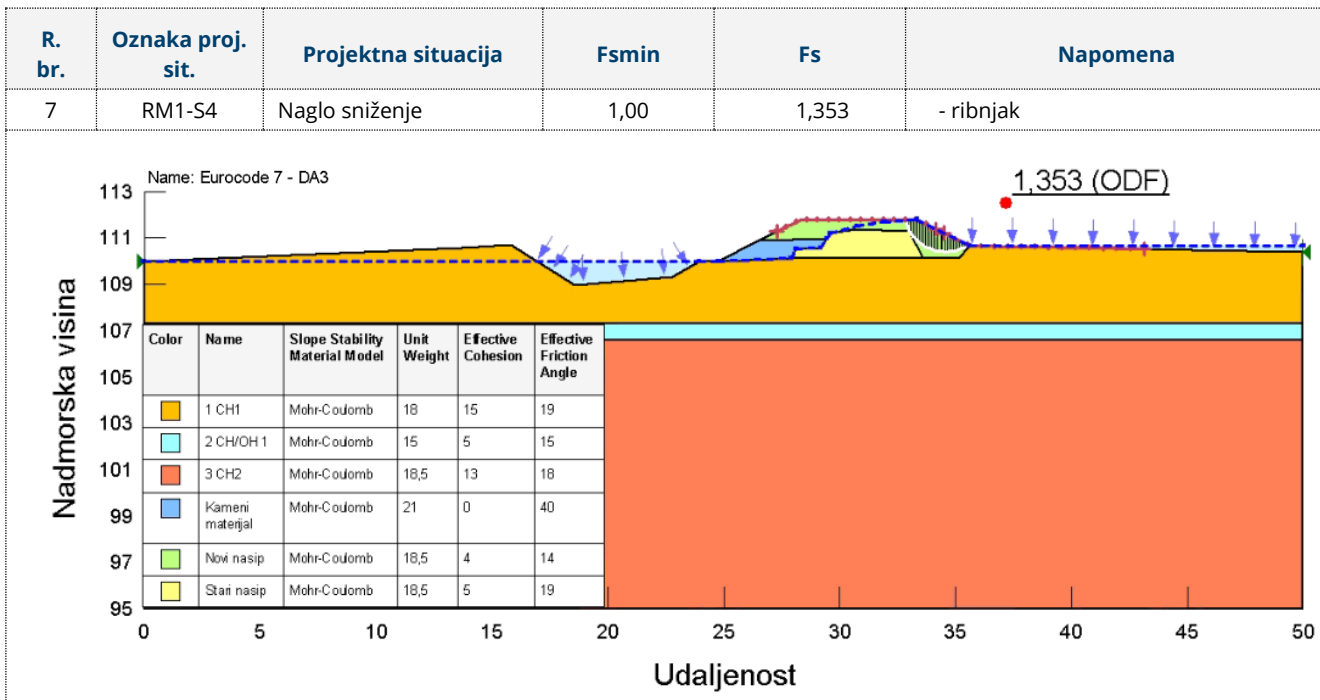


3.6.4.1 RM1 - Rezultati analize stabilnosti

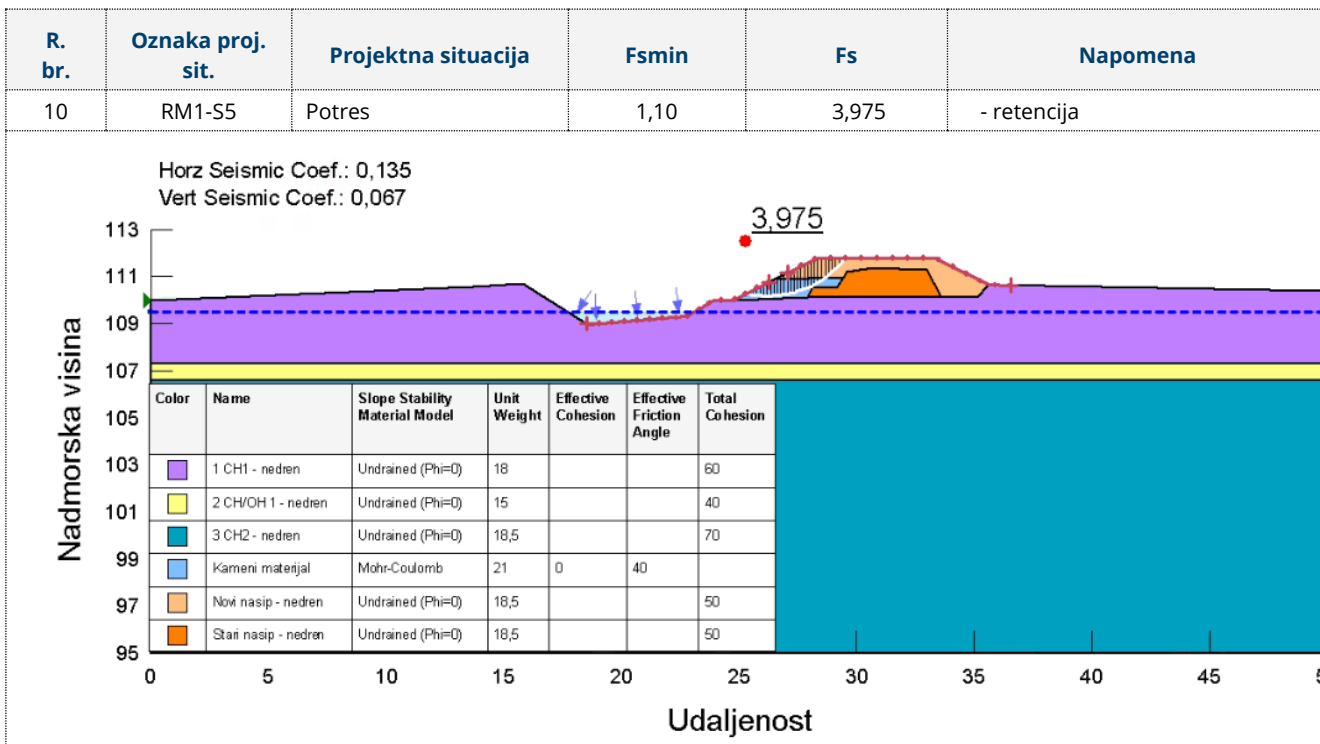
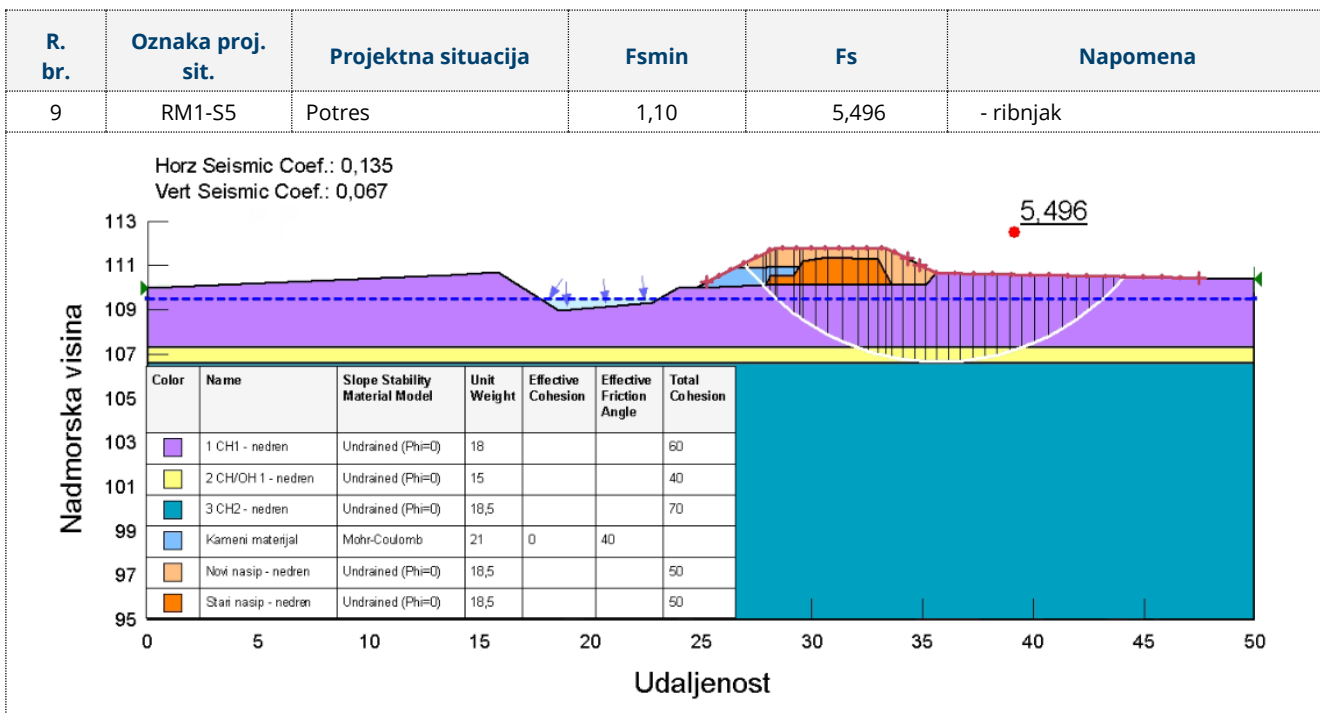






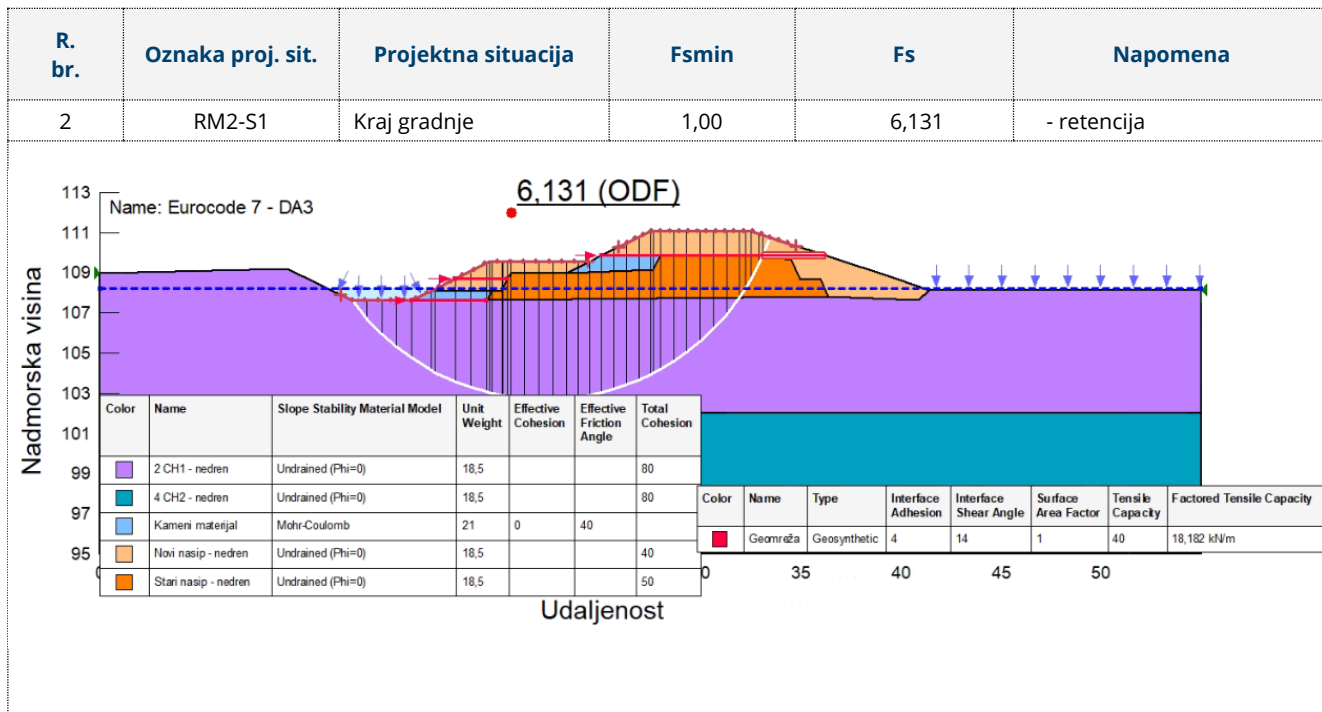
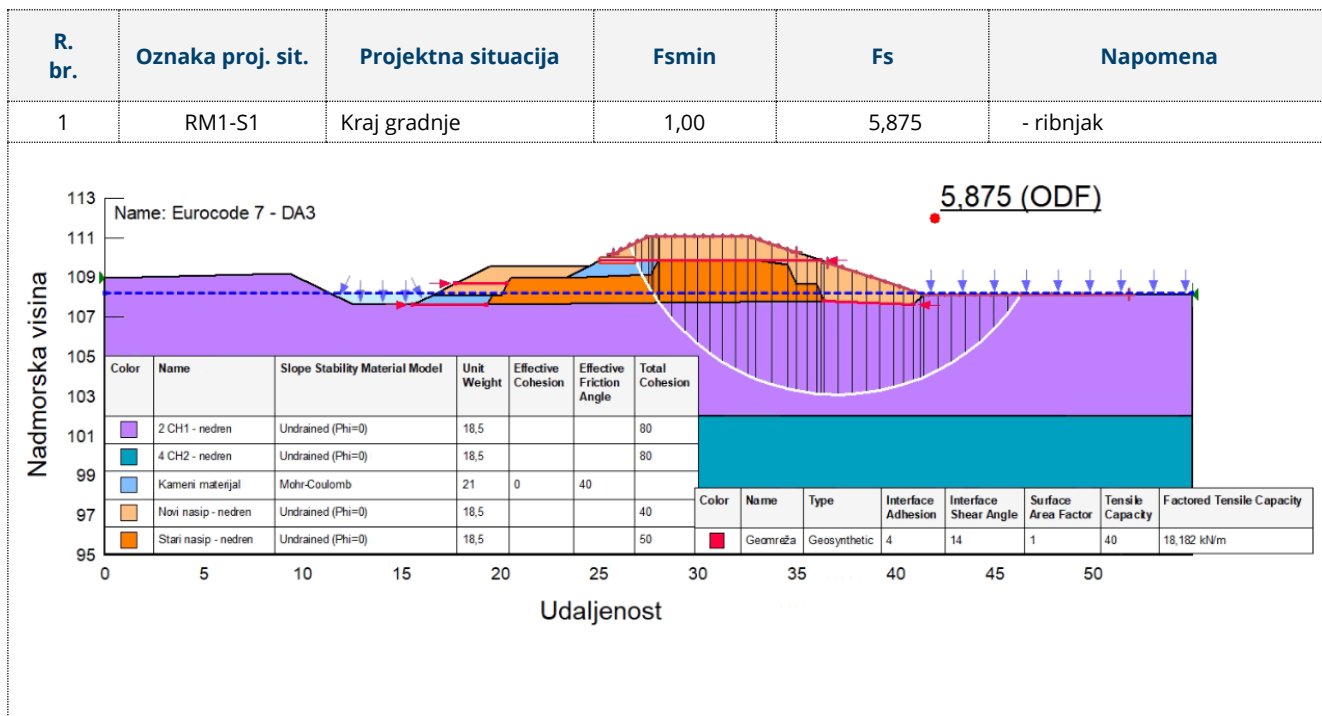


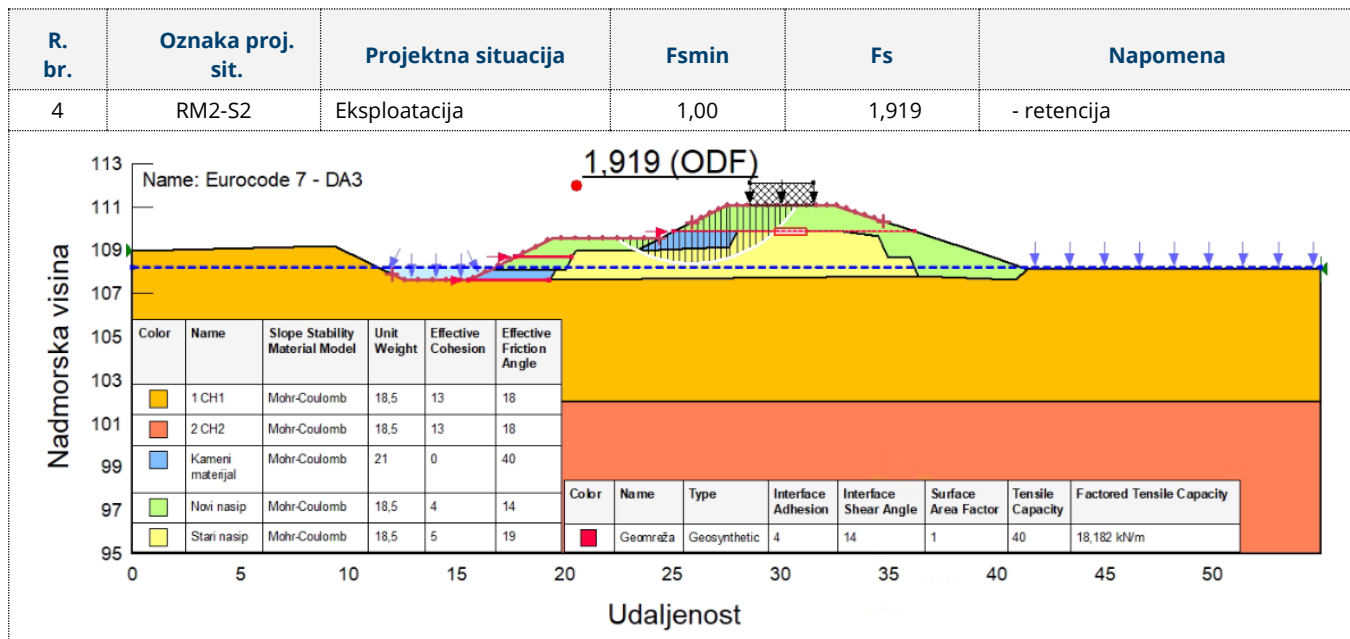
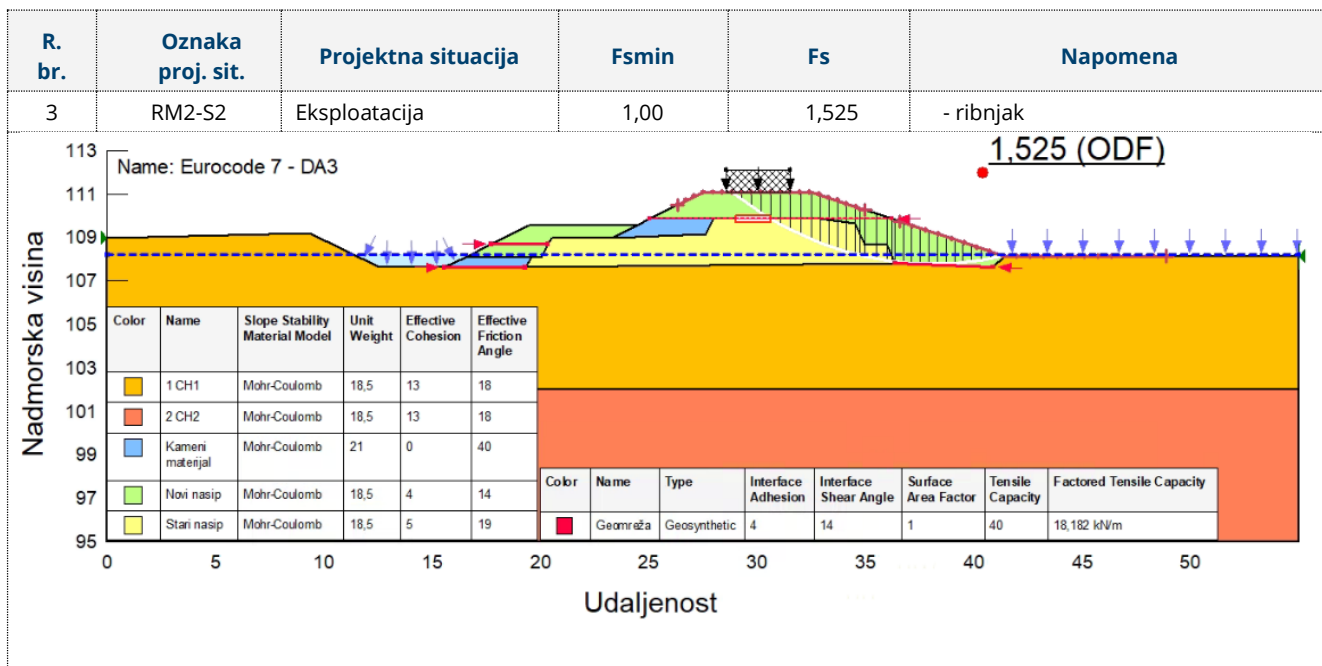
Name: Eurocode 7 - DA3





3.6.4.2 RM2 - Rezultati analize stabilnosti







Pregrada Brodarci s vodnim građevinama na kanalu Kupa-Kupa,
rijekama Kupi i Dobri i retenciji Kupčini
Nasipi za zaštitu ribnjaka Crna Mlaka

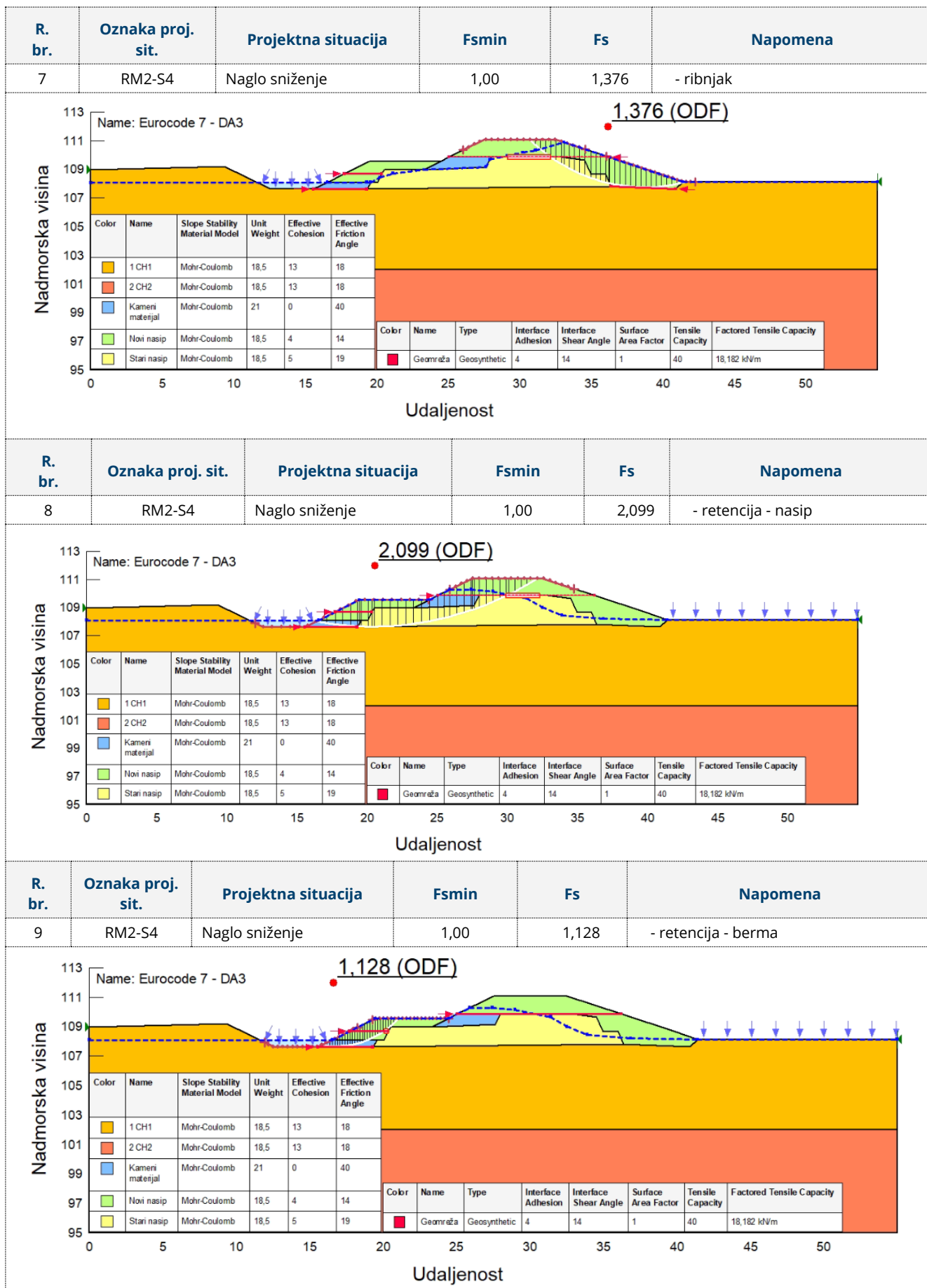
R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Fsmin	Fs	Napomena
6	RM2-S3	Visoka voda	1,00	2,232	- retencija

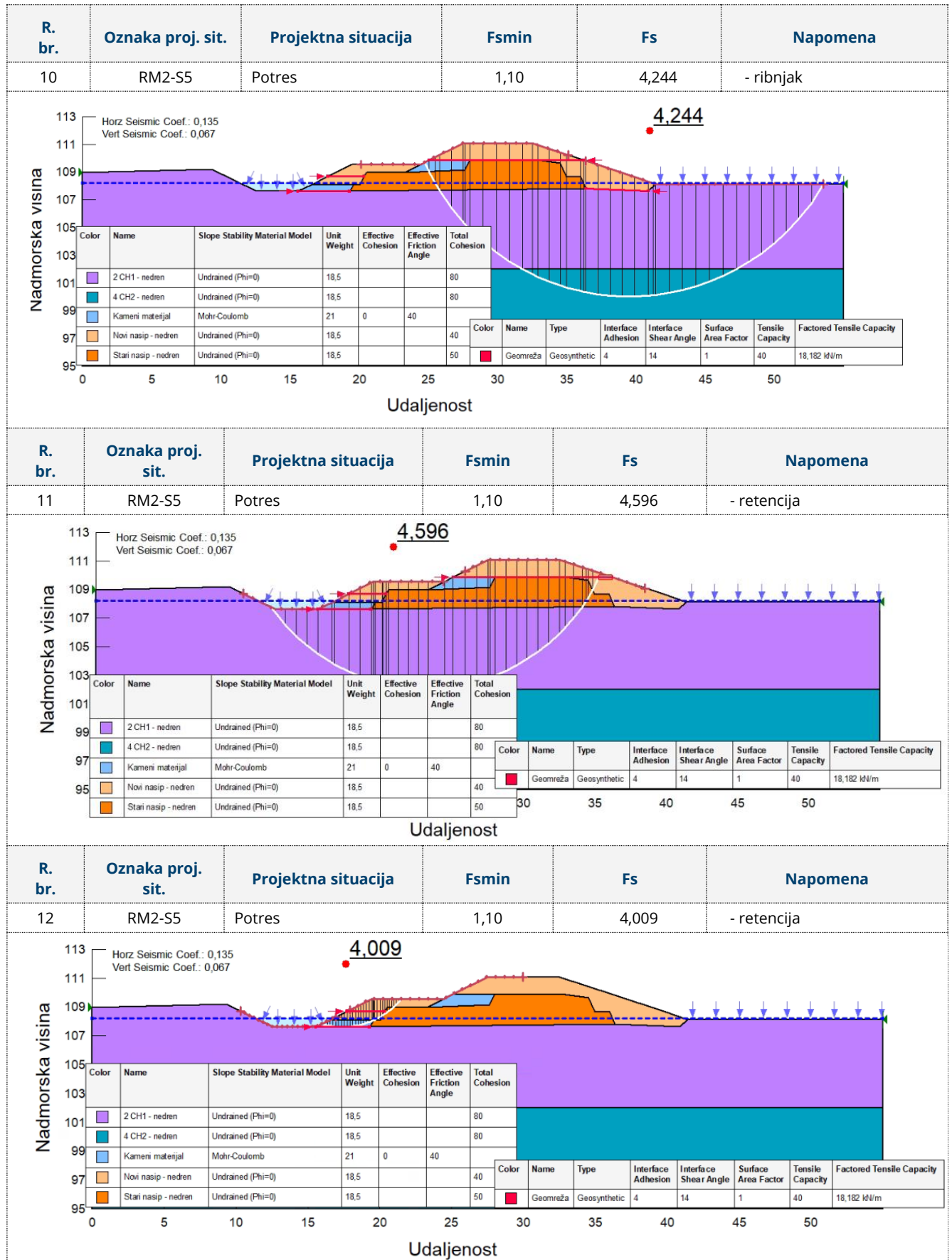
Name: Eurocode 7 - DA3

2.232 (ODF)

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight	Effective Cohesion	Effective Friction Angle
Yellow	1 CH1	Mohr-Coulomb	18,5	13	18
Orange	2 CH2	Mohr-Coulomb	18,5	13	18
Blue	Kameni materijal	Mohr-Coulomb	21	0	40
Green	Novi nasip	Mohr-Coulomb	18,5	4	14
Light Yellow	Stari nasip	Mohr-Coulomb	18,5	5	19

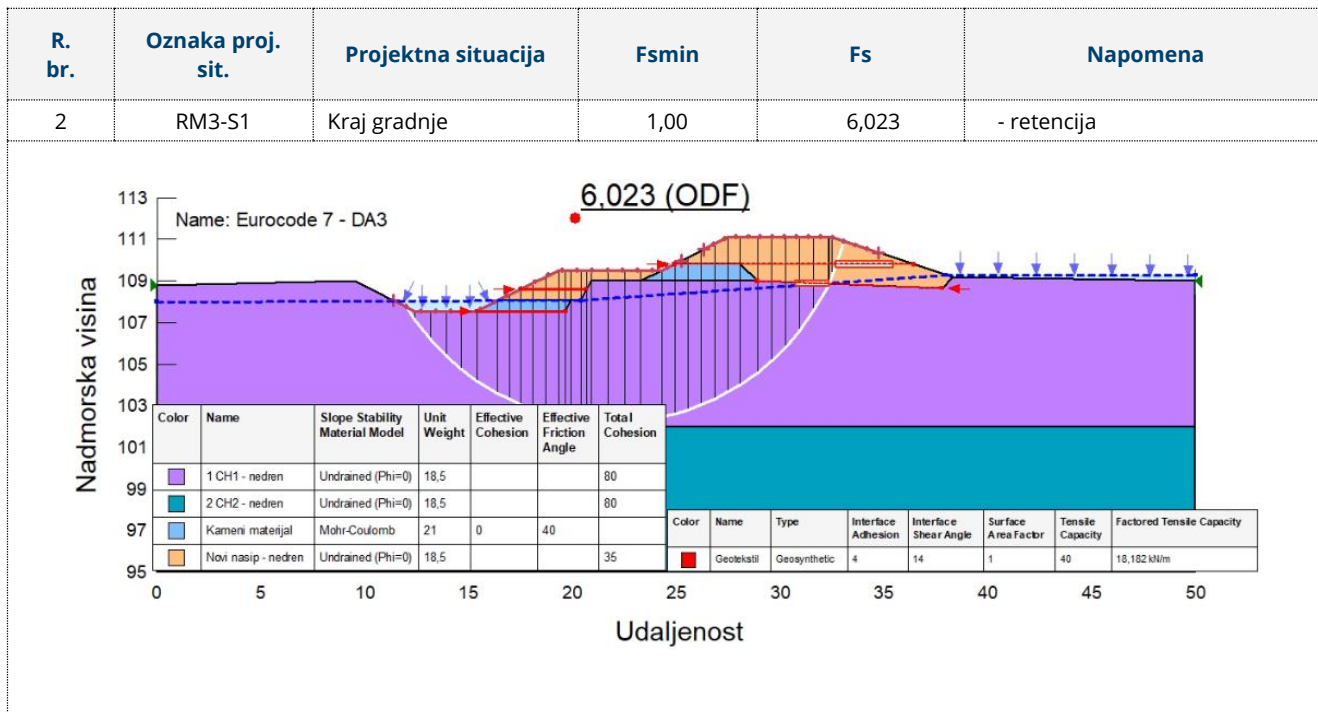
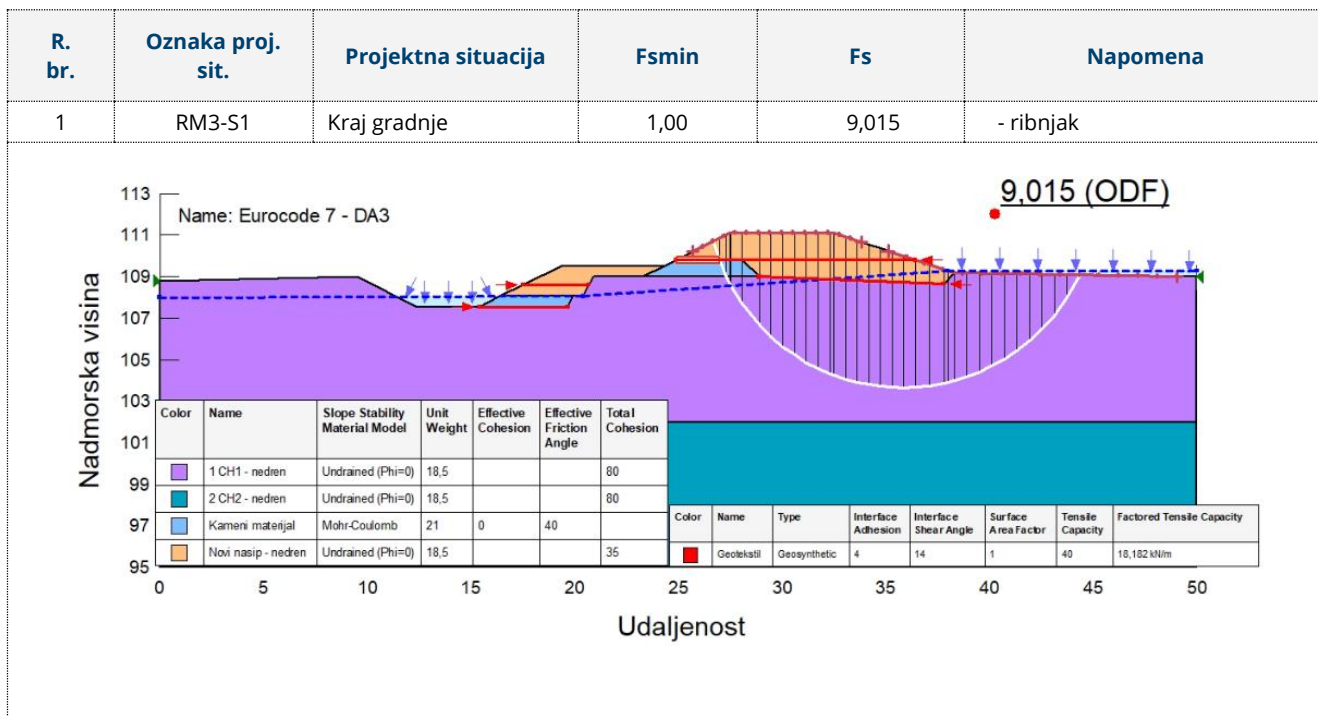
Color	Name	Type	Interface Adhesion	Interface Shear Angle	Surface Area Factor	Tensile Capacity	Factored Tensile Capacity
Red	Geomreža	Geosynthetic	4	14	1	40	18,182 kN/m

