

# Uređenje obala Male Neretve na dionici od ustave u Opuzenu do vodotoka Prunjak

---

Ožinger, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

*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:123:237277>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**



*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**

**Luka Ožinger**

**Split, 2019.**

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

**Uređenje obala Male Neretve na dionici od ustave u  
Opuzenu (stacionaža km 9+850,47) do vodotoka  
Prunjak (stacionaža km 9+290,38) – analize  
naprezanja, pomaka i stabilnosti metodom konačnih  
elemenata**

**Završni rad**

**Split, 2019.**

## Uređenje obala Male Neretve na dionici od ustave u Opuzenu do vodotoka Prunjak

Sažetak:

Predmet ovog rada je uređenje obala Male Neretve na dionici od ustave u Opuzenu (stacionaža km 9+850,47) do vodotoka Prunjak (stacionaža km 9+290,38). Provedene su analize stanja naprezanja i pomaka/deformacija (uključivo i očekivanog slijeganja) metodom konačnih elemenata pomoću programa Plaxis za statičko opterećenje te kombinaciju statičkog i dinamičkog potresnog opterećenja.

Ključne riječi:

naprezanja, pomaci, deformacije, metoda konačnih elemenata, statičko opterećenje, dinamičko opterećenje.

## Design of the Mala Neretva river banks on the section from gate in Opuzen to the Prunjak watercourse

Abstract:

The subject of this work is the arrangement of the coast of Male Neretve on the section gate in Opuzen (chainage km 9 + 850.47) to the Prunjak watercourse (chainage km 9 + 290.38). Analysis of stress and displacement / deformation (including expected settlement) was performed using the finite element method by the Plaxis program for static load and a combination of static and dynamic earthquake loads.

Key words:

stresses, displacements, strains, finite element method, static load, dynamic load.

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: LUKA OŽINGER

BROJ INDEKSA: 4522

KATEDRA: **Katedra za geotehniku**

PREDMET: Mehanika tla i temeljenje

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

**Tema:** Uređenje obala Male Neretve na dionici od ustave u Opuzenu (stacionaža km 9+850,47) do vodotoka Prunjak (stacionaža km 9+290,38) – analize naprezanja, pomaka i stabilnosti metodom konačnih elemenata

**Opis zadatka:** Kandidatu su stavljeni na raspolaganje podaci o provedenim geotehničkim istražnim radovima na predmetnoj lokaciji obale rijeke Mala Neretva, zajedno s poprečnim presjecima tj. proračunskim modelom uređenja obale u sklopu navedene građevine. Prema danim podlogama i Eurokodu 7 (HRN EN 1997-1:2012/NA) potrebno je izvršiti analizu stanja naprezanja i pomaka/deformacija (uključivo i očekivanog slijeganja) metodom konačnih elemenata pomoću programa Plaxis za statičko opterećenje te kombinaciju statičkog i dinamičkog potresnog opterećenja. Proračunsko dinamičko opterećenje odrediti prema HRN EN 1998-5:2011. Uz navedeno, izvršiti i analizu stabilnosti obale za statičko opterećenje pomoću tzv. „c-phi“ sigurnosne analize u Plaxis-u.

U Splitu, 11. ožujka 2019. godine

Voditelj Završnog rada:



Izv. prof. dr. sc. Nataša Štambuk Cvitanović

## Sadržaj:

1. Tehnički opis .....	6
1.1. Uvod .....	6
1.2. Podloge i podatci iz geotehničkog projekta .....	7
1.3. Karakteristični poprečni presjek .....	8
2. Analize stanja naprezanja i deformacija .....	9
2.1. Proračun za statičko opterećenje .....	9
2.2. Proračun za dinamičko potresno opterećenje .....	15
3. Analiza stabilnosti obale .....	18
3.1. Proračun za statičko opterećenje .....	18
4. Literatura .....	19
5. Prilozi .....	20
5.1. Prilog 1 - Geotehnički projekt uređenja obale – Mala Neretva .....	20
5.2. Prilog 2 – Karakteristični poprečni presjek .....	20

# 1. Tehnički opis

## 1.1. Uvod

Za uređenje obala – Mala Neretva, prema danim podlogama (poprečni presjek, Geotehnički elaborat obale – Mala Neretva), bilo je potrebno izvršiti analize za statičko opterećenje (pomaci/slijeganje, stabilnost) te kombinaciju statičkog i dinamičkog potresnog opterećenja (pomaci).

Uređenje obala je koncipirano tako da uređene obale Male Neretve zadovoljavaju zahtjeve obrane od poplava, imaju osiguranu stabilnost pokosa te da osiguraju stanovništvu koje živi uz rijeku pristup rijeci i sigurno kretanje prometnicama uz rijeku.

Obale Male Neretve se uređuju na način da se proširuju gabariti asfaltiranog kolnika na 5,5 m, izvodi se pločnik širine 1,20 m duž asfaltiranog kolnika, izvode se uzdužna parkirališna mjesta, uređuju se privezišta za brodice i ozelenjene površine.

Glavnim projektom je određena koncepcija rješenja, provedeni su potrebni proračuni, kroz program kontrole i osiguranja kvalitete dani su tehnički uvjeti, a nacrtima je geometrijski definirano uređenje obala.

Za proračun su odabrane karakteristične vrijednosti parametara materijala, određene na temelju geotehničkih istražnih radova i dosadašnjeg iskustva na projektiranju sličnih građevina, prikazane su u tablici 1 :

Tablica 1. Karakteristične vrijednosti parametara materijala.

grupa, vrsta i oznaka materijala	Zapreminska težina	kohezija $c_k$ (kPa)	kut unutrašnjeg trenja $\phi_k$ (°)	nedrenirana posmična čvrstoća $C_{uk}$ (kPa)
(1) LOMLJENI KAMEN - NOŽICA	21	1	45	-
(2) KAMENI NASIP	21	1	40	-
(3) TAMPONSKI MATERIJAL	21	1	33	-
(4) SLOJ (2) - CL, CI, CL/SC, CI/SC	19	10	19	20
(5) SLOJ (3) - SC, SC/CL	20	1	35	-

Proračun je izvršen za karakteristični presjek 67 – 67, kojim je prezentiran računski model – karakteristični poprečni presjek za tip obale: Kontinuirani privez. Provedena je analiza stabilnosti

(proračun prema projektom pristupu 3, HRN EN 1997-1:2012).

*Projektne situacije:*

Analize su provedene na odabranom računskom modelu za nekoliko projektnih situacija:

*Tablica 2. Projektne situacije.*

<b>R. br.</b>	<b>Projektna situacija</b>	<b>opis</b>
S1	Inicijalna faza	Drenirani parametri. Bez izgrađenog nasipa
S2	Kraj gradnje	Ne drenirani parametri za glinoviti sloj – sloj (2)
S3	Eksploatacijsko stanje	Drenirani parametri., prometno opterećenje



## 1.2. Podloge i podatci iz geotehničkog projekta

Za potrebe izrade projekta uređenja obala Male Neretve na potezu od ustave u Opuzenu (km 9+850,47) do vodotoka Crepina na desnoj obali (km 5+592,40), odnosno crpne stanice Prag na lijevoj obali (km 5+024,47) izvedeni su geotehnički istražni radovi koji su se sastojali od: pozicioniranja bušotina i CPTU sondi u dogovoru s projektantom, istražnog bušenja, in-situ ispitivanja tla statičkim penetrometrom (CPTU) sa mjerenjima disipacije pornih tlakova, inženjersko-geoloških radova, stručnog geotehničkog nadzora nad istražnim radovima i laboratorijskih ispitivanja uzoraka tla.

Cilj istražnih radova bio je prikupiti relevantne podatke o karakteristikama temeljnog tla za potrebe izrade glavnog i izvedbenog projekta.

