

## S.1 NASLOVNA STRAN

Številčna oznaka načrta 10. ELABORAT  
in vrsta načrta:

Investitor: Energetika Ljubljana d.o.o.  
Verovškova ulica 62  
Ljubljana, p.p. 2374, SI-1000

Objekt: Sončna elektrarna na parc. št. 1348/12,1351/2, 1352/5 in 840/4,  
vse k.o. Dravljje, MO Ljubljana

Vrsta projektne GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI ELABORAT  
dokumentacije o geološko geomehanskih lastnostih tal na območju izgradnje  
sončne elektrarne v Podutiku, mestna občina Ljubljana

Za gradnjo: *Novogradnja*



Projektant: GeoTrias, družba za geološki inženiring d.o.o.  
Dimičeva 14, 1000 Ljubljana

Odgovorni projektant: Klemen Sotlar, univ.dipl.inž.geol., IZS RG – 0069

KLEMEN SOTLAR  
univ. dipl. inž. geol.  
IZS RG0069

Odgovorni vodja projekta: Marko Prašnikar,



Številka projekta:

Številka načrta, kraj in  
datum izdelave načrta: 077-SK/2024, Ljubljana, december 2024

---

## **VSEBINA**

- 1.0 UVOD
- 2.0 GEOGRAFSKI IN GEOMORFOLOŠKI OPIS OZEMLJA
- 3.0 GEOLOŠKE ZNAČILNOSTI TERENA
  - 3.1 HIDROGEOLOŠKE ZNAČILNOSTI PROSTORA
- 4.0 TERENSKE RAZISKAVE
- 5.0 GEOLOŠKO GEOMEHANSKI POGOJI V TEMELJNIH TLEH
- 6.0 SKLEPI

## **PRILOGA**

FOTODOKUMENTACIJA JAŠKOV

## 1.0 UVOD

Po naročilu Energetika Ljubljana d.o.o., Verovškova 62, Ljubljana smo v decembru 2024 pregledali obravnavano območje v Podutiku, kjer je predvidena gradnja sončne elektrarne na parc. št. 1348/12, 1351/2, 1352/5 in 840/4, vse k.o. Dravlje, MO Ljubljana. Konstrukcija, ki bo nosila sončne panele bo uvijana v zemljino, ca 1,0 m globoko.

Izvedli smo sondiranje terena s tremi raziskovalnimi jaški, globine 2,1 – 2,5 m. Namen raziskav je ugotoviti geološko sestavo terena in njihove geomehanske karakteristike, v območju novogradnje. Talna voda se pojavi na globini ca 1,3 m, kjer opazujemo zaprt vodonosni sloj prod in peska.

Pri izdelavi elaborata smo uporabili podatke inženirsko geološkega kartiranja terena in arhivske podatke ter podatke iz javno dostopnih baz. Območje smo geološko pregledali, za prikaz območja smo uporabili digitalni model reliefa DMR 1x1 m, TTN 5000, DOF\_2014 in OGK, List Kranj.

