

GEOLOŠKO GEOTEHNIČNO POROČILO

OBJEKT: Vodovod Zg. Rečica

OBČINA: Občina Laško

NAROČNIK: Občina Laško

DEL OBJEKTA:

PROJEKT – FAZA: PZI

ŠT. DOKUMENTA: GM - 61/2011

IZDELAL: Dr. Andrej BLAŽIČ
(št.: 604-9/2008-2)

DATUM IZDELAVE: April 2011

S.1 SPLOŠNI DEL

S.1 VSEBINA ELABORATA:**SPLOŠNI DEL**

Vsebina poročila

TEHNIČNI DEL**RAČUNSKI DEL**

R.1 Rezultati meritev

R.1.1 Rezultati meritev z dinamičnim penetrometrom - Pagani TG 63 - 100

R.1.2 Rezultati meritev z dinamičnim penetrometrom

R.2 Merilna oprema in interpretacija meritev

R.3 Vhodni podatki in izračun stabilnosti brežin

RISBE

Priloga G.1: Inženirsko geološka karta

Priloga G.2: Geološko geotehnični profil PR 1

Priloga G.3: Geološko geotehnični profil PR 2

Priloga G.4: Geološko geotehnični profil PR 3

Priloga G.5: Geološko geotehnični profil PR 4

T. TEHNIČNI DEL

Kazalo vsebine tehničnega poročila:

Geološko geotehnično poročilo	1
S.1 SPLOŠNI DEL	2
T. TEHNIČNI DEL	4
T.1 SPLOŠNO	7
T.2 TERENSKÉ PREISKAVE	8
T.3 GEOLOŠKI GEOTEHNIČNI OPISI	9
T.3.1 Geološke in hidrogeološke osnove	9
T.3.2 Geološki in reliefni opis trase	9
T.3.3 Geotehnične lastnosti materiala	10
T.4 PODZEMNA IN METEORNA VODA	11
T.5 KRITIČNA PODROČJA	11
T.6 OPIS POGOJEV ZA PROJEKTIRANJE	11
T.6.1 Vrsta in uporabnost materialov	11
T.6.2 Nakloni brežin vkopov in nasipov	11
T.7 OPIS POGOJEV ZA GRADNJO	14
T.7.1 Pogoji za izvajanje zemeljskih del	14
T.7.2 Pogoji za izvedbo spodnjega ustroja	15
T.7.3 Prečenje potokov	16
T.7.3.1 Prečenje potoka z vrtanjem	16
T.7.3.2 Prečenje potoka z izkopavanjem	16
T.8 OPOZORILA	16
R. RAČUNSKI DEL	17
R.1 REZULTATI MERITEV	18
R.1.1 REZULTATI MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM - Pagani TG 63-100	19
R.1.1.1 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom – Pagani TG 63 -100 : DP 1	20
R.1.2 REZULTATI MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM DPM 30-20	21
R.1.2.1 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 1	22
R.1.2.2 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 2	23
R.1.2.3 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 3	24
R.1.2.4 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 4	25

R.1.2.5 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 5	26
R.1.2.6 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 6	27
R.1.2.7 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 7	28
R.1.2.8 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 8	29
R.2 MERILNA OPREMA IN INTERPRETACIJA REZULTATOV MERITEV	30
R.2.1 Dinamični penetrometer Pagani TG 63-100	31
R.2.2 Interpretacija rezultatov - Dinamični penetrometer Pagani TG 63-100	32
R.2.3 Dinamični penetrometer Pagani DPM 30-20	34
R.2.4 Interpretacija rezultatov - Dinamični penetrometer Pagani DPM 30-20	35
R.3 VHODNI PODATKI IN IZRAČUNI STABILNOSTI BREŽIN	37
R.3.1 Analiza stabilnosti PR 1	38
R.3.2 Analiza stabilnosti PR 2	41
R.3.3 Analiza stabilnosti PR 3	44
R.3.4 Analiza stabilnosti PR 4	47
G. RISBE	50

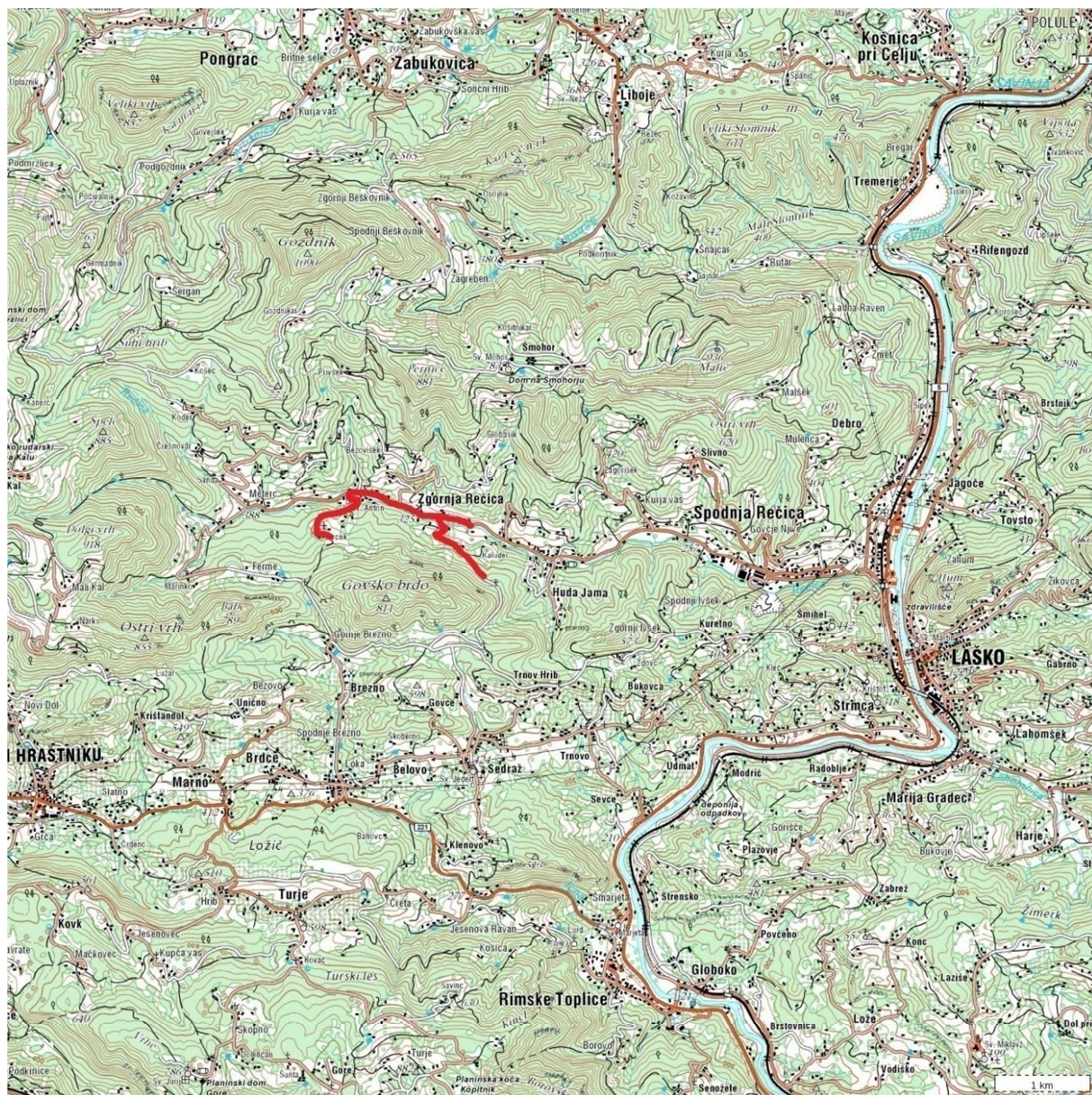
Kazalo slik:

Slika 1: Potek vodovoda Zgornja Rečica	7
Slika 2: Dinamični penetrometer TG 63-100	31
Slika 3: Dinamični penetrometer DPM 30-20	34
Slika 4: Analiza stabilnosti PR 1	40
Slika 5: Analiza stabilnosti PR 2	43
Slika 6: Analiza stabilnosti PR 3	46
Slika 7: Analiza stabilnosti PR 4	49

T.1 SPLOŠNO

Investitor želi izvesti vodovod v naselju Zgornja Rečica v občini Laško. Naročnik geološko-geomehanskega poročila želi na območju trase pridobiti osnovne informacije o prisotnih materialih za možnosti projektiranja komunalnega vodovoda.

Osnova za izdelavo tega poročila je, terenska prospekcija območja v sodelovanjem s projektantom vodovoda in določitvijo kritičnih tras, izvedene terenske raziskave ter razpoložljiva geološka literatura in interpretacija pridobljenih podatkov.



Slika 1: Potek vodovoda Zgornja Rečica

T.2 TERENSKÉ PREISKAVE

Geološko sestavo in mehanske lastnosti smo ugotavljali z meritvami z dinamičnim penetrometrom.

Izvedba penetracijskega sondiranja terena nam omogoča pridobiti informacije o trdnostnih karakteristikah materialov in globini trdne podlage, ki predstavlja drsno ploskev. Penetracijsko sondiranje smo na izbranih lokacijah ponavljali do globine trdne podlage. Interpretacija plasti in rezultati meritev so podani za vsako posamezno meritev.

Rezultati geotehničnih meritev so prikazani v tabeli.

Rezultati meritev in interpretacija merjenih rezultatov so prikazani v poglavju R. 1.1 Rezultati meritev z dinamičnim penetrometrom – Pagani TG 63 - 100

Lokacija in meritev	Globina (m)	Kohezija (kPa)	Strižni kot (°)
DP 1	2,8	3	25,5
	5,8	13	30,5

Rezultati meritev in interpretacija merjenih rezultatov so prikazani v poglavju R. 1.2 Rezultati meritev z dinamičnim penetrometrom.