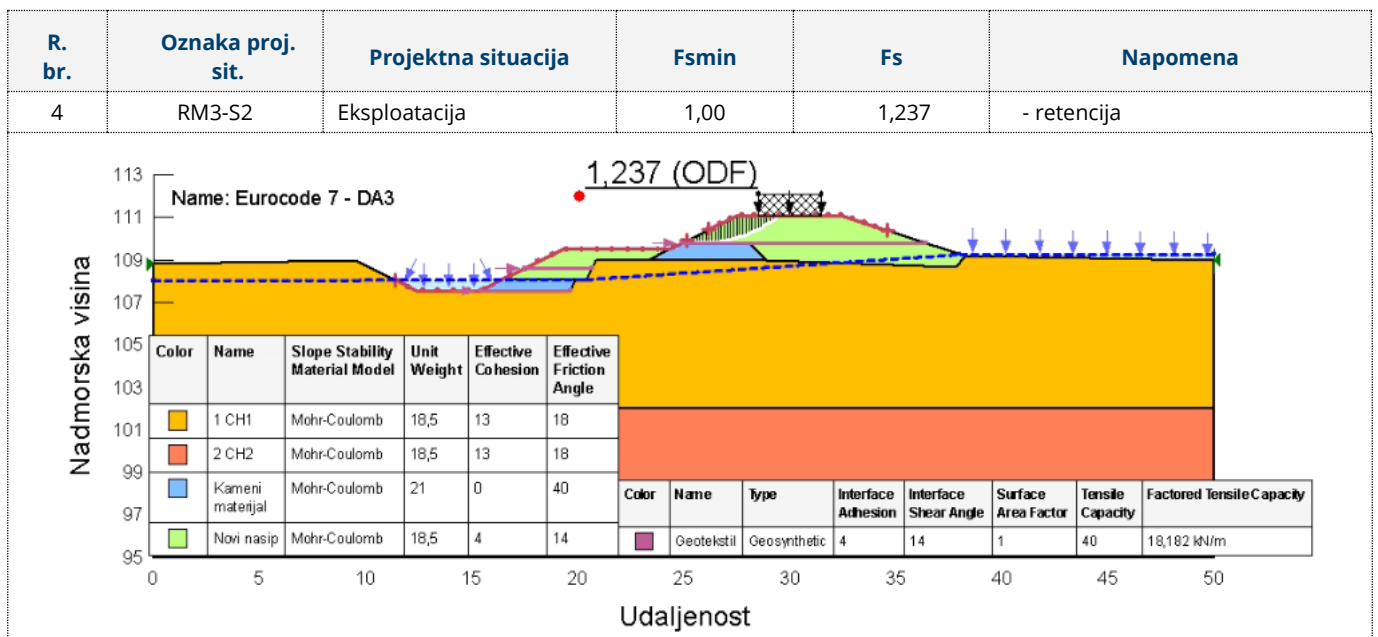
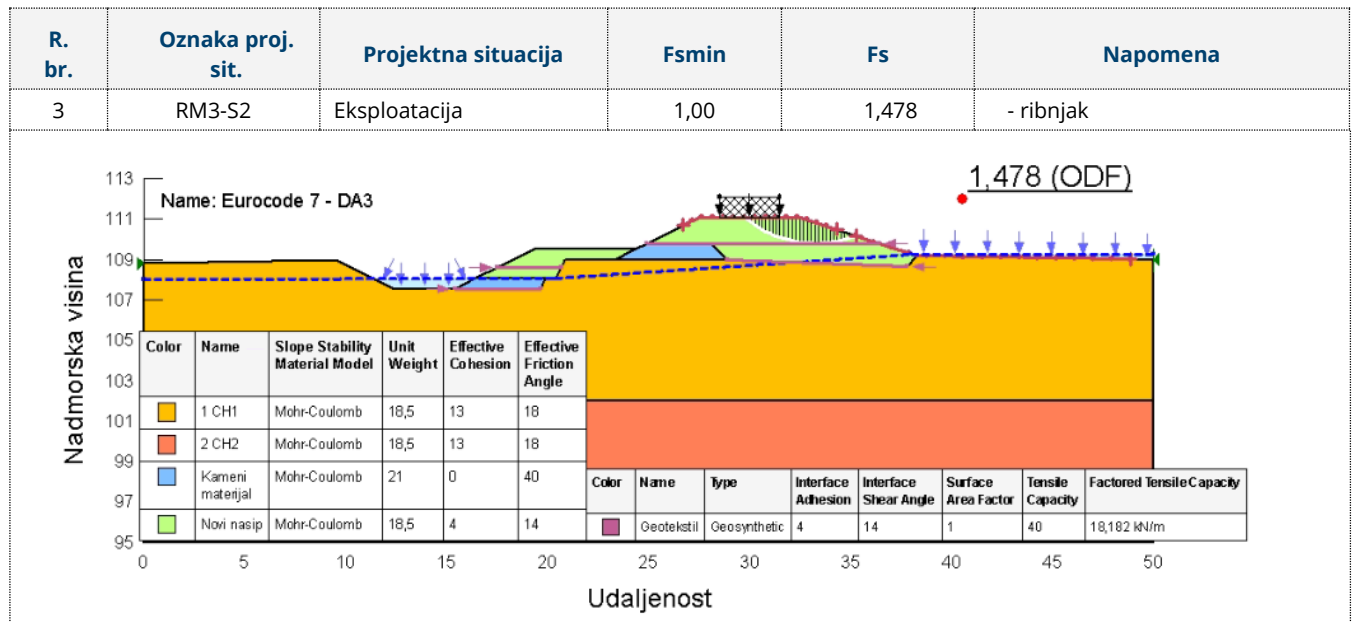


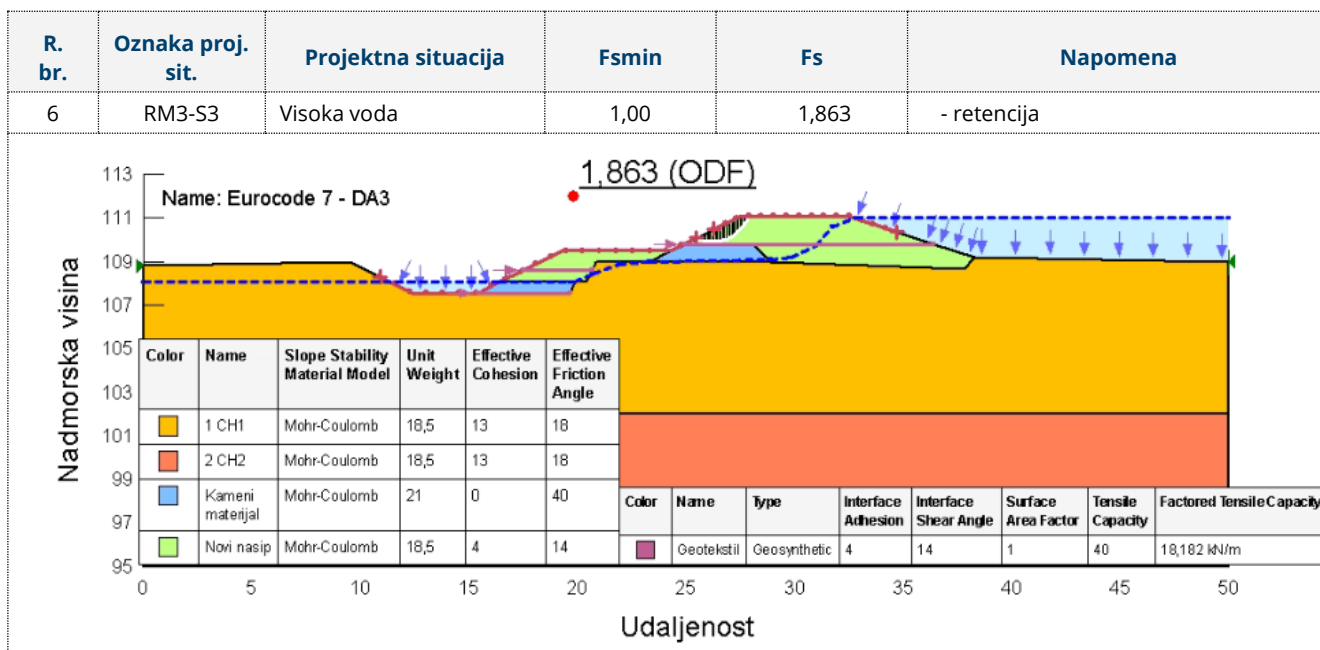
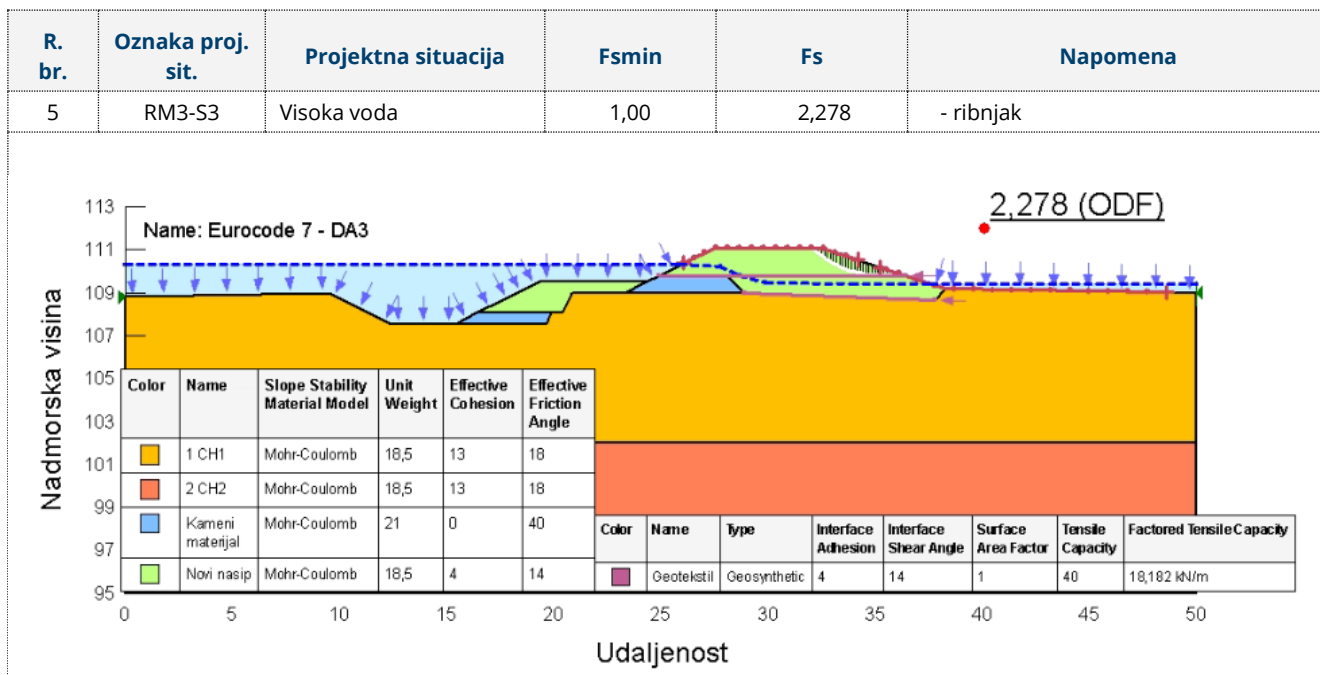


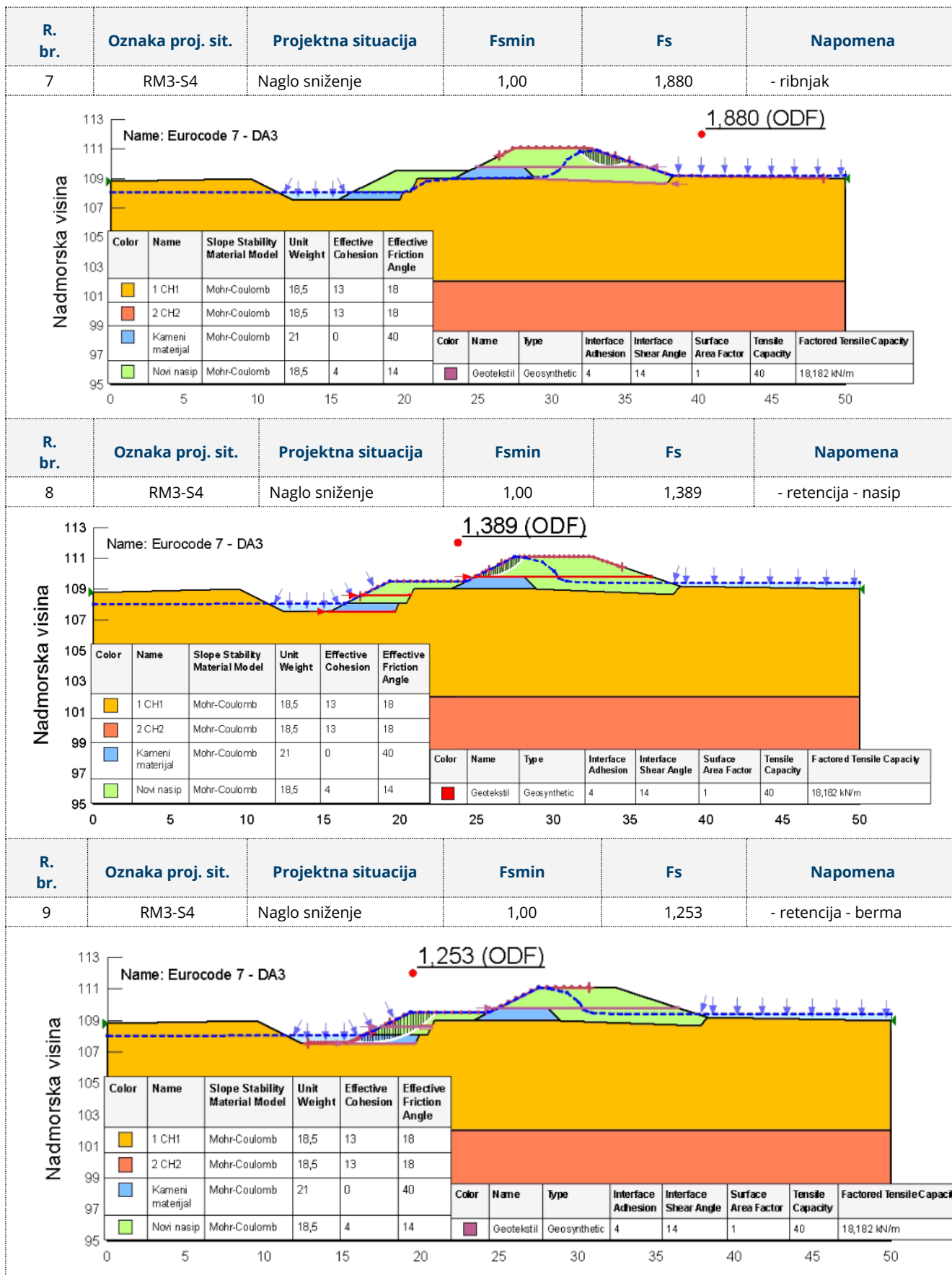


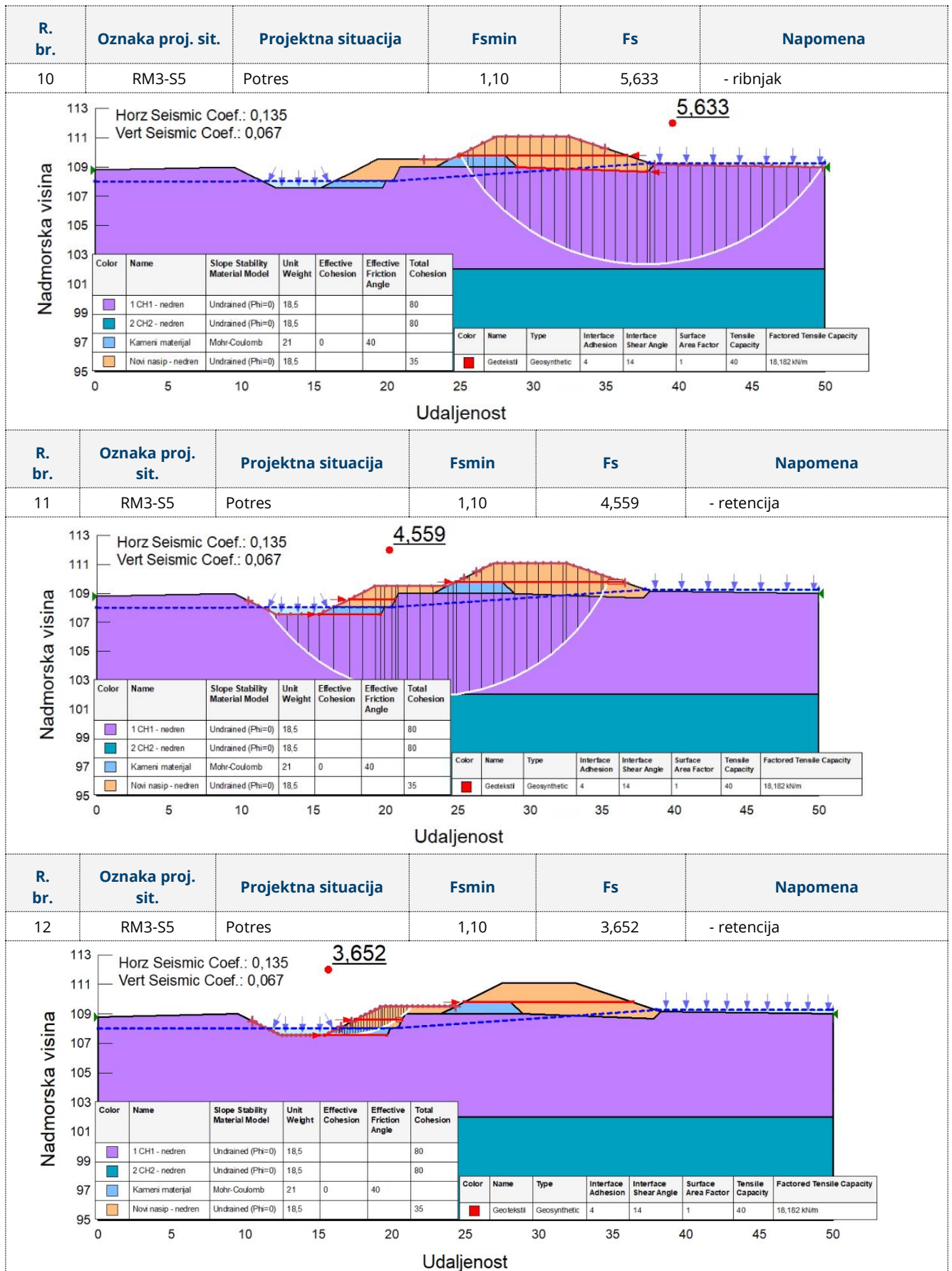
3.6.4.3 RM3 - Rezultati analize stabilnosti





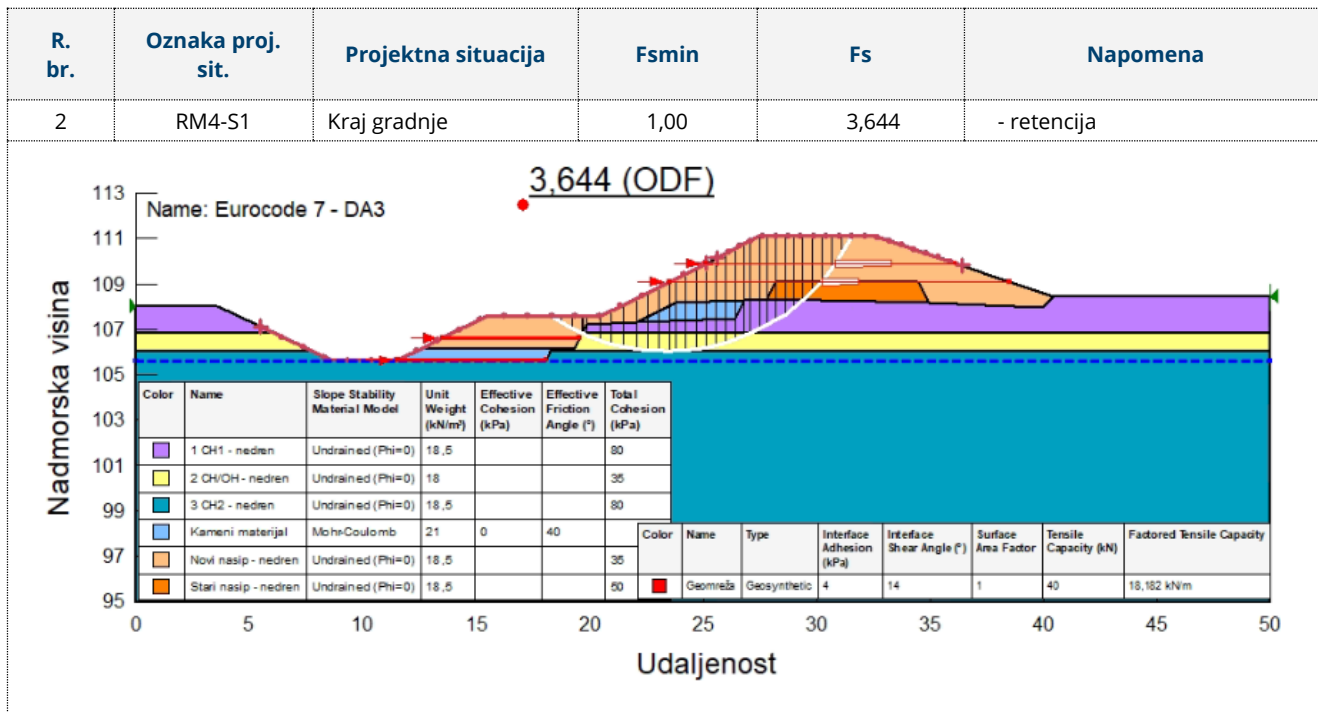
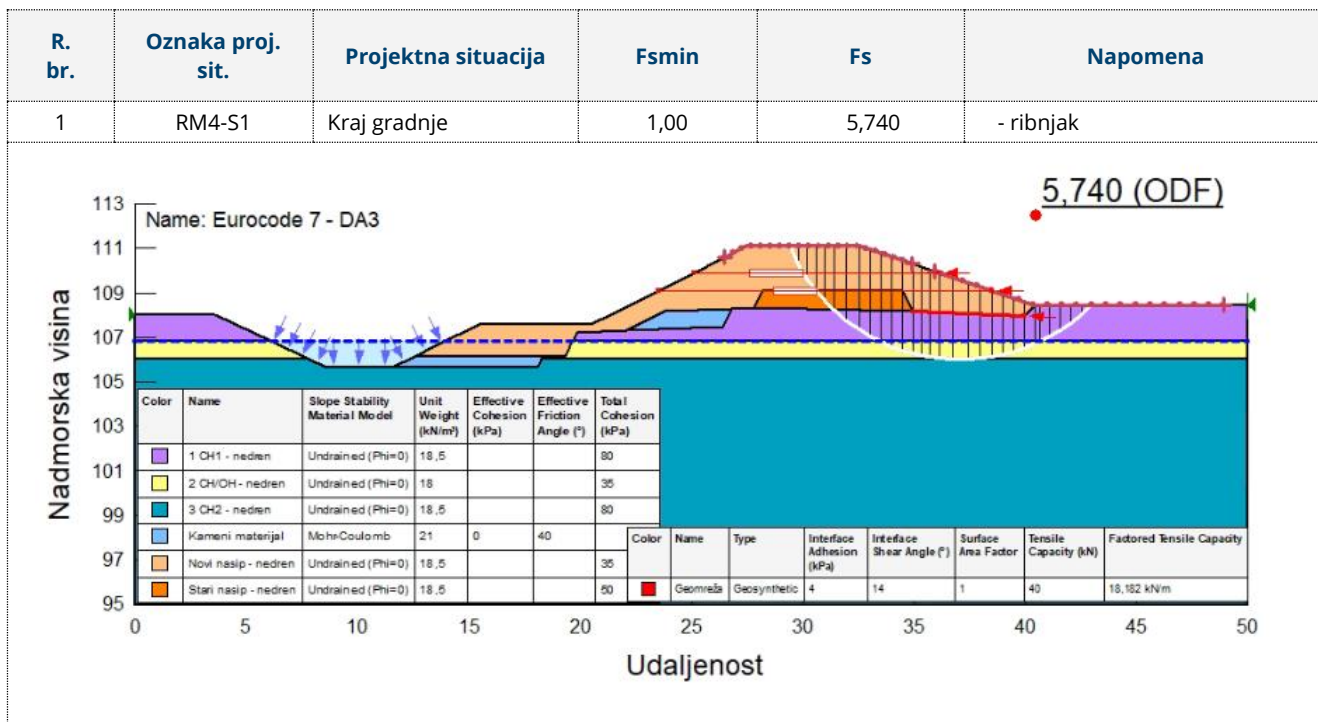


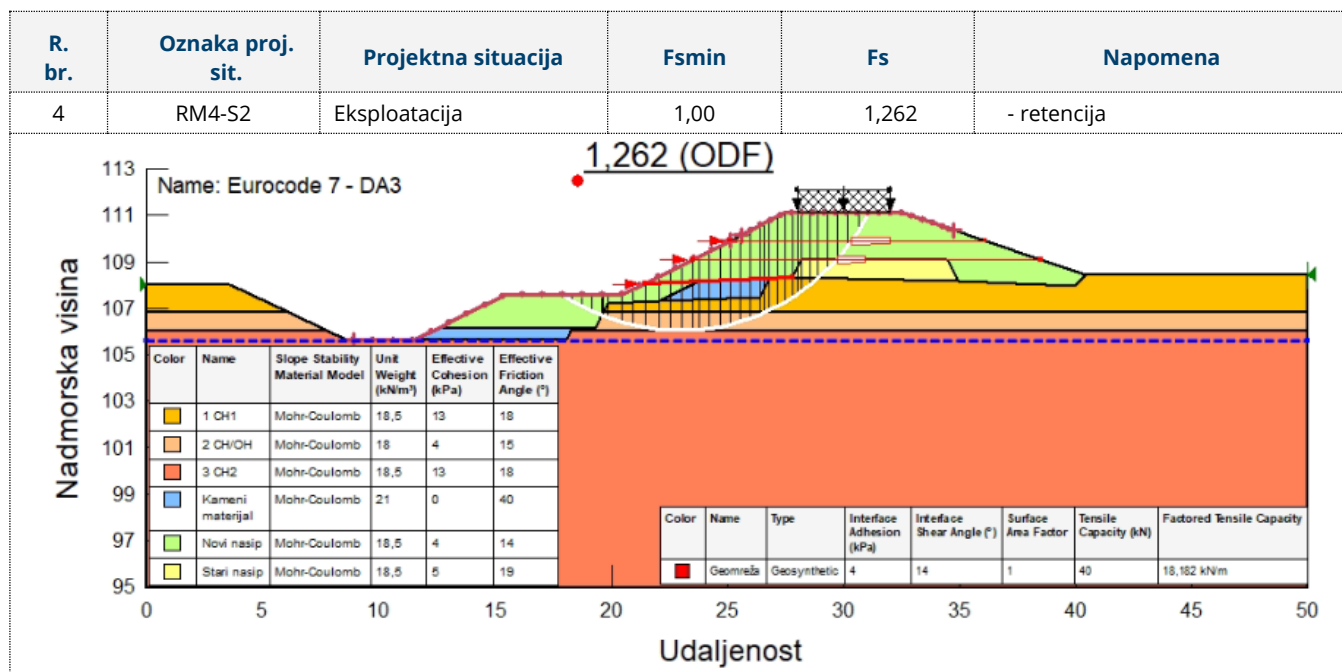
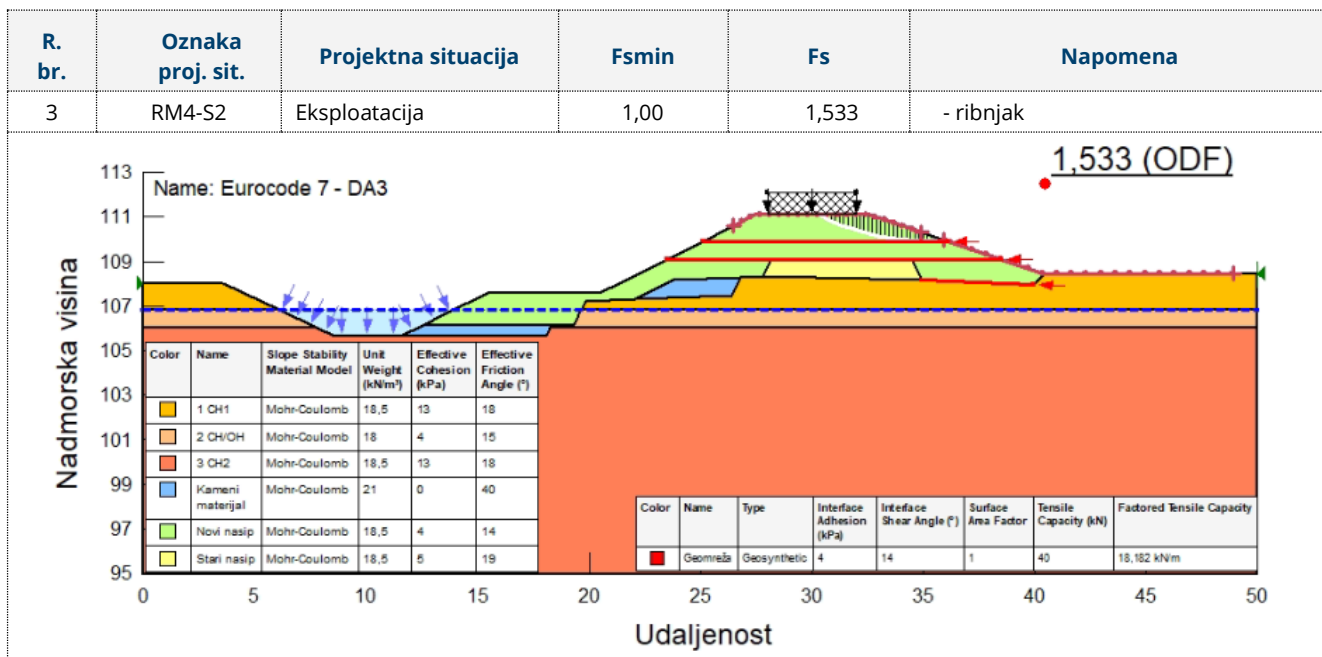


