

**E1****NASLOVNA STRAN Z OSNOVNIMI  
PODATKI O ELABORATU****ELABORAT IN ŠTEVILČNA OZNAKA:**

Geomehansko poročilo z dimenzioniranjem voziščne konstrukcije,  
GM-242/2016

**INVESTITOR:**

Občina Brežice, Cesta prvih borcev 18, 8250 Brežice

**OBJEKT:**

Obnova ceste v naselju Čatež ob Savi z dograditvijo pločnika za pešce - 1. in  
2. faza

**VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE:**

Izvedbeni načrt

**ZA GRADNJO:**

Rekonstrukcija

**IZDELOVALEC ELABORATA:**

Jernej REMIC, mag. inž. grad.

**PROJEKTANT:**

BLAN d.o.o., Aškerčeva ulica 50, 3330 Mozirje

**ODGOVORNI PROJEKTANT:**

Dr. Andrej BLAŽIČ, univ. dipl. inž. rud. in geotehnol., RG-0119

**ODGOVORNI VODJA PROJEKTA:**

Grega DOBERLET, inž. grad., G-1874

**ŠTEVILKA, KRAJ IN DATUM IZDELAVE ELABORATA:**

GM-242/2016, Mozirje, november 2016

## **S. SPLOŠNI DEL**

## **S.1 KAZALO**

---

**S.1.1 Kazalo vsebina poročila**

|   |    |
|---|----|
| S. SPLOŠNI DEL.....   | 2  |
| S.1 KAZALO .....  | 3  |
| S.1.1 Kazalo vsebina poročila .....                                   | 4  |
| S.1.2 Kazalo slik.....  | 5  |
| S.1.3 Kazalo risb .....   | 5  |
| T. TEHNIČNI DEL.....  | 6  |
| T.1 SPLOŠNO.....  | 7  |
| T.1.1 Obstoječe stanje .....  | 7  |
| T.2 TERENSKÉ PREISKAVE.....   | 8  |
| T.2.1 Lokacije in število raziskav .....                              | 8  |
| T.2.2 Dinamični penetrometer (DPM) .....                              | 8  |
| T.3 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI OPISI.....                                   | 8  |
| T.3.1 Geološke in hidrogeološke osnove .....                          | 8  |
| T.3.2 Podzemna in meteorna voda .....                                 | 9  |
| T.4 POGOJI ZA PROJEKTIRANJE IN GRADNJO.....                           | 10 |
| T.4.1 Nosilnost temeljnih tal .....                                   | 10 |
| T.4.2 Vrsta in uporabnost zemeljskih materialov .....                 | 10 |
| T.4.3 Nakloni izkopov in nasipov brežin, kategorije izkopov .....     | 11 |
| T.4.4 Karakteristike materialov v temeljnih tleh.....                 | 11 |
| T.5 IZVEDBA ZIDOV .....   | 12 |
| T.5.1 Globina temeljenja.....   | 12 |
| T.5.2 Temeljenje in izvedba zidov .....                               | 12 |
| T.6 DIMENZIONIRANJE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE .....                       | 13 |
| T.6.1 Tipi voziščne konstrukcije .....                                | 13 |
| T.6.2 Projektni podatki za dimenzioniranje voziščne konstrukcije..... | 13 |
| T.6.2.1 Temeljna tla in nosilnost po postopku CBR .....               | 13 |
| T.6.2.2 Prometna obremenitev .....                                    | 13 |
| T.6.2.3 Klimatski in hidrološki pogoji .....                          | 13 |
| T.6.3 Dimenzioniranje voziščne konstrukcije .....                     | 14 |
| T.6.3.1 Predlog izvedbe vozišča.....                                  | 14 |
| T.6.4 Kakovost materialov .....                                       | 15 |
| T.6.5 Kontrola in kvaliteta vgrajenih materialov .....                | 15 |

---

|   |    |
|---|----|
| T.6.5.1 Opombe pri vgradnji kamnite posteljice.....                         | 16 |
| R.1 REZULTATI MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM - Pagani DPM 30-20 .....   | 17 |
| R.1.1 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom – Pagani DPM 30-20: DPM 1 ..... | 18 |
| R.1.2 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom – Pagani DPM 30-20: DPM 2 ..... | 19 |
| R.1.3 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom – Pagani DPM 30-20: DPM 3 ..... | 20 |
| R.2 MERILNA OPREMA IN INTERPRETACIJA REZULTATOV MERITEV .....               | 21 |
| R.2.1 Dinamični penetrometer Pagani DPM 30-20 .....                         | 22 |
| R.2.2 Primer interpretacije rezultatov .....                                | 23 |
| G.RISBE.....  | 25 |

### **S.1.2 Kazalo slik**

|  |    |
|--|----|
| Slika 1: Območje trase .....                   | 7  |
| Slika 2: Geološka karta območja.....           | 9  |
| Slika 3: Dinamični penetrometer DPM 30-20..... | 22 |

### **S.1.3 Kazalo risb**

|  |  |
|--|--|
| Risba G.1: Pregledna situacija izvedenih raziskav  |  |
| Risba G.2: Geotehnični profili na območju raziskav |  |

## **T. TEHNIČNI DEL**

## T.1 SPLOŠNO

Naročnik geomehanskega poročila z dimenzioniranjem voziščne konstrukcije želi na območju trase pridobiti osnovne informacije za izdelavo voziščne konstrukcije ceste in pločnika ter spremljajočih cestnih objektov v naselju Čatež ob Savi.