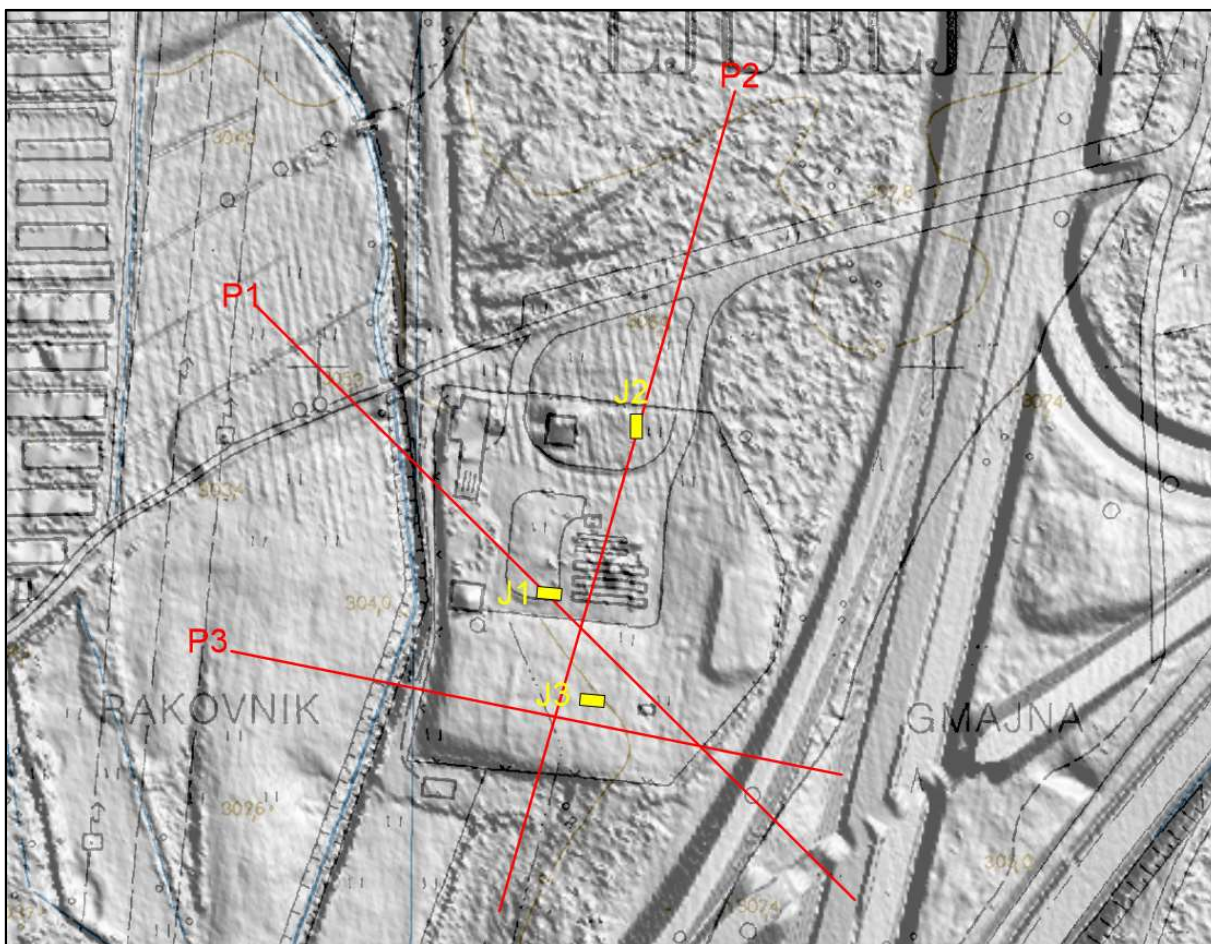


Slika 1: aerofoto posnetek območja (DOF 2014), lokacije sondažnih jaškov in prečnih prereзов. Obdelava v Surfer.

