

# Usporedna sanacija klizišta gabionskim zidom i AB potpornim zidom

---

**Tot, Nikola**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:866763>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-30**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





Završni rad 342/GR/2018

# **Usporedna sanacija klizišta gabionskim zidom i ab potpornim zidom**

Nikola Tot 0160/336

Varaždin, rujan 2019.



**Graditeljstvo**

**Završni rad 342/GR/2018**

# **Usporedna sanacija klizišta gabionskim zidom i ab potpornim zidom**

**Student:**

Nikola Tot 0160/336

**Mentor:**

dr. sc. Matija Orešković, dipl. ing. građ.

Varaždin, rujan 2019.

---

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Nikola Tot	MATIČNI BROJ	0160/336
DATUM	17.09.2018.	KOLEGIJ	Geotehnika
NASLOV RADA	USPOREDNA SANACIJA KLIZIŠTA GABIONSKIM ZIDOM I AB POTPORNIM ZIDOM		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Comparative landslide stabilization with gabion wall and rc retaining wall		
MENTOR	Dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.	ZVANJE	viši predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo Soldo 2. Dr.sc. Matija Orešković, viši predavač 3. Dr.sc. Aleksej Aniskin, viši predavač 4. Željko Kos, predavač 5. _____		

## Zadatak završnog rada

BROJ	342/GR/2018
OPIS	U Završnom radu potrebno je provesti stabilizaciju klizišta na dva načina: potpornim armiranobetonskim zidom te gabionskim zidom. Dva rješenja je potrebno proračunati te usporediti. Također je potrebno obraditi temu potpornih konstrukcija, njihovu namjenu, podjelu te osnove proračuna. Primjer proračuna zida obraditi detaljno uz nacрте.
Rad se sastoji od:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Uvod</li><li>2. Potpome konstrukcije, općenito</li><li>3. Osnove proračuna po Eurokodu 7</li><li>4. Usporedni rješenja klizišta</li><li>5. Zaključak</li><li>6. Literatura Popis slika Popis tablica Prilozi</li></ol>

ZADATAK URUČEN

27.9.2018.



POTPIS MENTORA

*[Handwritten signature]*

## Sažetak

Predmet ovog završnog rada je sanacija klizišta gabionskim zidom i ab potpornim zidom. Rad se sastoji od uvodnog dijela u kojem čitatelj može pronaći osnovne informacije o potpornim konstrukcijama, te su opisani načini i tehnologija gradnje potpornih konstrukcija. Sljedeće poglavlje bazira se na usporednom proračunu potpornih konstrukcija po normama koje su propisane Eurokoda 7, u kojem su detaljno objašnjene formule i metode kojima se proračunava. Nakon proračuna napravljena je usporedba potpornih konstrukcija. Vrste potpornih konstrukcija, koje se proračunavaju su gabionski zid i ab potporni zid.

*Ključne riječi: potporna konstrukcija, gabionski zid, ab potporni zid, Eurokod 7*

## Summary

The subject of this bachelor thesis is the repair of landslides using gabion wall and an RC retaining wall. The thesis consists of an introductory part in which the reader can find basic information on supporting structures, and describes the methods and technology of construction of supporting structures. The next chapter is based on the comparative calculation of the supporting structures according to the standards given by Eurocode 7, which explains in detail the formulas and methods used to calculate them. After the calculation, a comparison of the supporting structures was made. The types of retaining structures that are calculated are the gabion wall and the RC retaining wall.