Osnova za izdelavo tega poročila je terenska prospekcija območja, izvedene terenske raziskave, geodetski posnetek terena, razpoložljiva geološka literatura, interpretacija pridobljenih podatkov ter standard TSC.



Slika 1: Območje trase

### T.1.1 Obstoječe stanje

Večji del trase se nahaja na terenu z večjimi in manjšimi nakloni, ki pa ne ogrožajo stabilnosti ceste. Ker se cesta nahaja v naselju, se na celotnem območju trase na obeh straneh ceste nahajajo stanovanjski ali gospodarski objekti in podporni ali oporni zidovi. Na določenih delih se nahaja pločnik, vendar ne ustreza standardom ali pa je poškodovan.

## **T.2 TERENSKÉ PREISKAVE**

### **T.2.1 Lokacije in število raziskav**

Geološko sestavo in mehanske lastnosti tal smo z dinamičnim penetrometrom DPM 30-20. Lokacije meritev z dinamičnim penetrometrom so bile zasnovane glede na potek trase, lokacijo objektov in komunalnih vodov, konfiguracijo terena, relief ter dostopnost.

Skupaj so bile izvedene 3 meritve z dinamičnim penetrometrom.

### **T.2.2 Dinamični penetrometer (DPM)**

Geološko sestavo in mehanske lastnosti smo ugotavljali z meritvami z dinamičnim penetrometrom Pagani DPM 30-20.

Izvedba penetracijskega sondiranja terena nam omogoča pridobiti informacije o odpornostnih karakteristikah materialov, določitvi slojev glede na odpornost in določitvi kompaktnejše podlage. V našem primeru smo meritve izvajali do globine trdne oziroma kompaktnejše podlage.

Rezultati meritev z dinamičnim penetrometrom DPM 30-20 so prikazani v poglavju R.1. Merilna oprema in interpretacija rezultatov z dinamičnim penetrometrom je prikazana v poglavju R.2.

## **T.3 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI OPISI**

### **T.3.1 Geološke in hidrogeološke osnove**

#### Širše območje:

Občina Brežice je del Posavja, ki se nahaja na skrajnem jugovzhodnem obrobju Alp. Tu njihovi hriboviti odrastki tonejo pod terciarne sedimente Panonske kotline. Za to območje je značilna pestra kamninska zgradba s hitrim menjavanjem višjih gozdnatih hribovij iz starejših, zlasti mezozojskih kamnin, drobno razčlenjenih gričevij iz oligocenskih, miocenskih in pliocenskih sedimentov ter ravnin iz pleistocenskih in holocenskih sedimentov.

Širše obravnavano območje pripada Krško-Brežiški kotlini, to je ravnina na obeh straneh reke Save, katero omejujejo na severu Bizeljsko gričevje, na jugu Gorjanci, na zahodu pa Krško



gričevje ter Krakovski gozd. Občino posledično delimo na severni vzpeti del, nato na Krško-Brežiško kotlino in na jugu na Gorjance.

#### Območje trase:

Območje naselja Čatež ob Savi geološko spada pod južni del občine, saj na tem delu relief z ravninskega dela preide v severovzhodne gričevnate odrastke Gorjancev, ki se strmo dvigujejo nad dolino Save. Tod prevladujejo predvsem karbonatne kamnine, kar se kaže v kraškem značaju površja. V spodnjem delu se nahajajo triasni apnenci in dolomiti, katere pa prekrivajo miocenski karbonati. Te zastopajo peščenjaki, apnenci, apneni in glineni laporji ( $2M_2^2$ ).

#### Hidrogeološke značilnosti:

V hidrogeološkem smislu je mogoče obravnavati prode, peske, grušče,... kot dobro prepustne, gline in melje kot slabo prepustne, medtem, ko apnence, dolomite, peščenjake, konglomerate, laporje... kot zelo omejeno prepustne oziroma praktično neprepustne kamnine.



**Slika 2: Geološka karta območja**

(vir: osnovna geološka karta in tolmač listov Zagreb)

### **T.3.2 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 sondiranja nismo zaznali talne vode.

Na obravnavani lokaciji 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 plasteh nad nepropustno podlago so plasti melja in gline, posledično je lokalno dreniranje zagotovljeno.