Tablica 3. Podaci o karakteristikama tla.

grupa mat.	vrsta materijala	oznaka materijal	opis materijala
(1)	NASIP <i>recentno; n - POKRIVAČ</i>	N	Nasip je registriran u svim istražnim bušotinama i CPTU sondama predbušenjem. Istražnim bušenjem registriran je najpliće do dubine 1,0 m u bušotini S-048-13-03, a najdublje do 2,4 m u bušotinama S-048-13-04 i 08, dok je CPTU sondiranjem registriran najpliće do dubine 0,4 m u sondi CPT 2, a najdublje do 1,6 m u sondi CPT 4. Sastoji se sastoji od mješavine šljunka, drobljenca, sa glinom, prahom i pijeskom, komada asfalta, betona i drugog građ. materijala sa korijenjem raslinja.
(2)	PJESKOVITI GLINENO-PRAŠINASTI MATERIJALI NISKE DO SREDNJE PLASTIČNOSTI <i>organogeno-barski sedimenti kvartar; b; Q<sub>2</sub> - POKRIVAČ</i>	CL, CI, CL/SC, CI/SC	Glineno-prašinski materijali su niske do srednje plastičnosti, pjeskoviti do vrlo pjeskoviti (sadržaj sitnog pijeska 13-75%, prosječno 40%), meko plastične konzistencije, sive do tamnosive boje, sa nešto organskih primjesa u tragovima, tresetom u tanjim proslojcima te mjestimce pokojom ljušturoom školjkica. Ovaj sloj je registriran u svim bušotinama ispod sloja nasipa. Najpliće je registriran u bušotini S-048-13-03 na dubini 1,0 m, a najdublje do 7,4 m bušotini S-048-13-06. Debljina sloja se kreće od 1,7 do 5,7 m. Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (SPT-a) se kreće od 0 (propadanje pribora) do 1 udarac, uz izuzetak SPT-a u bušotini S-048-13-06 na dubini 3,45 m gdje je broj udaraca 4.
(3)	PIJESAK <i>organogeno-barski sedimenti kvartar; b; Q<sub>2</sub> - POKRIVAČ</i>	SC, SC/CL	Pijesak je zaglinjen, uglavnom sitan, ponešto i sitan do srednje krupan, mjestimice vrlo glinovit (SC/CL), sive do tamno sive boje, uglavnom rastresit do srednje zbijen. Mjestimice su u pijesku registrirane organske primjese u tragovima, treset u tanjim proslojcima te pokoja ljuštura školjkica. Registriran je u svim bušotinama, najpliće na dubini 3,7 m u bušotinama S-048-13-03 i 07, a najdublje na 7,4 m u bušotini S-048-13-06. Debljina sloja nije registrirana jer je bušenje završeno u ovom sloju. Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (SPT-a) se kreće od 1 do 20 udaraca (prosjeck 9 udaraca).

Podaci iz tablice 3 uzeti iz [5.1]

Analiza opterećenja:

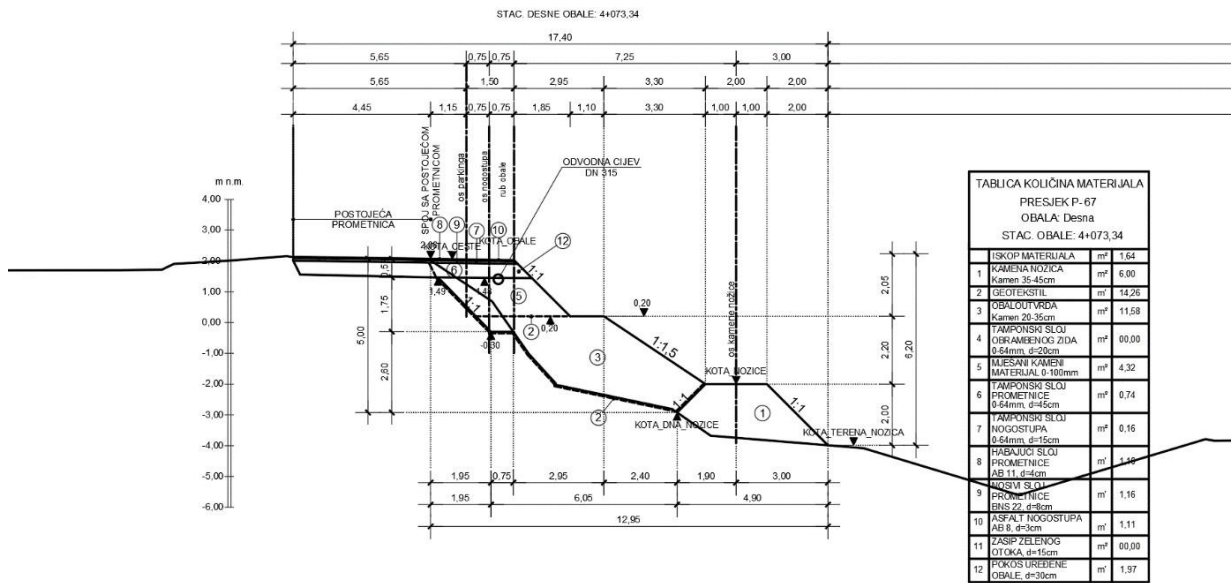
Za eksploatacijsko projektno stanje uzeto je kontinuirano djelovanje po cijeloj prometnoj površini od 10 kN/m' i po cijeloj pješačkoj površini od 5 kN/m' koje se množi sa faktorom sigurnosti za prolazno djelovanje od 1,5Q bez nepovoljnog djelovanja zaostalih pornih pritisaka u tlu.

$$q_d = 1,5 \cdot 10 \text{ kN/m}' = 15 \text{ kN/m}'.$$

$$q_d = 1,5 \cdot 5 \text{ kN/m}' = 7,5 \text{ kN/m}'$$

### 1.3. Karakteristični poprečni presjek

Ponašanje konstrukcije obale nakon uređenja u najnepovoljnijoj projektnoj situaciji, simulirano je karakterističnim računskim modelom sa zadanom razinom vode u Maloj Neretvi.



Slika 1. Karakteristični poprečni presjek obale (Poprečni presjeci obale – Mala Neretva):

## 2. Analize stanja naprezanja i deformacija

### 2.1. Proračun za statičko opterećenje

Proračun je izvršen pomoću geotehničkog software-a Plaxis.

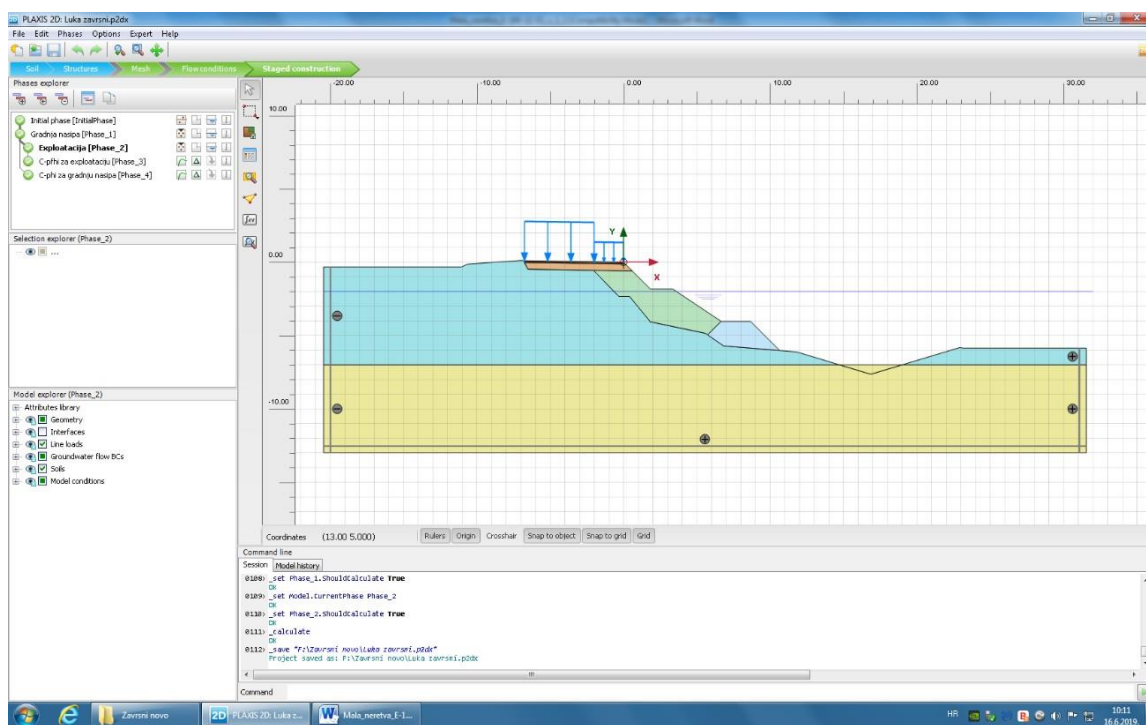
To je software koji numeričkim metodama te plastičnim proračunom (ne mora bit plastični) daje rezultate o statičkoj stabilnosti tla, dinamičko - potresnoj stabilnosti tla, daje prikaz koeficijenata sigurnosti za pojedine faze proračuna, grafičke prikaze pomaka, deformacija, naprezanja, te mnogo drugih geotehničkih podataka.

Za potrebe ovog zadatka korišten je proračun po Mohr-Coulomb-u.