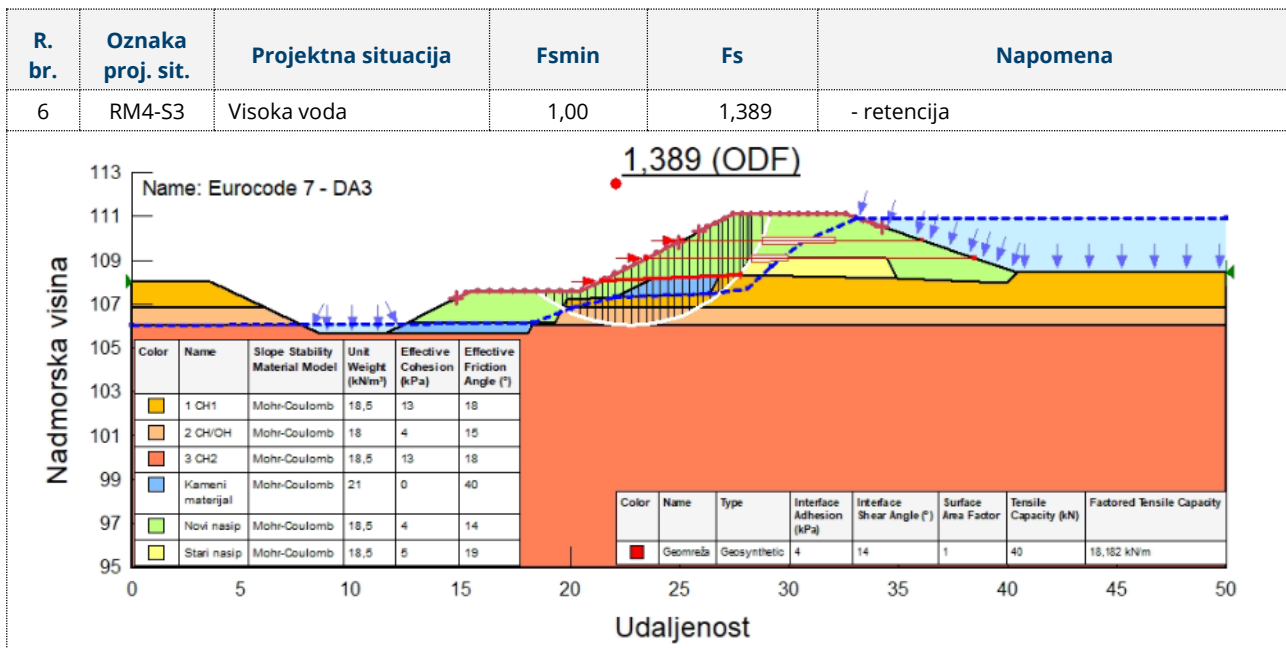
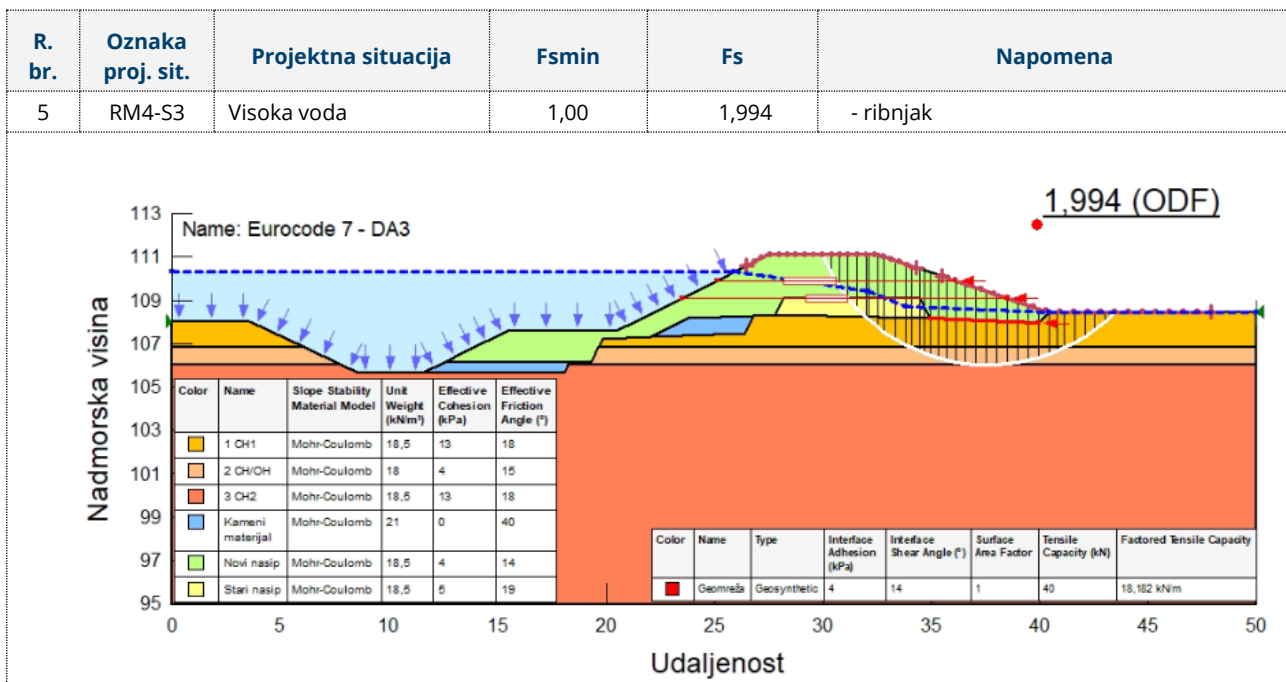


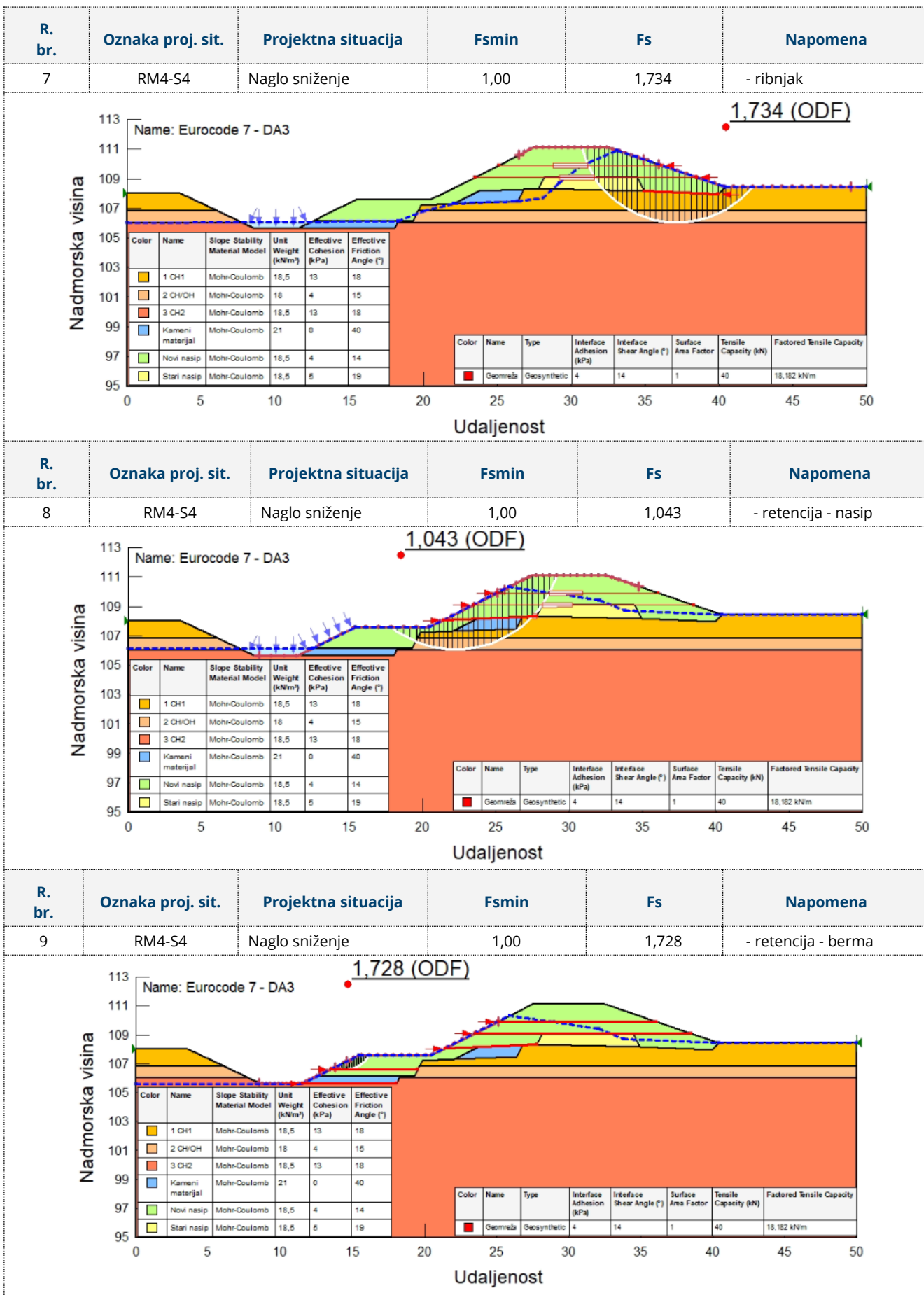


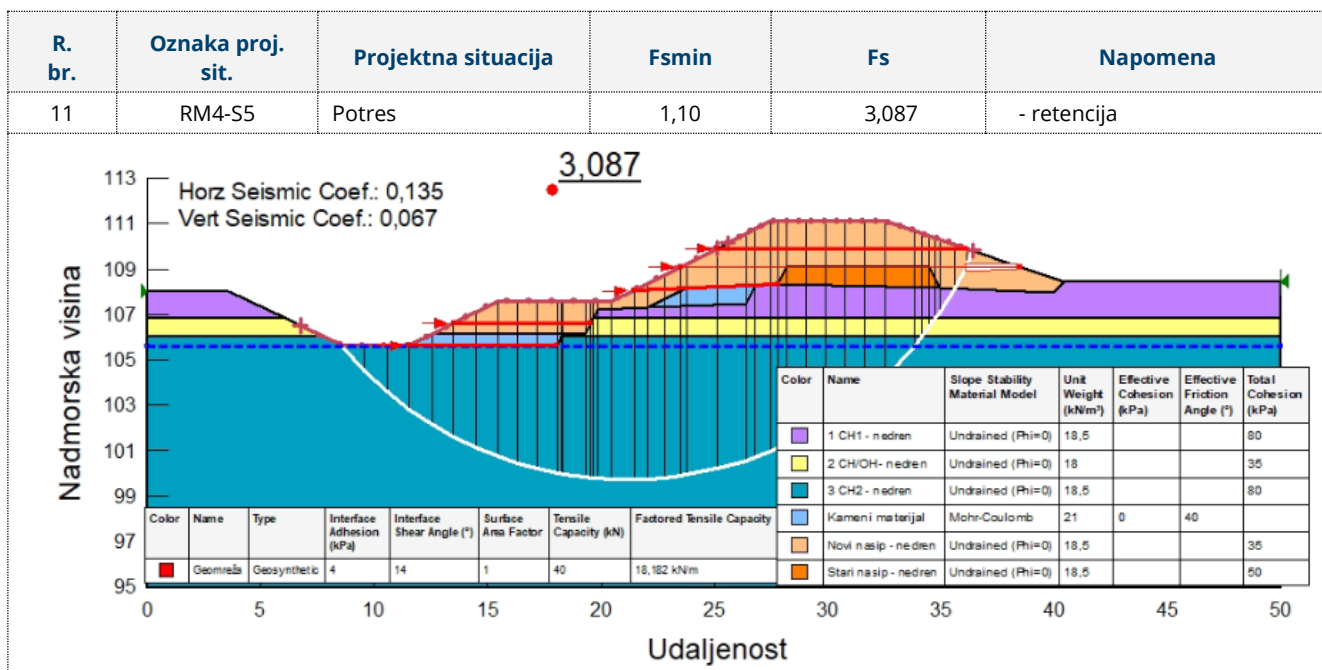
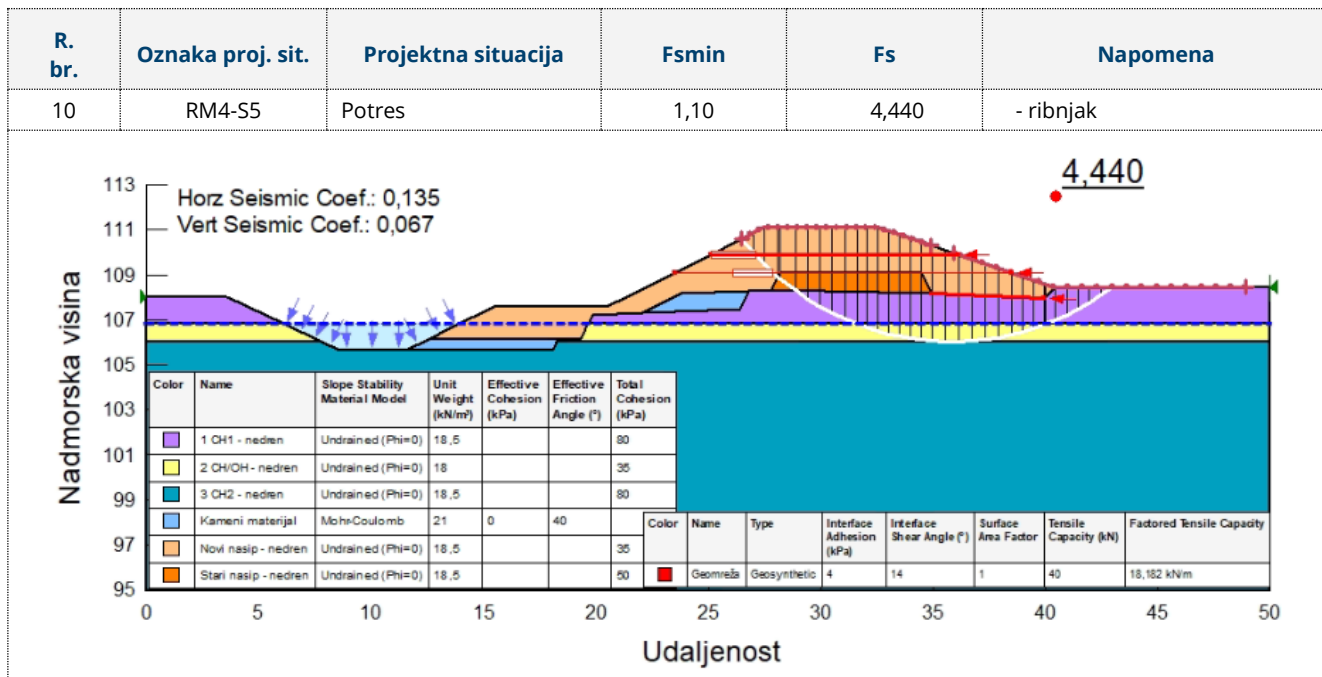
3.6.4.4 RM4 - Rezultati analize stabilnosti





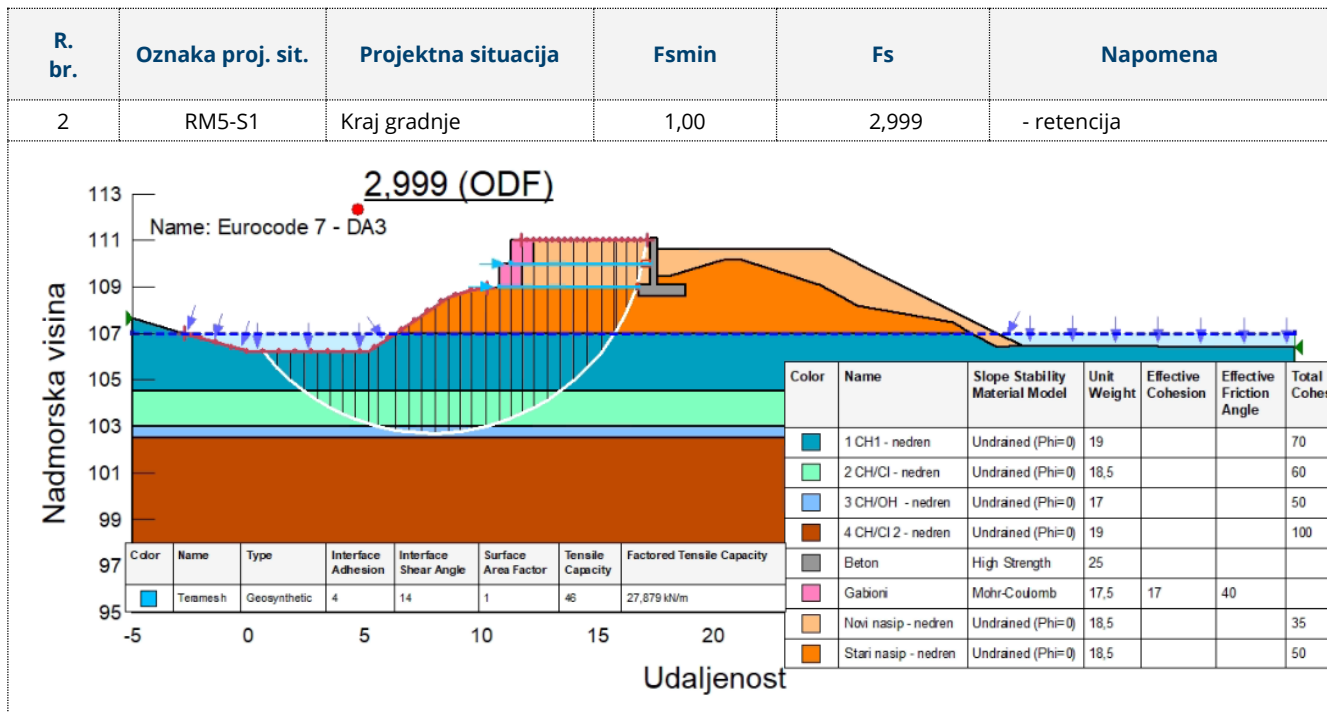
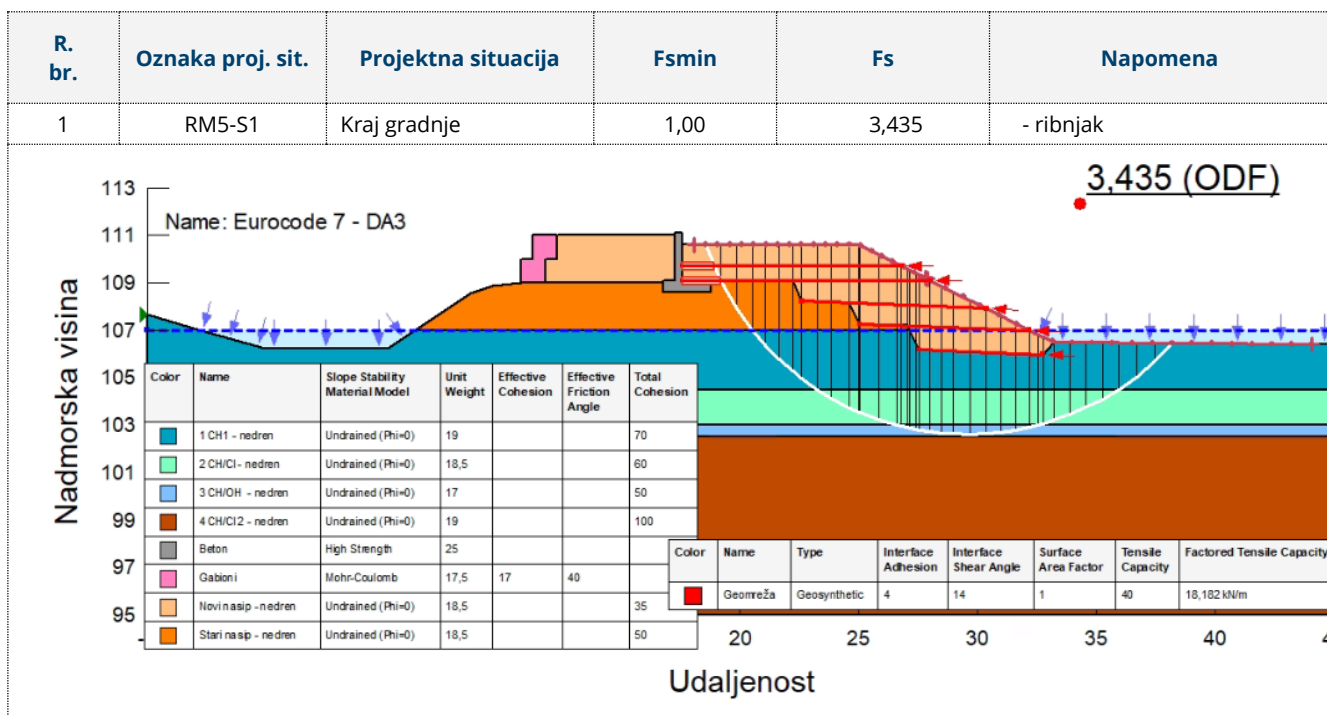


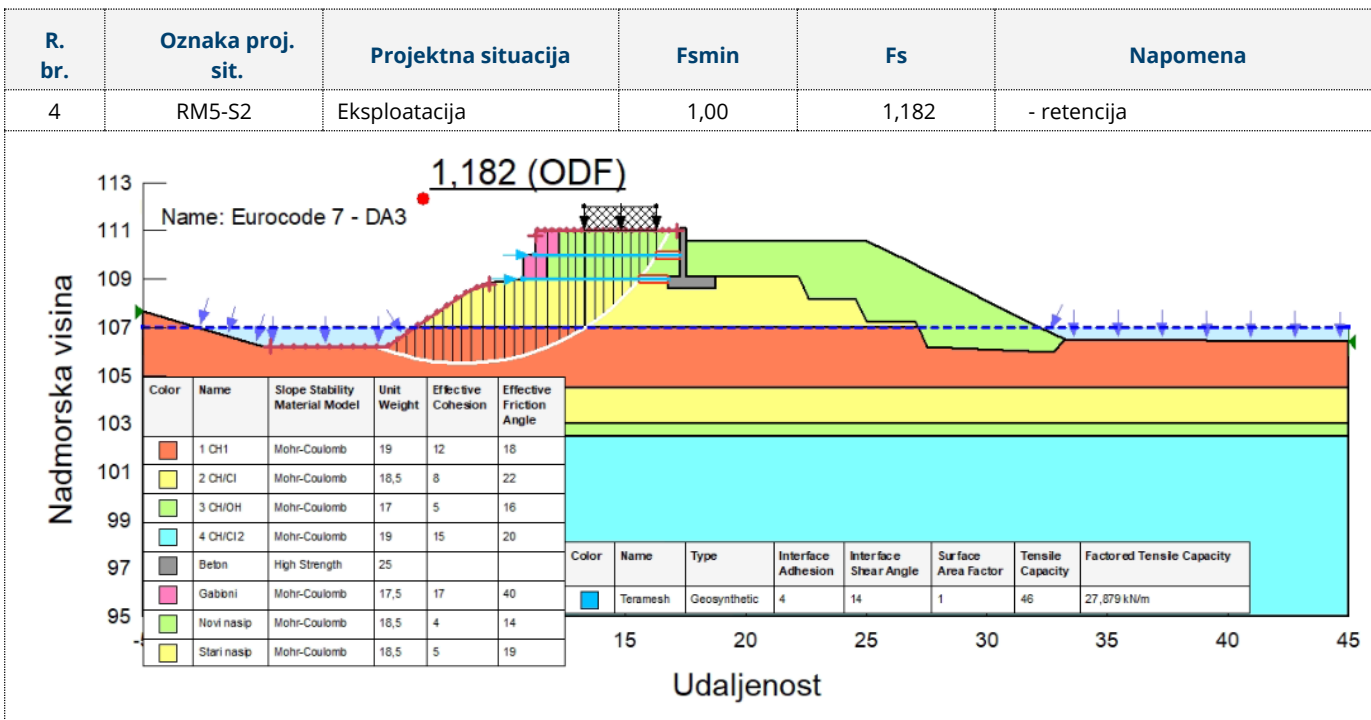
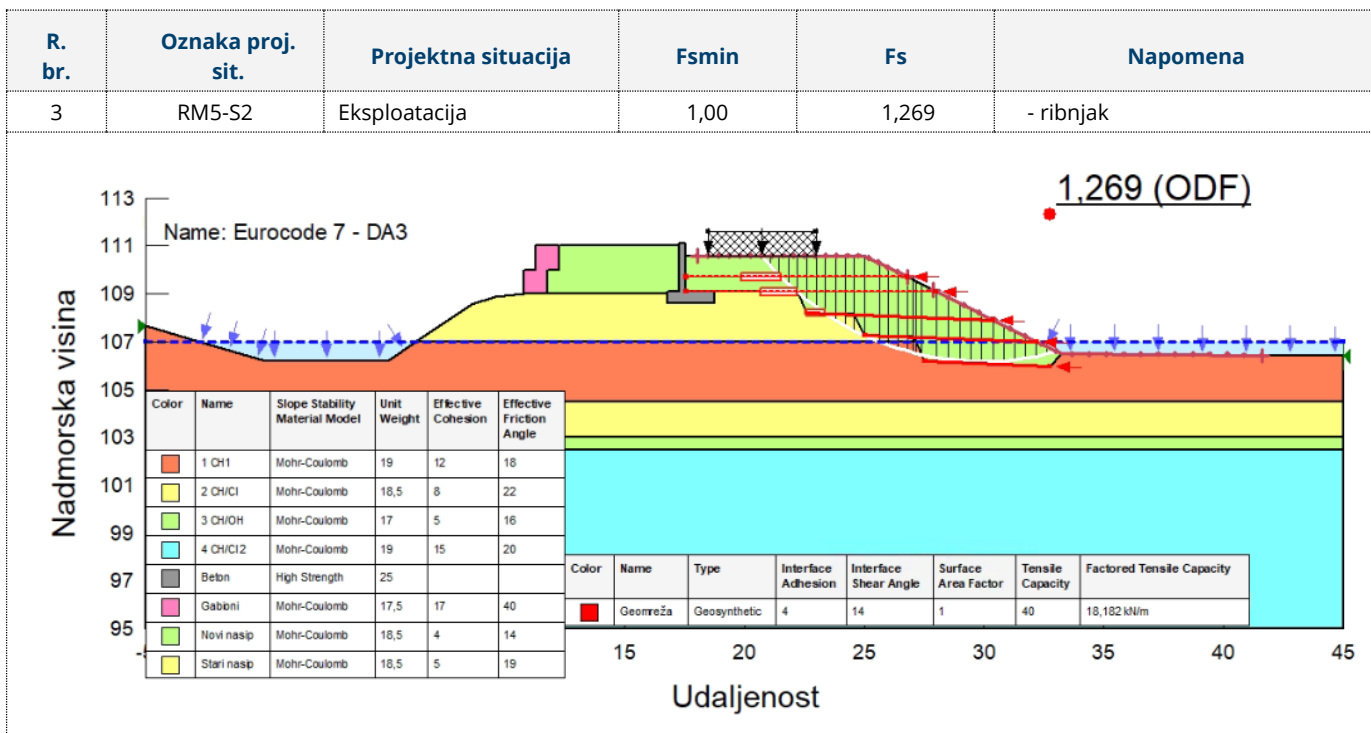


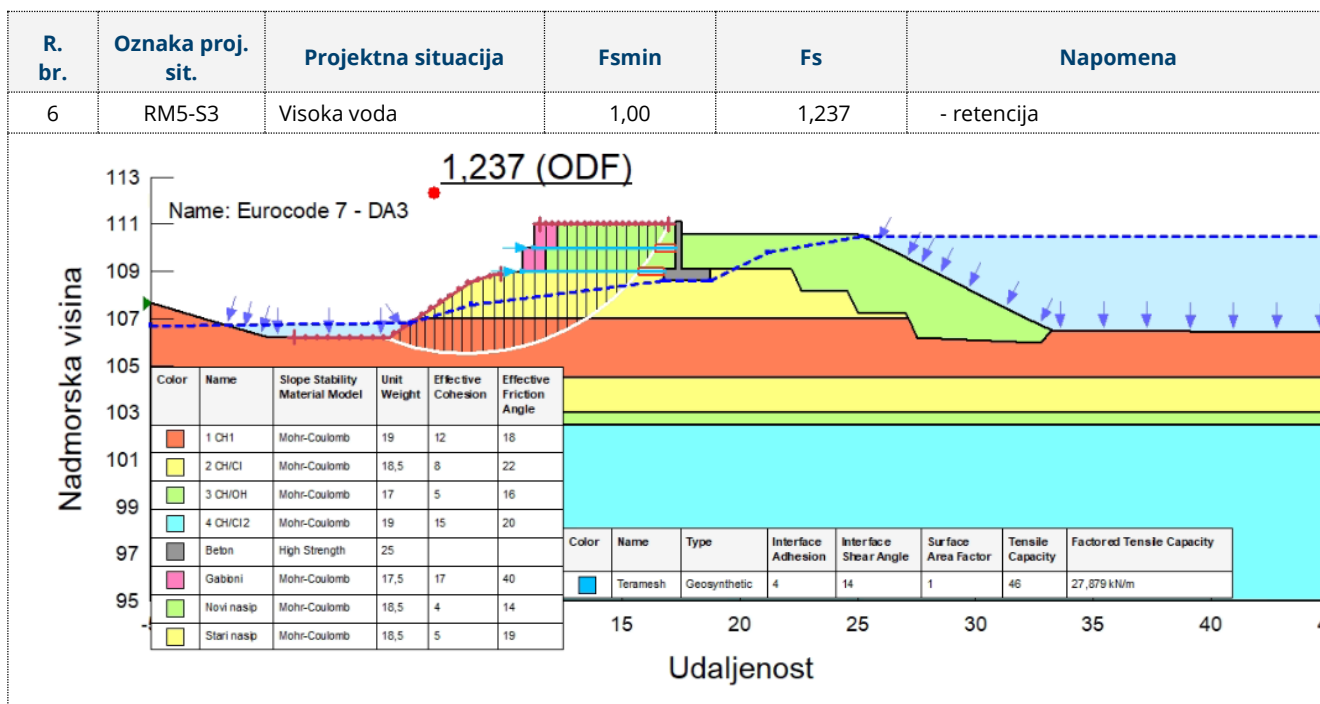
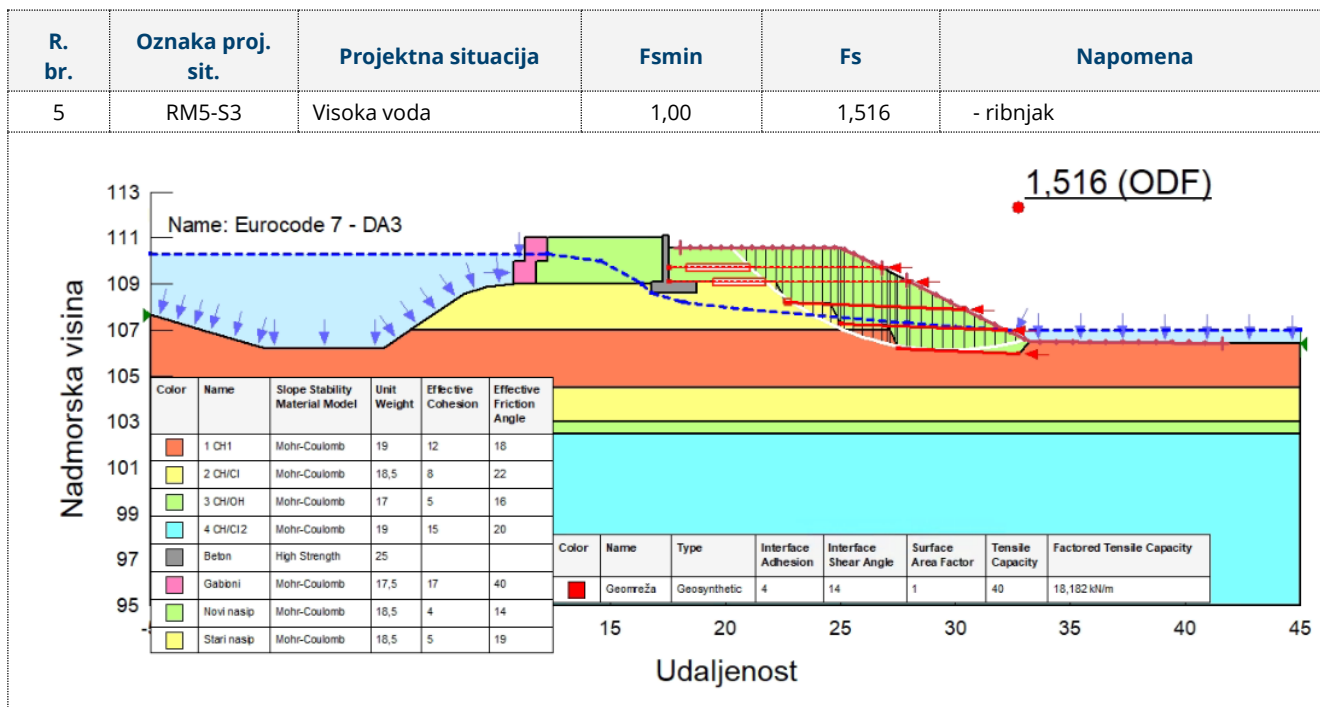


