GEOLOŠKO-GEOMEHANSKO POROČILO

o sestavi temeljnih tal, geoloških razmerah in geotehničnih pogojih gradnje

INVESTITOR

OBČINA ROGAŠKA SLATINA
Izletniška ulica 2
3250 Rogaška Slatina

NAZIV GRADNJE

Krajinska ureditev park Nimno

VRSTA GRADNJE

Novogradnja

VRSTA DOKUMENTACIJE

PZI

ŠT. PROJEKTA

11/24

ŠT. ELABORATA, KRAJ IN DATUM

56-3/2023_2
Celje, november 2024

ODGOVORNI VODJA PROJEKTA

Radovan Romih
univ. dipl. inž. kraj. arh.
PKA PPN ZAPS 0834

PROJEKTANT GEOTEHNIČNEGA ELABORATA

GEOMET, d. o. o.
Goručanova ulica 10
3000 Celje

POOBLAŠČENI IZDELOVALEC ELABORATA

Janja Marolt, univ. dipl. inž. geol.
RG - 0128

JANJA MAROLT
univ.dipl.inž.geol.
IZS RG0128

KAZALO

- 1. SPLOŠNO 1
- 2. GEOLOŠKO-GEOTEHNIČNI OPIS 1
  - 2.1 HIDROGEOLOŠKE RAZMERE 2
  - 2.2 SEIZMIČNOST TERENA 2
  - 2.1 OPIS RAZISKOVALNIH DEL IN REZULTATOV 2
- 3. PARAMETRI ZA PROJEKTIRANJE 4
- 4. STABILNOSTNA ANALIZA 4
- 5. IZRAČUN NOSILNOSTI PILOTOV 5
- 6. ZAKLJUČEK 5

PRILOGE

GEOTEHNIČNE RAZISKAVE IN IZRAČUNI

R.1	Izračun stabilnosti
R.2	Izračun nosilnosti pilotov
P1.	Rezultati penetracijskih meritev DPL

GRAFIČNE PRILOGE

G.1	Situacija predvidene ureditve in izvedenih preiskav	M 1:2000
G.2	Inženirsko-geološki prerezi 1, 2 in 3	M 1:200

1. SPLOŠNO

Marca 2023 smo izvedli preliminarne geomehanske preiskave za fazo IZP projekta Občine Rogaška Slatina, ki namerava vzhodno in severovzhodno od učnega Bobrovega centra med lokalno cesto LC356121 (Rogaška Slatina - Sodna vas) in državno mejo (Slovenija - Hrvaška), urediti reliefno preoblikovanje terena in urediti poti za pešce. Tematska sprehajalna pot bi bila izvedena na različne načine (po terenu – utrjena površina svetle širine 1,6 m, lesena pot na kolih na terenu svetle širine 1,6 m, lesena pot na kolih nad tlemi na pilotih svetle širine 1,8 m). Površina peš poti je izvedena v tamponu zaklinjenim s finim peskom, z obrobo impregniranih okroglic.

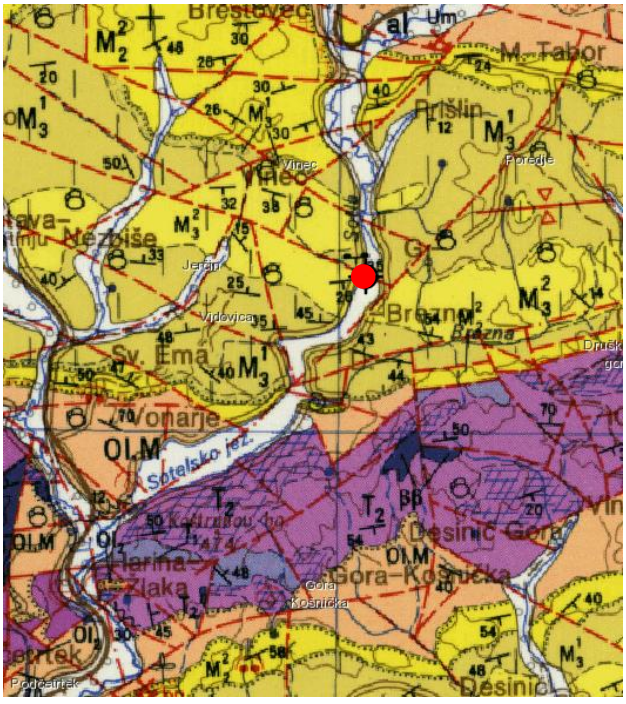
Predvideni objekti in njihove dolžine:

- **Zid; 120 m**
- **Nasip; 2500 m**
- **Poljanska pot /nadvišana/; 800 m**
- **Lokalna cesta /nadvišana/; 140 m**

2. GEOLOŠKO-GEOTEHNIČNI OPIS

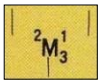
Na podlagi pregleda geološke karte širšega območja (geološka karta Slovenije, list Rogatec) se na lokaciji predmetne učne poti nahajajo na aluvialni nanosi recentnih rek in potokov, ki prekrivajo večje površine terena ob Sotli. Sestoje se iz drobnozrnatih prodnikov, peska, melja in gline. Glavna sestavina aluvialnih nanosov je peščeno-glineni melj, ki je slabo sortiran. Peska je 14-42%, gline 5-20%. Pesek je pretežno kremenov in ga je preko 50%.