Lokacija in meritev	Globina (m)	Kohezija (kPa)	Strižni kot (°)
DPM 1	1,4	2,5	23,9
	1,7	13	20,5
DPM 2	0,6	2,5	24,2
	3,0	13	20,5
DPM 3	2,3	3	24,4
	4,0	13	20,5
DPM 4	0,6	2	23,2
	1,1	1	35
DPM 5	0,6	2	22,9
	1,8	1	35
DPM 6	3,6	2,5	22,9
	6,2	13	20,5
DPM 7	0,9	3	25,2
	2,5	13	20,5

DPM 8	0,6	2	24,2
	2,5	500	0

T.3 GEOLOŠKI GEOTEHNIČNI OPISI

T.3.1 Geološke in hidrogeološke osnove

Obravnavano območje geotektonsko pripada Posavskim gubam. V neposredni bližini se nahaja Marijareški prelom, usmerjen vzhod-zahod. Pojavljajo se tudi številni manjši, usmerjeni severozahod-jugovzhod.

Lokacija leži na permokarbonskih plasteh - glinast skrilavec, meljevec, kremenov peščenjak in podrejeno konglomerat. Vse naštetе kamenine se medsebojno menjavajo v centimetrskem do več metrskem obsegu in le poredko sestavlja samo ena kamenina večje področje. Kremenov peščenjak in glinast skrilavec sta temno sive do črne barve, preperela pa postaneta svetlo siva in rjavkasta. Na jugu so te plasti v stiku z zgornjetriasnimi svetlo sivi masivnimi organogenimi apnenci. Ob reki Rečici so manjši aluvialni nanosi. Na severu so permokarbonske plasti v stiku s srednjepermskimi Groedenskimi plastmi, ki jih sestavljajo pretežno rdeči glinavci, meljevci, peščenjaki in konglomerati, ki se medsebojno menjavajo ali so razviti samostojno na večji površini. Prevladujejo peščenjaki.

Ozemlje odvodnjava reka Rečica, ki je pritok Savinje.

T.3.2 Geološki in reliefni opis trase

Okolica obravnavane trase vodovoda poteka večinoma na permokarbonskih plasteh - glinast skrilavec, meljevec, kremenov peščenjak in laporjih. Terenske oblike, večinoma na hribovitem območju, s površinsko le malo preperelimi kamninami so prekrte s plastmi humusne preperine. Ta preperina je ponekod, nekoliko debelejša, drugod pa erodirana, tako da na izpostavljenih mestih kamninska osnova izdanja. Trasa vodovoda poteka večinoma ob hribovitih travnatih predelih, v bližini potoka Rečica, kjer dokaj strma pobočja prehajajo v različnih nagibih proti strugi potoka. Na srednjem delu trase se teren postopoma izravna v dolinsko območje, kjer vodovod poteka ob lokalni cesti in potoku.

T.3.3 Geotehnične lastnosti materiala

Pri izvajanju del lahko pričakujemo sledeče materiale:

Peščena glina, melj:

Klasifikacija po SIST EN ISO 14688-2:2004: saSi

To je svetlo rjava do siv peščen melj z vložki zdrobljene nepodajne podlage.

Ocenjene geotehnične karakteristike:

- prostorninska teža: $\gamma = 19 - 20 \text{ kN/m}^3$
- strižna trdnost: $\phi = 20 - 25^\circ$, $c = 0 - 5 \text{ kN/m}^2$
- modul stisljivosti: $M_v = 5 - 10 \text{ MN/m}^2$
- kategorija izkopa: III. (lahka zemljina)

Apneni grušč in prod:

Klasifikacija po SIST EN ISO 14688-2:2004: grCo, sagrCo, sacGr

To je apneni grušč in prod z sorazmerno veliko vsebnostjo melja in gline.

Ocenjene geotehnične karakteristike:

- prostorninska teža: $\gamma = 21 - 23 \text{ kN/m}^3$
- strižna trdnost: $\phi = 30 - 35^\circ$, $c = 0 - 10 \text{ kN/m}^2$
- modul stisljivosti: $M_v = 20 - 28 \text{ kN/m}^2$
- kategorija izkopa: IV. – V. (mehka do trda kamnina)

Trdna laporasta glina:

To je siva trdna talninska glina, ki ponekod vsebuje vložke peščenjaka.

Ocenjene geotehnične karakteristike:

- prostorninska teža: $\gamma = 23 - 24 \text{ kN/m}^3$
- strižna trdnost: $\phi = 30 - 35^\circ$, $c = 0 - 20 \text{ kN/m}^2$
- kategorija izkopa: V. – VI. (mehka do trda kamnina)

Apnenec:

Sedimentna kamnina, ki jo sestavlja pretežno kalcijev karbonat (CaCO_3) v obliki minerala kalcita in aragonita, poleg tega pa tudi dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

Ocenjene geotehnične karakteristike:

- prostorninska teža: $\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$
- strižna trdnost: $\phi = 0^\circ$, $c = 500 \text{ KN/m}^2$
- kategorija izkopa: V. – VI. (trda kamnina)

T.4 PODZEMNA IN METEORNA VODA

Konkretni podatki o gibanju nivoja podzemnih vod na tem območju nam niso na voljo, ker ni na voljo opazovalnih objektov. Pri izvedbi penetracijskega sondiranja smo zaznali vodo. Pri penetracijskem sondiranju DP 1 na globini 2,0m, pri DPM 2 na 1,9 m in pri izvedbi meritve DPM 3 na globini 2,8.

Na obravnavani trasi na stiku med preperino in podlago prihaja do pretakanja meteorne vode, odtok je delno površinski, delno pa se infiltrira, vendar pa je precejanje odvisno od količine meteorne vode.

Glede na lego pobočja je zagotovljen odtok meteornih vod, podzemne vode pa v motečih količinah ni pričakovati. V primeru dolgotrajnega deževja je pričakovati dvig nivoja podzemne vode na celotnem odseku vzdolž potoka Rečica.

T.5 KRITIČNA PODROČJA

Na trasi vodovoda ni pričakovati posebej kritičnih področij. So posamezni odseki, ki so nekoliko specifični glede potencialne nevarnosti zdrs, mestoma je v izkopih pričakovati trde hribine, v primeru izvajanja del v deževnem obdobju pa se lahko na posameznih odsekih v izkopih pojavi voda.

T.6 OPIS POGOJEV ZA PROJEKTIRANJE

T.6.1 Vrsta in uporabnost materialov

Materiali pridobljeni iz izkopov so primerni za zasipanje niso pa primerni za pripravo podlage.

T.6.2 Nakloni brežin vkopov in nasipov

Z analizo stabilnosti smo preverili 4 profile, ki so bili določeni na osnovi ogleda trase in priporočilu projektanta vodovoda.

Za izdelavo analize stabilnosti je bil uporabljen Mohr-Coulomb-ov kriterij za porušitev materialov ter Bishop in Janbu metoda za izračun drsin.

Pri analizi stabilnosti smo upoštevali materialne karakteristike, pridobljene z meritvami z dinamičnim penetrometrom in upoštevali varnostni faktor 1,25 (EC-7). Profile, ki smo jih obdelali smo dodatno obremenili z nivojem podzemne vode, ki ga je mogoče pričakovati ob dolgotrajnem deževju.

Pri izračunih je tako upoštevano:

IZRAČUN STABILNOSTI PR 1 in PR 2:

Peščena glina, melj:

$C=2 \text{ kPa}$	z upoštevanjem	$F_c=1,25$	$c'=1,6 \text{ kPa}$
$\varphi=22,9^\circ$	z upoštevanjem	$F_\varphi=1,25$	$\varphi'=18,6^\circ$

Apneni grušč:

$C=1,0 \text{ kPa}$	z upoštevanjem	$F_c=1,25$	$c'=0,8 \text{ kPa}$
$\varphi=35,0^\circ$	z upoštevanjem	$F_\varphi=1,25$	$\varphi'=29,3^\circ$

Apnena podlaga:

$C=500 \text{ kPa}$	z upoštevanjem	$F_c=1,25$	$c'=400 \text{ kPa}$
$\varphi=0^\circ$	z upoštevanjem	$F_\varphi=1,25$	$\varphi'=0^\circ$

IZRAČUN STABILNOSTI PR 3:

Peščena glina, melj:

$C=2 \text{ kPa}$	z upoštevanjem	$F_c=1,25$	$c'=1,6 \text{ kPa}$
$\varphi=22,9^\circ$	z upoštevanjem	$F_\varphi=1,25$	$\varphi'=18,6^\circ$

Laporna podlaga:

$C=13 \text{ kPa}$	z upoštevanjem	$F_c=1,25$	$c'=10,4 \text{ kPa}$
$\varphi=20,5^\circ$	z upoštevanjem	$F_\varphi=1,25$	$\varphi'=16,6^\circ$

Apneni grušč:

$C=1,0 \text{ kPa}$	z upoštevanjem	$F_c=1,25$	$c'=0,8 \text{ kPa}$
$\varphi=35,0^\circ$	z upoštevanjem	$F_\varphi=1,25$	$\varphi'=29,3^\circ$

Apnena podlaga:

C=500 kPa	z upoštevanjem	$F_c=1,25$	$c'=400$ kPa
$\varphi=0^\circ$	z upoštevanjem	$F_\varphi=1,25$	$\varphi'=0^\circ$

IZRAČUN STABILNOSTI PR 4:

Laporna podlaga:

C=13 kPa	z upoštevanjem	$F_c=1,25$	$c'=10,4$ kPa
$\varphi=30,5^\circ$	z upoštevanjem	$F_\varphi=1,25$	$\varphi'=25,2^\circ$

Peščena glina, melj:

C=2 kPa	z upoštevanjem	$F_c=1,25$	$c'=1,6$ kPa
$\varphi=22,1^\circ$	z upoštevanjem	$F_\varphi=1,25$	$\varphi'=17,9^\circ$

Analiza stabilnosti	
Obtežni primer:	Faktor varnosti
PR 1	
$F_c, F_\varphi = 1,25$	
Zunanje obremenitve	$F_{min}=1.00$
Varnostni faktor	F=0,511
PR 2	
$F_c, F_\varphi = 1,25$	
Nivo vode	$F_{min}=1.00$
Varnostni faktor	F=0,849
PR 3	
$F_c, F_\varphi = 1,25$	
Nivo vode, zunanje obremenitve	$F_{min}=1.00$
Varnostni faktor	F=0,988
PR 4	
$F_c, F_\varphi = 1,25$	
Nivo vode	$F_{min}=1.00$

Varnostni faktor**F=0,792**

Rezultat analize stabilnosti PR 1 izkazuje labilno stanje saj je varnostni faktor $F=0,511$ nižji od minimalno predpisanega faktorja $F_{min}=1,0$. Profil PR 1 je nestabilen v območju večjega useka v pobočje.

