

GEOTEHNIČNO POROČILO

o izvršenih raziskavah na lokaciji OBALA V PODALJŠKU VEZA 11

Naročnik: LUKA KOPER d.d.
Vojkovo nabrežje 38
6000 KOPER

Objekt: OBALA V PODALJŠKU VEZA 11

Lokacija: LUKA KOPER, BAZEN II

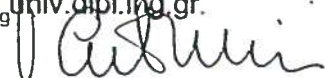
Poročilo št.: 1704/2004

Obdelali: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
SLP d.o.o. Ljubljana,
Sergej Venturini

Ljubljana, 18.junij 2004

i-n-i d.o.o.
Podjetje za geotehnični & gradbeni inženiring
Bravničarjeva 20. Ljubljana

Direktor:
Sergej Venturini,
univ. dipl. ing. gr.



VSEBINA POROČILA

UVOD

a/ TERENSKE RAZISKAVE

1.0 Sondažna dela

1.1 Sondažno vrtanje

1.2 Standardne dinamične penetracije (SPT)

2.0 Terenska krilna sonda

? ni pilotirana

3.0 Preiskava z dilatometrom

4.0 Preiskava s presiometrom

5.0 Preiskava CPT, CPTU

b/ LABORATORIJSKE RAZISKAVE

c/ REZULTATI PREISKAV – sestava in kvaliteta temeljnih tal

d/ GRAFIČNE PRILOGE

- 1 Situacija sond
- 2 Geotehnični profil P-1
- 3 Geotehnični profil P-2
- 4 Geotehnični profil P-3
- 5 Geotehnični profil P-4
- 6 Geotehnični profil P-5
- 7 Geotehnični profil P-6
- 8 Geotehnični profil P-7

UVOD

Geotehnične raziskave, ki smo jih izvedli v območju podaljšanja obale na vezu 11 v Luki Koper, so bile detaljno definirane in obrazložene v »Programu geotehničnih raziskav na območju obale za generalne tovore v podaljšku veza 11 v bazenu II« (Izdelala Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo – Katedra za mehaniko tal z laboratorijem, št. poročila 068-1-03, dne 25.4.2003)

V zgoraj navedenem programu so bile predvidene geotehnične raziskave na terenu in nato tudi v laboratoriju. Raziskave na terenu so obsegale: sondažna dela (sondažno vrtanje, izvajanje poizkusov standardne dinamične penetracije), preiskavo strižne trdnosti zemljin s terensko krilno sondo, preiskave z dilatometrom, preiskave zemljin s presionetrom in raziskave s statičnim penetrometrom, ki je vključeval tudi merjenje pomih tlakov.

Laboratorijske raziskave so obsegale določitev leznih mej, preiskavo strižnih karakteristik v direktnem strižnem aparatu in v triosnem aparatu, ter določitev modulov stisljivosti in vodoprepustnosti v edometriškem aparatu.

Terenska dela so se pričela s sondažnim vrtanjem dne 22. aprila 2004. Vrtine z oznako P-1 do P-5 so segale v prodno gruščnati sloj za približno 5,0 m, kar pomeni, da so bile globoke med 32 in 35 metri. Vrtine z oznako F-1 do F-6 so segale v flišno podalgo tudi za 5,0 m. Te sonde so bile globoke med 53 in 55 metri.

V času terenskih del je prišlo do naslednjih sprememb:

- vrtina z oznako F-4 je bila globoka le 39,0 m, namesto nje je bila določena dodatna vrtina F-7 globine 54 m,
- Vrtina F-5 je zaradi nedostopnosti mikrolokacije odpadla, jo je pa nadomestila vrtina T-4, ki je bila v neposredni bližini sonde F-5 izvrtana leta 1999.

Vse ostale vrtine in tudi vse sonde so bile izvršene po programu.

Sondažno vrtanje in ostala pripadajoča dela je izvajala ekipa podjetja Geodrill d.o.o. Maribor z vrtalno garnituro Soil mec 304.

Preiskave s terensko krilno sondo je na štirih lokacijah izvajalo podjetje I-N-I d.o.o. s krilno sondo GEONOR A/SH-350.

Štiri preiskave z dilatometrom in tri preiskave s presiometrom je izvedla Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo iz Ljubljane.

Na treh lokacijah so bile izvršene preiskave s statičnim penetrometrom. Poleg merjenja odpora pod konico in odpora ob plašču sonde so bile izvršene tudi meritve pomih tlakov. Z isto opremo so bili izvršeni tudi disipacijski testi. Vsa navedena merjenja je izvajala ekipa podjetja SLP d.o.o. iz Ljubljane.

Laboratorijske preiskave vzorcev mehkih glin in meljev so bile izvršene v geomehanskem laboratoriju Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, ter v laboratoriju za mehaniko zemljin podjetja Geoinženiring d.o.o. Ljubljana.

Vse izvršene raziskave so podane v naslednjih poglavjih tega poročila.

a/ TERENSKE RAZISKAVE

1.0 Sondažna dela

1.0 SONDAŽNA DELA

1.1 Sondažno vrтанje

V programu raziskovalni del je bilo predvideno vrтанje skupno devetih vrtin na kopnem (vrtine P-1 do P-5 in F-1 do F-4), ter vrтанje dveh vrtin F-5 in F-6 na morju. Dejansko smo na kopnem izvedli deset vrtin, skupne globine 429,0 m in na morju eno vrtino globine 23,0 m. Vrtina F-4 je bila zaradi objektivnih vzrokov globoka le 39,0 m, čeprav bi morala biti uvrтана v flišno podlago. Namesto te globoke vrtine smo po navodilu nadzora (dr. Janko Logar) izvedli dodatno globoko vrtino F-7, locirano na mestu sond CPTU-2 in KSC-2.

Vrtino z oznako F-5 smo opustili, saj so bile v njeni neposredni bližini leta 1999 izvrtane tri vrtine (T-4, T-2 in T-7). V tem poročilu smo privzeli vrtino T-4.

Vsa sondažna dela smo izvedli z vrtalno garnituro Soil mec 304. Rotacijsko vrтанje je potekalo na suho, s kontinuirnim jedrovanjem, le v vrtini F-1 smo v flišu poizkušali z vrтанjem z izplako. Zaradi slabega rezultata tega načina vrтанja, smo vse ostale vrtine vrtali »na suho«. V vseh vrtinah smo pridobili 100% jedro. Vrтанje v mehkih morskih sedimentih smo v vseh vrtinah izvajali pod zaščito cevni oblog. Cevitev vrtin v kompaktni flišni podlagi ni bila potrebna in je tudi nismo izvajali. V vseh vrtinah smo uporabljali jedrnike premera 113 mm (globina nad 30,0 m) do 143 mm (globina od 0 do 8,0 m).

Lokacije vrtin so razvidne iz priložene situacije, sestava izvrtanih tal pa iz geotehničnih profilov posameznih vrtin, ter iz razvitih geotehničnih profilov – grafične priloge 2 do 8.

Lokacije in geodetske posnetke ustij vrtin nam je posredovala geodetska služba Luke Koper.

Ob vrтанju smo v vseh vrtinah v sloju kohezivnih zemljin jemali neporušene vzorce teh materialov. V programu terenskih raziskav je bilo predvideno, da se neporušeni vzorci mekljno glinastih zemljin jemljejo na vsake 3 m, dejansko pa smo v vsaki vrtini odvzeli po tri do štiri take vzorce. V vseh enajstih vrtinah (na kopnem in na morju) smo tako odvzeli skupno 37 vzorcev.

Iz preperete in tudi kompaktne flišne podlage smo ob popisu jedra vrtin odvzeli več porušeni vzorcev laporja in peščenjaka, a so bili ti zaradi prevelike zdobljenosti za laboratorijske preiskave nepismeni.

V nadaljevanju te točke prilagamo situacijo sondažnih vrtin opremljeno s koordinatami in višinski-mi kotami posameznih sond, ter nato še profile izvrtanih vrtin.

1.2 Standardne dinamične penetracije (N) in penetrabilnost (P)

Naravno gostoto, oziroma zbitost materialov, ki se nahajajo na prehodu mehkih morskih naplavin v prepereli del hribinske podlage, smo na terenu ugotavljali preko poizkusov standardne dinamične penetracije (SPT).

V trdni flišni podlagi smo merili trdnost hribine z metodo poizkusov penetrabilnosti ($P = 60 \text{ udarcev} / \dots \text{ cm}$).

V vseh enajstih vrtinah smo izvedli skupno 38 poizkusov standardne dinamične penetracije in penetrabilnosti.

Rezultati preiskave SPT so v geotehničnih profilih vrtin označeni s števkami N (število udarcev penetracijske sonde za standardni ugrez za 30,5 cm). Te rezultate je potrebno še reducirati glede na efektivno vertikalno napetost v tleh (CN), glede na dolžino drogovja (λ), glede na prenešeno energijo bata (k_{60}) in glede na izvedbo testa κ . (uporaba konice).

Vrednosti SPT raziskav v gruščnatih materialih kažejo, da so ti materiali zelo gosti, saj so vrednosti penetracije presegle $N > 50$ udarcev/čvelj.

Rezultati te priskave so podani v tabeli na naslednjih straneh:

GABRIELIAN BATTALINO

01/4775 343

TO JE VSE KAR JE V POROČILU
OKROG KRILNE SONDE

2.0 Terenska krilna sonda

2.0 Terenska krilna sonda (vane test)

Izvršene so bile štiri terenske krilne sonde (vane tes). Te so v situaciji označene s KSC-1, KSC-2, KSD-1 in KSD-2. Meritve smo izvajali v dneh med 7.5.in 10.5.2004 s sondo znamke GEONOR A/SH 350 in s pomočjo hidravličnega vtiskanja krilne sonde v zemljino (statični penetrometer Pagani TG 63/100).

V vseh štirih sondah smo merili naravno strižno trdnost in njeno rezidualno vrednost. Pri merjenju v lahko do srednje gnetnih zelo stisljivih meljih (MH) in visokoplastičnih glinah (CH) smo uporabljali sondo z dimenzijami krilc 55 x 110 mm. Meritve strižne trdnosti smo izvajali na vsaka 2,0 m globine, s tem, da je bila prva meritev v globini 6,0, oziroma 7,0 m, zadnja pa v globini 26,0, oziroma 27,0 m.

Rezultati meritev so podani v obliki diagramov $d - \tau$, prikazanih na naslednjih straneh.

