

## GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE ZA UREDITEV OBMOČJA LEŠA

Arh. št.:	GG 51/18 DB
Datum:	11.06.2018
Obdelal:	Domen Bajec, univ. dipl. inž. geol.
Direktor:	Željko Sternad, u.d.i.r. in geotehnol.

NASLOVNA STRAN Z OSNOVNIMI PODATKI O ELABORATU

Elaborat in številčna oznaka elaborata: **ELABORAT št. GG 51/18 DB**

**GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE ZA UREDITEV OBMOČJA LEŠA**

Investitor/Naročnik :

**Občina Hrastnik, Pot Vitka Pavliča 5, 1430 Hrastnik**

Objekt:

**DOM STAREJŠIH OBČANOV, VRTEC, STANOVANJSKI PROGRAM, CESTA Z INFRASTRUKTURO,  
OPORNI ZID**

Vrsta projektne dokumentacije

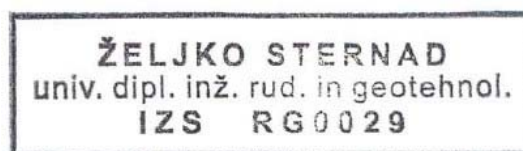
**IDZ**

Za gradnjo:

**NOVA GRADNJA**

Odgovorni vodja Projekta:

**ŽELJKO STERNAD, U.D.I.R. IN GEOTEHNOL.**



*Željko Sternad*

Odgovorni projektant:

**ŽELJKO STERNAD, U.D.I.R. IN GEOTEHNOL.**



*Željko Sternad*

Arhivska številka elaborata, kraj in datum izdelave:

**GG 51/18 DB, KRŠKO, JUNIJ 2018**

## KAZALO VSEBINE

1	SPLOŠNI PODATKI.....	4
2	GEOLOGIJA OZEMLJA .....	5
3	SEIZMIČNOST TERENA.....	6
4	PREDHODNE RAZISKAVE - OZZING 2001.....	7
5	TERENSKÉ RAZISKAVE V LETU 2018 .....	8
5.1	Inženirsko geološko kartiranje .....	9
5.2	Sondažni razkopi .....	10
5.3	Meritve dinamičnega deformacijskega modula .....	12
5.4	Raziskovalno vrtanje .....	14
5.5	Meritev standardne dinamične penetracije SPT.....	15
5.6	Meritve enoosne tlačne trdnosti apnenca s sklerometrom v vrtinah .....	16
5.7	Meritev nivoja podtalne vode .....	16
6	KARAKTERISTIČNE VREDNOSTI MEHANSKIH PARAMETROV VPLIVNIH TAL .....	17
7	RAČUNALNIŠKE STABILNOSTNE ANALIZE .....	17
7.1	Stabilnostna analiza obstoječega stanja na profilu P3.....	18
7.2	Stabilnostna analiza na profilu P3 v primeru močnejših padavin.....	18
7.3	Stabilnostna analiza obstoječega stanja na profilu P5.....	18
7.4	Stabilnostna analiza na profilu P5 v primeru močnejših padavin.....	19
8	PREISKAVE NA OBSTOJEČI BREŽINI ZA IZGRADNJO NOVEGA OPORNEGA ZIDU .....	19
8.1	Pregled obstoječega stanja .....	19
8.2	Geološki trdnostni indeks .....	21
8.3	Enoosna tlačna trdnost kamnine – $\sigma_c$ (sklerometer) na brežini.....	21
9	POSPLOŠEN HOEKOV IN BROWNOV PORUŠITVENI KRITERIJ ZA APNENEC NA OBMOČJU NOVEGA OPORNEGA ZIDU .....	21
10	GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE NA MESTU IZGRADNJE DOMA STAREJŠIH OBČANOV .....	23
11	GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE NA MESTU IZGRADNJE VRTCA .....	24
12	GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE NA MESTU IZGRADNJE STANOVANJSKEGA PROGRAMA.....	25
13	GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE NA MESTU PREDVIDENE OPORNEGA ZIDU .....	26
14	GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE NA MESTU PREDVIDENE DEVIACIJE CESTE Z OZNAKO 623821.....	27
15	PRILOGE.....	28

## 1 SPLOŠNI PODATKI

V občini Hrastnik je predvidena ureditev območja Leša. V Idejni zasnovi je na lokaciji predvidena izgradnja doma starejših občanov, vrtca, stanovanjskih objektov, širitev občinske ceste na Lešo z oznako 122971 z izdelavo novega opornega zidu na vkopni brežini na začetnem delu trase ter deviacija ceste z oznako 623821.

Po naročilu investitorja smo območje inženirsko geološko skartirali, opravili terenske preiskave tal ter pridobili podatke predhodno izvedenih preiskav - Geološko geotehnično poročilo za Programsko zasnovo ureditve območja Nad Zavraškom (Hrastnik), ki ga je izdelalo podjetje OZZING 2001.



Slika 1: Mikrolokacija območja.



Slika 2: Makrolokacija območja preiskave.



## 2 GEOLOGIJA OZEMLJA



Slika 3: Izsek iz geološke karte Slovenije; List Celje, Merilo 1 : 100.000.

Geologijo obravnavanega ozemlja označuje rdeč krogec, ki ga po Osnovni geološki karti (list Celje) predstavljajo srednje miocenske  $M_2^2$  ter oligocenske  $Ol_2$  plasti.

Geologija območja je povzeta iz podatkov OGK (list Celje), iz podatkov Geološko geotehničnega poročila za Programsko zasnovo ureditve območja Nad Zavraškom (Hrasnik), ki ga je izdelalo podjetje OZZING 2001 ter iz preiskav izvedenih v letošnjem letu 2018, ki jih je izvedlo naše podjetje GEOSTERN.

Najstarejše, oligocenske  $Ol_2$  plasti na tem področju predstavlja trdna oligocenska morska laporasta glina. Laporasta glina po površini hitro prepereva in je podvržena plazenju.

Srednje miocenske  $M_2^2$  plasti na osrednjem in južnem delu območja Leše predstavljata litotamnijski apnenec ter laški lapor. Trdna podlaga je na površini prekrita z gruščnato glineno preperino.

Ob strugi potoka Boben lahko pričakujemo kvartarne aluvialne sedimente – pretežno prod.

Glede na stare podatke o geološki zgradbi tega območja (po Placerju) predstavlja greben Lešek fosilni plaz, ki ga sestavlja miocenski litotamnijski apnenec in laški lapor. Plaz je nastal ob spodaj ležeči plasti oligocenske morske gline in je verjetno v preteklosti zaježil strugo potoka Boben (Vir: Poročilo OZZING).

Na obravnavanem področju je opaziti tudi vpliv rudarjenja na površino. Po pripovedovanju domačinov je opaziti izrazito posedanje terena in pokanje stavb. Najbolj izrazit je ta vpliv opaziti v področju vzhodno od ceste v gozdu. Na starih geoloških kartah tega območja so evidentirane razpoke, ki so nastale zaradi rudarjenja, vendar na terenu zdaj niso več vidne, zaradi stalnega spreminjanja površine terena (Vir: Poročilo OZZING).

### 3 SEIZMIČNOST TERENA

Obravnavano območje se uvršča v VIII. stopnjo seizmične intenzitete po EMS lestvici (European Macroseismic Scale). V tem območju lahko pričakujemo seizmične pospeške do 0,150 g. Podatke povzemamo po karti makroseizmičnih intenzitet Slovenije za povratno dobo potresov 475 let in po karti projektnih pospeškov potresov  $a_g$ . (vir <http://www.arso.gov.si/podrocja/potresi/podatki/>).

