

# Analiza slijeganja i nosivost temeljnog tla lukobrana ribarske luke u Draču (Durrës) u Albaniji

---

**Bartulović, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:763637>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-28**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Ivan Bartulović**

**Split, 2015.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Ivan Bartulović**

**Analiza slijeganja i nosivost temeljnog tla lukobrana ribarske luke u  
Draču (Durrës) u Albaniji**

**Završni rad**

**Split, 2015.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: BARTULOVIĆ IVAN

BROJ INDEKSA: 4345

KATEDRA: **Katedra za geotehniku**

PREDMET: Mehanika tla i temeljenje

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

**Tema:** Lukobran ribarske luke u Draču (Durrës) u Albaniji - analize slijeganja i nosivosti temeljnog tla

**Opis zadatka:** Kandidatu su stavljeni na raspolaganje rezultati geotehničkih istražnih radova provedenih na predmetnoj lokaciji – situacija s ucrtanim položajima istražnih bušotina, geotehnički profili, sondažni profili i rezultati laboratorijskih isptivanja. Zadan je poprečni presjek novog lukobrana predviđen projektom. Potrebno je odrediti slijeganje krune nasipa u sredini poprečnog presjeka i slijeganje u rubnoj točki (nožici) nasipa, u zadanim karakterističnim presjecima (sredina i vrh lukobrana). Proračun slijeganja izvršiti klasično (analizom dodatnih naprezanja metodom Steinbrenner-a) i pomoću računalnog programa SETTLE3D u sklopu programskog paketa ROCSCIENCE. U istim karakterističnim presjecima (sredina i vrh lukobrana) osim slijeganja treba odrediti i nosivost temeljnog tla odnosno provjeriti granično stanje nosivosti prema Eurokodu 7 (HRN EN 1997-1:2012/NA:2012). Proračun za granično stanje nosivosti provesti za drenirane i nedrenirane uvjete.

U Splitu, 2. travnja 2015. godine

Voditelj Završnog rada:

  
doc.dr.sc. Nataša Štambuk Cvitanović

# **Analiza slijeganja i nosivost temeljnog tla ribarske luke u Draču (Durrës) u Albaniji**

## ***Sažetak:***

Prikazana je analiza slijeganja i nosivosti planiranog lukobrana ribarske luke u Draču, Albanija. Analiza slijeganja lukobrana izvršena je u četiri karakteristične točke klasično i pomoću računalnog programa SETTLE3D. Uvjeti temeljnog tla na lokaciji planirane ribarske luke definirani su geotehničkim elaboratom. Analizom je utvrđeno da je slijeganje približno jednoliko i očekivano za ovakvu građevinu i geotehničke uvjete. Proračunska nosivost temeljnog tla također zadovoljava za drenirane i nedrenirane uvjete.

## ***Ključne riječi:***

Slijeganje, lukobran, SETTLE3D, nasip

# **Analysis of fishing port breakwater settlement and bearing resistance in Durrës, Albania**

## ***Abstract:***

The thesis shows the analysis of settlement and bearing resistance for the planned breakwater of fishing port in Durrës, Albania. Analysis of settlement was made for the four characteristic points in the classic way and with the computer program SETTLE3D. Foundation soil conditions at the location of the planned fishing port are defined with the geotechnical studies. The analyses has shown that the settlement is approximately uniform and expected for such a structure and geotechnical conditions. The design bearing resistance also satisfies, both for drained and undrained conditions.

## ***Keywords:***

Settlement, breakwater, SETTLE3D, embankment

**SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b> .....	3
1.1. Opis zadatka.....	3
1.2. Osvrt na geotehničke istražne radove.....	3
<b>2. PRORAČUN SLIJEGANJA NASUTOG LUKOBRANA (klasično)</b> .....	4
2.1. Položaj karakterističnih presjeka.....	4
2.2. Analiza težine.....	5
2.3. Dodatna naprezanja po Steinbrenner-u.....	6
2.3.1. Uvod.....	7
2.3.2. Proračun dodatnih naprezanja.....	8
2.4. Analiza slijeganja.....	22
2.4.1. Proračun geostatičkih naprezanja.....	22
2.4.2. Proračun slijeganja od vlastite težine.....	26
2.4.3. Proračun slijeganja uslijed izgradnje novog lukobrana.....	27
<b>3. PRORAČUN SLIJEGANJA POMOĆU PROGRAMA SETTLE3D (ROCSCIENCE)</b>	
3.1. Uvod u program SETTLE3D.....	30
3.2. Rezultati slijeganja dobiveni pomoću programa SETTLE3D.....	31

**4. NOSIVOST PREMA EC7**

4.1. Analiza parametara tla.....	40
4.1.1. Prosječna svojstva tla do dubine bušenja.....	40
4.1.2. Svojstva tla kod dubine plohe sloma (GS 10).....	41
4.2. Analiza nosivosti temeljnog tla prema Eurokodu 7.....	42
4.2.1. 1. Način (slojevi geotehničkih sredina 7, 8, 9 i 10 uzeti u obzir).....	42
4.2.2. 2. Način (svojstva tla kod dubine plohe sloma (GS 10)).....	48

**5. ZAKLJUČAK.....**53

5.1. Rezultati provedene analize slijeganja lukobrana (klasično izvedene).....	54
5.2. Rezultati provedene analize slijeganja lukobrana (settle3d).....	54
5.3. Rezultati analize nosivosti temeljnog tla prema Eurokodu 7.....	55

**6. LITERATURA.....**56**7. PRILOZI.....**57

7.1. Prilog 1 - Situacija s položajem istražnih bušotina MJ 1:1250.....	58
7.2. Prilog 2 - Karakteristični poprečni presjek MJ 1:250.....	59
7.3. Prilog 3 - Geotehnički profil 1 MJ 1:100/MJ 1:200.....	60
7.4. Prilog 4 - Geotehnički profil 2 MJ 1:100/MJ 1:200.....	61
7.5. Prilog 5 - Sondažni profili.....	62

---

7.6. Prilog 6 - Rezultati geotehničkih laboratorijskih ispitivanja.....	63
7.7. Prilog 7 - Geotehnički modeli MJ 1:120.....	64
7.8. Prilog 8 - Analiza parametara tla.....	65



## 1. UVOD

### 1.1. Opis zadatka

Potrebno je izraditi analizu slijeganja planiranog nasutog lukobrana u luci Drač, jugozapadno od grada Drača u Albaniji. Prema priloženoj situaciji (prilog 1) izvršeni su istražni radovi na lokaciji budućeg objekta te u skladu s njima treba izračunati slijeganje i nosivost prema Eurokodu 7 za drenirane i nedrenirane uvjete u sredini i na rubu lukobrana. Analiza se vrši klasično (analizom dodatnih naprezanja metodom Steinbrenner-a) i pomoću programa SETTLE 3D u sklopu programskog paketa ROCSCIENCE.

### 1.2. Osvrt na geotehničke istražne radove

Za potrebe rješenja projektne dokumentacije luke Drač provedeni su geotehnički istražni radovi. Radovi su izvedeni s ciljem utvrđivanja geološko-geotehničku značajki terena, utvrđivanja nosivosti i deformacijskih svojstava tla te određivanja podzemne vode.

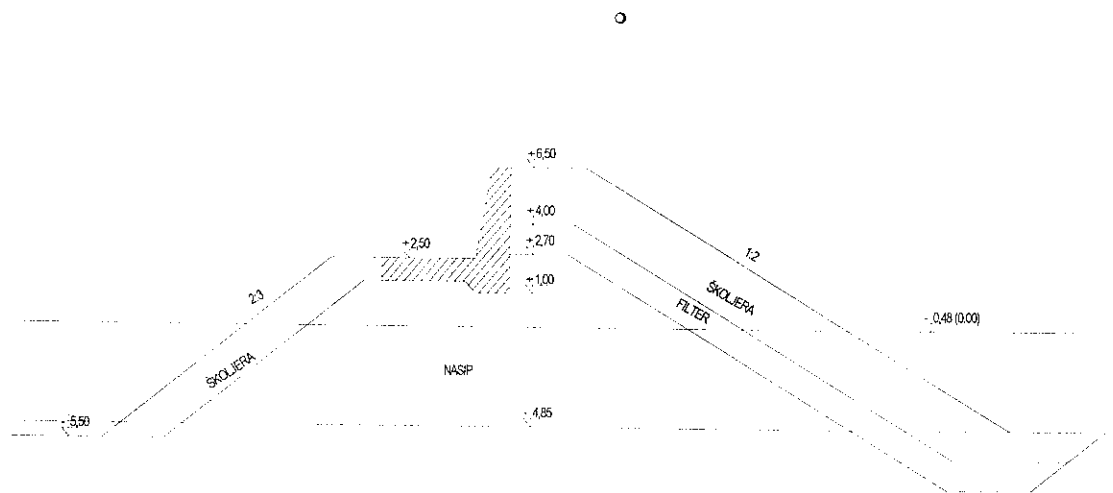
Podaci i rezultati istraživanja detaljno su prikazani u geotehničkom elaboratu izrađenom od strane laboratorija za geotehnička istraživanja Altea&Geostudio 2000 -Albanija (Tirana, lipanj 2013.) za tvrtku Strabag Hrvatska.

Terenski istražni radovi sastojali su se od geološke prospekcije terena, istražnog bušenja na ukupno 6 lokacija i in-situ ispitivanja tla dinamičkim penetrometrom (SPT) Podaci ispitivanja su prikazani u u prilogu (prilozi 5 i 6).

## 2. PRORAČUN SLIJEGANJA NASUTOG LUKOBRANA (klasično)

### 2.1. Položaj karakterističnih presjeka

Provjera slijeganja primarnog lukobrana duljine cca. 450 m provjerava se u dva presjeka tj. u četiri karakteristične točke. Prvi presjek se nalazi u sredini lukobrana na mjestu bušotina BH-1 i BH-7 (prilog 3). Drugi presjek se nalazi na kraju lukobrana na mjestu bušotina BH-2 i BH-5 (prilog 4).



Slika 1. Karakteristični poprečni presjek

## 2.2. Analiza težine

Nasuti lukobran dužine cca 450 m i visine  $h=11,35$  m uronjen je u more, a visina iznad razine mora iznosi  $h^{\prime}=6,98$  m (prilog 2). Nasip je prikazan aproksimativno (slika 2) radi lakšeg izračuna te je podijeljen u pet polja zbog oblika poprečnog presjeka i preciznijeg izračuna dodatnih naprezanja.

Jedinična težina nasipa tj. šljunka i kamena iznosi  $\gamma_n=21\text{ kN/m}^3$ , a uronjena težina  $\gamma^{\prime}_n=21-9,81=11,19\text{ kN/m}^3$ .

Težina nasipa za dva poprečna presjeka te za svako polje posebno:

$$P_1=1,28\text{ m}^2, P^{\prime}_1=22,88\text{ m}^2 \quad W_1=(1,28*450*21)+(22,88*450*11,19)=127308,2\text{ (kN)}$$

$$P_2=35,26\text{ m}^2, P^{\prime}_2=37,2\text{ m}^2 \quad W_2=(35,26*450*21)+(37,2*450*11,19)=520527,6\text{ (kN)}$$

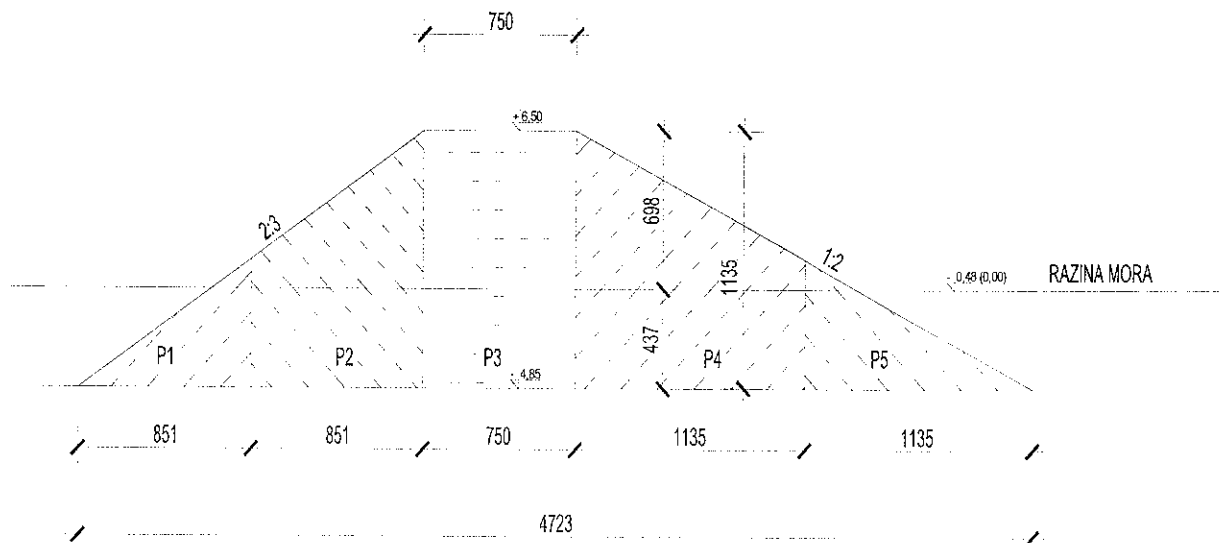
$$P_3=52,35\text{ m}^2, P^{\prime}_3=32,78\text{ m}^2 \quad W_3=(52,35*450*21)+(32,78*450*11,19)=659771,2\text{ (kN)}$$

$$P_4=47,02\text{ m}^2, P^{\prime}_4=49,6\text{ m}^2 \quad W_4=(47,02*450*21)+(49,6*450*11,19)=694099,88\text{ (kN)}$$

$$P_5=1,7\text{ m}^2, P^{\prime}_5=30,5\text{ m}^2 \quad W_5=(1,7*450*21)+(30,5*450*11,19)=169647,8\text{ (kN)}$$

Gdje je: P- površina suhog dijela presjeka

P'-površina uronjenog dijela presjeka



Slika 2. Prikaz karakterističnog presjeka (aproksimacija)

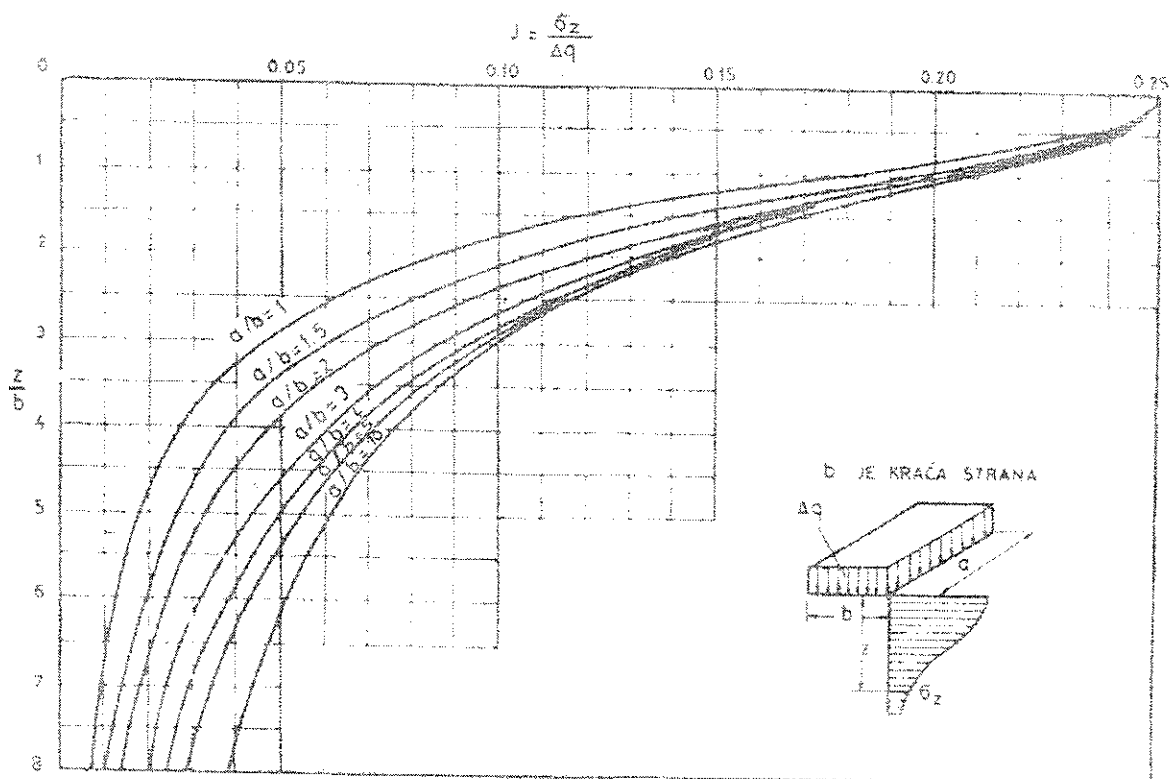
## 2.3. Dodatna naprezanja po Steinbrenner-u

### 2.3.1. Uvod

Dodatna naprezanja u tlu nastaju uglavnom zbog opterećenja ograničene površine tla nekom građevinom. Kako je tlo heterogeno, uslojeno i anizotropno nužno je uvesti pretpostavke da bi se pojave nastale uslijed dodatnih opterećenja mogle izračunati. Pretpostavke su sljedeće:

- tlo je neizmjeran poluprostor
- elastična sredina
- linearno deformabilno
- homogeno i izotropno.

Steinbrenner je dao dijagrame za dodatna naprezanja ispod jednog kuta pravokutne površine opteerećene jednolikim opterećenjem  $p_0$  (literatura web.).



Slika 3. Steinbrenner-ov dijagram za proračun uspravnih dodatnih naprezanja

Dodatna naprezanja po Steinbrenneru-u računaju se prema izrazu:

$$\Delta\sigma = N_s \cdot p_0$$

Gdje je:  $\Delta\sigma$  - dodatno naprezanje na dubini  $z'$  ispod stope temelja

$N_s$  - utjecajni faktor

$p_0$  - dodirno naprezanje

Koeficijent  $N_s$  očitavamo iz dijagrama kao funkcija veličina:

$$N_s = f(a/b, z'/b)$$

Gdje je:  $a$  - duža stranica

$b$  - kraća stranica elementa

$z'$  - promatrana dubina ispod stope temelja

Proračun po Steinbrenner-u dat je za kutne točke pravokutne tlocrtne površine temelja, a ukoliko računamo dodatna naprezanja za točke koje nisu u kutu temelja potrebno je površinu temelja podijeliti na manje fiktivne temeljne površine. Stoga je svaka promatrana točka u kutu određene površine te je izvršeno sumiranje utjecaja ostalih fiktivnih površina na tu točku.

Dodirno naprezanje uslijed kojeg se ostvaruje slijeganje:

$$p_0 = P/A$$

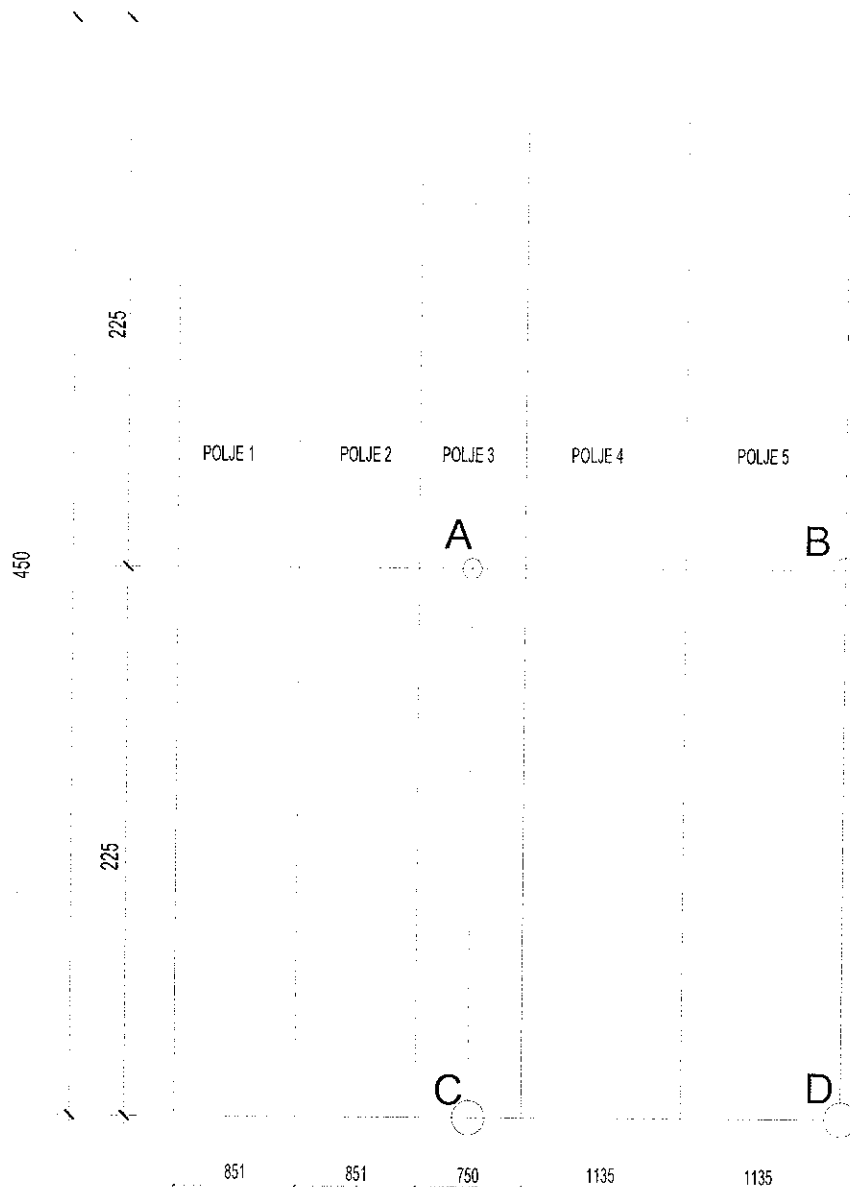
Gdje je:  $P_0$  - dio dodirnog naprezanja uslijed kojeg se ostvaruje slijeganje

$A$  - površina tlocrta nasipa

$P$  - težina nasipa

### 2.3.2. Proračun dodatnih naprezanja

Podijela temeljne plohe na polja:



Slika 4. Skica tlocrta lukobrana s točkama A, B, C i D u kojima treba izračunati slijeganje

Izračunata dodirna naprezanja za svako pojedino polje:

$$p_1 = P/A = 127308,2 / (8,51 * 450) = 33,24 \text{ (kPa)}$$

$$p_2 = P/A = 520527,6 / (8,51 * 450) = 135,93 \text{ (kPa)}$$

$$p_3 = P/A = 659771,2 / (7,5 * 450) = 195,49 \text{ (kPa)}$$

$$p_4 = P/A = 694099,8 / (11,35 * 450) = 135,9 \text{ (kPa)}$$

$$p_5 = P/A = 169647,8 / (11,35 * 450) = 33,22 \text{ (kPa)}$$

### TOČKA A

POLJE 3;  $p_3 = 195,49 \text{ kPa}$        $N = 3,75 \text{ m}$        $a = 225 \text{ m}$        $a/b > 10$  (uzet je dijagram  $a/b = 10$ )