*Keywords: supporting structure, gabion wall, RC supporting wall, Eurocode 7*

---

# Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. POTPORNE KONSTRUKCIJE .....</b>	<b>3</b>
2.1.    PODJELA PREMA VRSTI MATERJALA .....	4
2.1.1.    BETONSKI I ARMIRANOBETONSKI ZIDOVI .....	5
2.1.2.    GABIONSKI ZID .....	6
2.2.    DIMENZIONIRANJE POTPORNIH ZIDOVA .....	9
2.2.1.    PREVRTANJE ZIDA .....	9
2.2.2.    PRORAČUN NA KLIZANJE I NOSIVOST TLA ISPOD STOPE ZIDA .....	11
2.2.3.    PASIVNI OTPOR ISPRED ZIDA .....	12
2.2.3.    GLOBALNA STABILNOST .....	13
<b>3. EUROKOD .....</b>	<b>14</b>
3.1.    OPĆENITO O EUROKOD-U .....	14
3.2.    EUROKOD 7, EN 7, GEOTEHNIKA U EUROKODU .....	15
3.3.    PROVJERA GRANIČNIH STANJA PRIMJENOM PARCIJALNIH FAKTORA .....	16
3.4.    ISTRAŽNI RADOVI PREMA EUROKODU 7 .....	21
<b>4. USPOREDNO REŠENJE KLIZIŠTA .....</b>	<b>23</b>
4.1.    ARMIRANO BETONSKI ZID .....	23
4.2.    GABIONSKI ZID .....	41
4.3.    USPOREDBA .....	57
<b>5. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>59</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>60</b>
POPIS SLIKA .....	61
POPIS TABLICA .....	62

---

# 1. Uvod

Geotehnika je građevinska aktivnost kojom se projektiraju i grade građevinski objekti u tlu. Sami postupci i vještine za planiranje i izvođenje tih radova nazivaju se geotehničkim inženjerstvom. Stoga možemo reći da je geotehnika uglavnom dio građevinske tehnike koji obuhvaća postupke planiranja konstrukcija i radova, spojeve, način korištenja materijala te postupke i vještine za izvođenje građevinskih radova u tlu i stijeni. Odatle nazivi geotehničko projektiranje, geotehničko bušenje i slično. Temeljne discipline geotehničkog inženjerstva su mehanika tla i mehanika stijena. Znanja koja nudi mehanika tla esencijalna su u rješavanju svakodnevnih geotehničkih problema u građevinskoj praksi. Mehanika tla je znanost koja proučava ponašanje tla u novonastalom stanju naprezanja.

## Geotehničko projektiranje

Obuhvaća različite i često složene postupke koji trebaju osigurati ispunjenje postavljenih ciljeva i zahtjeva.

Projektiranje geotehničkih zahvata sastoji se od:

- utvrđivanja parametara tla relevantnih za određeni zahvat
- usvajanje opterećenja i proračunskog modela zahvata
- primjena propisa (odredbe i pravila struke) - danas se primjenjuje Eurocode 7 (skraćeno EC7) - geotehničko projektiranje.

## Geotehnički problemi:

- ponašanje tla za vrijeme potresa
- stabilnost tla za slučaj miniranja
- temeljenje strojeva koji izazivaju vibracije
- likvefekcija pijeska (negativna pojava u tlu izazvana potresom)
- temeljenje na slabo nosivom i jako stišljivom tlu
- visoki nivo podzemnih voda
- problem pojave kritičnih hidrauličkih gradijenata
- utjecaj mraza na tlo

Kako bi se riješili gore navedeni problemi potreban je velik broj stručnjaka iz različitih grana znanosti kao što su: fizika, kemija, mehanika fluida, geologija, i dr. zbog toga se geotehnička rješenja se trebaju tražiti u okvirima timskog rada.

Najčešći radovi koji se izvode u geotehnici su:

- temeljenja
- potporne konstrukcije
- zaštita građevinskih jama
- ugradnja građevinskog materijala
- poboljšanje tla
- klizišta
- odlagališta otpada.

Fokus rada biti će usporedba sanacija klizišta armirano betonskim zidom i gabionskim zidom; s detaljnim opisom prednosti i nedostataka obje metode, te uvjeta koji iziskuju određenu metodu.



## 2. Potporne konstrukcije

Potporne konstrukcije (zidovi) su geotehničke građevine koje služe za bočno pridržavanje tla. Potporne konstrukcije mogu se podijeliti prema više kriterija. najčešća podjela jest prema tome koriste li se samostalno ili kao dio neke druge konstrukcije. Projektiranjem i izgradnjom potpornih konstrukcija stvaraju se slobodni prostori za gradnju novih građevinskih objekata kao što su:

- prometnica
- objekta visokogradnje
- građevnih jama
- građevine koje osiguravaju regulaciju vodotoka
- stabilizacije klizišta i dr.