Za prostorsko in urbanistično načrtovanje in za potresno varno projektiranje se uporablja karto projektnega pospeška  $a_g$ . Kategorizacija upošteva litološko sestavo tal, inženirsko geološke lastnosti kamnin, tektonske značilnosti in morfološke značilnosti. V skladu z Eurokodom 8 uvrščamo tla na območju projektirane trase sledečo kategorijo:

Tip tal	Opis stratigrafskega profila	Parametri		
		Vs [30 m/s]	NSPT [udarcev/30 cm]	cu [kPa]
A	Skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala	> 800	-	-
D	Sedimenti rahlih do srednje gostih nevezljivih zemljin (z nekaj mehкими vezljivimi plastmi ali brez njih) ali pretežno mehkih do trdnih vezljivih	< 180	< 15	< 70

Tabela 1: Razvrstitev tal v obravnavanem območju.

#### 4 PREDHODNE RAZISKAVE - OZZING 2001

Leta 2001 je podjetje OZZING d.o.o. izdelalo elaborat z naslovom: Geološko geotehnično poročilo za Programsko zasnovno ureditve območja Nad Zavraškom (Hrastnik), avtor: Jasna Crnkovič-Klanjšek, univ.dipl.inž.geol.

Za potrebe izdelave takratnega elaborata je bilo izvedenih:

- 12 sondažnih vrtin globine do 12 m.
- Izvedba preizkusov SPT v vrtinah.
- Izvedba laboratorijskih preiskav vzorcev: naravna vlaga, konsistenčne meje, prostorninska teža, strižna trdnost.

Lokacije preiskave izvedenih v letu 2001- OZZING so skupaj z novimi preiskavami - GEOSTERN izvedenimi leta 2018 prikazane na prilogi 1.

Detaljni opisi sondažnih vrtin iz leta 2001 - OZZING so podani na prilogi 2.

<b>Vrtina</b>	<b>Abs. kota vrha (m)</b>	<b>Globina (m)</b>	<b>Globina preperine (m)</b>	<b>Globina trdne podlage (m)</b>	<b>Podtalna voda (m)</b>
<b>V-1</b>	323,45	8,0	-	5,0	-
<b>V-2</b>	317,65	12,0	-	10,0	vlažno na 5,0
<b>V-3</b>	325,12	8,0	-	6,9	-
<b>V-4</b>	331,83	10,0	-	8,3	vlaga na 6,0
<b>V-5</b>	315,35	5,0	-	1,7	-
<b>V-6</b>	318,65	7,0	-	5,0	-
<b>V-7</b>	333,85	9,0	-	7,2	-
<b>V-8</b>	313,50	8,0	-	5,8	4,0
<b>V-9</b>	295,33	8,0	5,5	6,0	-
<b>V-10</b>	303,20	8,0	-	6,3	6,3
<b>V-11</b>	310,01	11,0	-	9,8	vlaga na 3,5
<b>V-12</b>	316,73	8,0	5,2	6,8	-

Tabela 2: Seznam sondažnih vrtin (Vir: OZZING 2001).

Na podlagi rezultatov preiskav in kartiranja je OZZING izdelal geološko situacijo območja ter 5 geoloških profilov.

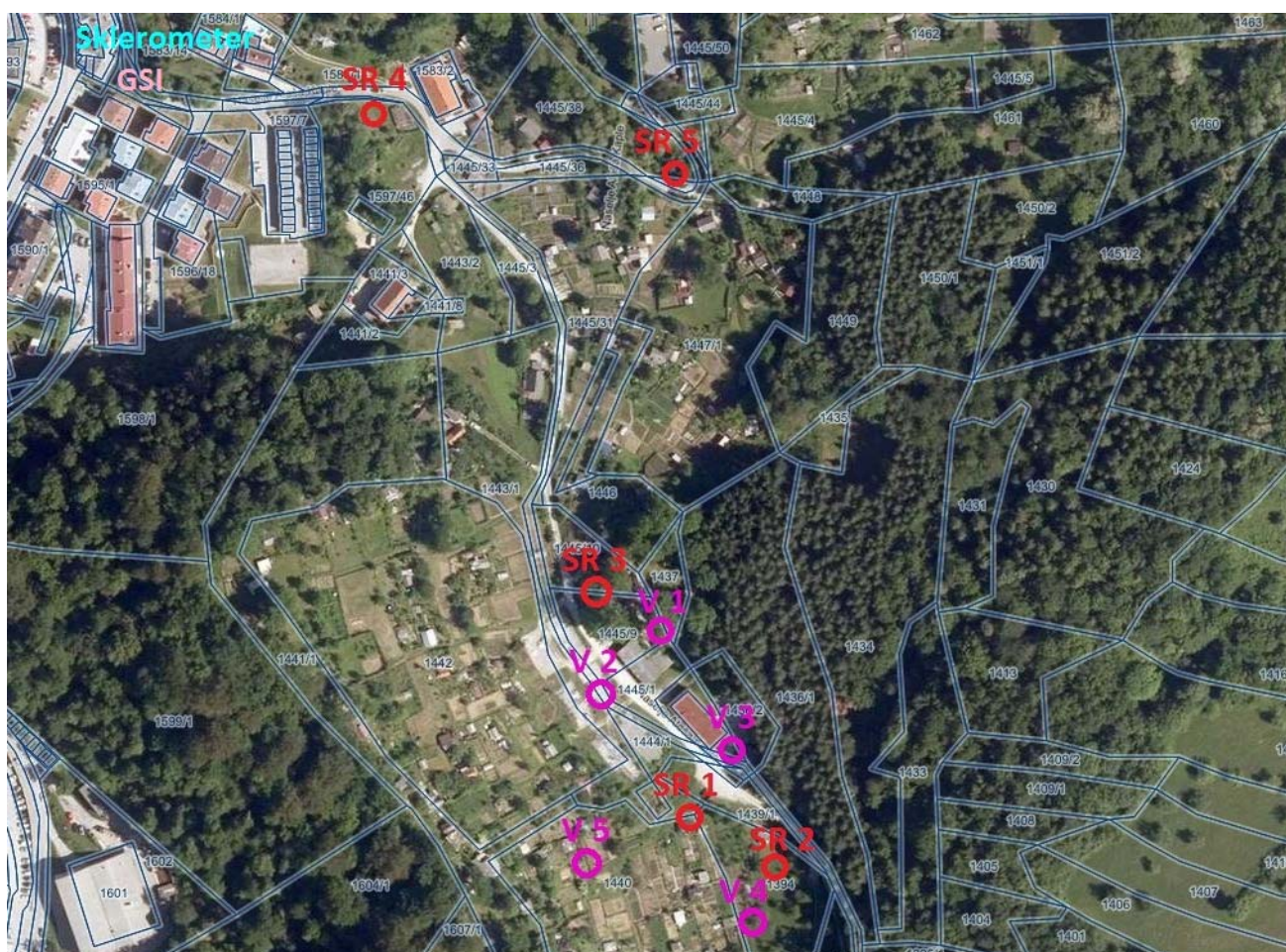
Za vsako izmed zemljin/hribin so bile navedene tudi geomehanske karakteristike.