PREISKAVA STRIŽNE TRDNOSTI S KRILNO SONDO (vane test) K

Zacvičeno m	Globina preiskave m	Talna voda m	Globina vrtine m	VIZUELNA AC KLASIFIKACIJA		STRIŽNA TRDNOST kPa (grafčni prikaz)													
				Oznaka	Opis zemljine	Simbol	τ prvotni = $f(z)$	$\mu = f(z)$	τ ponovni = $f(z)$	$w = f(z)$									
	6,0																		
	8,0																		
	10,0																		
	12,0																		
	14,0																		
	16,0																		
	18,0																		
	20,0																		
	22,0																		
	24,0																		
	26,0																		
	28,0																		

μ v kPa/cm
 w v %

i-n-i d.o.o. Bravničarjeva 20, LJUBLJANA

Oznaka sonde: **KSC-1**

Investitor: LUKA KOPER d.d.
 Objekt: VEZ 11
 Obdelal: S. Venturini
 Poročilo št.: 1704/2004

Dimenzije sonde: 55 x 110 mm
 Abs. kota terena: 2,64 m
 Kota talne vode: 1,50 m
 Datum: maj 2004
 Priloga:

PREISKAVA STRIŽNE TRDNOSTI S KRILNO SONDO (vane test) K

Zacevjevano m	Globina preiskave m	Talna voda m	Globina vrtilne m	VIZUELNA AC KLASIFIKACIJA		STRIŽNA TRDNOST kPa (grafični prikaz)				
				Oznaka	Opis zemljine	Simbol	σ prvotni = f(z)	μ = f(z)	σ ponovni = f(z)	w = f(z)
							σ kPa	20	30	40
	7,0									
	9,0									
	11,0									
	13,0									
	15,0									
	17,0									
	19,0									
	21,0									
	23,0									
	25,0									
	27,0									

μ v kPa/cm
 w v %

i-n-i d.o.o. Bravničarjeva 20, LJUBLJANA

Investitor: LUKA KOPER d.d.
 Objekt: VEZ 11
 Obdelal: S. Venturini
 Poročilo št.: 1704/2004

Oznaka sonde: **KSC-2**

Dimenzije sonde: 55 x 110 mm
 Abs. kota terena: 2,56 m
 Kota talne vode: 1,45 m
 Datum: maj 2004
 Priloga:

PREISKAVA STRIŽNE TRDNOSTI S KRILNO SONDO (vane test) K

Zacevljena m	Globina preiskave m	Talna voda m	Globina vrtine m	VIZUELNA ΔC KLASIFIKACIJA		STRIŽNA TRDNOST kPa (grafični prikaz)				
				Oznaka	Opis zemljine	Simbol	τ prvotni = $f(z)$	$\mu = f(z)$	τ ponovni = $f(z)$	$w = f(z)$
							τ kPa	20	30	40
	6,0									
	8,0									
	10,0									
	12,0									
	14,0									
	16,0									
	18,0									
	20,0									
	22,0									
	24,0									
	26,0									
	28,0									

μ v kPa/cm
 w v %

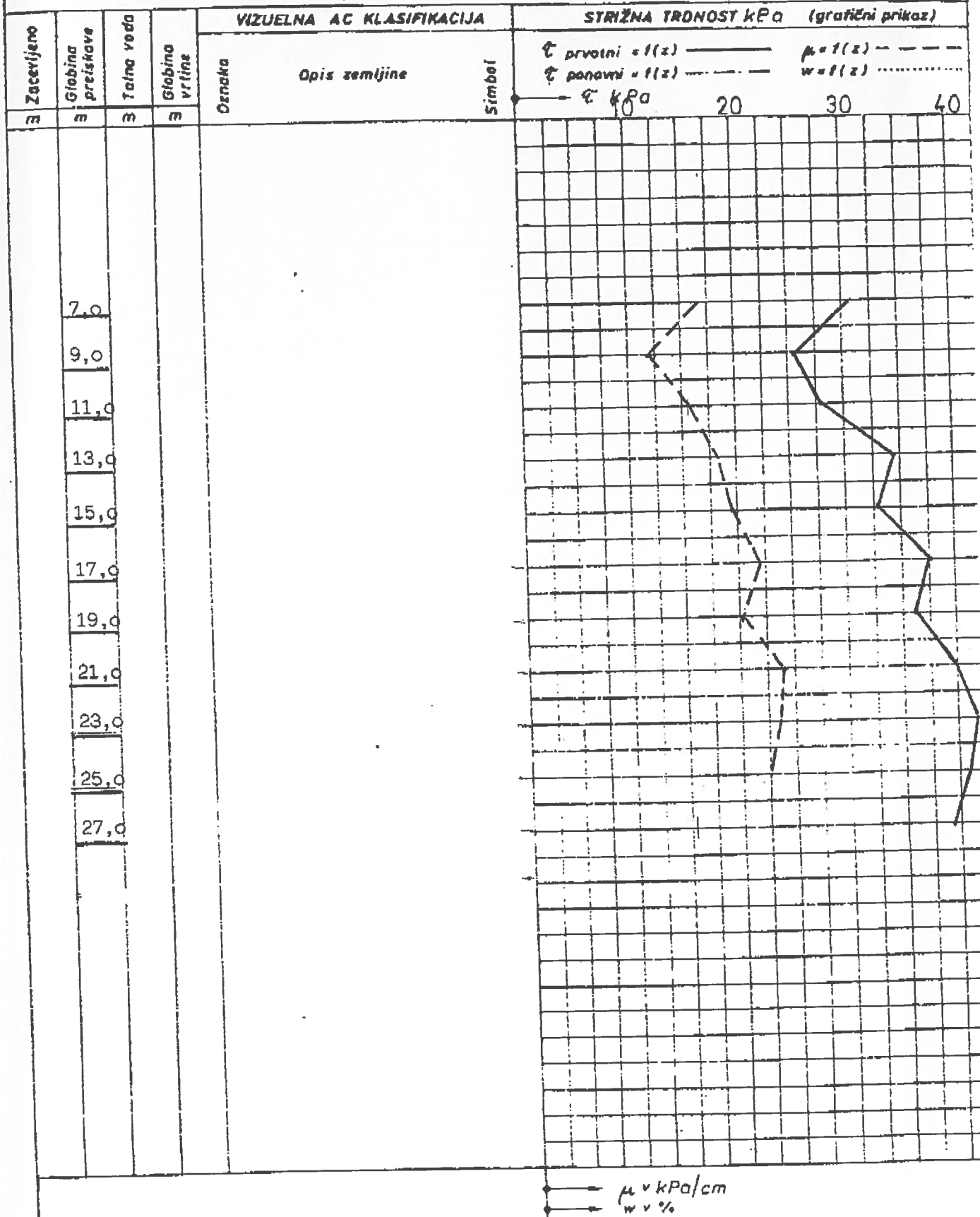
i-n-i d.o.o. Bravničarjeva 20, LJUBLJANA

Investitor: LUKA KOPER d.d.
 Objekt: VEZ 11
 Obdelal: S. Venturini
 Poročilo št.: 1704/2004

Oznaka sonde: **KSD-1**

Dimenzije sonde: 55 x 110 mm
 Abs. kota terena: 3,18 m
 Kota talne vode: 2,20 m
 Datum: maj 2004
 Priloga:

PREISKAVA STRIŽNE TRDNOSTI S KRILNO SONDO (vane test) K



i-n-i d.o.o. Bravničarjeva 20, LJUBLJANA

Investitor: LUKA KOPER d.d.
 Objekt: VEZ 11
 Obdelal: S. Venturini
 Poročilo št.: 1704/2004

Oznaka sonde: **KSD-2**

Dimenzije sonde: 55 x 110 mm
 Abs. kota terena: 3,23 m
 Kota talne vode: 2,15 m
 Datum: maj 2004
 Priloga:

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo

Katedra za mehaniko tal z
laboratorijem

Jamova c. 2, p.p. 3422
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon 01 4768 500
faks 01 4250 681
e-mail bmajes@fgg.uni-lj.si



POROČILO O PREISKAVAH TAL Z DILATOMETROM NA LOKACIJI

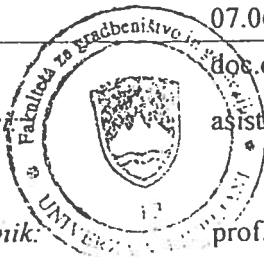
Luka Koper, obala v podaljšku veza 11, 2. bazen

Naročnik:	I-N-I, d.o.o. (Sergej Venturini, univ. dipl. inž. gradb.)
Delovni nalog:	03-DMT-04

Številka poročila:	116-1-04
Datum:	07.06. 2004

Obdelal:	doc. dr. Janko Logar, univ. dipl. inž. gradb.
Sodelavec:	asist. Alenka Robas, univ. dipl. inž. gradb.

Predstojnik:	prof. dr. Bojan Majes, univ. dipl. inž. gradb.
--------------	--



1.0 Uvod

Po naročilu I-N-I d.o.o. iz Ljubljane smo od 5.5.2004 do 7.5.2004 na lokaciji predvidene nove obale v podaljšku veza 11 bazena- 2 v Luki Koper izvedli štiri sonde z dilatometrom.

Globine izvedenih sond so razvidne s spodnje preglednice, njihova situacija pa je prikazana na prilogi 1. Sonde so bile izvedene do globine, ko je bilo mogoče merilno sondo dilatometra še vtisniti v tla, to je najverjetneje do prodnega sloja.

Preglednica 1: Globine izvedenih dilatometriških preiskav

Sonda	Kota terena	globina
DMT 1	3,18 m	29,2 m
DMT 2	3,23 m	28,4 m
DMT 3	3,43 m	28,6 m
DMT 4	3,32 m	28,2 m
Skupaj		114,4 m

Dilatometriško sondo smo vtiskovali v tla s pomočjo penetrometra Pagani, s katerim razpolaga I-N-I d.o.o. .

2.0 OPIS PREISKAVE

Opis preiskave z dilatometrom in način vrednotenja rezultatov je podan v dodatku. Preiskava je hitra, kontinuirna (izvaja se na vsakih 20 cm globine) terenska preiskava, ki temelji na merjenju tlakov v tleh pri značilnih (standardiziranih) deformacijah membrane na sondi. Sonda med meritvijo v tleh miruje. Najpomembnejši rezultati interpretacije meritev so: modul stisljivosti in nedrenirana strižna trdnost ter v peskih konzervativna ocena strižnega kota, kar je tudi najpomembnejše za konkretno problematiko na testirani lokaciji. Vrednotijo se še drugi parametri, kar je opisano v dodatku.

Preiskave izvajamo in vrednotimo po priporočilih ISSMGE, tehničnega komiteja 16 za terenske preiskave iz leta 2001.