Provjere koje treba provesti kod svakog potpornog zida su:

- prevrtanje potpornih zidova
- provjera stabilnosti na klizanje zida
- provjeru dopuštene nosivosti tla temelja s obzirom na slom tla pod temeljem
- provjeru unutarnje stabilnosti naprezanjem karakterističnim presjecima i dnu temelja
- provjeru dopuštenog slijeganja temelja zida
- procjena stabilnosti na seizmičke sile potresa

Sile koje djeluju na potporni zid su:

- vlastita težina zida
- sila zasipa tla iza zida
- pasivni otpor tla ispred stope zida
- hidrostatski tlak vode
- hidrodinamičke sile vode
- seizmičke sile potresa
- reakcije tla u razinu temelja zida

Potporni zidovi iza sebe nose opterećenje od prirodnog tla, kada pridržavaju usjeke i/ili zasjeke, ili opterećenje nasipom. U oba slučaja površina terena u njihovom zaleđu može biti vodoravna ili nagnuta pod određenim kutom. Na vodoravnu površinu može doći dodatno opterećenje dok na kosinu uglavnom ne dolaze dodatna opterećenja. Kada su opterećeni prirodnim tlom potrebno je poznavanje geotehničkih svojstava tog tla. Kada su opterećeni nasipima, geotehnička svojstva nasipa se mogu propisati i kontrolirati. Bitna je razlika u načinu izvođenja potpornih zidova koji štite usjeke od onih koji nose nasipe. Prema tipu se potporni zidovi mogu podijeliti na:

- 1.)masivne, gravitacijske
- 2.)olakšane, gravitacijske, lagano armirane
- 3.)tanko stijene, armirane

1.) MASIVNI, GRAVITACIJSKI POTPORNİ ZIDOVI velikih su dimenzija. Gravitacijski masivni zid najjednostavnija je vrsta zida. Ime je dobio prema uzroku njegove stabilnosti, a to je težina samog zida. Nekada su se takvi zidovi izvodili iz kamena ili opeke, ali danas obično iz ne armiranog betona..

2.) OLAKŠANI POTPORNİ ZIDOVI nešto su lakši od masivnih. Mogu imati štedne otvore ili mogu oblikovno biti prilagođeni tako da mogu nositi zadano opterećenje. U ovu skupinu spadaju zidovi s konzolom i zidovi sa zategom.

3.) TANKOSTJENI, armirani potporni zidovi imaju proširenu, armiranu temeljnu stopu na unutrašnjoj strani i/ili na vanjskoj strani, što ovisi o slobodnom prostoru. Uz to mogu imati rebra ili kontrafore.

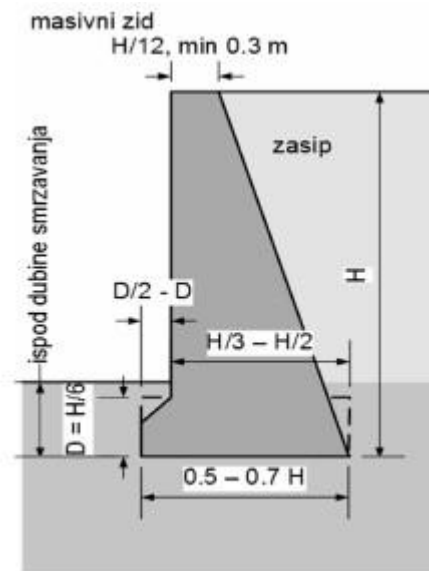
## 2.1. Podjela prema vrsti materijala

Potporne konstrukcije (zidovi) dijele se prema vrsti materijala izgradnje na:

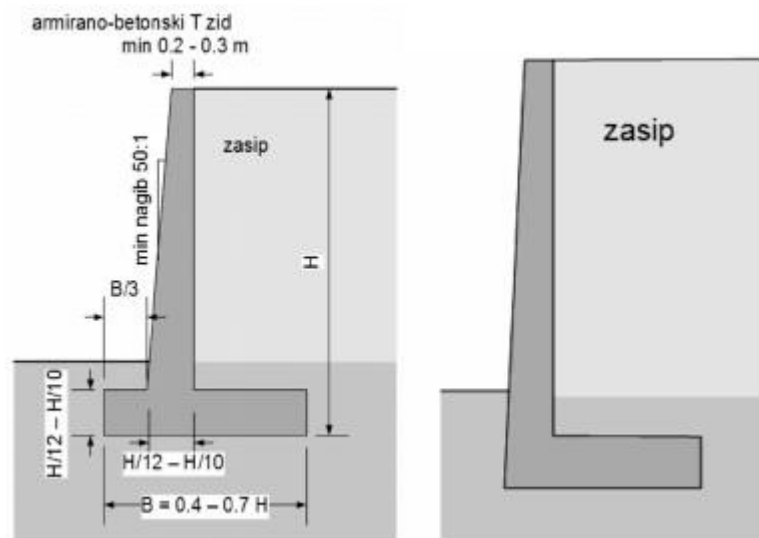
- betonski i armiranobetonski zidovi
- gabionski zid-zidovi od nasutog materijala ojačani čeličnim kavezima
- drveni zidove
- čelični zidove
- zidove od lomljenog ili klesanog kamena
- zidovi od nasutog materijala ojačani geomrežama i geosaćama

### 2.1.1. Betonski i armiranobetonski zidovi

Armirano – betonski zidovi su lakši zidovi i za njih je potrebno mnogo manje betona, nego za masivni zid. Stabilnost zida se postiže oblikovanjem samog zida kao i težinom tla koja pritišće stopu u pozadini zida. Za izgradnju ovih zidova potrebno je osloboditi prostor na kojima se oni mogu nesmetano graditi, da bi se nakon završetka gradnje prostor iza zida zasipao nekim pogodnim ili priručnim zemljanim materijalom.



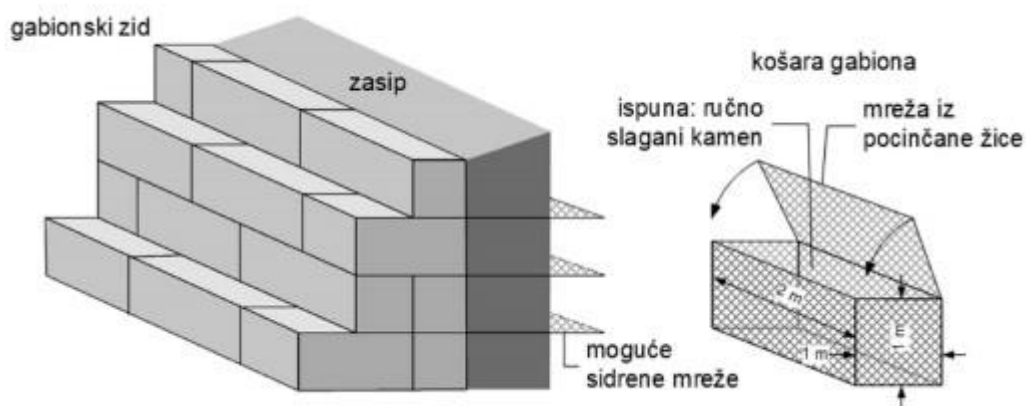
SLIKA 1: Masivni betonski zid



SLIKA 2: Armirano betonski gravitacijski T i L zidovi

### 2.1.2. Gabionski zid

Koristi se već tisućama godina kao oblik gravitacijske potporne konstrukcije te čini atraktivan, učinkovit i jeftin zidni sustav. Gabionski zid se izvodi pretežno u svrhu osiguranja stabilnosti tla iza zida, ali može biti izveden i kao obložni zid. Izrađuje se od gabionskih koševa koji se slažu u jednom ili više redova, ovisno o visini zida. Koševi imaju oblik kaveza zatvorenog sa svih strana. Slaganjem gabionskih koševa u pravilnom rasporedu nastaju potporne konstrukcije koje predstavljaju alternativno rješenje betonskim konstrukcijama u području osiguranja stabilizacije tla