## 5 TERENSKE RAZISKAVE V LETU 2018

Program geološko – geotehničnih raziskav je obsegal:

- Inženirsko geološko kartiranje.
- Izvedba 5 sondažnih razkopov.
- 5 meritev nosilnosti tal Evd z dinamično ploščo v sondažnih razkopih.
- Izvrtanje 5 sondažnih vrtin.
- V vrtinah je bilo skupno izvedenih 8 meritev standardnega penetracijskega preizkusa SPT.
- Po končanem vrtanju je bila v vsaki vrtini izvedena meritev nivoja podzemne vode z nivometrom.
- Na izvrtanem jedru kompaktnega apnenca smo izvedli 8 meritev enoosne tlačne trdnosti s Schmidtovim kladivom - sklerometrom.
- 3 meritve s sklerometrom so bile izvedene na obstoječi brežini iz apnenca na mestu predvidene izgradnje opornega zidu na začetnem delu trase.
- Določitev geološkega trdnostnega indeksa na obstoječi brežini iz apnenca na mestu predvidene izgradnje opornega zidu.



Slika 4: Lokacije preiskav izvedenih v letu 2018 - GEOSTERN.



## 5.1 Inženirsko geološko kartiranje

Obravnavano območje Leše je razmeroma veliko, posledično je tudi geološka sestava precej heterogena. Izdanki sivega apnenca so vidni za začetnem delu trase na vkopni brežini. Po vzpenjanju po cesti na Lešo pa je podlaga prekrita z različno debelimi sloji zemljine in nasipanega materiala.

Območje kjer je predvidena širitev občinske ceste na Lešo z oznako 122971 in ceste z oznako 623821 na dan našega ogleda ni kazalo znakov nestabilnosti. Obstoječa cesta na Lešo je stabilna, mestoma razpokana in rahlo posedena zaradi starosti in dotrajanosti.

Stanovanjski objekti na začetnem delu trase na ob cestišču so brez večjih razpok in ne kažejo znakov nestabilnosti. Večji zidan objekt (PUH) na naslovu Naselje Aleša Kaplje 26 je prav tako stabilen. Na njem so vidne posamezne manjše razpoke. Objekt je temeljen na dobro nosilni podlagi.

Na nagnjenem pobočju z povprečnim naklonom  $\alpha \approx 15^\circ$  na parcelnih številkah 1442, 1440 ter 1441/1 k.o. Dol pri Hrastniku so na več mestih vidni sledovi posedanja, manjše razpoke na površju ter ostali znaki površinske nestabilnosti. Na teh parcelah ni večjih objektov, na območju se nahajajo vrtniki in manjši leseni ter delno zidani objekti. Zaradi debelejšega sloja preperine in znakov labilnosti je to območje manj primerno za gradnjo.



Slika 5: Cesta na Lešo.



Slika 6: Labilno območje z vrtniki in manjšimi objekti na nagnjenem pobočju na parcelnih številkah 1442, 1440 ter 1441/1

## 5.2 Sondažni razkopi

Na lokaciji smo izvedli pet sondažnih razkopov ter jih geološko popisali. V nobenem razkopu ni bilo opaziti podtalne vode. Razkope smo izvedli do globine 2,8 m (SR 1), 2,9 m (SR 2), 2,5 m (SR 3), 3,0 m (SR 4) ter 2,5 m (SR 5). Vsi razkopi so bili stabilni, stene razkopov se niso rušile.

Geološki popis razkopov so podani na tabeli 3.

Razkop SR 1		
Globina (m)	AC klasif.	Opis
0,0 – 0,5	H	Humus s koreninami.
0,5 – 1,5	CL - ML	Rjava meljna glina. Slabo nosilna.
1,5 – 2,8 ↓	GM	Meljast grušč, kosi apnenca in laporja velikosti do 80 cm. Srednje zbit in nosilen sloj.
Razkop SR 2		
Globina (m)	AC klasif.	Opis
0,0 – 0,3	H	Humus s koreninami.
0,3 – 1,8	CL - ML	Rjava meljna glina. Slabo nosilna.
1,8 – 2,2	CL	Svetlo rjava glina. Slabo nosilna.
2,2 – 2,9 ↓	GM	Meljast grušč, zaobljeni kosi apnenca in laporja. Srednje zbit in nosilen sloj.
Razkop SR 3		
Globina (m)	AC klasif.	Opis
0,0 – 0,5	H	Humus s koreninami.
0,5 – 2,5 ↓	GM	Meljast grušč, kosi apnenca in laporja velikosti do 60 cm. Srednje zbit in nosilen sloj.
Razkop SR 4		
Globina (m)	AC klasif.	Opis
0,0 – 2,5	N	Nasipan material. Kosi apnenca, gradbenih odpadkov, ugaskov premoga ter zemljine. Zelo slabo zbit in nosilen sloj.
2,5 – 3,0 ↓	CL	Siva glina s kosi laporja. Slabo nosilna.
Razkop SR 5		
Globina (m)	AC klasif.	Opis
0,0 – 1,3	N	Nasipan material. Kosi apnenca, gradbenih odpadkov ter zemljine. Zelo slabo zbit in nosilen sloj.
1,3 – 2,5 ↓	GM	Meljast grušč, kosi apnenca in laporja velikosti do 50 cm. Srednje zbit in nosilen sloj.

Tabela 3: Popis geoloških slojev v sondažnih razkopih.





Slika 7: Razkop SR 1.



Slika 8: Razkop SR 3.



Slika 9: Razkop SR 4.



Slika 10: Razkop SR 5.

### 5.3 Meritve dinamičnega deformacijskega modula

Meritve dinamičnega deformacijskega modula ( $E_{vd}$ ) so bile izvedene z dinamično ploščo z lahko padajočo utežjo HMP LFG-SD. Dinamični deformacijski modul ali  $E_{vd}$  predstavlja značilno vrednost deformabilnosti materiala pri definirani sunkoviti obremenitvi krožne plošče s padajočo lahko utežjo, določeno na osnovi izmerjene amplitude posedka plošče  $u$ . Za zagotovitev tesnega naleganja krožne obremenilne plošče je potrebno na merilnem mestu izvesti tri predobremenilne sunke s padajočo utežjo.

V sondažnih razkopih smo opravili meritve dinamičnega deformacijskega modula ( $E_{vd}$ ). Iz rezultatov smo ocenili vrednosti statičnega deformacijskega modula  $E_{v2}$  [MN/m<sup>2</sup>] in modula stisljivosti  $M_E$  [MN/m<sup>2</sup>] ter podali vrednost kalifornijskega indeksa nosilnosti temeljne podlage – CBR (California Bearing Ratio). Pri tem smo uporabili sledečo literaturo: Svetličič, S., 2010. Smernice za načrtovanje sanacij in obnov pri vzdrževanju vozišč na državnih cestah - novosti, 10. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 20. – 22. oktobra 2010.

Za vrednotenje rezultatov je bila uporabljena informativna primerjalna vrednost za nevezljive zemljine (tabela 4) ter vrednost za vezljive zemljine (Tabela 5). Rezultati meritev so podani v tabeli 6.

Klasifikacija po USCS	CBR (%)	Modul stisljivosti $M_E$ (MN/m <sup>2</sup> )	Statični deformacijski modul $E_{v2}$ (MN/m <sup>2</sup> )	Dinamični deformacijski modul $E_{vd}$ (MN/m <sup>2</sup> )	Število udarcev pri SPT meritvah $N_{SPT}$
SM, SP, SW, GM, GP, GW, GC					
zelo rahel	<6	8	<20	<9	<4
rahel	6 7 8 9 10	10 13 15 18 20	44 45 57 60	25 30	4 – 10
srednje gost	11 12 13 14 15	27 30 35	80	40	10 – 30
gost	20 30 40 50	50 75	100 120 130 145	45 55	30 – 50

Tabela 4: Informativna primerjalna vrednost za nevezljive zemljine (Svetličič, 2010).