Rezultat analize stabilnosti PR 2 izkazuje labilno stanje saj je varnostni faktor $F=0,849$ nižji od minimalno predpisanega faktorja $F_{min}=1,0$. Profil PR 2 je nestabilen v spodnjem delu profila.

Rezultat analize stabilnosti v profilu PR 3 izkazuje labilna stanje saj je varnostni faktor $F=0,988$ nižji od minimalno predpisanega faktorja $F_{min}=1,0$. PR 3 je nestabilen le v kratkem odseku v spodnjem delu profila.

Rezultat analize stabilnosti v profilu PR 4 izkazuje labilno stanje saj je varnostni faktor $F=0,792$ nižji od minimalno predpisanega faktorja $F_{min}=1,0$. PR 4 je nestabilen v pobočju nad cesto. Stabilizacija že zdrselega materiala na tem odseku je obdelana v »Geološko poročilo s predlogom sanacije **Plaz v Rečici P1**«. V primeru, da bo izvedena trasa vodovoda pred sanacijo plazu je na tem odseku potrebno uporabiti kovinsko cev, locirana naj bo na globini nepodajne podlage.

Vhodni podatki in rezultati analiz so priloženi v poglavju R.3 »Vhodni podatki in izračuni stabilnosti brežin«.

T.7 OPIS POGOJEV ZA GRADNJO

T.7.1 Pogoji za izvajanje zemeljskih del

Zahtevnih opravil pri izvajanju zemeljskih del ni pričakovati. Vse izkope je mogoče opraviti z izkopavanjem s klasično gradbeno mehanizacijo z kopačem, ki mora biti opremljena z dletom. Glavnino izkopov bo opravljenih v kategoriji zemljine III in IV. Na posameznih odsekih je pričakovati v podlagi nad globino 0,5 in 1,0 m kategorijo V in celo VI, ki predstavlja trdno hribino in bo potrebno dletenje pri izkopu. Glede na kategorijo izkopov bi bilo mogoče opraviti izkope tudi s frezanjem v III in IV kategoriji. Opozorilo v tem primeru pa je, da vertikalni izkopi ne bodo stabilni dalj časa, v primeru daljše izpostavljenosti atmosferskim vplivom lahko pride do zaruševanja zemljine v izkop. Za daljšo stabilnost priporočam izkop v razmerju 1: 1,5 (33°).

Na območju, kjer je plast slabo nosilnih peščenih glin debelejša je potrebno zagotoviti zadostno plast zmrzlinsko odpornega kamnitega agregata. Projektirana globina zmrzovanja je vzdolž trase celotnega vodovoda na globini 0,8 m.

T.7.2 Pogoji za izvedbo spodnjega ustroja

Za potrebe spodnjega ustroja je izveden preračun CBR iz meritev dinamične penetracije.

Rezultati CBR z dinamičnim penetrometrom.

Penetracijsko sondiranje	Mv (MPa)	CBR (%)
DPM 1	5,4	→ 3,7
DPM 2	7,3	→ 4,6
DPM 3	5,1	→ 3,6
DPM 4	11,8	→ 6,5
DPM 5	8,6	→ 5,2
DPM 8	11,8	→ 6,5
DP 1	4,8	→ 3,4

Glede na rezultate meritev je temeljni nasip določen na podlagi CBR 3%. Za temeljno podlago je potrebno doseči CBR 15%, kar pri materialih v dnu izkopa pomeni, da moramo nasip utrditi do $E_{vd}=40$ MPa.

Na območju, kjer je plast peščenih glin ali melja debelejša, je potrebno zagotoviti zadostno plast tamponskega nasipa in ga utrditi do $E_{vd}=40$ MPa. Predlagam, da se pripravi temeljna podlaga v debelini najmanj 0,3 m tampona granulacije od 0 do 125 mm (D125). Na odsekih, kjer se v podlagi izkopa pojavi prod, glinen prod ali je bilo potrebno celo dletiti, se za izravnavo nasuje in utrdi minimalna plast do 0,2 m tampona granulacije 0 – 32 mm (D32).

Na odsekih, kjer je bila izvedena analiza stabilnosti in je izkazano nestabilno stanje je potrebno izkope poglobiti (najbolje do nepodajne podlage) spodnjo plast debeline 0,3 m izdelati z drenažnim zasipom granulacije 16-32 mm nad tega pa damo še plast tampona granulacije 0 – 32 mm (D32) in ga utrdimo do $E_{vd}=40$ MPa.

V primeru pojavljanja vode v izkopih je potrebno izvesti ločilno plast med zemljino in temeljnim nasipom z geotekstilom.

V primeru izdelave izkopov od zgoraj navzdol, kar ne priporočam je mogoče, da se bo v izkopu nabirala voda. V primeru takšne izvedbe predlagam, da se sproti izdelujejo jaški za zbiranje vode iz katere jo črpamo s potopnimi črpalkami za blato.

Pri izdelavi izkopov od spodaj navzgor in sprotno izvedbo drenažnega zasipa bo voda, ki bi se nabirala v izkopu odtekala na spodnji nivo in ponikala. V primeru večjega deževja v času izvedbe del, je potrebno vodo iz izkopa odstraniti s črpanjem s potopnimi črpalkami za blato na najnižjem nivoju.

T.7.3 Prečenje potokov

Prečenje potokov je mogoče izvesti tako z vrtanjem kakor tudi z izkopavanjem.

T.7.3.1 Prečenje potoka z vrtanjem

Pri prečenju potoka z vrtanjem je potrebno pripraviti gradbeno jamo katere izkop naj bo izveden v razmerju 1: 1,5. Globina gradbene jame je odvisna od vrtnalne opreme, stena vrtanja (portal) pa mora biti izvedena pravokotno zato predlagam, da se jo varuje nad območjem vrtanja in ob straneh z armaturno mrežo, ki bo na hribino pritrjena s sidri in brizganim betonom. Ker gre za izdelavo vrtine večjega premera je potrebno vrtino obvezno ceviti. Vrtino je potrebno locirati vsaj tako, da bo njen vrh vsaj za dvakratni premer pod nivojem dna potoka.

Gradbeno jamo je potrebno pripraviti v takšni oddaljenosti od potoka, da vanjo ne bo pritekala voda. Za zaščito pa je potrebno zagotoviti možnost črpanja vode iz gradbene jame.

T.7.3.2 Prečenje potoka z izkopavanjem

Pri prečenju potoka z izkopavanjem je potrebno izvesti začasno preusmeritev potoka. Preusmeritev potoka lahko izvedemo z izkopom in seveda vodotesno pregrado v sedanji strugi, ki jo izdelamo iz betonskih oblikovancev in vodotesne folije.

Tudi v tem primeru je potrebno delovišče opremiti z potopno črpalko za vodo.

T.8 OPOZORILA

Peščeno glinene zemljine in laporje karakterizira občutljivost na delovanje padavin. Tako se lahko v času, ko so odkrite oziroma sveže odkopane, erozijski procesi sorazmerno hitro razvijejo in preoblikujejo površino, prav tako pa je intenzivno tudi preperevanje. Priporočamo, da se izkopi izvedejo tedaj, da bodo čim manj časa izpostavljeni zunanjim vremenskim vplivom.

Drugačne razmere pri izvedbi gradbenih izkopov, ki opisu v tem poročilu ne bi bile podobne, je potrebno ponovno pregledati, ugotoviti stanje in nosilnost temeljnih tal v delu, kjer jih predstavlja drugačen material od prognoziranega ter odrediti način temeljne podlage in izkope ustrezno poglobiti ali pa nadomestiti material s primernejšim.

R. RAČUNSKI DEL

R.1 REZULTATI MERITEV

R.1.1 REZULTATI MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM - Pagani TG 63-100

R.1.1.1 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom – Pagani TG 63 -100 : DP 1

Meritev: DP 1

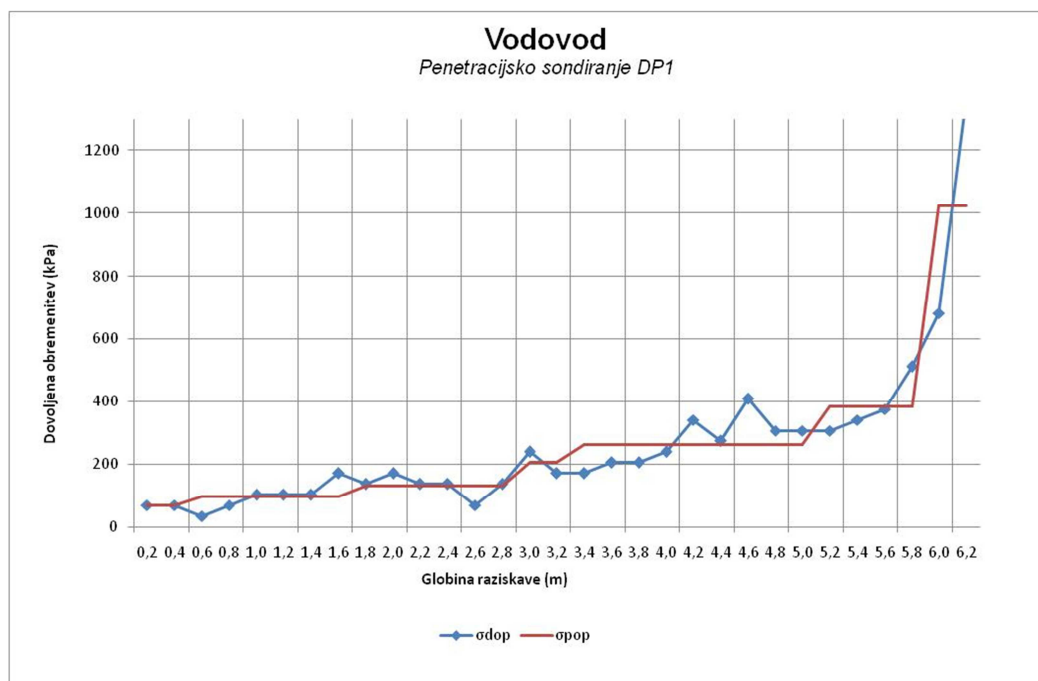
Globina meritve: 6,2 m

Popis:

do globine 0,2 m humusna preperina

do globine 4,2 m peščena glina, melj

globina > 4,2 m laporna podlaga



Globina (m)	2,8	5,8
C (kPa)	3	13
φ°	25,5 °	20,5 °
σ_c (kPa)	89	325
γ (kN/m ³)	20	23
Mv (MPa)	5,1 – 8,9	29,3 – 33,2