SLIKA 3.: Gabionski zid

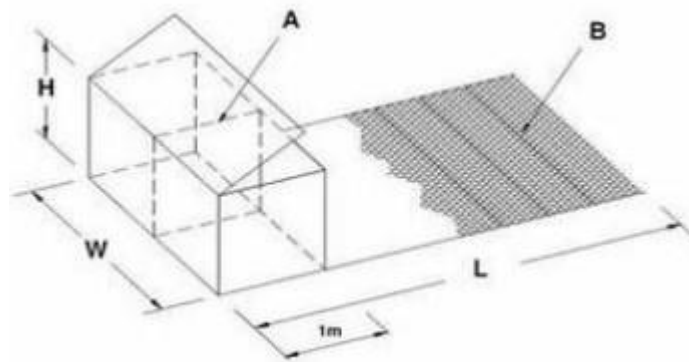
Prednosti gabionskog zida:

- Estetika – korištenjem prirodnih materijala uklapa u krajolik
- Usklađenost s okolišem – korištenjem materijala na gradilištu troškovi se značajno smanjeni
- Vodopropusnost – gabionski zid je vodopropusan i ne oštećuje se prolaskom vode kroz zid
- Učinkovitost gabionskog zida se može i povećati s vremenom, budući da vegetacija popunjava praznine i ojačava strukturu zida
- Na gabione kretanje tla ne utječe negativno, što je prednost u odnosu na kruće strukture
- Dugotrajnost – kameni blokovi su materijal koji se učestalo koristi radi trajnosti, dugovječnosti i stabilnosti.

Gabionske zidove prema imenima proizvođača dijelimo na:

- TERRAMESH gabioni
- MACCAFERI gabioni

TERRAMESH sustav - kombinacija gabiona i horizontalno postavljenih mreža (vlačnih elemenata) za “armiranje tla” To su gabioni čija se donja mreža produžuje kao zatega. Kod ugradnje takvih gabiona mora se istovremeno sa punjenjem gabiona na čelu zida zasipavati i mreže zatega. Nasipani materijal koji se zasipava na mreže treba kompaktirati valjanjem ili vibriranjem.



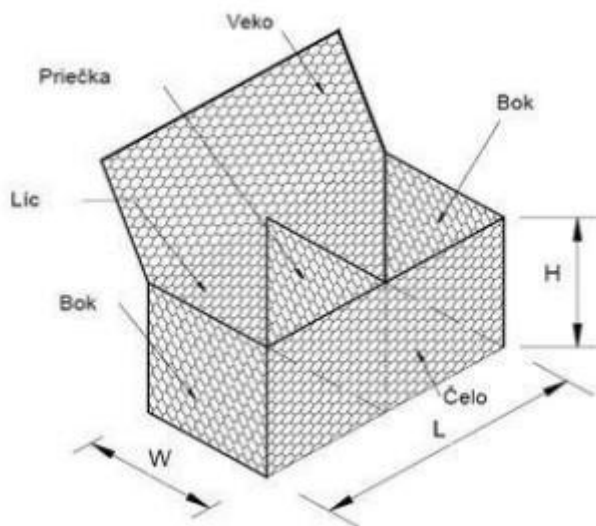
H – visina, W – dužina, A – pregrada, B – mreža zatega, L – dužina mreže

SLIKA 4 .: Terramesh sustav (Gabionski zidovi, Lebo,2008)

W=dužina (m)	Širina (m)	H=visina (m)
3	1	0.5
4	1	0.5
5	1	0.5
6	1	0.5
3	1	1
4	1	1
5	1	1
6	1	1

TABLICA 1 .: Prikaz veličina za Terramesh sustav

MACCAFERI gabioni –je vrsta gabiona kod kojih je košara podijeljena u ćelije pomoću pregrada koje se nalaze na razmaku od svakih jedan metar. Izgrađuju se u velikom rasponu standardnih veličina