Klasifikacija po USCS	CBR (%)	Modul stisljivosti $M_E$ (MN/m <sup>2</sup> )	Statični deformacijski modul $E_{v2}$ (MN/m <sup>2</sup> )	Število udarcev pri SPT meritvah $N_{SPT}$	Nedrenirana strižna trdnost $C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
CL, ML, CH, MH, OH, Pt, SC					
židka konsistenca	1	<2,5	<5	<2	< 12
lahko do srednje gnetna konsistenca	2	2,5	10	2 - 6	12 - 40
srednje gnetna do težko gnetna konsistenca	3 4 5 6	4 6 8 10	15 18 20 24	6 – 15	40 – 80
težko gnetna konsistenca	7 8 9 10	13 15 18 20	27 30 32 34	15 – 30	80 – 120
Poltrdna, trdna konsistence	11 12 13 14 15	27 30 35	40 44	>30	>150

Tabela 5: Informativna primerjalna vrednost za vezljive zemljine (Svetličič, 2010).



SR 1	Globina - 1,1 m	Vrednosti	Opis tal
Dinamični deformacijski modul $E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		10,04	Rjava meljna glina. Slabo nosilna.
Statični deformacijski modul $E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		≈ 13	
Modul stisljivosti $M_E$ [MN/m <sup>2</sup> ]		≈ 3	
CBR [%]		2 - 3	
SR 2	Globina - 1,2 m	Vrednosti	Opis tal
Dinamični deformacijski modul $E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		10,53	Rjava meljna glina. Slabo nosilna.
Statični deformacijski modul $E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		≈ 14	
Modul stisljivosti $M_E$ [MN/m <sup>2</sup> ]		3 - 4	
CBR [%]		≈ 3	
SR 3	Globina - 1,0 m	Vrednosti	Opis tal
Dinamični deformacijski modul $E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		18,84	Meljast grušč, kosi apnenca in laporja velikosti do 60 cm. Srednje zbit in nosilen sloj.
Statični deformacijski modul $E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		≈ 35	
Modul stisljivosti $M_E$ [MN/m <sup>2</sup> ]		≈ 9	
CBR [%]		≈ 6	
SR 4	Globina - 1,0 m	Vrednosti	Opis tal
Dinamični deformacijski modul $E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		4,92	Nasipan material. Kosi apnenca, gradbenih odpadkov, ugaskov premoga ter zemljine. Zelo slabo zbit in nosilen sloj.
Statični deformacijski modul $E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		≈ 9	
Modul stisljivosti $M_E$ [MN/m <sup>2</sup> ]		≈ 4	
CBR [%]		≈ 3	
SR 5	Globina - 1,0 m	Vrednosti	Opis tal
Dinamični deformacijski modul $E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		4,42	Nasipan material. Kosi apnenca, gradbenih odpadkov ter zemljine. Zelo slabo zbit in nosilen sloj.
Statični deformacijski modul $E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]		≈ 9	
Modul stisljivosti $M_E$ [MN/m <sup>2</sup> ]		≈ 4	
CBR [%]		≈ 3	

Tabela 6: Rezultati meritev dinamičnega deformacijskega modula ( $E_{vd}$ ).

Iz pridobljenih podatkov meritev dinamičnega deformacijskega modula ( $E_{vd}$ ) smo ugotovili, da je rjava meljna glina v razkopih SR 1 in SR 2 slabo nosilna, nasipan material v razkopih SR 4 in SR 5 je zelo slabo zbit in nosilen, meljast grušč v razkopu SR 3 pa je srednje zbit in nosilen.



Slika 11: Meritev  $E_{vd}$  v razkopu SR 5.

## 5.4 Raziskovalno vrtanje

Marca 2018 je podjetje GRO - INŽENIRING d.o.o. izvrtalo pet preiskovalnih vrtin. Uporabljeno je bilo suho rotacijsko vrtanje. Nekatere sondažne vrtine so bile zaradi nedostopnosti terena (ograjeni vrtniki, objekti, inštalacije) locirane izven prvotno predvidenih lokacijah, tako da je geološka zgradba na posameznih predelih manj znana.

Dobro nosilno podlago primerno za temeljenje objektov iz apnenca ali iz peščenega grušča smo dosegli na sledečih globinah: 0,0 m (V 1), 0,2 m (SR 2), 0,0 m (SR 3), 10,5 m (SR 4) ter 6,5 m (SR 5).

V 1/18		
Globina (m)	AC	Opis
0,0 - 0,4	N	Tamponski nasip.
0,4 - 6,0 ↓	/	Bel apnenec, na posameznih odsekih preperel in razpokan. Mestoma kompakten, mestoma zdrobljen zaradi načina vrtanja.
V 2/18		
Globina (m)	AC	Opis
0,0 - 0,2	H	Humus s koreninami.
0,2 - 1,0	N	Tamponski nasip.
1,0 - 4,3	GP	Peščen grušč iz apnenca in laporja. Preperel. Belo rjave barve.
4,3 - 4,5 ↓	/	Bel apnenec. Kompakten.
V 3/18		
Globina (m)	AC	Opis
0,0 - 2,5	GP	Peščen grušč. Preperel. Posamezni kosi apnenca velikosti do 8 cm.
2,5 - 2,9	/	Večja samica belega apnenca.
2,9 - 5,0	GP	Peščen grušč. Preperel. Posamezni kosi apnenca velikosti do 5 cm.
5,0 - 6,0	/	Večja samica belega apnenca.
6,0 - 7,0	GP	Peščen grušč. Preperel. Posamezni kosi apnenca velikosti do 5 cm.
7,0 - 7,6	/	Večja samica belega apnenca.
7,6 - 9,0	GP	Peščen grušč. Preperel. Posamezni kosi apnenca velikosti do 2 cm.
9,0 - 10,2 ↓	/	Kompakten bel apnenec.
V 4/18		
Globina (m)	AC	Opis
0,0 - 0,5	H	Humus s koreninami.
0,5 - 10,5	CL - ML	Rjava meljna glina s posameznimi kosi grušča apnenca.
10,5 - 11,7 ↓	GP	Peščen grušč. Večji kosi apnenca.
V 5/18		
Globina (m)	AC	Opis
0,0 - 0,5	H	Humus s koreninami.
0,5 - 6,5	CL - ML	Rjava meljna glina s posameznimi kosi grušča apnenca.
6,5 - 10,5 ↓	/	Kompakten bel apnenec.

Tabela 7: Popisi vrtin.

Detaljni popis vrtin z litološkimi sloji, rezultati meritev enoosne tlačne trdnosti ( $q_u$ ), rezultatom meritev standardne dinamične penetracije (SPT), rezultat meritev s sklerometrom ter opombe so prikazane na prilogi 3. Slike jeder vrtine so prikazane v prilogi 4.

## 5.5 Meritev standardne dinamične penetracije SPT

V izvrtanih vrtinah je bilo skupno izvedenih 8 meritev standardne dinamične penetracije s SPT kladivom. Konico SPT smo sprva zabili 15 cm v tla, tako da smo prešli skozi cono poškodovanosti zaradi vrtnanja, nato se je štelo število udarcev N za nadaljnjih 30 cm penetracije.