## 2.0 GEOGRAFSKI IN GEOMORFOLOŠKI OPIS OZEMLJA

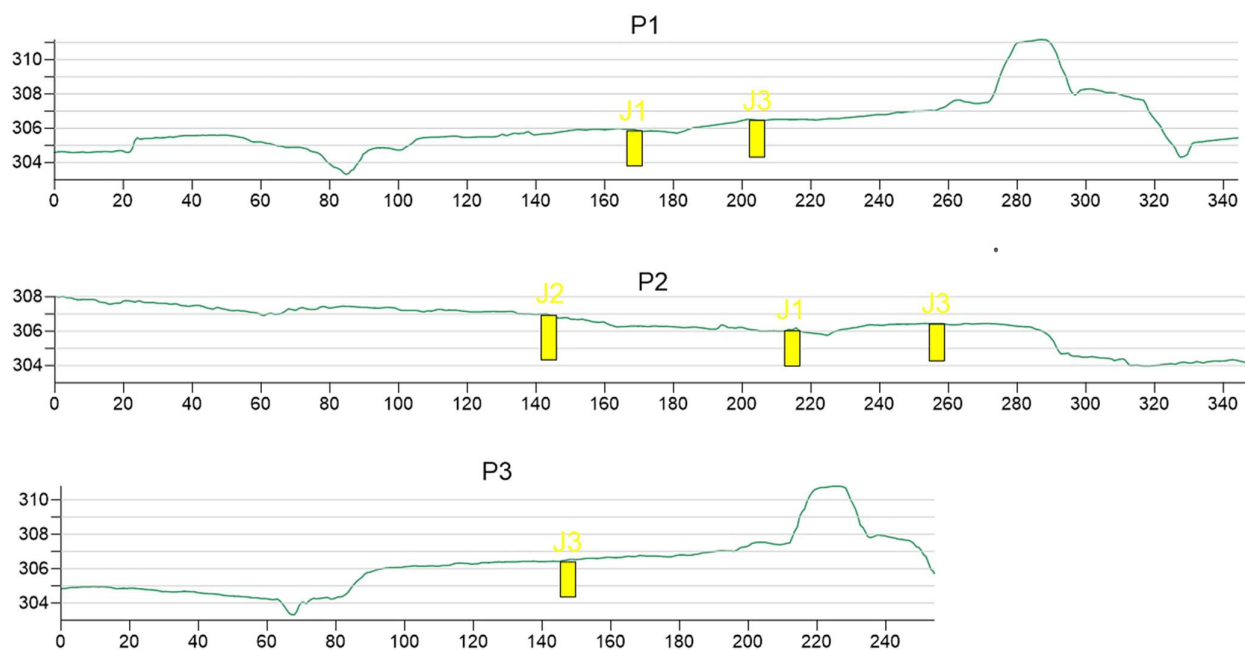
Lokacija se nahaja med Ljubljansko zahodno obvoznico in naseljem Podutik. Območje je ravninsko, delno zamočvirjeno. Zahodno od območja obravnavane se steka Glinščica, vzhodneje, znotraj AC obroča pa potok Pržanec. Območje pripada jezerskim in barskim sedimentom, ki v tem delu segajo najbolj severno od izvora t.j. ljubljanskega barja.

Pogled na Lidar posnetek izkazuje, da je predvsem južni del območja obravnave bil v preteklosti nasipavan, kar potrdimo tudi s prečnimi prerezi. Pozicije prerezov (P1 – P3) so prikazane na slikah.



Slika 2: Lidar, preko TTN 5. lokacije sondažnih jaškov in prečnih prerezov. Obdelava v Surfer.

Prečne prereze prikažemo z poudarjeno višino zaradi boljše preglednosti. Izstopa nasip AC v P1 in P3, oprav tako je vidno nasipavanje v južnem delu območja, oziroma v območju sondažnega jaška J3, kjer izmerimo debelino UN ca 0,7 m.