V podlagi nahajamo miocenske laporje, zbite peske, peščenjake in konglomerate.

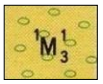


Slika 2: *Izsek iz osnovne geološke karte Slovenije (List Rogatec), ni v merilu*

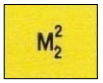
Legenda:



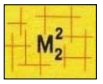
Pesek (sarmatijska stopnja)



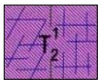
Apnenčevo-kremenov peščenjak in konglomerat (sarmatijska stopnja)



Lapor – laški lapor (tortonijska stopnja)

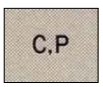


Litotamnijski apnenec (tortonijska stopnja)



Pretežno masiven dolomit (a) anizijska stopnja

a b



Menjavanje glinastega skrilavca, kremenovega peščenjaka in konglomerata

2.1 HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

S podatki o nihanju absolutnega nivoja podzemne vode ne razpolagamo. Predvidoma se nahaja na koti Sotle. Ocenjujemo, da je ta na območju ob cesti LC 356121 Rogaška Slatina–Sodna vas na globini 3 m pod terenom, pri vodotoku Sotle in neimenovanega stalnega grabna na globinah 1,0–1,3 m.

V času poplav pa se nivo dvigne nad koto terena.

Koeficient prepustnosti peščeno meljastih slojev je med $1*10^{-4}$ m/s in $1*10^{-5}$ m/s.

2.2 SEIZMIČNOST TERENA

Obravnavano področje se po karti EMS-98 lestvici (European Macroseismic Scale) uvrša v ***7. stopnjo*** seizmične intenzitete. V tem območju pričakujemo seizmične pospeške do ***0,200g***. V skladu z Eurocode 8 uvrščamo tla po seizmični mikrorajonizaciji v **E tip tal.**

2.1 OPIS RAZISKOVALNIH DEL IN REZULTATOV

Na območju različnih posegov predvidene učne poti so se izvedle meritve z dinamičnim penetrometrom. Izvedene so bile tri (**3**) **DPL** - dynamic probe light testi. Preiskave DP se izvajajo za določitev slojevitosti in oceno geomehanskih parametrov.

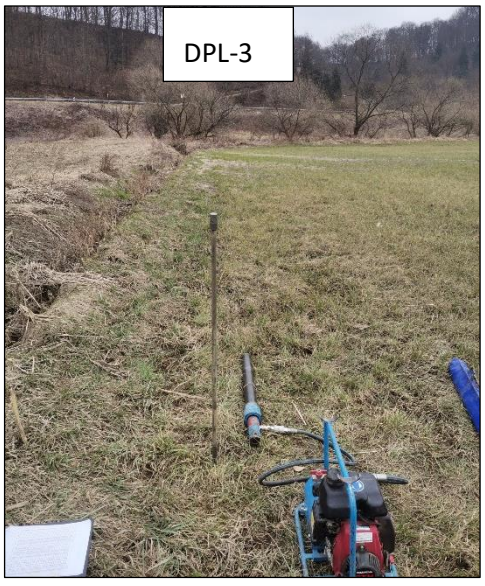
DPL preiskave se izvajajo skladno s standardi EN ISO 22476-2. Zvezno sondiranje poteka s pomočjo penetrometra oz. zabijalne naprave tipa DPL (Dynamic Probing Light), pri kateri bat z maso 10 kg spuščamo z višine 50 cm. zabijamo pa konus 90° z osnovno ploskvijo 10 cm^2. Število udarcev registriramo vsakih 10 cm (N10) prodiranja.

Normalizirane vrednosti (N1)60 so nam služile za oceno nekaterih materialnih karakteristik preiskanih zemljin. Določili smo jim konsistenčno stanje in ocenili nedrenirano strižno trdnost (c_u) ter modul stisljivosti ($M_v = E_{oed}$).