**Rezultate SPT smo vrednotili po standardu EC 7-3, pri tem smo upoštevali korekcijski koeficient prenesene energije ( $k_{60} = 0,823$  - Izvajalec GRO Inženiring), korekcijo zaradi dolžine drogova  $\lambda$  in korekcijo zaradi efektivnega tlaka (CN).**

Končna korigirana vrednost SPT, ki se upošteva v nadaljnjih analizah znaša;

$$N_{\text{korigiran}} = N * k_{60} * \kappa * \lambda * C_N$$

Geomehanski parametri za geološke sloje izračunani na podlagi meritev SPT so podani v tabeli 8.

Številka SPT-ja	Vrtina	Globina SPT [m]	Geološki sloj	Število udarcev; 15,10,10,10	Število udarcev N za penetracijo 30 cm	$N_{\text{kor.}}$	Konsistenčno / Gostotno stanje/ Penetrabilnost	Nedrenirana strižna trdnost $c_u$ [Kpa]	Strižni kot (Gibbs) $\phi$ [°]	Modul stisljivosti $E_{\text{od}}$ [MPa]
SPT 1	V 1/18	3,0	Apnenec	60 ud/13 cm	/	/	Visoka penetrabilnost	Enoosna tlačna trdnost $q_u = 25 - 50$ MPa	/	/
SPT 2	V 2/18	4,5	Apnenec	60 ud/10 cm	/	/	Visoka penetrabilnost	Enoosna tlačna trdnost $q_u = 25 - 50$ MPa	/	/
SPT 3	V 3/18	3,0	Peščen grušč	26,11,22,23	56	44,9	Zelo gost	/	39,8	50,4
SPT 4	V 3/18	6,0	Peščen grušč	32,19,29,50	98	68,2	Prekonsolidiran	/	44,2	113,1
SPT 5	V 4/18	9,0	Meljna glina	6,4,5,6	15	9,3	Težko gnetna konsistenca	62	/	5,9
SPT 6	V 4/18	11,7	Peščen grušč	24,18,16,20	54	30,7	Gost	/	36,3	30,8
SPT 7	V 5/18	4,5	Meljna glina	5,3,2,3	7	5,1	Srednje gnetna konsistenca	34	/	2,8
SPT 8	V 5/18	6,5	Apnenec	60 ud/2 cm	/	/	Nizka penetrabilnost	Enoosna tlačna trdnost $q_u = 100 - 200$ MPa	/	/

Tabela 8: Geomehanski parametri za geološke sloje izračunani na podlagi meritev SPT.

## 5.6 Meritve enoosne tlačne trdnosti apnenca s sklerometrom v vrtinah

Enoosno tlačno trdnost vzorcev ugotavljamo z enoosnim tlačnim preizkusom, ki je posebna oblika nekonsolidirane - nedrenirane triosne preiskave. V primerih, ko je hribina zelo razpokana in ne moremo izvesti enoosne preiskave se lahko poslužimo alternative, ki jo predstavlja točkovni trdnosti indeks. V primeru, ko hočemo hitro določiti okvirno vrednost enoosne tlačne trdnosti kamnine na samem terenu se poslužujemo meritve s Schmidtovim kladivom - sklerometrom.

Meritve enoosne tlačne trdnosti smo izvedli s sklerometrom L-type z udarno energijo 0,74 Nm na jedrih vrtin (8 meritev), ki ga je predstavljal kompakten apnenec. Rezultati meritev so podani v tabeli 9.

Vrtina	Globina vrtine [m]	Kamnina	Izmerjena enoosna tlačna trdnost $\sigma_c$ [MPa]
V 1/18	0,4	Apnenec	86
V 1/18	2,5	Apnenec	39
V 2/18	4,4	Apnenec	80
V 3/18	2,8	Apnenec	35
V 3/18	5,2	Apnenec	85
V 3/18	7,5	Apnenec	86
V 3/18	10,0	Apnenec	90
V 5/18	9,0	Apnenec	66

Tabela 9: Vrednosti enoosnih tlačnih trdnosti  $\sigma_c$  s sklerometrom v vrtinah.

## 5.7 Meritev nivoja podtalne vode

Meritev nivoja podtalne vode so bile opravljene po končanem vrtanju v vseh vrtinah. Rezultati meritev so podani v tabeli 9.

Vrtina	Globina (m)
V 1/18	Suha vrtina
V 2/18	Suha vrtina
V 3/18	Suha vrtina
V 4/18	Suha vrtina
V 5/18	Suha vrtina

Tabela 10: Meritve nivoja podtalne vode.



## 6 KARAKTERISTIČNE VREDNOSTI MEHANSKIH PARAMETROV VPLIVNIH TAL

Na območju predvidene ureditve območja Leša so bili že leta 2001 - OZZING določeni geomehanski parametri za heterogeno mešana tla. Trdnostne, strižne in elastične lastnosti geoloških slojev smo dopolnili na osnovi rezultatov meritev pridobljenih z standardno dinamično penetracijo SPT v vrtinah ter meritvami dinamičnega deformacijskega modula ( $E_{vd}$ ) v sondažnih razkopih. Končne geomehanske karakteristike, ki smo jih uporabili v nadaljnjih stabilnostnih analizah so podane v Tabeli 11.

Geološki sloj	Prostorninska teža $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Strižni kot $\phi$ [°]	Kohezija [kN/m <sup>2</sup> ]
Peščena glina	20	22	5
Grušč in peščen melj	20	25	1
Grušč laporja in peščenjaka	21	34	0
Grušč apnenca	21	36	0
Laški lapor	23	38	10
Litotamnijski apnenec	23	42	15

Tabela 11: Karakteristične vrednosti geomehanskih parametrov.

## 7 RAČUNALNIŠKE STABILNOSTNE ANALIZE

Za izračun stabilnostnih analiz smo uporabili računalniški program Rocscience Slide verzija 6.009. Slide je program za preračunavanje stabilnosti drsin, predvsem varnosti drsin in možnosti porušitve krožnih in poligonalnih drsin v zemljini in kamnitih pobočjih. S programom se lahko razmeroma hitro obdelajo dokaj kompleksni 2D modeli, saj je sam program dokaj preprost za uporabo. V modelu se lahko upošteva tudi zunanja obtežba, prometna obtežba, podtalna voda, seizmični pospešek tal in različni podporni ukrepi.

Za izračune stabilnosti smo uporabili metodo nekrožnega zdrsa (auto refine search) po metodi Bishop-a na dveh izbranih geoloških profilih P3 in P5 (OZZING). Izračunali smo faktor varnosti za obstoječe stanje na labilnem območju z vrtilčki in manjšimi objekti na nagnjenem pobočju na parcelnih številkah 1442, 1440 ter 1441/1.

Pri izračunu stabilnostnih analiz smo upoštevali geomehanske karakteristike materialov navedene v tabeli 11.

V skladu s priporočili geotehničnih standardov Eurocode 7 za spremenljive geološko geomehanske pogoje smo v analizi upoštevali tudi delne varnostne faktorje. Uporabili smo projektiran pristop – Design Approach 3, ki upošteva delne varnostne koeficiente navedene v tabeli 12.