Tablica 1. Izračun dodatnih naprezanja u točki A uslijed opterećenja polja 3

$z$	$z'$	$z'/b$	$N'$	$N_s = 4 * N$	$\Delta \sigma$	$N_s * p_3$
<b>0</b>	0	0	0,25	1		195,49
1,18	1,18	0,31	0,246	0,984		192,36
<b>2,36</b>	2,36	0,63	0,235	0,94		183,76
3,46	3,46	0,92	0,212	0,848		165,77
<b>4,56</b>	4,56	1,22	0,192	0,768		150,13
5,46	5,46	1,46	0,172	0,688		134,50
<b>6,36</b>	6,36	1,70	0,152	0,608		118,86
9,46	9,46	2,52	0,116	0,464		90,71
12,56	12,56	3,35	0,092	0,368		71,94
<b>15,66</b>	15,66	4,18	0,073	0,292		57,08
19,16	19,16	5,11	0,059	0,236		46,14
22,66	22,66	6,04	0,051	0,204		39,88
<b>26,16</b>	26,16	6,98	0,045	0,18		35,19
27,26	27,26	7,27	0,043	0,172		33,62
<b>28,36</b>	28,36	7,56	0,041	0,164		32,06

POLJE 4;  $p_4=135,9$  kPa  $N1$   $b=15,1$  m  $a=225$  m  $a/b>10$   $N2$   $b=3,75$  m  $a=225$  m  $a/b>10$

Tablica 2. Izračun dodatnih naprezanja u točki A uslijed opterećenja polja 4

$z$	$z'$	$z'/b$	$N1$	$z'/b$	$N2$	$N_s=2(N1-N2)$	$\Delta\sigma$	$N_s \cdot p_4$
<b>0</b>	0	0	0,25	0	0,25	0		0
1,18	1,18	0,08	0,25	0,31	0,245	0,01		1,36
<b>2,36</b>	2,36	0,16	0,249	0,63	0,238	0,022		2,99
3,46	3,46	0,23	0,247	0,92	0,215	0,064		8,70
<b>4,56</b>	4,56	0,30	0,245	1,22	0,2	0,09		12,23
5,46	5,46	0,36	0,244	1,46	0,175	0,138		18,75
<b>6,36</b>	6,36	0,42	0,243	1,70	0,152	0,182		24,73
9,46	9,46	0,63	0,24	2,52	0,115	0,25		33,97
12,56	12,56	0,83	0,213	3,35	0,092	0,242		32,89
<b>15,66</b>	15,66	1,04	0,203	4,18	0,072	0,262		35,61
19,16	19,16	1,27	0,182	5,11	0,058	0,248		33,70
22,66	22,66	1,50	0,171	6,04	0,051	0,24		32,62
<b>26,16</b>	26,16	1,73	0,15	6,98	0,045	0,21		28,54
27,26	27,26	1,81	0,145	7,27	0,043	0,204		27,72
<b>28,36</b>	28,36	1,88	0,143	7,56	0,041	0,204		27,72

POLJE 5;  $p_5=33,22$  kPa  $N1$   $b=26,45$  m  $a=225$  m  $a/b>8,5$   $N2$   $b=15,1$  m  $a=225$  m  $a/b>10$

Tablica 3. Izračun dodatnih naprezanja u točki A uslijed opterećenja polja 5

$z$	$z'$	$z'/b$	$N1$	$z'/b$	$N2$	$N_s=2(N1-N2)$	$\Delta\sigma$	$N_s \cdot p_5$
<b>0</b>	0	0	0,25	0	0,25	0,00		0,00
1,18	1,18	0,04	0,25	0,08	0,25	0,00		0,00
<b>2,36</b>	2,36	0,09	0,25	0,16	0,25	0,00		0,00
3,46	3,46	0,13	0,247	0,23	0,247	0,00		0,00
<b>4,56</b>	4,56	0,17	0,246	0,30	0,246	0,00		0,00
5,46	5,46	0,21	0,245	0,36	0,245	0,00		0,00
<b>6,36</b>	6,36	0,24	0,244	0,42	0,244	0,00		0,00
9,46	9,46	0,36	0,243	0,63	0,243	0,00		0,00
12,56	12,56	0,47	0,241	0,83	0,228	0,026		0,86
<b>15,66</b>	15,66	0,59	0,24	1,04	0,205	0,07		2,33
19,16	19,16	0,72	0,225	1,27	0,191	0,068		2,26
22,66	22,66	0,86	0,214	1,50	0,17	0,088		2,92
<b>26,16</b>	26,16	0,99	0,21	1,73	0,156	0,108		3,59
27,26	27,26	1,03	0,209	1,81	0,146	0,126		4,19
<b>28,36</b>	28,36	1,07	0,208	1,88	0,142	0,132		4,38



POLJE 2;  $p_2=135,92\text{kPa}$   $N1\ b=12,26\text{ m}$   $a=225\text{ m}$   $a/b>10$   $N2\ b=3,75\text{ m}$   $a=225\text{ m}$   $a/b>10$

Tablica 4. Izračun dodatnih naprezanja u točki A uslijed opterećenja polja 2

z	z'	z'/b	N1	z'/b	N2	$N_s=2(N1-N2)$	$\Delta\sigma$	$N_s \cdot p_2$
<b>0</b>	0	0	0,25	0	0,25	0,00		0,00
1,18	1,18	0,10	0,249	0,31	0,248	0,002		0,27
<b>2,36</b>	2,36	0,19	0,248	0,63	0,238	0,02		2,72
3,46	3,46	0,28	0,247	0,92	0,215	0,064		8,70
<b>4,56</b>	4,56	0,37	0,245	1,22	0,198	0,094		12,78
5,46	5,46	0,45	0,244	1,46	0,174	0,14		19,03
<b>6,36</b>	6,36	0,52	0,242	1,70	0,159	0,166		22,56
9,46	9,46	0,77	0,232	2,52	0,113	0,238		32,35
12,56	12,56	1,02	0,205	3,35	0,092	0,226		30,72
<b>15,66</b>	15,66	1,28	0,191	4,18	0,074	0,234		31,81
19,16	19,16	1,56	0,155	5,11	0,059	0,192		26,10
22,66	22,66	1,85	0,151	6,04	0,052	0,198		26,91
<b>26,16</b>	26,16	2,13	0,138	6,98	0,044	0,188		25,55
27,26	27,26	2,22	0,131	7,27	0,043	0,176		23,92
<b>28,36</b>	28,36	2,31	0,124	7,56	0,041	0,166		22,56

POLJE 1;  $p_1=33,24\text{ kPa}$   $N1\ b=20,77\text{ m}$   $a=225\text{ m}$   $a/b>10$   $N2\ b=12,26\text{ m}$   $a=225\text{ m}$   $a/b>10$

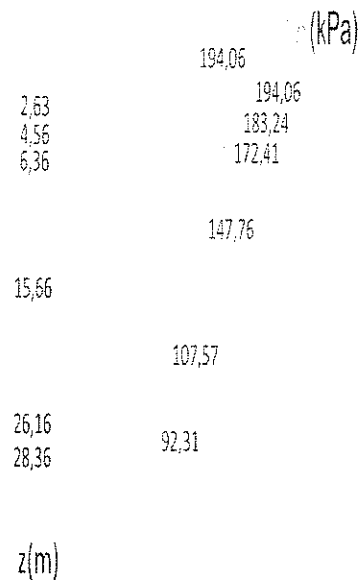
Tablica 5. Izračun dodatnih naprezanja u točki A uslijed opterećenja polja 1

z	z'	z'/b	N1	z'/b	N2	$N_s=2(N1-N2)$	$\Delta\sigma = N_s \cdot p_1$
<b>0</b>	0	0	0,25	0	0,25	0,00	0,00
1,18	1,18	0,06	0,249	0,10	0,248	0,002	0,07
<b>2,36</b>	2,36	0,11	0,248	0,19	0,247	0,002	0,07
3,46	3,46	0,17	0,247	0,28	0,246	0,002	0,07
<b>4,56</b>	4,56	0,22	0,246	0,37	0,244	0,004	0,13
5,46	5,46	0,26	0,245	0,45	0,243	0,004	0,13
<b>6,36</b>	6,36	0,31	0,244	0,52	0,241	0,006	0,20
9,46	9,46	0,46	0,243	0,77	0,231	0,024	0,80
12,56	12,56	0,60	0,24	1,02	0,205	0,07	2,33
<b>15,66</b>	15,66	0,75	0,241	1,28	0,175	0,132	4,39
19,16	19,16	0,92	0,213	1,56	0,164	0,098	3,26
22,66	22,66	1,09	0,2	1,85	0,147	0,106	3,52
<b>26,16</b>	26,16	1,26	0,19	2,13	0,134	0,112	3,72
27,26	27,26	1,31	0,174	2,22	0,131	0,086	2,86
<b>28,36</b>	28,36	1,37	0,172	2,31	0,125	0,094	3,12

Tablica 6. Suma svih utjecajnih dodatnih naprezanja po poljima za točku A

dubina z(m)	$\Delta\sigma$ (kPa)
<b>0</b>	195,49
<b>1,18</b>	<b>194,06</b>
<b>2,36</b>	189,53
<b>3,46</b>	<b>183,24</b>
<b>4,56</b>	175,28
<b>5,46</b>	<b>172,41</b>
<b>6,36</b>	166,35
9,46	157,83
12,56	138,74
<b>15,66</b>	131,21
19,16	111,45
22,66	105,86
<b>26,16</b>	96,59
27,26	<b>92,31</b>
<b>28,36</b>	89,86

A



Slika 5. Dijagram raspodjele dodatnih naprezanja za točku

## TOČKA B

POLJE 5;  $p_5=33,22$  kPa       $N1$   $b=11,35$  m    $a=225$  m    $a/b>10$  (uzet je dijagram  $a/b=10$ )

Tablica 7. Izračun dodatnih naprezanja u točki B uslijed opterećenja polja 5

$z$	$z'$	$z'/b$	$N$	$N_s=2*N$	$\Delta\sigma$	$N_s \cdot p_5$
0	0	0	0,25	0,5		16,61
0,93	0,93	0,08	0,249	0,498		16,54
3,23	3,23	0,28	0,247	0,494		16,41
5,53	5,53	0,49	0,244	0,488		16,21
6,43	6,43	0,57	0,243	0,486		16,14
7,33	7,33	0,65	0,24	0,48		15,94
9,28	9,28	0,82	0,221	0,442		14,68
11,23	11,23	0,99	0,211	0,422		14,02
13,3	13,3	1,17	0,199	0,398		13,22
15,6	15,6	1,37	0,174	0,348		11,56
17,9	17,9	1,58	0,163	0,326		10,83
21,3	21,3	1,88	0,146	0,292		9,70
24,7	24,7	2,18	0,136	0,272		9,03
28,2	28,2	2,48	0,119	0,238		7,91
29,35	29,35	2,59	0,114	0,228		7,57
30,5	30,5	2,69	0,11	0,22		7,31

POLJE 4;  $p_4=135,9$  kPa     $N1$   $b=22,7$  m    $a=225$  m    $a/b>10$      $N2$   $b=11,35$  m    $a=225$  m    $a/b>10$ 

Tablica 8. Izračun dodatnih naprezanja u točki B uslijed opterećenja polja 4

$z$	$z'$	$z'/b$	$N1$	$z'/b$	$N2$	$N_s=2(N1-N2)$	$\Delta\sigma$	$N_s \cdot p_4$
0	0	0	0,25	0	0,25	0,00		0,00
0,93	0,93	0,04	0,25	0,08	0,249	0,002		0,27
3,23	3,23	0,14	0,249	0,28	0,247	0,004		0,54
5,53	5,53	0,24	0,248	0,49	0,244	0,008		1,09
6,43	6,43	0,28	0,247	0,57	0,243	0,008		1,09
7,33	7,33	0,32	0,246	0,65	0,24	0,012		1,63
9,28	9,28	0,41	0,245	0,82	0,221	0,048		6,52
11,23	11,23	0,49	0,244	0,99	0,211	0,066		8,97
13,3	13,3	0,59	0,243	1,17	0,199	0,088		11,96
15,6	15,6	0,69	0,238	1,37	0,174	0,128		17,39
17,9	17,9	0,79	0,222	1,58	0,163	0,118		16,04
21,3	21,3	0,94	0,215	1,88	0,146	0,138		18,75
24,7	24,7	1,09	0,205	2,18	0,136	0,138		18,75
28,2	28,2	1,24	0,189	2,48	0,119	0,14		19,03
29,35	29,35	1,29	0,188	2,59	0,114	0,148		20,11
30,5	30,5	1,34	0,179	2,69	0,11	0,138		18,75

POLJE 3;  $p_3=195,49$  kPa N1  $b=30,2$  m  $a=225$  m  $a/b=7,45$  N2  $b=22,7$  m  $a=225$  m  $a/b>10$

Tablica 9. Izračun dodatnih naprezanja u točki B uslijed opterećenja polja 3

z	z'	z'/b	N1	z'/b	N2	$N_s=2(N1-N2)$	$\Delta\sigma = N_s \cdot p_3$
0	0	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00
<b>0,93</b>	<b>0,93</b>	0,03	0,25	0,04	0,25	0,00	0,00
3,23	3,23	0,11	0,249	0,14	0,249	0,00	0,00
<b>5,53</b>	<b>5,53</b>	0,18	0,249	0,24	0,248	0,002	0,27
6,43	6,43	0,21	0,249	0,28	0,247	0,004	0,54
<b>7,33</b>	<b>7,33</b>	0,24	0,248	0,32	0,246	0,004	0,54
9,28	9,28	0,31	0,247	0,41	0,245	0,004	0,54
11,23	11,23	0,37	0,246	0,49	0,244	0,004	0,54
<b>13,3</b>	<b>13,3</b>	0,44	0,245	0,59	0,243	0,004	0,54
15,6	15,6	0,52	0,244	0,69	0,238	0,012	1,63
<b>17,9</b>	<b>17,9</b>	0,59	0,243	0,79	0,222	0,042	5,71
21,3	21,3	0,71	0,231	0,94	0,215	0,032	4,35
24,7	24,7	0,82	0,228	1,09	0,205	0,046	6,25
<b>28,2</b>	<b>28,2</b>	0,93	0,217	1,24	0,189	0,056	7,61
29,35	29,35	0,97	0,215	1,29	0,188	0,054	7,34
<b>30,5</b>	<b>30,5</b>	1,01	0,205	1,34	0,179	0,052	7,07

POLJE 2;  $p_2=135,93$  kPa N1  $b=38,71$  m  $a=225$  m  $a/b=5,8$  N2  $b=30,2$  m  $a=225$  m  $a/b=7,45$

Tablica 10. Izračun dodatnih naprezanja u točki B uslijed opterećenja polja 2

z	z'	z'/b	N1	z'/b	N2	$N_s=2(N1-N2)$	$\Delta\sigma = N_s \cdot p_2$
0	0	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00
<b>0,93</b>	<b>0,93</b>	0,02	0,25	0,03	0,25	0,00	0,00
3,23	3,23	0,08	0,249	0,11	0,249	0,00	0,00
<b>5,53</b>	<b>5,53</b>	0,14	0,249	0,18	0,249	0,00	0,00
6,43	6,43	0,17	0,249	0,21	0,249	0,00	0,00
<b>7,33</b>	<b>7,33</b>	0,19	0,249	0,24	0,248	0,002	0,27
9,28	9,28	0,24	0,248	0,31	0,247	0,002	0,27
11,23	11,23	0,29	0,247	0,37	0,246	0,002	0,27
<b>13,3</b>	<b>13,3</b>	0,34	0,246	0,44	0,245	0,002	0,27
15,6	15,6	0,40	0,245	0,52	0,244	0,002	0,27
<b>17,9</b>	<b>17,9</b>	0,46	0,244	0,59	0,243	0,002	0,27
21,3	21,3	0,55	0,241	0,71	0,231	0,02	2,72
24,7	24,7	0,64	0,235	0,82	0,228	0,014	1,90
<b>28,2</b>	<b>28,2</b>	0,73	0,228	0,93	0,217	0,022	2,99
29,35	29,35	0,76	0,225	0,97	0,215	0,02	2,72
<b>30,5</b>	<b>30,5</b>	0,79	0,221	1,01	0,205	0,032	4,35

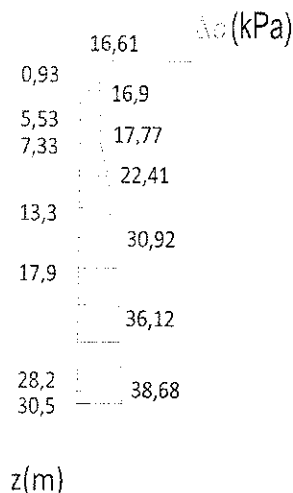
POLJE 1;  $p_1=33,22\text{kPa}$   $N1$   $b=47,22$  m  $a=225$  m  $a/b=4,76$   $N2$   $b=38,71$  m  $a=225$  m  $a/b=5,8$

Tablica 11. Izračun dodatnih naprezanja u točki B uslijed opterećenja polja 1

z	z'	z'/b	N1	z'/b	N2	$N_s=2(N1-N2)$	$\Delta\sigma$	$N_s \cdot p_1$
0	0	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
0,93	0,93	0,02	0,25	0,02	0,25	0,00	0,00	0,00
3,23	3,23	0,07	0,25	0,08	0,249	0,002	0,07	0,07
5,53	5,53	0,12	0,25	0,14	0,249	0,002	0,07	0,07
6,43	6,43	0,14	0,249	0,17	0,249	0,00	0,00	0,00
7,33	7,33	0,16	0,249	0,19	0,249	0,00	0,00	0,00
9,28	9,28	0,20	0,249	0,24	0,248	0,002	0,07	0,07
11,23	11,23	0,24	0,248	0,29	0,247	0,002	0,07	0,07
13,3	13,3	0,28	0,247	0,34	0,246	0,002	0,07	0,07
15,6	15,6	0,33	0,246	0,40	0,245	0,002	0,07	0,07
17,9	17,9	0,38	0,245	0,46	0,244	0,002	0,07	0,07
21,3	21,3	0,45	0,243	0,55	0,241	0,004	0,13	0,13
24,7	24,7	0,52	0,242	0,64	0,235	0,014	0,47	0,47
28,2	28,2	0,60	0,239	0,73	0,228	0,022	0,73	0,73
29,35	29,35	0,62	0,239	0,76	0,225	0,028	0,93	0,93
30,5	30,5	0,65	0,238	0,79	0,221	0,034	1,13	1,13

Tablica 12. Suma svih utjecajnih dodatnih naprezanja po poljima za točku B

dubina z(m)	$\Delta\sigma$ (kPa)
0	16,61
0,93	16,81
3,23	17,02
5,53	17,63
6,43	17,77
7,33	18,39
9,28	22,09
11,23	23,87
13,3	26,06
15,6	30,92
17,9	32,91
21,3	35,65
24,7	36,41
28,2	38,26
29,35	38,68
30,5	38,61



Slika 6. Dijagram raspodjele dodatnih naprezanja za točku B

## TOČKA C

POLJE 3;  $p_3=195,49$  kPa  $N_1$   $b=3,75$  m  $a=450$  m  $a/b>10$  (uzet je dijagram  $a/b=10$ )

Tablica 13. Izračun dodatnih naprezanja u točki C uslijed opterećenja polja 3

z	z'	z'/b	N	$N_s=2*N$	$\Delta\sigma$	$N_s \cdot p_3$
0	0	0	0,25	0,5		97,75
1,74	1,74	0,46	0,242	0,484		94,62
<b>3,48</b>	<b>3,48</b>	0,93	0,215	0,43		84,06
3,98	3,98	1,06	0,205	0,41		80,15
<b>4,48</b>	<b>4,48</b>	1,19	0,194	0,388		75,85
6,73	6,73	1,79	0,151	0,302		59,04
<b>8,98</b>	<b>8,98</b>	2,39	0,122	0,244		47,70
<b>9,48</b>	<b>9,48</b>	2,53	0,116	0,232		45,35
13,03	13,03	3,47	0,078	0,156		30,50
<b>16,58</b>	<b>16,58</b>	4,42	0,069	0,138		26,98
<b>17,28</b>	<b>17,28</b>	4,61	0,066	0,132		25,80
19,98	19,98	5,33	0,058	0,116		22,68
22,68	22,68	6,05	0,051	0,102		19,94
<b>25,38</b>	<b>25,38</b>	6,77	0,047	0,094		18,38
28,33	28,33	7,55	0,041	0,082		16,03
<b>31,28</b>	<b>31,28</b>	8,34	0,039	0,078		15,25

POLJE 4;  $p_4=135,9$  kPa  $N_1$   $b=15,1$  m  $a=450$  m  $a/b>10$   $N_2$   $b=3,75$  m  $a=450$  m  $a/b>10$ 

Tablica 14. Izračun dodatnih naprezanja u točki C uslijed opterećenja polja 4

z	z'	z'/b	N1	z'/b	N2	$N_s=(N_1-N_2)$	$\Delta\sigma = N_s \cdot p_4$
0	0	0	0,25	0	0,25	0,00	0,00
1,74	1,74	0,12	0,249	0,46	0,242	0,007	0,95
<b>3,48</b>	<b>3,48</b>	0,23	0,248	0,93	0,215	0,033	4,48
4,86	4,86	0,32	0,247	1,30	0,191	0,056	7,61
6,23	6,23	0,41	0,245	1,66	0,16	0,085	11,55
7,58	7,58	0,50	0,242	2,02	0,151	0,091	12,37
<b>8,98</b>	<b>8,98</b>	0,59	0,239	2,39	0,122	0,117	15,90
<b>9,48</b>	<b>9,48</b>	0,63	0,236	2,53	0,116	0,12	16,31
13,03	13,03	0,86	0,221	3,47	0,089	0,132	17,94
<b>16,58</b>	<b>16,58</b>	1,10	0,201	4,42	0,069	0,132	17,94
<b>17,28</b>	<b>17,28</b>	1,14	0,198	4,61	0,066	0,132	17,94
19,98	19,98	1,32	0,186	5,33	0,058	0,128	17,39
22,68	22,68	1,50	0,17	6,05	0,051	0,119	16,17
<b>25,38</b>	<b>25,38</b>	1,68	0,155	6,77	0,047	0,108	14,68
28,33	28,33	1,88	0,149	7,55	0,041	0,108	14,68
<b>31,28</b>	<b>31,28</b>	2,07	0,138	8,34	0,039	0,099	13,45

Ivan Bartulović

POLJE 5;  $p_5=33,22$  kPa  $N1$   $b=36,45$  m  $a=450$  m  $a/b>10$   $N2$   $b=15,1$  m  $a=450$  m  $a/b>10$ 