H – visina, W – dužina, L – dužina mreže

SLIKA 5 .: Maccaferi gabioni (Gabionski zidovi, Lebo,2008)

L-dužina (m)	W-širina (m)	H-visina (m)	Broj ćelija
2	1	0.5	2
3	1	0.5	3
4	1	0.5	4
1.5	1	1	1
2	1	1	2
3	1	1	3
4	1	1	4

TABLICA 2 .: Prikaz veličina za Maccaferi gabione

## 2.2. Dimenzioniranje potpornih zidova

Potporni zidovi prema EUROKOD 7 moraju zadovoljiti sljedeće:

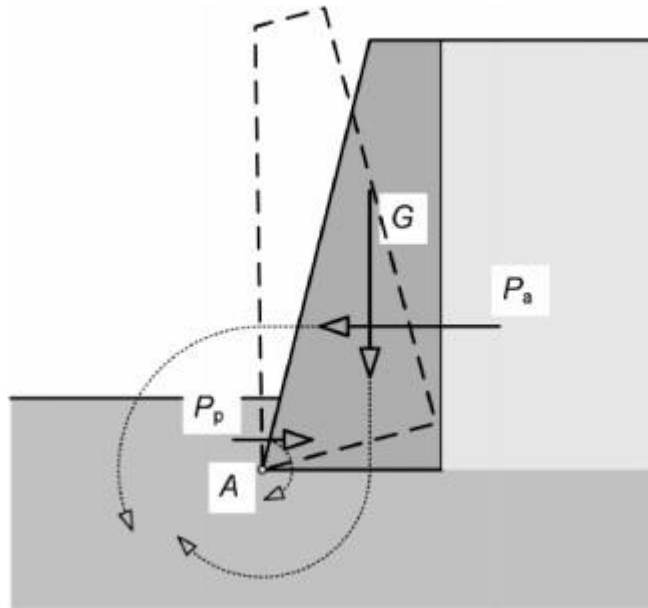
1. Sve vrste potpornih građevina moraju razmotriti sljedeća granična stanja:
  - gubitak opće stabilnosti
  - slom nosive sastavnice kao što je zid, sidro, vezna greda ili razupora, ili slom spoja između tih sastavnica.
  - istovremeni slom u temeljnom tlu i nosivoj sastavnici;
  - slom prouzročen hidrauličkim izdizanjem tla i sufozijom (ispiranjem)
  - pomak potporne građevine, koji može izazvati urušavanje ili utječe na izgled ili djelotvornu uporabu građevine ili susjednih građevina ili instalacija koje se na nju oslanjaju
  - neprihvatljivo procurivanje kroz zid ili ispod njega
  - neprihvatljiv pronos čestica tla kroz zid ili ispod njega
  - neprihvatljiva promjena režima podzemne vode
  
2. Za složene potporne i gravitacijske zidove građevine moraju se razmotriti i sljedeća granična stanja:
  - gubitak nosivosti tla ispod osnove
  - slom klizanjem osnove
  - slom prilikom prevrtanja

Za sve vrste potpornih građevina važno je uzeti u obzir sve kombinacije gore navedenih graničnih stanja.

### 2.2.1. PREVRTANJE ZIDA

Temeljna je pretpostavka, da se zid može dovoljno pomaknuti da na njega djeluje **AKTIVNI PRITISAK**. To znači da se svi utjecaji od raznih opterećenja iza zida svode na aktivno stanje, primjenom metoda opisanih u poglavlju 2. Zid se promatra kao kruto tijelo koje se može prevrnuti oko točke A vidljivo sa slike

Temelj proračuna na prevrtanje oko točke "A" je proračun faktora sigurnosti  $F_{sp}$ . U slučaju proračuna potpornog zida na prevrtanje, to je omjer MOMENATA sila otpora prevrtanju s obzirom na točku "A" i MOMENATA aktivnih sila s obzirom na istu točku. PRORAČUN SE PROVODI ZA 1 m DUŽNI POTPORNOG ZIDA za slučaj ravninskog stanja deformacija. U drugim je slučajevima potrebno računati pojedinu dionicu kao cjelinu.