Partial Factors		
<b>Permanent Actions (A)</b>		
Unfavourable	$\gamma_G$	1
Favourable	$\gamma_G$	1
<b>Variable Actions (A)</b>		
Unfavourable	$\gamma_Q$	1.3
Favourable	$\gamma_Q$	0
<b>Material Parameters (M)</b>		
Effective cohesion	$\gamma_{c'}$	1.25
Coefficient of shearing resistance	$\gamma_\phi$	1.25
Undrained strength	$\gamma_{cu}$	1.4
Weight density	$\gamma_\gamma$	1
Shear strength (other models)		1.25
<b>Resistance (R)</b>		
Earth resistance	$\gamma_{Re}$	1
<b>Anchorage (R)</b>		
Tensile and Plate strength	$\gamma_a$	1
Shear strength	$\gamma_a$	1
Compressive strength	$\gamma_a$	1
Bond strength	$\gamma_a$	1
<b>Seismic</b>		
Seismic Coefficient		1

Tabela 12: Uporabljeni delni varnostni koeficienti po projektiranem pristopu – Design Approach 3.

## 7.1 Stabilnostna analiza obstoječega stanja na profilu P3

Rezultat stabilnostne analize obstoječega stanja na profilu P3 je varnostni faktor **FS = 1,71**, ki je večji od predpisanega ( $FS \geq 1$ ), kar kaže da je območje na nagnjenem pobočju na parcelni številki 1442, v obstoječih razmerah stabilno.

Rezultat analize obstoječega stanja na profilu P3 je prikazan v računalniški prilogi 6A.

## 7.2 Stabilnostna analiza na profilu P3 v primeru močnejših padavin

V sledeči simulaciji smo stabilnost po profilu P3 preverili tudi za primer močnejših padavin, ob katerih smo privzeli, da se v zemljini pojavi visok nivo vode. V simulaciji močnejših padavin obstoječega pobočja po profilu P3 smo dobili varnostni koeficient **FS = 0,86**, ki je manjši od zahtevanega ( $FS \geq 1$ ). Simulacija pokaže, da je območje na nagnjenem pobočju v času močnih padavin na parcelni številki 1442 potencialno labilno, kar se tudi ujema z rezultati geološkega kartiranja, kjer smo opazili znake labilnosti terena.

Rezultat analize obstoječega stanja na profilu P3 v primeru močnejših padavin je prikazan v računalniški prilogi 6B.

## 7.3 Stabilnostna analiza obstoječega stanja na profilu P5

Rezultat stabilnostne analize obstoječega stanja na profilu P5 je varnostni faktor **FS = 1,59**, ki je večji od predpisanega ( $FS \geq 1$ ), kar kaže da je območje na nagnjenem pobočju na parcelni številki 1440, v običajnih razmerah stabilno.

Rezultat analize obstoječega stanja na profilu P5 je prikazan v računalniški prilogi 6C.

## 7.4 Stabilnostna analiza na profilu P5 v primeru močnejših padavin

V sledeči simulaciji smo stabilnost po profilu P5 preverili tudi za primer močnejših padavin, ob katerih smo privzeli, da se v brežini pojavi visok nivo vode. V simulaciji močnejših padavin obstoječega pobočja po profilu P5 smo dobili varnostni koeficient **FS = 0,94**, ki je manjši od zahtevanega ( $FS \geq 1$ ). Simulacija pokaže, da je območje na nagnjenem pobočju na parcelni številki 1440 v času močnih padavin potencialno labilno.

Rezultat analize obstoječega stanja na profilu P5 v primeru močnejših padavin je prikazan v računalniški prilogi 6D.

## 8 PREISKAVE NA OBSTOJEČI BREŽINI ZA IZGRADNJO NOVEGA OPORNEGA ZIDU

### 8.1 Pregled obstoječega stanja

Na vkopni brežni na začetnem delu trase je predvidena širitev cestišča ter izgradnja novega opornega zidu. Na delu obstoječe brežine se že nahaja star betonski zid, kateri se bo porušil, preostali del brežine pa je zaščiten z žičnato mrežo. Obstoječi zid je stabilen, na njem ni vidnih večjih razpok. Zid ima vgrajene barbakane oziroma izcednice za odvodnjavanje zaledne vode. Zid je temeljen na trdi podlagi iz apnenca.

Brežino sestavlja siv apnenec. Apnenec je mestoma kompakten, večidel pa razpokan z več sistemi razpok. Mestoma je zakrasel ter preperel po površini. Za razpokan apnenec je značilno hitro odtekanje vode v podzemlje. Izcejanja vode iz razpok v času kartiranja ni bilo vidnega, vse stene razpok so bile suhe.

V času kartiranja na cesti ter iz brežine ni bilo vidnih večjih izpadov kosov apnenca. V zaščitni mreži so vidni posamezni izpadi manjših kosov. Obstoječe brežine delujejo stabilne. Ocenjujemo, da se je vkopna brežina na vzhodni strani ceste ohranila pretežno enaka kot pri izdelavi lokalne ceste.

Apnenec nad brežino prekriva tanjši do 50 cm debel sloj humusne preperine, na katerem rastejo drevesa in nizke rastline.





Slika 12: Obstoječa brežina zaščitena z žično mrežo ter betonskim zidom na začetnem delu trase.

Pregledali smo tudi terase nad obstoječim zidom (pod objektom z naslovom: Naselje Aleša Kaplje 17). Teraso so zaščitene z kamnito betonski zidovi ter večjimi robniki. Zid je razpokan in nagnjen na več mestih. Premaknjeni so tudi posamezni robniki. Glede na geološko sestavo območja ocenjujemo, da so nestabilnosti lokalno omejene ter predvsem posledica neustrezne izdelave. Zid ter robniki so temeljeni preplitvo, sam zid pa je dodatno razpokan zaradi pomanjkanja armature.



Slika 13: Lokalno omejena nestabilnost na terasah (pod objektom: Naselje Aleša Kaplje 17).



## 8.2 Geološki trdnostni indeks

Geološki trdnostni indeks se določa vizualno s primerjavo strukture in lastnosti površin diskontinuitet. Določimo ga glede na strukturo – GSI upada navpično navzdol, od masivne vse do razpadle in laminirane strukture ter glede na upadanje površine kvalitete, ta se manjša z leve proti desni.

Obstoječa brežina z apnenca je močnejše razpokana, sam apnenec je preperel površini. Geološki trdnostni indeks za apnenec na mestu predvidene izgradnje opornega zidu naša **GSI = 42**.

## 8.3 Enosna tlačna trdnost kamnine – $\sigma_c$ (sklerometer) na brežini

Enosno tlačno trdnost vzorcev ugotavljamo z enosnim tlačnim preizkusom, ki je posebna oblika nekonsolidirane - nedrenirane triosne preiskave. V primerih, ko je hribina zelo razpokana in ne moremo izvesti enosne preiskave se lahko poslužimo alternative, ki jo predstavlja točkovni trdnosti indeks. V primeru, ko hočemo hitro določiti okvirno vrednost enosne tlačne trdnosti kamnine na samem terenu se poslužujemo meritve s Schmidtovim kladivom - sklerometrom.

Na obstoječi brežini iz apnenca na mestu predvidene izgradnje opornega zidu na začetnem delu trase smo izvedli 3 meritve enosne tlačne trdnosti s Schmidtovim kladivom - sklerometrom. Meritve enosne tlačne trdnosti  $Q_c$  s sklerometrom so pokazale, da je kamnina razmeroma trdna.

Povprečna enosna tlačna trdnost kamnine znaša  **$\sigma_c = 60$  MPa**. Rezultati meritev so podani v tabeli 13.

Lokacija	Št. meritve	Kamnina	Izmerjena enosna tlačna trdnost $\sigma_c$ [MPa]
Obstoječa brežina na mestu izgradnje opornega zidu	Meritev 1	Apnenec	55
	Meritev 2	Apnenec	74
	Meritev 3	Apnenec	51

Tabela 13: Vrednosti enosnih tlačnih trdnosti  $\sigma_c$  s sklerometrom na brežini.