Tablica 15. Izračun dodatnih naprezanja u točki C uslijed opterećenja polja 5

$z$	$z'$	$z'/b$	$N1$	$z'/b$	$N2$	$N_s=2(N1-N2)$	$\Delta\sigma$	$N_s \times p_5$
0	0	0	0,25	0	0,25	0,00		0,00
1,74	1,74	0,07	0,25	0,12	0,249	0,001		0,03
<b>3,48</b>	<b>3,48</b>	0,13	0,249	0,23	0,248	0,001		0,03
3,98	3,98	0,15	0,249	0,26	0,247	0,002		0,07
<b>4,48</b>	<b>4,48</b>	0,17	0,248	0,30	0,245	0,003		0,10
6,73	6,73	0,25	0,247	0,45	0,242	0,005		0,17
<b>8,98</b>	<b>8,98</b>	0,34	0,246	0,59	0,239	0,007		0,23
<b>9,48</b>	<b>9,48</b>	0,36	0,246	0,63	0,236	0,01		0,33
13,03	13,03	0,49	0,244	0,86	0,221	0,023		0,76
<b>16,58</b>	<b>16,58</b>	0,63	0,238	1,10	0,201	0,037		1,23
<b>17,28</b>	<b>17,28</b>	0,65	0,236	1,14	0,198	0,038		1,26
19,98	19,98	0,76	0,228	1,32	0,186	0,042		1,40
22,68	22,68	0,86	0,218	1,50	0,17	0,048		1,59
<b>25,38</b>	<b>25,38</b>	0,96	0,212	1,68	0,155	0,057		1,89
28,33	28,33	1,07	0,202	1,88	0,149	0,053		1,76
<b>31,28</b>	<b>31,28</b>	1,18	0,193	2,07	0,138	0,055		1,83

POLJE 2;  $p_2=135,93$  kPa  $N1$   $b=12,26$  m  $a=450$  m  $a/b>10$   $N2$   $b=3,75$  m  $a=450$  m  $a/b>10$ 

Tablica 16. Izračun dodatnih naprezanja u točki C uslijed opterećenja polja 2

$z$	$z'$	$z'/b$	$N1$	$z'/b$	$N2$	$N_s=2(N1-N2)$	$\Delta\sigma = N_s \times p_2$
0	0	0	0,25	0	0,25	0,00	0,00
1,74	1,74	0,14	0,249	0,46	0,242	0,007	0,95
<b>3,48</b>	<b>3,48</b>	0,28	0,248	0,93	0,215	0,033	4,49
3,98	3,98	0,32	0,246	1,06	0,205	0,041	5,57
<b>4,48</b>	<b>4,48</b>	0,37	0,235	1,19	0,194	0,041	5,57
6,73	6,73	0,55	0,241	1,79	0,151	0,09	12,23
<b>8,98</b>	<b>8,98</b>	0,73	0,232	2,39	0,122	0,11	14,95
<b>9,48</b>	<b>9,48</b>	0,77	0,231	2,53	0,116	0,115	15,63
13,03	13,03	1,06	0,203	3,47	0,088	0,115	15,63
<b>16,58</b>	<b>16,58</b>	1,35	0,186	4,42	0,069	0,117	15,90
<b>17,28</b>	<b>17,28</b>	1,41	0,18	4,61	0,066	0,114	15,50
19,98	19,98	1,63	0,162	5,33	0,058	0,104	14,14
22,68	22,68	1,85	0,149	6,05	0,051	0,098	13,32
<b>25,38</b>	<b>25,38</b>	2,07	0,138	6,77	0,047	0,091	12,37
28,33	28,33	2,31	0,123	7,55	0,041	0,082	11,15
<b>31,28</b>	<b>31,28</b>	2,55	0,116	8,34	0,039	0,077	10,47

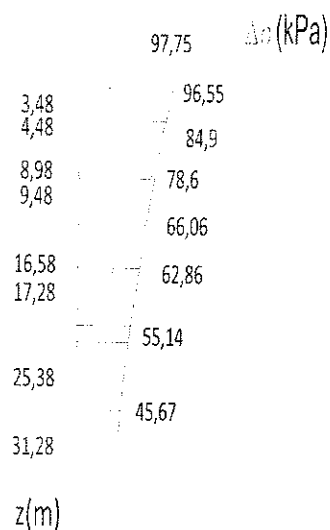
POLJE 1;  $p_1=33,24$  kPa  $N_1$   $b=26,45$  m  $a=450$  m  $a/b>10$   $N_2$   $b=12,26$  m  $a=450$  m  $a/b>10$

Tablica 17. Izračun dodatnih naprezanja u točki C uslijed opterećenja polja 1

$z$	$z'$	$z'/b$	$N_1$	$z'/b$	$N_2$	$N_s=2(N_1-N_2)$	$\Delta\sigma$	$N_s \cdot p_1$
<b>0</b>	<b>0</b>	0	0,25	0	0,25	0,00		0,00
1,74	1,74	0,08	0,249	0,14	0,249	0,00		0,00
<b>3,48</b>	<b>3,48</b>	0,17	0,248	0,28	0,248	0,00		0,00
3,98	3,98	0,19	0,247	0,32	0,246	0,001		0,03
<b>4,48</b>	<b>4,48</b>	0,22	0,247	0,37	0,235	0,012		0,40
6,73	6,73	0,32	0,246	0,55	0,241	0,005		0,17
<b>8,98</b>	<b>8,98</b>	0,43	0,244	0,73	0,232	0,012		0,40
<b>9,48</b>	<b>9,48</b>	0,46	0,243	0,77	0,231	0,012		0,40
13,03	13,03	0,63	0,24	1,06	0,203	0,037		1,23
<b>16,58</b>	<b>16,58</b>	0,80	0,23	1,35	0,186	0,044		1,46
<b>17,28</b>	<b>17,28</b>	0,83	0,228	1,41	0,18	0,048		1,60
19,98	19,98	0,96	0,212	1,63	0,162	0,05		1,66
22,68	22,68	1,09	0,202	1,85	0,149	0,053		1,76
<b>25,38</b>	<b>25,38</b>	1,22	0,195	2,07	0,138	0,057		1,89
28,33	28,33	1,36	0,185	2,31	0,123	0,062		2,06
<b>31,28</b>	<b>31,28</b>	1,51	0,171	2,55	0,116	0,055		<sup>9</sup> 1,83

Tablica 18. Suma svih utjecajnih dodatnih naprezanja po poljima za točku C

dubina $z$ (m)	$\Delta\sigma$ (kPa)
<b>0</b>	97,75
1,74	<b>96,55</b>
<b>3,48</b>	93,06
3,98	93,43
<b>4,48</b>	93,47
6,73	83,97
<b>8,98</b>	79,18
<b>9,48</b>	78,02
13,03	<b>66,06</b>
<b>16,58</b>	63,51
<b>17,28</b>	62,10
19,98	57,27
22,68	52,79
<b>25,38</b>	49,21
28,33	<b>45,67</b>
<b>31,28</b>	42,82



Slika 7. Dijagram raspodjele dodatnih naprezanja za točku C



## TOČKA D

POLJE 5;  $q_5=33,22$  kPa  $N_1$   $b=11,35$  m  $a=450$  m  $a/b>10$  (uzet je dijagram  $a/b=10$ )

Tablica 19. Izračun dodatnih naprezanja u točki D uslijed opterećenja polja 5

z	z'	z'/b	N	N <sub>s</sub> =N	$\Delta\sigma$	N <sub>s</sub> *q <sub>5</sub>
<b>0</b>	<b>0</b>	0	0,25	0,25		8,30
1,82	1,82	0,16	0,249	0,249		8,27
<b>3,63</b>	<b>3,63</b>	0,32	0,247	0,247		8,20
4,98	4,98	0,44	0,244	0,244		8,10
<b>6,33</b>	<b>6,33</b>	0,56	0,238	0,238		7,91
7,63	7,63	0,67	0,235	0,235		7,81
<b>8,93</b>	<b>8,93</b>	0,79	0,228	0,228		7,57
12,03	12,03	1,06	0,205	0,205		6,81
15,13	15,13	1,33	0,174	0,174		5,78
<b>18,23</b>	<b>18,23</b>	1,61	0,164	0,164		5,45
<b>19,13</b>	<b>19,13</b>	1,69	0,162	0,162		5,38
21,83	21,83	1,92	0,147	0,147		4,88
24,53	24,53	2,16	0,136	0,136		4,52
<b>27,23</b>	<b>27,23</b>	2,40	0,12	0,12		3,99
30,18	30,18	2,66	0,113	0,113		3,75
<b>33,13</b>	<b>33,13</b>	2,92	0,101	0,101		3,35

POLJE 4;  $p_4=135,9$  kPa  $N_1$   $b=22,7$  m  $a=450$  m  $a/b>10$   $N_2$   $b=11,35$  m  $a=450$  m  $a/b>10$

Tablica 20. Izračun dodatnih naprezanja u točki D uslijed opterećenja polja 4

z	z'	z'/b	N1	z'/b	N2	N <sub>s</sub> =(N1-N2)	$\Delta\sigma$	N <sub>s</sub> *p <sub>4</sub>
<b>0</b>	<b>0</b>	0	0,25	0	0,25	0,00		0,00
1,82	1,82	0,08	0,249	0,16	0,249	0,00		0,00
<b>3,63</b>	<b>3,63</b>	0,16	0,248	0,32	0,247	0,001		0,14
4,98	4,98	0,22	0,248	0,44	0,244	0,004		0,54
<b>6,33</b>	<b>6,33</b>	0,28	0,247	0,56	0,238	0,009		1,22
7,63	7,63	0,34	0,246	0,67	0,235	0,011		1,49
<b>8,93</b>	<b>8,93</b>	0,39	0,245	0,79	0,228	0,017		2,31
12,03	12,03	0,53	0,241	1,06	0,205	0,036		4,89
15,13	15,13	0,67	0,236	1,33	0,174	0,062		8,43
<b>18,23</b>	<b>18,23</b>	0,80	0,221	1,61	0,164	0,057		7,75
<b>19,13</b>	<b>19,13</b>	0,84	0,218	1,69	0,162	0,056		7,61
21,83	21,83	0,96	0,211	1,92	0,147	0,064		8,70
24,53	24,53	1,08	0,202	2,16	0,136	0,066		8,97
<b>27,23</b>	<b>27,23</b>	1,20	0,195	2,40	0,12	0,075		10,19
30,18	30,18	1,33	0,174	2,66	0,113	0,061		8,29
<b>33,13</b>	<b>33,13</b>	1,46	0,169	2,92	0,101	0,068		9,24

POLJE 3;  $p_3=195,49$  kPa N1  $b=22,7$  m  $a=450$  m  $a/b>10$  N2  $b=11,35$  m  $a=450$  m  $a/b>10$

Tablica 21. Izračun dodatnih naprezanja u točki D uslijed opterećenja polja 3

z	z'	z'/b	N1	z'/b	N2	Ns=(N1-N2)	$\Delta\sigma$	Ns $\cdot p_3$
0	0	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00		0,00
1,82	1,82	0,06	0,25	0,08	0,249	0,001		0,14
<b>3,63</b>	<b>3,63</b>	0,12	0,249	0,16	0,248	0,001		0,14
4,98	4,98	0,16	0,249	0,22	0,248	0,001		0,14
<b>6,33</b>	<b>6,33</b>	0,21	0,248	0,28	0,247	0,001		0,14
7,63	7,63	0,25	0,246	0,34	0,245	0,001		0,14
<b>8,93</b>	<b>8,93</b>	0,30	0,245	0,39	0,244	0,001		0,14
12,03	12,03	0,40	0,244	0,53	0,241	0,003		0,41
15,13	15,13	0,50	0,242	0,67	0,236	0,006		0,82
<b>18,23</b>	<b>18,23</b>	0,60	0,238	0,80	0,221	0,017		2,31
<b>19,13</b>	<b>19,13</b>	0,63	0,235	0,84	0,218	0,017		2,31
21,83	21,83	0,72	0,231	0,96	0,211	0,02		2,72
24,53	24,53	0,81	0,22	1,08	0,202	0,018		2,45
<b>27,23</b>	<b>27,23</b>	0,90	0,216	1,20	0,195	0,021		2,85
30,18	30,18	1,00	0,206	1,33	0,174	0,032		4,35
<b>33,13</b>	<b>33,13</b>	1,10	0,206	1,46	0,169	0,037		5,03

POLJE 2;  $p_2=135,93$  kPa N1  $b=38,71$  m  $a=450$  m  $a/b>10$  N2  $b=30,2$  m  $a=450$  m  $a/b>10$

Tablica 22. Izračun dodatnih naprezanja u točki D uslijed opterećenja polja 2

z	z'	z'/b	N1	z'/b	N2	Ns=(N1-N2)	$\Delta\sigma$	Ns $\cdot p_2$
0	0	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00		0,00
1,82	1,82	0,05	0,25	0,06	0,25	0,00		0,00
<b>3,63</b>	<b>3,63</b>	0,09	0,249	0,12	0,249	0,00		0,00
4,98	4,98	0,13	0,249	0,16	0,249	0,00		0,00
<b>6,33</b>	<b>6,33</b>	0,16	0,248	0,21	0,248	0,00		0,00
7,63	7,63	0,20	0,248	0,25	0,246	0,002		0,27
<b>8,93</b>	<b>8,93</b>	0,23	0,248	0,30	0,245	0,003		0,41
12,03	12,03	0,31	0,246	0,40	0,244	0,002		0,27
15,13	15,13	0,39	0,245	0,50	0,242	0,003		0,41
<b>18,23</b>	<b>18,23</b>	0,47	0,244	0,60	0,238	0,006		0,82
<b>19,13</b>	<b>19,13</b>	0,49	0,244	0,63	0,235	0,009		1,22
21,83	21,83	0,56	0,241	0,72	0,231	0,01		1,36
24,53	24,53	0,63	0,237	0,81	0,22	0,017		2,31
<b>27,23</b>	<b>27,23</b>	0,70	0,225	0,90	0,216	0,009		1,22
30,18	30,18	0,78	0,222	1,00	0,206	0,016		2,17
<b>33,13</b>	<b>33,13</b>	0,86	0,219	1,10	0,206	0,013		1,77

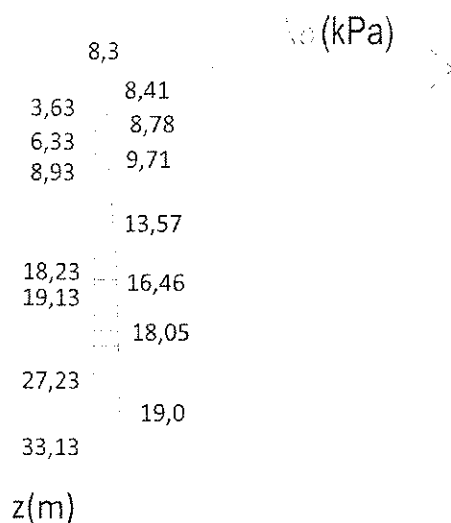
POLJE 1;  $p_1=33,24$  kPa  $N1$   $b=47,22$  m  $a=450$  m  $a/b>10$   $N2$   $b=38,71$  m  $a=450$  m  $a/b>10$

Tablica 23. Izračun dodatnih naprezanja u točki D uslijed opterećenja polja 1

z	z'	z'/b	N1	z'/b	N2	Ns=(N1-N2)	$\Delta\sigma$	Ns $\cdot$ p <sub>1</sub>
<b>0</b>	<b>0</b>	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00		0,00
1,82	1,82	0,04	0,25	0,05	0,25	0,00		0,00
<b>3,63</b>	<b>3,63</b>	0,08	0,249	0,09	0,249	0,00		0,00
4,98	4,98	0,11	0,249	0,13	0,249	0,00		0,00
<b>6,33</b>	<b>6,33</b>	0,13	0,249	0,16	0,249	0,00		0,00
7,63	7,63	0,16	0,249	0,20	0,249	0,00		0,00
<b>8,93</b>	<b>8,93</b>	0,19	0,248	0,23	0,248	0,00		0,00
12,03	12,03	0,25	0,247	0,31	0,246	0,001		0,03
15,13	15,13	0,32	0,246	0,39	0,245	0,001		0,03
<b>18,23</b>	<b>18,23</b>	0,39	0,245	0,47	0,244	0,001		0,03
<b>19,13</b>	<b>19,13</b>	0,41	0,245	0,49	0,244	0,001		0,03
21,83	21,83	0,46	0,243	0,56	0,241	0,002		0,07
24,53	24,53	0,52	0,241	0,63	0,237	0,004		0,13
<b>27,23</b>	<b>27,23</b>	0,58	0,239	0,70	0,225	0,014		0,47
30,18	30,18	0,64	0,235	0,78	0,222	0,013		0,43
<b>33,13</b>	<b>33,13</b>	0,70	0,231	0,86	0,219	0,012		0,40

Tablica 24. Suma svih utjecajnih dodatnih naprezanja po poljima za točku D.

dubina z(m)	$\Delta\sigma$ (kPa)
<b>0</b>	8,30
1,82	<b>8,41</b>
<b>3,63</b>	8,48
4,98	<b>8,78</b>
<b>6,33</b>	9,26
7,63	<b>9,71</b>
<b>8,93</b>	10,29
12,03	12,41
15,13	15,46
<b>18,23</b>	16,35
<b>19,13</b>	16,56
21,83	17,72
24,53	18,38
<b>27,23</b>	18,72
30,18	<b>19,00</b>
<b>33,13</b>	19,79



Slika 8. Dijagram raspodjele dodatnih naprezanja za točku D

## 2.4. Analiza slijeganja

### 2.4.1. Proračun geostatičkih naprezanja

Proračun efektivnih naprezanja provodi se na sljedeći način:

$$\sigma'_z = \gamma'_n \cdot \Delta z_n$$

Gdje je:  $\gamma'$  - zapreminska težina tla (uronjena)

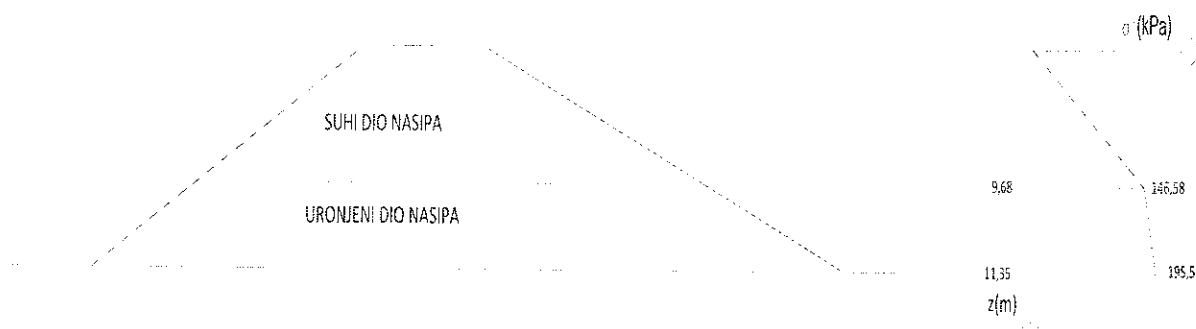
$\sigma'$  - vertikalno naprezanje

z - dubina tla ispod površine

### TOČKA A

Tablica 25. Vertikalna efektivna naprezanja u presjeku nasipa ( $\sigma'$ )

NAZIV SLOJA	DUBINA z(m)	DEBLJINA SLOJA $\Delta z$ (m)	EFEKTIVNA JEDINIČNA TEŽINA $\gamma / \gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'$ (kPa)	$\sigma'$ sr (kPa)
nasip- iznad mora	6,98	6,98	21	146,58	73,29
nasip- ispod mora	11,35	4,37	11,19	195,5	171,0



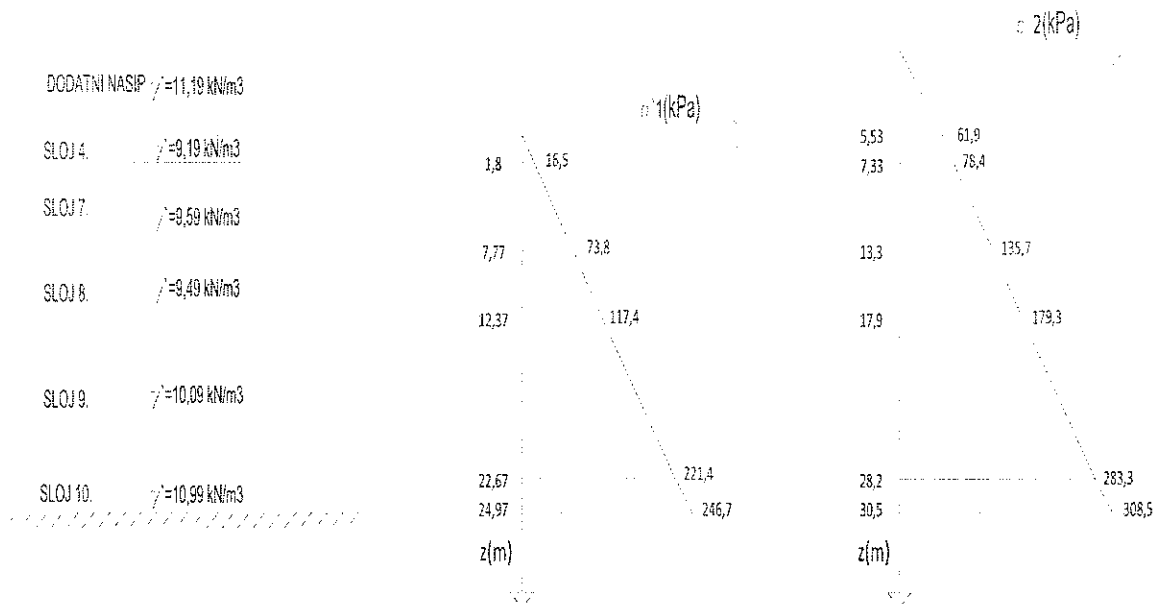
Slika 9. Dijagram raspodjele efektivnih naprezanja u točki A

## TOČKA B

Sloj mulja debljine 4,6 m zamjenjujemo dodatnim nasipom jer nije pogodan za podlogu lukobrana.