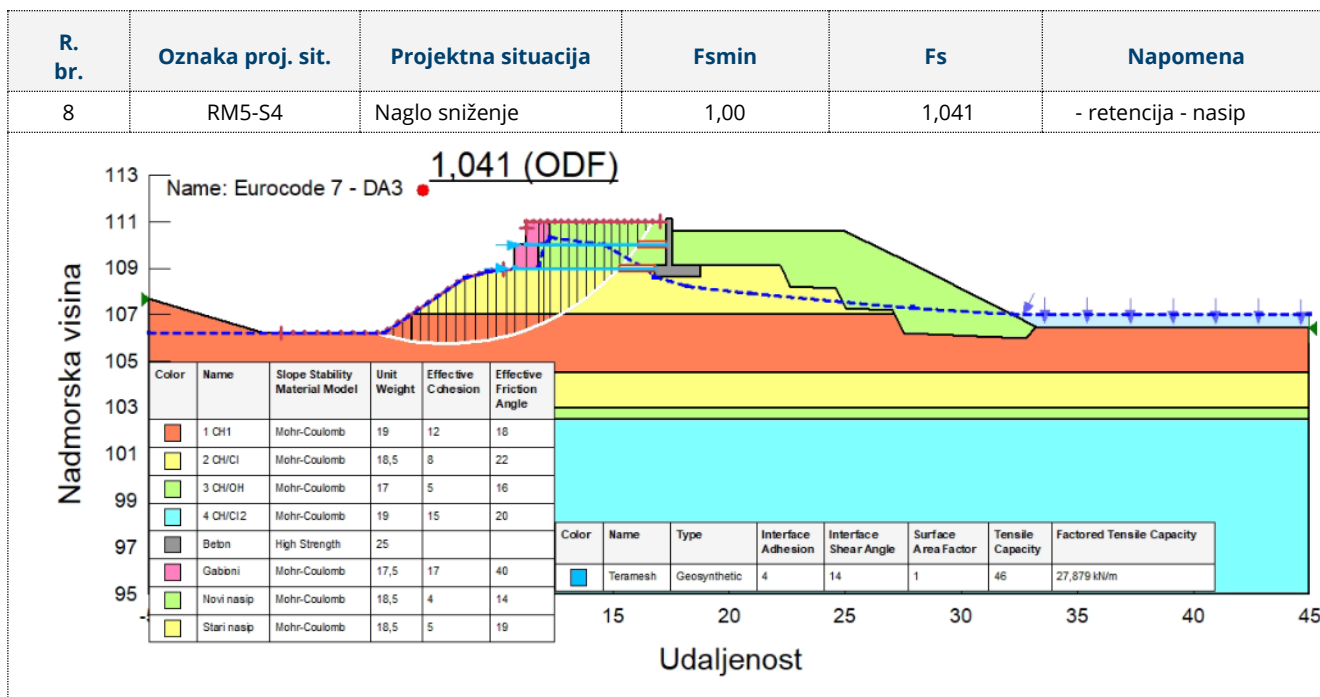
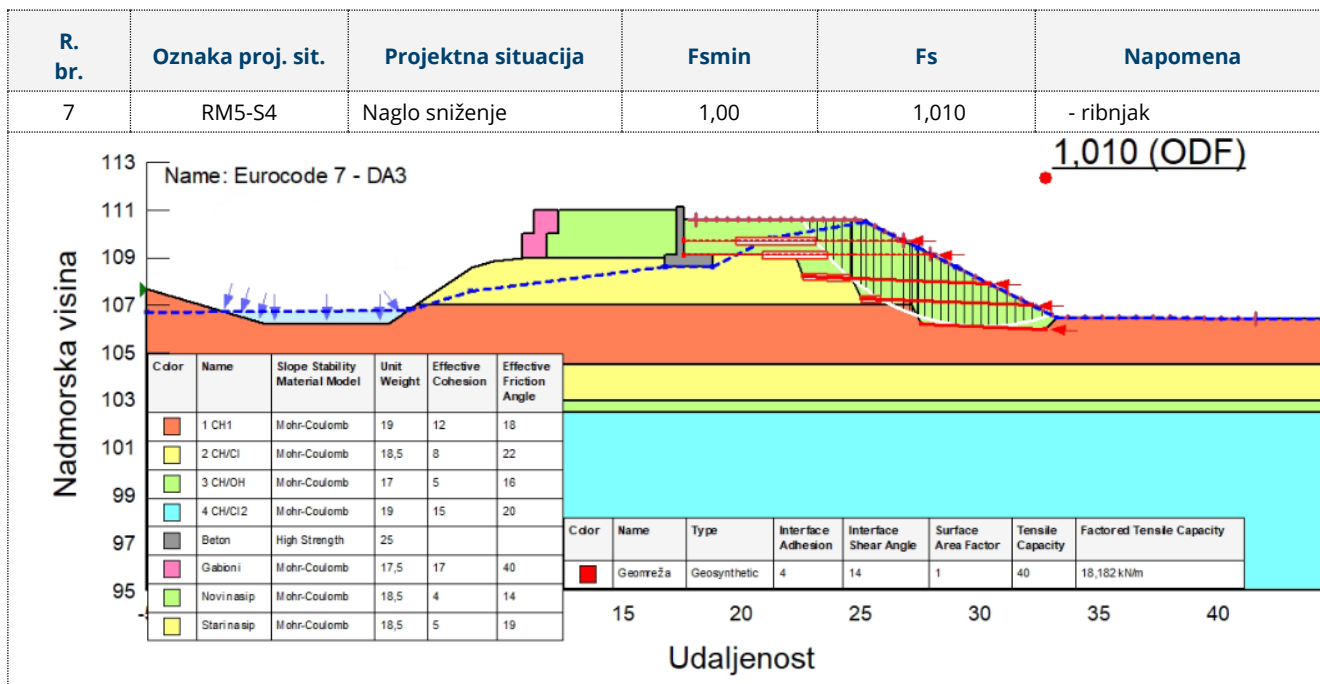


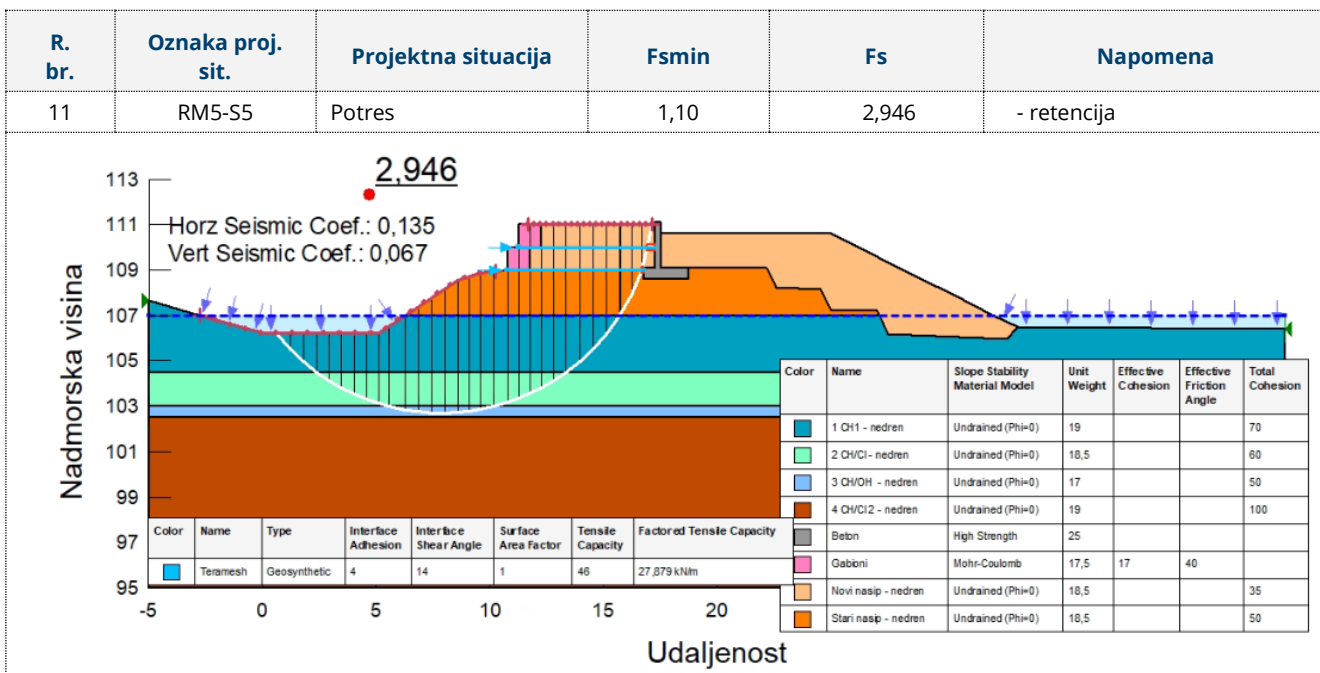
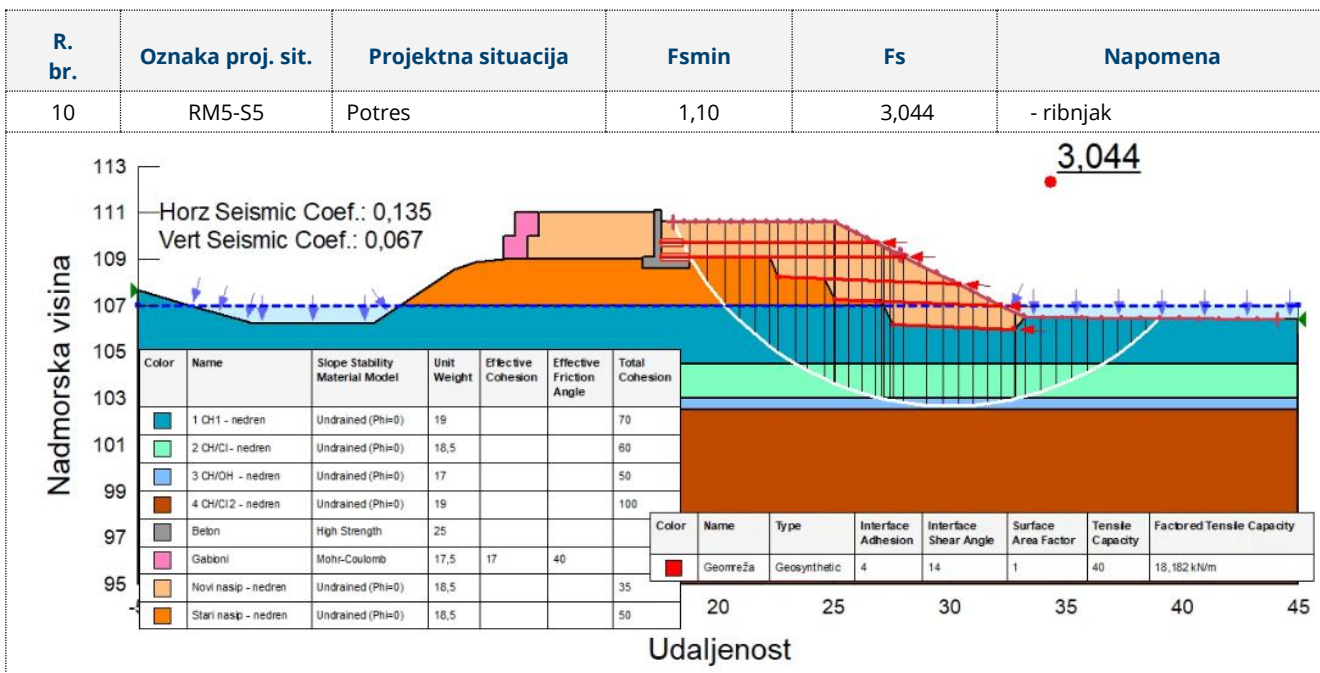
3.6.4.5 RM5 - Rezultati analize stabilnosti





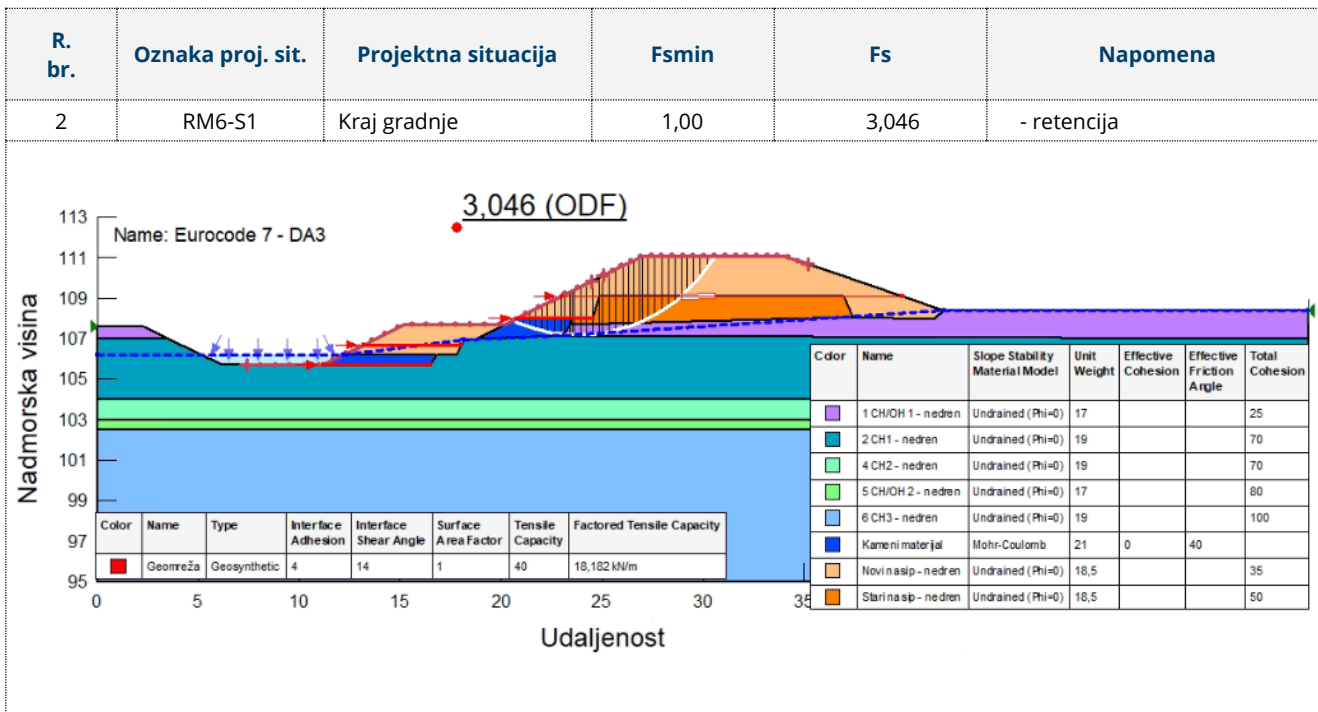
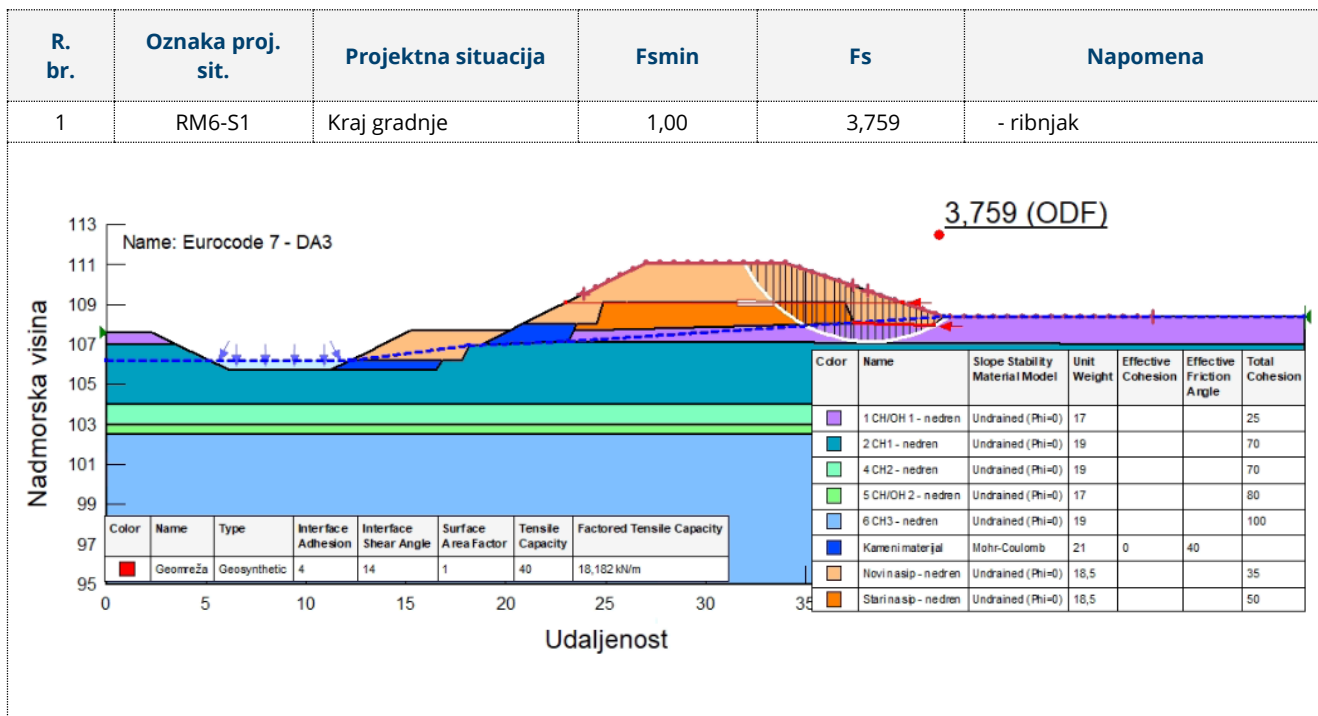


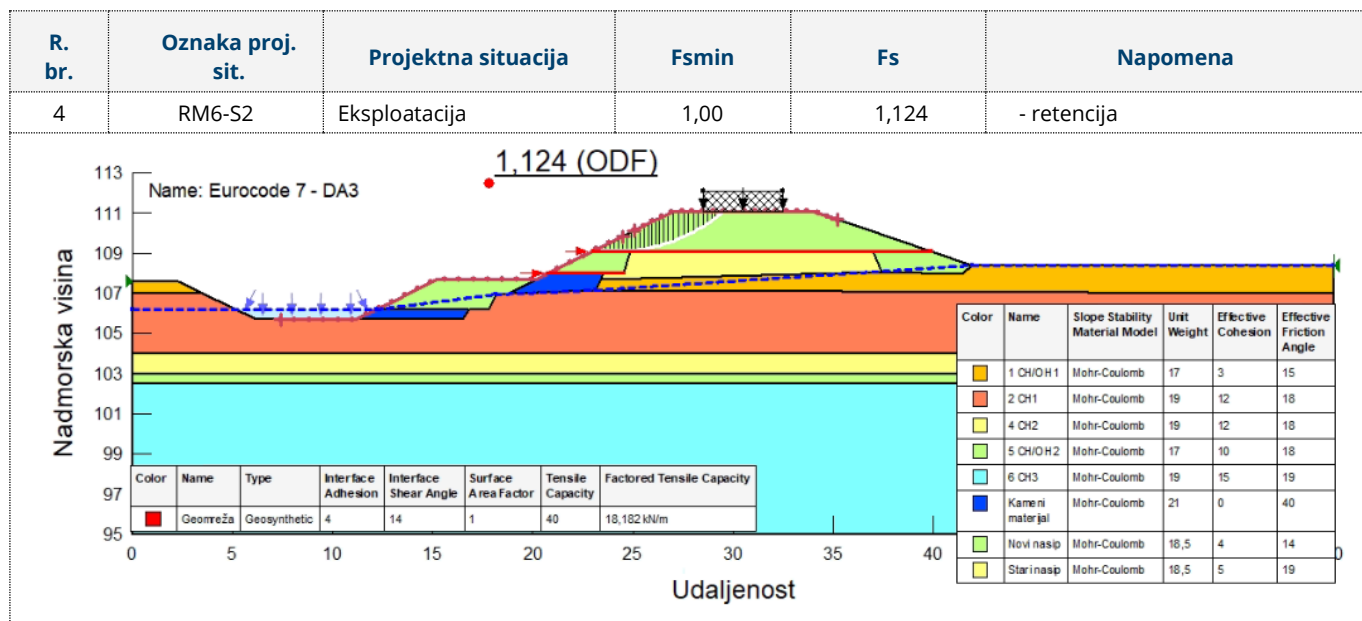
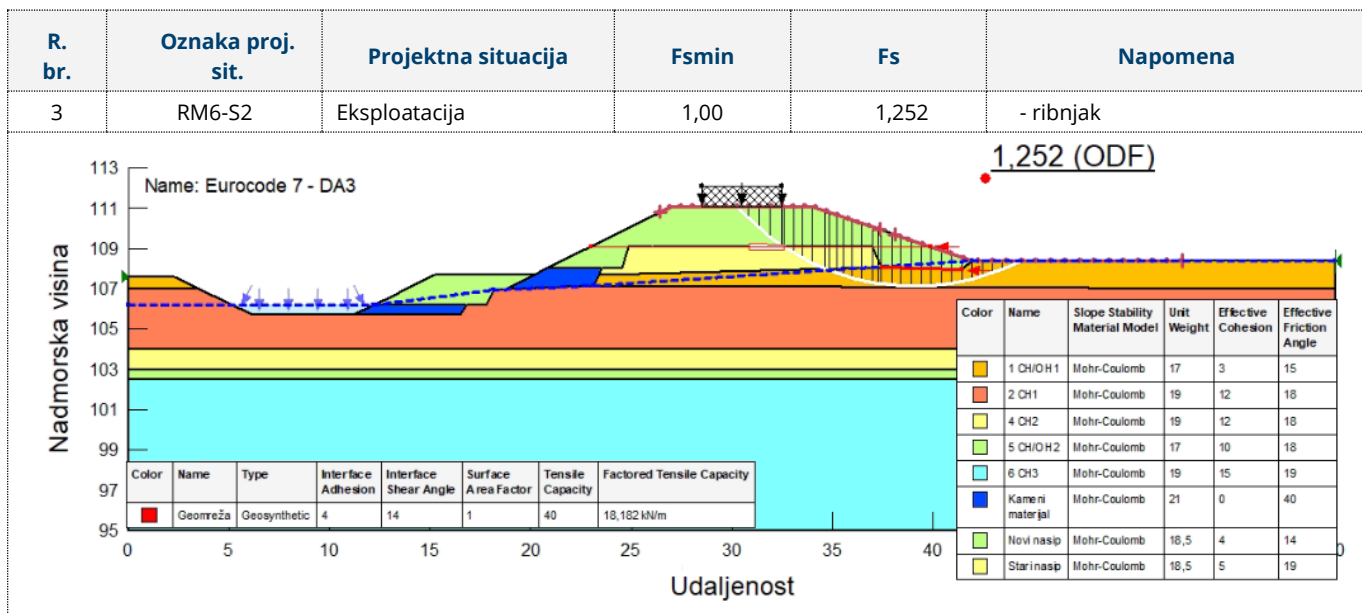


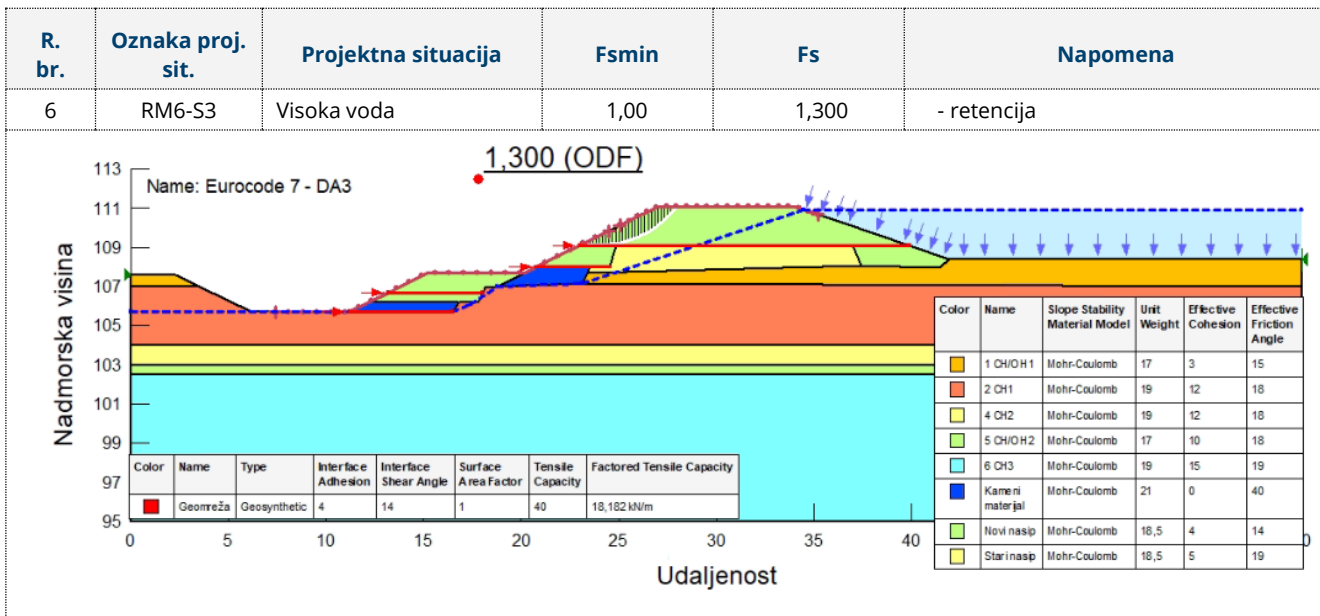
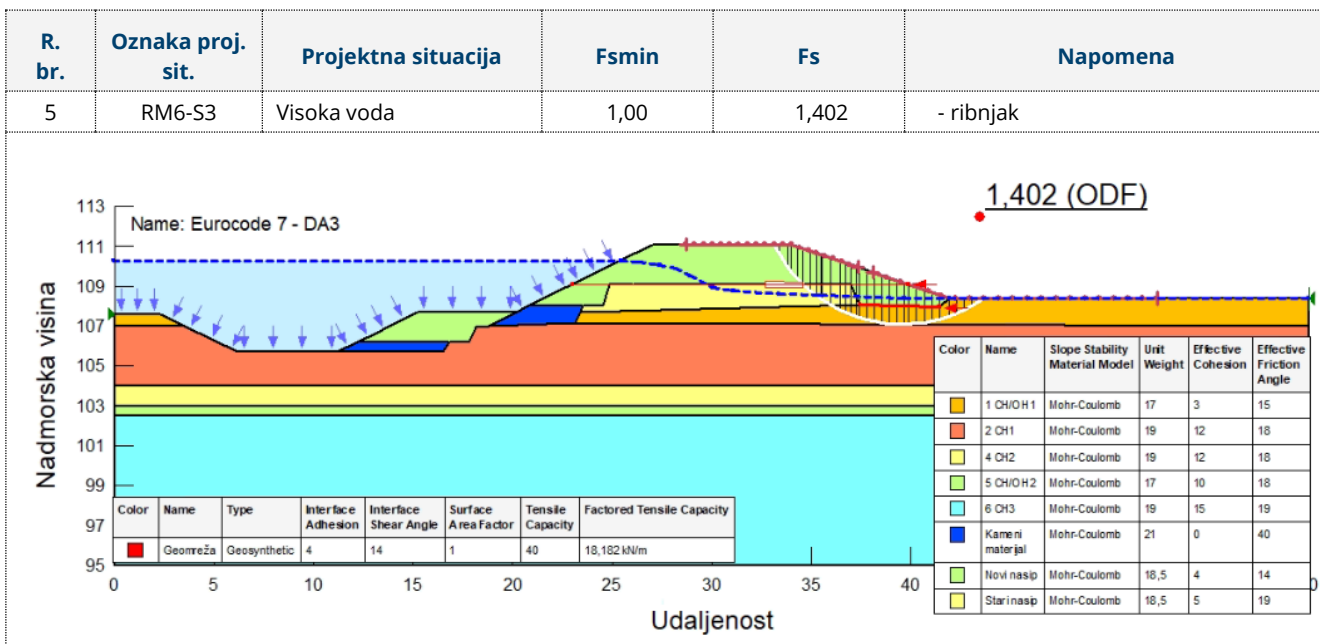


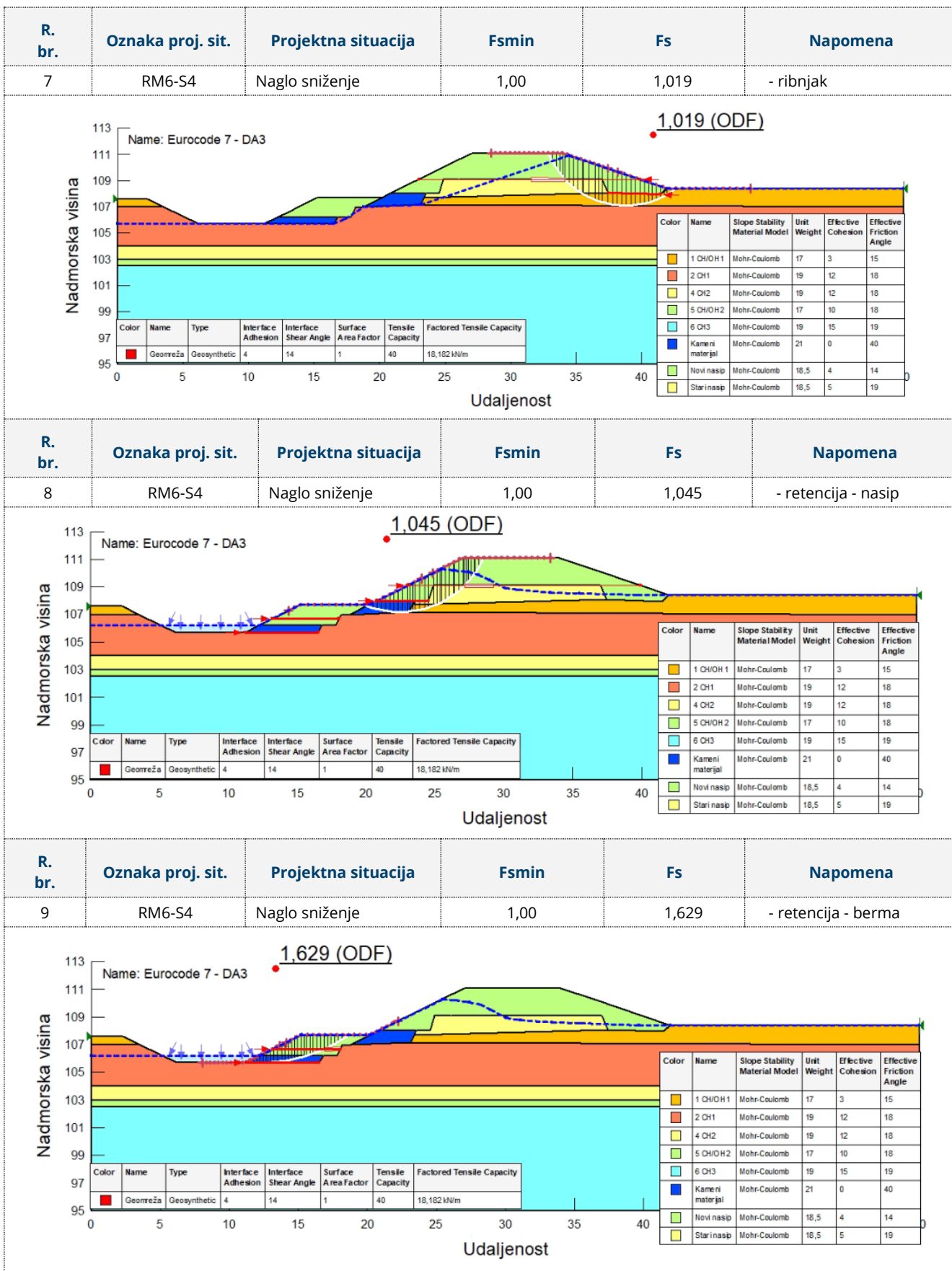


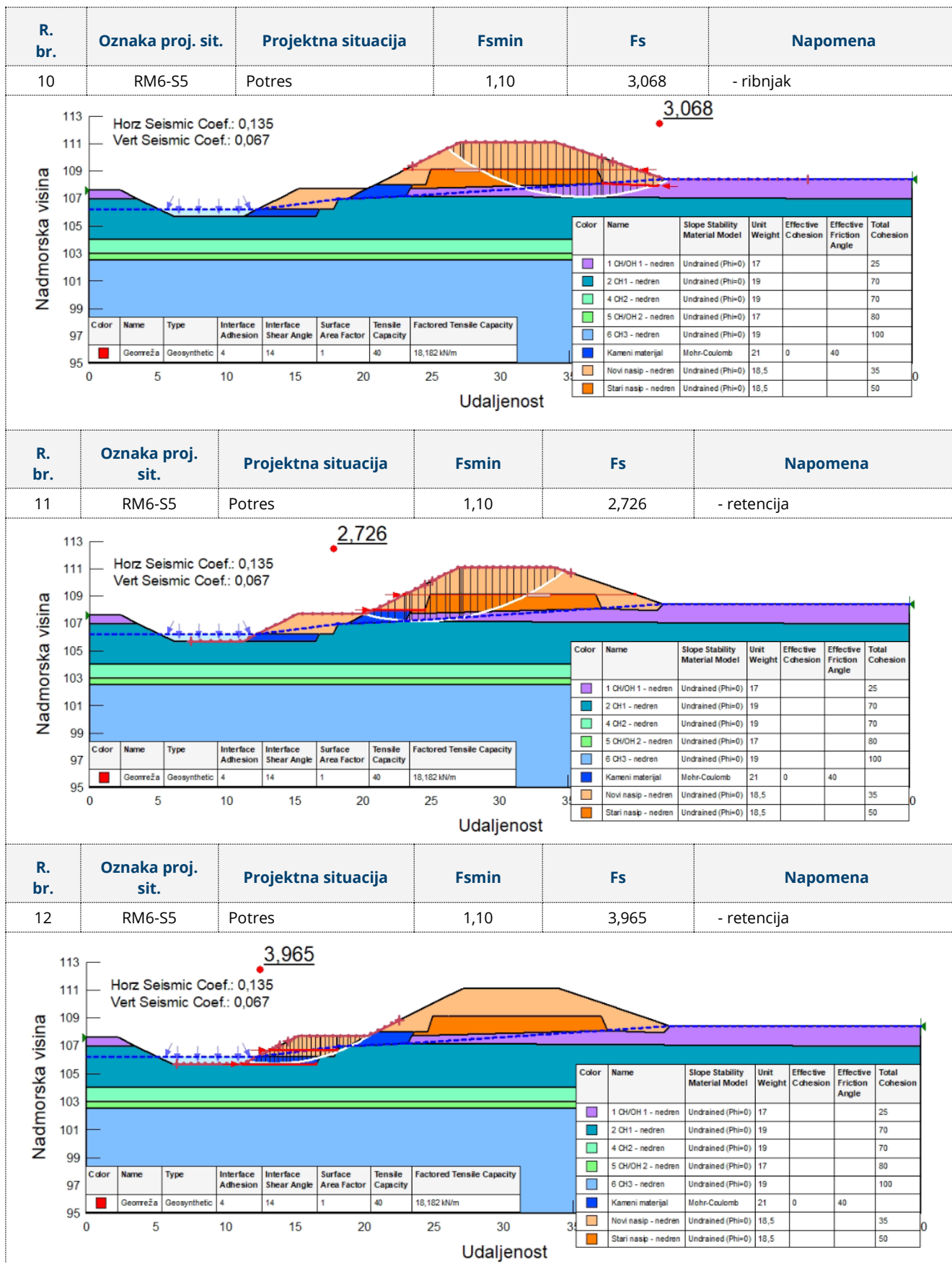
3.6.4.6 RM6 - Rezultati analize stabilnosti