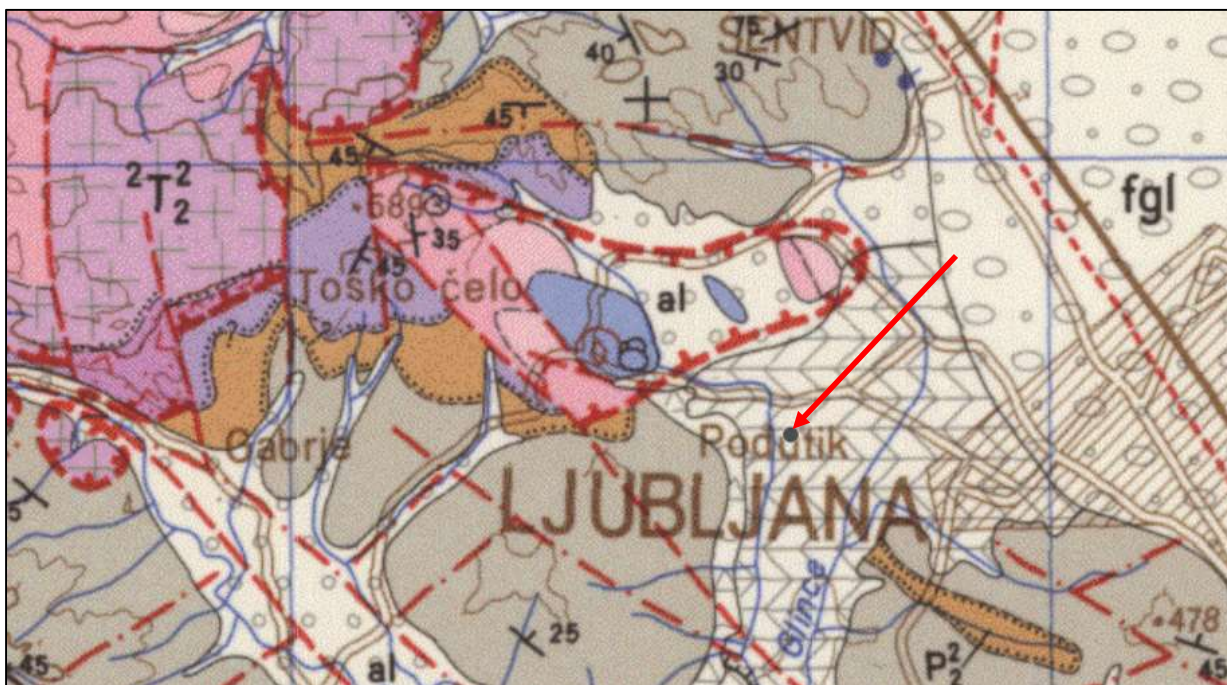


Slika 3: Prečni prerezi preko območja. Višina je 5x povečana. Prerez izdelan iz DMR posnetka (2014) , zato so možna odstopanja. Sondažni jaški so prikazani. V območju J3 je vidno nasipavanje terena. Na terenu je debelina UN ca 0,7 m.

### 3.0 GEOLOŠKE ZNAČILNOSTI TERENA

Obravnavano območje v tektonskem smislu pripada Ljubljanski kotlini, ki zavzema veliko območje vse do Radovljice. Vendar je ta del specifičen, saj ga v geološkem smislu gradijo sedimenti, nastali v času obstoja barja in občasnih ozezeritev. Na meji med pliocenom in pleistocenom je nastala udorina Ljubljanskega barja. Ta je po podatkih vrtin zapolnjena pretežno s pleistocenskimi glinami v debelini okoli 80 m. Na te plasti so se odložile holocenske plasti kamor štejemo tudi jezerske in barske sedimente.