Popisi preizkusov DP so podani v prilogi ***P1.DPL.***

Preglednica 1**:** Osnovni podatki sondiranja

Oznaka preiskave	Globina (m)	Koordinate in kota		
		D96 Y (m)	D96 X (m)	z (m .n. v.)
DPL-1	6.6	549854.88	117120.37	204.9
DPL-2	6.9	550008.43	117162.40	204.1
DPL-3	7.1	549997.96	117251.66	204.1



Preglednica 2: Rezultati sondiranja z dinamičnim penetrometrom

Oznaka preiskave	*Globina*	*karakteristični parametri v posamezni plasti*			*Material*	*ϕ [°] /c_u [kPa]*		*Modul stisljivosti Eoed [MPa]*		*Modul elastičnosti E [MPa]*		
		ϕ [°]	**c_u [kPa]**	**E_{oed} [MPa]**		**MIN**	**MAX**	**MIN**	**MAX**	**AVG**	**MIN**	**MAX**
DPL-1	0 - 0.6 m	/	**7**	**0**	SiL , žid.	*5*	*9*	*0*	*1*	**0.3**	*0.2*	*0.4*
	0.6 - 4 m	**28.9**	/	**3**	siSa , rah.*1	*28*	*30*	*3*	*4*	**2**	*2.0*	*2.7*
	4 - 5 m	**30**	/	**4**	SaP , rah.*2	*30*	*31*	*4*	*4*	**3**	*2.8*	*3.3*
	5 - 6.6 m	**33**	/	**7**	SaP , sred. gos.*3	*32*	*36*	*6*	*10*	**5**	*4.1*	*7.4*
DPL-2	0 - 1.1 m	/	**25**	**2**	SiL , lg.	*14*	*32*	*1*	*2*	**1.1**	*0.6*	*1.4*
	1.1 - 2.9 m	**28.6**	/	**3**	siSa , rah.*4	*28*	*29*	*3*	*3*	**2**	*2.0*	*2.4*
	2.9 - 5.2 m	**29**	/	**3**	SaP , rah.*5	*29*	*31*	*3*	*5*	**3**	*2.1*	*3.5*
	5.2 - 6.9 m	**33**	/	**7**	SaP , sred. gos.*6	*31*	*36*	*5*	*10*	**5**	*3.5*	*7.2*
DPL-3	0 - 0.6 m	/	**23**	**2**	SiL , lg.	*14*	*32*	*1*	*2*	**1.0**	*0.6*	*1.4*
	0.6 - 2.7 m	**28.5**	/	**3**	siSa , zelo rah.*7	*28*	*29*	*2*	*3*	**2**	*1.6*	*2.3*
	2.7 - 4.3 m	**30**	/	**4**	SaP , rah.*8	*29*	*30*	*3*	*4*	**3**	*2.2*	*3.0*
	4.3 - 6.9 m	**32**	/	**5**	SaP , sred. gos.*9	*30*	*34*	*4*	*8*	**4**	*2.9*	*5.6*
	6.9 - 7.1 m	**36**	/	**27**	lapor ,	*36*	*36*	*27*	*27*	**25**	*24.5*	*24.5*

**1 V primeru, da sloj obravnavamo kot koherentno zemljino: c_u = 27 kPa, E_{oed} = 2 MPa*

**2 V primeru, da sloj obravnavamo kot koherentno zemljino: c_u = 54 kPa, E_{oed} = 4 MPa*

**3 V primeru, da sloj obravnavamo kot koherentno zemljino: c_u = 106 kPa, E_{oed} = 7 MPa*

**4 V primeru, da sloj obravnavamo kot koherentno zemljino: c_u = 23 kPa, E_{oed} = 2 MPa*

**5 V primeru, da sloj obravnavamo kot koherentno zemljino: c_u = 37 kPa, E_{oed} = 3 MPa*

**6 V primeru, da sloj obravnavamo kot koherentno zemljino: c_u = 109 kPa, E_{oed} = 7 MPa*

**7 V primeru, da sloj obravnavamo kot koherentno zemljino: c_u = 20 kPa, E_{oed} = 1 MPa*

**8 V primeru, da sloj obravnavamo kot koherentno zemljino: c_u = 41 kPa, E_{oed} = 3 MPa*

**9 V primeru, da sloj obravnavamo kot koherentno zemljino: c_u = 84 kPa, E_{oed} = 6 MPa*

3. PARAMETRI ZA PROJEKTIRANJE

Karakteristične vrednosti slojev so določene na podlagi terenskih raziskav in izkustvenih vrednosti.

SLOJ 1: Ugotavljamo, da je na lokaciji raziskav v zgornjem delu *melj*, debeline sloja 1 m, v lahko gnetnem konsistenčnem stanju.

SLOJ 2: Pod krovnim slojem se do globine 7 m nahajajo sloji rahlega peska in lahko gnetne meljne gline (menjavanje med sloji je hitro).