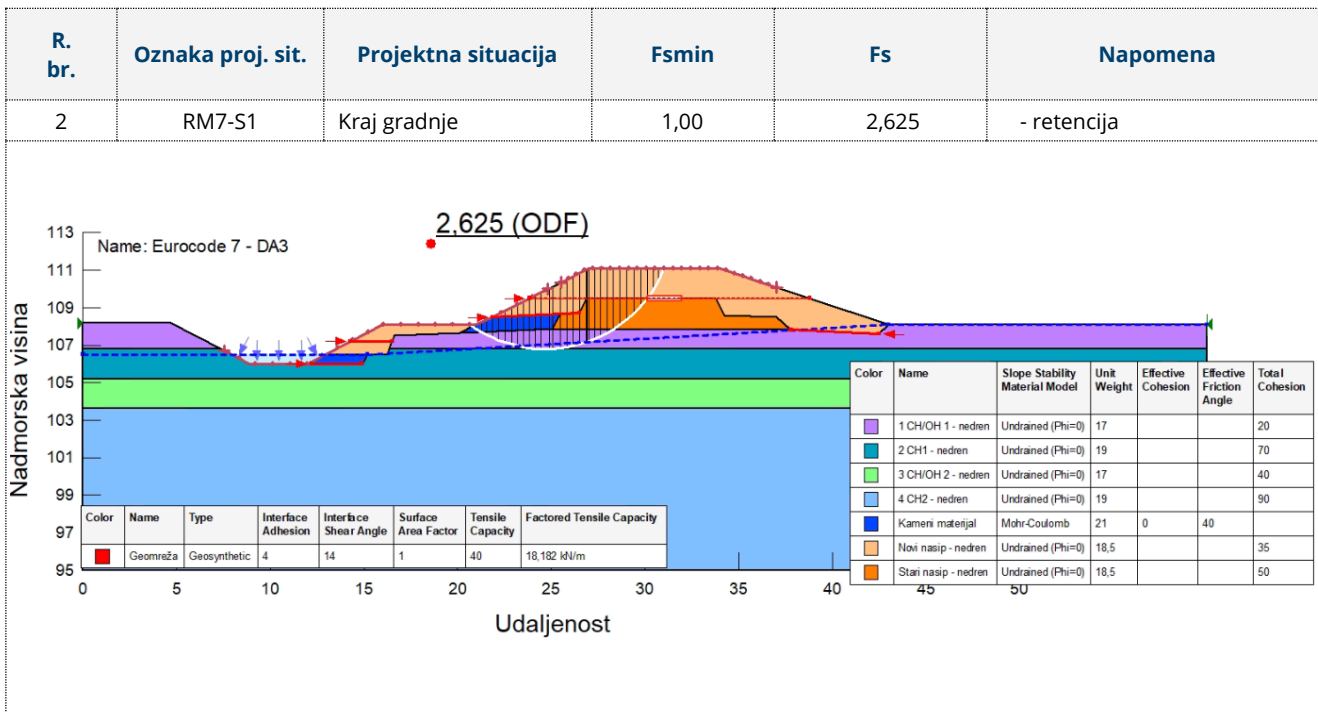
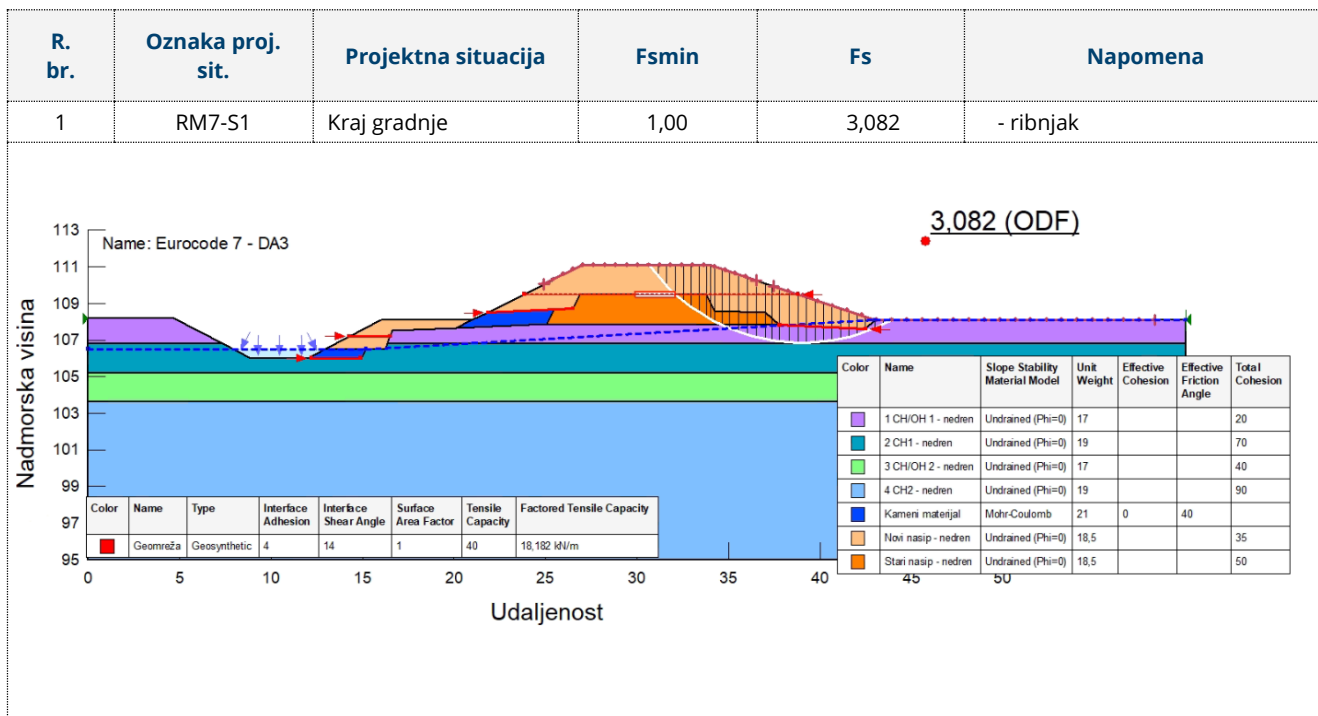


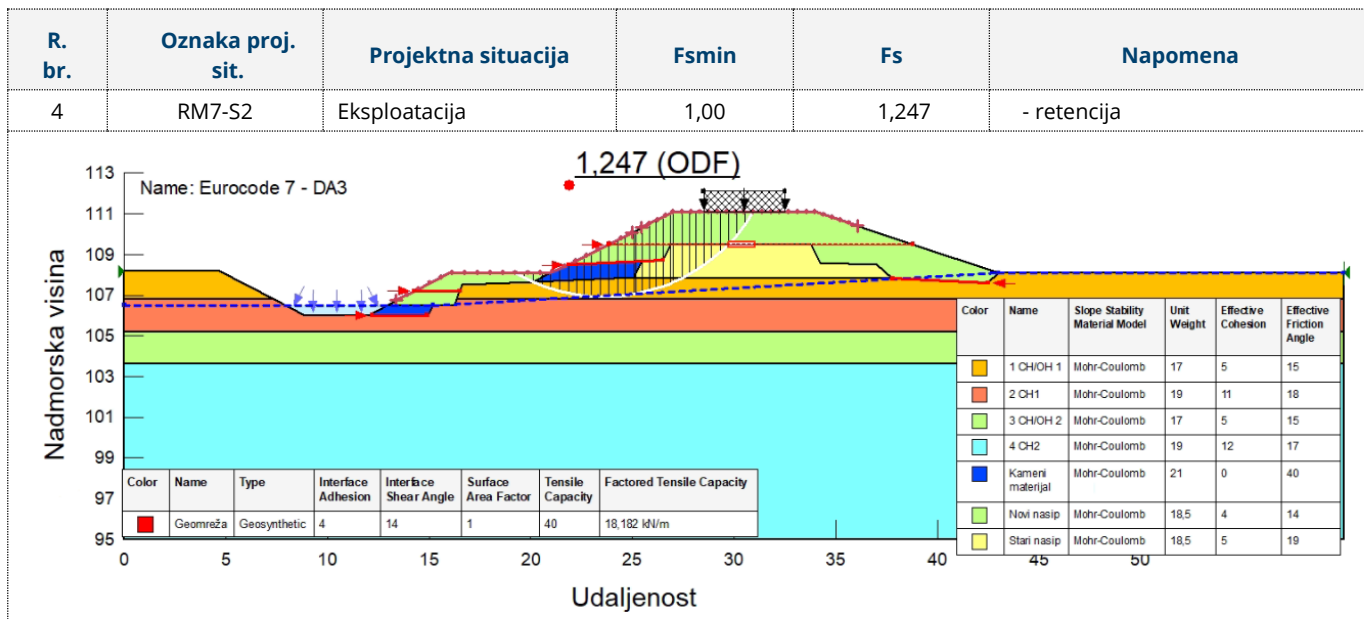
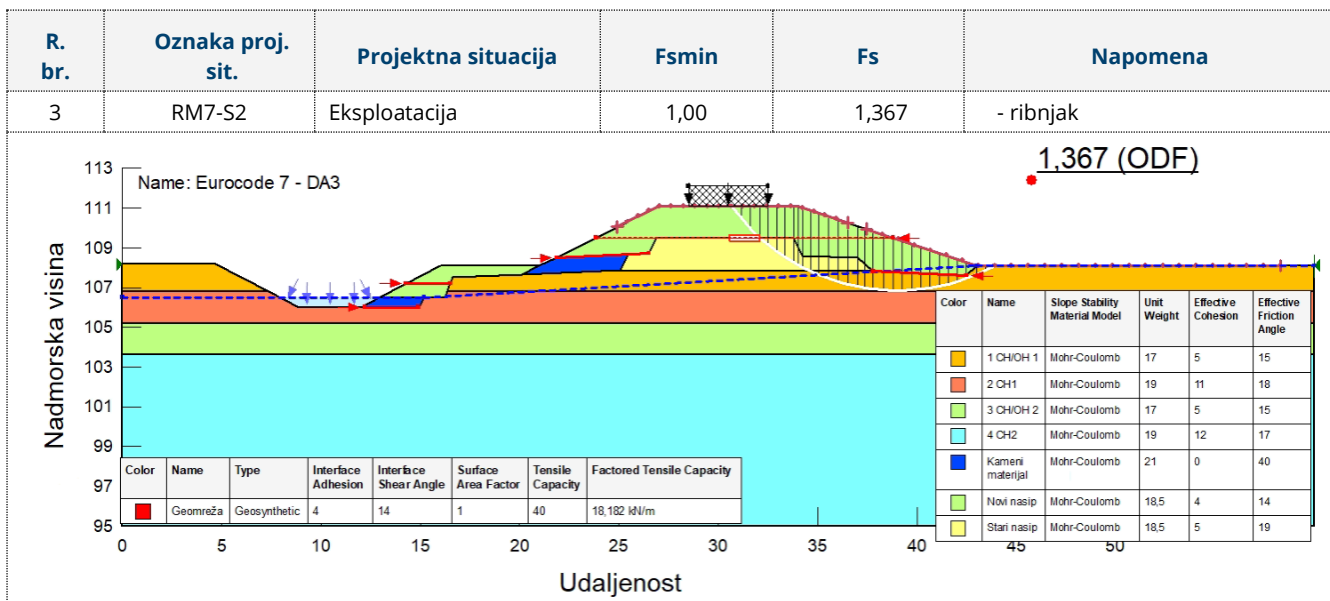


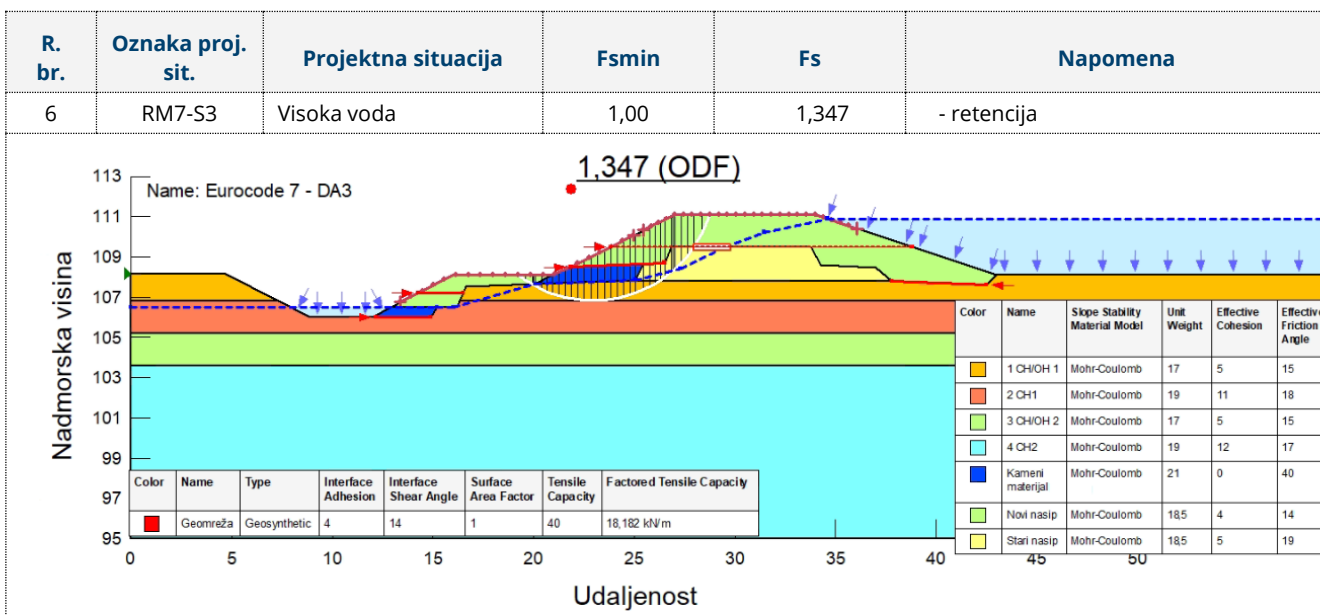
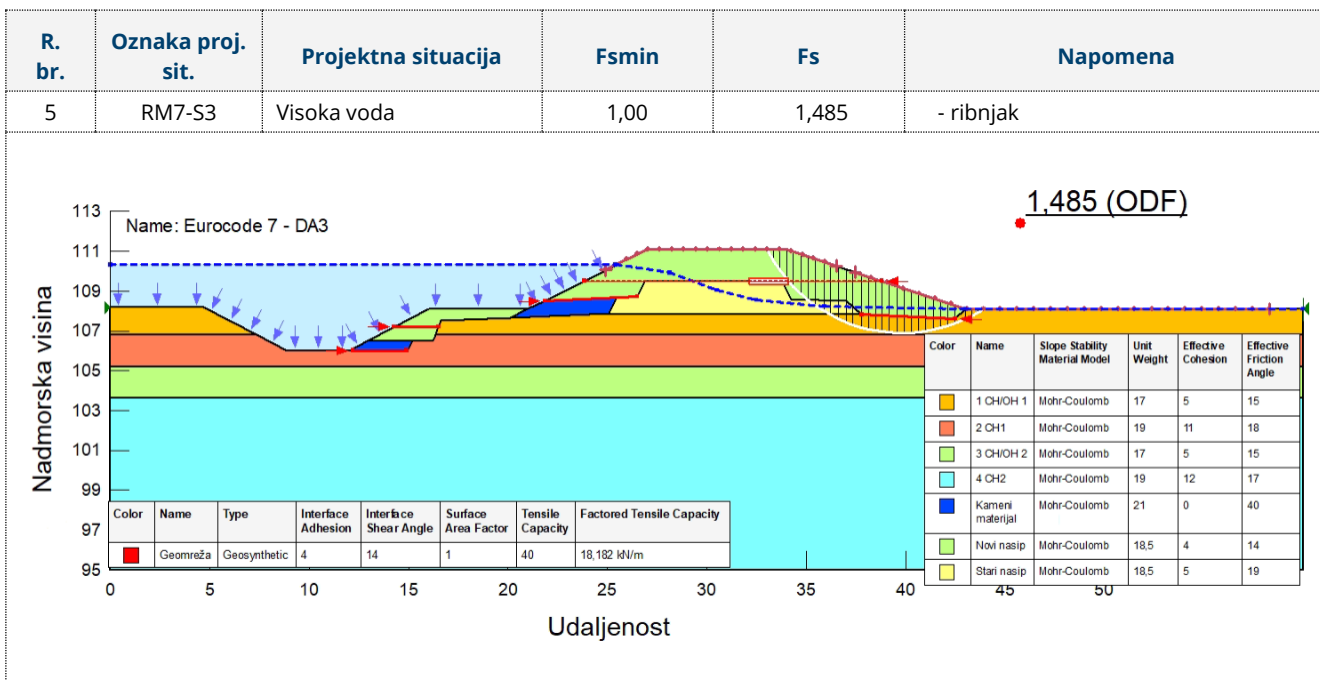


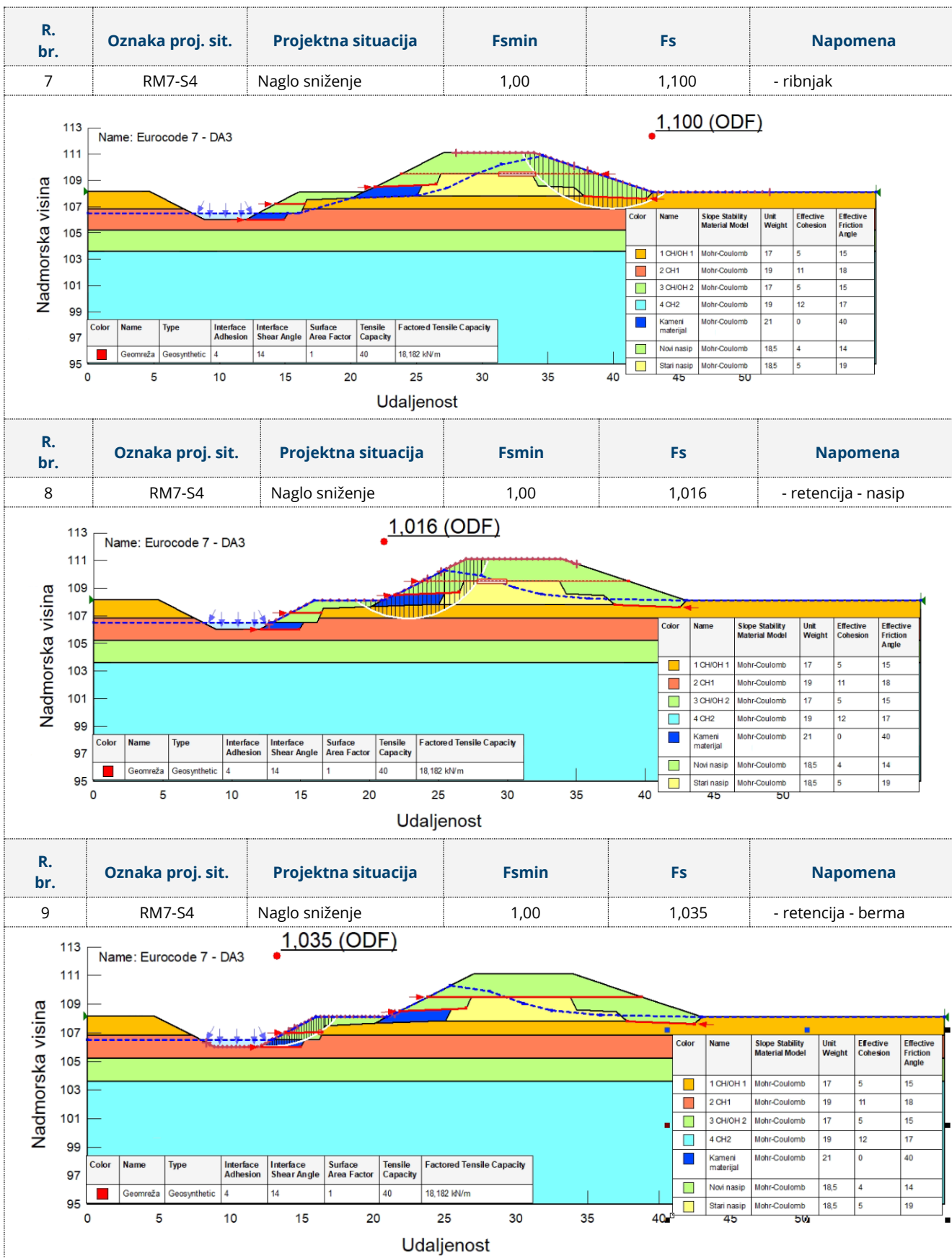


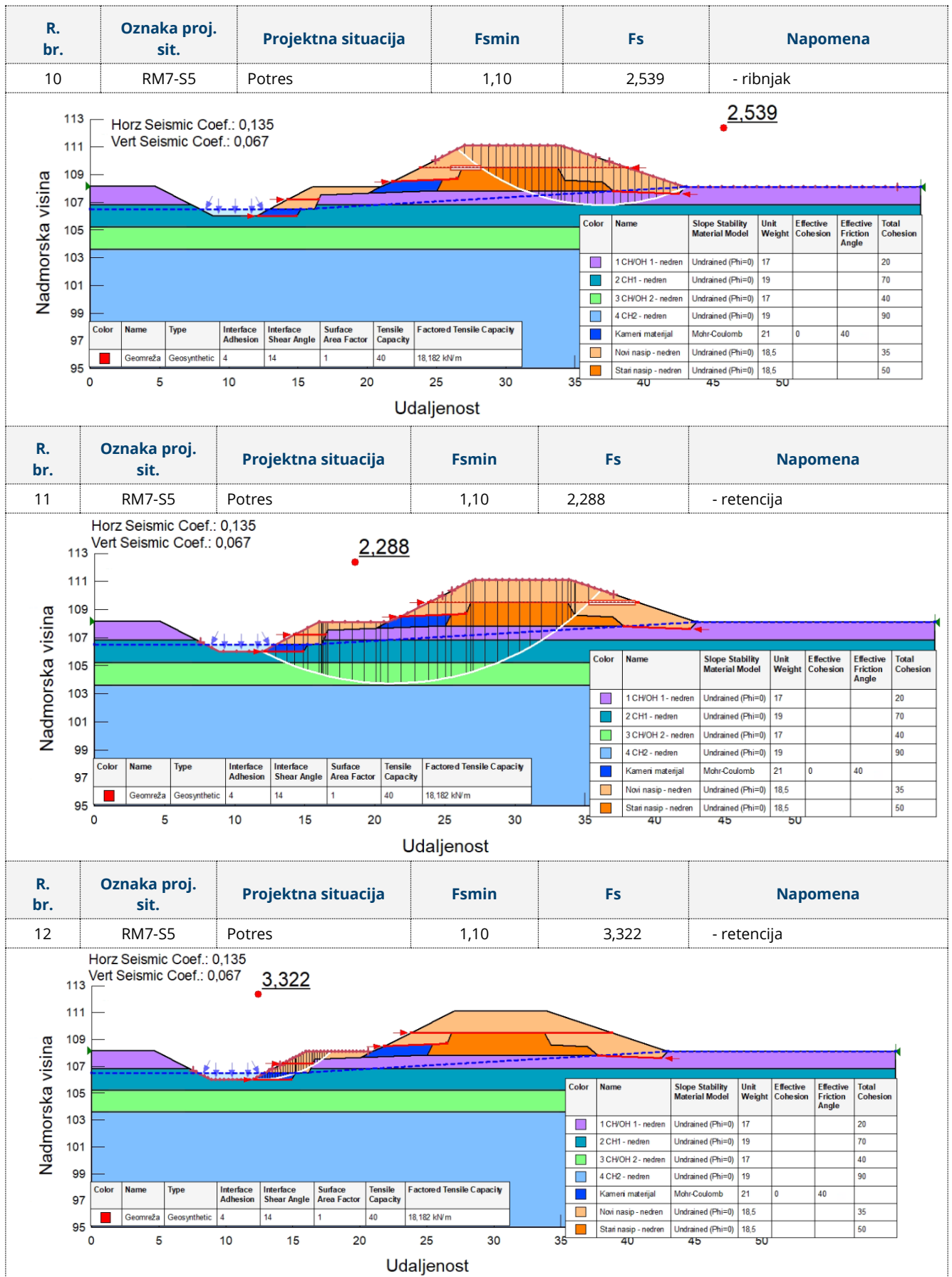
3.6.4.7 RM7 - Rezultati analize stabilnosti





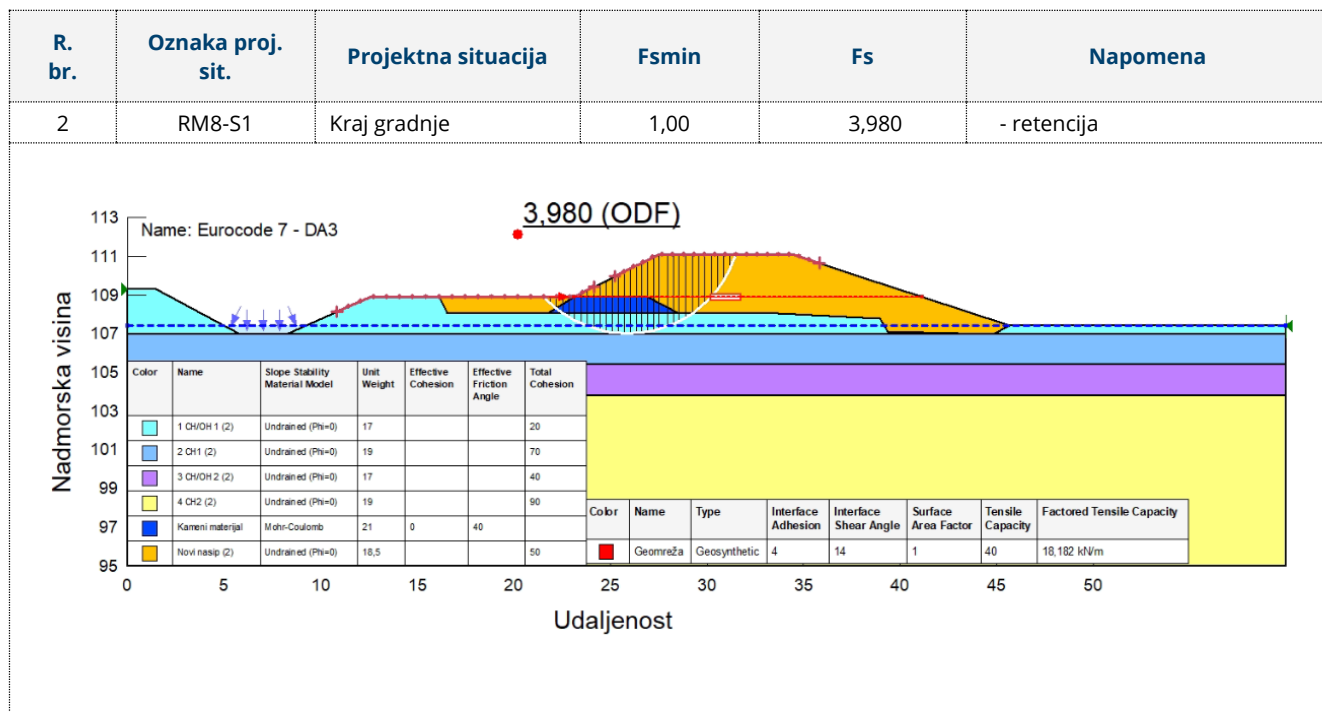
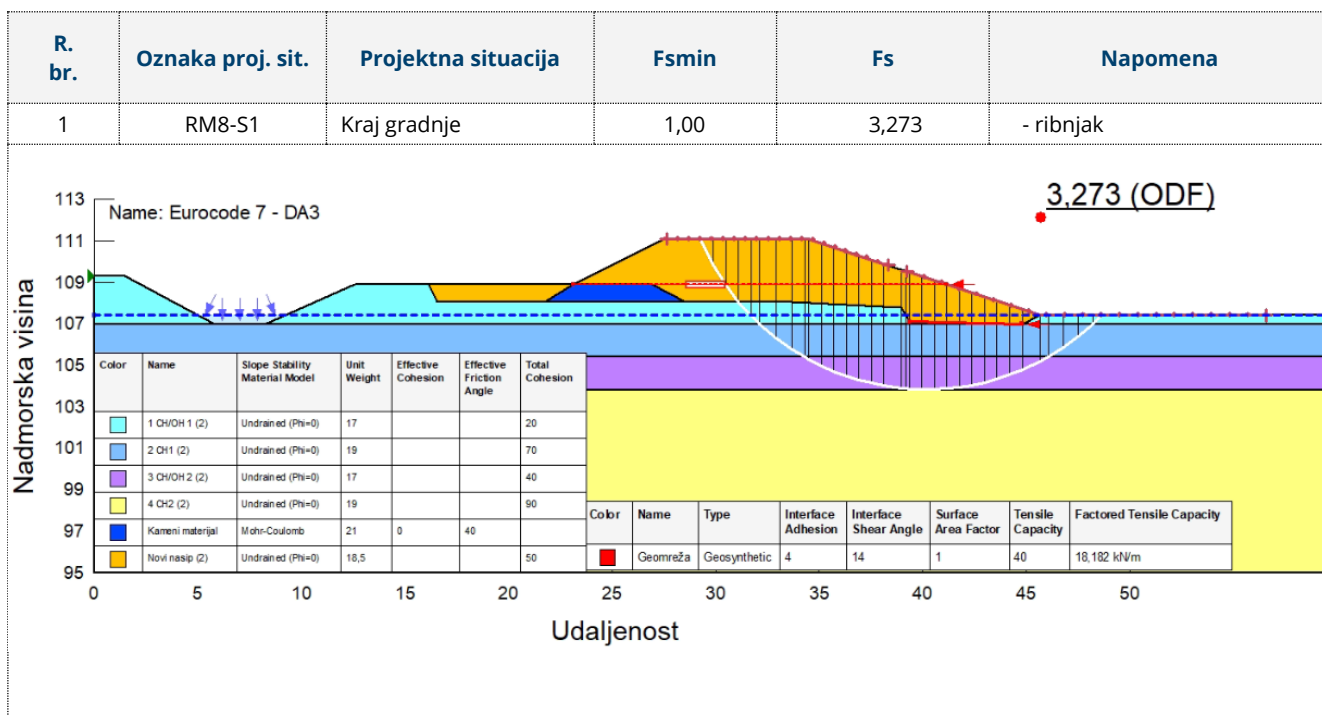