Materiali so primerni za ponikanje vode in izdelavo morebitnih ponikovalnikov. Ponikanje je zagotovljeno na globini sloja melja in gline, ki se nahaja neposredno pod plastjo humusne preperine. Na območju trase naj se upošteva vodoprepustnost za melje in gline  $k = 10^{-5}$  m/s.

## T.4 POGOJI ZA PROJEKTIRANJE IN GRADNJO

### T.4.1 Nosilnost temeljnih tal

Za potrebe dimenzioniranja voziščne konstrukcije smo izvedli preračun količnika CBR s pomočjo korelacije z modulom elastičnosti E, ki smo ga določili iz raziskav z dinamičnim penetrometrom (DPM).

| Meritev | Globina<br>(m) | E ≈<br>(MPa) | CBR ≈<br>(%) | Sloj                  |
|---------|----------------|--------------|--------------|-----------------------|
| DPM 1   | 0,0 – 0,9      | 8,0          | 3,5          | Melj, glina           |
| DPM 1   | 0,9 – 1,4      | 15,0         | 7,0          | Melj, glina z gruščem |
| DPM 2   | 0,0 – 0,6      | 10,0         | 4,0          | Melj, glina           |
| DPM 2   | 0,6 – 1,0      | 15,0         | 7,0          | Melj, glina z gruščem |
| DPM 3   | 0,0 – 1,1      | 10,0         | 4,0          | Melj, glina           |
| DPM 3   | 1,1 - 1,5      | 15,0         | 7,0          | Melj, glina z gruščem |

Glede na rezultate meritev bomo pri dimenzioniranju voziščne konstrukcije upoštevali najnižjo vrednost CBR = 3,5 %.

### T.4.2 Vrsta in uporabnost zemeljskih materialov

Za nasipanje pod temelji lahko (najmanj do globine zmrzovanja) uporabimo nekoherentne zemljine kot so dobro granulirani materiali prod, gruča, gramoza in ostalega tamponskega

nasutja (največ 5-8% finih delcev do 0,063 mm). To so materiali, ki so odporni na zmrzovanje. Za nasipanje pod temelji do globine zmrzovanja pa ne moremo uporabiti koherentnih zemljin kot so gline, melji,... To so materiali, ki niso odporni na zmrzovanje.

#### **T.4.3 Nakloni izkopov in nasipov brežin, kategorije izkopov**

Začasne izkope je potrebno v zemljinah izvajati v razmerju največ 1:1.5 oziroma pod kotom 34° in jih zaščititi pred erozijskimi procesi, v nasprotnem primeru je potrebno bolj strme izkope varovati. Pri izvajanju izkopov v kamninah so lahko nakloni večji, vendar je potrebno kamnino ustrezno očistiti in zavarovati pred erozijskimi procesi.

Trajne naklone izkopanih brežin je potrebno v zemljinah izvajati v razmerju največ 1:2 oziroma pod kotom 26°. Nasipe je potrebno izvajati v razmerju največ 1:2.5 oziroma pod kotom 22°.

Pričakovane zemljine in hribine pri izvajanju zemeljskih del:

##### **Melj, glina:**

To sta svetlo rjava do siva melj ter glina z vložki grušča.

Pričakovana kategorija izkopa: III. (vezljiva in nevezljiva zrnata zemljina)

##### **Peščenjak:**

Peščenjak je sedimentna kamnina, sestavljena iz drobnih zrn peska, zlepljenih med seboj z vezivom iz raztopljenih mineralov, najpogosteje kremenice ali kalcijevega karbonata. Zdrobljena kamnina je lahko zameljena.

Pričakovana kategorija izkopa: IV. (zdrobljena kamnina) in V. (trda kamnina)

#### **T.4.4 Karakteristike materialov v temeljnih tleh**

Pri stabilnostnih, statičnih,... izračunih naj se upošteva karakteristike materiala, ki je prisoten. Karakteristike materiala in debeline slojev od točke do točke varirajo. Mehanske ter fizikalne lastnosti materiala in globine posameznih slojev na območju meritev so prikazani v poglavju R.1, kjer so prikazani rezultati meritev z dinamičnim penetrometrom.

Pri projektiranju naj se upošteva naslednje vrednosti materialnih parametrov:

| Sloj                                      | Kohezija<br>(kPa) | Strižni kot<br>(°) | Prostorninska<br>teža<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|---|-------------------|--------------------|---|
| Melj, glina                               | 2 - 3             | 22 - 23            | 19  |
| Melj, glina z gruščem                     | 4                 | 30                 | 20  |
| peščenjak (kompaktnost z globino narašča) | 10                | 35                 | 23  |

## T.5 IZVEDBA ZIDOV

### T.5.1 Globina temeljenja

Pri globini temeljenja sta merodajna 2 pogoja:

1: Dno temeljev ali tamponskega nasutja moramo na območju, kjer je možnost zmrzovanja zemljine pod njimi, izvesti na globini minimalno 75-80 cm, merjeno z nivoja terena, kolikor na tem področju znaša globina zmrzovanja.