Legenda:

- C - kohezija
- φ - strižni kot
- σ_c - tlačna trdnost
- γ - prostorninska teža
- Mv - modul stisljivosti

R.1.2 REZULTATI MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM DPM 30-20

R.1.2.1 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 1

Meritev: DPM 1

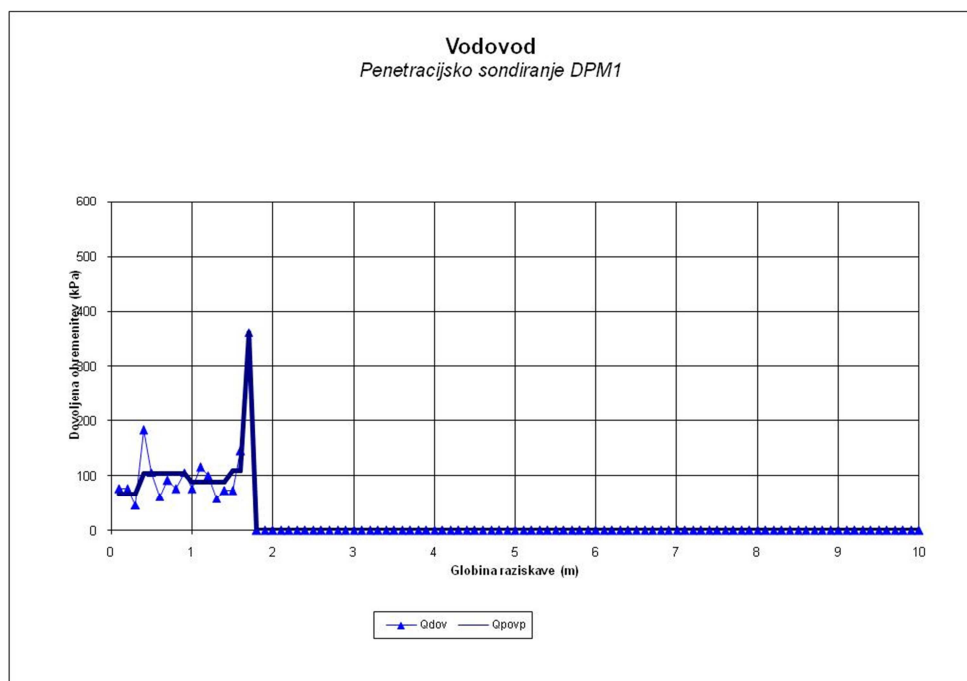
Globina meritve: 1,7 m

Popis:

do globine 0,2 m humusna preperina

do globine 1,7 m peščena glina, melj

do globina > 1,7 m laporna podlaga



Globina (m)	1,4	1,7
C (kPa)	2,5	13
φ°	23,9 °	20,5 °
σ_c (kPa)	47	325
γ (kN/m ³)	20	23
Mv (MPa)	5,1 – 8,9	29,3 – 33,2

Legenda:

C -	kohezija
φ -	strižni kot
σ_c -	tlačna trdnost
γ -	prostorninska teža
Mv -	modul stisljivosti

R.1.2.2 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 2

Meritev: DPM 2

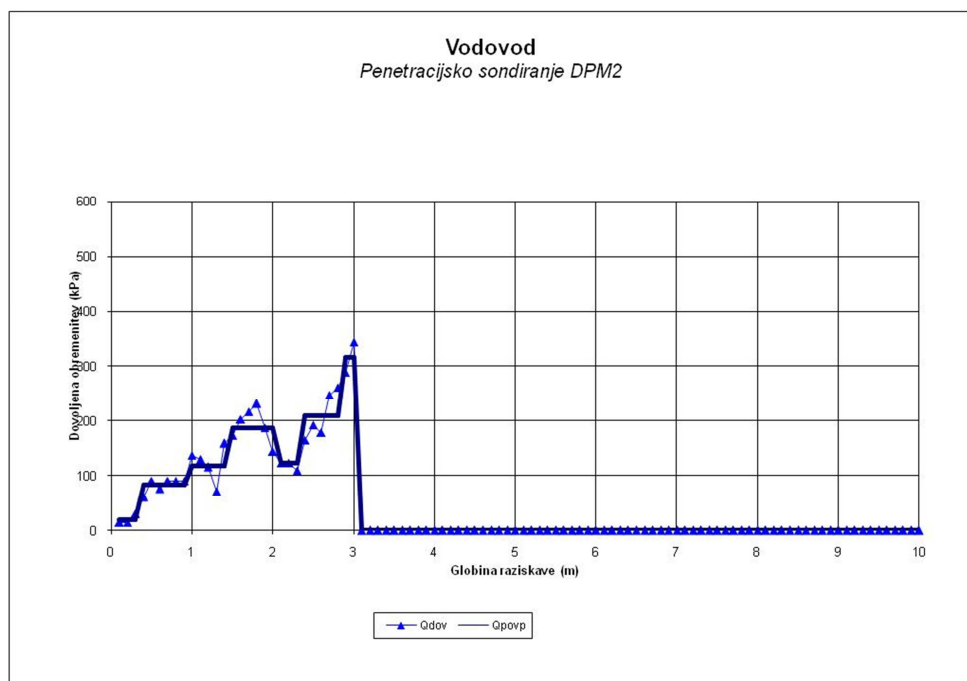
Globina meritve: 3,0 m

Popis:

do globine 0,2 m humusna preperina

do globine 3,0 m peščena glina, melj

do globina > 3,0 m laporna podlaga



Globina (m)	0,6	3,0
C (kPa)	2,5	13
φ°	24,2 °	20,5 °
σ_c (kPa)	50	325
γ (kN/m ³)	20	23
Mv (MPa)	5,1 – 8,9	29,3 – 33,2

Legenda:

C -	kohezija
φ -	strižni kot
σ_c -	tlačna trdnost
γ -	prostorninska teža
Mv -	modul stisljivosti

R.1.2.3 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 3

Meritev: DPM 3

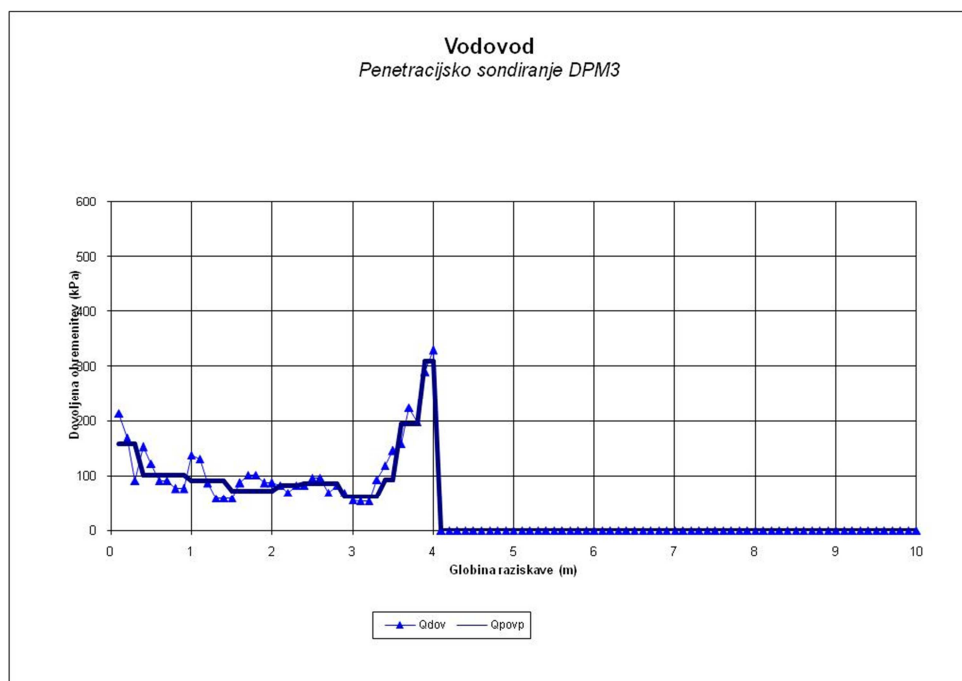
Globina meritve: 4,0 m

Popis:

do globine 0,2 m tamponsko nasutje

do globine 4,0 m peščena glina, melj

do globina > 4,0 m laporna podlaga



Globina (m)	2,3	4,0
C (kPa)	3	13
φ°	24,4 °	20,5 °
σ_c (kPa)	52	325
γ (kN/m ³)	20	23
Mv (MPa)	5,1 – 8,9	29,3 – 33,2

Legenda:

C -	kohezija
φ -	strižni kot
σ_c -	tlačna trdnost
γ -	prostorninska teža
Mv -	modul stisljivosti