Rezultat je tudi klasifikacija zemljin na posameznih globinah. Pri tem je potrebno pojasniti, da gre za posredno klasifikacijo preko merjenih mehanskih lastnosti. Zato so možna in celo pričakovana odstopanja od vizualne ali laboratorijske klasifikacije preiskovanih zemljin.

3.0 REZULTATI PREISKAV

Dilatometriške meritve smo izvajali od 05. do 07. maja 2004 na lokacijah, prikazanih na prilogi 1.

Rezultati so prikazani na prilogah z grafi interpretiranih mehanskih lastnosti zemljin ter s preglednico merjenih in interpretiranih vrednosti (priloge 2 do 27). Interpretacija

poteka s programsko opremo proizvajalca dilatometra. Osnovne principe in uporabljene enačbe podajamo v dodatku.

Tla so pretežno mehka. Na vrhu najdemo 4 do 5 m debelo nasutje, do globine ca 12 m sledijo meljno peščene zemljine, pod njimi pa skoraj vse do končne globine zelo stisljive gline. Le najgloblje meritve pokažejo, da je sonda zopet naletela na peščeno prodna tla.

Vse štiri sonde dajo zelo podobne rezultate. Do globine 12 m, ko se med glineno meljnimi sloji pojavljajo tudi sloji peska, se rezultati posameznih sond nekoliko bolj razlikujejo, v mehkem glinenem sloju pod tem pa so lastnosti tal na vseh lokacijah zelo podobne, nekoliko odstopa le sonda DMT-1, ki daje nekoliko nižjo nedrenirano strižno trdnost.

Nivo talne vode smo smiselno izbrali glede na podatke iz vrtin, gladino morja in na osnovi C odčitkov na globini 3,0 m pod površjem terena.

Na prilogah so prikazani grafi interpretiranih vrednosti materialnega indeksa, edometriškega modula, nedrenirane strižne trdnosti, indeksa horizontalnih napetosti, C odčitka in indeksa pornega tlaka za vsako posamezno preiskavo, kakor tudi za vse 4 skupaj, kar omogoča primerjavo. Na koncu so dodane tabelarične vrednosti za vse merjene in interpretirane količine.

Materialni indeks I_D omogoča klasifikacijo materiala med peske, melje in gline. Indeks pornega tlaka U_D govori o prepustnosti materiala (vrednost blizu 0 imajo prepustne zemljine, vrednost 0,7 pa zelo malo prepustne).

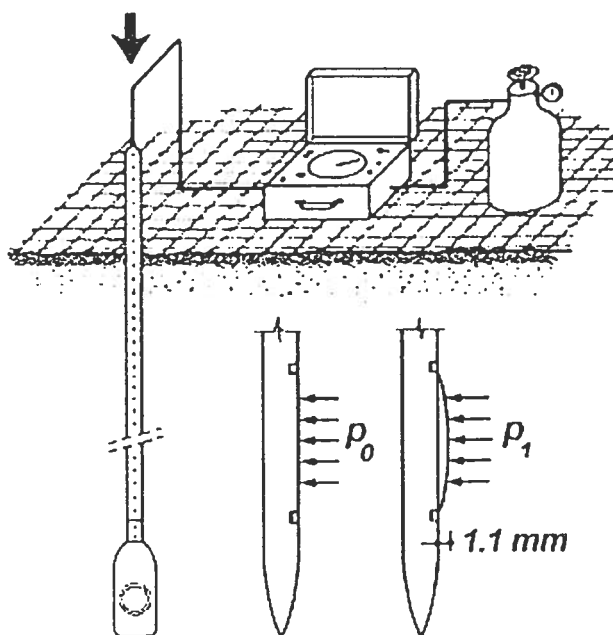
Za nadaljnjo obdelavo je mogoče tabelarične vrednosti dobiti v elektronski obliki po predhodni odobritvi Luke Koper.

DODATEK: Opis izvedbe in vrednotenja dilatometrijske preiskave

Dilatometer je naprava za merjenje lastnosti tal na terenu (slika 1). Sestavljajo ga:

- ploščata sonda dimenzij 95*225*15 mm s pločevinasto membrano premera 60 mm in debelino 0,2 mm,
- kontrolna enota,
- izvor tlaka (jeklenka s plinom),
- cev za dovod plina iz kontrolne enote do sonde, ki vsebuje tudi električni kabel.

Dilatometrijsko preiskavo lahko izvajamo v glinastih do peščenih tleh (premer zrnja do cca 2 mm) in v mehkih kamninah. Sonda pa lahko preči tudi sloje gramoza.



Slika 1: Shematski prikaz dilatometrijskega preizkusa

Meritve z dilatometrom potekajo kontinuirno z globino vsakih 20 cm. Vtiskanje se lahko izvaja s CPT opremo ali vrtalno garnituro, sonda prenese silo vtiskovanja do 250 kN (lahko prodira tudi skozi sloje proda in mehke kamnine).

Na vsaki testni globini se sonda ustavi, nato se izvedeta dva, lahko pa trije odčitki tlaka:

- odčitek A: tlak, ki zravna pločevinasto membrano – izenači okoliški tlak zemljine
- odčitek B: tlak, ki središče membrane izboči za 1,1 mm
- odčitek C: tlak, ko je membrana med razbremenitvijo zopet v položaju odčitka A.

Odčitek C ni nujno potreben za vrednotenje osnovnih parametrov, govori pa o tlaku vode v peščenih slojih oziroma posredno o prepustnosti (drenažni sposobnosti) posameznih slojev tal.

Odčitki se izvajajo glede na zvočni signal: dilatometrijska sonda deluje kot električno stikalo: je v stiku, (A) ko tlak zemljine pritiska membrano k sondi in (B) ko je membrana izbočena za 1,1 mm.

Namen dilatometrsk \acute{e} preiskave je predvsem dolo \acute{c} itev posedka na osnovi celotnega profila stisljivih tal. Meritve pa omogo \acute{c} ajo tudi klasificiranje tal (posredno preko mehanskih lastnosti, zato ni identično laboratorijskemu klasificiranju), dolo \acute{c} anje nedrenirane strižne trdnosti in oceno prvotnega napetostnega stanja v tleh ter strižnega kota peš \acute{c} enih tal.

Preiskave izvajamo in vrednotimo po priporo \acute{c} ilih ISSMGE, TC 16: Ground Property Characterisation from In-situ Testing, »The Flat Dilatometer Test (DMT) in Soil Investigations«, 2001.

Pred in po preiskavi je potrebno izvesti kalibracijo sonde glede odpora membrane. Dolo \acute{c} iti je potrebno tlaka ΔA in ΔB , ki pri zra \acute{c} nem tlaku postavita membrano v polo \acute{z} aj od \acute{c} itka A oziroma B.

Pri vrednotenju se ti dve vrednosti upoštevatata najprej za korekcijo merjenih vrednosti tlakov A, B in C, iz korigiranih vrednosti merjenih tlakov pa se dalje ra \acute{c} unajo parametri tal po ena \acute{c} bah iz spodnje tabele. Koli \acute{c} ine, ki nastopajo v tabeli, pa še niso bile pojasnjene, so:

- Z_M od \acute{c} itek na manometru pri zra \acute{c} nem tlaku (Najve \acute{c} krat vzamemo 0, saj je isti manometer uporabljen tudi za \acute{c} itanje korekcij ΔA in ΔB , tako da je morebitno odstopanje za \acute{c} etnega od \acute{c} itka od 0 že s tem upoštevano.)
- σ'_{v0} prvotni efektivni vertikalni tlak na koti meritve
- t_{flex} \acute{c} as pri prevojni to \acute{c} ki diagrama disipacijskega testa, \acute{c} e ponavljajo \acute{c} i od \acute{c} itek A rišemo v odvisnosti od logaritma \acute{c} asa
- γ_w prostorninska te \acute{z} a vode

Zainteresirani si lahko dodatne informacije o preiskavah poiš \acute{c} ejo na spletni strani:
<http://www.marchetti-dmt.it>