2: Dno temeljev je potrebno izvesti na takšni globini, da dosežemo zadostno nosilnost temeljnih tal in posledično stabilnost objekta. Z vidika geomehanskega poročila se lahko nosilnost pod temelji preračuna, ko bodo znani geometrijski podatki in reakcije sil na zidove.

Zidove je potrebno statično in stabilnostno preračunati!

### T.5.2 Temeljenje in izvedba zidov

Zidove je potrebno temeljiti na trdni podlagi (peščenjak), v nasprotnem primeru je potrebno temeljno podlago dodatno stabilizirati (tamponsko nasutje,...). Trdna podlaga se sprva pojavi kot zdrobljena in zameljena kamnina, katere kompaktnost z globino narašča.

V fazi temeljenja najprej izvedemo izkop do predvidene globine temeljenja (upoštevati je potrebno pogoja iz poglavja T.5.1), po končanem izkopu temeljno podlago ustrezno izravnamo in očistimo. Na tako pripravljeno temeljno podlago za izravnavo izdelamo stabilno betonsko podlago - podložni beton, na katerega nato začnemo graditi zid.

Na zaledni strani zidu je potrebno izdelati ustrezno odvodnjavanje talnih in površinskih vod. To storimo tako, da na zaledni strani zidu po celotni višini izvedemo drenažni zasip. Od tod se talna voda izteka v vzporedno drenažno cev, ki naj bo položena na dnu zaledne strani zidu. Nad drenažnim zasipom naj se izdelata kanal ali mulda za odvajanje površinskih vod. Odvod površinskih in talnih vod mora biti speljan v odtok meteornih vod ali na nižjeležeče območje, ki ni erozijsko ogroženo. V primeru opornih konstrukcij lahko za odvodnjavanje talnih vod izdelamo tudi barbakane.

## **T.6 DIMENZIONIRANJE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE**

### **T.6.1 Tipi voziščne konstrukcije**

Voziščno konstrukcijo smo dimenzionirali za naslednja dva tipa:

- Rekonstrukcija lokalne ceste,
- pločnik za pešce.

### **T.6.2 Projektni podatki za dimenzioniranje voziščne konstrukcije**

#### ***T.6.2.1 Temeljna tla in nosilnost po postopku CBR***

Na območju trase se v temeljnih tleh nahajajo melji in gline, pri katerih z globino narašča vsebnost grušča, nato pa ti sloji preidejo v kompaktnejšo kamnino (peščenjak). Globina na kateri se pojavijo grušči niha, zato smo za dimenzioniranje privzeli sloj melja in gline.

Voziščna konstrukcija se dimenzionira na nosilnost temeljnih tal  $CBR = 3,5 \%$  (melj, glina).

#### ***T.6.2.2 Prometna obremenitev***

Na obravnavanem območju ni bilo izvedenega štetja prometa, zato smo obremenitve predpostavili glede na praktične vidike in izkušnje za tip lokalne ceste. Tako smo za lokalno cesto izbrali lahko prometno obremenitev.

#### ***T.6.2.3 Klimatski in hidrološki pogoji***

Maksimalna globina prodiranja mraza na tem območju znaša  $\approx 75-80$  cm (povzeto po karti globin prodiranja mraza na področju Republike Slovenije).

Pri projektiranju privzamemo, da bodo hidrološki pogoji po ureditvi voziščne konstrukcije ugodni, saj bo urejeno ustrezno odvodnjavanje. Material pod voziščno konstrukcijo bomo obravnavali kot neodporen proti učinkom zmrzovanja in odtajevanja, saj se bodo pod voziščno konstrukcijo do globine zmrzovanja nahajali gline in melji.

Potrebna debelina voziščne konstrukcije znaša najmanj 70 % globine prodiranja mraza, kar znaša  $h_{\min} \approx 56$  cm.

### **T.6.3 Dimenzioniranje voziščne konstrukcije**

Dimenzioniranje smo izvedli na podlagi geološko-geotehničnih pogojev in izbrane prometne obremenitve.

Dimenzioniranje voziščne konstrukcije je izvedeno skladno s Tehničnimi specifikacijami za javne ceste Republike Slovenije, publikacijo izdala Direkcija Republike Slovenije za ceste, TSC 06.520 : 2009, PROJEKTIRANJE DIMENZIONIRANJE NOVIH ASFALTNIH VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ.

#### ***T.6.3.1 Predlog izvedbe vozišča***

Za obravnavano traso smo izbrali lahko prometno obremenitev.