SLOJ 3: Nato predvidoma preidemo v lapornato podlago na cca 7 m.

Preglednica 3: Karakteristične vrednosti parametrov značilnih geoloških slojev na raziskovanem območju

globina m	klasifikacija SIST EN ISO 14688-1	Prost. teža γ (kN/m³)	Kohezija c (kPa)	Strižni kot ϕ (°)	Nedr. str. trdnost c_u (kPa)	Modul stisljivosti E_{oed} (MPa)	Poissonovo število v	Modul elastičnosti E (MPa)
0 - 1	SiL	18-19	3.5	20	20	1.2	0.35	0.8
1 - 6.6	siSa/SaP	19-20	0-3	26-30	-	3-6	0.30	2-5
6.6 >	*lapor*	22	22-26	34-36	-	25-45	0.20	15-37

Pripomnimo naj, da so podani geomehanski parametri na osnovi DP testov empirično določeni glede na predpostavljeno sestavo tal in po navadi predstavljajo njihovo konzervativno oceno. Na lokaciji naj se izvedejo sondažni razkopi ali vrtine na podlagi katerih se lahko določijo bolj natančne karakteristike slojev.

4. STABILNOSTNA ANALIZA

Izračune globalne stabilnosti smo izvedli v programu Slide2D z samodejnim iskanjem nekrožnih porušnic oz. globalnega minimuma po avtorjih – Bishop (poenostavljena metoda) in Janbu (poenostavljena metoda); brez upoštevanja redukcije parametrov po projektnih pogojih (E7). Izračune smo opravili za karakteristični prerez IG 1-1' (PA14), ki poteka preko območja, *kjer je predviden vkop, planiranje terena in nasipavanje raščenega materiala. Prečni prerez in situacija prereza sta podana v prilogi G.1 n G.2.*

Glede na izvedene stabilnostne analize so lahko novi nasipi in brežine izvedejo v naklonu 1:3 do maksimalno 1:2. Nasipi naj se protierozijsko zaščitijo. Predlagamo, da se peta nasipa zaščiti z bolj grobim materialom, ki bo v primeru poplav preprečil spiranje materiala.

5. IZRAČUN NOSILNOSTI PILOTOV

V prilogi R.2 je izveden izračun nosilnosti 5m pilota fi20 cm. Predvidena projektna nosilnost pilota je večja od 10kN.

Kontrola nosivosti : NAVFAC DM 7.2
Analiza provedena s automatskim izborom najnepovoljnijeg slučaja opterećenja.
Faktor koji određuje kritične dubine k_{dc} = 1,00

Verifikacija tlačnog pilota:
Najnepovoljniji slučaj opterećenja Br. 1. (Obtežba)