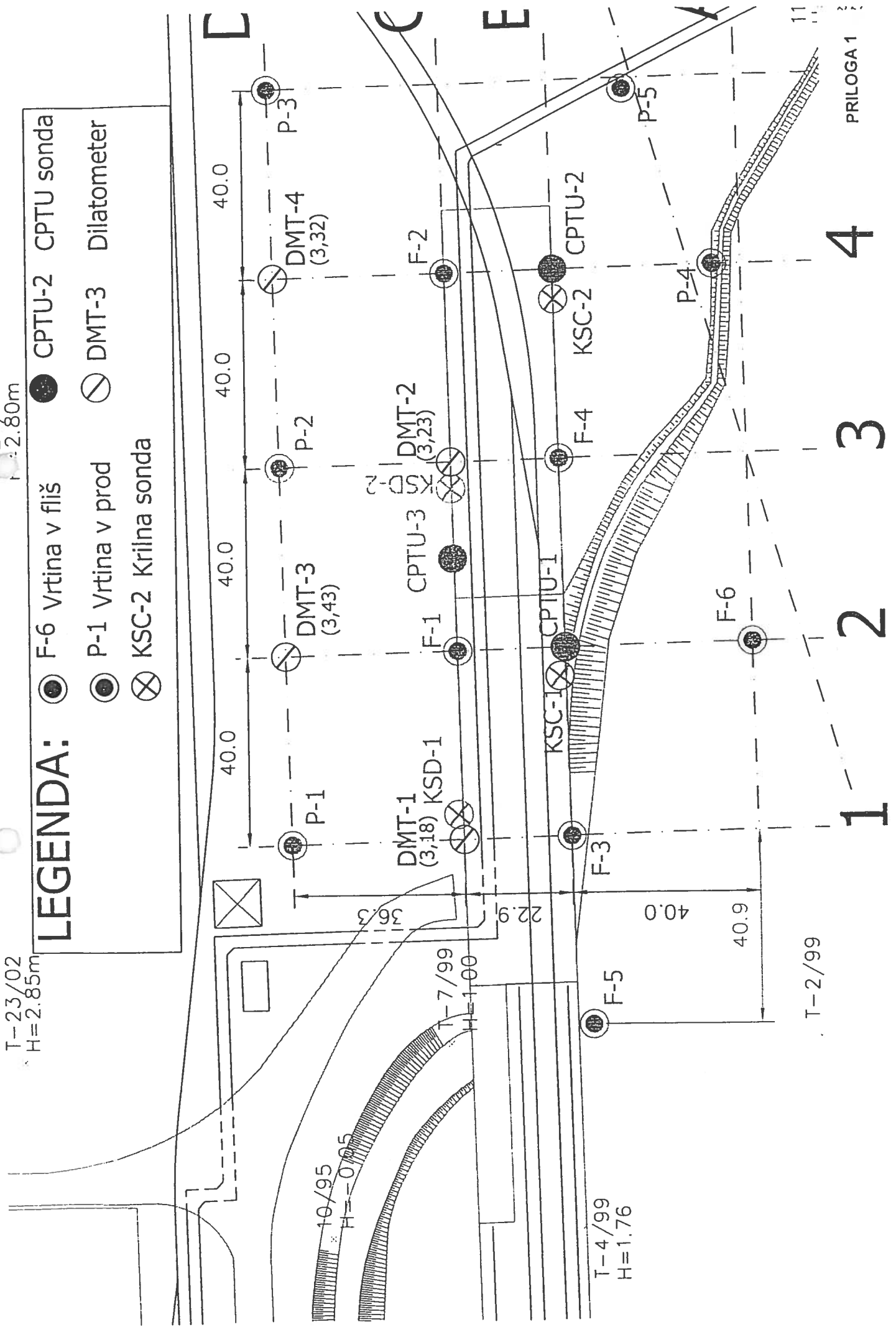
Oznaka	Pomen	Enačba
<i>Korigirane vrednosti odčitkov</i>		
p_0	Korigirana vrednost A	$p_0 = 1,05(A - Z_M + \Delta A) - 0,05(B - Z_M + \Delta B)$
p_1	Korigirana vrednost B	$p_1 = B - Z_M - \Delta B$
p_2	Korigirana vrednost C	$p_2 = C - Z_M + \Delta A$
<i>Osnovne dilatometrijske količine</i>		
I_D	Materialni indeks	$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$
K_D	Indeks horizontalnega tlaka	$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0}$
E_D	Dilatometrijski modul	$E_D = 34,7(p_1 - p_0)$
<i>Lastnosti zemljine</i>		
K_0	Koeficient mirnega zemeljskega pritiska	$K_{0,DMT} = (K_D / 1,5)^{0,47} - 0,6$
OCR	Količnik prekonsolidacije	$OCR_{DMT} = (0,5K_D)^{1,56}$
c_u	Nedrenirana strižna trdnost	$c_{u,DMT} = 0,22\sigma'_{v0} (0,5K_D)^{1,25}$
φ	Strižni kot (previdna ocena)	$\varphi_{safe,DMT} = 28^\circ + 14,6^\circ \log K_D - 2,1 \log^2 K_D$
c_h	Koeficient konsolidacije (iz disipacijskega testa)	$c_{h,DMTA} \approx 7 \text{ cm}^2 / t_{flex}$
k_h	Koeficient vodoprepustnosti	$k_h = c_h \gamma_w / M_h \dots (M_h \approx K_0 M_{DMT})$
γ	Prostorninska teža	Iz diagrama na osnovi I_D in E_D
u_0	Hidrostatski porni tlak v prepustnih zemljinah	$u_0 = p_2$
U_D	Indeks pornega tlaka (=0 v prepustnih tleh in =0,7 v neprepustnih, sicer vmes)	$U_D = (p_2 - u_0) / (p_0 - u_0)$
M	Edometrijski modul pri σ'_{v0}	$M_{DMT} = R_M E_D$ če je $I_D \leq 0,6$ $R_M = 0,14 + 2,36 \log K_D$ če je $I_D \geq 3$ $R_M = 0,50 + 2,00 \log K_D$ če je $0,6 \leq I_D \leq 3$ $R_M = R_{M,0} + (2,5 - R_{M,0}) \log K_D$ $R_{M,0} = 0,14 + 0,15(I_D - 0,6)$ če je $K_D \geq 10$ $R_M = 0,32 + 2,18 \log K_D$ če je $R_M \leq 0,85$ $R_M = 0,85$

T-23/02
H=2.85m

Ø=2.80m

LEGENDA:

- F-6 Vrtina v fliš
- CPTU-2 CPTU sonda
- P-1 Vrtina v prod
- DMT-3 Dilatometer
- ⊗ KSC-2 Krilna sonda
- ⊗ KSC-1 Krilna sonda



1 2 3 4

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo

Katedra za mehaniko tal z
laboratorijem

Jamova c. 2, p.p. 3422
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon 01 4768 500
faks 01 4250 681
e-mail bmajes@fgg.uni-lj.si



POROČILO O PRESIOMETRSKIH PREISKAVAH TAL NA LOKACIJI

Luka Koper, obala v podaljšku veza 11, 2. bazen

Naročnik: I-N-I, d.o.o. (Sergej Venturini, univ.dipl.inž.gradb.)
Delovni nalog:

Številka poročila: 118-1-04
Datum: 08.06.2004
Obdelal: asist. Alenka Robas, univ.dipl.inž.grad.
Sodelavci: doc.dr. Janko Logar, univ.dipl.inž.grad.
Predstojnik: prof.dr. Bojan Majes, univ.dipl.inž.grad.

1.0 Uvod

Po naročilu I-N-I d.o.o. iz Ljubljane smo od 10.5.2004 do 19.5.2004 z Ménardovim presiometrom na lokaciji predvidene nove obale v podaljšku veza 11, bazena 2 v Luki Koper izvedli 36 presiometriških meritev v treh vrtinah in sicer v vrtini P-2, F-2 in F-3.

Preiskave smo izvajali s prirastki tlaka in pri tem merili spremembe volumna merilne sonde. Namen preiskav je bil pridobiti podatke o deformabilnosti (E_0 , E_R) in trdnosti (p_L) temeljnih tal ter v nadaljevanju določiti okvirno nosilnost in posedke predvidenih vertikalnih pilotov, ki bodo služili kot temelji nove obale v podaljšku veza 11. Dimenzije pilotov smo izbrali okvirno glede na dobljene rezultate preiskav ter sestavo tal. Premer pilotov smo tako vzeli 50 in 80 cm, dolžino pilotov pa 35 in 50 m, da bi zagotovili zadostno vpetje v prodno peščeni sloj, ki se v večini vrtin pojavi na globini 30 m.

Rezultati izračunov so podani tabelarično v nadaljevanju.

POTEK PRESIOMETRSKE PREISKAVE IN INTERPRETACIJA REZULTATOV

Opis raziskovalne opreme ter postopkov preiskav, zajema in obdelave dobljenih podatkov je podan v *prilogi A*.

Vse preiskave smo izvedli po evropskih predstandardih Eurocode 7, del 3 (načrtovanje s pomočjo terenskih preiskav).

GLAVNI PODATKI O RAZISKAVAH

Preiskave so bile izvedene na lokaciji predvidene nove obale v podaljšku veza 11 bazena 2 v Luki Koper in so prikazane na priloženi situaciji (*priloga 1*)

REZULTATI PREISKAV

Rezultati izvedenih preiskav v vrtinah so podani v zbirni tabeli (Tabela 1) in na prilogah z obdelanimi in grafično prikazanimi rezultati.

Tabela 1: Zbirna tabela presiometriških preiskav: nove obale v podaljšku veza 11, bazena 2 v Luki Koper

VRTINA	GLOBINA (m)	ZEMLJINA	OZN.	p_L (kPa)	E_0 (MPa)	E_R (MPa)
P-2	9.0	Enakomerni do slabo granulirani srednji pesek, temno sive barve	S/M	480	2.0	
P-2	9.8			440	1.8	
P-2	10.6			450	1.8	
P-2	12.7	Zelo stisljiv melj, lahko gnetne konsistence, temno sive barve, vložki školjk in polžkov	M	360	1.15	
P-2	13.5			330	1.1	
P-2	14.3			460	2.2	
P-2	18.6	Mastna glina do zelo stisljiv melj, sive barve, lahko do srednje gnetne konsistence z vložki školjk		440	2.5	
P-2	19.6			460	2.5	
P-2	24.7			740	3.0	
P-2	25.7			820	3.0	
P-2	29.6	Prodno peščeno glinasta zemljina, sive barve, zelo gosto	GC	3100	18.0	90.0
P-2	30.6			2300	11.0	42.0
F-2	6.5	Nasip: melji, peski, gline, organski ostanki	M	320	1.55	
F-2	7.5			420	1.2	

VRTINA	GLBOKINA (m)	ZEMLJINA	OZN.	P _L (kPa)	E ₀ (MPa)	E _R (MPa)
F-2	11.0	Melj do peščen melj, temno sive barve	S/M	400	1.9	
F-2	12.0			450	1.5	
F-2	16.2	Zelo stisljiv melj, lahko gnetne konsistence, temno sive barve, vložki školjk in polžkov	M	510	1.7	
F-2	17.2			540	1.4	
F-2	20.7	Mastna glina do zelo stisljiv melj, sive barve, lahko do srednje gnetne konsistence, pomešano s polžki in školjkami	C	630	2.1	
F-2	21.7			640	1.1	
F-2	24.7			860	4.3	
F-2	25.7			750	2.0	
F-2	29.1	Prodno peščena glinasta zemljina, sive barve, zelo gosto	G	2800	14.0	80.0
F-2	30.1			3200	19.0	93.0
F-3	5.7	Nasip: melji, peski, gline, organski ostanki	M	350	1.3	5.2
F-3	6.7			350	2.0	4.5
F-3	10.7	Slabo do enakomerno granulirani srednji do debeli pesk, sive barve	S	240	0.62	2.4
F-3	11.7			550	2.5	7.5
F-3	15.7	Melj do peščen melj, temno sive barve z vložki zelo stisljivega melja, lahko gnetno	M	390	1.45	3.2
F-3	16.7			480	2.5	5.5
F-3	20.7	Mastna glina do zelo stisljiv melj, sive barve, lahko gnetne konsistenca, pomešano s polžki in školjkami	C	530	2.5	5.5
F-3	21.7			600	2.8	5.8
F-3	24.7			570	2.5	5.0
F-3	25.7			850	3.6	8.7
F-3	30.3	Zaglinjeni prodi, pomešani s peskom, sive barve, gosto	G	3200	24.0	120.0
F-3	31.3			3200	23.0	90.0

Zaradi nadaljnje obdelave ter izračunov nosilnosti in posedkov (polempirične metode) globoko temeljenih objektov uvrstimo zemljine v enega od šestih razredov (rubrika »OZN« v Tabeli 1): CS – glina melj, S – pesek, G – gramoz, CH – kreda, ML – lapor/apnenec, FR – razpokana oz. preperela hribina.

Rezultati izračuna nosilnosti in posedkov predvidenih pilotov so podani v zbirni tabeli (Tabela 2). Nosilnost je izračunana za primer vertikalno, centrično obremenjenih pilotov. Posedki so za globoko temeljenje izračunani pri obtežbi Q_{SAFE} in se ustrezno (linearno) zmanjšajo z manjšo dejansko obtežbo.