U program je potrebno unositi karakteristične parametre tla koji su navedeni u tablici 4:

Tablica 4. Proširena tablica 1 (dodani: Modul elastičnosti, Poissonov koeficijent)

grupa, vrsta i oznaka materijala	Zapreminska težina	kohezija $c_k$ (kPa)	kut unutrašnjeg trenja $\phi_k$ (°)	Modul elastičnosti $E_s$ (kPa)	nedrenirana posmična čvrstoća $C_{uk}$ (kPa)	Poissonov koeficijent $\nu$
(1) LOMLJENI KAMEN - NOŽICA	21	1	45	25000	-	0,25
(2) KAMENI NASIP	21	1	40	25000	-	0,25
(3) TAMPONSKI MATERIJAL	21	1	33	25000	-	0,25
(4) SLOJ (2) - CL, CI, CL/SC, CI/SC	19	10	19	1486	20	0,30
(5) SLOJ (3) - SC, SC/CL	20	1	35	2500	-	0,25

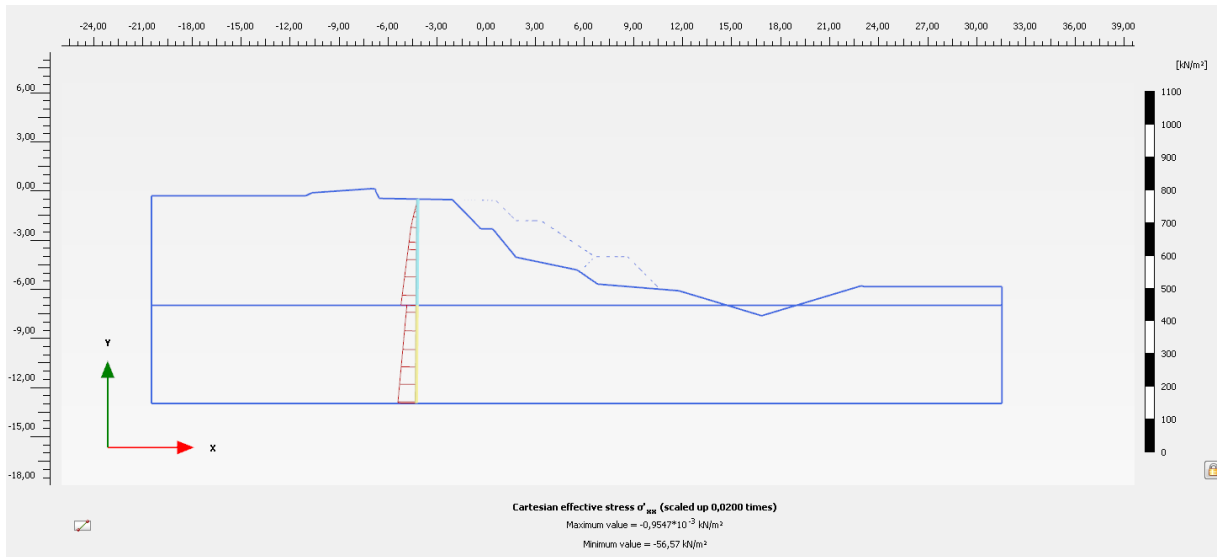


*Slika 2. Prikaz geometrije karakterističnog presjeka u software-u*

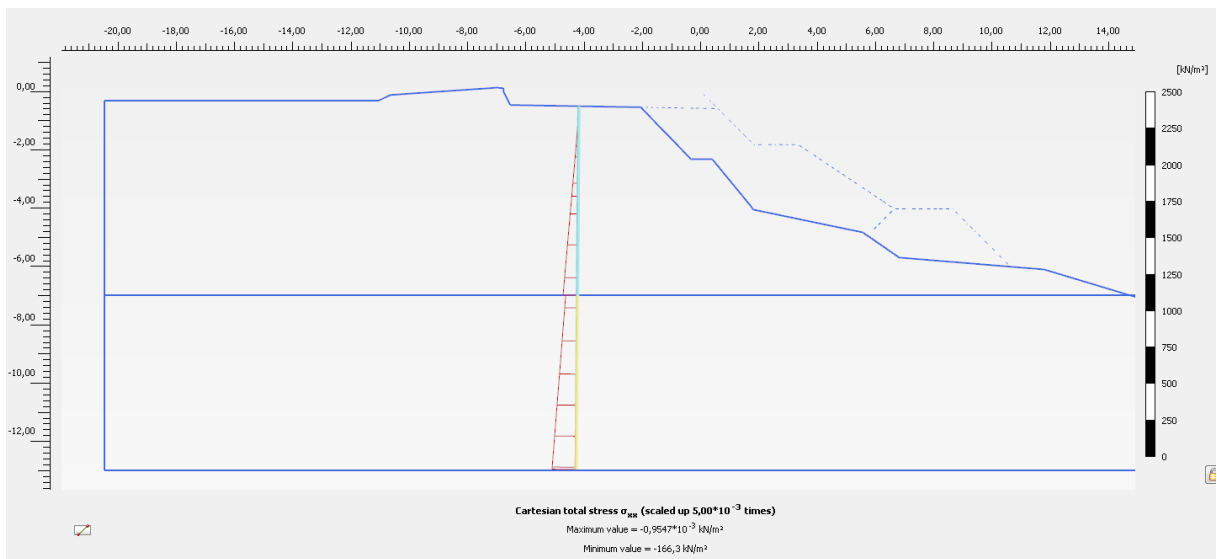
Kao što je ranije navedeno, analize su provedene za 3 faze prema tablici 1:

U inicijalnoj fazi izračunato je za tlo prema skici, u zadanom presjeku totalno i efektivno uspravno geostatičko naprezanje u tlu.

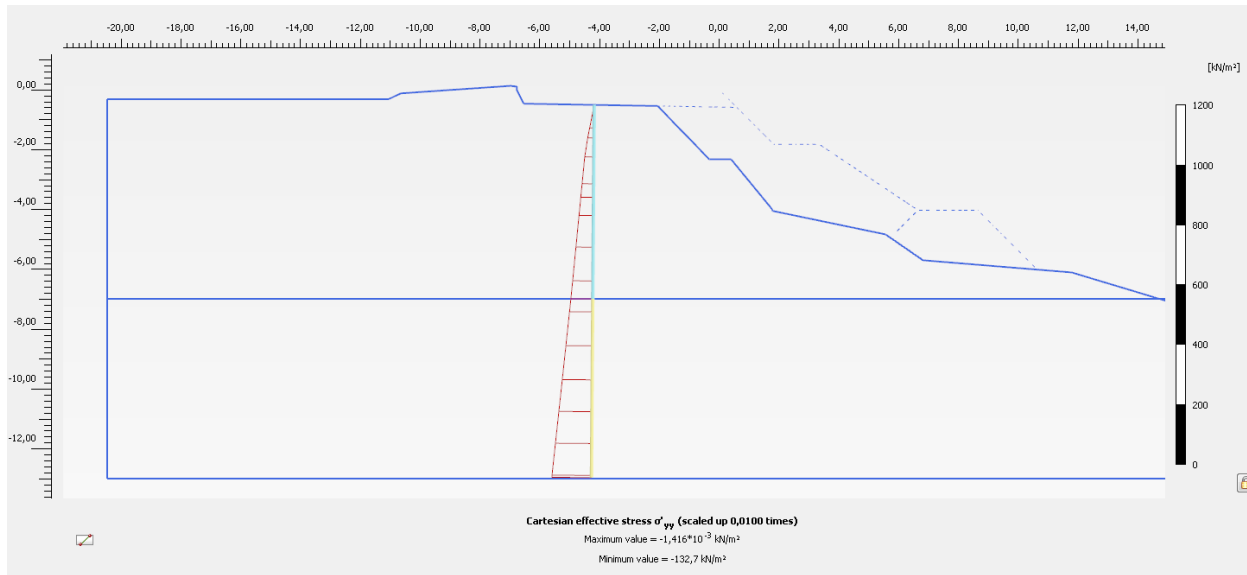
U našem slučaju slojevi tla nisu horizontalni, pa ne možemo koristiti k0 proceduru, međutim software Plaxis ima mogućnost proračuna za slučaj „gravity loading“ te se na temelju tog proračuna dobiveni rezultati prikazani na slikama 3, 4, 5, 6.