Nosivost po plaštu pilota R_s = 10,86 kN
Nosivost baze pilota R_b = 13,07 kN

Nosivost pilota R_c = 23,93 kN
Najveća vertikalna sila V_d = 10,00 kN

R_c = 23,93 kN > 10,00 kN = V_d

Nosivost pilota ZADOVALJAVAJUĆI

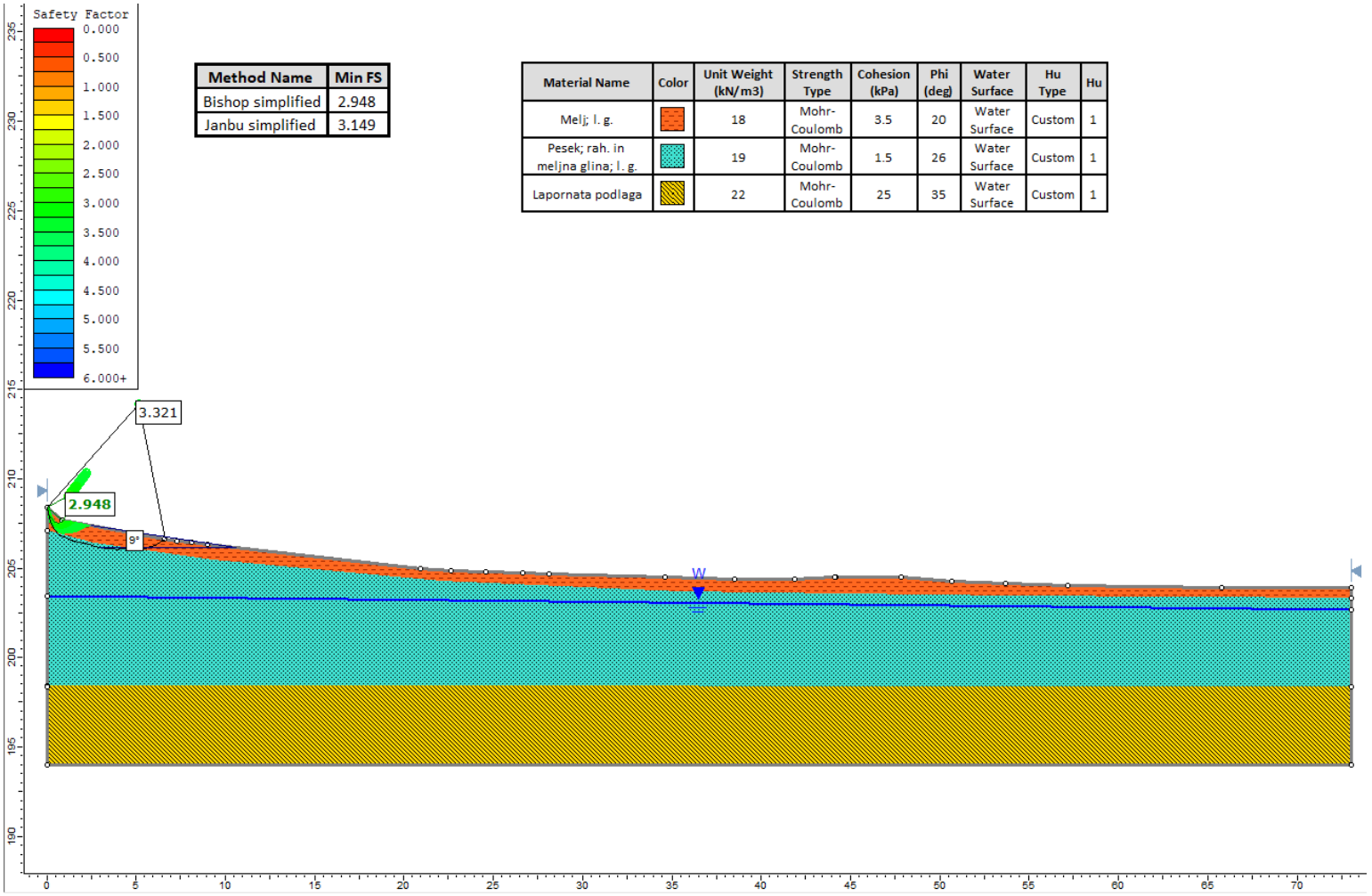
6. ZAKLJUČEK

Pri izvedbi izkopov in temeljenja je potrebno zagotoviti geomehanski nadzor, ki bo podrobno spremljal izkope, nasipavanje, pilotiranje in po potrebi predvidel dodatne geotehnične ukrepe. Med izdelavo pilotov je potrebno preveriti zadovoljivo vpetost pilotov.

R.1 IZRAČUN STABILNOSTI

OBSTOJEČE STANJE – povratna analiza s programskim orodjem Slide2d; z upoštevanjem podzemne vode; ob karakterističnih lastnostih zemljin.

VARNOST GLOBALNE STABILNOSTI JE ZADOSTNA, OBMOČJE JE STABILNO, prikazane so porušnice s faktorjem varnosti Fs med 0.5–3.50, kjer je globalni minimum Fs=2.948.