Tablica 26. Vertikalna efektivna naprezanja prije ( $\sigma_1$ ) i nakon izgradnje dodatnog nasipa ( $\sigma_2$ )

NAZIV SLOJA	DUBINA z(m)	DEBLJINA SLOJA $\Delta Z$ (m)	URONJENA JEDINIČNA TEŽINA $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_1$ (kPa)	$\sigma_2$ (kPa)	$\sigma_2, sr - \sigma_1, sr$ (kPa)
dodatni nasip	5,53	5,53	11,19	-	61,9	30,9
sloj 4.	7,33	1,8	9,19	16,5	78,4	61,9
sloj 7.	13,3	5,97	9,59	73,8	135,7	61,9
sloj 8.	17,9	4,6	9,49	117,4	179,3	61,9
sloj 9.	28,2	10,3	10,09	221,4	283,3	61,9
sloj 10.	30,5	2,3	10,99	246,7	308,5	61,9

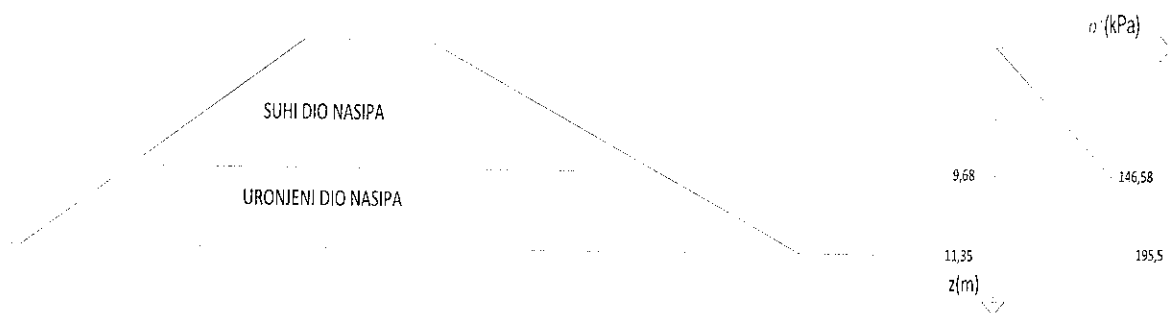


Slika 10. Dijagram raspodjele efektivnih naprezanja u točki B

## TOČKA C

Tablica 27. Vertikalna efektivna naprezanja u presjeku nasipa ( $\sigma'$ )

NAZIV SLOJA	DUBINA z(m)	DEBLJINA SLOJA $\Delta Z$ (m)	EFEKTIVNA JEDINIČNA TEŽINA $\gamma / \gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'$ (kPa)	$\sigma'_{sr}$ (kPa)
nasip- iznad mora	6,98	6,98	21	146,58	73,29
nasip- ispod mora	11,35	4,37	11,19	195,5	171,0



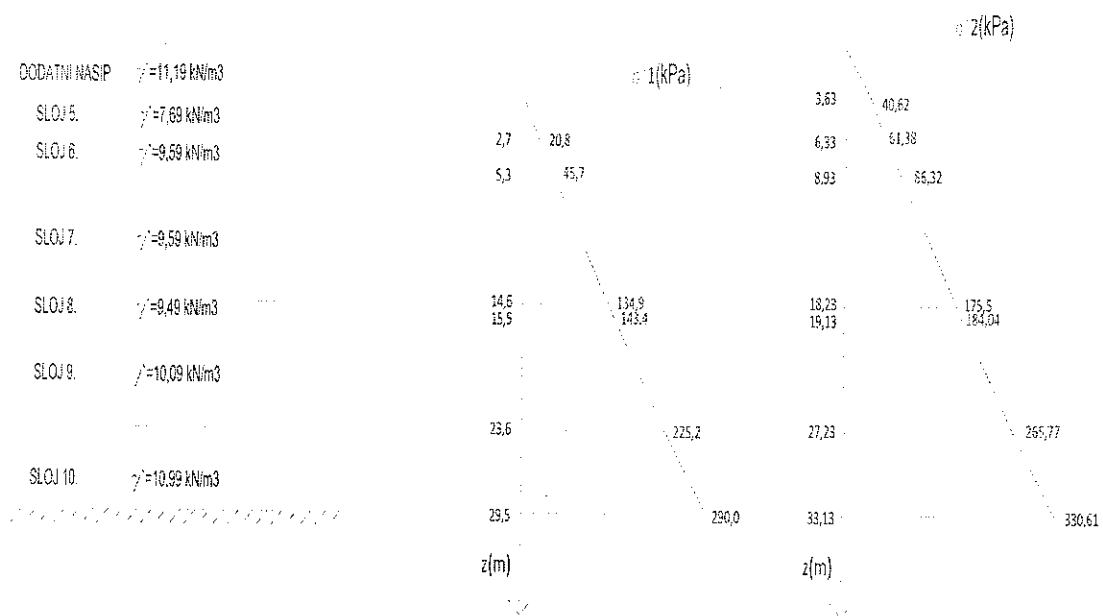
Slika 11. Dijagram raspodjele efektivnih naprezanja u točki C

## TOČKA D

Kameno-šljunčanu podlogu tj. dodatni nasip debljine 3,63 m postavljamo kao podlogu za lukobran.

Tablica 28. Vertikalna efektivna naprezanja prije ( $\sigma'_1$ ) i nakon izgradnje dodatnog nasipa ( $\sigma'_2$ ).

NAZIV SLOJA	DUBINA z(m)	DEBLJINA SLOJA $\Delta Z$ (m)	URONJENA JEDINIČNA TEŽINA $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'_1$ (kPa)	$\sigma'_2$ (kPa)	$\sigma'_2, sr - \sigma'_1, sr$ (kPa)
dodatni nasip	3,63	3,63	11,19	-	40,62	20,3
sloj 5.	6,33	2,7	7,69	20,8	61,38	40,6
sloj 6.	8,93	2,6	9,59	45,7	86,32	40,6
sloj 7.	18,23	9,3	9,59	134,9	175,50	40,6
sloj 8.	19,13	0,9	9,49	143,4	184,04	40,6
sloj 9.	27,23	8,1	10,09	225,2	265,77	40,6
sloj 10.	33,13	5,9	10,99	290,0	330,61	40,6



Slika 12. Dijagram raspodjele efektivnih naprezanja u točki D

### 2.4.2. Proračun slijeganja od vlastite težine

Proračun slijeganja pojedinih slojeva se provodi pomoću modula stišljivosti (prilog 7) :

$$\Delta s = (\Delta \sigma' / M_k) * \Delta z$$

Gdje je:  $\Delta s$  - slijeganje pojedinog sloja

$\Delta \sigma'$  - srednja vrijednost efektivnih naprezanja

$M_k$  - modul stišljivosti

$\Delta z$  - debljina sloja

#### TOČKA A

Tablica 29. Slijeganje samog nasipa/lukobrana

NAZIV SLOJA	DEBLJINA SLOJA $\Delta z$ (m)	$M_k$ (MPa)	$\Delta \sigma'$ (kPa)	$\Delta s$ (cm)
nasip- iznad razine mora	6,98	25	73,29	2,05
nasip- ispod razine mora	4,37	25	171,0	2,99

$$\sum s = 5,04 \text{ cm}$$

#### TOČKA B

Tablica 30. Slijeganje pojedinih slojeva uslijed vlastite težine dodatnog nasipa

NAZIV SLOJA	DEBLJINA SLOJA $\Delta z$ (m)	$M_k$ (MPa)	$\Delta \sigma'$ (kPa)	$\Delta s$ (cm)
dodatni nasip	5,53	25	30,9	0,68
sloj 4.	1,8	8,92	61,9	1,25
sloj 7.	5,97	6,42	61,9	5,75
sloj 8.	4,6	15,84	61,9	1,80
sloj 9.	10,3	16,96	61,9	3,76
sloj 10.	2,3	45,67	61,9	0,31

$$\sum s = 13,55 \text{ cm}$$



**TOČKA C**

Tablica 31. Slijeganje samog nasipa/lukobrana

NAZIV SLOJA	DEBLJINA SLOJA $\Delta z$ (m)	Mk (MPa)	$\Delta\sigma'$ (kPa)	$\Delta s$ (cm)
nasip- iznad razine mora	6,98	25	73,29	2,05
nasip- ispod razine mora	4,37	25	171,0	2,99

$$\sum s = 5,04 \text{ cm}$$

**TOČKA D**

Tablica 32. Slijeganje pojedinih slojeva uslijed vlastite težine dodatnog nasipa

NAZIV SLOJA	DEBLJINA SLOJA $\Delta z$ (m)	Mk (MPa)	$\Delta\sigma'$ (kPa)	$\Delta s$ (cm)
dodatni nasip	3,63	25	20,31	0,29
sloj 5.	2,7	4,24	40,62	2,59
sloj 6.	2,6	9,13	40,62	1,16
sloj 7.	9,3	6,42	40,62	5,88
sloj 8.	0,9	15,84	40,62	0,23
sloj 9.	8,1	16,96	40,62	1,94
sloj 10.	5,9	45,67	40,62	0,52

$$\sum s = 12,09 \text{ cm}$$

**2.4.3. Proračun slijeganja uslijed izgradnje novog lukobrana**

Proračun slijeganja pojedinih slojeva se provodi pomoću modula stišljivosti:

$$\Delta s = (\Delta\sigma' / Mk) * \Delta z$$

Gdje je:  $\Delta s$  - slijeganje pojedinog sloja

$\Delta\sigma'$  - srednja vrijednost efektivnih naprezanja

Mk - modul stišljivosti

$\Delta z$  - debljina sloja

**TOČKA A**

Tablica 33. Slijeganje pojedinih slojeva uslijed dodatnih naprezanja u točki A

NAZIV SLOJA	DEBLJINA SLOJA $\Delta z$ (m)	Mk (MPa)	$\Delta\sigma'$ (kPa)	$\Delta s$ (cm)
sloj 2.	2,36	20	194,06	2,29
sloj 4.	2,2	8,92	183,24	4,52
sloj 7.	1,8	6,42	172,41	4,83
sloj 8.	9,3	15,84	147,76	8,68
sloj 9.	10,5	16,96	107,579	6,66
Sloj 10.	2,2	45,67	92,31	0,44

$$\Sigma s = 27,42 \text{ cm}$$

**TOČKA B**

Tablica 34. Slijeganje pojedinih slojeva uslijed dodatnih naprezanja u točki B

NAZIV SLOJA	DEBLJINA SLOJA $\Delta z$ (m)	Mk (MPa)	$\Delta\sigma'$ (kPa)	$\Delta s$ (cm)
dodatni nasip	5,53	25	16,90	0,37
sloj 4.	1,8	8,92	17,77	0,36
sloj 7.	5,97	6,42	22,41	2,08
sloj 8.	4,6	15,84	30,92	0,90
sloj 9.	10,3	16,96	36,12	2,19
Sloj 10.	2,3	45,67	38,68	0,19

$$\Sigma s = 6,1 \text{ cm}$$

**TOČKA C**

Tablica 35. Slijeganje pojedinih slojeva uslijed dodatnih naprezanja u točki C

NAZIV SLOJA	DEBLJINA SLOJA $\Delta z$ (m)	Mk (MPa)	$\Delta\sigma'$ (kPa)	$\Delta s$ (cm)
sloj 2.	3,48	20	96,55	1,68
sloj 5.	5,5	4,24	84,9	11,01
sloj 6.	0,5	9,13	78,6	0,43
sloj 7.	7,1	6,42	66,06	7,31
sloj 8.	0,7	15,84	62,86	0,28
sloj 9.	8,1	16,96	55,14	2,63
Sloj 10.	5,9	45,67	45,14	0,58

$$\Sigma s = 23,92 \text{ cm}$$

## TOČKA D

Tablica 36. Slijeganje pojedinih slojeva u točki D

NAZIV SLOJA	DEBLJINA SLOJA $\Delta z$ (m)	Mk (MPa)	$\Delta\sigma'$ (kPa)	$\Delta s$ (cm)
dotatni nasip	3,63	25	8,41	0,12
sloj 5.	2,7	4,24	8,78	0,56
sloj 6.	2,6	9,13	9,71	0,28
sloj 7.	9,3	6,42	13,57	1,97
sloj 8.	0,9	15,84	16,46	0,09
sloj 9.	8,1	16,96	18,05	0,86
Sloj 10.	5,9	45,67	19,00	0,25

 $\Sigma s=3,88\text{cm}$

### 3. PRORAČUN SLIJEGANJA POMOĆU PROGRAMA *SETTLE3D (ROCSCIENCE)*

#### 3.1. Uvod u program *SETTLE3D*

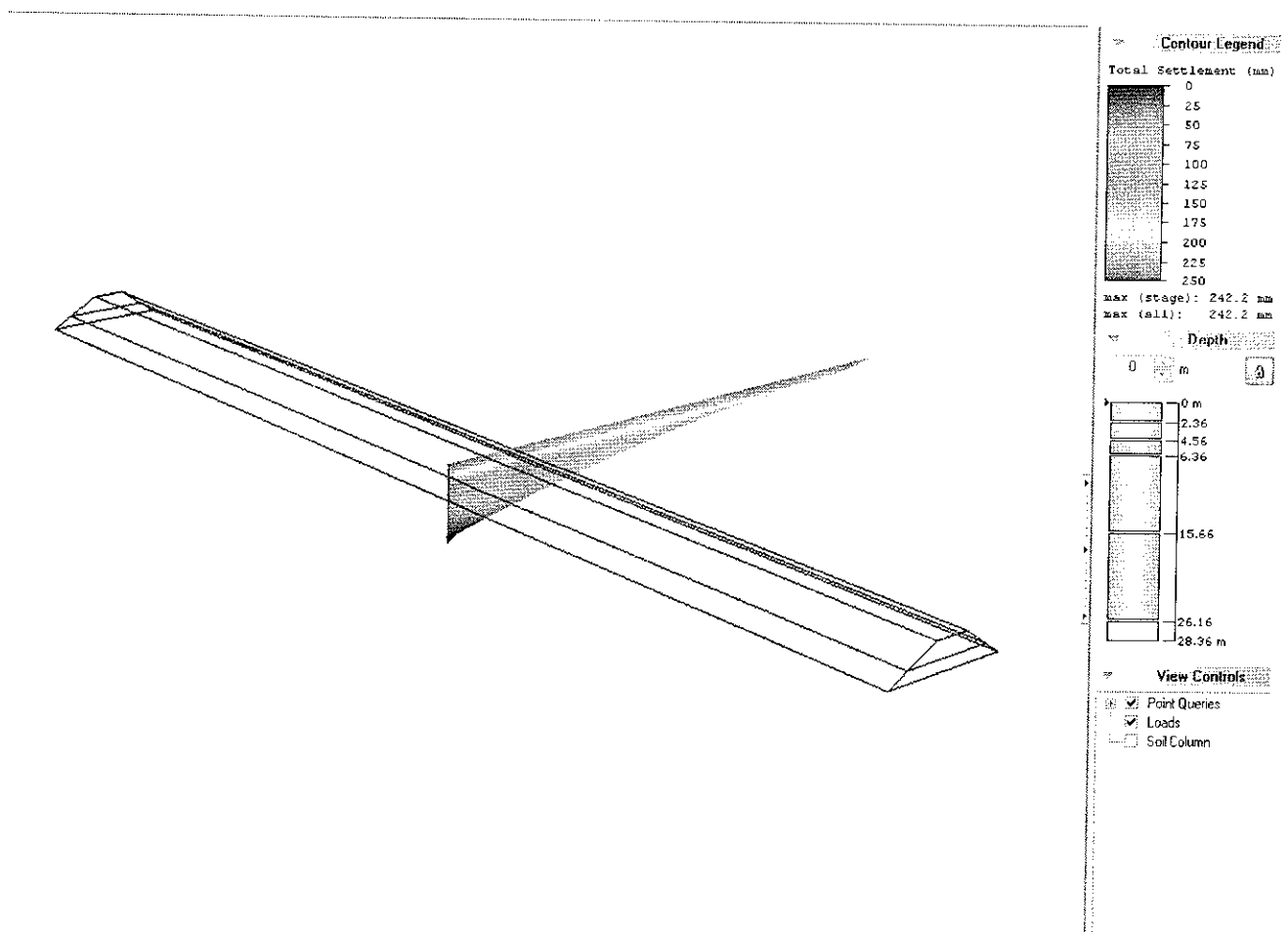
Računalni program *Settle3d* je trodimenzionalni program za analizu vertikalne konsolidacije i slijeganje ispod temelja, nasipa i površinskih opterećenja. Program kombinira jednostavnost jednodimenzionalne analize i sofisticiranije trodimenzionalne programe. Dakle moguće je brzo i efikasno kreirati profile slojeva terena i različita opterećenja te na temelju zadanih čimbenika dobiti rezultate u 3 dimenzije. Modeliranje može biti izvedeno vremenski tj. ovisno o konsolidaciji uključujući primarnu i sekundarnu konsolidaciju u određenim vremenskim intervalima. Uz računanje slijeganja može se modelirati i razina vode u tlu.

### 3.2. Rezultati slijeganja dobiveni pomoću programa SETTLE3D

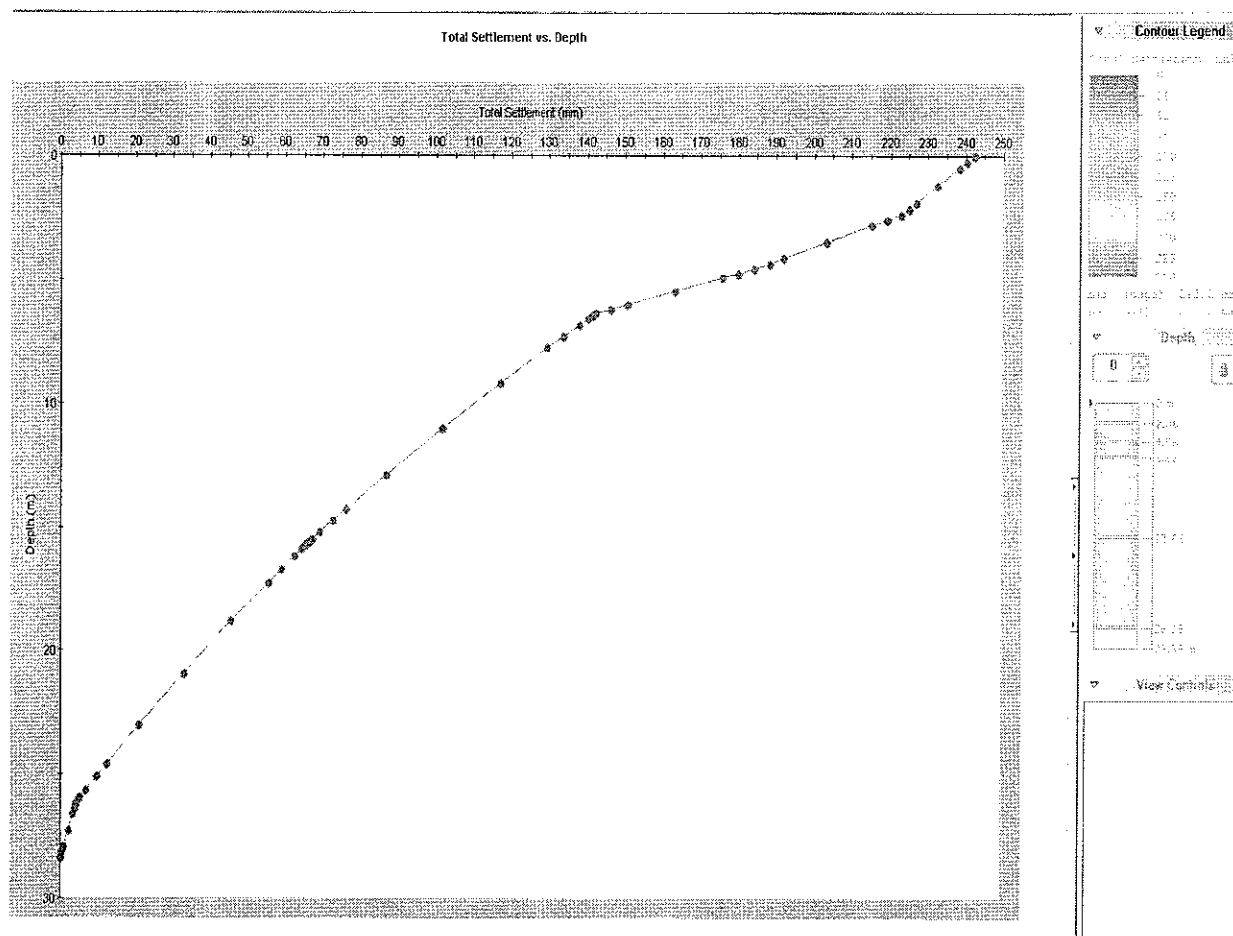
U programu SETTLE3D napravljen je model zadanog nasipa te su kreirani slojevi tla sa zadanim dimenzijama i modulima stišljivosti za svaku zadanu točku A, B, C i D kao i u klasičnoj metodi računanja. Iz tog modela je zatim automatski izračunato slijeganje i prikazano u 3d modelu te su uz to priloženi dijagrami ovisnosti dubine i slijeganja.

#### TOČKA A

Rezultat slijeganja u točki A iznosi 24, 2 cm.