Pri računu smo v vseh vrtnah upoštevali nivo podtalnice na globini 2.9 m.

Tabela 2: Rezultati izračuna nosilnosti in posedkov: nove obale v podaljšku veza 11, bazena 2 v Luki Koper

VRTINA	VREDNOST PRESIO. KARAKTERISTIK 1 m POD NOGO PILOTA	φ (mm)	DOLŽINA PILOTA (m)	GLOBINA VPETJA (m)	NOSILNOST PO KONICI (MN)	NOSILNOST PO PLAŠČU (MN)	NOSILNOST NA VRHU Q _{SAFE} (MN)	F
P-2	p _L =3100 kPa E ₀ =18 MPa E _R =90 MPa	508	35.0 ^{35.4}	5.0	1.66	2.29	0.86	3'26
P-2		812	35.0 ^{35.4}	5.0	4.25	3.66	1.41	3'47
P-2		508	50.0 ^{50.5}	20.0	1.62	5.5	1.46	3'63
P-2		812	50.0 ^{50.5}	20.0	4.13	7.47	2.12	3'45
P-2	p _L =3500 kPa E ₀ =25 MPa E _R =120 MPa	508	35.0	5.0	1.88	2.29	0.93	
P-2		812	35.0	5.0	4.79	3.66	1.61	

$$1,61 = Q_{safe} = \frac{4,25 + 3,66}{F} - 0,872$$

$$1,61 = \frac{7,91}{F} - 0,872 \rightarrow F = 3,47$$

VRTINA	VREDNOST PRESIO. KARAKTERISTIK 1 m POD GLAVO PILOTA	ϕ (mm)	DOLŽINA PILOTA (m)	GLOBINA VPETJA (m)	NOSILNOST PO KONICI (MN)	NOSILNOST PO PLAŠČU (MN)	NOSILNOST NA VRHU Q_{SAFE} (MN)
P-2	$p_L=3500$ kPa $E_0=25$ MPa $E_R=120$ MPa	508	50.0	20.0	1.86	4.67	1.54
P-2		812	50.0	20.0	4.76	7.47	2.35
F-3	$p_L=3200$ kPa $E_0=24$ MPa $E_R=120$ MPa	508	35.0	5.0	1.83	2.31	0.92
F-3		812	35.0	5.0	4.67	3.69	1.57
F-3		508	50.0	20.0	1.72	5.18	1.67
F-3		812	50.0	20.0	4.38	8.28	2.5
F-3	$p_L=3200$ kPa $E_0=23$ MPa $E_R=90$ MPa	812	35.0	5.0	4.67	3.69	1.57

PILOTI; Vrednosti posedkov so izračunane za $Q_{SAFE} = ((Q_P + Q_S)/F) - W_P$, kjer je Q_P ...nosilnost konice, Q_S ... nosilnost po plašču, W_P ...lastna teža pilota in F ... faktor varnosti.

PRILOGE:

- **priloge 2.1-2.6:** rezultati presiometriških preiskav izvedenih v vrtini P-2,
- **priloge 3.1-3.6:** rezultati presiometriških preiskav izvedenih v vrtini F-2,
- **priloge 4.1-4.6:** rezultati presiometriških preiskav izvedenih v vrtini F-3,
- **prilogi 5.1-5.2:** prikaz profila meritev izvedenih v vrtinah P-2, F-2 in F-3.

KOMENTAR

Tla so pretežno mehka. Na vrhu najdemo 4 do 5 m debelo nasutje, do globine cca 12 m sledijo meljno peščene zemljine, pod njimi pa vse do končne globine cca 30 m, kjer naletimo na peščeno prodna tla, zelo stisljive glin.

Preiskovalne vrtnice so vrtalci izdelali z jedrnikom za odvzem vzorcev premera 100 mm. Do globine predvidene za test so vrtino zacevili ($\phi 100$ mm) in nato smo sondo v mehkih glinah in meljih vtisnili do 2 metra globlje in izvedli dva testa. Nato smo sondo dvignili iz zemljine in postopek ponovili. Na globini cca 30 m, kjer se pojavi gost zaglinjen prod pa smo sondo AX, ki ima gumijasto membrano zaščiteno s prirezano kovinsko cevjo in jo uporabljamo za nekoherentne zemljine, zabili 2.2 m globoko in izvedli dva testa. Za preiskave v mehkih zemljinah smo uporabili sondo BX, ki je primerna za koherentne zemljine in mehke hribine in ima gumijasto membrano različnih debelin in togosti. Mehkejše in tanjše membrane se uporabljajo za mehke glin in melje, debelejše in bolj toge membrane pa za tršo podlago.

Iz grafičnih prilog je razvidno, da smo pri preiskavah v glineno meljnih slojih večinoma dosegli plastifikacijo oz. porušitev obodne zemljine, t.j. mejni tlak p_L , medtem ko elastični modul E_0 , ki je definiran kot naklon linearnega dela presiometriške krivulje, iz rezultata preiskave vedno nismo mogli odčitati. Vzrok temu je predvsem stiskanje sonde v glinasto meljnih plasteh. V takšnih primerih bi bilo potrebno uporabiti bentonitno izplako v predvrtani vrtini $\phi 66$ mm, da bi bili dobljeni rezultati korektni! Tako pa smo elastični modul E_0 ocenili glede na izvrednoten mejni tlak iz korelacij, ki so podane v literaturi.

INTERPRETACIJA REZULTATOV PREISKAV Z MÉNARDOVIM PRESIOMETROM

OPREMA IN POTEK PREISKAVE

Oprema presiometra sestoji iz sonde, kontrolne enote, izvora tlaka in kablov za povezavo med sondo in kontrolno enoto. Imamo dve različni merilni sondi; sonda AX je namenjena preiskavi nekoherentnih zemljin in mehkih kamnin, BX sonda pa je namenjena preiskavam v koherentnih zemljinah. Glede na trdnost in deformabilnost zemljine imamo na razpolago več različno občutljivih zunanjih membran (za maksimalno obremenitev od 500 do 10000 kPa).

Preiskava poteka v več korakih:

- predhodna kalibracija opreme (običajno v laboratoriju),
- izdelava vrtine in namestitve sonde na globino preiskave,
- izvedba meritve po vnaprej pripravljenem postopku obremenjevanja,
- korekcija meritve glede na rezultate kalibracije opreme in
- iz vrednotenje rezultatov meritve.

S kalibracijo določimo:

- stisljivost sistema,
- odpor membrane (uporabljamo različne membrane za različne vrste tal) in
- preverimo tesnenje sistema.

Meritev izvedemo običajno v 7 do 14 prirastkih tlaka in merimo ustrezne prirastke deformacije (sprememba volumna ali sprememba radija sonde). Če je potrebno, izvajamo tudi eno ali več razbremenilnih zank. Neposreden rezultat take meritve je krivulja (slika 1), ki prikazuje odnos med tlakom na stene vrtine in radialno deformacijo. Iz krivulje nato definiramo t.i. presiometrski modula pri obremenitvi in razbremenitvi ter mejni tlak.

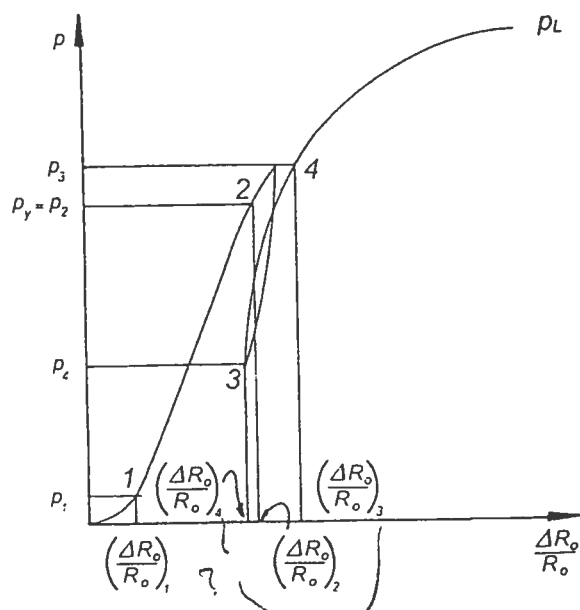
IZVREDNOTENJE REZULTATOV

Mejni tlak p_L , ki nosi podatek o trdnosti tal na koti testa, odčitamo iz presiometrski krivulje na mestu porušitve obodne zemljine (slika 1), oziroma na mestu, ko sonda podvoji začetni volumen. Učinkoviti mejni tlak p_L^* pa predstavlja efektivni odpor zemljine (mejnemu tlaku odštejemo porni tlak u_0 na koti preiskave).

Oba presiometrski modula predstavljata informacijo o deformabilnosti zemljine, izračunamo pa ju iz naklona linearnega dela presiometrski krivulje po enačbi (1). Pri računu modula ponovne obremenitve bi vrednosti v točkah 1 in 2 nadomestili z vrednostmi v točkah 3 in 4 (slika 1).

$$E_0 = (1 + \nu) \cdot (p_2 - p_1) \cdot \frac{\left(1 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_2\right)^2 + \left(1 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_1\right)^2}{\left(1 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_2\right)^2 - \left(1 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_1\right)^2} \quad (1)$$

V enačbi (1) potrebujemo Poissonovo število. Velja dogovor, da pri vrednotenju presiometrski modula uporabljamo Poissonovo število $\nu = 0.3$.



Slika 1: Obremenilno - razbremenilna zanka med potekom presiometrski testa

OBDELAVA REZULTATOV

Zaradi velike količine dobljenih podatkov smo na fakulteti izdelali računalniški program za zajem in obdelavo rezultatov kalibracije in izvedenih meritev, s katerim je mogoče zelo hitro določiti presiometrični modul in mejni tlak preiskane zemljine. Glede na obe dobljeni vrednosti lahko ocenimo tip zemljine (tabela 1), pri čemer si pomagamo tudi z vizualnim ogledom porušenega vzorca med izdelavo testne vrtime na terenu.

GLINA					
Vrsta zemljine	Lahko gnetna	Srednje gnetna	Težko gnetna	Pol trdna konsistenca	Trdna konsistenca
p_L (kPa)	0-200	200-400	400-800	800-1600	>1600
E_0 (kPa)	0-2500	2500-5000	5000-12000	12000-25000	>25000

PESEK				
Vrsta zemljine	Rahel	Srednje gost	Gost	Zelo gost
p_L (kPa)	0-500	500-1500	1500-2500	>2500
E_0 (kPa)	0-3500	3500-12000	12000-22500	>22500

Tabela 1: Približna ocena vrste zemljine iz znanih presiometričnih parametrov

Računalniški program omogoča tudi prikaz profila vseh meritev v vrtini ter izračun nosilnosti in posedkov plitvo oz. globoko temeljenih objektov. Osnovne polempirične zveze, ki so uporabljene v računalniškem programu so podane v evropskih standardih; pr ENV Eurocode 7-3.