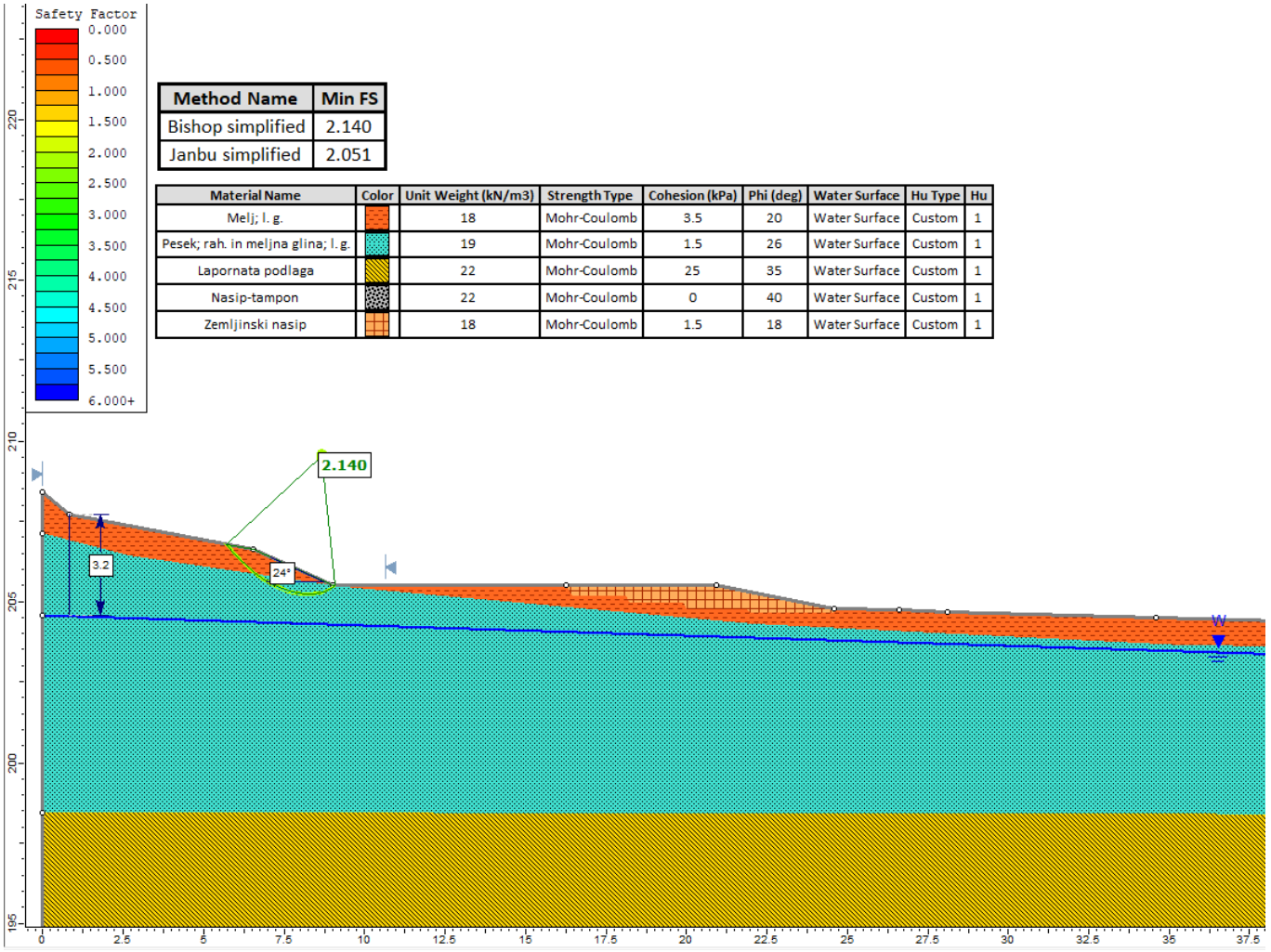
Method Name	Min FS
Bishop simplified	2.948
Janbu simplified	3.149

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu
Melj; l. g.		18	Mohr-Coulomb	3.5	20	Water Surface	Custom	1
Pesek; rah. in meljna glina; l. g.		19	Mohr-Coulomb	1.5	26	Water Surface	Custom	1
Lapornata podlaga		22	Mohr-Coulomb	25	35	Water Surface	Custom	1

PREDVIDENO STANJE VKOPANE IN NASIPANE BREŽINE:

- **(meja modela) VKOP NA PROFILU PA14 0–11 m** – stabilnostna analiza z upoštevanjem podzemne vode; ob karakterističnih lastnostih zemljin.

VARNOST GLOBALNE STABILNOSTI JE ZADOSTNA, OBMOČJE JE STABILNO, prikazano je 30 najbolj kritičnih porušnic, kjer je globalni minimum Fs=2.051.