R.1.2.4 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 4

Meritev: DPM 4

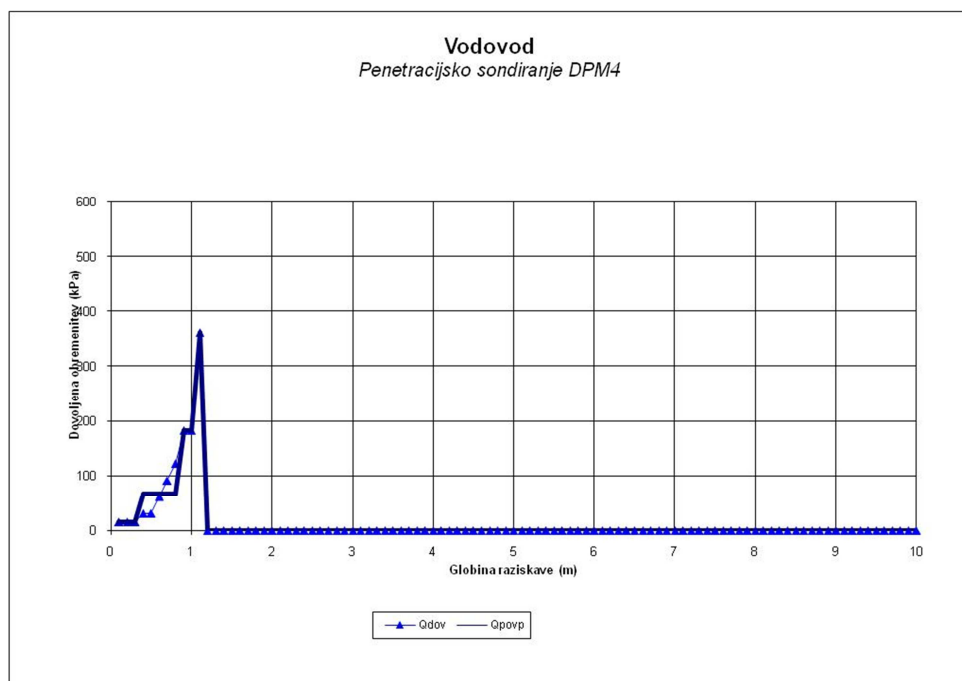
Globina meritve: 1,1 m

Popis:

do globine 0,2 m humusna preperina

do globine 1,1 m peščena glina, melj

do globina > 1,1 m apneni grušč



Globina (m)	0,6	1,1
C (kPa)	2	1
φ°	23,2 °	35 °
σ_c (kPa)	42	228
γ (kN/m ³)	20	25
Mv (MPa)	5,1 – 8,9	29,3 – 33,2

Legenda:

C -	kohezija
φ -	strižni kot
σ_c -	tlačna trdnost
γ -	prostorninska teža
Mv -	modul stisljivosti

R.1.2.5 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 5

Meritev: DPM 5

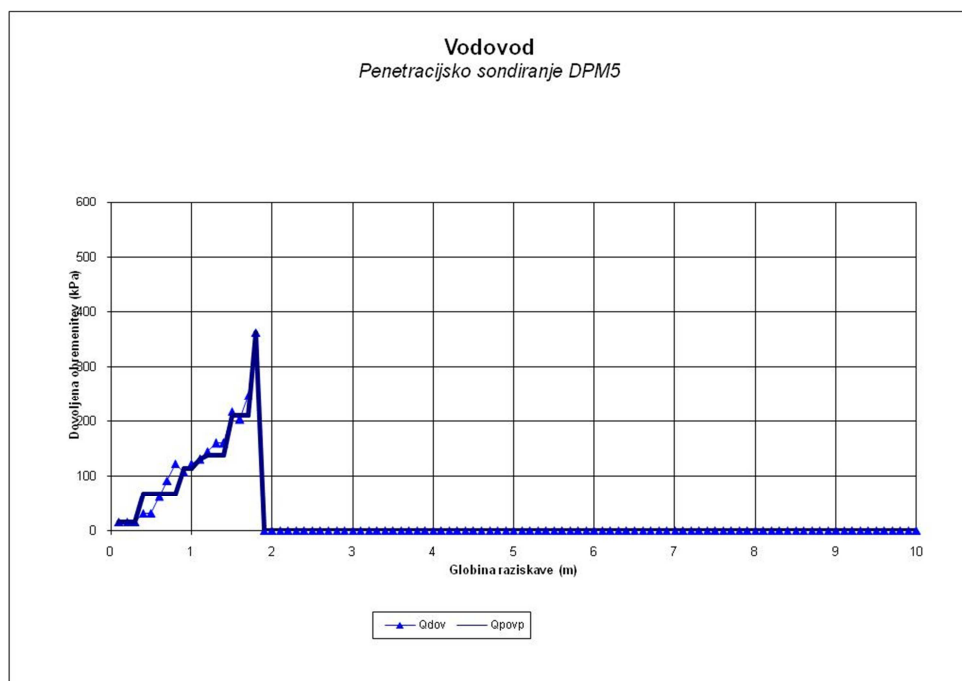
Globina meritve: 1,8 m

Popis:

do globine 0,2 m humusna preperina

do globine 1,8 m peščena glina, melj

do globina > 1,8 m apneni grušč



Globina (m)	0,6	1,8
C (kPa)	2	1
φ°	22,9 °	35 °
σ_c (kPa)	39	228
γ (kN/m ³)	20	25
Mv (MPa)	4,1 – 7,4	29,3 – 33,2

Legenda:

C -	kohezija
φ -	strižni kot
σ_c -	tlačna trdnost
γ -	prostorninska teža
Mv -	modul stisljivosti

R.1.2.6 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 6

Meritev: DPM 6

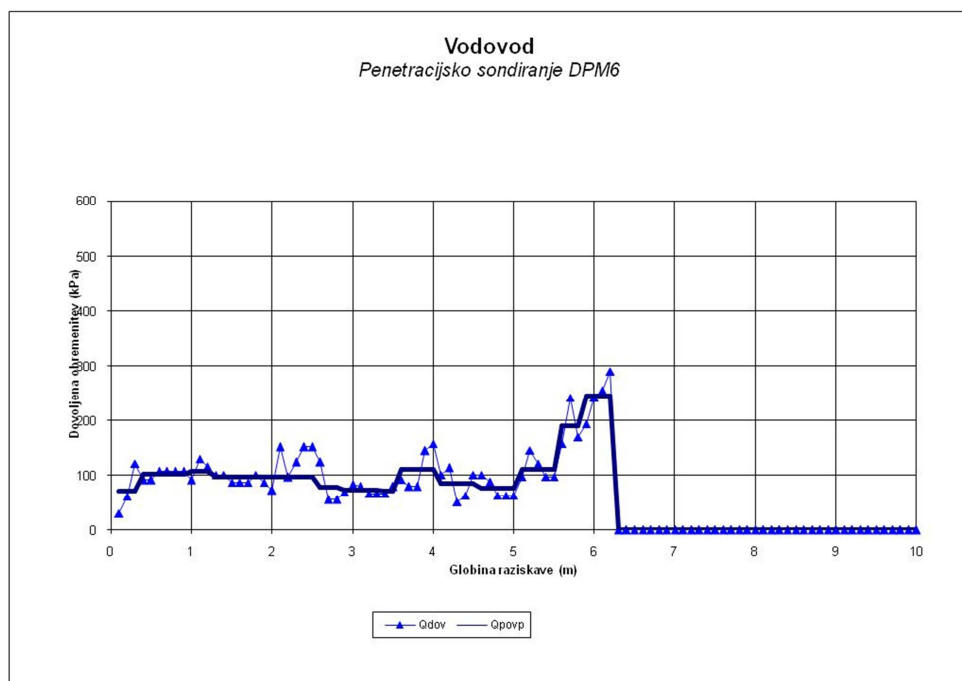
Globina meritve: 6,2 m

Popis:

do globine 0,2 m humusna preperina

do globine 6,2 m peščena glina, melj

do globina > 6,2 m laporna podlaga



Globina (m)	3,6	6,2
C (kPa)	2,5	13
φ°	22,9 °	20,5 °
σ_c (kPa)	60	325
γ (kN/m ³)	20	23
Mv (MPa)	5,1 – 8,9	29,3 – 33,2

Legenda:

C -	kohezija
φ -	strižni kot
σ_c -	tlačna trdnost
γ -	prostorninska teža
Mv -	modul stisljivosti

R.1.2.7 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 7

Meritev: DPM 7

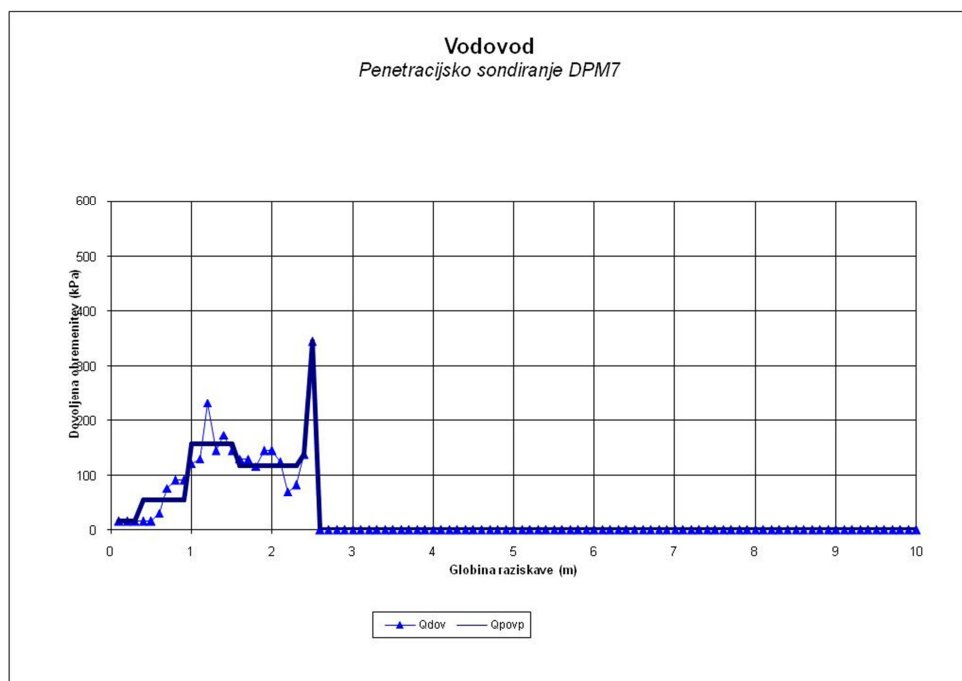
Globina meritve: 2,5 m

Popis:

do globine 0,2 m humusna preperina

do globine 2,5 m peščena glina, melj

globina > 2,5 m laporna podlaga



Globina (m)	0,9	2,5
C (kPa)	3	13
φ°	25,2 °	20,5 °
σ_c (kPa)	60	325
γ (kN/m ³)	20	23
Mv (MPa)	5,1 – 8,9	29,3 – 33,2

Legenda:

C -	kohezija
φ -	strižni kot
σ_c -	tlačna trdnost
γ -	prostorninska teža
Mv -	modul stisljivosti

R.1.2.8 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom DPM 8

Meritev: DPM 8

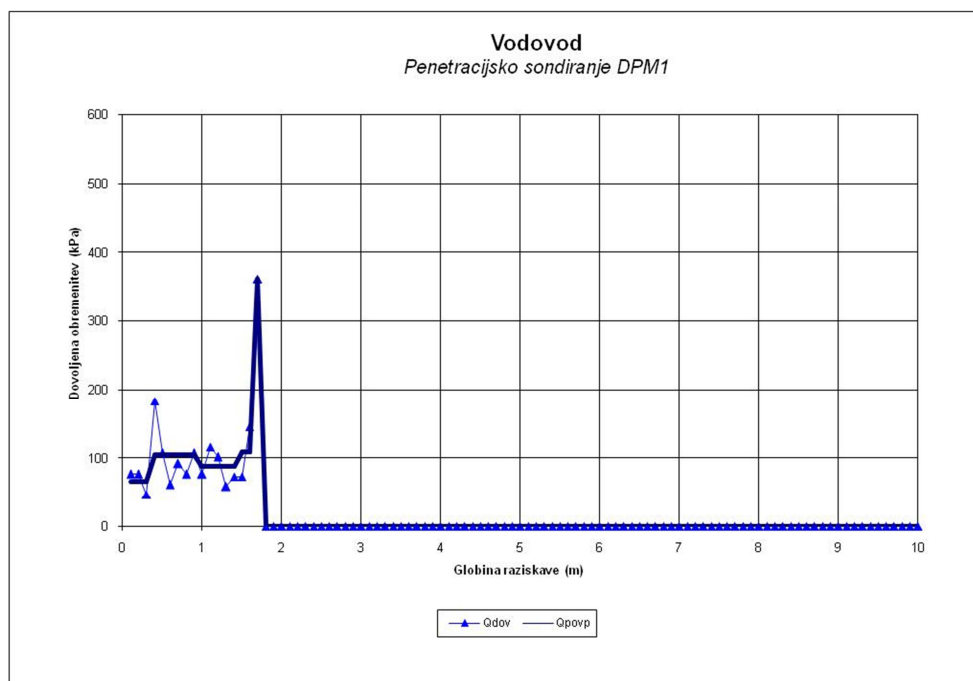
Globina meritve: 1,5 m

Popis:

do globine 0,2 m tamponski nasip

do globine 1,5 m peščena glina

globina > 1,5 m apnena podlaga



Globina (m)	0,6	1,5
C (kPa)	2	500
φ°	24,4°	0°
σ_c (kPa)	39	
γ (kN/m ³)	20	25
Mv (kPa)	5,1 – 8,9	

Legenda:

C -	kohezija
φ -	strižni kot
σ_c -	tlačna trdnost
γ -	prostorninska teža
Mv -	modul stisljivosti

R.2 MERILNA OPREMA IN INTERPRETACIJA REZULTATOV MERITEV

R.2.1 Dinamični penetrometer Pagani TG 63-100



Slika 2: Dinamični penetrometer TG 63-100

63 kg drop hammer

Free fall height 750 mm

Special steel rods Ø 32 mm; L 1000 mm; Weight 6.2 kg/m

Cone tip Ø 50 mm; B 90°; A 20 cm²

The energy E_a (kgm), transmitted to the rods has then been calculated by ISMES, for each hammer stroke, through the following expression:

$$E_a = K \int_0^{2l/c} f(t) dt$$

where:

K = constant depending on the area of the equipped rod, on the E module and on the steel density

l = distance between the measure sections and the rod base

c = rate of sound propagation into the rods (m / s)

$f(t)$ = strength measured in the rods connected to the measure section (kg)

The efficiency of the beating device, expressed in percentage is:

$$n = E_a / E_h$$

The potential energy E_h (kgm):

$$Eh = m \cdot H \text{ (kgm)}$$

where:

m = the hammer mass (kg)

H = the falling height of the mass (m)

R.2.2 Interpretacija rezultatov - Dinamični penetrometer Pagani TG 63-100

Odpornost tal

$$Rd = 9.81 \cdot \frac{m \cdot H \cdot \frac{1}{k_{60}}}{(A \cdot 0,2/n)} \quad (\text{Pa})$$

Kjer je:

Rd odpornost tal (kPa)

m masa kladiva (kg)

H višina spusta kladiva (m)

A površina konice (m²)

1/k₆₀ energijski faktor = 1,22







0,2/n število udarcev na 20 cm

$$\sigma_{dop(25)} = \frac{R}{25} \quad (\text{kPa})$$

Vrednosti parametrov sem izračunal indirektno s pomočjo Hoek-Brown ove klasifikacije

Odpornost tal sem privzel = intact uniaxial comp. strength (sigci)

GSI = 10 (plastificirana, strižno porušena hribina)

Pick GSI Value		SURFACE CONDITIONS				
Rock Type:	General	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
GSI Selection:	10					
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
     	DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓	90	80	70	60	50
						40
						30
						20
						10
		N/A	N/A			

$m_i = 3$ (claystones 4 ± 2)

Disturbance factor (D) = 0

intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Na podlagi tega sem izračunal Hoek-Brownove kriterije:

Hoek-Brown Criterion

$m_b = 0.121$

$s = 4.54e-5$

$a = 0.585$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.003 MPa

friction angle = 22.85 deg

Modul stisljivosti sem določil po Nonveillerju:

$M_v(N) = c_1 + c_2 \cdot N$ (enačba Nonveiller 5.12, $c_1 = 2000$, $c_2 = 400$)

$M_v(N) = c_1 + c_2 \cdot N$ (enačba Nonveiller 5.12, $c_1 = 4000$, $c_2 = 800$, glej tabelo 5.3)

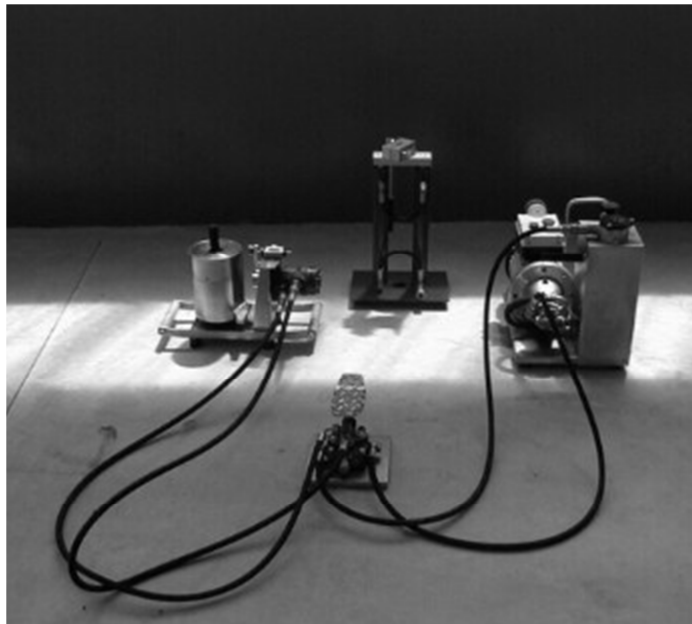
N = število udarcev pri dinamični penetraciji

$q = z \cdot \gamma$ (če je pod vodo)

D_r = relativna gostota glede na N' (N' iz dinamične penetracije niso direktno primerljivi s N' (SPT))

f_i = po enačbi iz N (kvadratna enačba)

R.2.3 Dinamični penetrometer Pagani DPM 30-20



Slika 3: Dinamični penetrometer DPM 30-20

- 30 kg drop hammer
- Free fall height 200 mm
- Special steel rods Ø 20 mm; L 1000 mm; Weight 2.4 kg
- Cone tip Ø 35.6 mm; B 60°; A 10 cm²

The energy E_a (kgm), transmitted to the rods has then been calculated by ISMES, for each hammer stroke, through the following expression:

$$E_a = K \int_0^{2l/c} f(t) dt$$

where:

K = constant depending on the area of the equipped rod, on the E module and on the steel density

l = distance between the measure sections and the rod base

c = rate of sound propagation into the rods (m / s)

$f(t)$ = strength measured in the rods connected to the measure section (kg)

The efficiency of the beating device, expressed in percentage is:

$$n = E_a / E_h$$

The potential energy E_h (kgm):

$$E_h = m * H \text{ (kgm)}$$

where:

m = the hammer mass (kg)

H = the falling height of the mass (m)

R.2.4 Interpretacija rezultatov - Dinamični penetrometer Pagani DPM 30-20

Odpornost tal

$$R = 98.06 \cdot \frac{m^2 \cdot H}{A \cdot e \cdot (m + P + P_p)} \quad (\text{kPa})$$

Kjer je:

R odpornost tal (kPa)

m masa kladiva (kg)

H višina spusta kladiva (cm)

A površina konice (cm²)

e=1/n

n število udarcev na 10 cm

P teža droga (kg)

P_p teža ogrodja kladiva (kg)

$$Q_{ad(25)} = \frac{R}{25} \quad (\text{kPa})$$

Vrednosti parametrov sem izračunal indirektno s pomočjo Hoek-Brown ove klasifikacije

Odpornost tal sem privzel = intact uniaxial comp. strength (sigci)

GSI = 10 (plastificirana, strižno porušena hribina)

Pick GSI Value		SURFACE CONDITIONS				
Rock Type:	General	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
GSI Selection:	10	OK				
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY					
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90				N/A	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80					
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	70					
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	60					
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	50					
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	40					
	30					
	20					
	10					
	N/A	N/A				

$m_i = 3$ (claystones 4 ± 2)

Disturbance factor (D) = 0

intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Na podlagi tega sem izračunal Hoek-Brownove kriterije:

Hoek-Brown Criterion

$m_b = 0.201$

$s = 4.54e-5$

$a = 0.585$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.033 MPa

friction angle = 15.90 deg

Modul stisljivosti sem določil po Nonveillerju:

$M_v(N) = c_1 + c_2 \cdot N$ (enačba Nonveiller 5.12, $c_1 = 2000, c_2 = 400$)