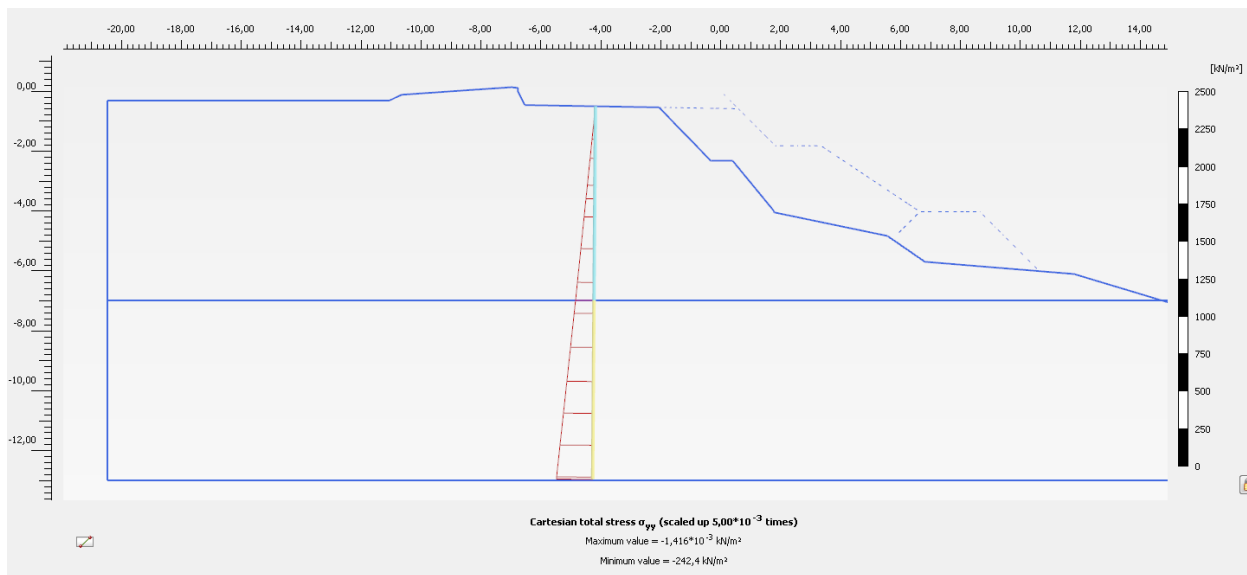
Slika 3. Prikaz efektivnih naprezanja u smjeru x ( $y_1 - os = visina$ ,  $y_2 - os = naprezanja$ ,  $x - os = duljina$ )



Slika 4. Prikaz ukupnih naprezanja u smjeru x ( $y_1 - os = visina$ ,  $y_2 - os = naprezanja$ ,  $x - os = duljina$ )



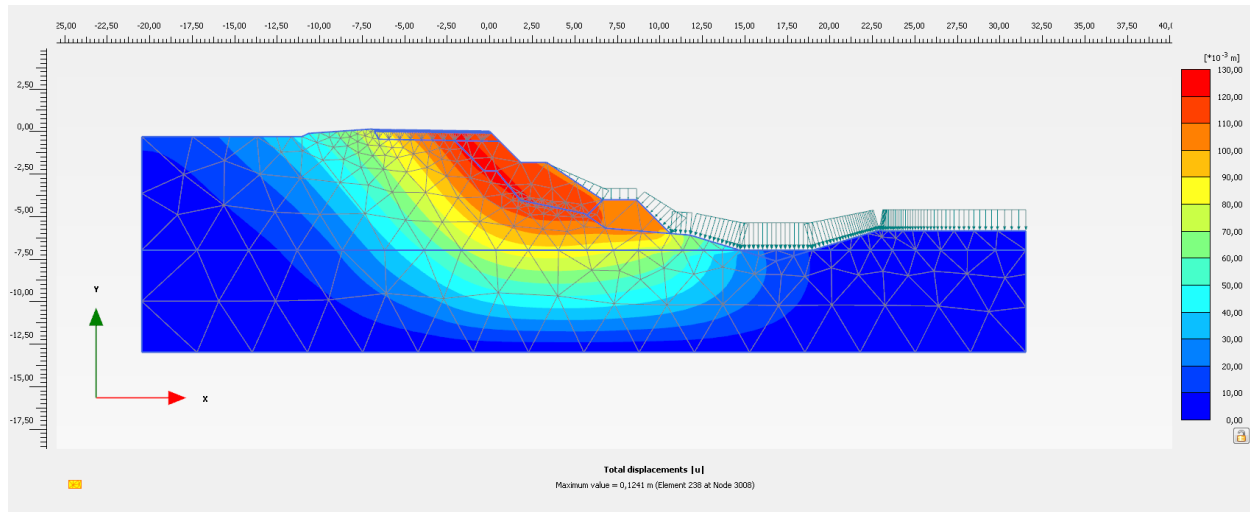
Slika 5. Prikaz efektivnih napreznaja u smjeru  $y$  ( $y_1 - os = visina$ ,  $y_2 - os = napreznaja$ ,  $x - os = duljina$ )



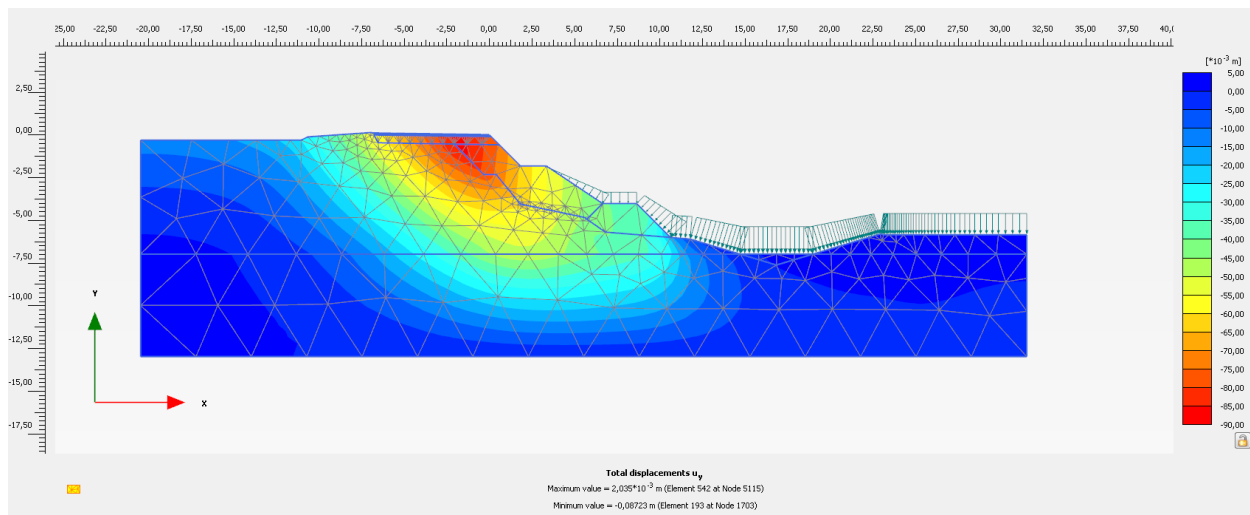
Slika 6. Prikaz ukupnih napreznaja u smjeru  $y$  ( $y_1 - os = visina$ ,  $y_2 - os = napreznaja$ ,  $x - os = duljina$ )

U drugoj fazi koja obuhvaća izgradnju kamenog nasipa, sa kamenom nožicom i tamponskim slojem, korišteni su nedrenirani uvjeti za sloj 2 (glina), prema tablici 3.

Provedenom analizom dobiveni su sljedeći rezultati:

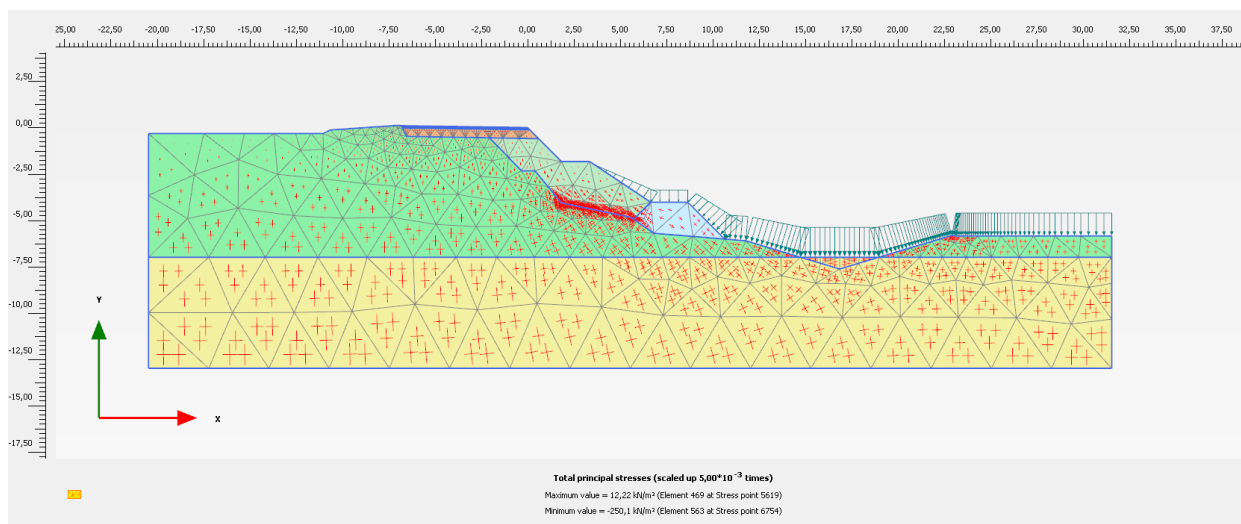


Slika 7. Prikaz ukupnih pomaka



Slika 8. Prikaz vertikalnih ukupnih pomaka

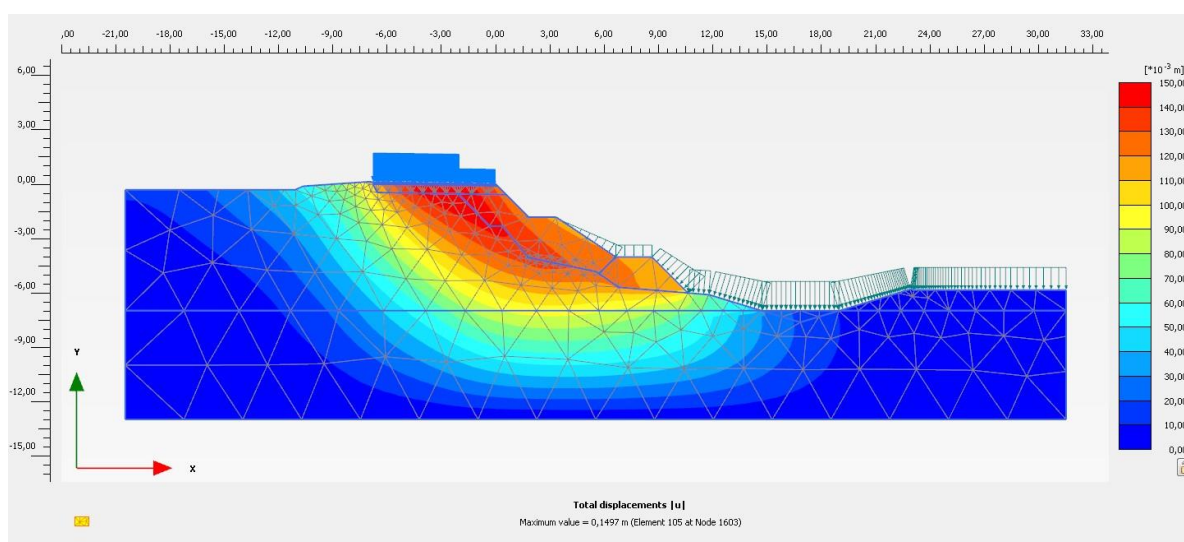
Na temelju dobivenih rezultata, vidimo da slijezanje za fazu S2 – Kraj gradnje za nedrenirano stanje sloja 2, iznosi 8,72 cm.



Slika 9. Prikaz djelovanja glavnih naprezanja

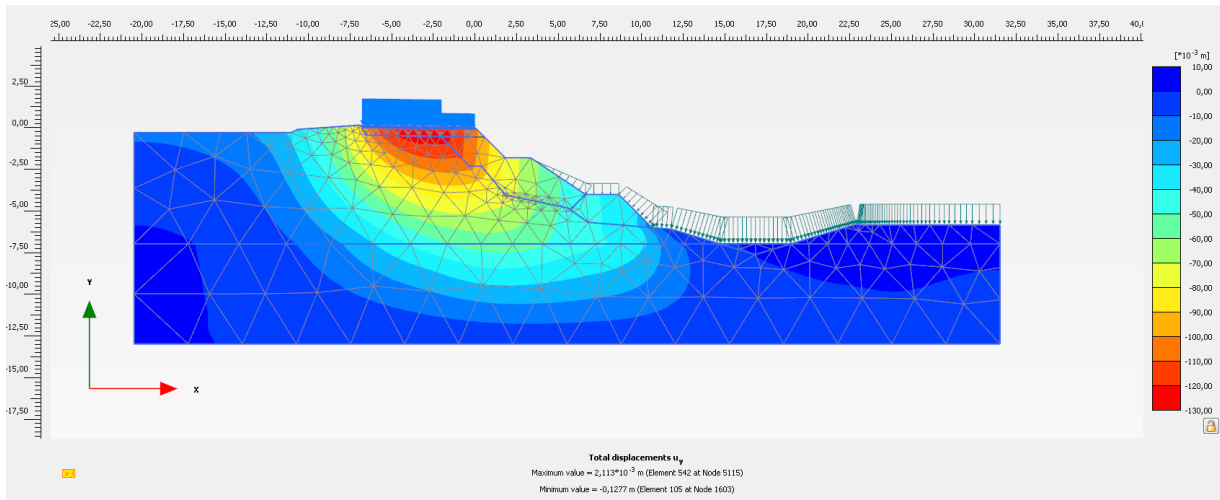
U ovome prikazu su prikazana glavna naprezanja i njihovi smjerovi djelovanja. Vidimo da se najveća koncentracija naprezanja javlja na spoju kamenog nasipa sa glinom.

Nakon što smo u software aktivirali preostalu geometriju geometriju, parametre materijala, te preostale faze izvođenja, dobiveni su sljedeći rezultati za fazu S3 - eksploatacija:



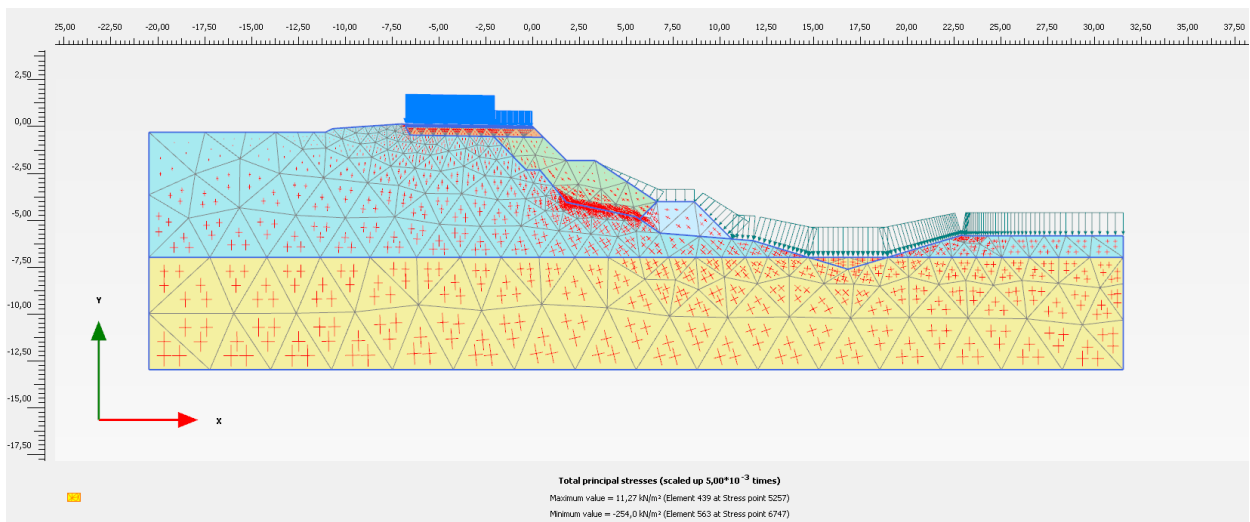
Slika 10. Prikaz ukupnih pomaka





Slika 11. Prikaz vertikalnih ukupnih pomaka

Maksimalni pomaci se dešavaju u tamponskom sloju i netom ispod njega što je za očekivati jer na taj sloj direktno djeluje prometno opterećenje, i ti pomaci iznose 12,77 cm, dok su za fazu kraja gradnje iznosili 8,72 cm.



Slika 12. Prikaz djelovanja glavnih naprezanja

Iz ovog prikaza vidimo da se najveća koncentracija naprezanja i dalje javlja na spoju kamenog nasipa sa glinom kao kod faze S2.

## 2.2. Proračun za dinamičko potresno opterećenje

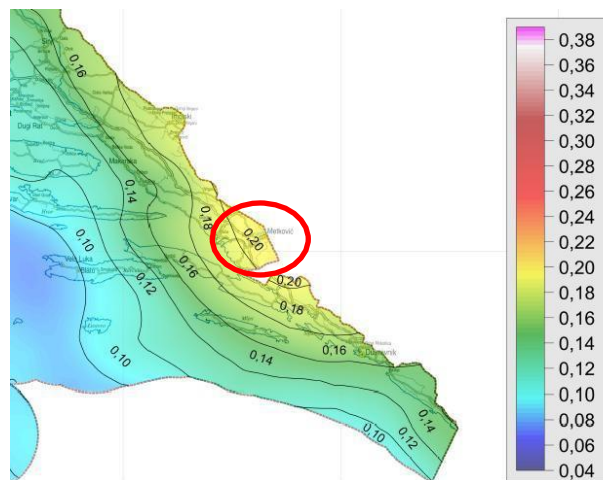
Analiza stabilnosti na potres

Parametri materijala

Analiza stabilnosti na potres provedena je pseudo-statičkom analizom granične ravnoteže uz korištenje karakterističnih parametara temeljnog tla i materijala:

Projektna situacija

Analiza stabilnosti na potres definirana je za slučaj eksploatacije pri kojem djeluje potres. Stanje naprezanja pri nastupu potresa simulirano je kao dodatna sila koja djeluje u težištu.