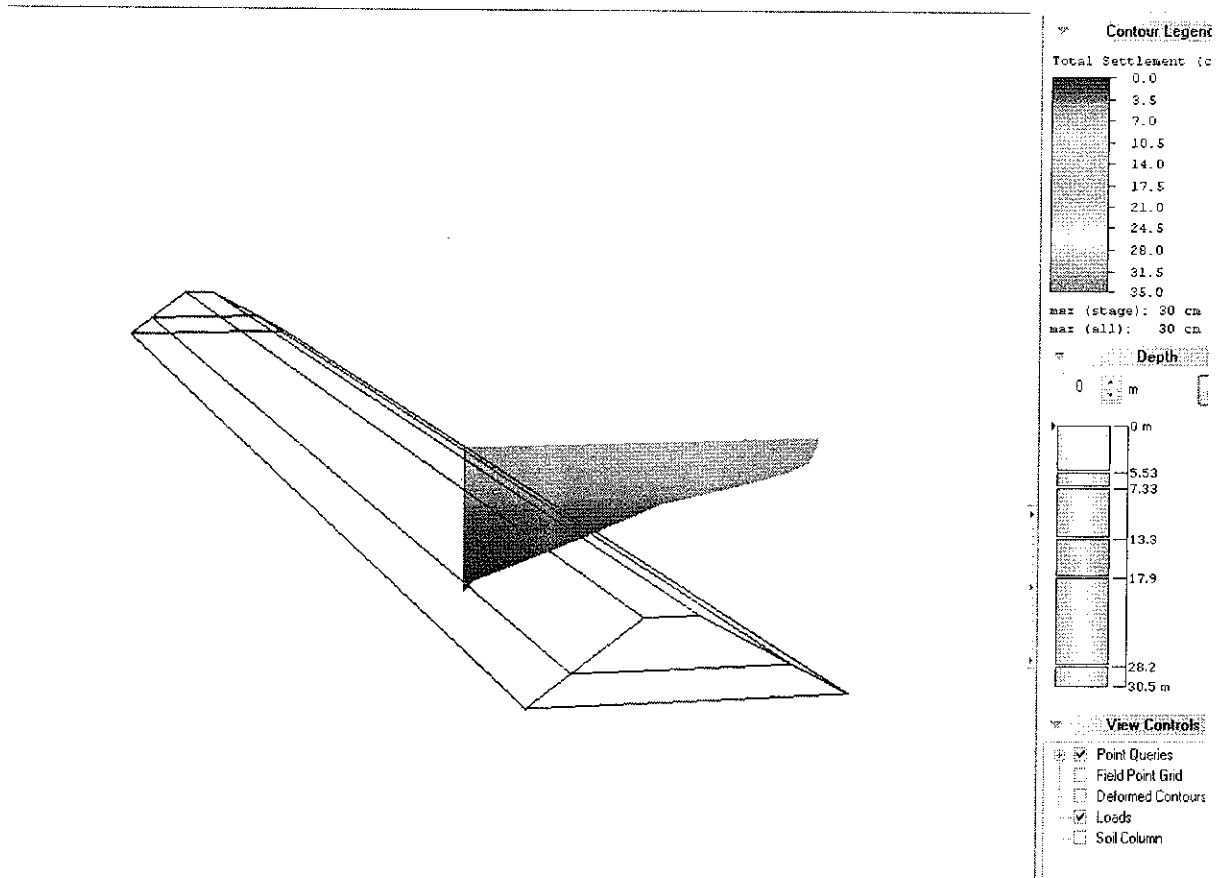
Slika 13. Rezultat slijeganja uslijed dodatnih naprezanja u točki A



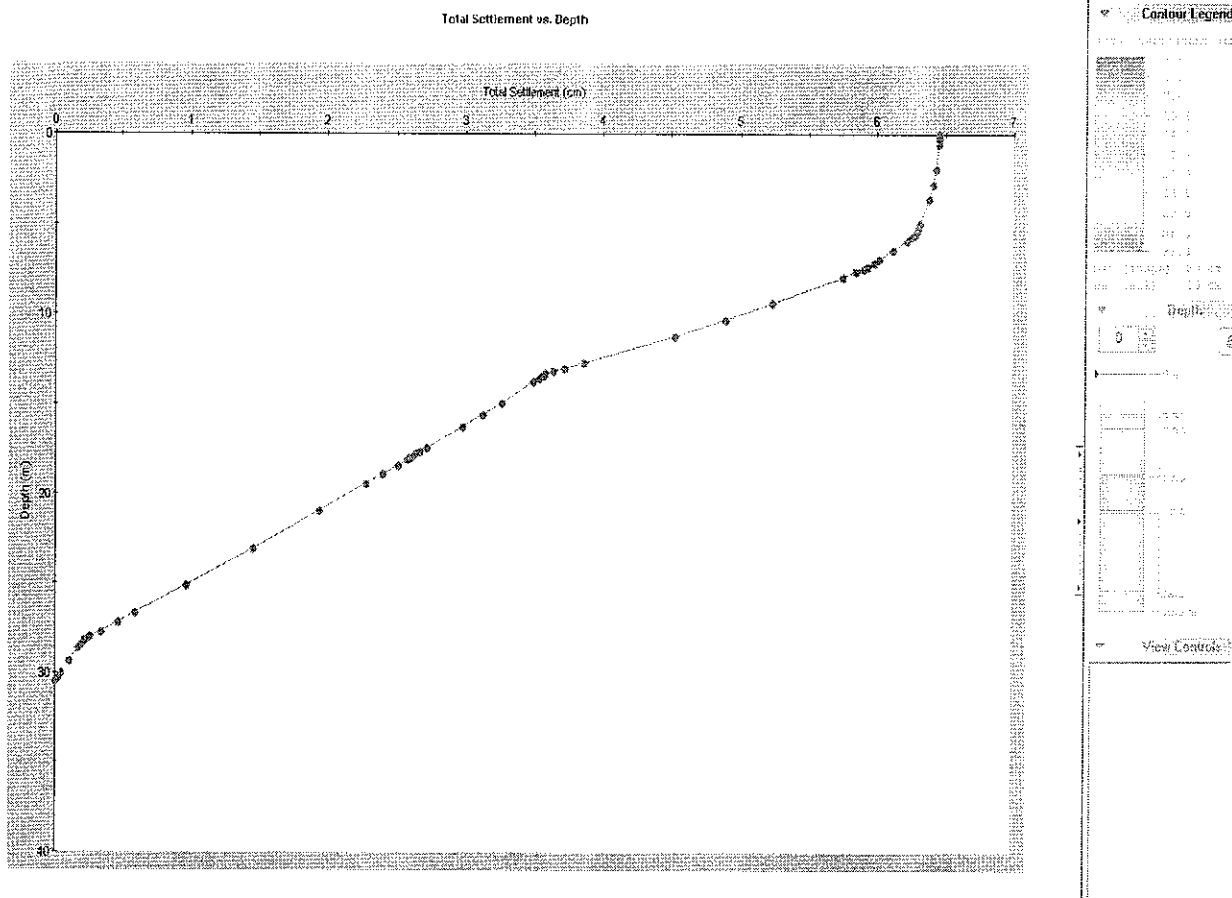
Slika 14. Dijagram ovisnosti dubine i slijeganja u točki A

**TOČKA B**

Slijeganje u točki B iznosi 6,4 cm.



Slika 15. Rezultat slijeganja uslijed dodatnih naprezanja u točki B

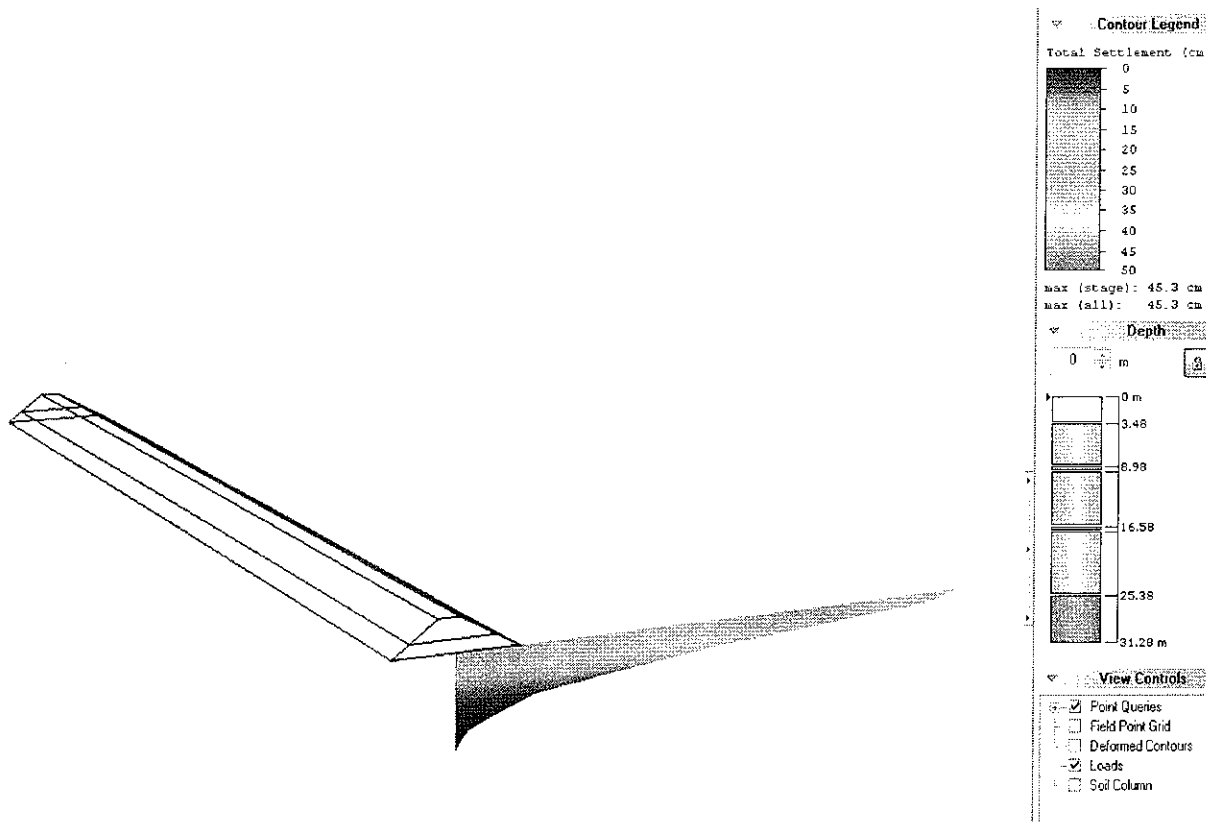


Slika 16. Dijagram ovisnosti dubine i slijeganja u točki B

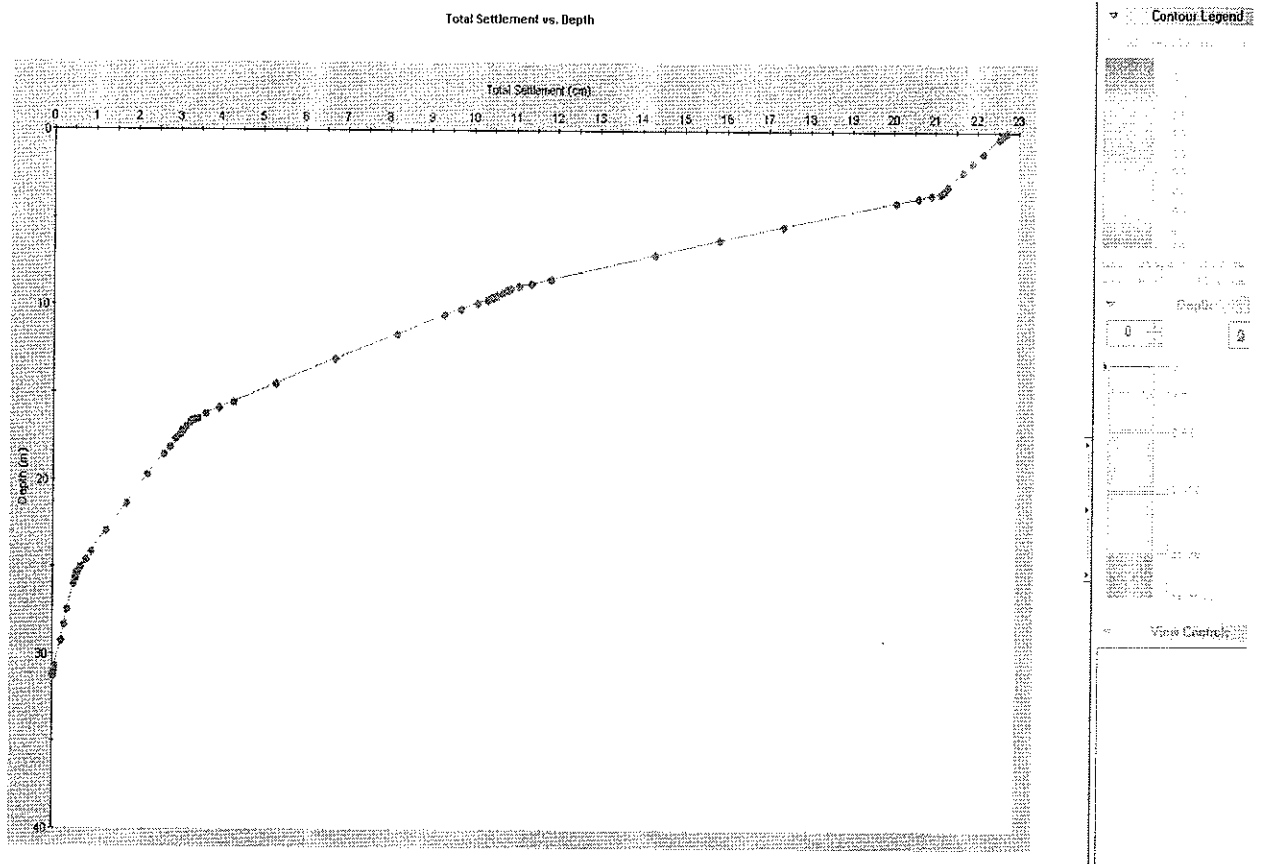


## TOČKA C

Slijeganje u točki C iznosi 22,7 cm.



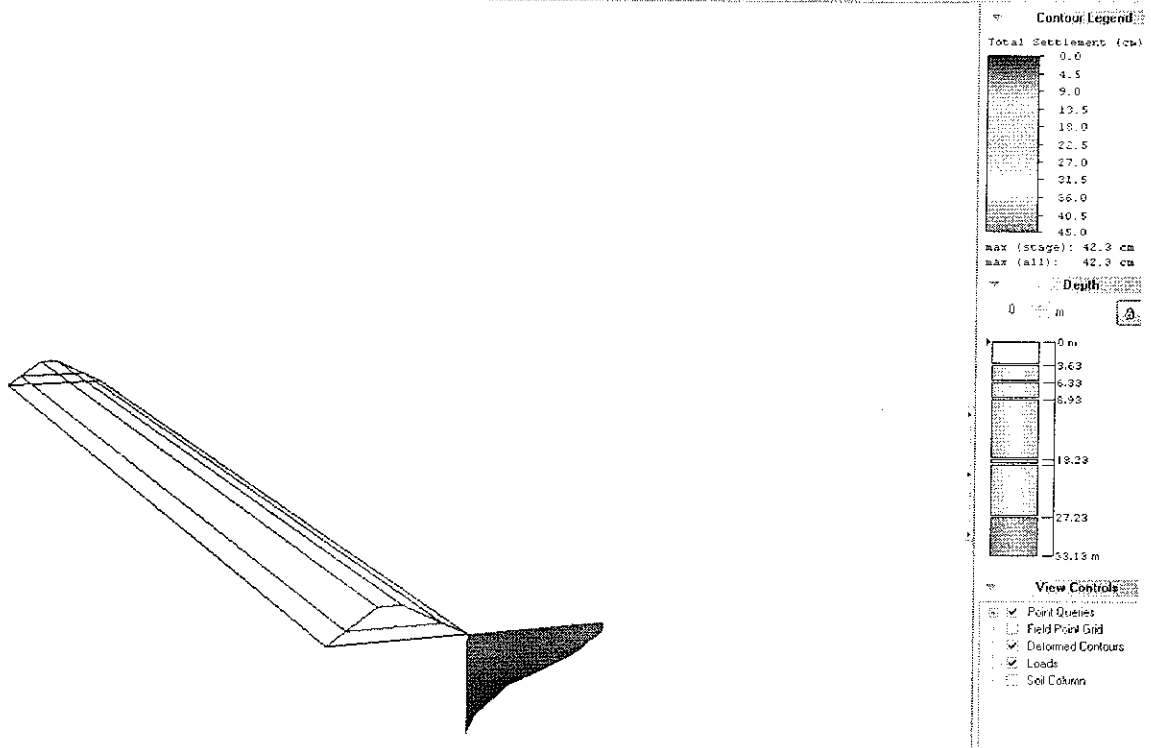
Slika 17. Rezultat slijeganja uslijed dodatnih napreznja u točki C



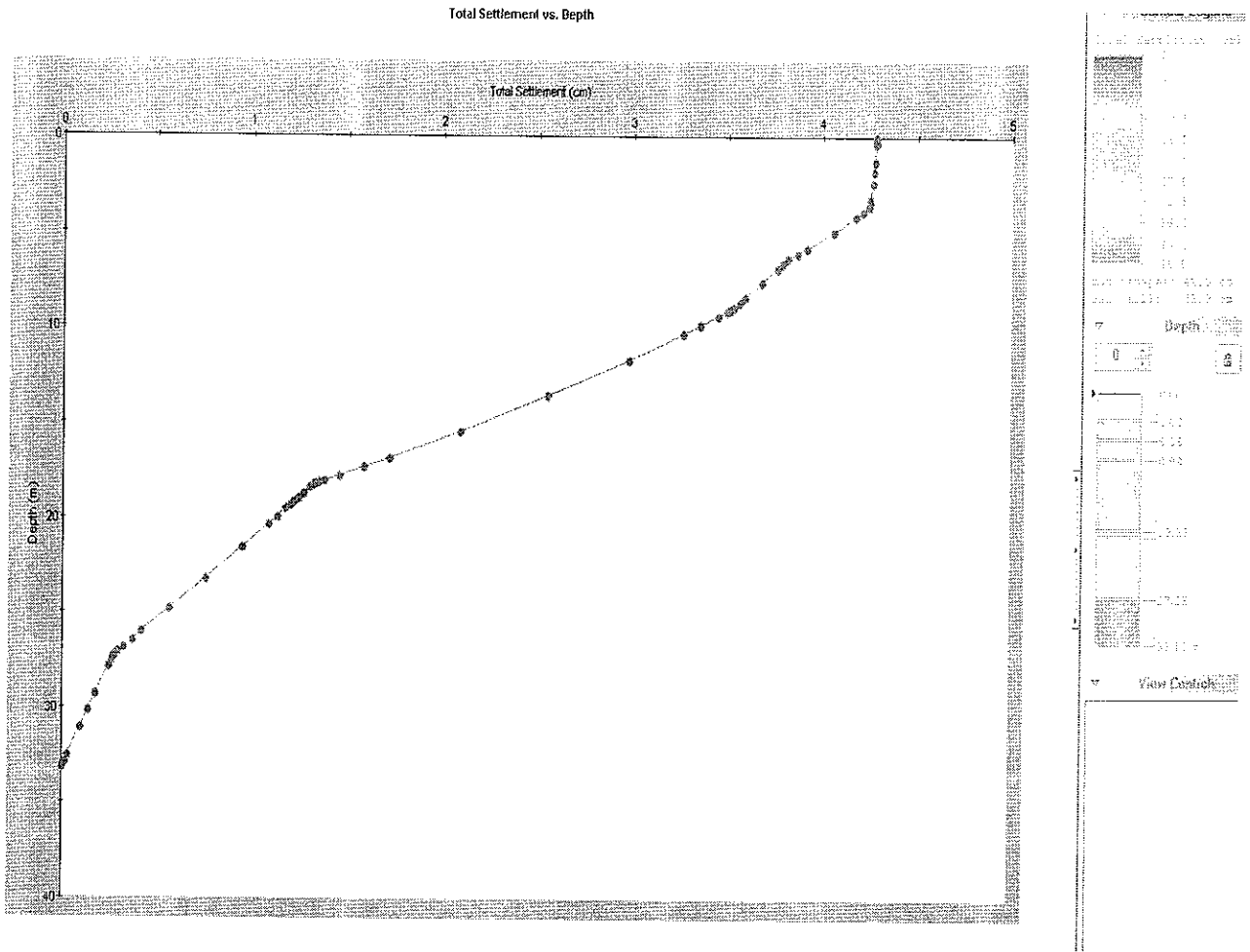
Slika 18. Dijagram ovisnosti dubine i slijeganja u točki C

**TOČKA D**

Slijeganje u točki D iznosi 4,3cm.



Slika 19. Rezultat slijeganja uslijed dodatnih naprezanja u točki D



Slika 20. Dijagram ovisnosti dubine i slijeganja u točki D

## 4. NOSIVOST PREMA EC7

### 4.1. Analiza parametara

#### 4.1.1. Prosječna svojstva tla do dubine bušenja

Analizom parametara uzete su određene vrijednosti kohezije i unutarnjeg trenja za sve slojeve tj. geotehničke sredine. U ovome slučaju uzeli smo prosječne vrijednosti iz oba presjeka u zoni od interesa GS 7, 8, 9 i 10. (Prilog 8). Pošto su parametri svih slojeva u oba presjeka približno slični računamo nosivost cijelog nasipa sa jedinstvenim veličinama, a ne posebno na kraju i u sredini nasipa kako je u zadatku navedeno.

Prosječna vrijednost parametara (sredina i kraj presjeka)

- Kohezija (drenirana i nedrenirana)

$$c_u = 99,84 \text{ kPa} \quad c' = 21,59 \text{ kPa}$$

- Kut unutarnjeg trenja materijala

$$\varphi' = 18,93$$

- Jedinična težina tla

$$\gamma_{\text{sat}} = 19,85 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 10,04 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$$

#### 4.1.2. Svojstva tla kod dubine plohe sloma

Slom nastaje nakon dovoljne velike deformacije tla, potom dolazi do stabilizacije zbog promjene geometrijskih uvjeta ili uvjeta u tlu. U ovome slučaju uzet je prosječni kut unutarnjeg trenja  $\varphi = 18,93^\circ$  te smo uz Prandl- Risser- ovo rješenje  $(45 + \varphi / 2)$  dobili točku sloma u sloju 10.

Parametri tla GS10 (sloj 10)

- Kohezija (drenirana i nedrenirana)

$$c_u = 144 \text{ kPa} \quad c' = 24,36 \text{ kPa}$$

- Kut unutarnjeg trenja materijala

$$\varphi' = 20,72$$

- Jedinična težina tla

$$\gamma_{\text{sat}} = 20,8 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 10,99 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$$

## 4.2. Analiza nostivosti temeljnog tla prema Eurokodu 7

Proračun izvesti po EC7 (HRN EN 1997-1:2012) prema projektnom pristupu PP3

$$(A_1^d + A_2^e) + M_2 + R_3$$

Parcijalni faktori za granična stanja STR i GEO

- Parcijalni faktori djelovanja

$$\gamma_{G,dst} = 1,35 (A_1); 1,0 (A_2)$$

$$\gamma_{G,stb} = 1,0 (A_1); 1,0 (A_2)$$

$$\gamma_{Q,dst} = 1,5 (A_1); 1,3 (A_2)$$

$$\gamma_{Q,stb} = 0,0 (A_1); 0,0 (A_2)$$

- Parcijalni faktori svojstva materijala

$$\gamma_{\varphi'} = 1,25$$

$$\gamma_{c'} = 1,25$$

$$\gamma_{\gamma} = 1,0$$

- Parcijalni faktori otpora

$$\gamma_{Rv} = 1,0$$

$$\gamma_{Rh} = 1,0$$

### 4.2.1. 1. Način (slojevi geotehničkih sredina 7, 8, 9 i 10 uzeti u obzir)

#### Drenirani uvjeti

Parametri tla (sredina i kraj presjeka)

$$\gamma_{sat} = 19,85 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma' = 10,04 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 21,59 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 18,93^\circ$$

Reducirana karakteristična vrijednost (Orr&Farrell)

$$\gamma_{k,sr} = 19,85 \cdot 1 = 19,85 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_{k,sr} = 10,04 \cdot 1 = 10,04 \text{ kN/m}^3$$

$$c'_{k,sr} = 21,59 \cdot 0,8 = 17,27 \text{ kPa}$$

$$\varphi'_{k,sr} = \arctan(\tan(18,93) \cdot 0,95) = 18,05^\circ$$

Proračunske vrijednosti

$$\gamma_d = \frac{\gamma_k}{\gamma_\gamma} \quad c = \frac{c_k}{\gamma_{c'}} \quad \varphi_d = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \varphi_k}{\gamma_{\tan \varphi'}} \right)$$

$$\gamma_{d,sr} = \frac{19,85}{1} = 19,85 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_{d,sr} = \frac{10,04}{1} = 10,04 \text{ kN/m}^3$$

$$c_d = \frac{c_k}{1,25} c_{d,sr} = \frac{17,27}{1,25} = 13,82 \text{ kPa}$$

$$\varphi_{d,sr} = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \varphi_{k,sr}}{1,25} \right), \quad \varphi_{k,sr} = 18,05^\circ, \quad \varphi_{d,sr} = \tan^{-1} \left( \frac{\tan 18,05^\circ}{1,25} \right) = 14,61^\circ$$

Nosivost tla ispod lukobrana

$$c_d = 13,82 \text{ kPa} \quad \varphi_d = 14,61^\circ \quad \gamma'_{uronjeno} = 10,04 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \gamma_{saturirano} = 19,85 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$V_d = \gamma_{G,DST} \cdot \sum W = 1,35 \cdot 2171354,68 = 2931328,82 \text{ kN}$$

$$V_d = \gamma_{Q,DST} \cdot \sum Q = 1,50 \cdot 13500 = 20250 \text{ kN}$$

( $Q=450 \cdot 7,5 \cdot 4=13500 \text{ kN}$ , prema Eurokodu za promjenjivo opterećenje uzima se  $4 \text{ kN/m}^2$ )

$$M_d = \gamma_{G,DST} \cdot M_d = 1,35 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_d = \gamma_{Q,DST} \cdot M_d = 1,50 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kNm}$$