Zaradi zagotovitve zmrzlinke odpornosti voziščne konstrukcije in izboljšave nosilnosti temeljnih predvidevamo vgradnjo najmanj 40 cm debele plasti zmrzlinke odpornega kamnitega materiala. Z vgradnjo te plasti povečamo nosilnost temeljnih tal iz CBR = 3,5 % na vrednost CBR > 10 % ter zadostimo pogoju globine zmrzovanja.

Predvidene plasti nove voziščne konstrukcije:

#### **Lokalna cesta**

- |   |       |
|---|-------|
| - Vgradnja ločilnega geotekstila (natezna trdnost min. 12 kN/m)                           |       |
| - Zmrzlinke odporen kamniti material - posteljica<br>(prodec ali kamniti drobljenec D125) | 40 cm |
| - Nevezana nosilna plast kamnitega drobljenca D32   | 25 cm |
| - Nosilna plast bituminizirane zmesi AC 22 base B50/70, A4                                | 6 cm  |
| - Obrabna plast bituminizirane zmesi AC 11 surf B70/100, A4                               | 4 cm  |

Pogoj zmrzljinske odpornosti:

$h_{dej} = 75 \text{ cm} \geq h_{min} = 56 \text{ cm}$                       pogoj je izpolnjen

### **Pločnik**

- Vgradnja ločilnega geotekstila (natezna trdnost min. 12 kN/m)
- Zmrzljinsko odporen kamniti material - posteljica  
(prodec ali kamniti drobljenec D125) 40 cm
- Nevezana nosilna plast kamnitega drobljenca D32 25 cm
- Obrabna plast bituminizirane zmesi AC 11 surf B70/100, A5 5 cm

Pogoj zmrzljinske odpornosti:

$h_{dej} = 70 \text{ cm} \geq h_{min} = 56 \text{ cm}$                       pogoj je izpolnjen

### **T.6.4 Kakovost materialov**

Kakovost vgrajenih materialov mora ustrezati zahtevam, opredeljenih v:

- TSC 06.100: 2003 Kamnita posteljica in povozni plato
- TSC 06.200: 2003 Nevezane nosilne in obrabne plasti
- TSC 06.300/06.410: 2009 Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti
- TSC 06.330: 2003 Vezane spodnje nosilne plasti z bitumenskimi vezivi
- TSC 06.416: 2003 Vezane asfaltne obrabne in zaporne plasti tankoplastne prevleke
- TSC 06.720: 2003 Meritve in preiskave
- SIST EN 13108, 1-8: 2003 Bitumenske zmesi - Specifikacije materialov - 1. do 8. del
- SIST 1038, 1-8: 2006 Bituminizirane zmesi – Specifikacije materialov - 1. do 8. del
- SIST EN 13043: 2002 Agregati za bituminizirane zmesi in površinske prevleke za ceste, letališča in druge prometne površine
- SIST 1035: Bitumen in bitumenska veziva

### **T.6.5 Kontrola in kvaliteta vgrajenih materialov**

1. Za kamnito posteljico se vgradi zmrzljinsko odporen kamniti material (prodec ali kamniti drobljenec D125). Zgoščenost v kamnito posteljico vgrajene zmesi zrn mora znašati v povprečju najmanj 98% glede na največjo gostoto zmesi zrn po modificiranem postopku po Proctorju. Spodnja mejna vrednost zgoščenosti lahko od povprečja odstopa

- največ 3%. Na planumu kamnite posteljice mora biti zagotovljena nosilnost  $CBR > 10 \%$  oziroma  $E_{vd} > 40 \text{ MPa}$ ,  $E_{v2} > 80 \text{ MPa}$ .
2. Za nevezano nosilno plast se vgradi kamniti drobljenec D32. Zgoščenost v nevezano nosilno plast vgrajene zmesi zrn mora znašati v povprečju najmanj 98% glede na največjo gostoto zmesi zrn po modificiranem postopku po Proctorju. Spodnja mejna vrednost zgoščenosti lahko od povprečja odstopa največ 3%. Na planumu nevezane nosilne plasti mora biti zagotovljena nosilnost  $E_{vd} > 45 \text{ MPa}$ ,  $E_{v2} > 100 \text{ MPa}$ .
  3. Kvaliteta vgrajenih asfaltnih slojev naj ustreza standardu TSC 06.416 : 2003 za obrabne sloje in TSC 06.330 : 2003 za spodnje nosilne sloje.
  4. Pri izvedbi zmrzlinško odporne kamnite posteljice in nevezane nosilne plasti je obvezna prisotnost geotehničnega (ali gradbenega) nadzora in tekoča izvedba kontrolnih meritev (dinamični deformacijski modul  $E_{vd}$ ).