## 9 POSPLOŠEN HOEKOV IN BROWNOV PORUŠITVENI KRITERIJ ZA APNENEC NA OBMOČJU NOVEGA OPORNEGA ZIDU

Posplošen Hoek-Brownov porušitveni kriterij (Hoek, Carranza – Torres in Corkum, 2002 in Hoek, Diederisch, 2005) smo uporabili za določitev trdnostno deformacijskih parametrov razpokanega apnenca.

Hoek & Brown sta za razpokane hribinske mase razvila enačbo za posplošen porušitveni kriterij, kjer sta  $\sigma_1$  in  $\sigma_3$  glavni efektivni napetosti pri porušitvi,  $Q_c$  je enosna tlačna trdnost,  $m_i$  pa je konstanta odvisna od povezanosti kristalne zgradbe kamnine.

$$\sigma_1 = \sigma_3 + Q_c \left( m_b \frac{\sigma_3}{Q_c} + s \right)^a,$$

v enačbi sta  $s$  in  $a$  konstanti odvisni od karakteristik hribinske mase, določi se ju na podlagi geološkega trdnostnega indeksa GSI. Za nepoškodovane intaktne vzorce je  $s = 1$ , popolnoma pretrta, razpadla kamnina pa ima  $s = 0$ .

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right),$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3}),$$

$m_b$  predstavlja reducirano vrednost konstante  $m_i$  in je podana z enačbo;

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right).$$

Za izračun smo uporabili računalniški program Rocscience Roclab 1.033, ki upošteva tudi faktor poškodovanosti hribine, bodisi zaradi miniranja, bodisi zaradi strojnega izkopa. Pri določitvi smo upoštevali izračun za brežine z upoštevanjem faktorja poškodovanosti pri miniranju/mehanskem izkopu, ki je nastala pri takratni izdelavi takratne vkopne brežine - **D = 0,7**.

Na podlagi podrobnega inženirsko geološkega kartiranja smo kamnini iz apnenca po tabeli za razpokano hribinsko maso izbrali vrednost geološkega trdnostnega mestu predvidene izgradnje opornega zidu - **GSI = 42**.

Na podlagi tabele za določitev vrste in teksture hribine smo hribini določili konstanto -  **$m_i = 12$**  za apnenec.

Za enoosno tlačno trdnost hribinske mase smo upoštevali poprečno enoosno tlačno trdnost apnenca izmerjeno na izdankih v brežini -  **$Q_c = 60$  MPa**.

Specifična teža razpokanega apnenca je bila vzeta na podlagi izkušenj za podoben tip kamnine in znaša -  **$\gamma = 26,0$  kN/m<sup>3</sup>**.

Na podlagi danih vrednosti smo nato s programom Roclab izračunali sledeče trdnostno deformacijske parametre za strižno trdnost razpokanega apnenca, uporabili smo postopek izbire kohezije in strižnega kota preko tangente (roza črta) na Hoek-Brown krivuljo (rdeča krivulja). Končne dobljene vrednosti hribine znašajo:

- strižni kot:  **$\phi = 30^\circ$** ,
- kohezija vzdolž razpok  **$c = 0,8963$  MPa**,
- modul elastičnosti hribine je:  **$E_i = 30.500$  MPa**,
- modul elastičnosti hribinske mase pri deformacijskem popuščanju hribine  **$E_d = 1.776,02$  MPa**.

Geomehanski parametri razpokanega apnenca na mestu predvidene izgradnje opornega zidu na začetnem delu trase so podani v tabeli 14. Rezultati hribinskih trdnostnih parametrov razpokanega apnenca na območju novega opornega zidu (Roclab 1.033) so podani na prilogi 5.

	Specifična teža $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Enoosna tlačna trdnost $Q_c$ [MPa]	Geološki trdnostni indeks GSI	Vrednost $m_i$ (apnenec)	Faktor poškodovanosti brežine D
Posplošen Hoek-Brown materialni model za razpokan apnenec	26,0	60	42	12	0,7
Mohr-Coulomb materialni model za strižno trdnost razpokanega apnenca	Strižni kot $\phi$ [°]		Kohezija vzdolž razpok $c$ [MPa]		
	30		1,0		

Tabela 14: Geomehanski parametri razpokanega apnenca na območju novega opornega zidu.

## 10 GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE NA MESTU IZGRADNJE DOMA STAREJŠIH OBČANOV

Območje predvidene izgradnje Doma starejših občanov leži na večinoma izravnanim terenu, na katerem ni vidnih znakov nestabilnosti in je primerno za gradnjo.

Severni del objekta bo večidel temeljen na dobro nosilni podlagi iz apnenca, laporja in peščenega grušča, kar se je pokazalo s sledečimi vrtinami na predvidenem mestu gradnje oziroma v neposredni bližini: V-5, V-6, V 1/18, V 2/18 in V 3/18. Rezultati meritev standardne dinamične penetracije SPT v sledečih vrtinah kažejo, da so tla dobro nosilna in primerna za temeljenje. Ocenjena nosilnost za takšna dobro nosilna tla znaša  $q_f \geq 500 \text{ kPa}$ . Ob privzetem največjem dopustnem posedku 2,0 cm znaša modul reakcije tal  $k = 50.000 - 100.000 \text{ kN/m}^3$ .

Na južnem delu predvidene izgradnje objekta pa se nahajajo slabše nosilna tla. Rezultati meritev dinamičnega deformacijskega modula (Evd) kažejo, da je rjava meljna glina v razkopih SR 1 in SR 2 slabo nosilna. Na območju vrtine V-2 so temelja tla zelo heterogena in slabo nosilna, sestavljena iz slojev gline, peščenega melja in grušča. Rezultati SPT v teh geoloških slojih so slabi. Z vrtino V 4/18, ki smo jo napravili na skrajnem južnem območju, smo dosegli trdno dobro nosilno podlago šele na globini 10,5 m. Višje se nahaja rjava meljna glina s posameznimi kosi apnenca, ki je glede na rezultat SPT slabo nosilna. Ocenjena nosilnost za takšna dobro nosilna tla znaša  $q_f \approx 150 \text{ kPa}$ . Ob privzetem največjem dopustnem posedku 2,0 cm znaša ocenjeni modul reakcije tal  $k \approx 15.000 \text{ kN/m}^3$ .

Glede na različno sestavo temeljnih tal na območju predvidene izgradnje doma starejših občanov, predvsem zaradi dobro nosilne podlage na severnem delu objekta ter slabo nosilnih slojev na južnem delu objekta obstaja nevarnost, da pride ob morebitnih večjih obtežbah, ki so predvidene za temelje objekta do velikih diferenčnih posedkov na njegovem južnem delu.

Glede na dobljene rezultate ugotavljamo, da bo način in globina temeljenja doma za ostarele odvisna predvsem od obtežb samega objekta.

Dokončno projektno odpornost tal  $R_d$  po Eurocode-7 bo možno preveriti šele v fazi PGD/PZI, ko bodo znane dimenzije in obtežbe temeljev. Dokončno odločitev o načinu vgradnje in temeljenja določi odgovorni projektant v fazi PGD/PZI.

## 11 GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE NA MESTU IZGRADNJE VRTCA

Območje predvidene izgradnje vrtca leži na manjšem griču (najvišja višinska točka na obstoječi lokaciji znaša 321,12 m.n.v.). Na predvideni lokaciji in ni vidnih znakov nestabilnosti, območje je primerno za gradnjo.