Ekscentricitetsile  $V_d$

$$e_B = \frac{M_d}{V_d} = 0 \text{ (m)} \leq \frac{B}{6}, \quad 0 \leq \frac{47,23}{6} = 7,87 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_B = 47,23 - 2 \cdot 0 = 47,23 \text{ (m)}$$

$$e_L = \frac{M_d}{V_d} = 0 \text{ (m)} \leq \frac{L}{6}, \quad 0 \leq \frac{450}{6} = 75,00 \text{ m}$$

$$L' = L - 2e_B = 450 - 2 \cdot 0 = 450 \text{ (m)}$$

NOSIVOST TLA ispodispod plitkog temelja za drenirane uvjete

$$q_{R,d} = c_d \cdot N_c \cdot b_c \cdot S_c \cdot i_c + \sigma'_{v0} \cdot N_q \cdot b_q \cdot S_q \cdot i_q + 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot S_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$\sigma'_{v0} = 0 \text{ kPa (Temeljna ploha je na površini tla)}$$

Faktori nosivosti

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg}(\varphi_d)} \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi_d}{2} \right) = e^{\pi \cdot \text{tg}(14,61^\circ)} \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{14,61^\circ}{2} \right) = 3,8$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\varphi_d) = (3,8 - 1) \cdot \text{ctg}(14,61^\circ) = 10,74$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg}(\varphi_d) = 2 \cdot (3,8 - 1) \cdot \text{tg}(14,61^\circ) = 1,46$$

Nagib baze temelje

Horizontalna baza

$$b_c = b_q = b_\gamma = 1$$

Faktori oblika temelja

$$S_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi_d = 1 + \frac{47,23}{450} \cdot \sin 14,61^\circ = 1,01$$

$$S_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0,3 \cdot \frac{47,23}{450} = 0,97$$

$$S_c = \frac{S_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,01 \cdot 3,8 - 1}{3,8 - 1} = 1,01$$

Faktori nagiba rezultante djelovanja

Vertikalno djelovanje

$$i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

Nosivost tla

$$q_{R,d} = 13,82 \cdot 10,74 \cdot 1 \cdot 1,01 \cdot 1 + 0 + 0,5 \cdot 47,23 \cdot 10,04 \cdot 1,46 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 1$$

$$q_{R,d} = 149,21 + 335,77 = 484,98 \text{ kPa}$$

$$R_d = \frac{q_{R,d}}{\gamma_{RD}} = \frac{484,79}{1,00} = 484,79 \text{ kPa}$$

$$E_d \leq R_d \rightarrow \frac{V_d}{A} \leq R_d$$

$$\frac{2951578,82}{47,23 \cdot 450} \leq 484,79$$

$$138,87 \leq 484,79 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Stupanj iskorištenosti

$$U = \frac{E_d}{R_d} \cdot 100[\%] = \frac{138,87}{474,79} \cdot 100[\%] = 29,04 \%$$

### Nedrenirani uvjeti

NOSIVOST TLA ispod plitkog temelja za nedrenirane uvjete

$$q_{R,d} = (\pi + 2) \cdot c_{u,d} \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q$$

$c_u$  – nedrenirana čvrstoća tla

$q$  – ukupno naprezanje na razini temeljne plohe

$$b_c = 1 - \frac{2\alpha}{\pi + 2} \alpha - \text{nagib bazetemelja}$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B'}{L'}$$

$$i_c = 0,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{H_{E,d}}{B' \cdot L' \cdot c_{u,d}}} \right) \text{uz } H_{E,d} \leq A' c_{u,d}$$

$$b_c = 1 - \frac{2\alpha}{\pi + 2} = 1 - \frac{2 \cdot 0}{\pi + 2} = 1$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 + 0,2 \cdot \frac{47,23}{450} = 1,02$$

$$i_c = 0,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{H_{E,d}}{B' \cdot L' \cdot c_{u,d}}} \right) = 0,5 \cdot (1 + 1) = 1$$

$$q = 0 \text{ kPa}$$

Parametri tla (sredina i kraj presjeka)

$$c_u = 99,84 \text{ kPa}$$

Reducirana karakteristična vrijednost (Orr&Farrell)

$$c_{u,k} = 99,84 \cdot 0,85 = 84,86 \text{ kPa}$$

$$c_{u,d} = \frac{c_{u,k}}{\gamma_{cu}} = \frac{84,86}{1,40} = 60,61 \text{ kN}$$

Nosivost tla

$$q_{R,d} = (\pi + 2) \cdot 60,61 \cdot 1 \cdot 1,02 \cdot 1 + 0 = 317,86 \text{ kPa}$$

$$R_d = \frac{q_{R,d}}{\gamma_{RD}} = \frac{317,86}{1,00} = 317,86 \text{ kPa}$$

Ukupno naprezanje od vlastite težine nasipa na razini temeljne plohe

$$B=47,23 \text{ m}$$

$$A_{uk}=310,56 \text{ m}^2/\text{m} \text{ (površina presjeka nasipa)}$$

$$\gamma_{sat}=21,0 \text{ kN/m}^2 \text{ (jedinična težina nasipa)}$$

$$q_{tot} = \frac{A_{uk} * \gamma_{sat}}{B} = \frac{310,56 * 21}{47,23} = 138,09 \text{ kPa}$$

$$q_1=q_{tot} * 1,35=138,09 * 1,35=186,41 \text{ kPa}$$

$$q_2 = \frac{Q}{B * L} = \frac{20250}{450 * 47,23} = 0,95 \text{ kPa}$$

$$q_{uk}=q_1+q_2=186,41+0,95=187,36 \text{ kPa}$$

$$E_d \leq R_d \quad q_{uk} \leq R_d$$

$$187,36 \leq 317,86$$

$$187,36 \leq 317,86 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

#### 4.2.2. 2. Način (svojstva tla kod dubine plohe sloma(GS 10))

##### Drenirani uvjeti

Vrijednosti GS10

$$\gamma_{sat} = 20,8 kN / m^3$$

$$\gamma' = 10,99 kN / m^3$$

$$c'_{sr} = 24,36 kPa$$

$$\varphi'_{sr} = 20,72^\circ$$

Reducirana karakteristična vrijednost (Orr&Farrell)

$$\gamma_{k,sr} = 20,8 \cdot 1 = 20,8 kN / m^3$$

$$\gamma'_{k,sr} = 10,99 \cdot 1 = 10,99 kN / m^3$$

$$c'_{k,sr} = 24,36 \cdot 0,8 = 19,49 kPa$$

$$\varphi'_{k,sr} = \arctg(\tan(20,7) \cdot 0,95) = 19,75^\circ$$

Proračunske vrijednosti

$$\gamma_d = \frac{\gamma_k}{\gamma_\gamma} \quad c_d = \frac{c_k}{\gamma_{c'}} \quad \varphi_d = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \varphi_k}{\gamma_{tg\varphi'}} \right)$$

$$\gamma_{d,sr} = \frac{20,8}{1} = 20,8 kN / m^3$$

$$\gamma'_{d,sr} = \frac{10,99}{1} = 10,99 kN / m^3$$

$$c_d = \frac{c_k}{1,25} c_{d,sr} = \frac{19,75}{1,25} = 15,8 kPa$$

$$\varphi_{d,sr} = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \varphi_{k,sr}}{1,25} \right), \quad \varphi_{k,sr} = 19,75^\circ, \quad \varphi_{d,sr} = \tan^{-1} \left( \frac{\tan 19,75^\circ}{1,25} \right) = 16,03^\circ$$

Nosivost tla ispod lukobrana

$$c_d = 15,8 \text{ kPa} \varphi_d = 16,03^0 \gamma'_{uronjeno} = 10,99 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \gamma_{saturirano} = 20,08 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$V_d = \gamma_{G,DST} \cdot \sum W = 1,35 \cdot 2171354,68 = 2931328,82 \text{ kN}$$

$$V_d = \gamma_{Q,DST} \cdot \sum Q = 1,50 \cdot 13500 = 20250 \text{ kN}$$

( $Q=450 \cdot 7,5 \cdot 4=13500$  kN, prema eurokodu za promjenjivo opterećenje uzima se  $4 \text{ kN/m}^2$ )

$$M_d = \gamma_{G,DST} \cdot M_d = 1,35 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_d = \gamma_{Q,DST} \cdot M_d = 1,50 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kNm}$$

Ekscentricitet sile  $V_d$

$$e_B = \frac{M_d}{V_d} = 0 \text{ (m)} \leq \frac{B}{6}, \quad 0 \leq \frac{47,23}{6} = 7,87 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_B = 47,23 - 2 \cdot 0 = 47,23 \text{ (m)}$$

$$e_L = \frac{M_d}{V_d} = 0 \text{ (m)} \leq \frac{L}{6}, \quad 0 \leq \frac{450}{6} = 75,00 \text{ m}$$

$$L' = L - 2e_B = 450 - 2 \cdot 0 = 450 \text{ (m)}$$

NOSIVOST TLA ispod ispod plitkog temelja za drenirane uvjete

$$q_{R,d} = C_d \cdot N_c \cdot b_c \cdot S_c \cdot i_c + \sigma'_{vo} \cdot N_q \cdot b_q \cdot S_q \cdot i_q + 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot S_\gamma \cdot i_\gamma$$

$\sigma'_{vo}=0$  kPa (Temeljna ploha je na površini tla)

Faktori nosivosti

$$N_q = e^{\pi \text{tg}(\varphi_d)} \cdot \text{tg}^2 \left( 45^0 + \frac{\varphi_d}{2} \right) = e^{\pi \text{tg}(16,03^0)} \cdot \text{tg}^2 \left( 45^0 + \frac{16,03^0}{2} \right) = 4,35$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\varphi_d) = (4,35 - 1) \cdot \text{ctg}(16,03^0) = 11,66$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg}(\varphi_d) = 2 \cdot (4,35 - 1) \cdot \text{tg}(16,03) = 1,92$$

Nagib baze temelje

Horizontalna baza

$$b_c = b_q = b_y = 1$$

Faktori oblika temelja

$$S_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi_d = 1 + \frac{47,23}{450} \cdot \sin 16,03^\circ = 1,03$$

$$S_y = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0,3 \cdot \frac{47,23}{450} = 0,97$$

$$S_c = \frac{S_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,03 \cdot 4,35 - 1}{4,35 - 1} = 1,04$$

Faktori nagiba rezultante djelovanja

Vertikalno djelovanje

$$i_c = i_q = i_y = 1$$

Nosivost tla

$$q_{R,d} = 15,8 \cdot 11,66 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 + 0 + 0,5 \cdot 47,23 \cdot 10,99 \cdot 1,92 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 1$$

$$q_{R,d} = 191,6 + 483,35 = 674,95 \text{ kPa}$$

$$R_d = \frac{q_{R,d}}{\gamma_{RD}} = \frac{674,95}{1,00} = 674,95$$

$$E_d \leq R_d \rightarrow \frac{V_d}{A} \leq R_d$$

$$\frac{2951578,82}{47,23 \cdot 450} \leq 674,95$$

$$138,87 \leq 674,95 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Stupanj iskorištenosti

$$U = \frac{E_d}{R_d} \cdot 100[\%] = \frac{138,87}{674,95} \cdot 100[\%] = 20,57 \%$$

Nedrenirani uvjeti

NOSIVOST TLA ispod plitkog temelja za nedrenirane uvjete

$$q_{R,d} = (\pi + 2) \cdot c_{u,d} \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q$$

$c_u$  – nedrenirana čvrstoća tla

$q$  – ukupno naprezanje na razini temeljne plohe

$$b_c = 1 - \frac{2\alpha}{\pi + 2} \alpha - \text{nagib bazete melja}$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B'}{L'}$$

$$i_c = 0,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{H_{E,d}}{B' \cdot L' \cdot c_{u,d}}} \right) \text{ uz } H_{E,d} \leq A' c_{u,d}$$

$$b_c = 1 - \frac{2\alpha}{\pi + 2} = 1 - \frac{2 \cdot 0}{\pi + 2} = 1$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 + 0,2 \cdot \frac{47,23}{450} = 1,02$$

$$i_c = 0,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{H_{E,d}}{B' \cdot L' \cdot c_{u,d}}} \right) = 0,5 \cdot (1 + 1) = 1$$

$$q = 0 \text{ kPa}$$

Parametri tla (sredina i kraj presjeka)

$$c_u = 144 \text{ kPa}$$



Reducirana karakteristična vrijednost (Orr&Farrell)

$$c_{u,k} = 144 \cdot 0,85 = 122,4 \text{ kPa}$$

$$c_{u,d} = \frac{c_{u,k}}{\gamma_{cu}} = \frac{122,4}{1,40} = 87,43 \text{ kN}$$

Nosivost tla

$$q_{R,d} = (\pi + 2) \cdot 87,43 \cdot 1 \cdot 1,02 \cdot 1 + 0 = 458,52 \text{ kPa}$$

$$R_d = \frac{q_{R,d}}{\gamma_{RD}} = \frac{458,52}{1,00} = 458,52 \text{ kPa}$$

Ukupno naprezanje od vlastite težine nasipa na razini temeljne plohe

$$B = 47,23 \text{ m}$$

$$A_{uk} = 310,56 \text{ m}^2/\text{m} \text{ (površina presjeka nasipa)}$$

$$\gamma_{sat} = 21,0 \text{ kN/m}^2 \text{ (jedinična težina nasipa)}$$

$$q_{tot} = \frac{A_{uk} \cdot \gamma_{sat}}{B} = \frac{310,56 \cdot 21}{47,23} = 138,09 \text{ kPa}$$

$$q_1 = q_{tot} \cdot 1,35 = 138,09 \cdot 1,35 = 186,41 \text{ kPa}$$

$$q_2 = \frac{Q}{B \cdot L} = \frac{20250}{450 \cdot 47,23} = 0,95 \text{ kPa}$$

$$q_{uk} = q_1 + q_2 = 186,41 + 0,95 = 187,36 \text{ kPa}$$

$$E_d \leq R_d \quad q_{uk} \leq R_d$$

$$187,36 \leq 458,52$$

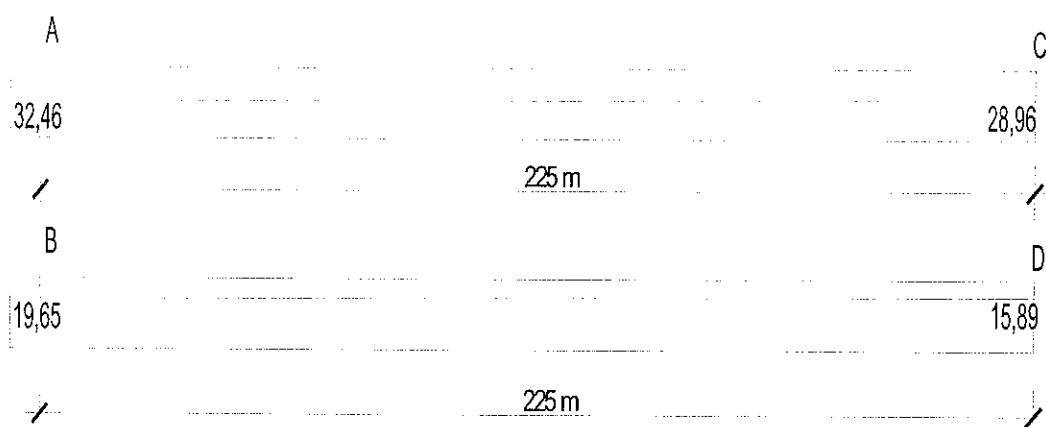
$$187,36 \leq 458,52 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

## 5. ZAKLJUČAK

### 5.1. Rezultati provedene analize slijeganja lukobrana (klasično izvedene)

Tablica 37. Rezultati proračuna (klasično izvedeni)

Karakteristične točke	$\Delta s$ uslijed vl. težine novog lukobrana	$\Delta s$ uslijed vl. težine dodatnog nasipa	$\Delta s$ uslijed dodatnih naprezanja	$\Delta s$ ukupno slijeganje
A	5,04	-	27,42	32,46
B	-	13,55	6,1	19,65
C	5,04	-	23,92	28,96
D	-	12,09	3,8	15,89



Slika 21. Skica slijeganja lukobrana

Analiza slijeganja nasipa/lukobrana u 4 karakteristične točke pokazala su da je slijeganje približno jednoliko i očekivano za ovakvu građevinu i geotehničke uvjete. Na prvom uzdužnom presjeku između točaka A i C razlika u slijeganju je 3,5 cm dok je u drugom presjeku između točaka B i D razlika u slijeganju lukobrana 3,76 cm.

## 5.2. Rezultati provedene analize slijeganja lukobrana (settle3d)

Tablica 38. Rezultati proračuna (settle3d)

Karakteristične točke	$\Delta s$ uslijed vl. težine novog lukobrana	$\Delta s$ uslijed vl. težine dodatnog nasipa	$\Delta s$ uslijed dodatnih naprezanja	$\Delta s$ ukupno slijeganje
A	5,04	-	24,2	29,24
B	-	13,55	6,4	19,95
C	5,04	-	22,7	27,74
D	-	12,09	4,3	16,39

Rezultati slijeganja nasipa/lukobrana u računalnom program SETTLE3D pokazali su se približno sličnima sa rezultatima dobivenim metodom Steinbrenner-a. Najveće odstupanje je 3,22 cm u točki A, a najmanje u točki B sa samo 0,3 cm odstupanja. Jedan od razloga može biti neprecizno iščitavanje utjecajnih faktora iz Steinrenner-ovog dijagrama prilikom računanja dodatnih naprezanja. Uz to program jedino može izračunati slijeganje uslijed izgradnje lukobrana jer u njemu nije omogućeno računati slijeganje od vlastite težine slojeva tla. Tako su ostali rezultati uzeti iz klasičnog proračuna slijeganja.

### 5.3. Rezultati analize nosivosti temeljnog tla prema Eurokodu 7

Analiza nosivosti prema Eurokodu 7 pokazala je u oba slučaja proračuna za interesno područje temeljnog tla zadovoljavajuće rezultate za drenirane i nederinrane uvjete. Provedena je analiza za prosječne parametre čvrstoće na smicanje i za parametre sloja u kojem se nalazi veći dio plohe sloma.

U ovome slučaju pristup analizi nosivosti prema EC7 i nije baš najbolje rješenje jer je riječ o nasipu velike površine, a ne o krutim temeljima za kakve je namijenjen Eurokod.

Alternativno, može se provesti analiza stabilnosti nasipa s podtemeljnim tlom kako bi utvrdili mogućnost stvaranja kliznih ploha tj. urušavanja.

## 6. LITERATURA

( 1 ) Mišćević P. *Predavanja - Naprezanja u tlu* Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split

Dostupno na:<http://www.gradst.hr/Ustrojfakulteta/Katedre/Geotehnika/Stru%C4%8Dnistu%20dijgra%C4%91evinarstva/Mehanikatlaitemeljenje/tabid/906/Default.aspx>(20. rujna 2015.)

( 2 ) Mišćević P. *Predavanja - Čvrstoća tla na smicanje* Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split

Dostupno na:<http://gradst.unist.hr/Ustrojfakulteta/Katedre/Geotehnika/Preddiplomskistudijgra%C4%91evinarstva/Mehanikatlaitemeljenje/tabid/896/Default.aspx>(20. rujna 2015.)

( 4 ) Mišćević P. *Predavanja - Naprezanja u tlu* Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split

Dostupno na:<http://gradst.unist.hr/Ustrojfakulteta/Katedre/Geotehnika/Preddiplomskistudijgra%C4%91evinarstva/Mehanikatlaitemeljenje/tabid/896/Default.aspx>(20. rujna 2015.)