#### ***T.6.5.1 Opombe pri vgradnji kamnite posteljice***

V primeru, da geomehanski ali gradbeni nadzor ugotovita, da je določeni izkopani kamniti material iz obstoječe lokalne ceste ustrezen za ponovno vgradnjo, se lahko ta material ponovno vgradi v novo voziščno konstrukcijo kot plast zmrzlinško odpornega kamnitega materiala – posteljice. V tem primeru je potrebno izkopani kamniti material prepeljati na začasno deponijo, ga ustrezno presejati in nato ponovno vgraditi. Pri tem je potrebno paziti, da material za ponovno vgradnjo ne vsebuje več kot 5% (vgrajen 8%) finih delcev do 0,063 mm.



## **R.1 REZULTATI MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM - Pagani DPM 30-20**

**R.1.1 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom – Pagani DPM 30-20: DPM 1**

Meritev: DPM 1

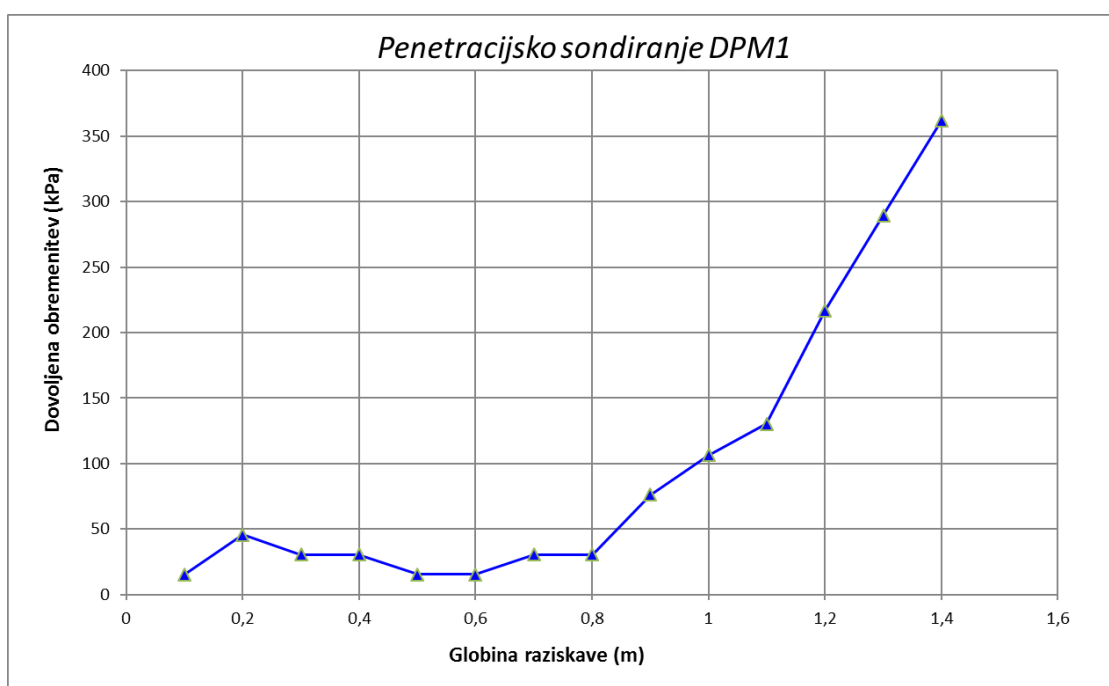
Globina meritve: 1,4 m

**Popis:**

do globine 0,9 m - melj, glina

do globine 1,4 m - melj, glina z gruščem

od globine 1,4 m - peščenjak (kompaktnost z globino narašča)



|                               |            |             |        |
|-------------------------------|------------|-------------|--------|
| Globina (m)                   | 0,0 – 0,9  | 0,9 – 1,4   | 1,4    |
| c (kPa)                       | 2          | 4           | 10     |
| $\varphi$ (°)                 | 22,0°      | 30,0°       | 35,0°  |
| $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 19         | 20          | 23     |
| E (MPa)                       | 5,0 – 10,0 | 10,0 – 20,0 | > 20,0 |

## Legenda:

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| c -         | kohezija           |
| $\varphi$ - | strižni kot        |
| $\gamma$ -  | prostorninska teža |
| E -         | modul elastičnosti |

Talna voda ni bila zaznana.