$M_v(N) = c_1 + c_2 \cdot N$ (enačba Nonveiller 5.12, $c_1 = 4000, c_2 = 800$, glej tabelo 5.3)

N = število udarcev pri dinamični penetraciji

$q = z \cdot \gamma_{ama}$ (če je pod vodo)

D_r = relativna gostota glede na N' (N iz dinamične penetracije niso direktno primerljivi s N' (SPT))

f_i = po enačbi iz N (kvadratna enačba)

R.3 VHODNI PODATKI IN IZRAČUNI STABILNOSTI BREŽIN

R.3.1 Analiza stabilnosti PR 1

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

2 Distributed Loads present:
Distributed Load #1 Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 16.5 kN/m
Distributed Load #2 Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 16.5 kN/m

Material Properties

Material: Peščena glina, melj
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 1.2 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: None

Material: Apneni grušč
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0.8 kPa

Friction Angle: 29.3 degrees

Water Surface: None

Material: Apnena podlaga

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³

Cohesion: 400 kPa

Friction Angle: 0 degrees

Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 0.511068

Center: 1762.235, 1024.036

Radius: 14.911

Left Slip Surface Endpoint: 1772.551, 1013.270

Right Slip Surface Endpoint: 1776.385, 1019.334

Resisting Moment=342.122 kN-m

Driving Moment=669.426 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 0.491021

Center: 1762.235, 1024.036

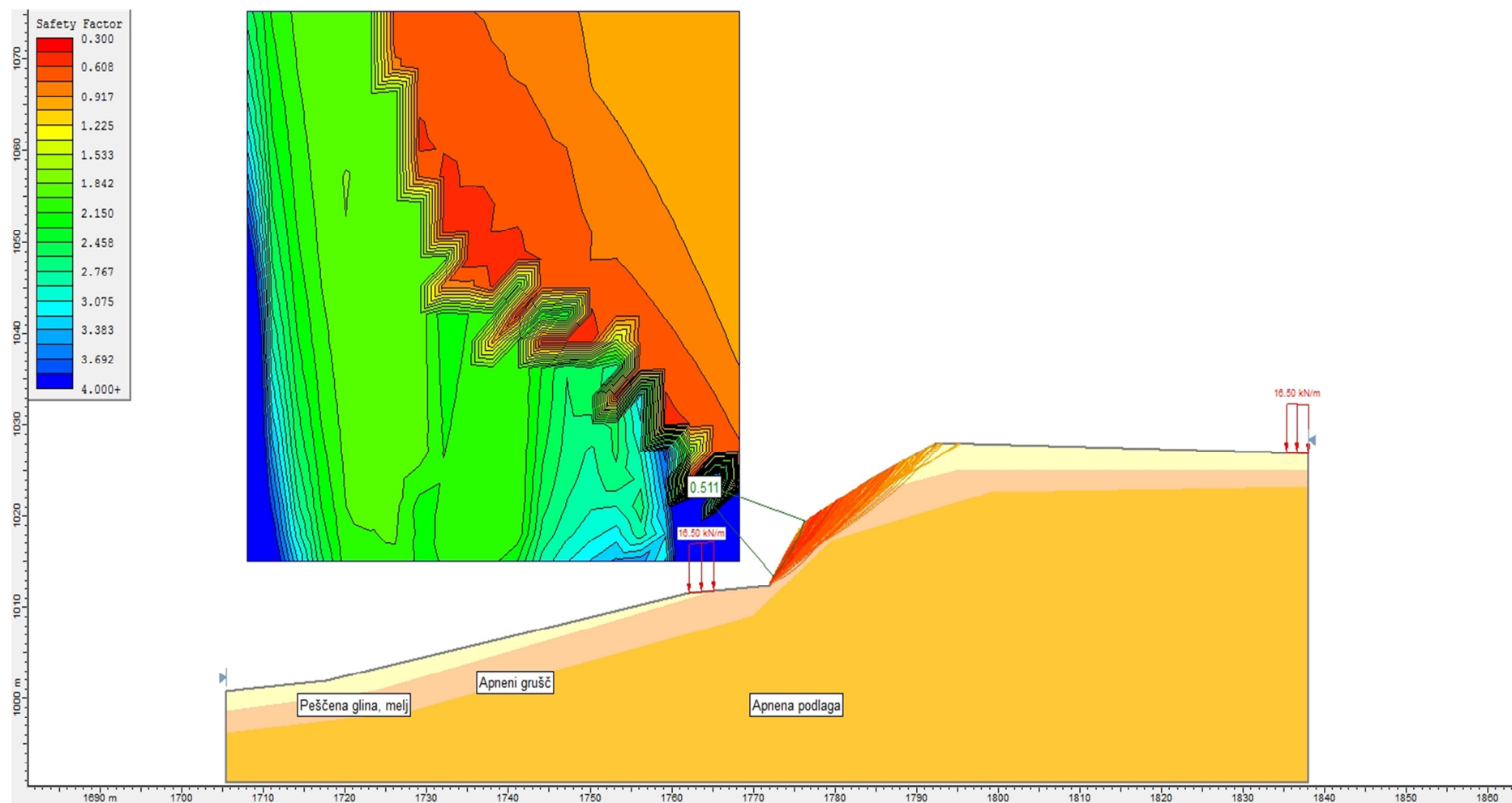
Radius: 14.911

Left Slip Surface Endpoint: 1772.551, 1013.270

Right Slip Surface Endpoint: 1776.385, 1019.334

Resisting Horizontal Force=11.919 kN

Driving Horizontal Force=24.2739 kN

**Slika 4: Analiza stabilnosti PR 1**

Na sliki 5 so prikazane drsine z varnostnim faktorjem do $F \leq 1,0$

R.3.2 Analiza stabilnosti PR 2

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material Properties

Material: Peščena glina, melj
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 1.2 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Apneni grušč
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0.8 kPa
Friction Angle: 29.3 degrees
Water Surface: None

Material: Apnena podlaga
Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 400 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 0.848824

Center: 1418.337, 953.445

Radius: 24.183

Left Slip Surface Endpoint: 1422.501, 929.623

Right Slip Surface Endpoint: 1434.825, 935.754

Resisting Moment=2094.05 kN-m

Driving Moment=2467 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 0.832584

Center: 1418.337, 953.445

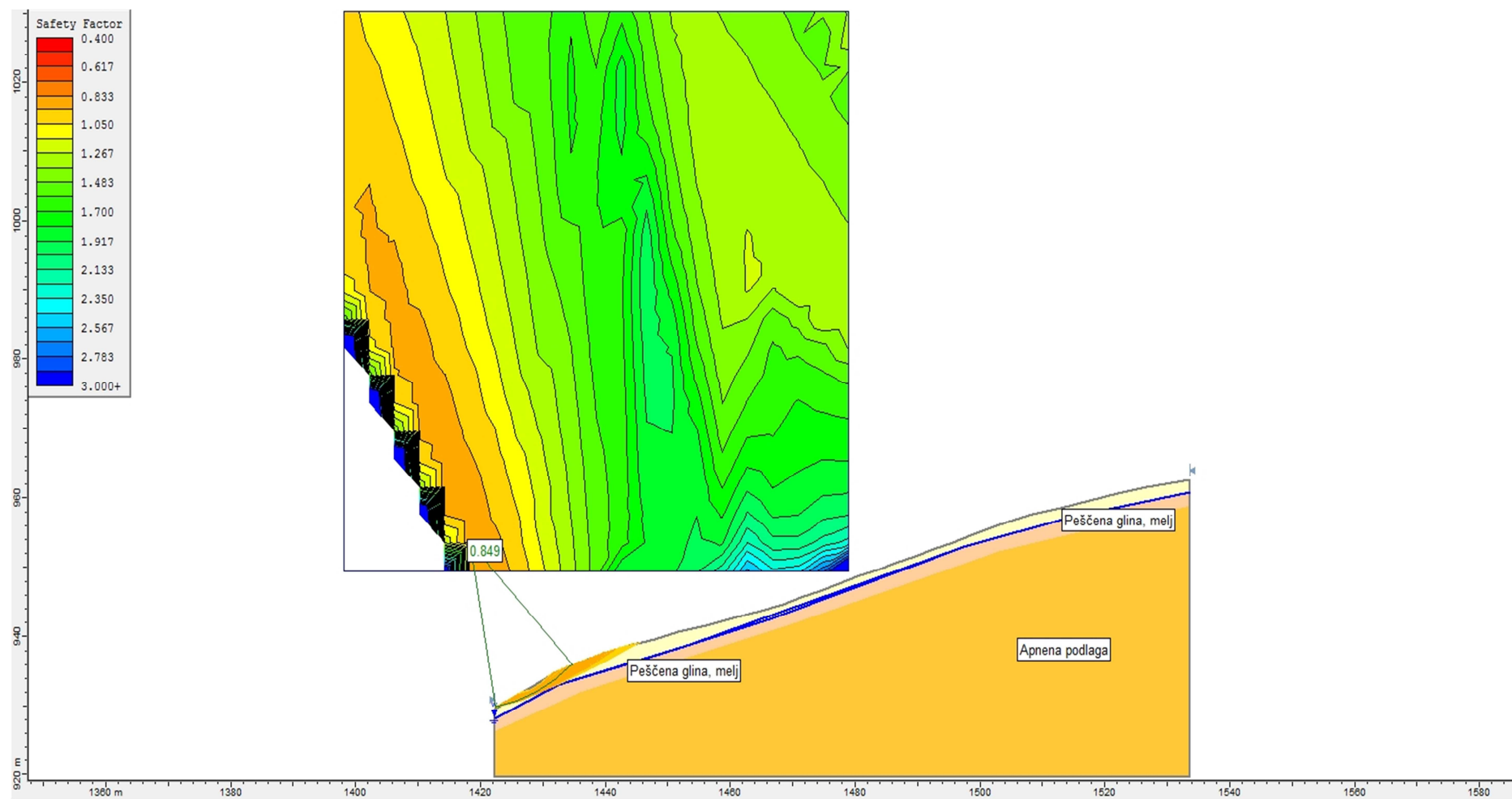
Radius: 24.183

Left Slip Surface Endpoint: 1422.501, 929.623

Right Slip Surface Endpoint: 1434.825, 935.754

Resisting Horizontal Force=76.4543 kN

Driving Horizontal Force=91.8278 kN

**Slika 5: Analiza stabilnosti PR 2**

Na sliki 6 so prikazane drsine z varnostnim faktorjem do $F \leq 1,0$

R.3.3 Analiza stabilnosti PR 3

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

3 Distributed Loads present:
Distributed Load #1 Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 16.5 kN/m
Distributed Load #2 Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 16.5 kN/m
Distributed Load #3 Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 16.5 kN/m