Slika 13. Karta s prikazom ubrzanja tla

Ubrzanje tla iz karte potresnih područja RH za povratni period od 95 godina za predmetnu lokaciju iznosi 0,20 g.

Dodatna sila je podijeljena na horizontalnu i vertikalnu komponentu, iznosi komponenti dodatne sile definirani su prema izrazima:

- horizontalna komponenta:  $F_H = 0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W$

- vertikalna komponenta:  $F_V = 0,5 \cdot F_H$

gdje je:  $\alpha$  - ubrzanje tla izraženo omjerom ubrzanja tla i gravitacije  $g$ , za područje  $\alpha=0,2$ ;

$S$  - parametar tla prema tipovima tla iz EN 1998 – 1:2004,

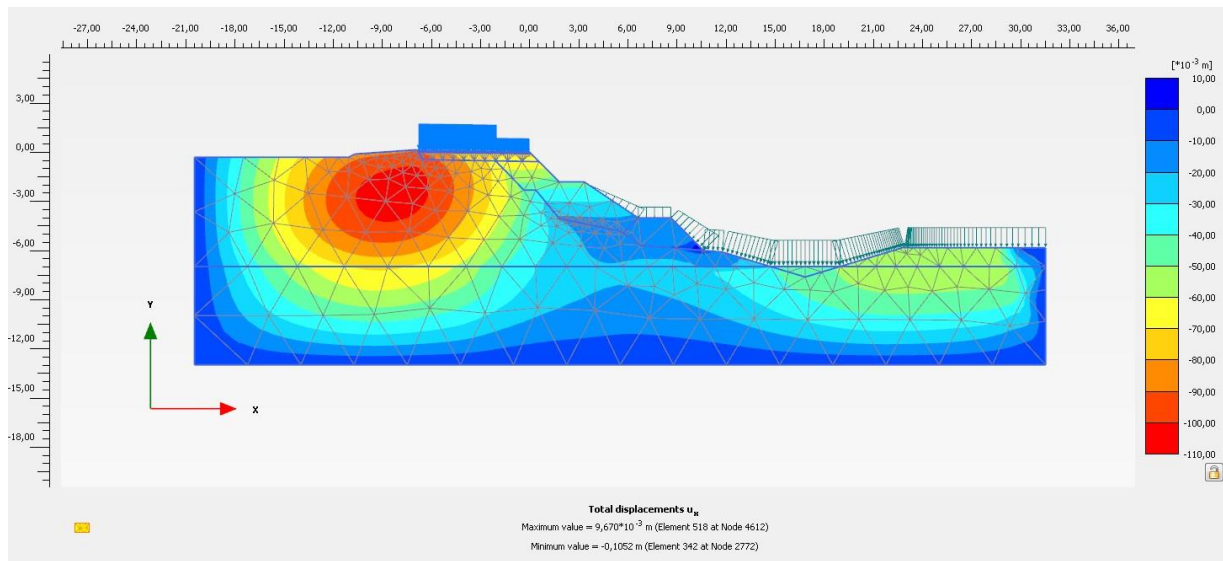
temeljno tlo je definirano kao tip D stoga je  $S=1,35$ ;

$W$  - težina

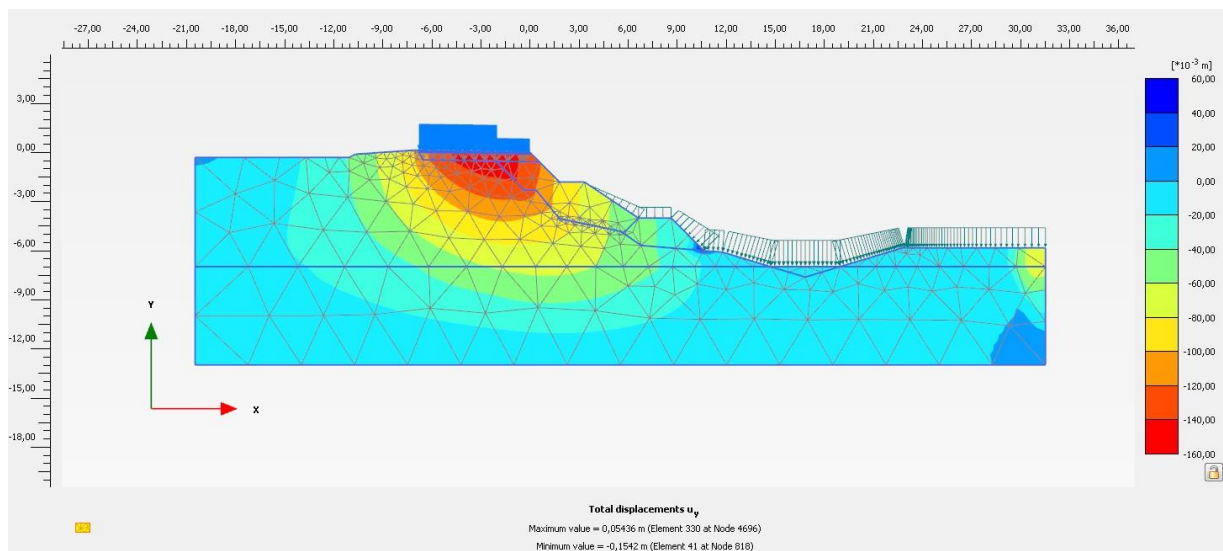
$$F_H = 0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W = 0,5 \cdot 0,2 \cdot 1,35 \cdot W = 0,135W$$

$$F_V = 0,5 \cdot F_H = 0,5 \cdot 0,135W = 0,0675W$$

Unošenjem dobivenih vrijednosti dinamičkog opterećenja, dobiveni su sljedeći rezultati:

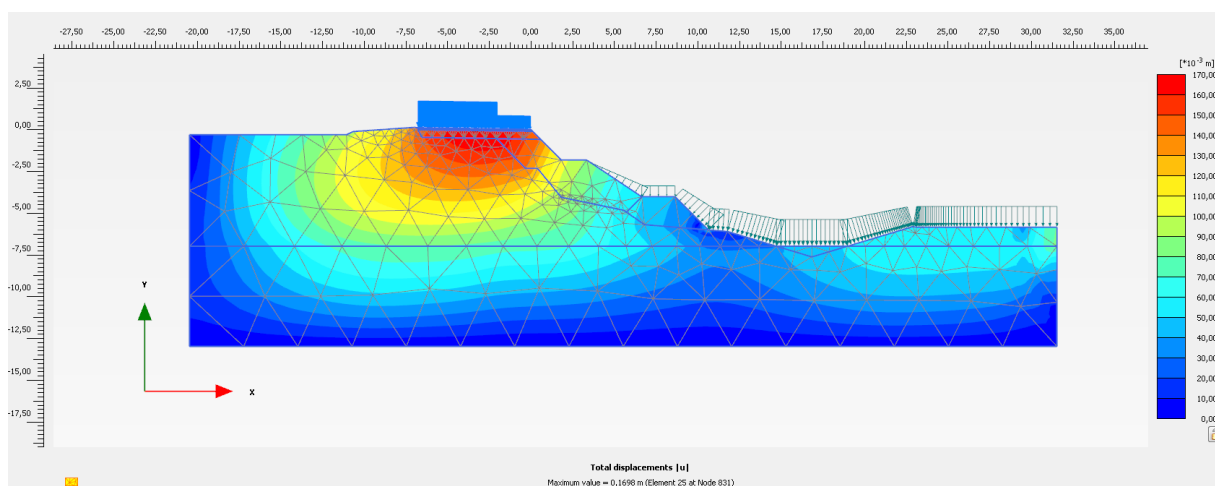


Slika 14. Ukupni pomaci uslijed potresa u smjeru x



Slika 15. Ukupni pomaci uslijed potresa u smjeru y

Na temelju dobivenih rezultata, vidimo da su se vertikalni pomaci uslijed djelovanja potresa povećali s 12,77 cm na 15,42 cm.



*Slika 16. Ukupni pomaci uslijed potresa*

Iz dobivenih rezultata vidimo da su se ukupni pomaci povećali sa 14,97 cm do vrijednosti 16,98 cm.