**R.1.2 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom – Pagani DPM 30-20: DPM 2**

Meritev: DPM 2

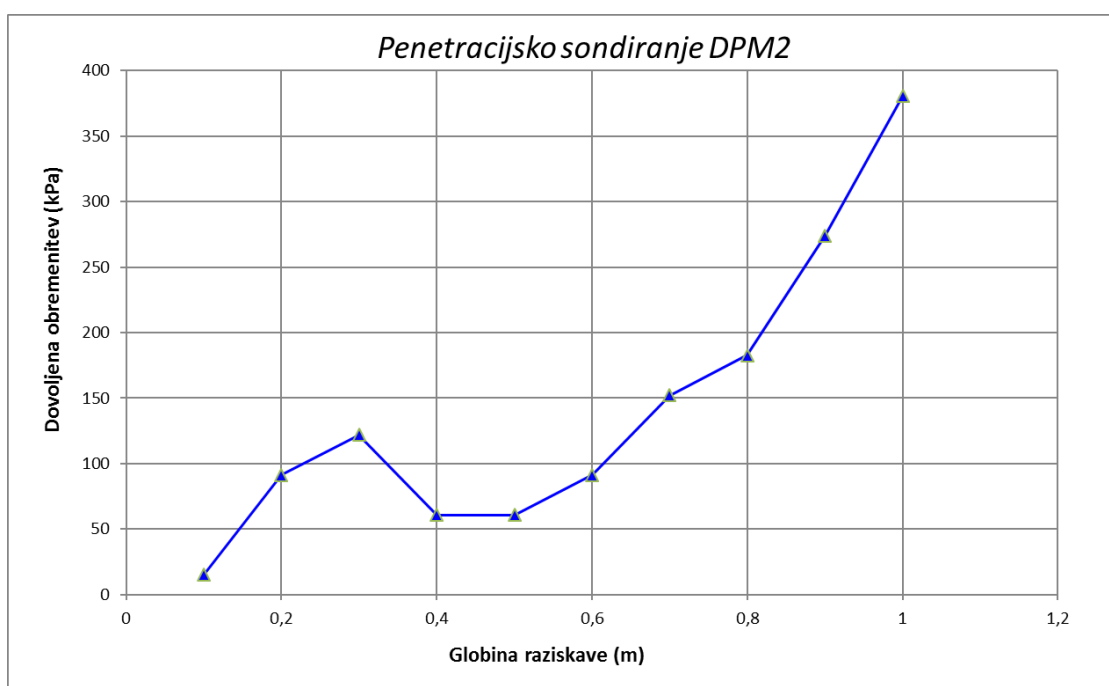
Globina meritve: 1,0 m

**Popis:**

do globine 0,6 m - melj, glina

do globine 1,0 m - melj, glina z gruščem

od globine 1,0 m - peščenjak (kompaktnost z globino narašča)



|                               |            |             |        |
|-------------------------------|------------|-------------|--------|
| Globina (m)                   | 0,0 – 0,6  | 0,6 – 1,0   | 1,0    |
| c (kPa)                       | 3          | 4           | 10     |
| $\varphi$ (°)                 | 23,0°      | 30,0°       | 35,0°  |
| $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 19         | 20          | 23     |
| E (MPa)                       | 5,0 – 10,0 | 10,0 – 20,0 | > 20,0 |

## Legenda:

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| c -         | kohezija           |
| $\varphi$ - | strižni kot        |
| $\gamma$ -  | prostorninska teža |
| E -         | modul elastičnosti |

Talna voda ni bila zaznana.