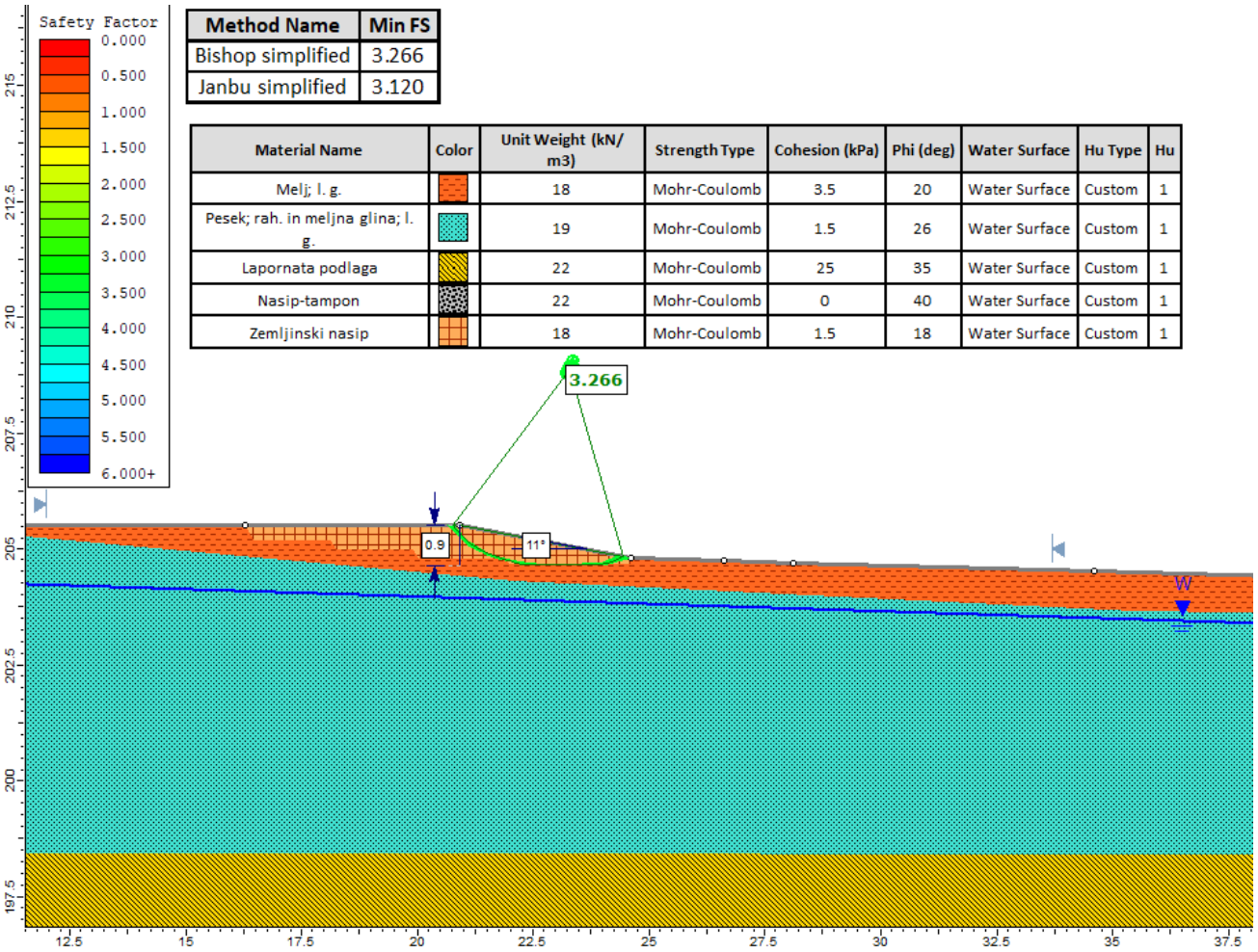
Method Name	Min FS
Bishop simplified	2.140
Janbu simplified	2.051

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu
Melj; l. g.		18	Mohr-Coulomb	3.5	20	Water Surface	Custom	1
Pesek; rah. in meljna glina; l. g.		19	Mohr-Coulomb	1.5	26	Water Surface	Custom	1
Lapornata podlaga		22	Mohr-Coulomb	25	35	Water Surface	Custom	1
Nasip-tampon		22	Mohr-Coulomb	0	40	Water Surface	Custom	1
Zemljinski nasip		18	Mohr-Coulomb	1.5	18	Water Surface	Custom	1

PREDVIDENO STANJE VKOPANE IN NASIPANE BREŽINE:

- **(meja modela) NASIP ZEMLJINSKEGA/ODKOPANEGA MATERIALA NA PROFILU PA14 NA OBMOČJU MED 12–34 m** – stabilnostna analiza z upoštevanjem podzemne vode; ob karakterističnih lastnostih zemljin.

VARNOST GLOBALNE STABILNOSTI JE ZADOSTNA, OBMOČJE JE STABILNO, prikazano je 30 najbolj kritičnih porušnic, kjer je globalni minimum Fs=3.120.