SLIKA 6.: Granično stanje prevrtanja zida oko rubne točke temelja

$$F_s = \frac{\sum M_o}{\sum M_p}$$

$F_s$ - faktor sigurnosti na prevrtanje

$M_o$ - momenti koji vrše otpor prevrtanju

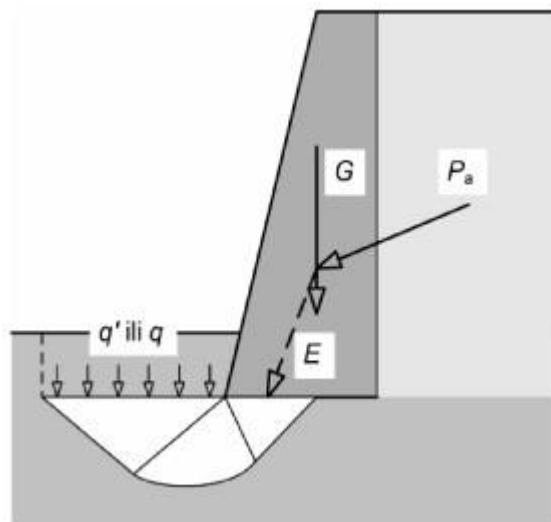
$M_p$ - momenti koji vrše prevrtanje

Potreban faktor sigurnosti mora biti minimalno 1.5 za nekoherentna tla, te minimalno 2 za koherentna tla.



### 2.2.2. PRORAČUN NA KLIZANJE I NOSIVOST TLA ISPOD STOPE ZIDA

Opterećenja na poledini zida, uključivo i trenje između zida i tla, prenosi se na zid. To opterećenje s drugim opterećenjima na zid prenosi se preko temelja zida ili stope na temeljno tlo. Projektom zida treba biti osigurano da tlo ispod temelja zida može pouzdano preuzeti to opterećenje, da ne dođe u stanje sloma. Zato treba provjeravati nosivost tla ispod temelja zida. To se provjerava na isti način kao i kod svakog drugog plitkog temelja. Pri tome treba uzeti u obzir da će zona sloma tla u tom slučaju biti usmjerena prema bližoj površini terena, a to je redovito prema nižem terenu ispred zida. Pri proračunu povoljnog opterećenja tla ispred zida treba voditi računa da li će sigurno tijekom životnog vijeka zida to tlo uvijek biti prisutno. Ako to nije sigurno, jer bi se nekim kasnijim građevinskim radovima ono moglo iz nekog razloga ukloniti, s tim povoljnim opterećenjem ne treba računati. zida.



SLIKA 7.: Nosivost tla ispod stope temelja

$$F_s = \frac{\sum F_o}{\sum F_k}$$

$F_s$ - faktor sigurnosti na klizanje

$F_o$ - sile otpora klizanju

$F_p$ - sile koje uzrokuju klizanje

$$q_u = c \times N_c + 0.5 \times B \times \gamma \times N_\gamma + q_0 \times N_q$$