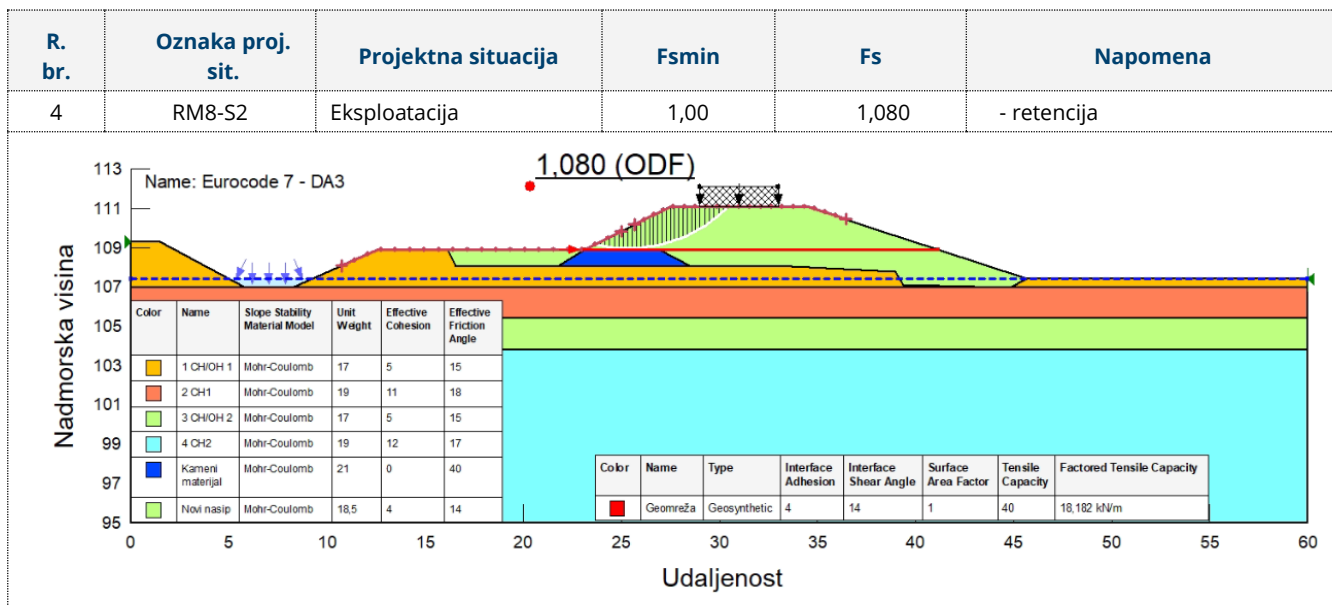
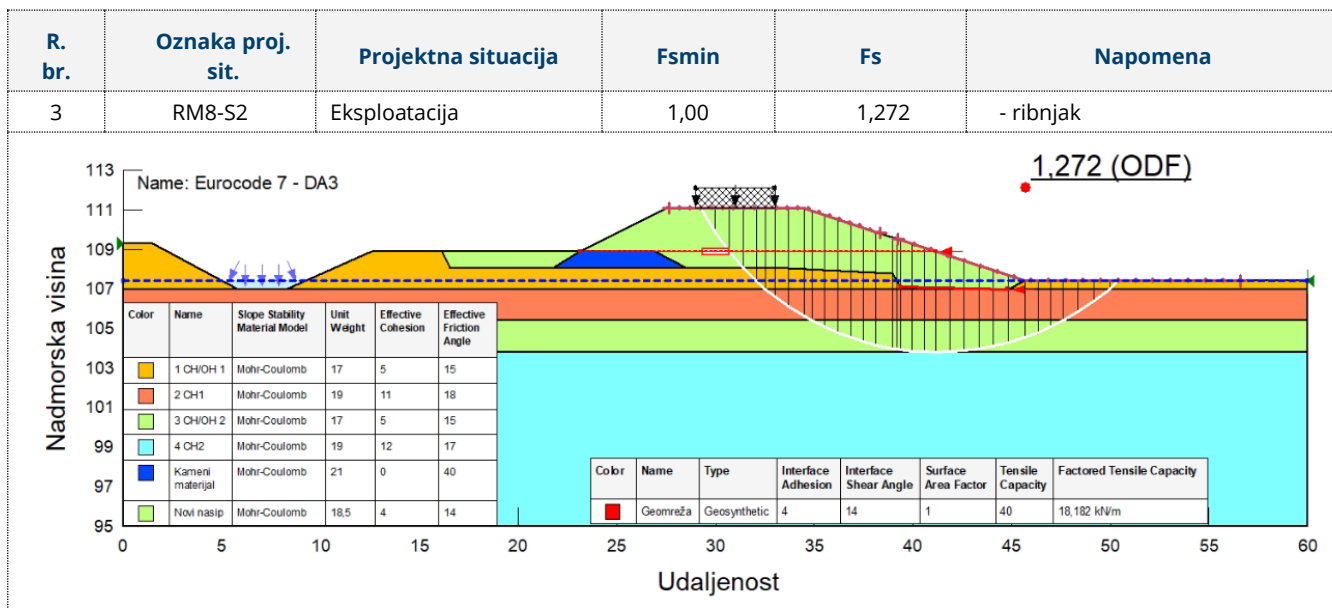


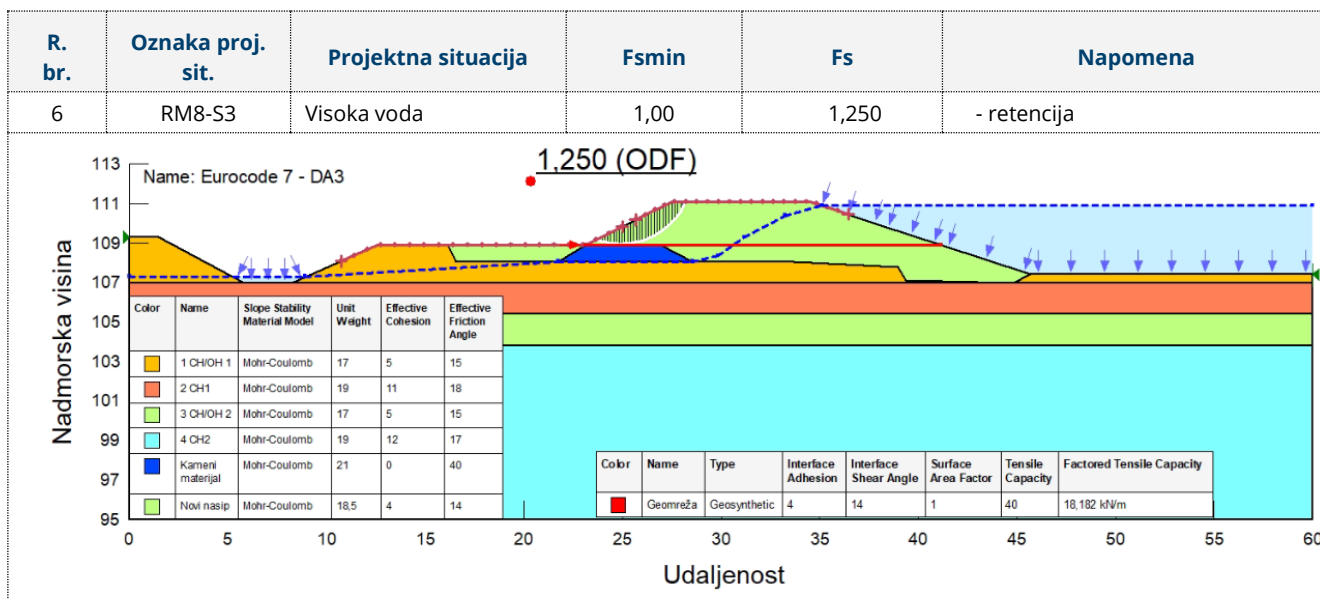
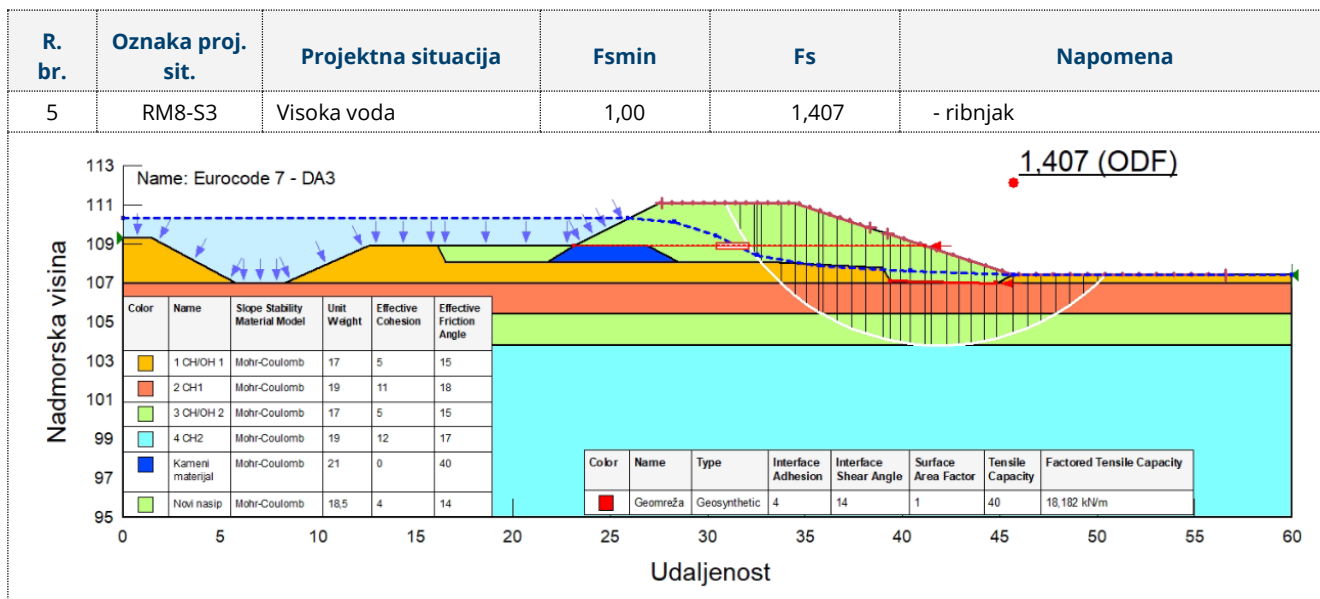


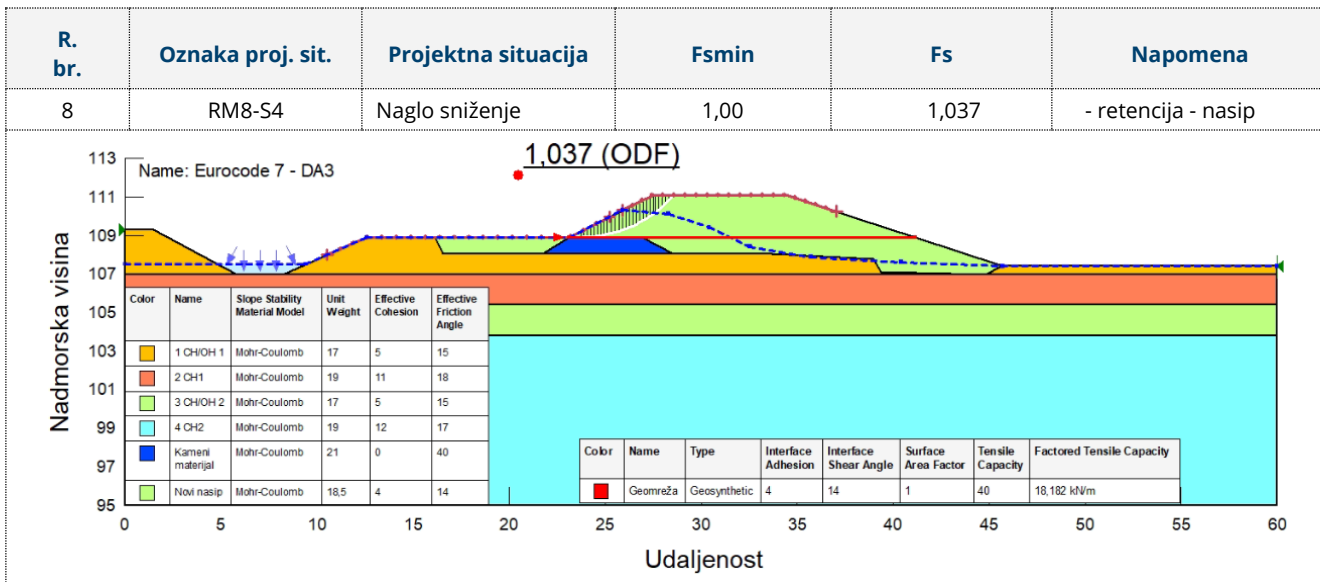
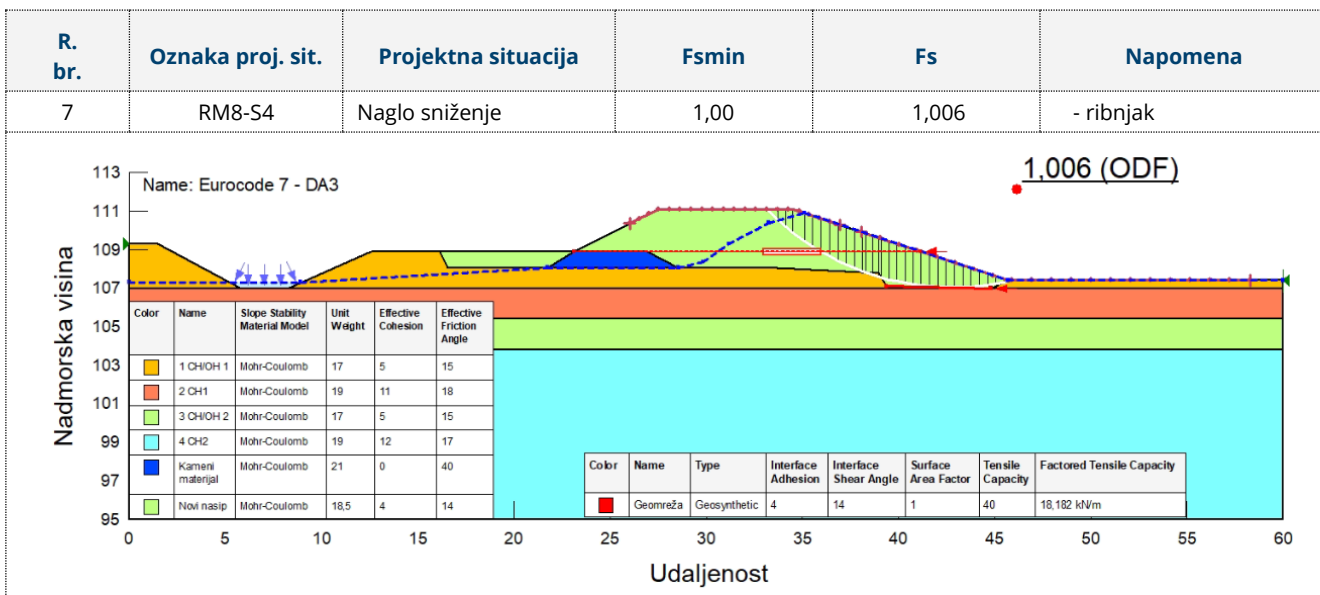


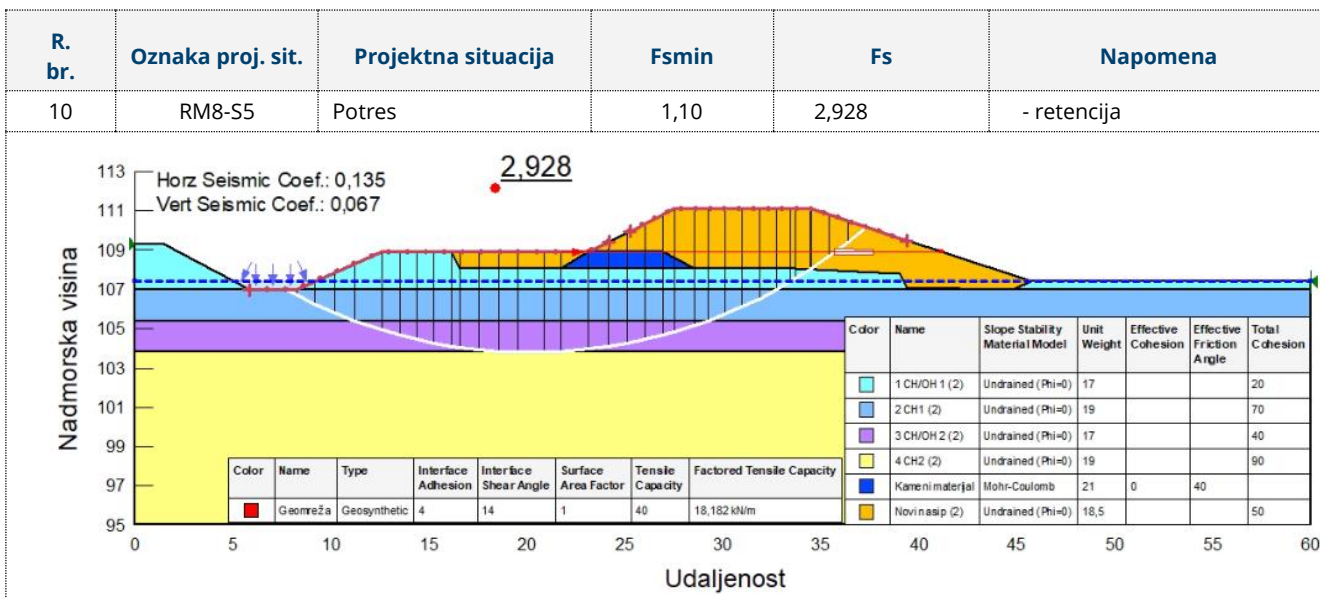
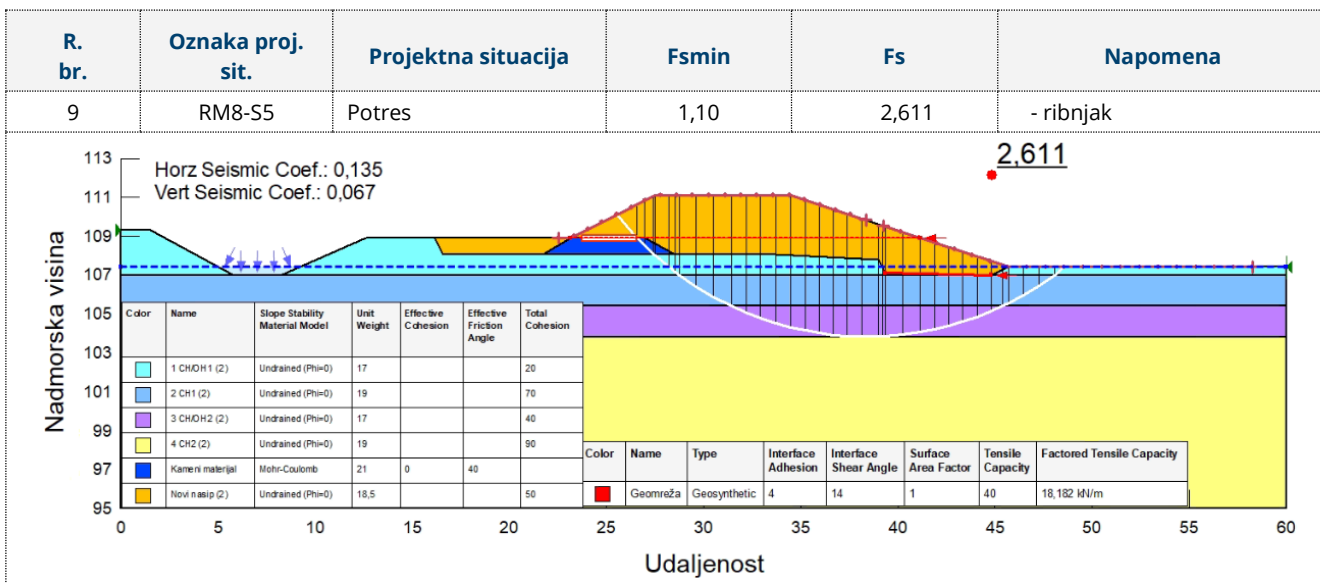
3.6.4.8 RM8 - Rezultati analize stabilnosti





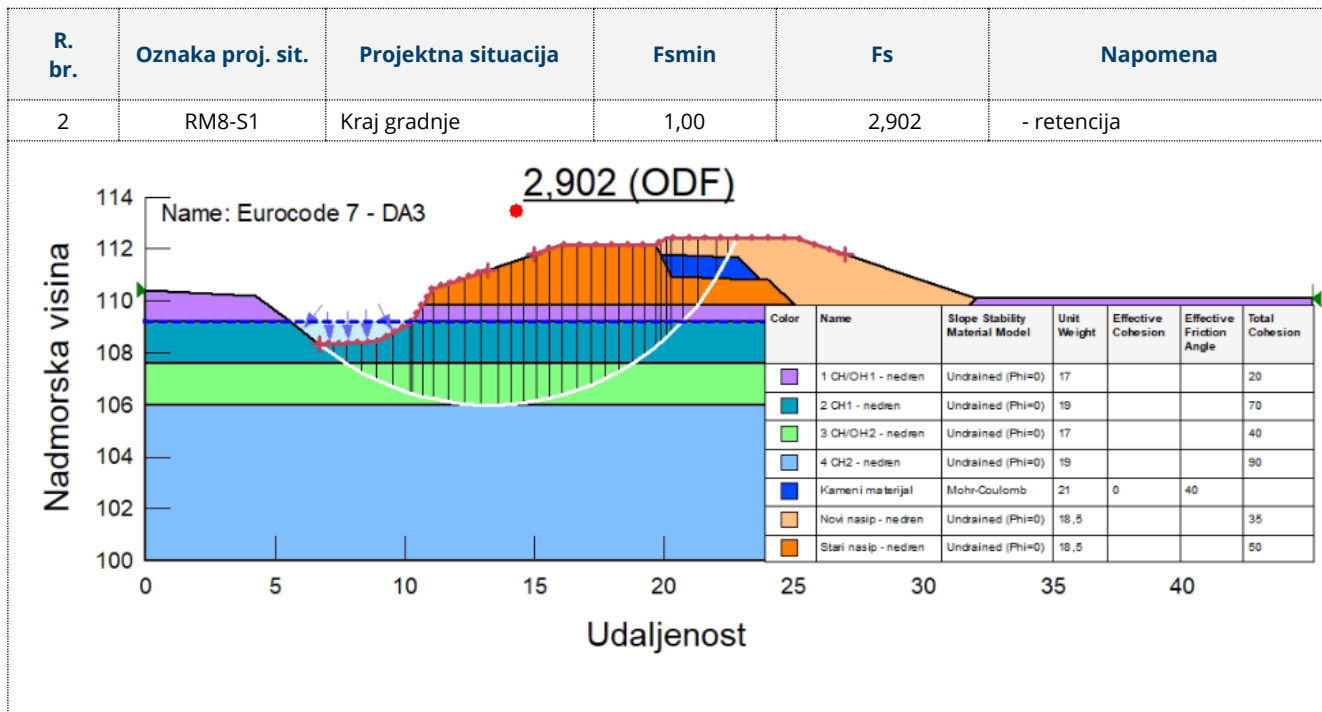
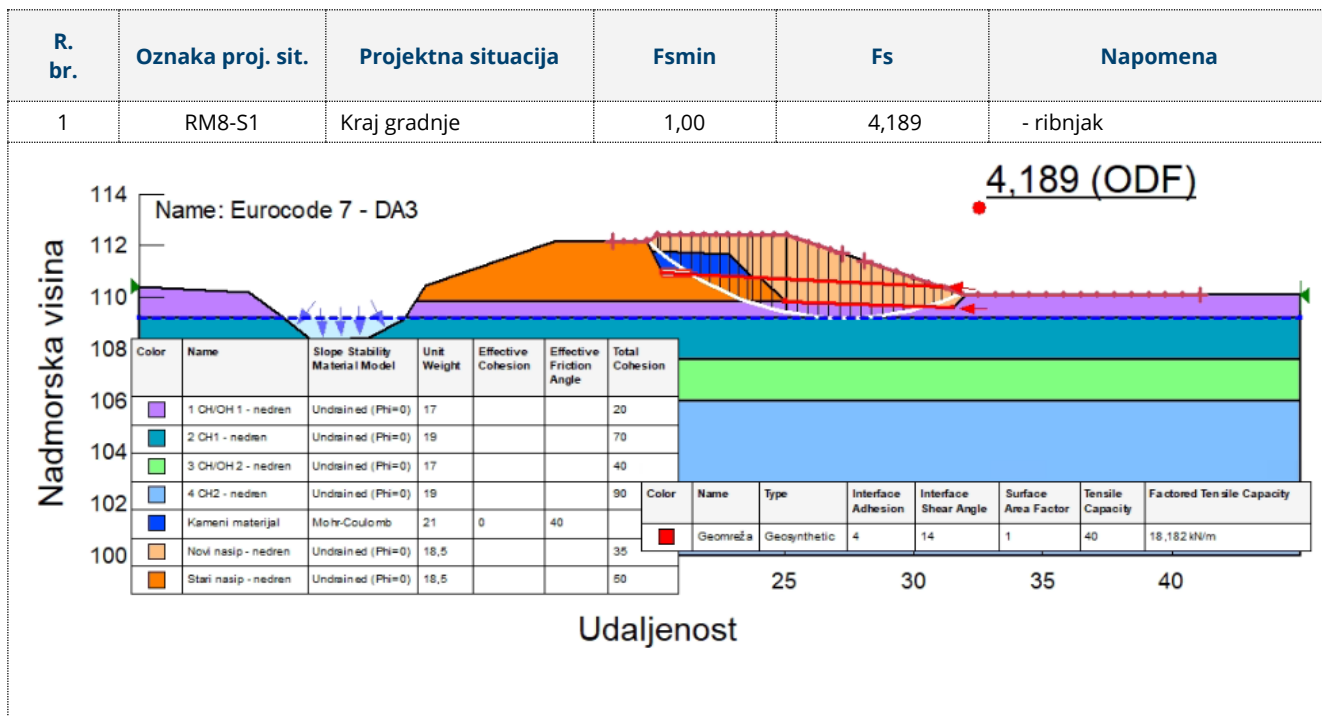


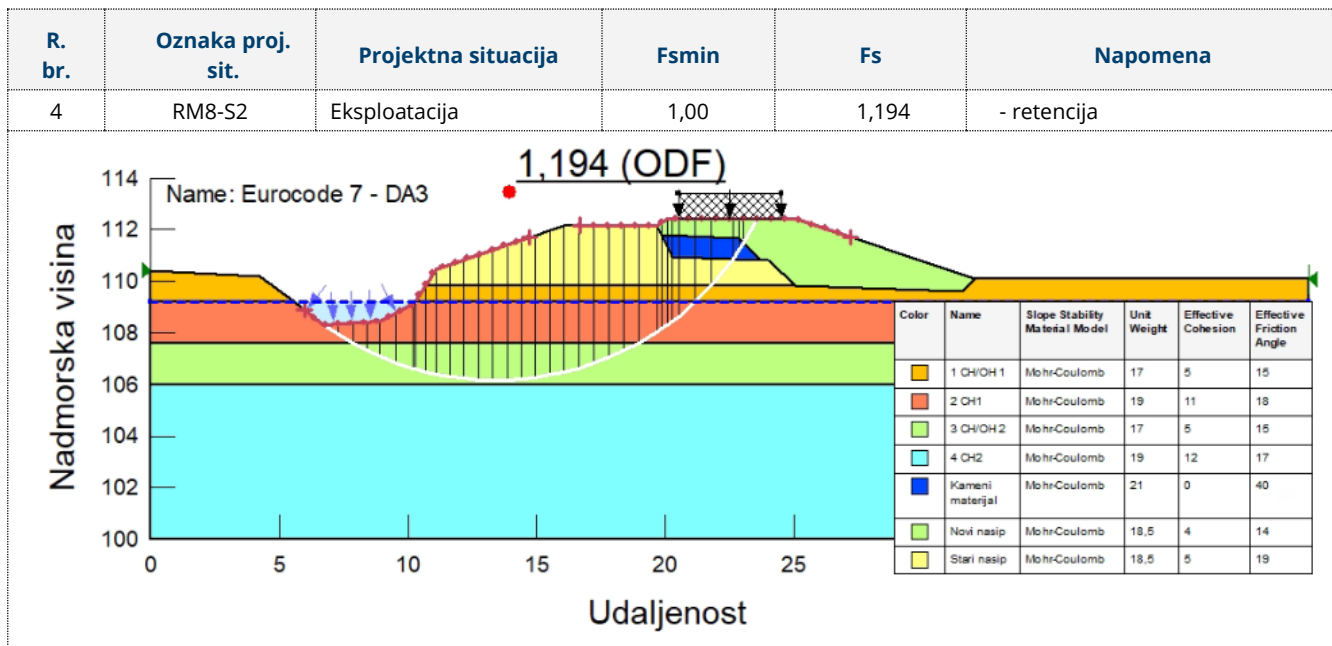
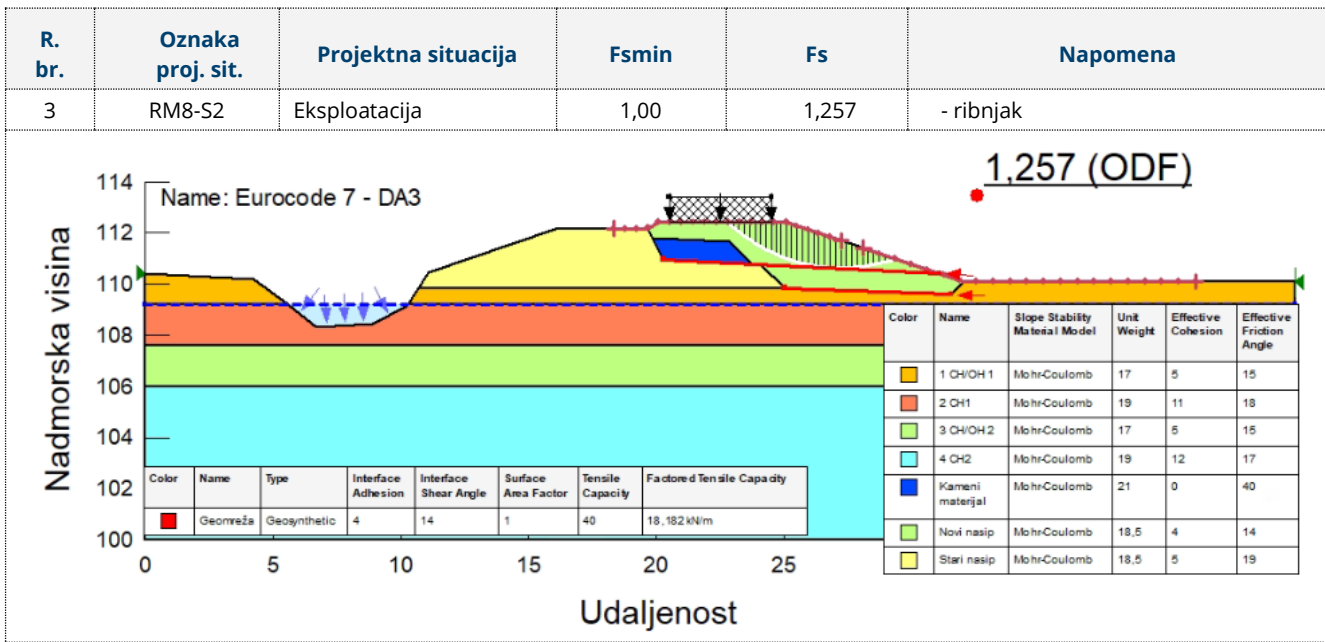