**R.1.3 Sondiranje z dinamičnim penetrometrom – Pagani DPM 30-20: DPM 3**

Meritev: DPM 3

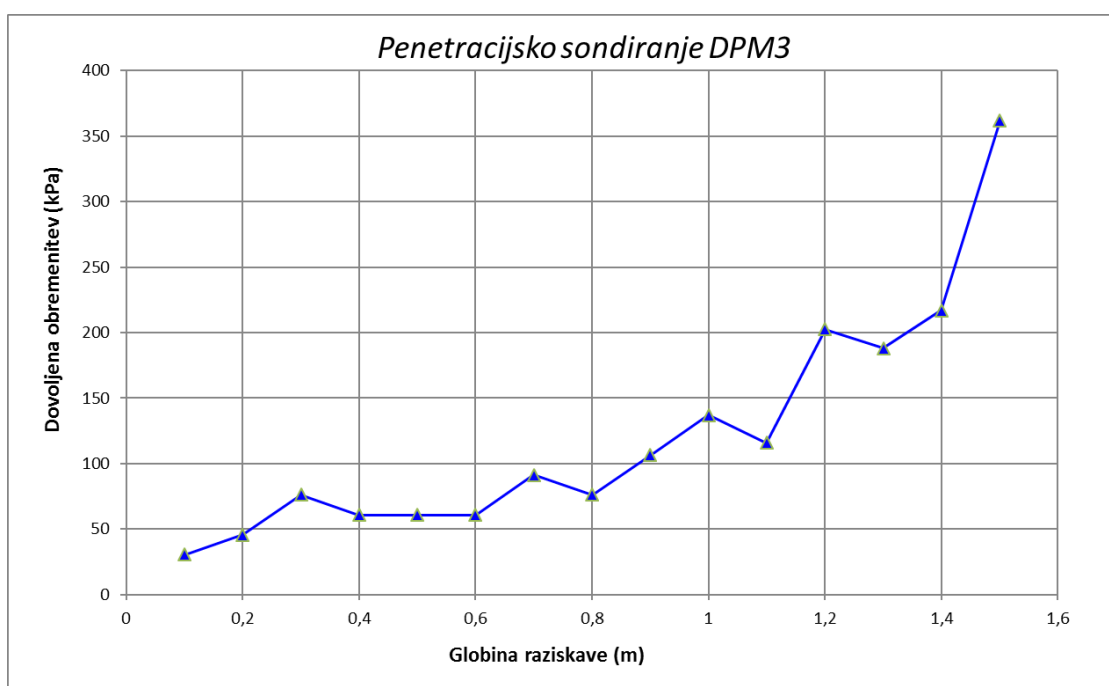
Globina meritve: 1,5 m

**Popis:**

do globine 1,1 m - melj, glina

do globine 1,5 m - melj, glina z gruščem

od globine 1,5 m - peščenjak (kompaktnost z globino narašča)



|                               |            |             |        |
|-------------------------------|------------|-------------|--------|
| Globina (m)                   | 0,0 – 1,1  | 0,9 – 1,5   | 1,5    |
| c (kPa)                       | 3          | 4           | 10     |
| $\varphi$ (°)                 | 23,0°      | 30,0°       | 35,0°  |
| $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 19         | 20          | 23     |
| E (MPa)                       | 5,0 – 10,0 | 10,0 – 20,0 | > 20,0 |

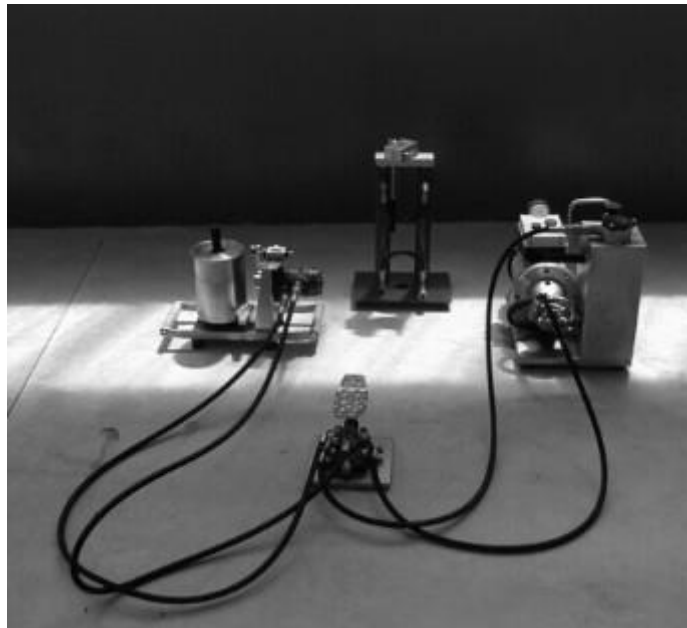
## Legenda:

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| c -         | kohezija           |
| $\varphi$ - | strižni kot        |
| $\gamma$ -  | prostorninska teža |
| E -         | modul elastičnosti |

Talna voda ni bila zaznana.

## **R.2 MERILNA OPREMA IN INTERPRETACIJA REZULTATOV MERITEV**

### R.2.1 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.2.2 Primer interpretacije rezultatov

Opomba: Prikazan je primer interpretacije podatkov!

Odpornost tal:

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

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

kjer je:

R      odpornost tal (kPa)

m      masa kladiva (kg)

H      višina spusta kladiva (cm)

A      površina konice (cm<sup>2</sup>)

e=1/n

n      število udarcev na 10 cm







P      teža droga (kg)

Pp      teža ogrodja kladiva (kg)

Vrednosti parametrov je bila izračunana indirektno s pomočjo Hoek-Brownove klasifikacije:

Odpornost tal je bila privzeta = 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  |   |   |  |           |
| <br>INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities | <br>BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets | <br>VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets | <br>BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity | <br>DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces | <br>LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes |           |
|   |   |   |   |   |  | 90        |
|   |   |   |   |   |  | 80        |
|   |   |   |   |   |  | 70        |
|   |   |   |   |   |  | 60        |
|   |   |   |   |   |  | 50        |
|   |   |   |   |   |  | 40        |
|   |   |   |   |   |  | 30        |
|   |   |   |   |   |  | 20        |
|   |   |   |   |   |  | 10        |
|   |   |   |   |   |  | N/A       |
|   |   |   |   |   |  | N/A       |

mi = 3 (claystones 4±2)

Disturbance factor (D) = 0

Na podlagi tega so bili izračunani Hoek-Brownovi kriteriji:

Hoek-Brown Criterion

mb = 0.121

s = 4.54e-5

a = 0.585

---

kateri so bili pretvorjeni na:

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.003 MPa

friction angle = 22.50 deg

Modul stisljivosti je bil določen 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))

$f_i' = p_0$  enačbi iz  $N$  (kvadratna enačba)



**G.RISBE**