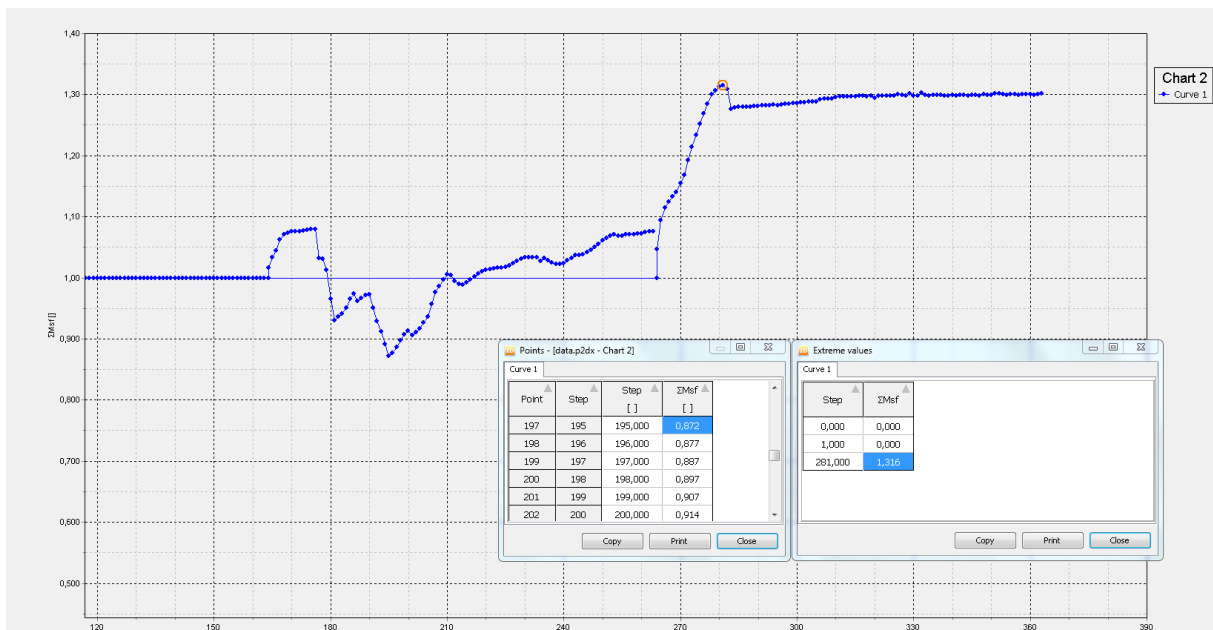
Ovi rezultati proračunati su za djelovanje potresnog opterećenja prema dolje ( $k_v \downarrow$ ). Za potresno opterećenje prema gore, dobivaju se manji pomaci te zbog toga njihovi rezultati nisu prikazani (djelovanje opterećenja prema dolje ( $k_v \downarrow$ ) je kritičnije u odnosu na djelovanje opterećenja prema gore ( $k_v \uparrow$ )).

### 3. Analiza stabilnosti obale

#### 3.1. Proračun za statičko opterećenje

Analiza stabilnosti je također proračunata u programskom software-u Plaxis. Iskorištena je mogućnost ovog software-a za određivanje koeficijenta sigurnosti pomoću tzv. "C-phi" sigurnosne analize. To je analiza koja u svakom koraku smanjuje vrijednost kohezije i kuta unutarnjeg trenja, postupak se zaustavlja kad dođe do sloma.

Faktor sigurnosti dobiva se prema izrazu  $F = \frac{c - \sigma_n * \tan(\varphi)}{c_r - \sigma_n * \tan(\varphi_r)}$ , gdje su  $c_r$  i  $\varphi_r$  reducirani parametri posmične čvrstoće.



Slika 17. Min i Max koeficijenti sigurnosti

Dobiveni su sljedeći podaci: Maksimalni koeficijent sigurnosti = 1,316

Minimalni koeficijent sigurnosti = 0,872 (lokalna nestabilnost)

Minimalni koeficijent (i svi koeficijenti ispod 1) je dobiven za područje krajnjeg ruba spoja tamponskog sloja sa kamenim nasipom te iznosi 0,872, međutim za taj dio je projektom predviđeno armiranje tla geotekstilom kojim se bitno povećava stabilnost tla. [1].

Maksimalni koeficijent iznosi 1,316 i on je dobiven za fazu eksploatacije, a njegova vrijednost bi u stvarnosti trebali biti dodano povećana zbog geotekstila kojim se armira tlo. [1].

Na temelju tih podataka možemo zaključiti da je stabilnost obale zadovoljena.

#### **4. Literatura**

- [1] Geotehnički projekt obale – Mala Neretva E-106-12-02 v 1.1; Zagreb, ožujak 2014
- [2] HRN EN1998-5:2011: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja (EN 1998 – 5: 2004)
- [3] HRN EN1997-1:2012/NA:2012, Eurokod 7: geotehničko projektiranje - 1.dio: Opća pravila (s Nacionalnim dodatkom)
- [4] Nastavni materijali kolegija „Mehanika tla i temeljenje“ na Preddiplomskom sveučilišnom studiju Građevinarstvo (ak.god. 2018./2019.)

## **5. Prilozi**

**5.1. Prilog 1 - Geotehnički projekt uređenja obale – Mala Neretva – podloge (izvadak iz geotehničkog elaborate)**

**5.2. Prilog 2 – Karakteristični poprečni presjek**



## 2 PODLOGE

### 2.1 UVOD

Slijedeća dokumentacija je korištena kao podloga pri izradi projekta:

r.br.	vrsta podloge	naziv; (oznaka); mjesto; datum; izvođač	naručitelj	napomena
1.	geodetska podloga	"Geodetska podloga za potrebe regulacije Male Neretve"; (14/2000); Trij; srpanj 2000.; Geomatika d.o.o.	HRVATSKE VODE	--
2.	izvedbeni projekt	"Uređenje desne obale Male Neretve od Starog mosta do brane"; Opuzen; lipanj 1991.; JVP Neretvanski sliv	JVP "Hrvatska vodoprivreda"	--
3.	glavni projekt	"Sanacija lijeve obale rijeke Neretve kod ulaza u Opuzen"; (T.D. 30/92); Split; siječanj 1993.; JVP "Hrvatska vodoprivreda" Split	JVP "Hrvatska vodoprivreda" Zagreb	--
4.	studija	"Vodnogospodarsko rješenje i uređenje sliva Donje Neretve"; (knjiga 10: Vodoprivredni objekti); Split; listopad 1996.; "Neretvanski sliv" Opuzen	HRVATSKE VODE	--
5.	idejni projekt	"Uređenje korita Male Neretve sa zaštitom zaobalja"; (3/2003); Opuzen; listopad 2004.; Neretvanski sliv d.o.o.	HRVATSKE VODE	--
6.	idejni projekt	"Uređenje obala male Neretve sa zaštitom zaobalja" (E-155-08-01) Zagreb; veljača 2009.; Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE	--
7.	lokacijska dozvola	"Lokacijska dozvola za uređenje obala Male Neretve" Klasa: UP/I-350-05/09-01/107 Ur. broj: 2117/1-23/4-4-11-18 mjesto izdavanja: Metković datum izdavanja: 07.04.2011.	HRVATSKE VODE	--
8.	geodetska podloga	"Geodetska podloga za potrebe izrade glavnog projekta uređenja obala Male Neretve" Geoproming d.o.o.	GEOKON-ZAGREB d.d.	--
9.	geotehnički elaborat	"Geotehnički istražni radovi za projekt uređenja obala Male Neretve" Zagreb, prosinac 2013. Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE	--





## 2.2 GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADovi

Za potrebe izrade projekta uređenja obala Male Neretve na potezu od ustave u Opuzenu (km 9+850,47) do vodotoka Crepina na desnoj obali (km 5+592,40), odnosno crpne stanice Prag na lijevoj obali (km 5+024,47) izvedeni su geotehnički istražni radovi koji su se sastojali od: pozicioniranja bušotina i CPTU sonde u dogovoru s projektantom, istražnog bušenja, in-situ ispitivanja tla statičkim penetrometrom (CPTU) sa mjerenjima disipacije pornih tlakova, inženjerskogeoloških radova, stručnog geotehničkog nadzora nad istražnim radovima i laboratorijskih ispitivanja uzoraka tla.

Cilj istražnih radova bio je prikupiti relevantne podatke o karakteristikama temeljnog tla za potrebe izrade glavnog i izvedbenog projekta.

Rezultati terenskih istražnih radova prikazani su u elaboratu "Geotehnički istražni radovi za projekt uređenja obala Male Neretve" (E-048-13-01, Geokon-Zagreb d.d., prosinac 2013.).