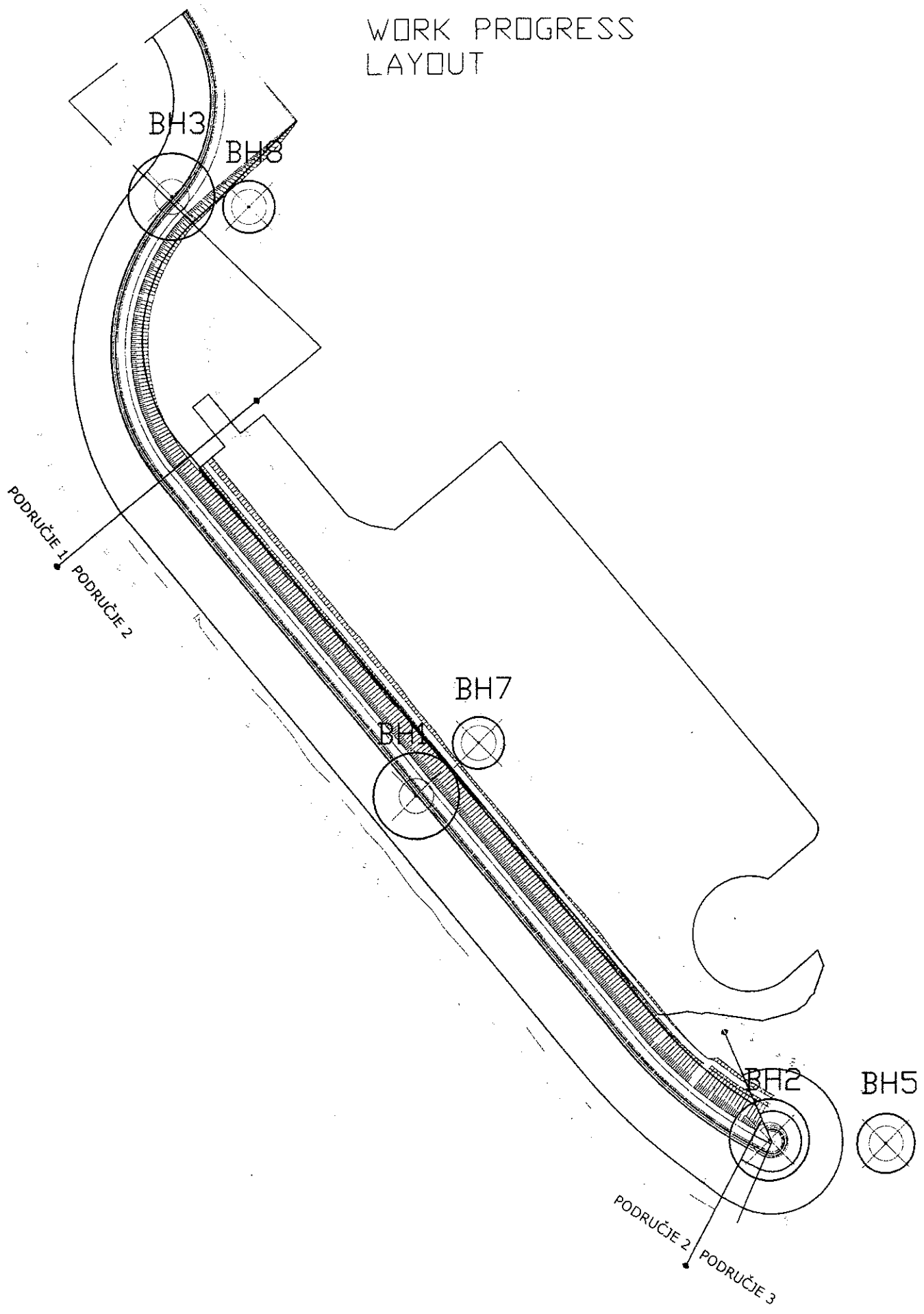
( 5 ) Roje-Bonacci, T. (2007.), *Mehanika tla*, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split

**7. PRILOZI**

- 7.1. Prilog 1 - Situacija s položajem istražnih bušotina MJ 1:1250
- 7.2. Prilog 2 - Karakteristični poprečni presjek MJ 1:250
- 7.3. Prilog 3 - Geotehnički profil 1 MJ 1:100/MJ 1:200
- 7.4. Prilog 4 - Geotehnički profil 2 MJ 1:100/MJ 1:200
- 7.5. Prilog 5 - Sondažni profili
- 7.6. Prilog 6 - Rezultati geotehničkih laboratorijskih ispitivanja
- 7.7. Prilog 7 - Geotehnički modeli MJ 1:120
- 7.8. Prilog 8 - Analiza parametara tla

### **7.1. Prilog 1 - Situacija s položajem istražnih bušotina MJ 1:1250**

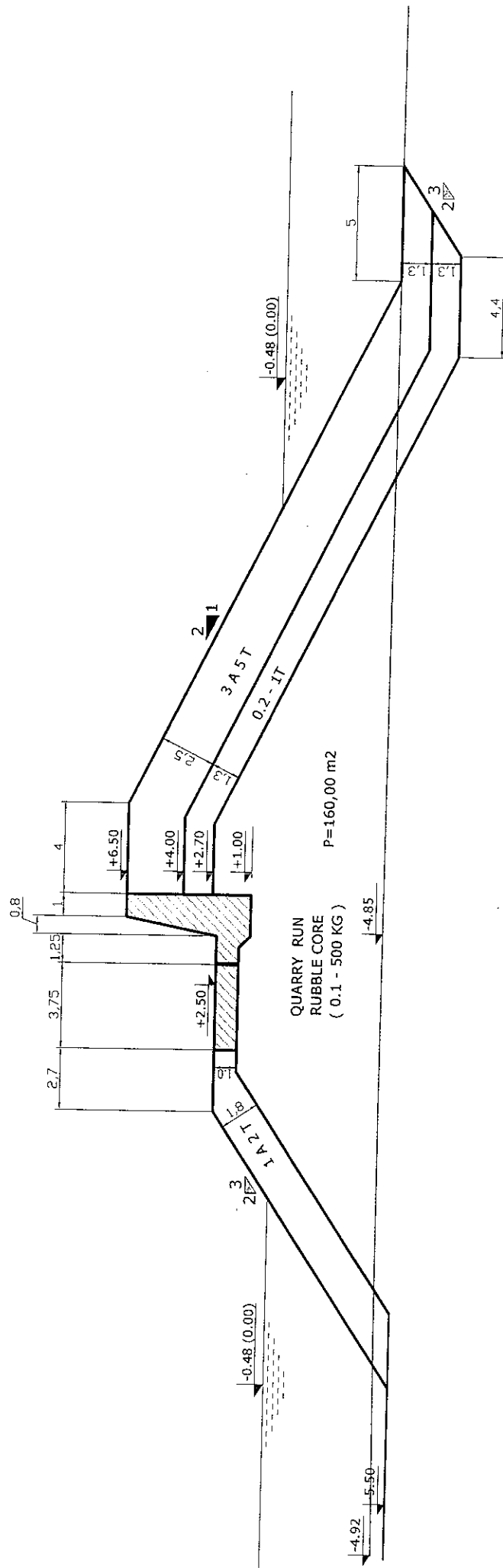
# WORK PROGRESS LAYOUT





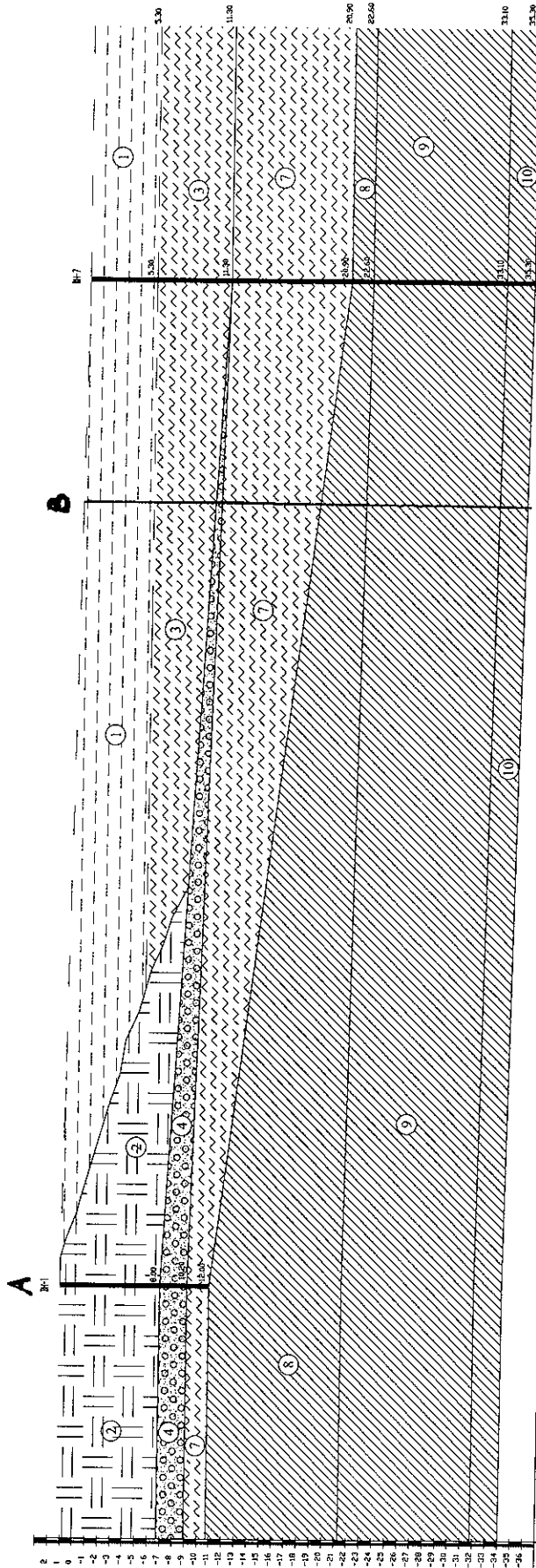
## 7.2. Prilog 2 - Karakteristični poprečni presjek MJ 1:250

# MAIN BREAKWATER CROSS SECTION : 9-9



### 7.3. Prilog 3 - Geotehnički profil 1 MJ 1:100/MJ 1:200

Geological Section II-II  
 Horizontal Scale 1:100  
 Vertical Scale 1:200



PK 1000  
 Kuotta

127

100

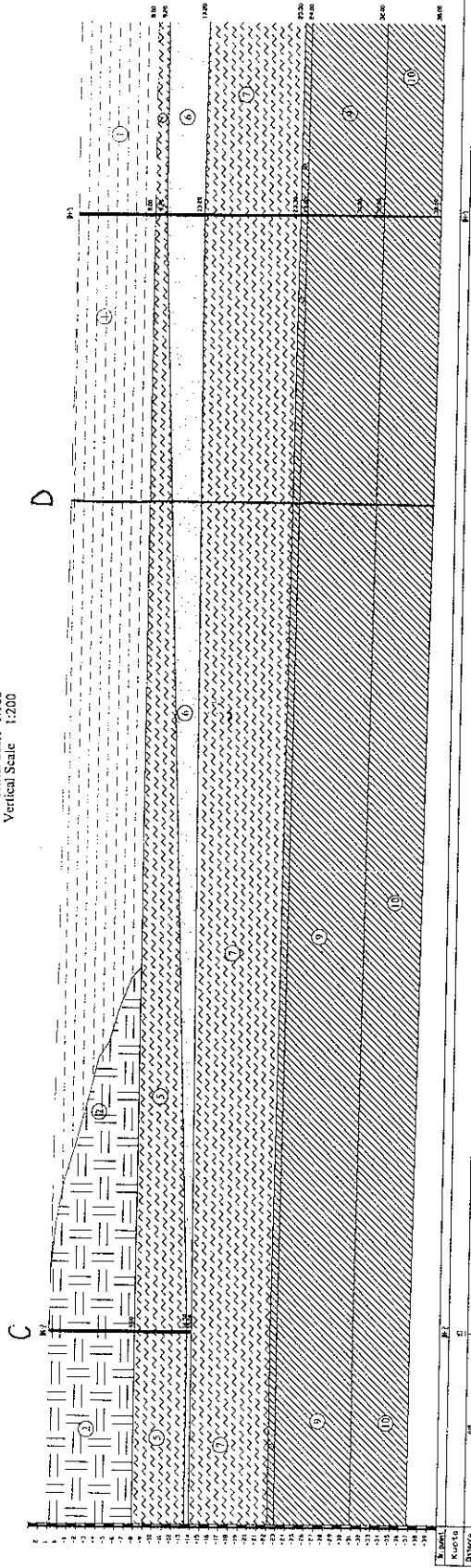
Distance

76.5

000

#### **7.4. Prilog 4 - Geotehnički profil 2 MJ 1:100/MJ 1:200**

Geological Section L-1  
Horizontal Scale 1:100  
Vertical Scale 1:200



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18

## **7.5. Prilog 5 - Sondažni profili**



# ALTEA & GEOSTUDIO 2000

Hole ID  
BH 1  
Sheet BH 1-1

Contract No.	Method	Rotary	Coordinates	N	4573496.120
Project	Location:	DURRES	E	370221.165	
	Drilling Rig	WIRTH	Ground Level	Z	1.27 m
	Driller	E. XHAMETA	Orientation		Vertical
Client	Logged by	S.ALLKJA	Date Started		29.05.2013
Consultant		A.MEÇO	Date Completed		30.05.2013

Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer value qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level
Backfill with rock blocks of limestones.	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
	=						
		8.00					
Low dense gray GRAVEL. Gravel is fine and medium fraction, rounded of ofiolites, siliceous and flint origin.				D 8.70-9.20			
		10.00					

Form ARIAL CP LOG  
Version 1.00  
Revised





# ALTEA & GEOSTUDIO 2000


Hole ID  
BH1  
Sheet BH 1-2

Contract No.	Method	Rotary	Coordinates	X	4573496.120
Project	Location:	DURRES	Y	370221.165	
	Drilling Rig	WIRTH	Ground Level	Z	1.27 m
	Driller	E. XHAMETA	Orientation		Vertical
Client	Logged by	S.ALLKJA	Date Started		29.05.2013
Consultant		A.MEÇO	Date Completed		30.05.2013

Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer value qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level
Low dense gray GRAVEL. Gravel is fine and medium fraction, rounded of ofiolites.		10.20					
Soft to firm dark gray to green CLAY. pp = 0.80-1.20 kg/cm2.			80	D	11.0-11.50		
			90				
			100				
			110				
			110				
			120				
			120				
			120				
			120				
			120				
		12.00					




Form ARIAL CP LOG  
Version 1.00  
Revised

Contract No.		Method	Rotary	Coordinates	N	4573326.211
Project	NEW FISHING PORT CONSTRUCTION	Location:	DURRES		E	370395.909
	Geotechnical Investigation	Drilling Rig	WIRTH	Ground Level	Z	1.15 m
Client	STRABAG, KROATIA	Driller	E. XHAMETA	Orientation		Vertical
Consultant		Logged by	S.ALLKJA	Date Started		30.05.2013
			A.MEÇO	Date Completed		31.05.2013

Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer value qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level
Backfill with rock blocks of limestones.	=						1.15
	=    =						
	=						
	=    =						
	=						
	=    =						
	=						
	=    =						
	=						
	=    =						
	=						
	=    =						
	=						
	=    =						
	=						
	=    =						
	=						
	=    =						
	=						
	=    =						
		9.00					
Loose dark gray sea kelps and little soft siltyclay.				D	9.50-10.0		
		10.00					

Form	ARIAL CP LOG
Version	1.00
Revised	

Contract No.	Method	Rotary	Coordinates	X	4573326.211
Project	Location:	DURRES	Y	370395.909	
	Drilling Rig	WIRTH	Ground Level	Z	1.15 m
	Driller	E. XHAMETA	Orientation		Vertical
Client	Logged by	S.ALLKJA	Date Started		30.05.2013
Consultant		A.MEÇO	Date Completed		31.05.2013

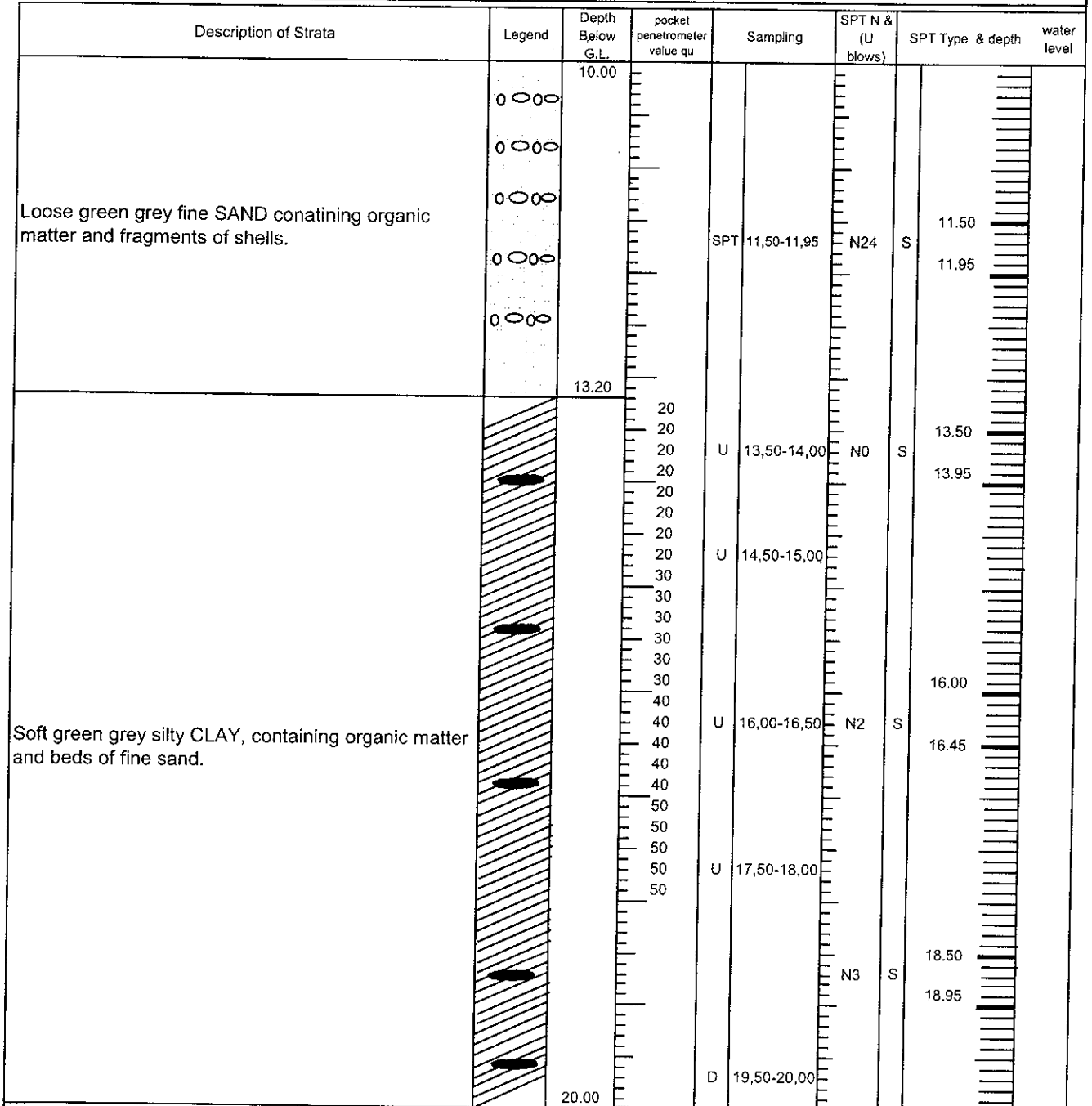
Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer vajae qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level
Loose dark gray SILT and occassional gravel.		10.00	20	D 11.50-12.00	N 8	S 10.00	
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
		20	20				
Loose gray fine SAND containing organic matter and small pieces of shells.		14.50	40	D 14.60-15.00			
		40	40				
		40	40				
		40	40				
		15.00					



# ALTEA & GEOSTUDIO 2000

Hole ID  
BH 5  
Sheet BH 5-2

Contract No.	Method	Rotary	Coordinates	X	4573324.185	
Project	NEW FISHING PORT CONSTRUCTION	Location:	DURRES	Y	370453.921	
	Geotechnical Investigation	Drilling Rig	WIRTH	Ground Level	Z	-8.0 m
Client	STRABAG, KROATIA	Driller	E. XHAMETA	Orientation	Vertical	
Consultant		Logged by	S.ALLKJA	Date Started	03.06.2013	
			A.MEÇO	Date Completed	04.06.2013	



Form ARIAL CP LOG  
Version 1.00  
Revised



# ALTEA & GEOSTUDIO 2000

Hole ID  
BH 5  
Sheet BH 5-3

Contract No.	Method	Rotary	Coordinates	X	4573324.185
Project	NEW FISHING PORT CONSTRUCTION	Location:	DURRES	Y	370453.921
	Geotechnical Investigation	Drilling Rig	WIRTH	Ground Level	Z -8.0 m
Client	STRABAG, KROATIA	Driller	E. XHAMETA	Orientation	Vertical
Consultant		Logged by	S.ALLKJA	Date Started	03.06.2013
			A.MEÇO	Date Completed	04.06.2013

Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer value qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level
Soft green grey silty CLAY, containing organic matter and beds of fine sand. pp = 0.30-0.50 kg/cm2		30	30	U 22,00-22,50	N4	S	
		30	30				
		30	30				
		30	30				
		30	30				
		40	30				
		40	30				
		40	30				
		40	30				
		40	30				
Stiff grey to beige and green silty CLAY, containing a little gravel. pp = 2.40 kg/cm2		23.30	240	U 23,50-24,00			
		240	240				
		240	240				
		240	240				
Very stiff, brown to beige silty CLAY, containing a little gravel. pp = 2.80-3.40 kg/cm2		24.00	250	U 25,50-26,00	N30	S	
		260	260				
		270	260				
		280	260				
		280	260				
		290	260				
		290	260				
		300	260				
		300	260				
		310	260				
		310	260				
		320	260				
		320	260				
		330	260				
		330	260				
		220	200	U 29,00-29,50	N34	S	
		200	200				
		200	200				
		200	200				
		200	200				
		200	200				
		200	200				
		200	200				
		210	200				
		210	200				
		30.00	210		N25	S	
		210	210				
		210	210				

Form ARIAL CP LOG  
Version 1.00  
Revised



# ALTEA & GEOSTUDIO 2000

Hole ID  
BH 5  
Sheet BH 5-4

Contract No.		Method	Rotary	Coordinates	X	4573324.185
Project	NEW FISHING PORT CONSTRUCTION	Location:	DURRES		Y	370453.921
	Geotechnical Investigation	Drilling Rig	WIRTH	Ground Level	Z	-8.0 m
Client	STRABAG, KROATIA	Driller	E. XHAMETA	Orientation		Vertical
Consultant		Logged by	S.ALLKJA	Date Started		03.06.2013
			A.MEÇO	Date Completed		04.06.2013

Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer value qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level	
Very stiff, brown to beige silty CLAY, containing a little gravel. pp = 2.80-3.40 kg/cm <sup>2</sup>		30.00	210					
			210					
			210					
			220					
			220					
			220					
			220					
			220					
			220			U	31,50-32,00	
			220					
Stiff to hard green grey silty CLAY. pp = 3.00-3.20 kg/cm <sup>2</sup>			220					
			220			N24	S	32.00
			220					
			220					
			220					
			220					
			220					
			220					
			220					
			220					
			220					
			220					
			220					
			220					
			220					
			300					
			300					
			300			U	34,30-34,80	
		300						
		300						
		300						
		300						
		300						
		300						
		300						
		300						
		300						
		310						
310								
310								
310								
310								
310								
320								
320								
320								
320								
320								
320				SPT	37,00-37,45	N41	S	37.00
320								
320				U	37,50-38,00			37.45
		38.00	320					

Form ARIAL CP LOG  
Version 1.00  
Revised



# ALTEA & GEOSTUDIO 2000

Hole ID  
BH 7  
Sheet BH 7-1

Contract No.	Method	Rotary	Coordinates	X	4573521.585
Project	Location:	DURRES	Ground Level	Y	370251.893
	Drilling Rig	WIRTH	Orientation	Z	-5.30 m
	Driller	E. XHAMETA	Date Started		05.06.2013
Client	Logged by	S.ALLKJA	Date Completed		06.06.2013
Consultant		A.MEÇO			
	Geotechnical Investigation				
	STRABAG, KROATIA				

Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer value qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level
Sea water.		0.00					
The sea sludge, with kelps, silts, silty sand and silty clay, in very soft condition, containing organic matter and shells.		5.30					
		10.00					

Form ARIAL CP LOG  
Version 1.00  
Revised



# ALTEA & GEOSTUDIO 2000

Hole ID  
BH 7  
Sheet BH 7-2

Contract No.	Method	Rotary	Coordinates	X	4573521.585
Project	Location:	DURRES		Y	370251.893
	Drilling Rig	WIRTH	Ground Level	Z	-5.30 m
	Driller	E. XHAMETA	Orientation		Vertical
Client	Logged by	S.ALLKJA	Date Started		05.06.2013
Consultant		A.MEÇO	Date Completed		06.06.2013

Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer value qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level	
The sea sludge, with kelps, silts, silty sand and silty clay, in very soft condition, containing organic matter and shells.		10.00						
		11.30						
Soft, green grey silty CLAY, containing organic matter and beds of fine sand.		50		SPT 11,30-11,75	N7	S 11.30		
		50					11.75	
		60						
		70						
		80						
		20						
		20						
		20						
		20				U 13,30-13,80		
		20						
		30						
		30				U 14,00-14,50		
		30						
		30						
		30						14.80
		30					N8	S 15.25
		30						
		20						
20				U 16,30-16,80				
20								
30								
30								
40						17.30		
40					N6	S 17.75		
40								
40								
40								
40								
40								
40				U 19,30-19,80				
40								
40								
20.00								