Material Properties

Material: Peščena glina, melj
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 1.2 kPa
Friction Angle: 18.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Laporna podlaga
Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 10.4 kPa
Friction Angle: 16.6 degrees
Water Surface: None

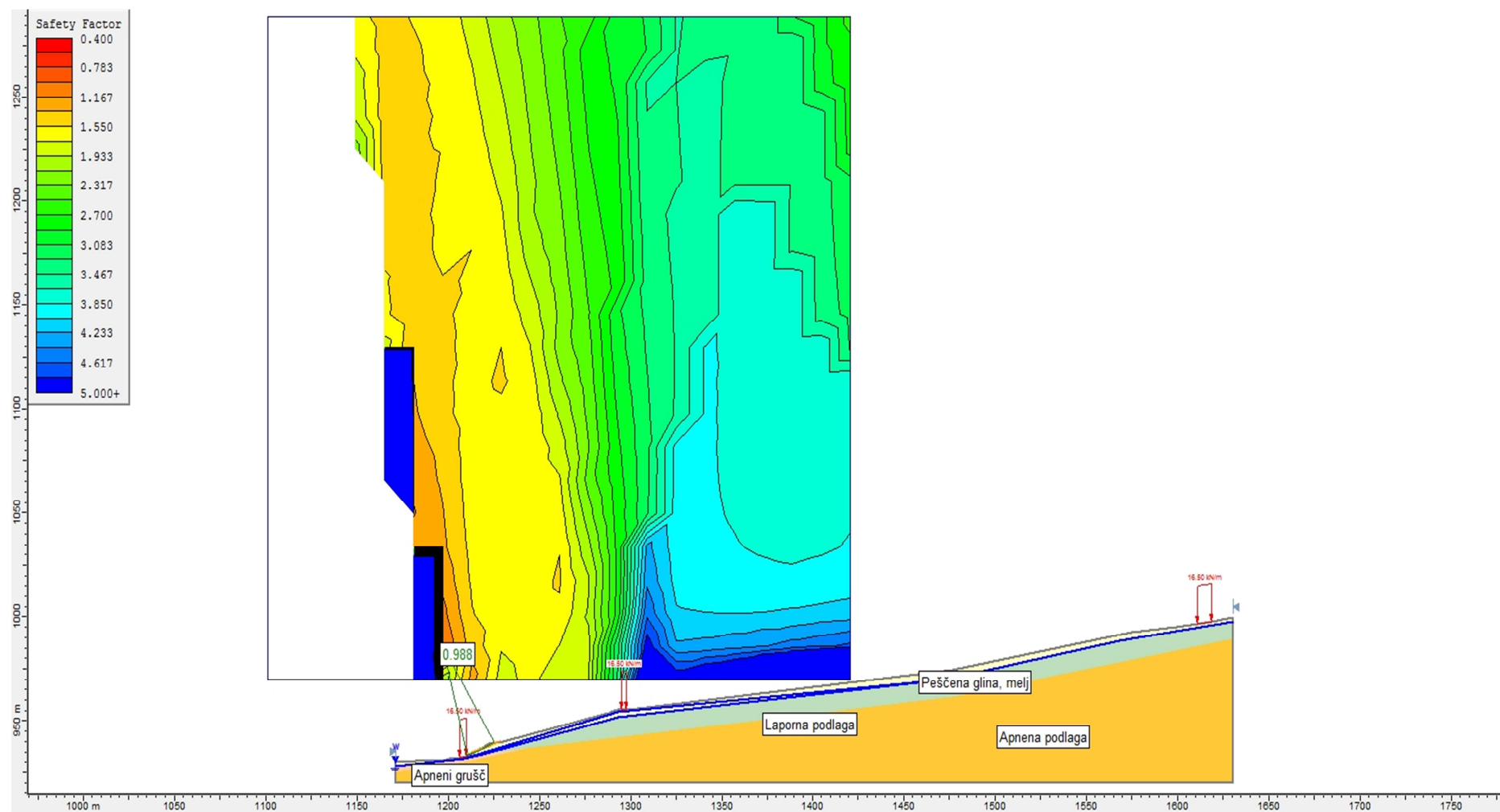
Material: Apneni grušč
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0.8 kPa
Friction Angle: 29.3 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Apnena podlaga
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 400 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 0.987932
Center: 1197.146, 985.501
Radius: 54.572
Left Slip Surface Endpoint: 1210.403, 932.564
Right Slip Surface Endpoint: 1225.402, 938.814
Resisting Moment=5439.09 kN-m
Driving Moment=5505.53 kN-m

Method: janbu simplified
FS: 0.981798
Center: 1197.146, 985.501
Radius: 54.572
Left Slip Surface Endpoint: 1210.403, 932.564
Right Slip Surface Endpoint: 1225.402, 938.814
Resisting Horizontal Force=91.3902 kN
Driving Horizontal Force=93.0845 kN

**Slika 6: Analiza stabilnosti PR 3**

Na sliki 7 so prikazane drsine z varnostnim faktorjem do $F \leq 1,0$.

R.3.4 Analiza stabilnosti PR 4

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material Properties

Material: Peščena glina, melj
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 1.6 kPa
Friction Angle: 17.9 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Laporna podlaga
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 10.4 kPa
Friction Angle: 25.2 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 0.791577

Center: 1462.106, 914.928

Radius: 26.965

Left Slip Surface Endpoint: 1464.772, 888.095

Right Slip Surface Endpoint: 1482.300, 897.059

Resisting Moment=5182.48 kN-m

Driving Moment=6547.03 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 0.754951

Center: 1464.650, 909.840

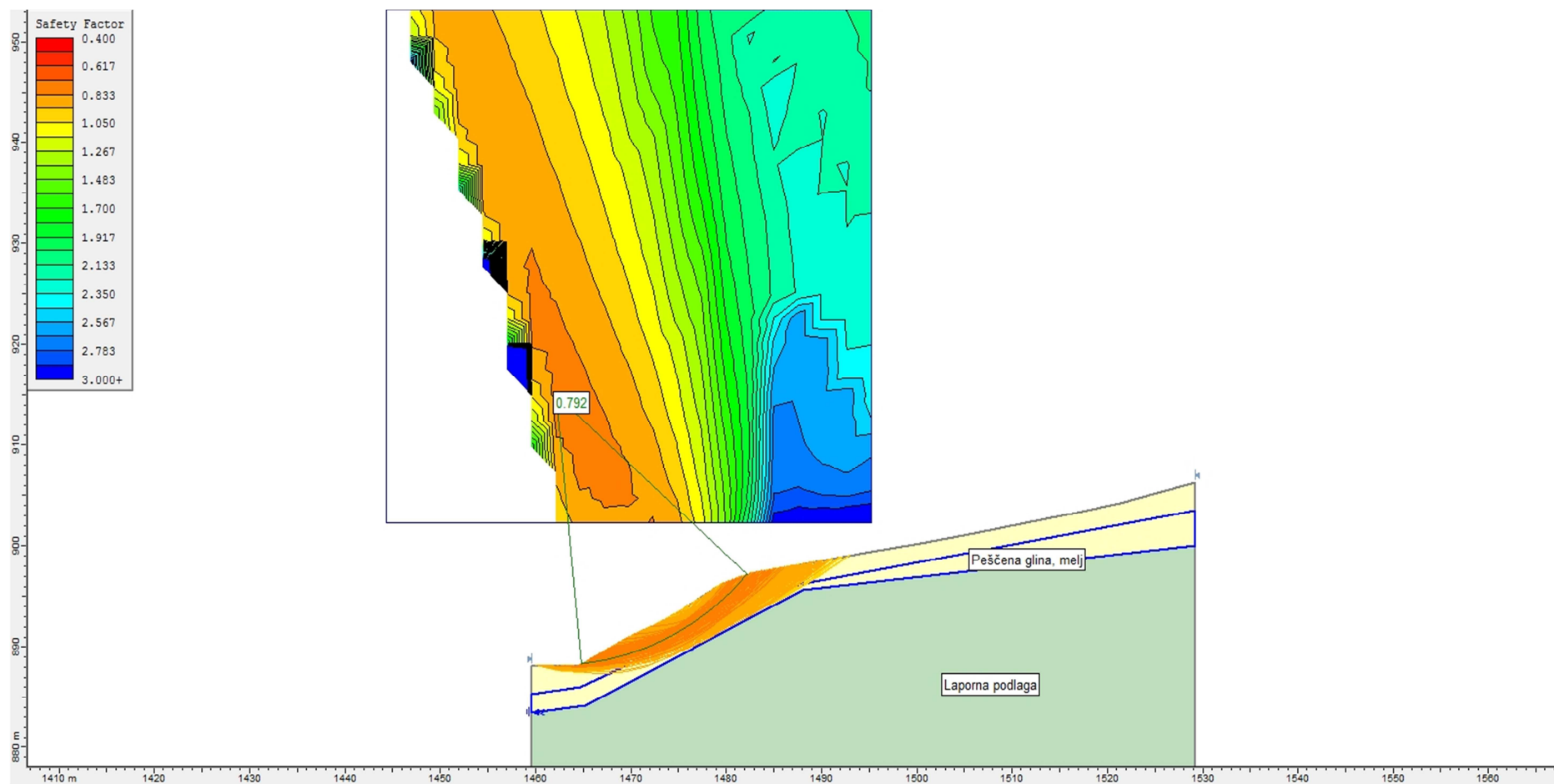
Radius: 21.745

Left Slip Surface Endpoint: 1464.772, 888.095

Right Slip Surface Endpoint: 1482.225, 897.036

Resisting Horizontal Force=200.261 kN

Driving Horizontal Force=265.263 kN

**Slika 7: Analiza stabilnosti PR 4**

Na sliki 8 so prikazane drsine z varnostnim faktorjem do $F \leq 1,0$.

G. RISBE