Glede na izvedene preiskave bo objekt večinoma temeljen na dobro nosilni podlagi iz apnenca, laporja in peščenega grušča, kar se je pokazalo s sledečimi vrtinami na predvidenem mestu gradnje oziroma v neposredni bližini: V-5, V-6 in V 1/18. Rezultati meritev standardne dinamične penetracije SPT v sledečih vrtinah kažejo, da so tla dobro nosilna in primerna za temeljenje. Ocenjena nosilnost za takšna dobro nosilna tla znaša  **$q_f \geq 500 \text{ kPa}$** . Ob privzetem največjem dopustnem posedku 2,0 cm znaša modul reakcije tal  **$k = 50.000 - 100.000 \text{ kN/m}^3$** .

Rezultat meritve dinamičnega deformacijskega modula ( $E_{vd}$ ) v razkopu SR 3 kaže, da je meljast grušč srednje zbit in nosilen. V vrtini V-8 se nahajajo nekoliko slabša tla iz mešanih geoloških slojev glin, meljev in gruščev. Ocenjena nosilnost za takšna srednje nosilna tla znaša  **$q_f \approx 200 \text{ kPa}$** . Ob privzetem največjem dopustnem posedku 2,0 cm znaša modul reakcije tal  **$k \approx 25.000 \text{ kN/m}^3$** .

Glede na razmeroma ugodno sestavo temeljnih tal na območju predvidene vrtca ter zaradi manjših obtežb enonadstropnega objekta na lokaciji ne pričakujemo posebnih težav s temeljenjem vrtca.

Dokončno projektno odpornost tal  $R_d$  po Eurocode-7 bo možno preveriti šele v fazi PGD/PZI, ko bodo znane dimenzije in obtežbe temeljev. Dokončno odločitev o načinu vgradnje in temeljenja določi odgovorni projektant v fazi PGD/PZI.



## **12 GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE NA MESTU IZGRADNJE STANOVANJSKEGA PROGRAMA**

Območje predvidene izgradnje stanovanjskega programa vrtca leži na vzhodnem delu Leše na grebenu Lešek na parcelnih številkah 1442, 1440 ter 1441/1 k.o. Dol pri Hrastniku. Na območju se nahaja fosilni plaz (po Placerju). Na nagnjenem pobočju z povprečnim naklonom  $\alpha \approx 15^\circ$  so na več mestih vidni sledovi posedanja, manjše razpoke na površju ter ostali znaki površinske nestabilnosti. S stabilnostnimi analizami se je pokazalo, da se labilnost pobočja poveča ob močnejših padavinah in razmočenosti zgoraj ležeče zemljine.

Na lokaciji so bile izvedene vrtine V-1, V-4, V-7 ter V 5/18. Na lokaciji vrtine V-1 se nahaja slabo nosilna glina do globine 3,1 m. Na lokaciji vrtine V-4 se nahaja slabo nosilen sloj peščene gline in spodaj ležečega melja do globine 5,5 m. Z vrtino V-7 se je doseglo boljše nosilno podlago iz grušča na globini 2,2 m. Z vrtino V 5/18 pa smo dosegli dobro nosilno podlago iz apnenca na globini 6,5 m. Rezultati meritev standardne dinamične penetracije SPT v sledečih vrtnah kažejo, da so zgornji geološki sloji manj nosilni in primerni za temeljenje.

Zaradi debelejšega sloja preperine in znakov labilnosti je območje na parcelnih številkah 1442, 1440 ter 1441/1 k.o. Dol pri Hrastniku manj primerno za gradnjo stanovanjskih objektov zato gradnjo na tem območju odsvetujemo. Pogojno se lahko izgradi spodnji del stanovanjskih objektov tik ob novi cesti. Pred izgradnjo posameznih objektov na spodnjem delu priporočamo dodatne geološke raziskave pod posameznimi objekti s katerimi se bo natančneje ugotovila geološka sestava ter primernost izgradnje.

### 13 GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE NA MESTU PREDVIDENE OPORNEGA ZIDU

Območje predvidene izgradnje novega opornega zidu brežino sestavlja mestoma kompakten, večidel pa razpokan siv apnenec z več sistemi razpok. Apnenec nad brežino prekriva tanjši do 50 cm debel sloj humusne preperine, na katerem rastejo drevesa in nizke rastline. Obstoječi zid je stabilen, na njem ni vidnih večjih razpok. Z deviacijo ceste je predvidena odstranitev obstoječega zidu, izkop brežine ter izgradnja novega zidu.

Peto novega opornega zidu je potrebno temeljiti na trdni podlagi iz apnenca. Ocenjena nosilnost za takšno plast je  $q_f \approx 1.400 \text{ kPa}$ . V kolikor bi se na koti dna temeljenja še vedno kje nahajala tla slabše kakovosti, bo te pod koto temeljenja potrebno mestoma v celoti odstraniti in jih nadomestiti s slojem pustega betona ali kompaktiranega tampona. Temeljenje bo tako povsod izvedeno v kompaktni podlagi, bodisi neposredno ali pa bodo temelji dosegli podlago preko vmesnega sloja pustega betona ali tampona.

Nad temeljem novega opornega zidu predlagamo izvedbo drenaže z iztokom, ki bo skrbela za učinkovito odvodnjavanje zaledne vode in zmanjšanje pritiskov na sam zid. V podporni zid naj se prav tako vgradi izcednice oziroma barbakane za odvodnjavanje zaledne vode.

Izkop in dela je potrebno izvajati v suhem vremenu. Izkop naj se izvede po kampadah priporočene širine 4,0 metra. V kolikor se tekom izvajanja del ugotovi, da predlagani izkop ne zagotavlja stabilnosti, je potrebno zagotoviti dodatno zaščito. Tehnologijo in način varovanja izkopa je potrebno prilagoditi dejanskim razmeram na terenu.

## **14 GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZMERE NA MESTU PREDVIDENE DEVIACIJE CESTE Z OZNAKO 623821**

Območje predvidene deviacije ceste z oznako 623821 leži na večinoma izravnanim terenu, na katerem ni vidnih znakov nestabilnosti in je primerno za gradnjo. Obstoječa cesta na Lešo je stabilna, mestoma razpokana in rahlo posedena zaradi starosti in dotrajanosti.

Severni del deviacije ceste bo večidel temeljen na dobro nosilni podlagi iz apnenca, laporja in peščenega grušča. Na južnem delu predvidene deviacije ceste pa se nahajajo slabše nosilna tla.

Pred izgradnjo nove ceste predlagamo izkop temeljnih tal do globine vsaj 0,9 m (cona zmrzovanja) ter izvedbo tamponske blazine debeline cca. 80 cm ter 10 cm sloja asfalta. Tamponsko blazino je potrebno uvaljati in utrditi po plasteh. Natančnejšo debelino in sestavo voziščne konstrukcije določi projektant glede na predvideno prometno obremenitev ter na geološke sestavo tal na posameznih mestih deviacije ceste.

## **15 PRILOGE**

Priloga 1: Lokacije izvedenih terenskih preiskav in rezultati kartiranja

Priloga 2: Popisi vrtin OZZING 2001

Priloga 3: Popisi vrtin GEOSTERN 2018

Priloga 4: Slike jeder vrtin GEOSTERN 2018

Priloga 5: Rezultat hribinskih trdnostnih parametrov za razpokan apnenec na območju novega opornega zidu

Priloga 6: Stabilnostne analize na nagnjenem pobočju na parcelnih številkah 1442, 1440 ter 1441/1.