Postopki računa nosilnosti in posedkov plitvo temeljenih objektov so prikazani v evropskem standardu Eurocode 7; Projektiranje Geotehničnih Konstrukcij, 3. del; Načrtovanje s pomočjo terenskih preiskav, v aneksu (dodatku) C.1 in C.2

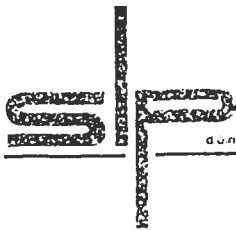
Postopki računa nosilnosti globoko temeljenih objektov so prikazani v evropskem standardu Eurocode 7; Projektiranje Geotehničnih Konstrukcij, 3. del; Načrtovanje s pomočjo terenskih preiskav, v aneksu (dodatku) C.3. Posedke globoko temeljenih objektov izračunamo z uporabo funkcij prenosa obtežbe, ki jih določimo iz rezultatov presiometričnega testa.

Računalniški izračun posedkov in nosilnosti omogoča, da izvedemo račune dovolj hitro in lahko analiziramo vpliv spremembe globine in dimenzij temelja na njegovo nosilnost in posedek, kar nam omogoča optimizacijo temeljenja.

LITERATURA

- (1) Baguelin, F. (1973). *Mesure du Coefficient de Consolidation a l'Aide du Pressiometre Autoforeur*, discussion, 8th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 42, Moscow, strani 22-23.
- (2) Baguelin, F., Jézéquel, J. F., Shields, D. H. (1978). *The pressuremeter and foundation engineering*, First edition, Trans Tech Publications, Clausthal.
- (3) Briaud, J. L. (1992). *The pressuremeter*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- (4) Briaud, J. L., Tucker, L. M. (1988). *Measured and Predicted Axial Responses of 98 Piles*, ASCE, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 114, No. 9., strani 984-1001.
- (5) Clarke, B. G. (1995). *Pressuremeter in geotechnical design*, First edition, Chapman & Hall, Glasgow.
- (6) Eurocode 7: Geotechnical design - part 3: design assisted by field testing, (1997). CEN/TC 250 final draft pr ENV 1997-3.
- (7) Hughes, J. M. O., Wroth, G. P., Windle, D. (1977). *Pressuremeter Tests in Sand*, Géotechnique, Vol. 27, No. 4, strani 455-477.

- (8) Kuder, S. (2000). Razvoj in uporaba programskega orodja za obdelavo rezultatov presiometriških meritev, Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- (9) Randolph, M. F., Carter, J. P., Wroth, C. P. (1979). Driven Piles in Clay - The Effects of Installation and Subsequent Consolidation, Geotechnique, Vol. 29, No. 4.
- (10) Robas, A. (1999). Geotehnično projektiranje na osnovi presiometriških meritev, Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- (11) Terzaghi, K., Peck, R. B. (1967). Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons, New York, str. 55.



SLP d.o.o. Ljubljana
Specializirano podjetje za temeljenje objektov
1000 Ljubljana, Ulica Gradnikove brigade 4, Slovenija

Tel.: +386 1 544 12 80, Fax: +386 1 544 12 81

E-mail: slp@siol.net, GSM: 041 633 386

GEOTEHNIČNO POROČILO O IZVEDBI RAZISKAV TAL S STATIČNIM KONUSNIM PENETROMETROM

Objekt: **OBALA ZA GENERALNE TOVORE
PODALJŠEK VEZA 11 V BAZENU II.**

Lokacija: **LUKA KOPER**

Investitor: **LUKA KOPER d.d.**
Vojkovo nabrežje 38 , Koper

Naročnik: **INI d.o.o.**
Bravničarjeva 20, Ljubljana

Izvajalec: **SLP d.o.o. LJUBLJANA**
Specializirano podjetje za temeljenje objektov
Ulica Gradnikove brigade 4, Ljubljana

Št. poročila: GEO041-01-2004 VEZ11-LUKA KOPER

Datum: APRIL 2004

Obdelal:

G.STRNIŠA, univ. dipl. inž. gradb.

GORAED STRNIŠA
univ. dipl. inž. gradb.
1611 IZS G-1573

Pregledal:

I.LESJAK, univ. dipl. inž. gradb.

I V A N L E S J A K
univ. dipl. inž. gradb.
1611 IZS G-1525

SLP d.o.o. LJUBLJANA

Direktor:

G.STRNIŠA, univ. dipl. inž. gradb.

SLP d.o.o. Ljubljana

VSEBINA POROČILA

1. UVOD

2. OPIS SESTAVE TAL

PRILOGE

PRILOGA 1: SITUACIJA RAZISKOVALNIH DEL

PRILOGA 2: REZULTATI RAZISKAV (GEOTEHNIČNI PROFILI)

1. UVOD

V Luki Koper se na lokaciji OBALA ZA GENERALNE TOVORE – BAZEN II. Predvideva PODALJŠEK VEZA 11.

Del geotehničnih raziskovalnih del je bil opravljen s statičnim konusnim penetrometrom (CPTU).

Program preiskav je bil posredovan s strani naročnika oz. Univerza v Ljubljani, FGG, Katedra za mehaniko tal (Dr. Jankoc LOGAR, univ.dipl.inž.gradb.).

2. OPIS SESTAVE TAL

Za prevero geotehničnih značilnosti tal so bile glede na program naročnika oz. FGG-KMTAL izvedene tri statične konusne penetracije z merjenjem pornih tlakov, do izčrpanja potisne sile penetrometra.

Točna lokacija sond je razvidna iz tlorisne situacije v prilogi 1.

Ostali osnovni podatki o izvedbi penetracij so v preglednici 1 v nadaljevanju.

PREGLEDNICA 1: Podatki o CPT raziskavah tal

Oznaka	Oznaka na karti	Abs.kota (m)	Globina (m)	KDG	Oznaka konusa	Datum meritve	Opombe
130104	CPTU-1	2.62	30.8	P	Y15	24.4.04	6*DISS
130204	CPTU-2	2.55	29.6	P	Y15	26.4.04	6*DISS
133A04	CPTU-3	3.28	30.0	P	Y15	25.4.04	
SKUPAJ			90.4				12 DISS

OPOMBE:

KDG (kriterij doseganja globine):

- D - dosežena predvidena globina
- P - presežena obtežba

Način meritve:

- CPT - meritev odpora konice, plašča in inklinacije ob prodiranju konusa
- CPTU - CPT + porni tlaki (* uporabljen je bil star filter zato so rezultati le informativni)
- Neinšt. - izvedeno penetriranje z neinstrumentirano konico do globine (m)
- *DISS - izvedeni testi upadanja pornih tlakov

Rezultati raziskovalnih del s statičnimi konusnimi penetracijami so prikazani v prilogi 2. Rezultati so prikazani najprej na grafu, ki prikazuje od leve proti desni po globini konusni odpor (Q_c), trenje po plašču sonde (F_s), rezultat klasifikacije zemljine, ki je izvedena v skladu s korigiranim diagramom ROBERTSON-CAMPANELA in v zadnjem stolpcu še koeficient med vrednostjo F_s (trenje po plašču) in Q_c (odpor na konici). Porni tlaki so prikazani v MPa la levi strani z merilom na spodnjem delu.

V isti prilogi so tudi numerični rezultati obdelave za definirane sloje. Vse enote v grafih so MPa.

Poleg grafične predstavitve so ob grafih rezultatov raziskave, za posamezne izbrane tipične sloje, podani od leve proti desni še sledeči numerični rezultati:

- V levem delu grafa je za izbran sloj podan povprečen konusni odpor (Q_c -MPa) / povprečno trenje po plašču v sloju (MPa)
- V desnem delu grafa je za izbran sloj podana nedrenirana strižna trdnost (kPa) / kot notranjega trenja (stopinje) / modul stisljivosti (MPa)

Za grafom izvedene CPTU sonde (z vrisanimi lokacijami testov upadanja pornih tlakov) je graf iz izrisanim testom upadanja pornih tlakov in z izpisom osnovnih podatkov in analizo količnikov prepustnosti

Za vsak test upadanja pornih tlakov priložen list na katerem je najprej graf nenormiranih pornih tlakov, nato graf normiranih pornih tlakov, ki mu sledi rezultat analize propustnosti po različnih avtorjih in povprečna vrednost.

Rezultati testov upadanja s pripadajočimi povprečnimi koeficienti propustnosti in opisom so prikazani v preglednici 2, detaljno pa razvidni iz priloge 2.

PREGLEDNICA 2: Podatki o rezultatih testov upadanja pornih tlakov

Oznaka CPTU	Oznaka na karti	Zap. št.	Globina DISS (m)	*Glob. tal.vode (m)	tmax (sek)	ch (m ² /sek)	kh (m/sek)	Opis
130204	CPTU-2	1	4.8	1.7	3260	2.7E-5		PP
		2	5.9	1.7	6863	2.16E-6		SP
		3	7.3	1.7	3261	2.71E-5		PP
		4	8.9	1.7	6860	1.12E-5		PP
		5	14.0	1.0	10426	4.13E-7		SP
		6	26.9	1.0	10463	6.4E-9		SP
133A041	CPTU-3	1	6.9	3.5	3260	1.15E-5		PP
		3	12.0	3.5	17666	6.44E-7		SP
		4	16.0	3.5	6861	3.85E-7		SP
		5	20.0	3.5	21265	2.92E-7		SP
		6	26.0	3.0	6862	8.0E-7		SP

OPOMBE:

- * privzeto
- P/PP/SP Opis propustnosti po Larsonu in Mulabdiču
P – propustno, PP pol propustno, SP slabo propustno
- tmax Celoten čas izvajanja testa upadanja pornih tlakov

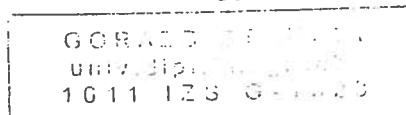
Opis tipične sestave tal :

- Površinski del predstavlja umetni nasip debeline do 4m.
- Do globine cca 9m sledijo morski sedimenti s peščenim slojem, ki je izrazit na lokaciji sonde CPTU-1 in CPTU-3; ($q_c=0.6$ do 3.0 MPa, $S_u \approx 33$ kPa, $M_v=1.5$ do 8 MPa).
- Od 9m do ≈ 22 m je sloj glineno meljnih morskih sedimentov, ki so glede na rezultate meritev upadanja pornih tlakov zelo slabo propustni; ($q_c=0,75-1,0$ MPa, $S_u \approx 30-40$ kPa, $M_v \Rightarrow 2.5$ MPa).
- Na globini ≈ 22 m do 24 m se vsebnost peska v meljni glini poveča, trdnostne karakteristike pa so višje; ($q_c=1.3-2$ MPa, $S_u \approx 50-80$ kPa, $M_v \Rightarrow 4$ MPa).
- Na globini od 27 m do 28 m se pojavi prodno peščena zemljina z visokimi trdnostnimi karakteristikami, ki prehaja v preperino fliša; ($q_c \Rightarrow 13$ MPa, $\varphi \approx 36^\circ$, $M_v \Rightarrow 60$ MPa).