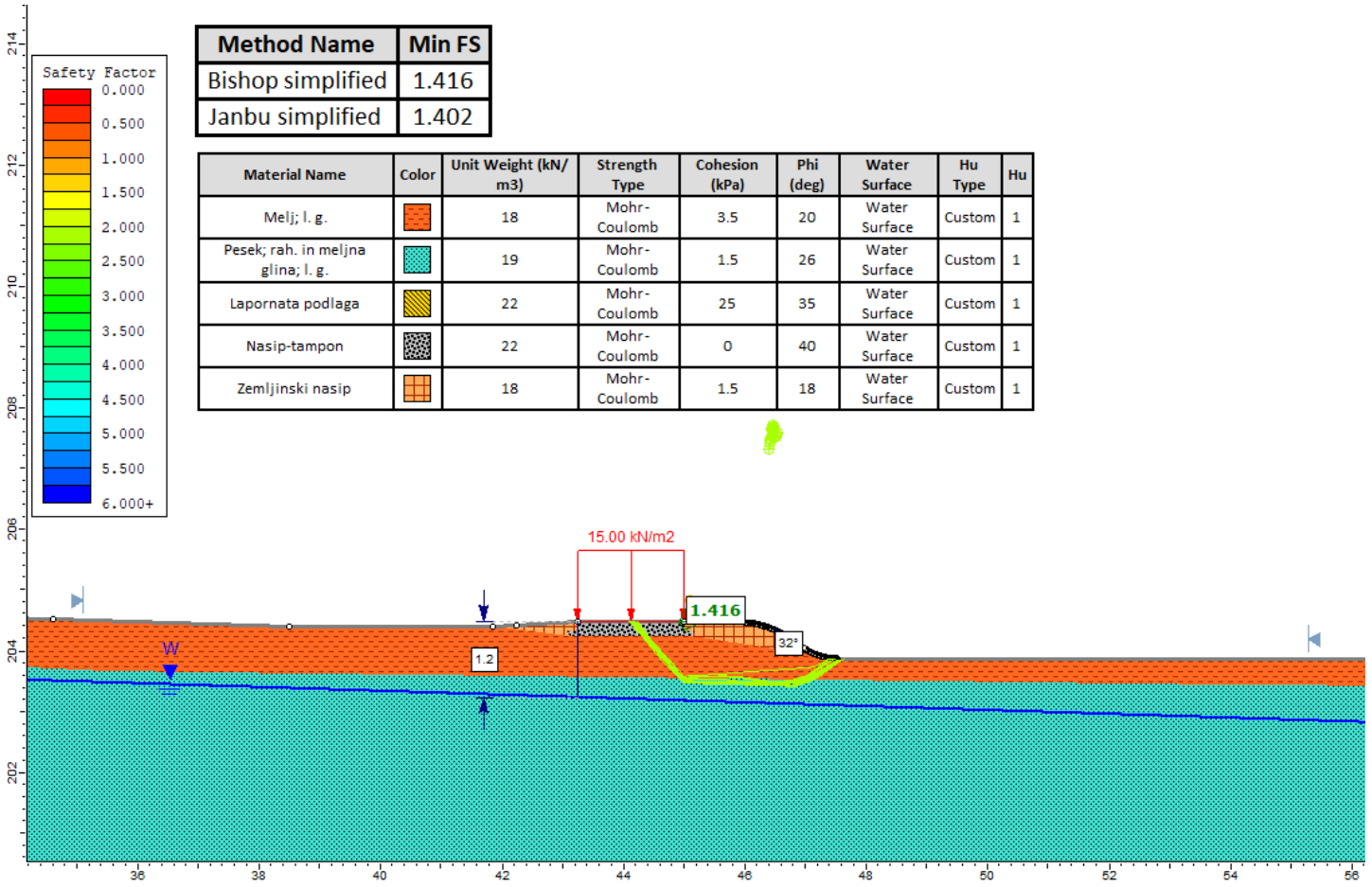
Method Name	Min FS
Bishop simplified	3.266
Janbu simplified	3.120

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu
Melj; l. g.		18	Mohr-Coulomb	3.5	20	Water Surface	Custom	1
Pesek; rah. in meljna glina; l. g.		19	Mohr-Coulomb	1.5	26	Water Surface	Custom	1
Lapornata podlaga		22	Mohr-Coulomb	25	35	Water Surface	Custom	1
Nasip-tampon		22	Mohr-Coulomb	0	40	Water Surface	Custom	1
Zemljinski nasip		18	Mohr-Coulomb	1.5	18	Water Surface	Custom	1

PREDVIDENO STANJE VKOPANE IN NASIPANE BREŽINE:

- **(meja modela) NASIP ZEMLJINSKEGA MATERIALA IN NASIP PEŠPOTI NA PROFILU PA14 NA OBMOČJU MED 35–56 m** – stabilnostna analiza z upoštevanjem podzemne vode; ob predvideni obtežbi na pot 15 KPa; ob karakterističnih lastnostih zemljin.

VARNOST GLOBALNE STABILNOSTI JE ZADOSTNA, OBMOČJE JE STABILNO, prikazano je 30 najbolj kritičnih porušnic, kjer je globalni minimum Fs=1.402.



Method Name	Min FS
Bishop simplified	1.416
Janbu simplified	1.402

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu
Melj; l. g.		18	Mohr-Coulomb	3.5	20	Water Surface	Custom	1
Pesek; rah. in meljna glina; l. g.		19	Mohr-Coulomb	1.5	26	Water Surface	Custom	1
Lapornata podlaga		22	Mohr-Coulomb	25	35	Water Surface	Custom	1
Nasip-tampon		22	Mohr-Coulomb	0	40	Water Surface	Custom	1
Zemljinski nasip		18	Mohr-Coulomb	1.5	18	Water Surface	Custom	1