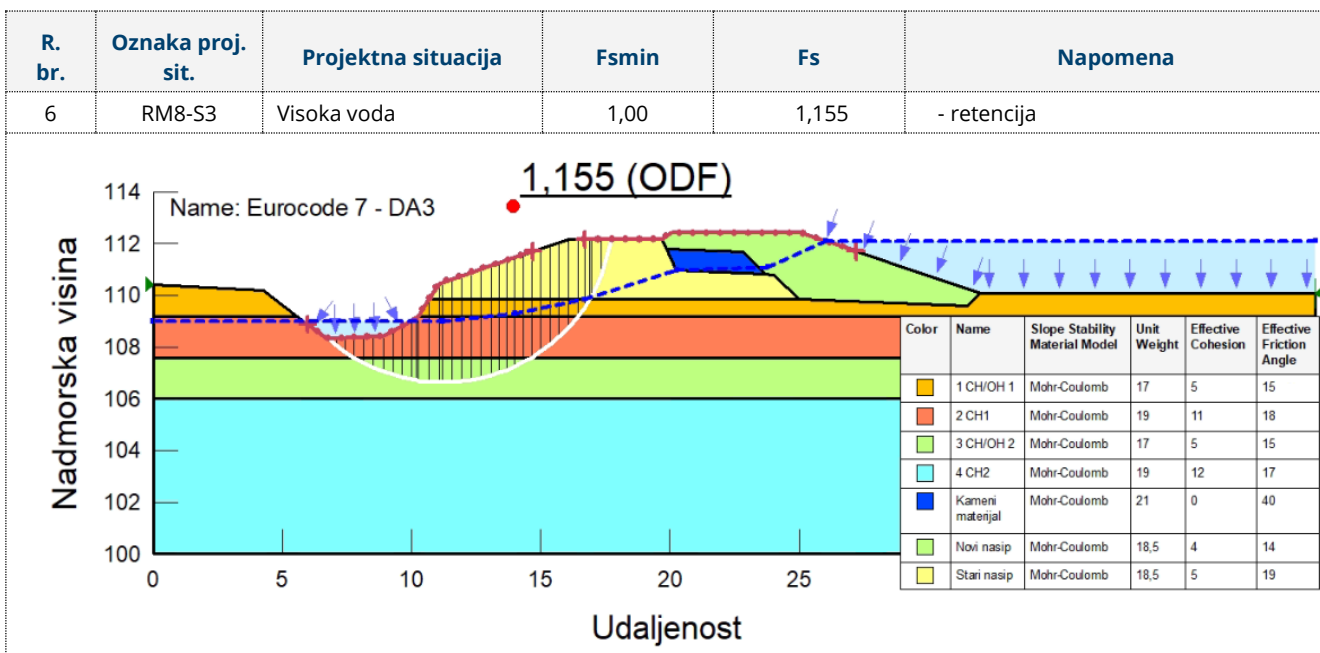
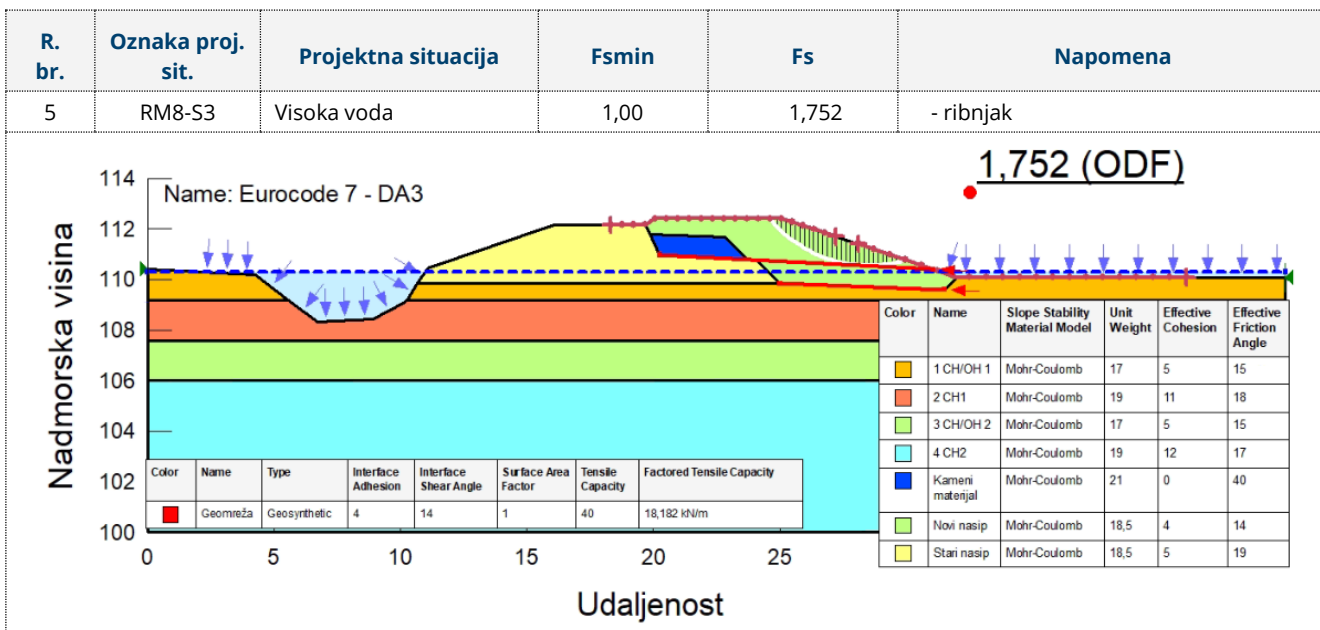


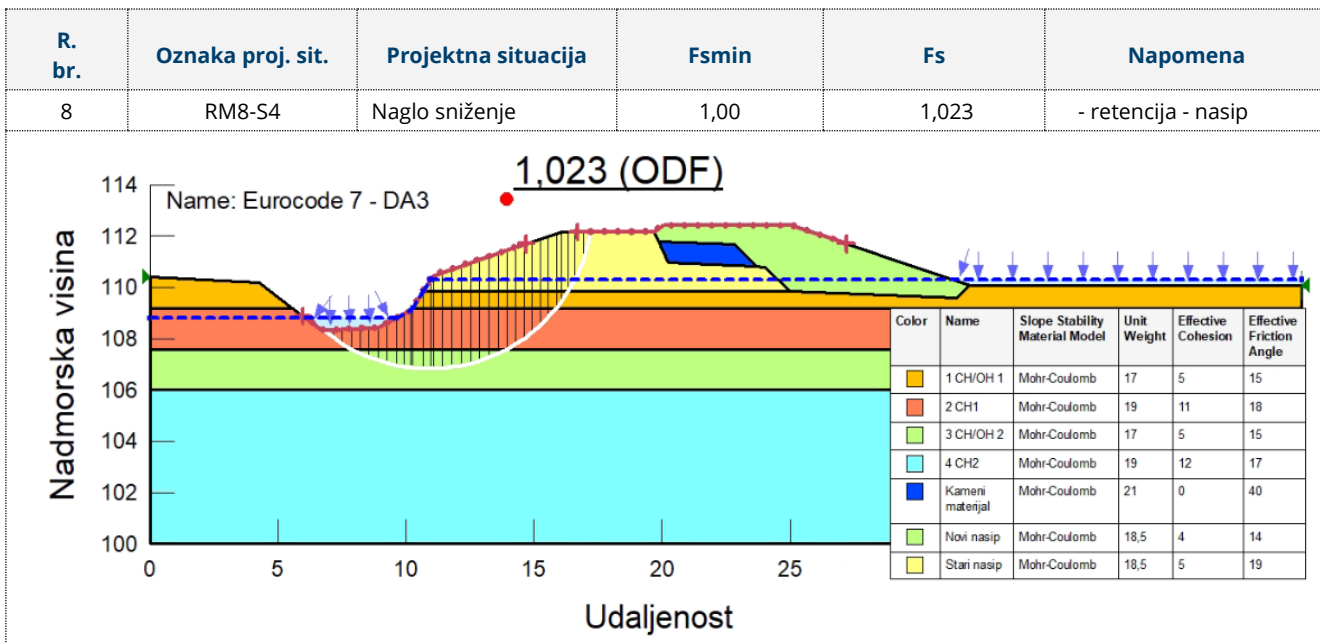
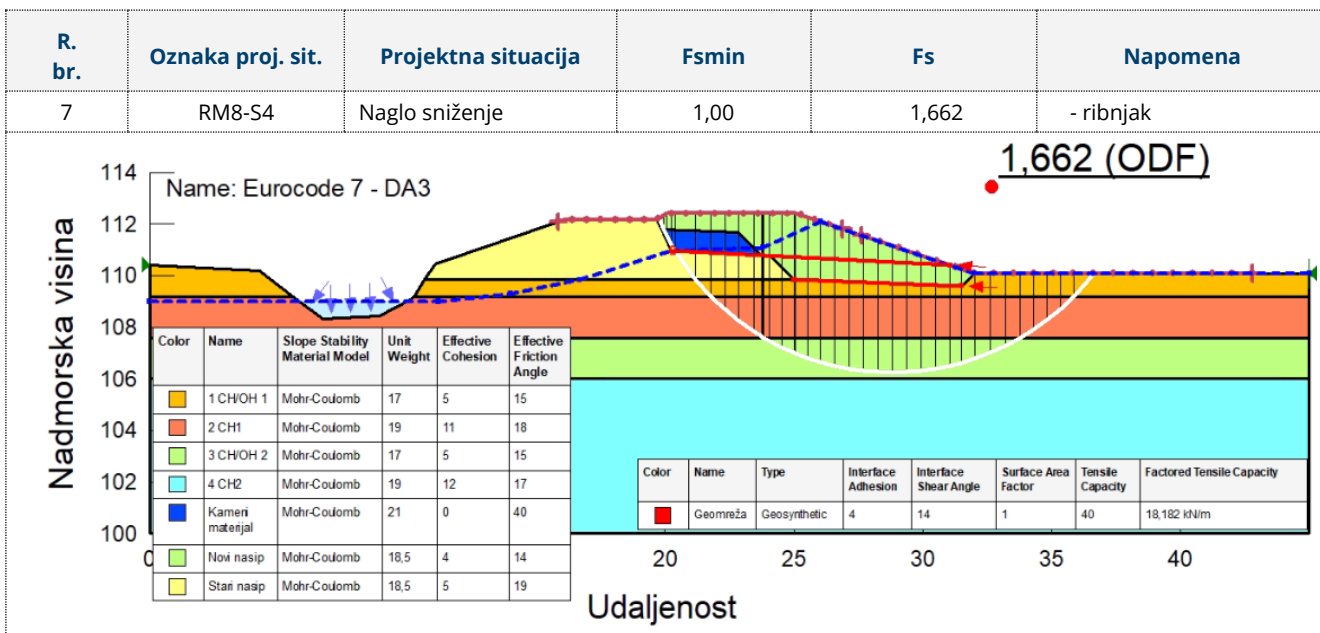


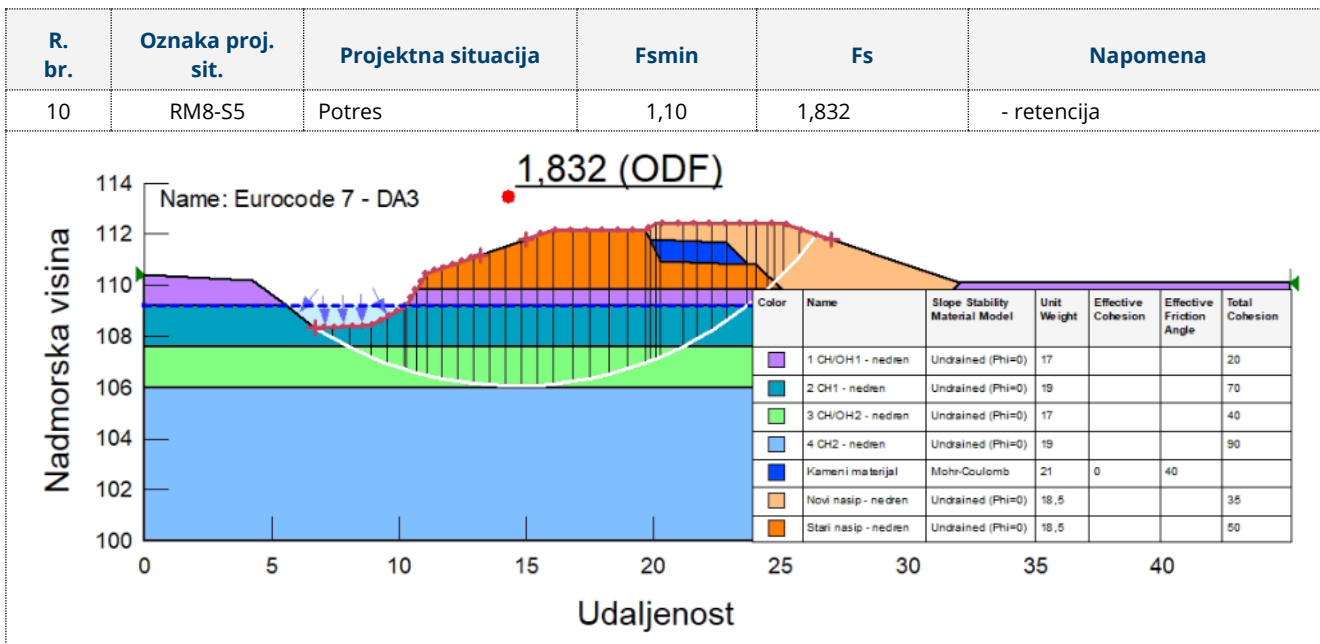
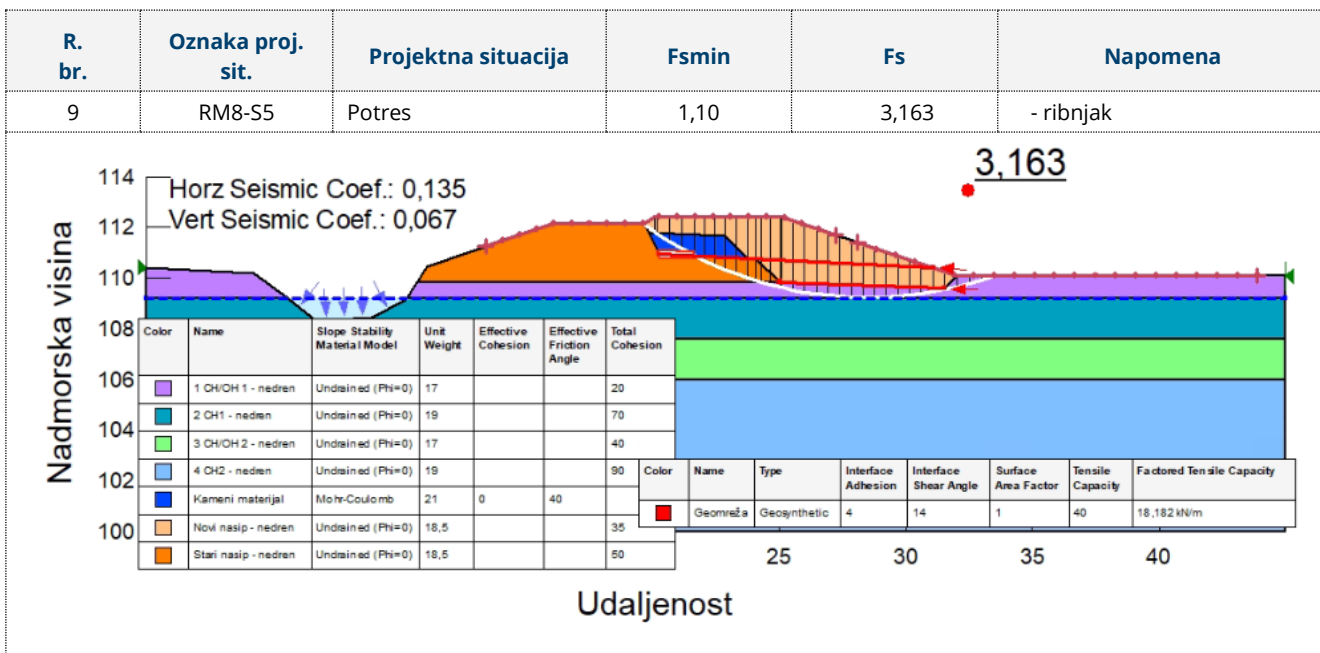
3.6.4.9 RM9 - Rezultati analize stabilnosti













3.6.5 ZAKLJUČAK UZ ANALIZE STABILNOSTI

Provedene su analize stabilnosti nasipa na odabranim karakterističnim presjecima nasipa za svaku geotehničku sredinu te za specifične poprečne presjeke.

Geotehnička sredina	Računski model	Poprečni presjek	Stacionaža nasipa	Faktor sigurnosti	Situacija
GS1	RM1	P6	km 0+250,00	1,353	Naglo sniženje vode
GS2	RM2	P33	km 1+600,00	1,059	Naglo sniženje vode
GS2	RM3	P35	km 1+700,00	1,253	Naglo sniženje vode
GS3	RM4	P138	km 3+325,00	1,043	Naglo sniženje vode
GS4	RM5	P4	km 4+861,22	1,010	Naglo sniženje vode
GS4	RM6	P113	km 5+600,00	1,019	Naglo sniženje vode
GS5	RM7	P147	km 7+300,00	1,016	Naglo sniženje vode
GS5	RM8	P158	km 7+850,00	1,006	Naglo sniženje vode
GS5	RM9	P86	km 9+250,00	1,023	Naglo sniženje vode

Proračunima je dokazano da je predložena geometrija nasipa geotehnički stabilna uz uvjet korektne ugradnje glinenog materijala sa predloženog nalazišta i ojačanjem tijela nasipa geomrežama.

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



3.7 PRORAČUN KONSOLIDACIJE TLA ISPOD NASIPA

Proračun konsolidacije ovisi o debljini slabopropusnih slojeva temeljnog tla i njihovom koeficijentu vodopropusnosti. Proračuni konsolidacije su provedeni na temelju koeficijenta vodopropusnosti iz edometarskog pokusa.

Proračuni su provedeni za računske modele u geotehničkim sredinama gdje se ne nadograđuje postojeći nasip, već se gradi nasip u punoj visini na temeljnom tlu. Lokacije gradnje nasipa u punoj visini se nalaze u geotehničkim sredinama GS2 i GS5 na pojedinim dionicama.

Proračun će biti proveden za 2 računska modela.

3.7.1 KARAKTERISTIKE TLA

Edometarskim pokusom definirana je vertikalna vodopropusnost k_v svakog materijala. Za horizontalnu vodopropusnost glinenog materijala usvojen je odnos $k_H / k_v = 3$ iz kojeg proizlazi da je horizontalna vodopropusnost $k_H = 3 \times k_v$.

Materijali temeljnog tla modelirani su sa slijedećim parametrima:

Uslojenost **geotehničke sredine 2** za računski model **RM3**:

	1) CH-1	2) CH 2	5) GW	6) Nasip CI/CH
Materijal model	M-C	M-C	M-C	M-C
Materijal type	Drained	Drained	Drained	Drained
Zapreminska težina γ (kN/m ³)	18,5	18,5	21	18,5
Efektivna kohezija c' (kPa)	13	13	0	4
Efektivni kut unutrašnjeg trenja ρ' (°)	18	18	40	14
Modul elastičnosti E_{50} (MPa)	5,5	7,0	30	2,5
Poissonov koeficijent (ν)	0,35	0,35	0,25	0,35
Koeficijent vodopropusnosti k_v (m/dan)	8,64e-5	8,64e-5	86,4	4,32e-4
Koeficijent vodopropusnosti k_H (m/dan)	2,59e-4	2,59e-4	86,4	4,32e-4



Uslojenost **geotehničke sredine 5** za računski model **RM8**:

	1) CH/OH 1	2) CH 1	3) CH/OH 2	4) CH 2	5) CL-2	5) CL-3
Materijal model	M-C	M-C	M-C	M-C	M-C	M-C
Materijal type	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Zapreminska težina Y (kN/m3)	16	19	16	19	21	18,5
Efektivna kohezija c' (kPa)	5	11	5	12	0	4
Efektivni kut unutrašnjeg trenja ρ' (°)	15	18	15	17	40	14
Modul elastičnosti E_{50} (MPa)	2,0	4,5	3,5	7,0	30,0	2,5
Poissonov koeficijent (v)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,25	0,35
Koeficijent vodopropusnosti k_v (m/s)	6,91e-4	8,64e-5	8,64e-4	8,64e-5	86,4	4,32e-4
Koeficijent vodopropusnosti k_h (m/s)	2,07e-3	2,59e-4	2,59e-3	2,59e-4	86,4	4,32e-4

Karakteristike parametara bonificiranog temeljnog tla opisane su u poglavlju 4.5.

3.7.2 PROJEKTNE SITUACIJE

Proračun trajanja konsolidacije i slijeganja proveden je za četiri projektne situacije:

Oznaka	Projektne situacije
S1	Kraj gradnje
S2	Kraj konsolidacije

3.7.3 RAČUNSKI MODELI

Naponsko – deformacijske analize izvršene su na računskim modelima RM3 i RM8.

RM3 - opisuje poprečni presjek nasipa P35 na utvrđenom geotehničkom presjeku temeljnog tla u GS2 na stacionaži km 1+700, ukupne visine 2,1 m.

RM8 - opisuje poprečni presjek nasipa P158 na utvrđenom geotehničkom presjeku temeljnog tla u GS5 na stacionaži km 7+850, ukupne visine 2,8 m.

Faze izgradnje nasipa u računskim modelima izводе se u vremenskom odmaku od 7 dana.

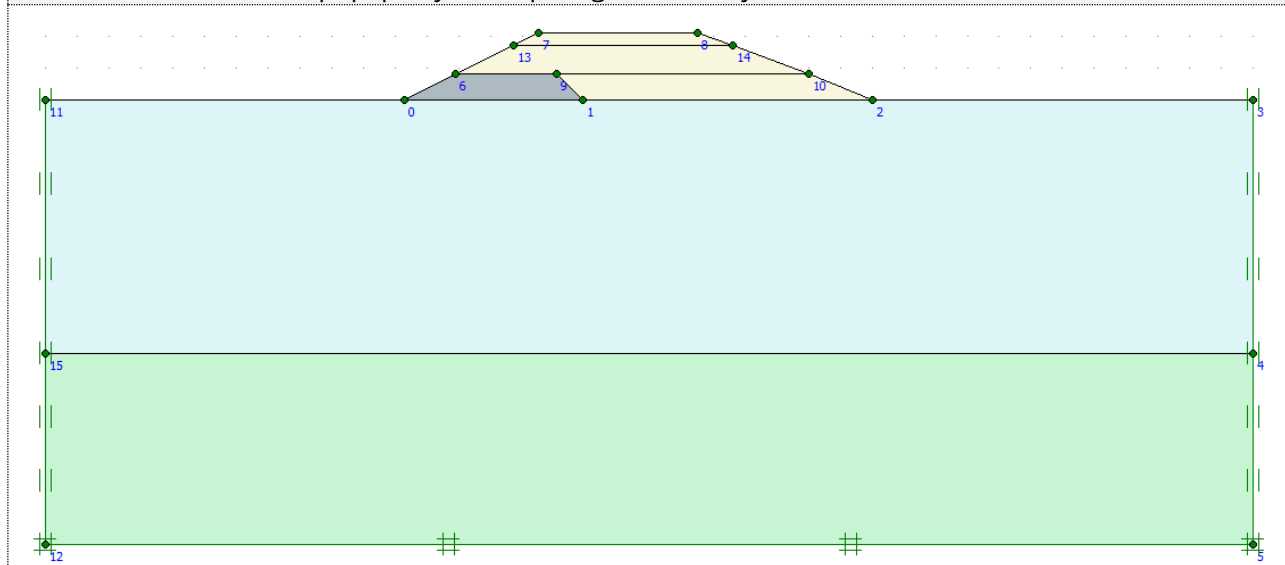
U svakoj fazi se nasipava sloj materijala u visini od cca 1 m, osim u završnim fazama izgradnje nasipa



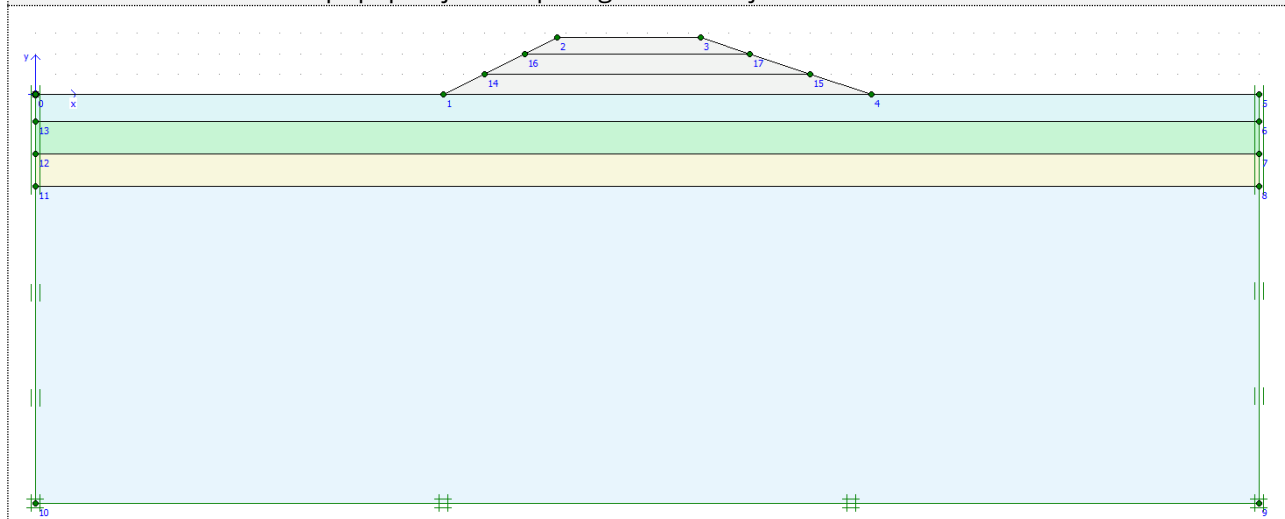
ako je za dosizanja projektirane visine potrebno manje od 1 m nasipa.

Početno stanje naprezanja	
1. sloj nasipavanja (0,8-1m)	7 dana
2. sloj nasipavanja (0,7-1m)	7 dana
3. sloj nasipavanja (0,5-0,8m)	7 dana

Računski model RM3 –pop. presjek nasipa u geotehničkoj sredini GS2



Računski model RM8 – pop. presjek nasipa u geotehničkoj sredini GS5



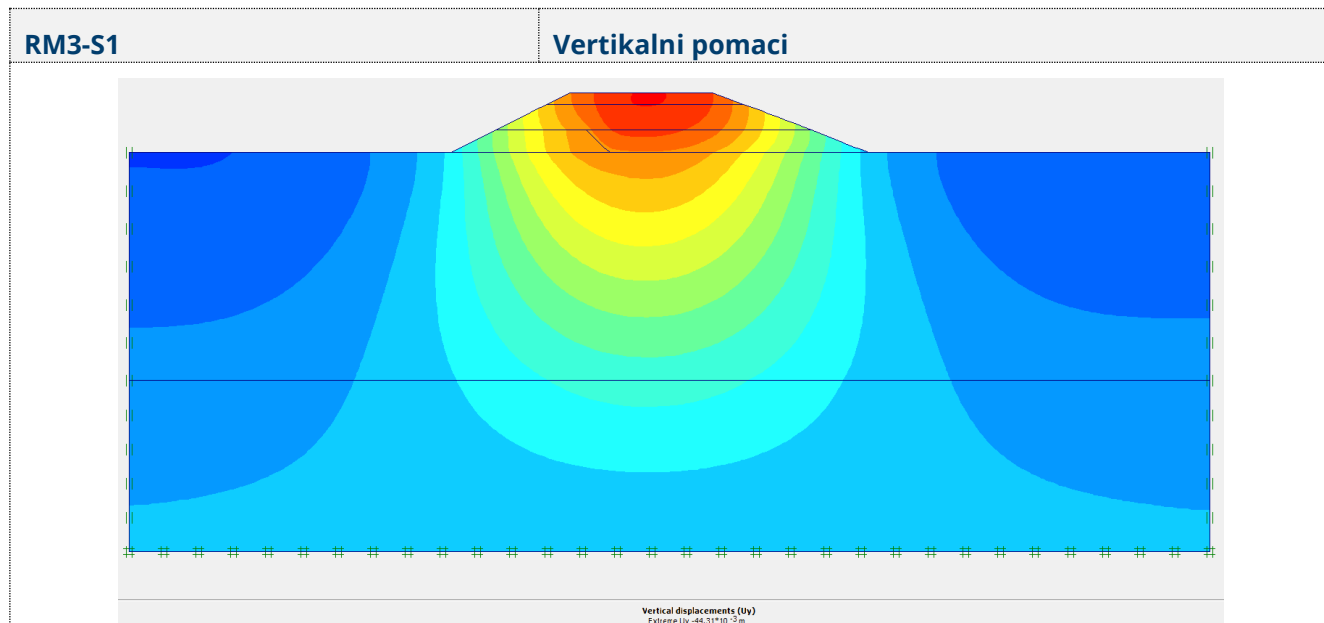


3.7.4 REZULTATI NAPONSKO-DEFORMACIJSKE ANALIZE

3.7.4.1 RM3 - računski model

1. Projektna situacija S1 – Kraj gradnje

Prikazani su rezultati računskog modela RM3 projektne situacije S1 (analiza slijeganja na kraju gradnje nasipa) s postojećim parametrima temeljnog tla.

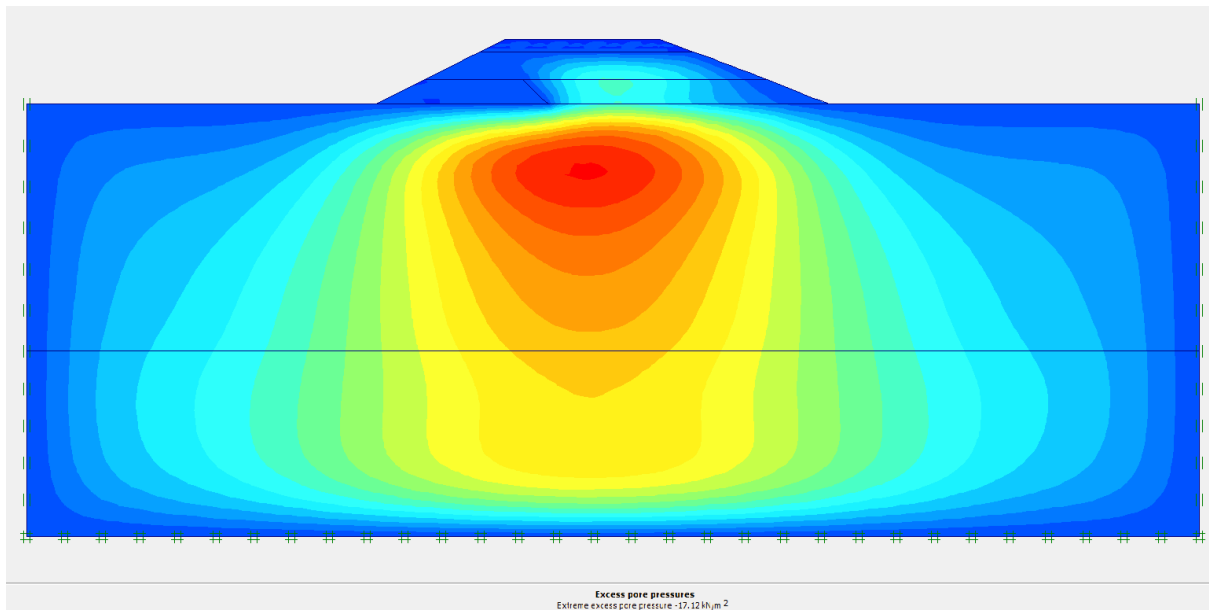


RM1-S1: Kraj gradnje	
Maksimalni računski vertikalni pomaci	Dy (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla na kontaktu nasipa i temeljnog tla	-3,6



RM3-S1

Dodatni porni pritisci



RM1-S1: Kraj gradnje

Maksimalni računski dodatni porni pritisci

U_e (kPa)

Maksimalni dodatni porni pritisak

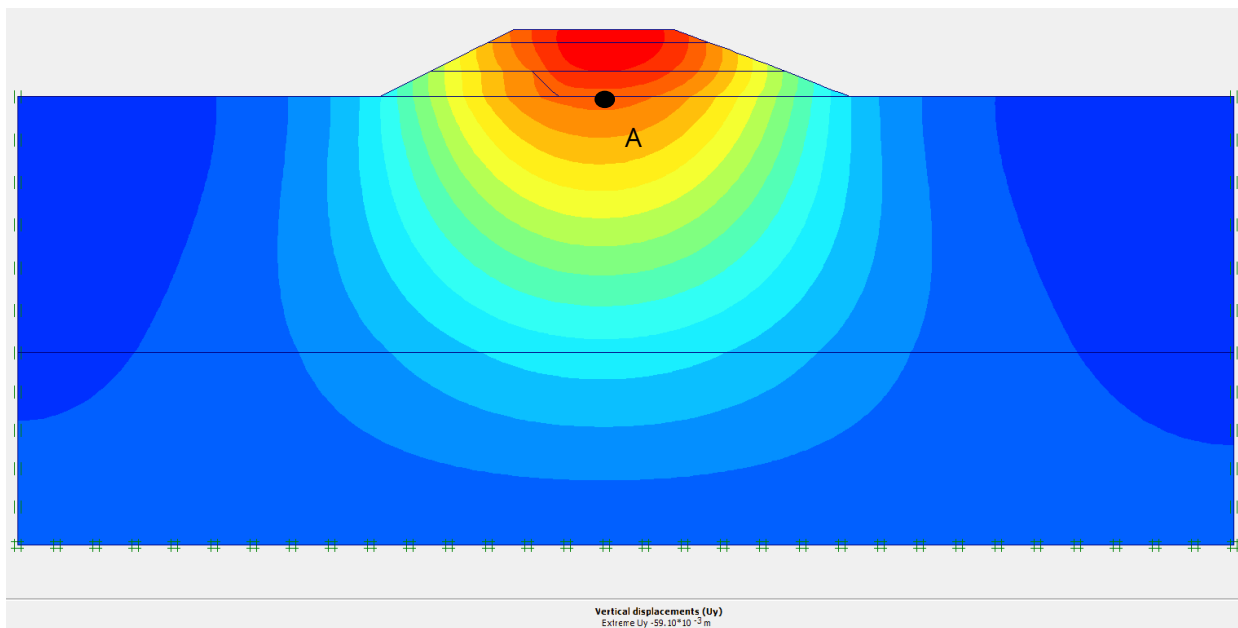
-17,1

2. Projektna situacija S2 – Kraj konsolidacije

Prikazani su rezultati računskog modela RM3 projektne situacije S2 (analiza slijeganja na kraju konsolidacije) s bonificiranim parametrima temeljnog tla.