Ljubljana, 25. Maj 2004

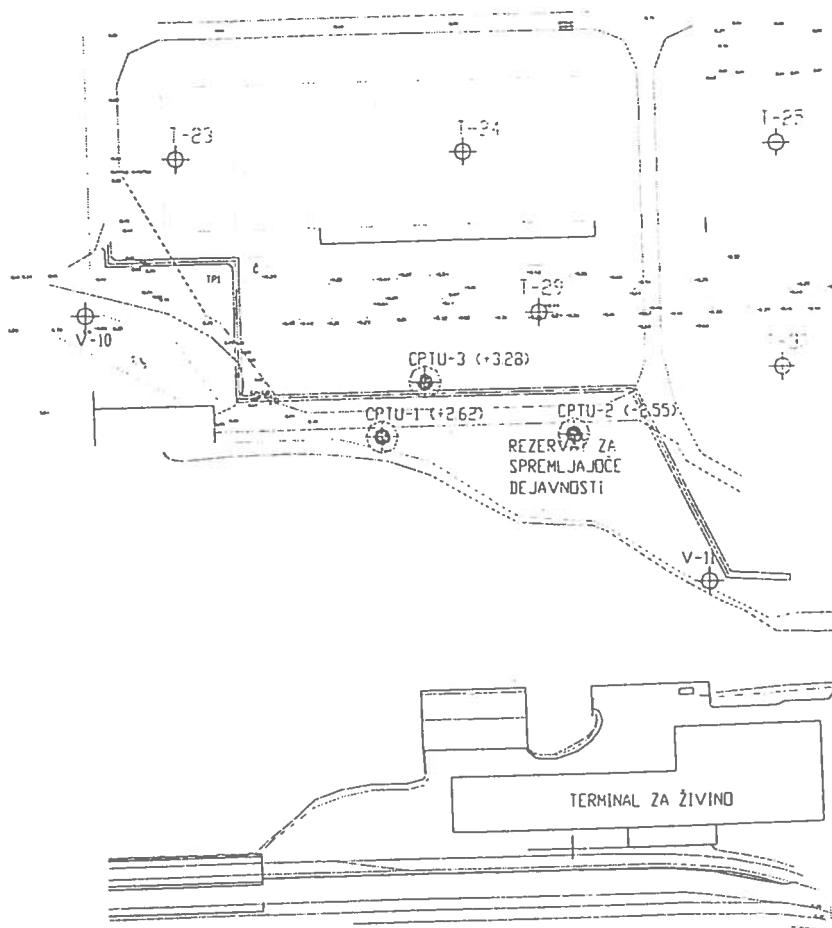
Obdelal:

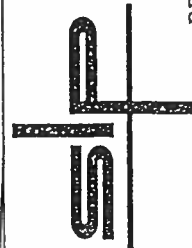
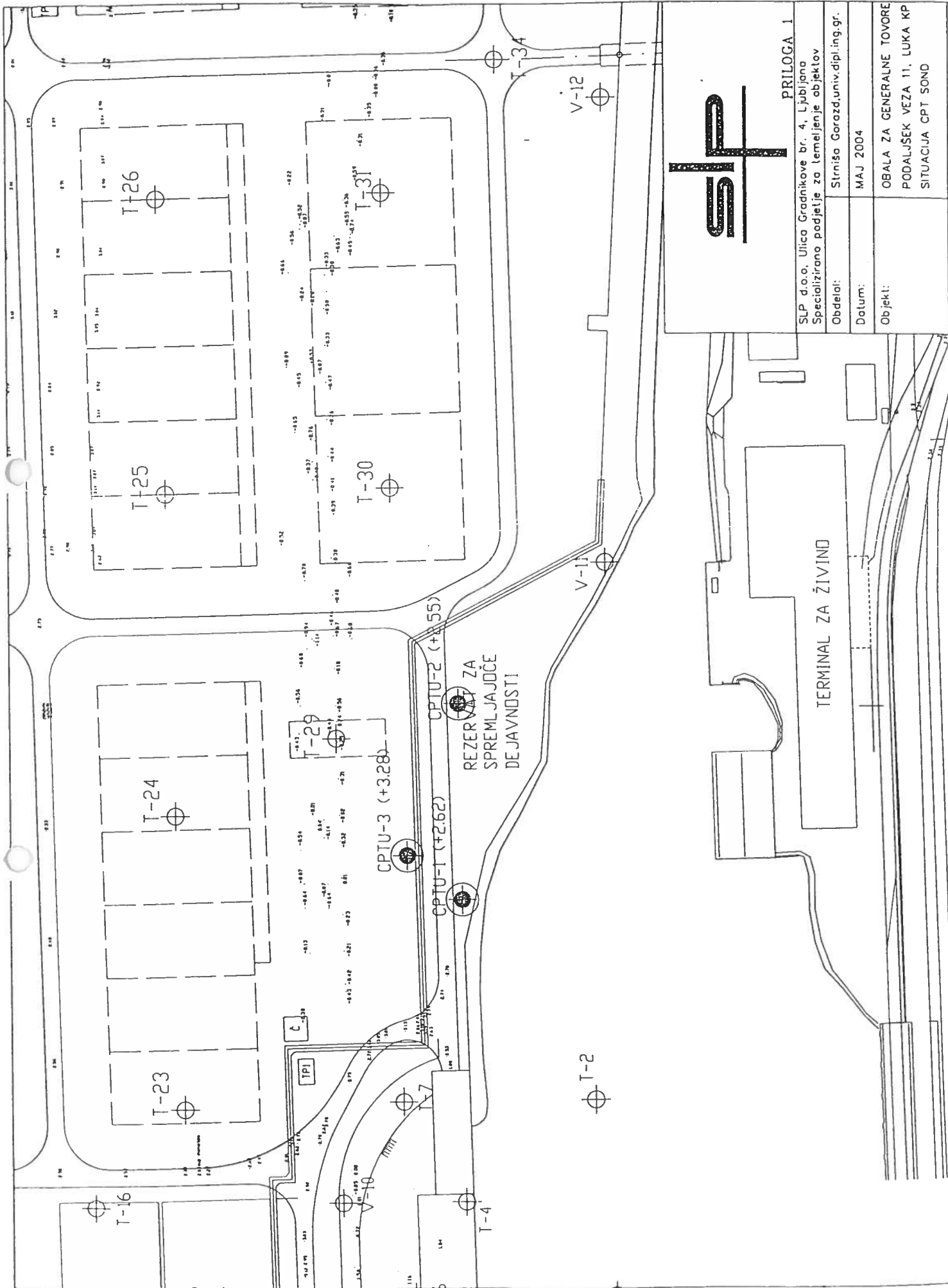
Gorazd STRNIŠA, univ, dipl, inž, gradb,



PRILOGA 1

SITUACIJA RAZISKOVALNIH DEL





PRILOGA I

SLP d.o.o. Ulica Gradnikove br. 4, Ljubljana Specializirano podjetje za temeljenje objektov	
Obdelalci:	Strniša Gorazd, univ. dipl. inž. gr.
Datum:	MAJ 2004
Objekt:	OBALA ZA GENERALNE TOVORE PODALJŠEK VEZA 11, LUKA KP SITUACIJA CPT SOND

TERMINAL ZA ŽIVIND

PRILOGA 2

REZULTATI RAZISKAV (GEOTEHNIČNI PROFILI)-

Oznaka	Oznaka na karti	Abs.kota (m)	Globina (m)	KDG	Oznaka konusa	Datum meritve	Opombe
130104	CPTU-1	2.62	30.8	P	Y15	24.4.04	6*DISS
130204	CPTU-2	2.55	29.6	P	Y15	26.4.04	6*DISS
133A04	CPTU-3	3.28	30.0	P	Y15	25.4.04	

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo

Katedra za mehaniko tal z
laboratorijem

Jamova c. 2, p.p. 3422
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon 01 4768 500
faks 01 4250 681
e-mail bmajes@fgg.uni-lj.si



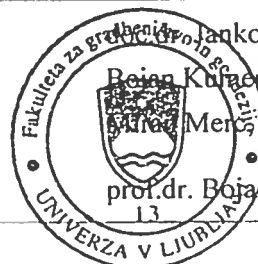
POROČILO O GEOMEHANSKIH LABORATORIJSKIH PREISKAVAH

zemljin z lokacije Luka Koper, obala v podaljšku
veza 11, 2. bazen

Naročnik: I-N-I d.o.o.
(Sergej Venturini, univ.dipl.inž.grad.)
Delovni nalog: 17/2004

Številka poročila: 124-1-04
Datum: 14. 6. 2004

Nosilec: prof. dr. Janko Logar, univ.dipl.inž.grad.
Preiskave: Bojan Kuljač, dipl.inž.kem.
Miroš Merč, univ.dipl.inž.grad.
Predstojnik: prof. dr. Bojan Majes, univ.dipl.inž.grad.



[Handwritten signatures and initials over the seal]

1.0 UVOD

Po naročilu I-N-I d.o.o. (Sergej Venturini, univ.dipl.inž.grad.) smo v laboratoriju Katedre za mehaniko tal izvršili laboratorijske preiskave na 4 vzorcih zemljin iz 2 vrtin (seznam je razviden s priloge) z lokacije Luka Koper, obala v podaljšku veza 11 v 2. bazenu. Vzorci so bili v laboratorij dostavljeni 10.5.2004.

2.0 PROGRAM LABORATORIJSKIH PREISKAV

Z laboratorijskimi preiskavami po spodaj navedenih standardih smo določali naslednje standardne lastnosti materialov po programu naročnika:

1. Klasifikacija zemljin	JUS U.B1.001
2. Naravna vlažnost, w (%)	JUS U.B1.012
3. Prostorninska teža, γ (kN/m ³)	JUS U.B1.016
4. Atterbergovi meji plastičnosti, w_p , w_L (%)	JUS U.B1.020
5. Stisljivost in vodoprepustnost, E_{oed} (kPa)	JUS U.B1.032
6. Nedrenirana strižna trdnost s konusom c_u (kPa)	prENV ISO/TS ABC-6:2002
7. Triosna CU preiskava	BS 1377:Part 8:1990

3.0 REZULTATI PREISKAV S KOMENTARJI

Rezultati preiskav so prikazani v preglednici rezultatov (priloga 1) in za vsako preiskavo posebej na grafičnih prilogah. Preiskave so potekale rutinsko in brez posebnosti.