Izvedene su geotehničke istražne bušotine:

Oznaka bušotine	Pozicija bušotine, oznaka profila	Datum izvođenja (dd.mm.yyyy.)	Koordinate i visina ušća bušotine (Y,X,Z)			Dubina bušotine (m)
S-048-13-01	Lijeva obala, P-71	04.07.2013.	6461471,847	4762324,095	1,40	7,0
S-048-13-02	Lijeva obala, P-52	04.07.2013.	6462466,222	4762139,499	1,40	7,0
S-048-13-03	Lijeva obala, P-37	03.07.2013.	6463330,338	4762771,291	1,40	8,0
S-048-13-04	Lijeva obala, P-32	03.07.2013.	6463720,030	4762843,355	1,65	8,0
S-048-13-05	Lijeva obala, P-25	04.07.2013.	6464130,987	4762842,667	1,40	6,0
S-048-13-06	Lijeva obala, P-13	05.07.2013.	6464895,460	4763010,010	2,00	10,0
S-048-13-07	Desna obala, P-22	15.07.2013.	6464368,908	4762888,071	1,50	8,0
S-048-13-08	Desna obala, P-27	15.07.2013.	6464023,723	4762905,685	1,55	8,0
S-048-13-09	Desna obala, P-35	17.07.2013.	6463490,837	4762887,478	1,40	8,0
S-048-13-10	Desna obala, P-56	16.07.2013.	6462232,913	4762186,463	1,20	10,0



In-situ ispitivanje tla statičkim penetrometrom s mjerenjem pornog tlaka (CPTU) izvedeno je u periodu 06. do 10.08.2013. Izvedeno je ukupno 10 CPTU sondi dubine od 8 do 12 m i 20 pokusa disipacije pornog tlaka. Podatke o izvedenim sondama pruža sljedeća tablica.

Oznaka sonde	Datum izvođenja sonde	Pozicija sonde, profil	Koordinate i visina ušća sonde			Dubina sonde (m)	Dubina predbušenja (m)
			Y	X	Z		
CPT 1	7.8.2013	Lijeva obala, profil P-74	6.461.440.216	4.762.141.063	1,45	10	0,5
CPT 2	8.8.2013	Lijeva obala, profil P-60	6.461.949.042	4.762.268.093	1,3	10	0,4
CPT 3	8.8.2013	Lijeva obala, profil P-45	6.462.871.295	4.762.442.378	1,45	8	0,8
CPT 4	6.8.2013	Lijeva obala, profil P-28	6.463.980.279	4.762.844.606	1,6	10	1,6
CPT 5	10.8.2013	Desna obala, profil P-14	6.464.790.274	4.762.975.271	2,3	12	1,1
CPT 6	6.8.2013	Desna obala, profil P-30	6.463.854.199	4.762.910.499	1,9	10	1,4
CPT 7	9.8.2013	Desna obala, profil P-38	6.463.216.786	4.762.781.631	1,5	12	0,5
CPT 8	9.8.2013	Desna obala, profil P-48	6.462.684.801	4.762.359.249	1,36	10	0,8
CPT 9	10.8.2013	Desna obala, profil P-65	6.461.776.522	4.762.491.288	1,4	12	1,2
CPT 10	10.8.2013	Desna obala, profil P-67	6.461.701.206	4.762.516.899	1,4	10	1,0

Laboratorijska ispitivanja uzoraka tla provedena su u geomehničkom laboratoriju tvrtke Geokon-Zagreb d.d., koji je akreditiran za laboratorijska ispitivanja prema normi HRN EN ISO/IEC 17025:2008.

Na reprezentativnim uzorcima tla izvršena su sljedeća ispitivanja:

Vrsta ispitivanja	Oznaka	Jed.	Norma
<b>Razredbena ispitivanja, raspoznavanje i opis tla</b>			
Određivanje sadržaja prirodne vode (vlažnosti)	w <sub>o</sub>	%	HRN U. B1. 012
Određivanje granica konzistentnih stanja (Atterbergove granice)	w <sub>L</sub> i w <sub>P</sub>	%	HRN U. B1. 020
Granulometrijska analiza	--	%	ASTM D-422
<b>Kemijsko ispitivanje tla i podzemne vode</b>			
Određivanje sadržaja organske materije	--	%	HRN U.B1. 024

Na temelju provedenih istražnih radova duž predmetne trase utvrđene su sljedeće grupe materijala:

grupa mat.	vrsta materijala	oznaka materijala	opis materijala
(1)	NASIP <i>recentno; n - POKRIVAČ</i>	N	Nasip je registriran u svim istražnim bušotinama i CPTU sondama predbušenjem. Istražnim bušenjem registriran je najpliće do dubine 1,0 m u bušotini S-048-13-03, a najdublje do 2,4 m u bušotinama S-048-13-04 i 08, dok je CPTU sondiranjem registriran najpliće do dubine 0,4 m u sondi CPT 2, a najdublje do 1,6 m u sondi CPT 4. Sastoji se od mješavine šljunka, drobljenca, sa glinom, prahom i pijeskom, komada asfalta, betona i drugog građ. materijala sa korijenjem raslinja.



grupa mat.	vrsta materijala	oznaka materijala	opis materijala
(2)	PJESKOVITI GLINENO-PRAŠINASTI MATERIJALI NISKE DO SREDNJE PLASTIČNOSTI <i>organogeno-barski sedimenti kvartar; b; Q<sub>2</sub> - POKRIVAČ</i>	CL, CI, CL/SC, CI/SC	Glineno-prašinski materijali su niske do srednje plastičnosti, pjeskoviti do vrlo pjeskoviti (sadržaj sitnog pijeska 13-75%, prosječno 40%), meko plastične konzistencije, sive do tamnosive boje, sa nešto organskih primjesa u tragovima, tresetom u tanjim proslojcima te mjestimce pokojom ljuštrom školjkica. Ovaj sloj je registriran u svim bušotinama ispod sloja nasipa. Najbliže je registriran u bušotini S-048-13-03 na dubini 1,0 m, a najdublje do 7,4 m bušotini S-048-13-06. Debljina sloja se kreće od 1,7 do 5,7 m. Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (SPT-a) se kreće od 0 (propadanje pribora) do 1 udarac, uz izuzetak SPT-a u bušotini S-048-13-06 na dubini 3,45 m gdje je broj udaraca 4.
(3)	PIJESAK <i>organogeno -barski sedimenti kvartar; b; Q<sub>2</sub> - POKRIVAČ</i>	SC, SC/CL	Pijesak je zaglinjen, uglavnom sitan, ponešto i sitan do srednje krupan, mjestimice vrlo glinovit (SC/CL), sive do tamno sive boje, uglavnom rastresit do srednje zbijen. Mjestimice su u pijesku registrirane organske primjese u tragovima, treset u tanjim proslojcima te pokoja ljuštura školjkica. Registriran je u svim bušotinama, najbliže na dubini 3,7 m u bušotinama S-048-13-03 i 07, a najdublje na 7,4 m u bušotini S-048-13-06. Debljina sloja nije registrirana jer je bušenje završeno u ovom sloju. Broj udaraca standardnog penetracijskog testa (SPT-a) se kreće od 1 do 20 udaraca (prosjeak 9 udaraca).

Tijekom provođenja terenskih radova praćena je pojava (PPV) i razina (RPV) podzemne vode. Opažanja su vršena od ušća bušotine, a podaci o registriranim razinama prikazani su u sljedećoj tablici:

Oznaka bušotine	Datum izvođenja	Kota ušća bušotine (m n.m.)	Pojava podzemne vode PPV (m)	Razina podzemne vode RPV (m / m n.m.)	
S-048-13-01	04.07.2013.	1,40	--	1,05	0,35
S-048-13-02	04.07.2013.	1,40	1,70	1,00	0,40
S-048-13-03	03.07.2013.	1,40	0,85	1,00	0,40
S-048-13-04	03.07.2013.	1,65	1,00	1,10	0,55
S-048-13-05	04.07.2013.	1,40	1,00	0,90	0,50
S-048-13-06	05.07.2013.	2,00	2,50	1,70	0,30
S-048-13-07	15.07.2013.	1,50	1,20	0,95	0,55
S-048-13-08	15.07.2013.	1,55	1,40	1,00	0,55
S-048-13-09	17.07.2013.	1,40	1,30	1,03	0,37
S-048-13-10	16.07.2013.	1,20	--	0,80	0,40

Registrirane razine podzemne vode se odnose na period provođenja istražnih radova (03. do 17.07.2013.), te su ovisne o oscilacijama vodostaja Male Neretve.

## P

Projektant:  
Glavni projektant:

**Goran GRGET, dipl. ing. građ.**  
**Marko KAIĆ, mag. ing. aedif.**

Oznaka Geokon-Zagreb:  
**E-106-12-02**  
Datum: ožujak 2014.

Oznaka mape: mapa 2  
Oznaka projekta: E-106-12