Form ARIAL CP LOG  
Version 1.00  
Revised





# ALTEA & GEOSTUDIO 2000

Hole ID  
BH 7  
Sheet BH 7-3

Contract No.	Method	Rotary	Coordinates	X	4573521.585
Project	NEW FISHING PORT CONSTRUCTION	Location:	DURRES	Y	370251.893
Client	Geotechnical Investigation STRABAG, KROATIA	Drilling Rig	WIRTH	Z	-5.30 m
		Driller	E. XHAMETA	Orientation	Vertical
		Logged by	S.ALLKJA	Date Started	05.06.2013
Consultant		A.MEÇO	Date Completed	06.06.2013	

Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer value qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level	
Soft, green grey silty CLAY, containing organic matter and beds of fine sand.		40	40					
		40	40					
		20.90	40			N27	S	20.30
			40					20.75
Stiff, grey to beige and green silty CLAY, containing a little gravel.		40						
			230					
			240	U	21,30-21,60			
			240					
			250					
			260					
			270	SPT	21,80-22,25	N27	S	21.80
			280					22.25
			22.60					
			280					
Very stiff, brown to beige silty CLAY, containing a little gravel.		280						
		290						
			300					
			300					
			300					
			300					
			300					
			300					
			300					
			300	U	24,30-24,80			
			310					
			310					
			310					24.80
			310			N33	S	25.25
			310					
			310					
			320					
			320					
			320					
			320					
			320					
			330					
	330							
	320							
	330	U	27,30-27,80					
	330							
	330					27.80		
	330			N35	S	28.25		
	330							
	330							
	330							
	330							
	330							
	330							
	330	U	29,30-29,80					
	30.00							

Form ARIAL CP LOG  
Version 1.00  
Revised



# ALTEA & GEOSTUDIO 2000

Hole ID  
BH 7  
Sheet BH 7-4

Contract No.	Method	Rotary	Coordinates	X	4573521.585
Project	NEW FISHING PORT CONSTRUCTION	Location:	DURRES	Y	370251.893
	Geotechnical Investigation	Drilling Rig	WIRTH	Ground Level	Z -5.30 m
Client	STRABAG, KROATIA	Driller	E. XHAMETA	Orientation	Vertical
Consultant		Logged by	S.ALLKJA	Date Started	05.06.2013
			A.MEÇO	Date Completed	06.06.2013

Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer value qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level
Very stiff, brown to beige silty CLAY, containing a little gravel.		330					
		330					
		330					
		330					
		330					
		330					
		330					
		330					
		330					
		330					
		33.10		U 32,30-32,70	N31	S 30.30	
Stiff to hard, green grey silty CLAY.		350					
		350					
		360					
		360					
		360					
		370					
		370					
		380					
		380					
		390					
		35.30		U 34,60-35,00	N45	S 33.30	
						S 33.75	

Form	ARIAL CP LOG
Version	1.00
Revised	

## 7.6. Prilog 6 - Rezultati geotehničkih laboratorijskih ispitivanja

o

NEW FISHING PORT -- SUMMARY OF PHYSICAL-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SOIL

DATA		Physical characteristics										Mechanical Characteristics											
Trial Pit & Bore Hole	Depth of sample	Sample	Moisture content	Liquid Limit	Plastic Limit	Plastic Index	Specific gravity	Bulk density	Grading By Hydrometer				Void ratio	Oedometer		Direct shear		Triaxial CU	Triaxial UU				
									Clay	Silt	Sand	Gravel		C <sub>v</sub> -f <sub>ln</sub>	E <sub>o</sub>	ϕ <sub>cd</sub>	c <sub>cd</sub>			ϕ <sub>cu</sub>	c <sub>cu</sub>		
BH	m	W <sub>c</sub>	%	LL	P.L	I.P	G <sub>s</sub>	γ <sub>n</sub>	%	<0.002	<0.075	<0.63	>0.63	e <sub>g</sub> init	*10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /sec	MPa	°	KPa	KPa	C <sub>cu</sub>	KPa		
<b>BH - 5</b>																							
	8.00-8.50	41.59	44.12	27.69	16.43	2.700	1.740	27.10	70.40	2.50	0.00	1.197	3.2	5.75	16.02	17.98	18.30	21.10	41.32	33.30	37.00		
	14.50-15.00																						
	16.00-16.50																						
	17.50-18.00	22.12	55.74	30.67	25.06	2.650	30.70	56.00	13.30	0.00													
	22.00-22.50																						
	23.50-24.00	22.76	50.64	26.11	24.53	2.650	2.054	29.40	52.60	18.00	0.00												
	25.50-26.00	25.26	65.79	32.96	32.82	2.600	44.80	27.90	25.30	2.00													
	29.00-29.50	22.55	50.97	27.15	23.82	2.600	36.30	43.30	18.40	2.00													
<b>BH - 7</b>																							
	11.30-11.75	59.26	69.85	35.85	34.00	2.600	61.40	31.90	6.40	0.30													
	13.30-13.80	48.47	71.78	34.18	37.60	2.600	1.650	54.80	44.40	0.80	0.00	1.354	1.6	7.079	16.40	17.14	15.52	16.84	25.68				
	14.00-14.50	48.68	61.54	32.86	28.68	2.600	23.10	74.70	2.20	0.00													
	19.30-19.80	36.46	41.63	24.10	17.53	2.630	26.50	71.30	2.20	0.00													
	21.30-21.60	29.30	51.10	30.31	20.79	2.600	1.930	30.50	60.60	8.90	0.00	0.733	1.2	15.84								93.60	
	21.80-22.25	28.58	61.12	31.29	29.84	2.700	52.80	42.80	4.40	0.00													
	24.30-24.80																						
	27.30-27.80	24.28	63.66	37.10	25.96	2.600	56.70	30.80	12.50	0.00													
	32.30-32.70	30.01	24.31	18.94	5.37	2.670	22.20	23.40	54.40	0.00													
	34.60-35.00	25.16	63.98	29.25	34.73	2.650	1.993	36.80	60.70	2.50	0.00	0.658	2.2	16.98									
<b>BH - 8</b>																							
	9.00-9.50	31.16	39.81	21.70	18.11	2.700	1.840	24.30	68.10	7.60	0.00	0.925	1.7	6.606	16.80	17.70						24.70	
	17.00-17.50	25.16	70.99	30.98	40.01	2.700	1.990	39.60	59.80	0.60	0.00	0.698	6.8	18.62	17.10	19.00	17.80	22.40					
	21.50-22.00	21.17	54.41	28.40	26.01	2.600	1.900	34.20	48.30	13.10	4.40	0.667	0.4	19.05	19.95	24.08	19.36	23.00					

### **7.7. Prilog 7 - Geotehnički modeli MJ 1:120**

## TOČKA A

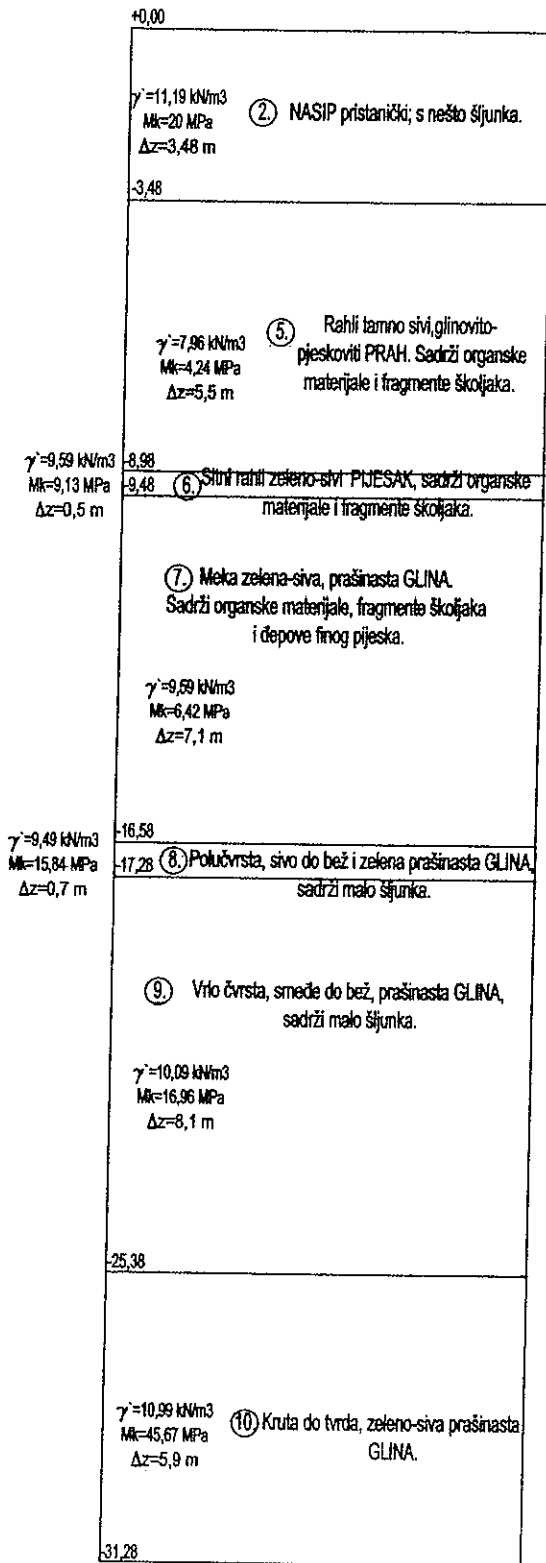
+0,00	$\gamma = 11,19 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 20 \text{ MPa}$ $\Delta z = 2,36 \text{ m}$ ② NASIP pristanički; s nešto šljunka.
-2,36	$\gamma = 9,19 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 6,92 \text{ MPa}$ $\Delta z = 2,2 \text{ m}$ Rastresiti zeleno sivi, pjeskovito prašnasti, srednje veličine zrna, ŠLJUNAK. Šljunak je zaobljen.
-4,56	$\gamma = 9,59 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 6,42 \text{ MPa}$ $\Delta z = 1,8 \text{ m}$ ⑦ Meka zelena-siva, prašnasta GLINA. Sadrži organske materijale, fragmente školjaka i depove finog pijeska.
-6,36	⑧ Polučvrsta, sivo do bež i zelena prašnasta GLINA, sadrži malo šljunka.
	$\gamma = 9,49 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 15,84 \text{ MPa}$ $\Delta z = 9,3 \text{ m}$
-15,66	⑨ Vrlo čvrsta, smeđe do bež, prašnasta GLINA, sadrži malo šljunka.
	$\gamma = 10,09 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 16,96 \text{ MPa}$ $\Delta z = 10,5 \text{ m}$
-26,16	$\gamma = 10,99 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 45,67 \text{ MPa}$ $\Delta z = 2,2 \text{ m}$ ⑩ Kruta do tvrda, zeleno-siva prašnasta GLINA.
-28,36	

## TOČKA B

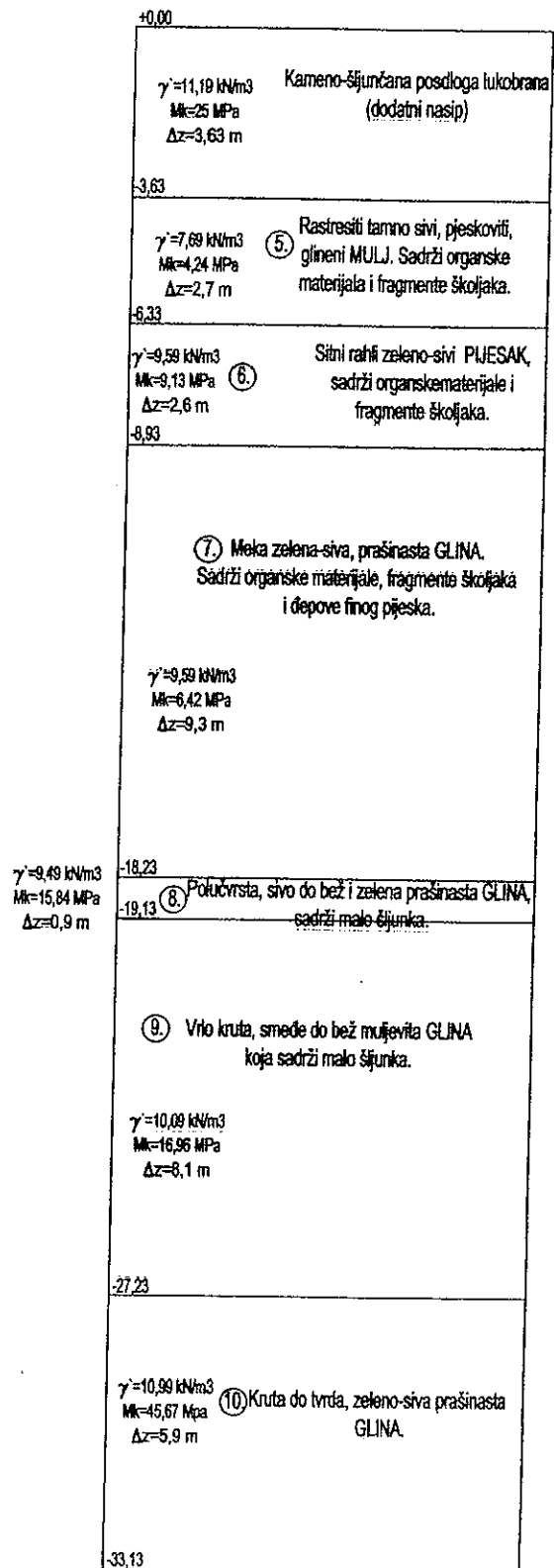
+0,00	$\gamma = 11,19 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 25 \text{ MPa}$ $\Delta z = 0,93 \text{ m}$ Kameno-šljunkana podloga lukobrana (dodatni nasip)
-0,93	③ Morski mulj s travom, prahom, prašnastim pijeskom i prašnastom glinom, žitkog konzistentnog stanja, sadrži organske tvari i školjke.
	$\gamma = 7,19 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 2 \text{ MPa}$ $\Delta z = 4,6 \text{ m}$
-5,53	$\gamma = 9,19 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 6,92 \text{ MPa}$ $\Delta z = 1,8 \text{ m}$ Rastresiti zeleno sivi, pjeskovito prašnasti, srednje veličine zrna, ŠLJUNAK. Šljunak je zaobljen.
-7,33	⑦ Meka zelena-siva, prašnasta GLINA. Sadrži organske materijale, fragmente školjaka i depove finog pijeska.
	$\gamma = 9,59 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 6,42 \text{ MPa}$ $\Delta z = 5,97 \text{ m}$
-13,3	⑧ Polučvrsta, sivo do bež i zelena prašnasta GLINA, sadrži malo šljunka.
	$\gamma = 9,49 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 15,84 \text{ MPa}$ $\Delta z = 4,6 \text{ m}$
-17,9	⑨ Vrlo čvrsta, smeđe do bež, prašnasta GLINA, sadrži malo šljunka.
	$\gamma = 10,09 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 16,96 \text{ MPa}$ $\Delta z = 10,3 \text{ m}$
-28,2	$\gamma = 10,99 \text{ kN/m}^3$ $M_k = 45,67 \text{ MPa}$ $\Delta z = 2,3 \text{ m}$ ⑩ Kruta do tvrda, zeleno-siva prašnasta GLINA.
-30,5	

PREDMET	ZAVRŠNI RAD
IZRADIO	IVAN BARTULOVIĆ
AK. GOD. 2013./2014.	25.06.2014
GEOTEHNIČKI MODEL	PRILOG 7

## TOČKA C



## TOČKA D



PREDMET	ZAVRŠNI RAD
IZRADIO	IVAN BARTULOVIĆ
AK. GOD. 2013./2014.	25.06.2014
GEOTEHNIČKI MODEL	PRILOG 7

## **7.8. Prilog 8 - Analiza parametara tla**



## KORELACIJE UPOTREBLJENE ZA ANALIZU PARAMETARA

$$c_u = 0,5 * q_u \quad \text{- iz rezultata džepnog penetrometra}$$

$$\frac{c_u}{\sigma'_{vo}} = 0,11 + 0,0037 * I_p \quad \text{- iz indeksa plastičnosti (Skempton)}$$

$$\frac{c_u}{p_a} = f_1 * (N_1)_{60} \quad \text{- iz korelacije SPT udaraca (Stroud(1975))}$$

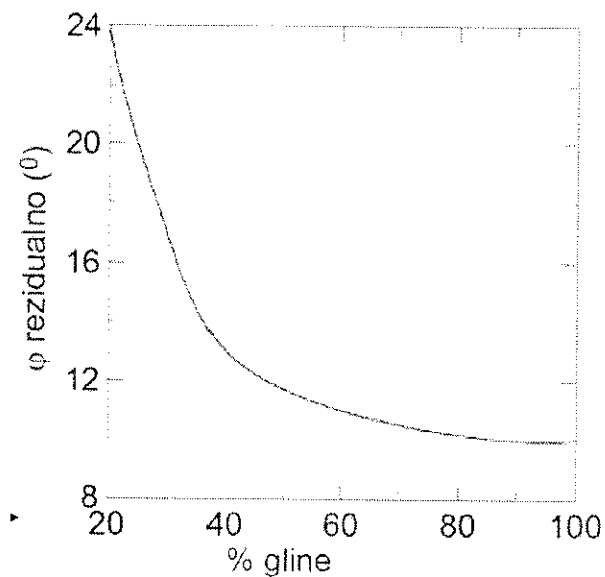
$p_a$ - atmosferski tlak (100 kPa)

Ip (%)	f1
10	0,080
20	0,075
≥30	0,045

$$c_u = 4,5 * N_{60} \quad \text{- iz SPT udaraca za sitnozrna tla (Stroud(1988))}$$

$$c_u = 10,5 * N_{60} \quad \text{- iz SPT udaraca za sitnozrna tla (Decourt(1989))}$$

$$\varphi(\circ) = 20^\circ + \sqrt{15,4 * (N_1)_{60}} \quad \text{- vršni efektivni kut trenja iz SPT-a}$$



-procjena drenirane čvrstoće prema sadržaju gline za sitnozrna tla

## ANALIZA PARAMETARA

Karakteristični poprečni presjek sredine nasipa (bušotine BH1 i BH7)

Geotehnička sredina	troosna kompresija UU pokus $c_u$ (kPa)	džepni penetrometar $q_u$ (kPa)	(korelacija) SPT pokus $c_u$ (kPa) $\varphi'$ (°)	(korelacija) iz indeksa plastičnosti $c_u$ (kPa)	troosna kompresija CU pokus (iz elaborata) $c'$ (kPa) $\varphi'$ (°)	direktno smicanje pokus $c'$ (kPa) $\varphi'$ (°)	iskustvena procjena iz sadržaja gline za sitnozrune materijale $c'$ (kPa) $\varphi'$ (°)
GS (dodatni nasip)							$c'=0$ $\varphi'=35$ (iskustvena procjena)
GS2							$c'=0$ $\varphi'=35$ (iskustvena procjena)
GS4							$c'=12$ $\varphi'=22$ (9,2% gline; elaborat)
GS7	$c_u=25,68$	(raspon 80-120) $c_u=50$	$c_u=70,13 - 76,5$ (N6-N27) $\varphi'=32$	$c_u=67,13$	$c'=16,84$ $\varphi'=15,52$	$c'=17,14$ $\varphi'=16,40$	
GS8	$c_u=93,6$	(raspon 40-280) $c_u=80$	$c_u=99,22 - 121,5$ (N27) $\varphi'=34,27$	$c_u=77,1$			
GS9	$c_u=135,25$	(raspon 280-330) $c_u=153$	$c_u=113,85 - 148,5$ (N31-N35) $\varphi'=35,23$	$c_u=97,32$		$c'=23,88$ $\varphi'=20,3$	
GS10		(raspon 300-400) $c_u=175$	$c_u=87,07 - 198$ (N45) $\varphi'=37,26$	$c_u=128,23$	$c'=24,36$ $\varphi'=20,72$		

Karakteristični poprečni presjek kraja nasipa (bušotine BH2 i BH5)

Geotehnička sredina	troosna kompresija UU pokus $c_u$ (kPa)	džepni penetrometar $q_u$ (kPa)	(korelacija) SPT pokus $c_u$ (kPa) $\varphi^i$ (°)	(korelacija) iz indeksa plastičnosti $c_u$ (kPa)	troosna kompresija CU pokus (iz elaborata) $c^i$ (kPa) $\varphi^i$ (°)	direktno smicanje pokus $c^i$ (kPa) $\varphi^i$ (°)	iskustvena procjena iz sadržaja gline za sitnozrne materijale $c^i$ (kPa) $\varphi^i$ (°)
GS (dodatni nasip)							$c^i=0$ $\varphi^i=35$ (iskustvena procjena)
GS2							$c^i=0$ $\varphi^i=35$ (iskustvena procjena)
GS5	$c_u=33,33$	(raspon 20-40) $c_u=15$	$c_u=36$ -37,12 (N8) $\varphi^i=28,45$	$c_u=50,76$			$c^i=9$ $\varphi^i=12$ (27,1% gline; elaborat)
GS6							$c^i=8$ $\varphi^i=23$ (10,6% gline; elaborat)
GS7	$c_u=39,16$	(raspon 20-60) $c_u=20$	$c_u=7,73$ - 9 (N0-N4) $\varphi^i=26,79$	$c_u=76,55$		$c^i=17,98$ $\varphi^i=16,02$	
GS8		(raspon 240-240) $c_u=120$		$c_u=80,75$	$c^i=21,10$ $\varphi^i=18,30$		
GS9	$c_u=132,5$	(raspon 200-340) $c_u=135$	$c_u=99,21$ - 132,75 (N25-N34) $\varphi^i=34,64$	$c_u=97,63$		$c^i=23,75$ $\varphi^i=20,8$	
GS10		(raspon 220-320) $c_u=135$	$c_u=62,89$ - 144 (N24-N41) $\varphi^i=34,67$	$c_u=130,14$			

## ODABRANE KARAKTERISTIČNE VRIJEDNOSTI PARAMETARA POSMIČNE ČVRSTOĆE

Odabrane su određene vrijednosti jer sva mjerenja daju različite rezultate za kut unutarnjeg trenja i koheziju. Primarna je bila tablica rezultata geotehničkih laboratorijskih ispitivanja (Prilog 6.)

geotehnička sredina	jedinična saturirana težina $\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	jedinična težina uronjenog tla $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	nedrenirana čvrstoća $c_u$ (kPa)	drenirana čvrstoća $c'$ (kPa) $\varphi'$ (°)
GS(dodatni nasip)	21	11,19		$c'=0$ $\varphi'=35$
GS2	21	11,19		$c'=0$ $\varphi'=35$
GS4	19	9,19		$c'=12$ $\varphi'=22$
GS5	17,5	7,69	$c_u=33,3$	$c'=9$ $\varphi'=12$
GS6	19,4	9,59		$c'=8$ $\varphi'=23$
GS7	19,4	9,59	$c_u=29,26$	$c'=17,14$ $\varphi'=16,4$
GS8	19,3	9,49	$c_u=93,6$	$c'=21,1$ $\varphi'=18,3$
GS 9	19,9	10,09	$c_u=132,5$	$c'=23,75$ $\varphi'=20,8$
GS10	20,8	10,99	$c_u=144$	$c'=24,36$ $\varphi'=20,72$