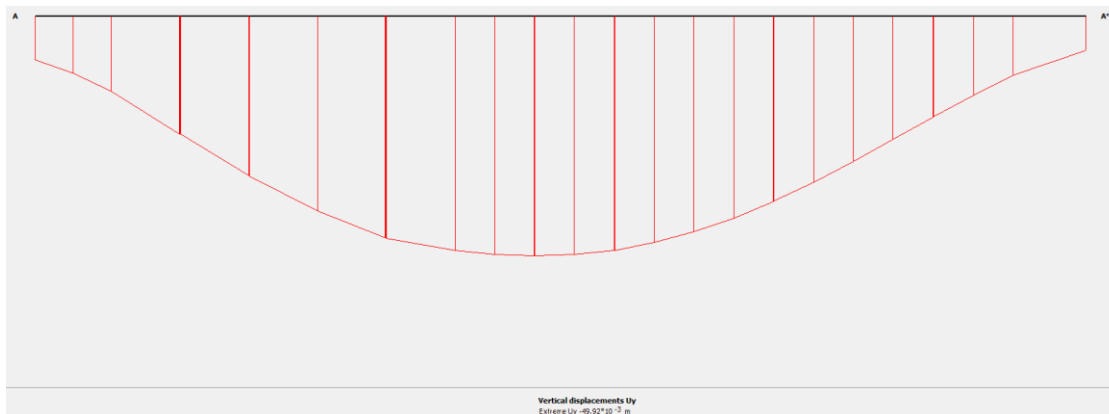
RM3-S2

Vertikalni pomaci





RM3-S2: Vertikalni pomaci na kontaktu temeljnog tla i nasipa



RM3-S2: Kraj konsolidacije

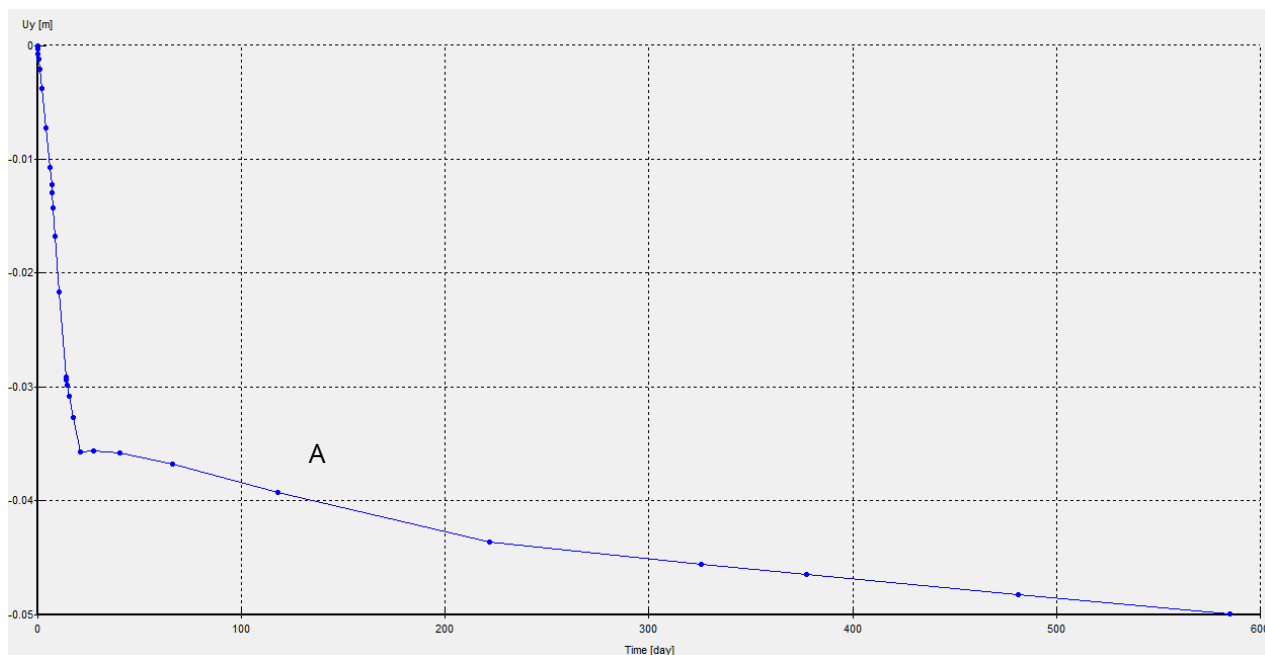
Maksimalni računski vertikalni pomaci

D_y (cm)

Maksimalno slijezanje temeljnog tla na kontaktu nasipa i temeljnog tla

-5,0

RM3-S2: Krivulja slijezanja točke na kontaktu nasipa i temeljnog tla



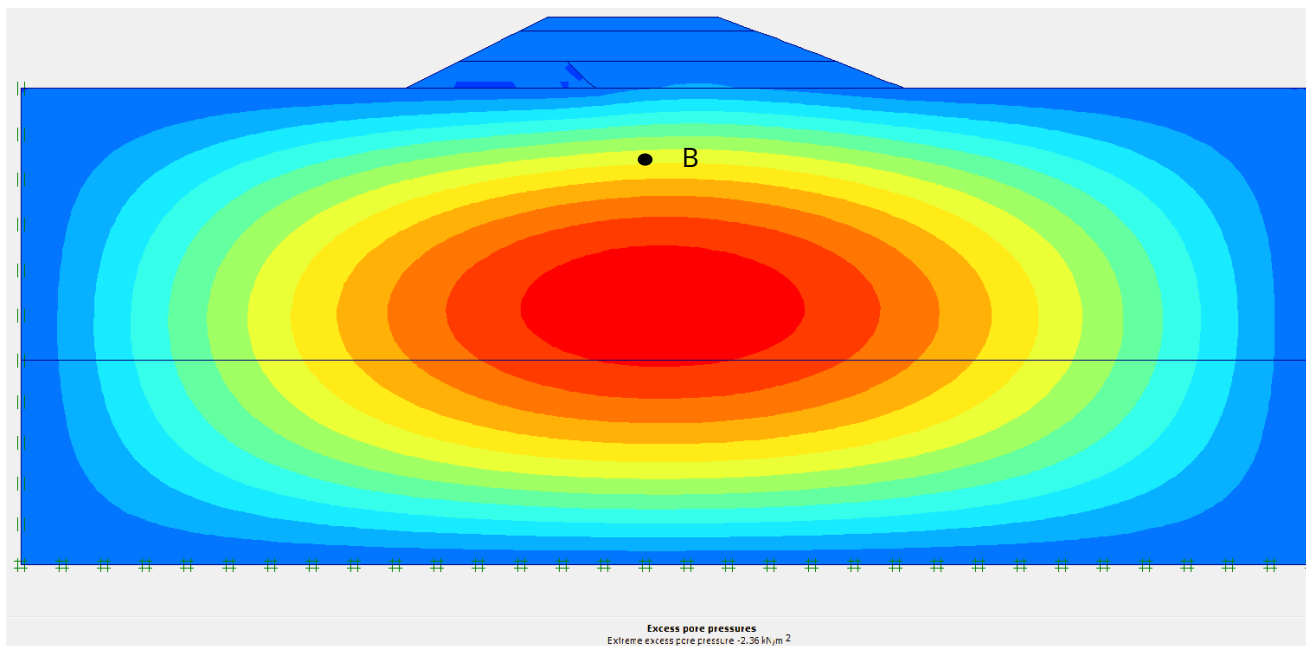
Točka A (plava krivulja): iznos slijezanja na kontaktu nasipa i temeljnog tla.

Iz dijagrama očitavamo da se 3,6 cm slijezanja temeljnog tla odvalo prilikom izgradnje samog nasipa unutar 21 dan, a do ukupnog slijezanja od 5,0 cm, što je razlika od 1,4 cm, je potrebno još ~580 dana.



RM3-S2

Dodatni porni pritisci



RM3-S2: Kraj konsolidacije

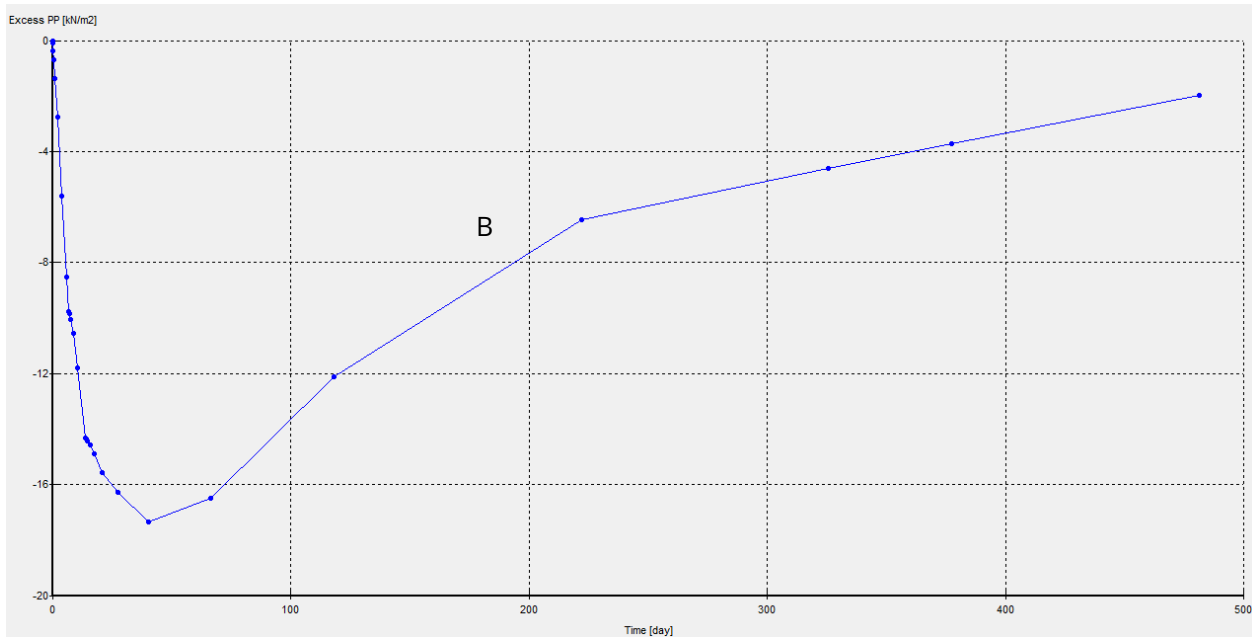
Maksimalni računski dodatni porni pritisci

U_e (kPa)

Maksimalni dodatni porni pritisak

-2,36

RM3-S2: Konsolidacijska krivulja



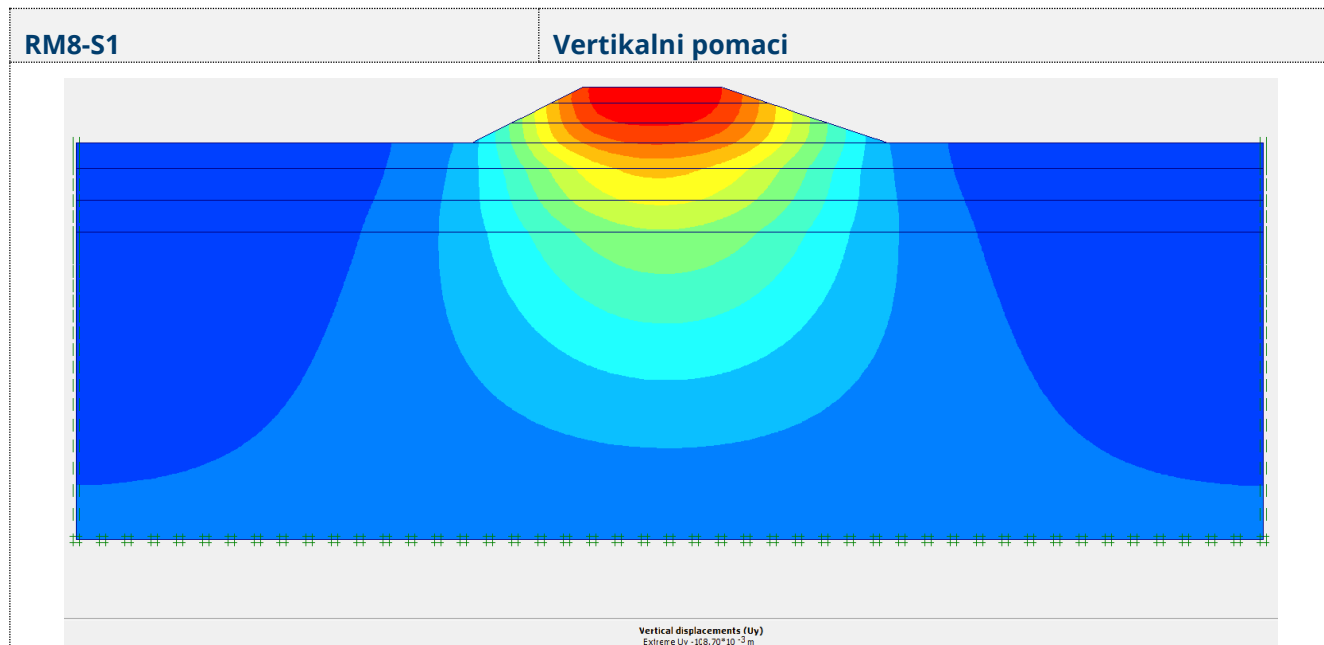
Točka B (plava krivulja): vrijeme disipacije ~90% dodatnog pornog pritiska 480 dana



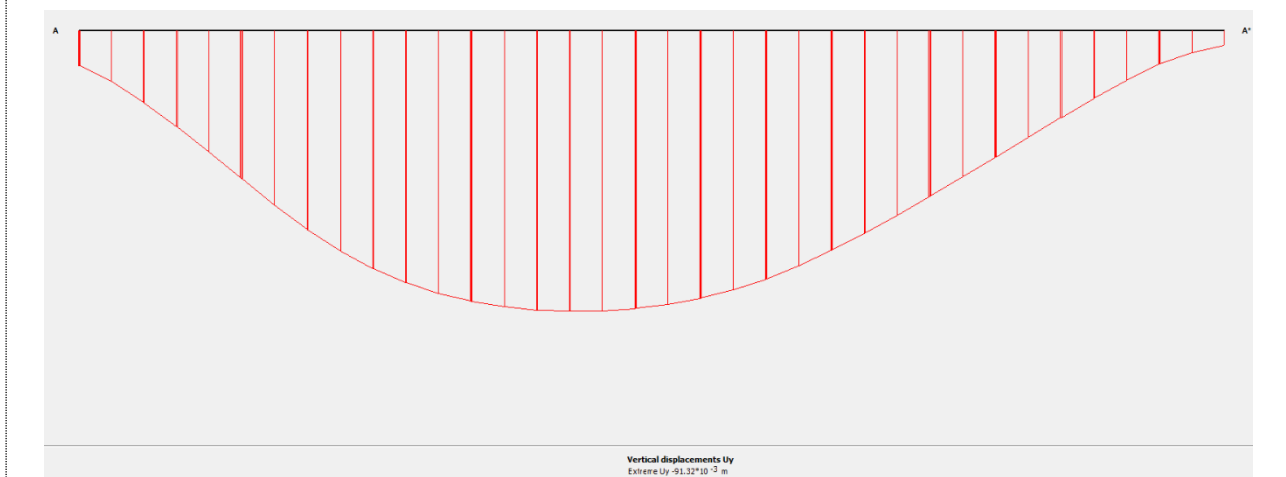
3.7.4.2 RM8 - računski model

3. Projektna situacija S1 – Kraj gradnje

Prikazani su rezultati računskog modela RM8 projektne situacije S1 (analiza slijeganja na kraju gradnje nasipa) s postojećim parametrima temeljnog tla.



RM8-S1: Vertikalni pomaci na razini temeljnog tla na kontaktu nasipa i temeljnog tla

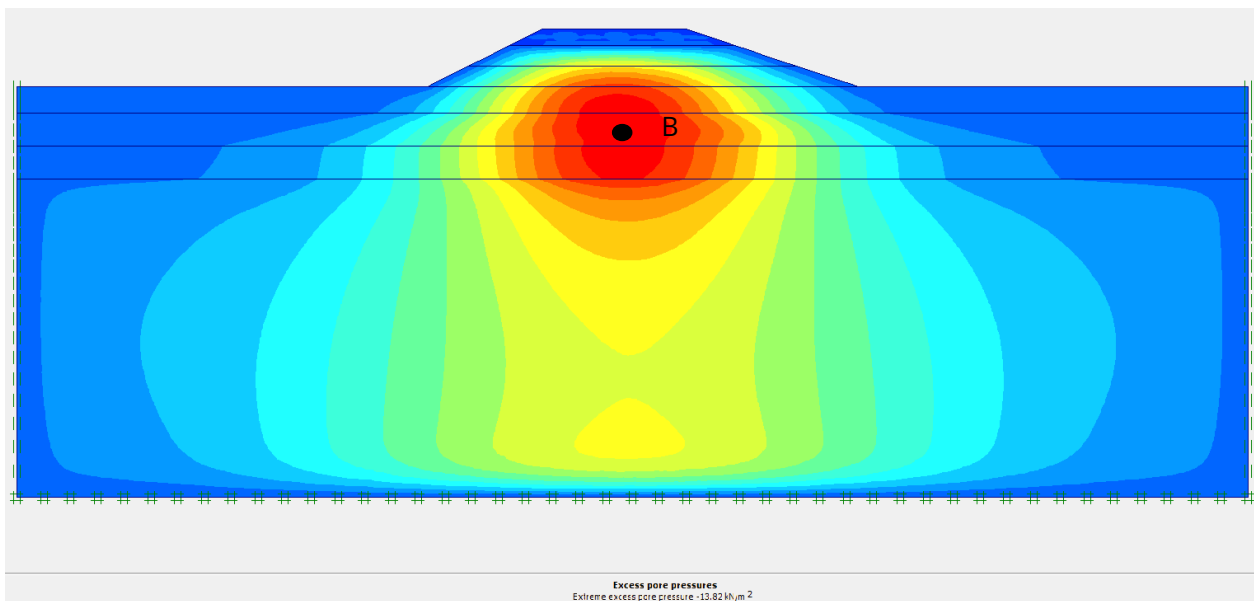


RM1-S1: Kraj gradnje	
Maksimalni računski vertikalni pomaci	Dy (cm)
Maksimalno slijeganje temeljnog tla na kontaktu nasipa i temeljnog tla	-9,1



RM8-S1

Dodatni porni pritisci



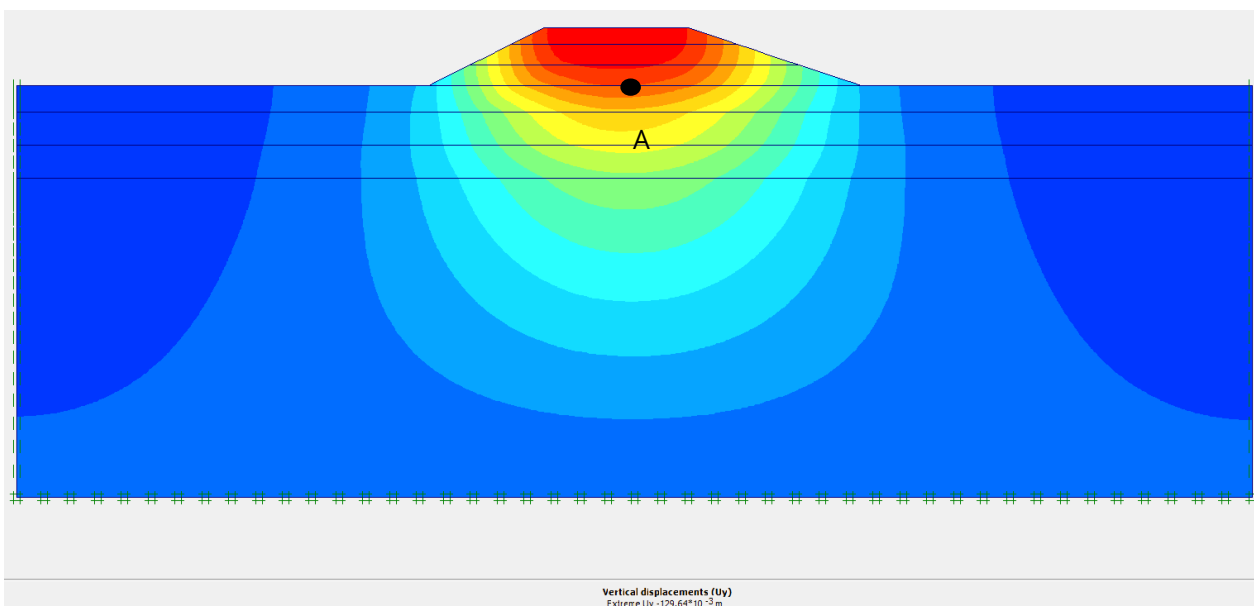
RM8-S1: Kraj gradnje	
Maksimalni računski dodatni porni pritisci	U _e (kPa)
Maksimalni dodatni porni pritisak	-13,8

4. Projektna situacija S2 – Kraj konsolidacije

Prikazani su rezultati računskog modela RM8 projektne situacije S2 (analiza slijeganja na kraju konsolidacije) s bonificiranim parametrima temeljnog tla.

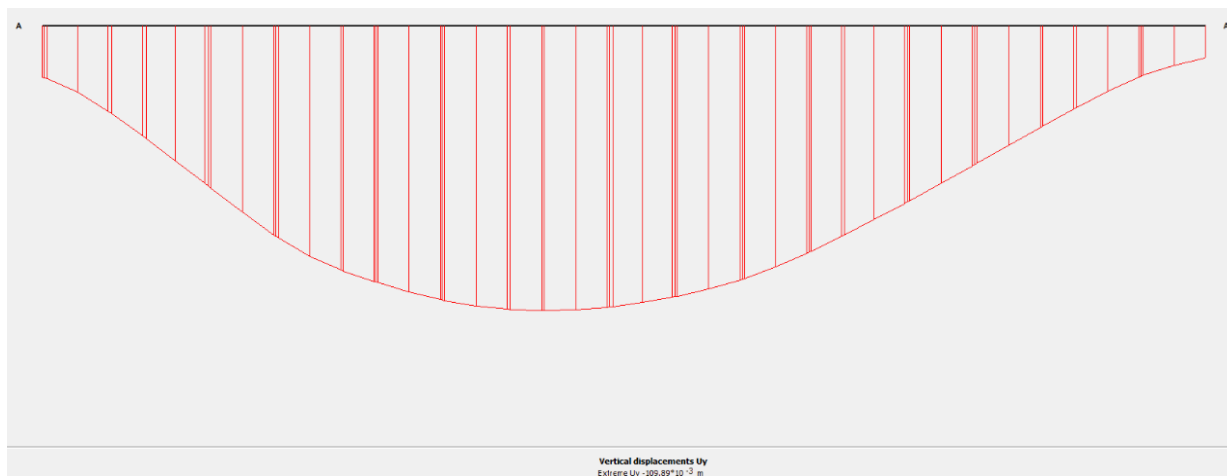
RM8-S2

Vertikalni pomaci





RM8-S2: Vertikalni pomaci na kontaktu temeljnog tla i nasipa



RM8-S2: Kraj konsolidacije

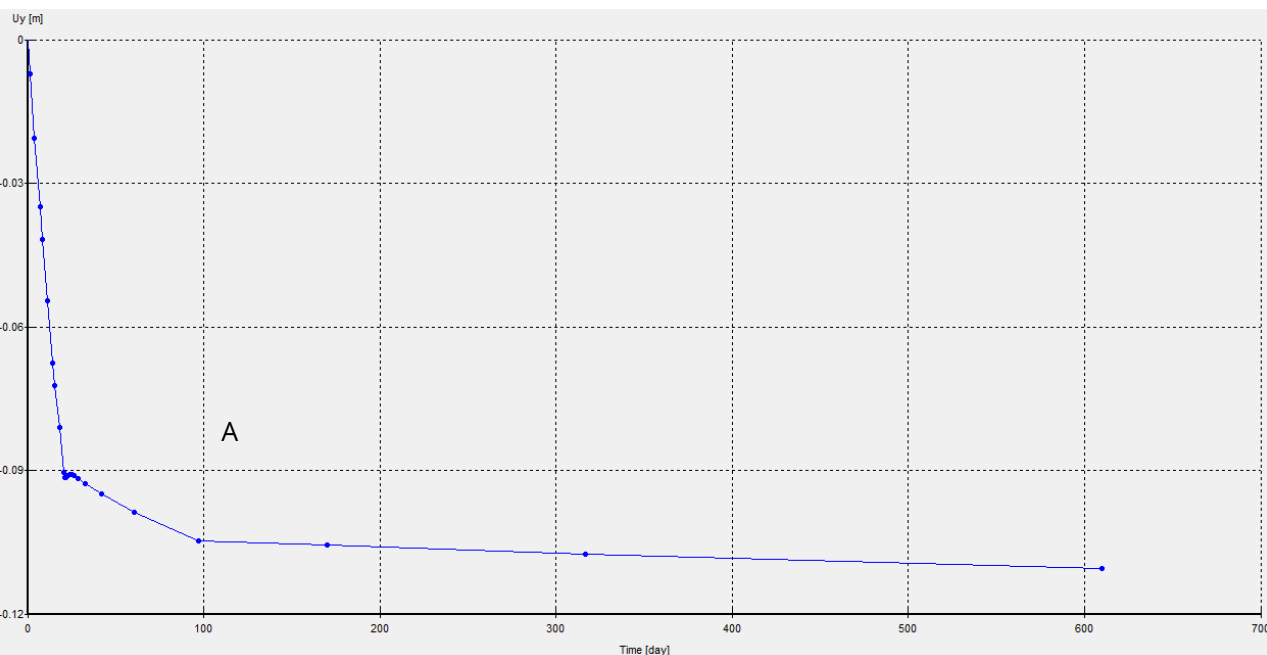
Maksimalni računski vertikalni pomaci

D_y (cm)

Maksimalno slijezanje temeljnog tla na kontaktu nasipa i temeljnog tla

-11,0

RM8-S2: Krivulja slijezanja točke na kontaktu nasipa i temeljnog tla



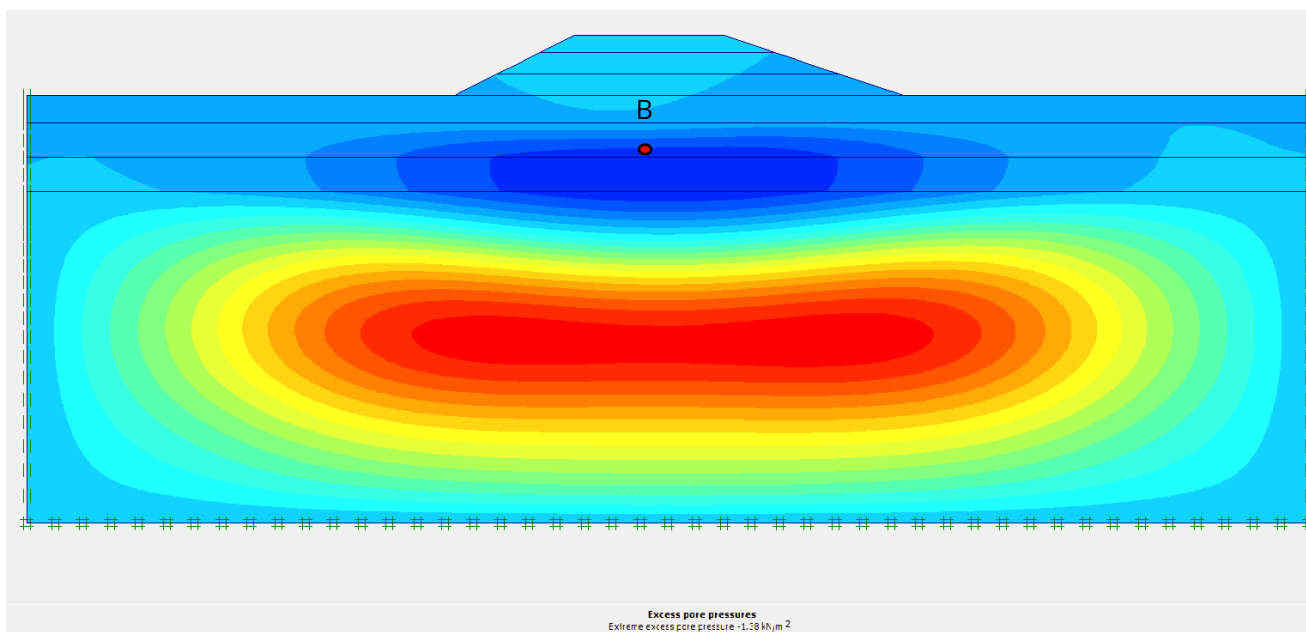
Točka A (plava krivulja): iznos slijezanja na kontaktu nasipa i temeljnog tla.

Iz dijagrama očitavamo da se 9,1 cm slijezanja temeljnog tla odvalo prilikom izgradnje samog nasipa unutar 21 dan, a do ukupnog slijezanja od 11,0 cm, što je razlika od 1,9 cm, je potrebno još ~580 dana.



RM8-S2

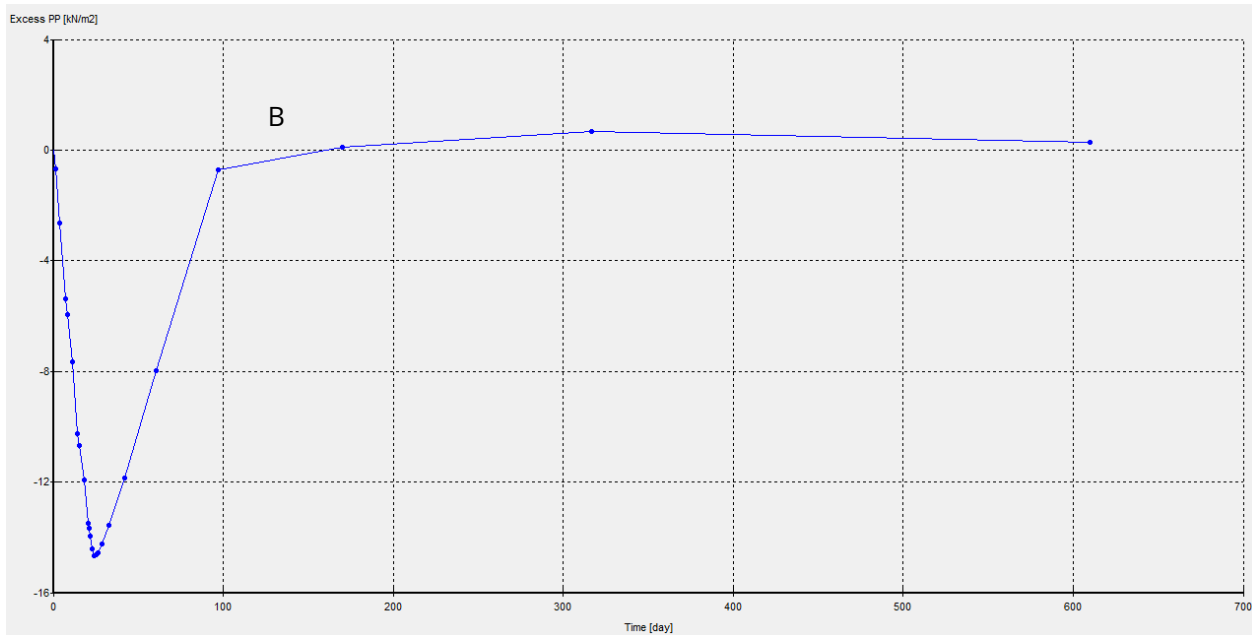
Dodatni porni pritisci



RM8-S2: Kraj konsolidacije

Maksimalni računski dodatni porni pritisci	U _e (kPa)
Maksimalni dodatni porni pritisak	-1,38

RM8-S2: Konsolidacijska krivulja



Točka B (plava krivulja): vrijeme disipacije ~90% dodatnog pornog pritiska 90 dana



3.7.5 ZAKLJUČAK NAPONSKO - DEFORMACIJSKE ANALIZE KONSOLIDACIJE

Dobiveni rezultati na računskim modelima nasipa (RM3 i RM8), koji prikazuju poprečni presjek nasipa na kojemu se izvodi nasip u punoj visini, pokazuju da je temeljnom tlu u geotehničkoj sredini GS2 potreban period od 480 dana kako bi postigao stupanj konsolidacije od 90%, a u geotehničkoj sredini GS5 je potrebno 90 dana. Navedeni periodi su očekivani jer se temeljno tlo sastoji od koherentnih materijala koje karakterizira nizak koeficijent vodopropusnosti.

Slijeganja i vrijeme potrebno za ostvarivanje 90% konsolidacije prikazani su u tablici:

Računski model	Vrijeme izgradnje nasipa	Iznos slijeganja nakon izgradnje nasipa	Vrijeme potrebno za ostvarivanje 90% konsolidacije	Iznos slijeganja za 90% ostvarene konsolidacije	Ukupno slijeganje temeljnog tla
RM3 – nasip u geo. sredini GS2, visine 2,1 m	21 dan	3,6 cm	480 dana	4,8 cm	5,0 cm
RM8 – nasip u geo. sredini GS5, visine 2,8 m	21 dan	9,1 cm	90 dana	10,4 cm	11,0 cm

Iz rezultata možemo iščitati da se većina slijeganja odvila tijekom izgradnje nasipa, a mali dio slijeganja se odvija nakon izgradnje nasipa.

Na temelju dobivenih rezultata zaključujemo da nije potrebno izvoditi dodatna ojačanja temeljnog tla i ubrzavati konsolidaciju tla te nije potrebno nadvišavati nasip u fazi izgradnje.

Projektant :

Marko Kaić mag. ing. aedif.