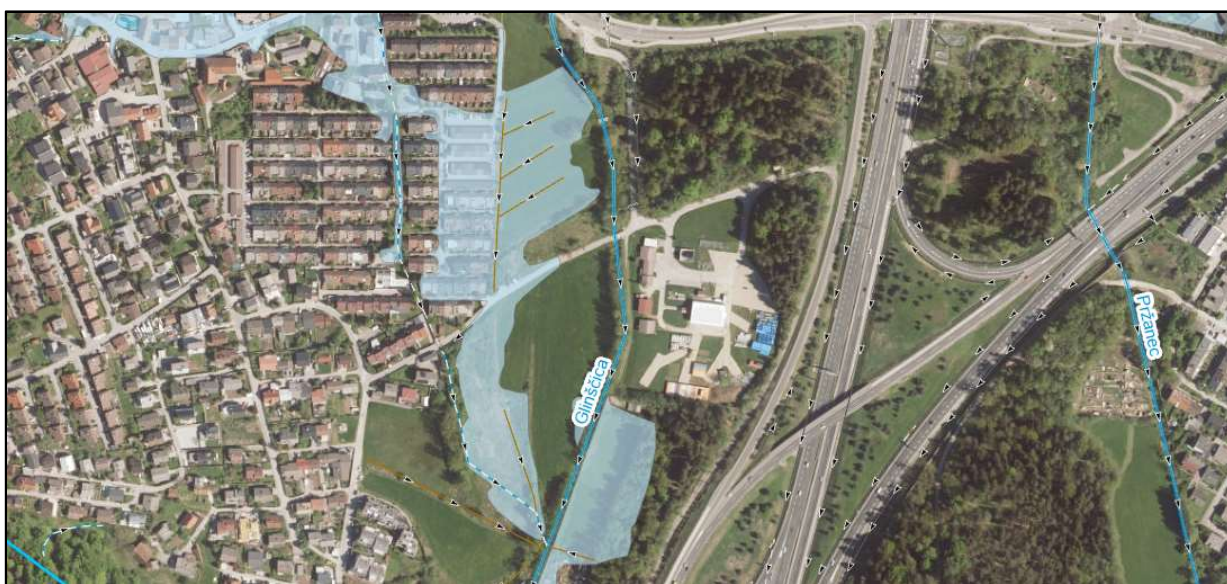
Svojevrstni sedimentni prostor predstavlja jezersko-barjanska sekvenca Ljubljanskega Barja, debela preko 116 m. Plasti leže vodoravno, zato so na površini pretežno holocenski sedimenti. Sedimentacija se je pričela v mindelskem glaciale in je trajala neprekinjeno do stadiala riss II. Nadaljevala se je šele v srednje würmskem interstadiale in je trajala še ves holocen (Šerclj, 1965,1967). Od spodaj navzgor si sledijo dm in m plasti prodnega peska, pasovite gline, prod, gline s školjkami, polži in haracejami ter vložki peska, prod in pesek z vložki gline, polžarica, jezerska kreda, glina, šota in humus



Slika 4: izsek iz OGK, list Kranj (ni v merilu). Obravnavana lokacija je označena

### 3.1 HIDROGEOLOŠKE ZNAČILNOSTI PROSTORA

Po javno dostopnih podatkih ARSO atlasa okolja obravnavana lokacija leži znotraj območja z vodovarstvenim režimom VVO3. Hidrografska mreža je dobro razvejana. Celotno območje odvodnjava Glinščica s pritoki. Po javno dostopnih podatkih, obravnavana lokacija ne leži na poplavnem območju Gradaščice. Razlivanja v okolici, ki jih prikažemo z integralno karto globin (iKG 100) so prikazana na Sliki 5 ne presežejo globin 0,5 m pri 100letnih vodah



Slika 5: Prikaz iKG 100 območja obravnave. Razlivanja v okolici ne presežejo globin e 0,5 m.

Z sondažami smo določili zaprt vodonosnik t.j. prodno peščen sloj, debeline ca 0,6 m iz katerega se izceja talna voda. Vodonosnik je zaprtega tipa, kar pomeni, da je omejen tako navzgor kot tudi navzdol. Talna voda je lahko pod pritiskom. Na obravnavanem območju nastopajo zemljine in kamnine, ki jih v hidrogeološkem smislu okarakteriziramo kot:

- **Zameljeni grušči in prodi [UN]** s tipično medzrnsko poroznostjo. Koeficient vodoprepustnosti teh materialov je  $5 \times 10^{-5}$  do  $1 \times 10^{-6}$  m/s.
- **Meljno peščene gline [MI -CI]** s tipično medzrnsko poroznostjo. Koeficient vodoprepustnosti teh materialov je  $1 \times 10^{-7}$  do  $1 \times 10^{-9}$  m/s.
- **Zameljene prodno peščene plasti [GM - GC]** s tipično medzrnsko poroznostjo. Koeficient vodoprepustnosti teh materialov je r.v.  $1 \times 10^{-5}$  do  $5 \times 10^{-6}$  m/s
- **Meljne - mastne gline [CI -CH]** s tipično medzrnsko poroznostjo. Koeficient vodoprepustnosti teh materialov je  $< 1 \times 10^{-9}$  m/s.