Grafične priloge so urejene po naslednjem redu:

priloga 1:	Preglednica rezultatov preiskav
priloga 2-5:	Rezultati preiskav za klasifikacijo zemljin
priloga 6:	Rezultati nedrenirane strižne trdnosti s konusom
priloge 7-14:	Edometrske preiskave
priloge 15-17:	Vodoprepustnost v edometru
priloga 18-25:	Rezultati triosne CU preiskave.

Vsem vzorcem je bila določena naravna vlažnost in AC klasifikacija ter nedrenirana strižna trdnost z laboratorijskim konusnim penetrometrom.

Strižne karakteristike so bile določene v triosnem aparatu. Poleg rezultata, dobljenega po metodi najmanjših kvadratov, podajamo še rezultat dobljen po enakem postopku ob dodatnem pogoju, da je kohezija nična (vrednosti strižnih karakteristik v oklepajih). Ti rezultati so uporabni le na območju, kjer so vertikalni tlaki manjši od tlaka na presečišču obeh tako izračunanih strižnih premic.

Vzorec iz vrtine F-1 in globine 11,3-11,6 m je bil precej heterogen kar kažejo različne vlažnosti posameznih preizkušancev. Laboratorijska klasifikacija, opravljena na delu vzorca, sicer kaže na pusto glino, mestoma pa je bil vzorec meljast in celo peščen. Temu gre pripisati relativno visok strižni kot. Računsko določene konsistence zato kažejo tudi nerealno težko gnetno konsistenco na delu vzorca, ki je bolj peščen.

Rezultate edometriških preiskav smo izrednotili tudi glede naklonov obremenilne in razbremenilne krivulje stisljivosti v logaritmičnem merilu vertikalnih tlakov tako, da podajamo za posamezne vzorce v spodnji preglednici obremenilni in razbremenilni indeks (C_c in C_s) ter naklon konsolidacijske krivulje v sekundarni fazi (α_e) pri bremenski stopnji 400 do 800 kPa.

Preglednica 1: Zbirni rezultati edometriških preiskav

Vzorec	C_c	C_s	α_e
F-1 11,3-11,6m	0,23	0,026	0,008
F-1 18,7-19,0m	0,37	0,071	0,014
F-1 25,7-26,0m	0,37	0,067	0,014
F-4 13,7-14,0m	0,33	0,062	0,013

Ti rezultati in Atterbergove meje plastičnosti pokažejo, da prvi vzorec (vrtina F-1, 11,3 do 11,6 m) pripada drugačnemu sloju kot preostali trije, ki so po karakteristikah zelo podobni.

PRILOGA 1



D.N.: 17/2004

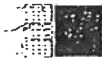
REZULTATI GEOMEHANSKIH LABORATORIJSKIH PREISKAV:

Poročilo: 124-1-04

Objekt: Luka Koper, obala v podaljšku veza 11, bazen 2

Datum: 14.6.2004

Vzorec	Opis	AC klasifikacija	Vlaga pred preiskavo		Atterbergovi konsistenčni meji		Indeks plastičnosti	Indeks konsistence	Prostorninska teža γ	Suha prostorska teža γ_d	Nedrenirana strižna trdnost c_u	Strižna trdnost (triosna CU preiskava)		Modul stisljivosti v velikem edometru E_{oed}					Prepusnost k
			w_0	%	w_p	%						w_L	%	$\varphi' (^{\circ})$	c'	(kPa)	0-50	50-100	
F-1	25,7-26,0	CH	45,1	20,6	59,6	39,0	0,37	17,3	11,9	26,2		800	1400	2100	3300	6400	$7,4 \cdot 10^{-9}$ (400kPa)		
			44,9					18,2	12,5								$8,9 \cdot 10^{-10}$ (800kPa)		
F-4	13,7-14,0		CH	45,5	22,5	60,2	37,7	0,39	16,9	11,5		380	1300	2000	4000	6700			
			49,3					17,8	11,9								25,3 (28,5)	9,2 (0,0)	



D.N.: 17/2004

REZULTATI GEOMEHANSKIH LABORATORIJSKIH PREISKAV:

Poročilo: 124-1-04

Objekt: Luka Koper, obala v podaljšku veza 11, bazen 2

Datum: 14.6.2004

Vzorec	AC klasifikacija		Opis	Vlaga pred preiskavo	Atterbergovi konsistentni meji		Indeks plastičnosti	Indeks konsistence	Prostorninska teža	Suha prostorinska teža	Nedrenirana strižna trdnost	Strižna trdnost (triosna CU preiskava)		Modul stisljivosti v velikem edometru E_{oed}						Prepustnost
	Vrtna	Globina			w_p	w_L						I_p	I_c	γ	γ_d	c_u	$\phi' (^{\circ})$	c'	0-50	
				%	%	%	%	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^3	kPa	kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2	cm/s		
F-1	11,3-11,6		srednje plastična meljno peščena glina, lahko do srednje gnetna, siva	24,7	20,7	41,5	20,8	0,81*			9,3									
				38,8				0,13	18,4	13,3				630	1900	2800	5100	8900	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (200kPa)	
				32,6				0,43	18,7	14,1		34,6	0,0							
				49,1	20,5	63,4	42,9	0,33			13,0									
F-1	18,7-19,0		masna glina, lahko do srednje gnetna, siva	49,6					16,9	11,3				490	1100	1600	3300	6900	$3,5 \cdot 10^{-9}$ (400kPa)	
				46,2					17,6	12,1		28,0	0,0							

c/ REZULTATI PREISKAV
sestava in kvaliteta temeljnih tal

c/ REZULTATI PREISKAV – sestava in kvaliteta temeljnih tal

Površje lokacije prekrivajo umetno nasute zemljine. Te so do globine okoli 3,50 m sestavljena iz kamnitih materialov (tampon, grušč, samice dolomita in apnenca) in laporja. pod tem nasipom se nahajajo mešani sloji nasutega melja, peska, peščenega melja, pustih glin in podbobo. Skupna debelina nasipa se giblje med 6,0 in 9,0 m.

Pod nasipom smo registrirali najprej tanjši sloj peska in melja (SM, SU, ML), ki v globini 11,0 do 12,0 m pod koto površja (kota okoli 3,20 m) preide v mastne glin in visokoplastične melje (CH, MH), lahko do srednje gnetne konsistence. V tem morskem sedimentu smo praktično v vseh vrstah registrirali ostanke morskih polžkov in školjk.

V globini med 27 in 28 m pod koto površja preidejo lahko gnetne mastne glin in melji v nekoliko bolj konsolidirani sloj pustih glin. Te se nahajajo v težko gnetnem konsistenčnem stanju. Te glin predstavljajo prehod zgornjega mehkega glinastega sloja v zaglinjene prode in grušče.

Prodno gruščnate zemljine smo na celotni raziskani površini registrirali v globini med 28,0 in 29,0 m pod koto površja (kota -25,0 absolutno). Debelina tega prodno gruščnatega sloja, ki ga po gostotni sestavi ocenjujemo z zelo gosto, se giblje med 6 in 10 metri.

V globinah med -35,0 m in -50,0 m se nahajajo mešani in neenakomerno debeli sloji mastnih do pustih glin (CH, CI), meljev (MI, MH), srednjih peskov (SP, SU) in zaglinjenih prodiv (GC).

Prepereli del hribinske podlage pričanja v globini med -48,0 in -51,0 metri. Najprej se pojavi tanjši sloj prekonsolidiranih glin in meljev (prepereli lapor), tem pa sledijo skladi peščenjaka, prekinjeni s tanjšimi plastmi sivega peščenega laporja.

Geofizikalne karakteristike posameznih slojev so naslednje:

1. raščeni sloj, ki ga v globini 7,0 do 12,0 m predstavljajo melji, peski in peščeni melji (ML, SM)

- prostominska teža	$\gamma = 18,2$ do $18,8$ kN/m ³
- suha prostor. teža	$\gamma_d = 13,8$ do $14,4$ kN/m ³
- naravna vlaga w	w = 18 do 25 %
- indeks konsistence	I _c = 0,40 do 0,50
- vodoprepustnost	k = 10 ⁻⁵ do 10 ⁻⁷ m/sek
- kot notranjega trenja	$\phi = 28$ do 30 stopinj pri c=0
- strižna nedrenirana trdnost	C _u = 25 do 30 kPa
- modul stisljivosti	E _{oed} = 5000 do 6000 kN/m ²

2. sloj, ki se nahaja v globini med -12,0 in -27,0 m (CH, MH):

- prostominska teža	$\gamma = 16,5$ do $17,2$ kN/m ³
- suha prostor. teža	$\gamma_d = 11,4$ do $12,0$ kN/m ³
- naravna vlaga w	w = 42 do 48 %
- indeks konsistence	I _c = 0,25 do 0,33
- vodoprepustnost	k = 10 ⁻⁹ do 10 ⁻¹⁰ m/sek
- strižna nedrenirana trdnost	C _u = 35 do 40 kPa
- modul stisljivosti	E _{oed} = 3000 do 3500 kN/m ²

3. sloj temeljnih tal med globinama -28,0 in -38,0 m (GC, GP, GM)

- prostominska teža	$\gamma = 19,5$ do $21,0$ kN/m ³
- naravna vlaga w	w = 15 do 20 %
- relativna gostota	Dr = 90 do 93 %
- vodoprepustnost	k = 10^{-4} do 10^{-6} m/sek
- kot notranjega trenja	$\phi = 40$ do 42 stopinj pri c=0
- modul stisljivosti	Me = 120 do 150 MN/m ²

Zgoraj navedene vrednosti posameznih geofizikalnih karakteristik zemljin smo povzeli tako po podatkih terenskih raziskav, kakor tudi podatkov laboratorijskih raziskovanj. Ocenjujemo, da so podatki terenskih »in situ« raziskav natančnejši, pred vsem pri določevanju nedreniranih strižnih trdnosti in vseh konsolidacijskih parametrov.

Ljubljana, 18.6.2004

i-n-i d.o.o.
Podjetje za geotehnični & gradbeni inženiring
Bravničarjeva 20, Ljubljana

Obdelal:
Sergej Venturini,
univ. dipl. inž. gr.