#### 4.0 TERENSKÉ RAZISKAVE

Na območju predvidene gradnje sončne elektrarne smo teren preiskali s tremi sondažnimi jaški globin 2,1 do 2,5 m. Talna voda se pojav na globin 1,3 m, iz prodno peščenega sloja, ki predstavlja zaprt vodonosnik. Lokacija jaškov je prikazana na sliki 1.

##### Sondažni jašek J-1:

- 0,0 – 0,3 m humus
- 0,3 – 1,2 m [MI-CI] meljno peščena glina, rdečkasto rjave barve, težkognetne - poltrdne konsistence ( $q_u = 200$  KPa)
- 1,2 – 1,8 m [GM - GC] prod in pesek, delno zameljen do zaglinjen, sivo-rjave barve. Voda se izceja na globini 1,3 m, srednje gosti
- 1,8 – 2,1 m [CI - CH] rjava – siva meljna do mastna glina, poltrdne konsistence

##### Voda na 1,3 m

##### Sondažni jašek J-2:

- 0,0 – 0,3 m humus
- 0,3 – 1,2 m [ML-CL] meljno peščena glina z vtrošniki proda, rdečkasto rjave barve, težkognetne – poltrdne konsistence ( $q_u = 210$  KPa)
- 1,0 – 1,6 m [GM - GC] prod in pesek, delno zameljen do zaglinjen, sive barve. Voda se izceja na globini 1,3 m, srednje gosti
- 1,6 – 2,5 m [CI - CH] rjava – siva meljna do mastna glina, težkognetne konsistence ( $q_u = 180$  - 200 KPa)

##### Vode ni!

### Sondažni jašek J-3:

- 0,0 – 0,7 m [UN] humus + umetni nasip (prodno peščene zemljine - zameljene + gradbeni odpadki, rjave barve)
- 0,7 – 0,9 m [ML-CL] peščeno meljna glina z organskimi ostanki (korenine), nekoč površinski sloj, črno – sivo – rjave barve, židke – lahkognetne konsistence ( $q_u = 5 - 30$  KPa,  $E_v = 5$  MPa)
- 0,9 – 1,3 m [ML-CL] meljno peščena glina z drobcami kamnin težko gnetne konsistence
- 1,3 – 1,9 m [GM - GC] prod in pesek, delno zameljen do zaglinjen, pretežno rjave barve. Voda se izceja na globini 1,3 m, srednje gosti
- 1,9 – 2,1 m [Cl - CH] rjava – siva meljna do mastna glina, poltrdne konsistence

### Voda na 1,3 m

## 5.0 GEOLOŠKO GEOMEHANSKI POGOJI V TEMELJNIH TLEH

Konstrukcija, ki bo nosila sončne panele bo uvijana v zemljino, ca 1,0 m globoko. Zahtev

Laboratorijskih raziskav nismo izvajali zato geomehanske karakteristike zemljin podajamo na podlagi izkušenj, ki smo jih pridobili z raziskavami v ekvivalentnih geoloških pogojih. Glede na pričakovano geološko sestavo tal podajamo razpredelnico z AC klasifikacijo tipov zemljin, ki jih pričakujemo v temeljnih tleh:

### Umetni nasip (UN)

Prostorninska teža – suha	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Strižna trdnost	$\phi [^\circ] = 30^\circ$
Modul stisljivosti	$M_s = 30 \text{ MPa}$
Koeficient prepustnosti r.v.	$k = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

### Meljno peščena glina (MI – CI)

Prostorninska teža – suha	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Strižna trdnost	$\phi [^\circ] = 22^\circ - 28^\circ$
Modul stisljivosti	$M_s = 5 - 10 \text{ MPa pri } (q_u = 200 \text{ KPa})$ $M_s = 0,5 - 2 \text{ MPa pri } (q_u = 5 - 30 \text{ KPa})$
Koeficient prepustnosti r.v.	$k = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

### Prodi zameljeni – zaglinjeni (GM-GC)

Prostorninska teža – suha	$\gamma = 19,0 - 21,0 \text{ kN/m}^3$
Strižna trdnost	$\phi [^\circ] = 30^\circ - 33^\circ$
Modul stisljivosti	$M_s = 15 - 30 \text{ MPa pri srednjem gostotnem stanju}$
Koeficient prepustnosti r.v.	$k = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

### **Meljna do mastna glina (CI - CH)**

Prostorninska teža – suha

$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$

Strižna trdnost

$\phi [^\circ] = 20^\circ - 26^\circ$

Modul stisljivosti

$M_s = 5 - 10 \text{ MPa}$  pri ( $q_u = 180 - 200 \text{ kPa}$ )

Koeficient prepustnosti r.v.

$k = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$

	<b>NEKOHERENTNE ZEMLJINE (peski, prodi)</b>			
	<b>Gostotno stanje</b>	<b><math>\phi [^\circ]</math></b>	<b>Modul stisljivosti <math>M_v</math> [kPa]</b>	
<b>N</b>			<b>drobni in srednji pesek</b>	<b>debeli pesek in p gramoz</b>
< 4	zelo rahlo	< 28,4		
4 – 10	rahlo	28,4 – 30,3	< 7.500	< 15.000
10 – 30	srednje gosto	30,3 – 36,2	7.500 – 15.000	15.000 – 30.000
30 – 50	gosto	36,2 – 40,9	15.000 – 30.000	30.000 – 60.000
> 50	zelo gosto	> 40,9	> 30.000	> 60.000
	<b>KOHERENTNE ZEMLJINE (gline, melji)</b>			
<b>N</b>	<b>Konsistenčno stanje (terzaghi-peč)</b>	<b><math>q_u</math> [kPa]</b>	<b>Modul stisljivosti <math>M_v</math> [kPa]</b>	
< 2	židko	< 25	< 500	
2 – 4	lahko gnetno	25 – 50	500 – 2.000	
4 – 8	srednje gnetno	50 – 100	2.000 – 5.000	
8 – 15	težko gnetno	100 – 200	5.000 – 10.000	
15 – 30	poltrdno	200 – 400	10.000 – 20.000	
> 30	trdno	> 400	> 20.000	

## **6.0 SKLEPI**

Od naročnika smo pridobili podatek, da bo konstrukcija, ki bo nosila sončne panele, uvijana v zemljinu, ca 1,0 m globoko. Tehnologije ne poznamo, prav tako ne poznamo gostote, oziroma načina vijačenja.

Zato v poročilu podajmo karakteristike zemljin, ki gradijo obravnavano območje, katere smo pridobili v jaških z meritvami enoosne tlačne trdnosti, oziroma z oceno gostotnega stanja nekoherentnega sloja. V kolikor bo sidranje v tla segalo do 1,0 m globine, lahko ugotovimo, da sidra ne bodo dosegala vodonosnega sloja, oziroma bodo vpeta v meljno peščene gline, v južnem delu pa pretežno v umetni nasip, pod katerim je razmočen sloj glin zaradi vpliva vode ki pronica preko UN na stik. Sloj je sicer debel le 0,2 m, vendar v njem merimo  $q_u = 5 - 30 \text{ kPa}$ , kar pomeni, da je modul stisljivosti razmeroma nizek

Ljubljana, 6.12.2024

Obdelal:

Klemen SOTLAR, univ.dipl.inž.geol.

---

## **FOTODOKUMENTACIJA**

**J1**



**J2**



J3