$q_u$ - nosivost tla

$c$ - kohezija

$N_c, N_\gamma, N_q$ - faktori nosivosti, ovisni o kutu unutarnje trenja tla

$B$ - širina temeljne trake

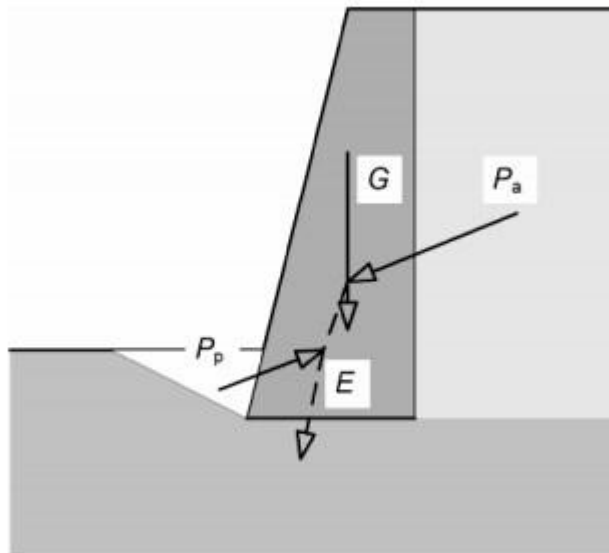
$\gamma$ - objamska težina tla

$q_0$ - jednoliko normalno opterećenje

Uloga temelja zida je da pouzdano prenese opterećenje zida u temeljno tlo. Pri tome je nosivost tla samo jedan od dva bitna uvjeta da se to ostvari. Drugi uvjet pravilno projektiranog temelja zida je da osigura da ne dođe do klizanja između temelja i zida. Provjera stabilnosti temelja na klizanje provodi se na isti način kao i za svaki drugi plitki temelj. Ako pouzdanost na to granično stanje nije osigurana, treba preoblikovati temelj.

### 2.2.3. PASIVNI OTPOR ISPRED ZIDA

Prednja strana potpornih konstrukcija često je ukopana. Pomicanjem zida u toj zoni dolazi obično do povećanja pritisaka čija je granična veličina pasivni otpor tla. Aktiviranje pasivnog otpora ispred zida sastavni je dio graničnog stanja klizanja temelja po podlozi, kao i graničnog stanja prevrtanja zida. Dok je za postizavanje aktivnog tlaka potreban relativno mali pomak zida prema nižem terenu, za postizavanje pune vrijednosti pasivnog otpora potreban je za oko red veličine veći pomak, kao što je već ranije prikazano. Zbog toga se pri dimenzioniranju zida obično pretpostavlja da će se on pomaknuti koliko je potrebno za postizavanje aktivnog tlaka, dok se za silu pasivnog otpor uzima njegova reducirana vrijednost u iznosu koji slijedi iz kompatibilnosti s pretpostavljenim pomacima. Pri tome je uobičajeno da se računa s reduciranom veličinom koeficijenta pasivnog otpora u veličini koeficijenta tlaka mirovanja uvećanog za jednu trećinu do jednu polovinu razlike koeficijenta pasivnog otpora i koeficijenta tlaka mirovanja.

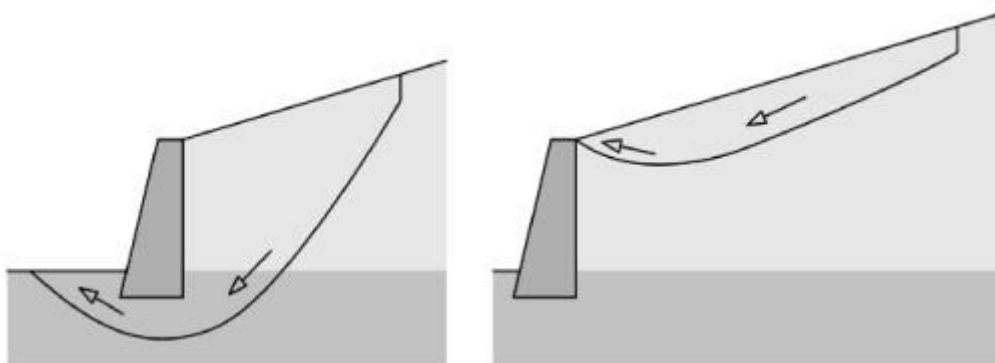


SLIKA 8.: Pasivni otpor ispred zida

Kao i pri proračunu nosivosti tla ispod temelja zida, treba uzeti u obzir da li je osigurano da će tlo ispred zida biti uvijek prisutno tijekom životnog vijeka zida. Ako to nije osigurano, s povoljnim djelovanjem pasivnog otpora ne treba računati.

#### 2.2.4. GLOBALNA STABILNOST

Jedno od mogućih graničnih stanja nosivosti potpornih konstrukcija je globalni slom tla. Pri tome potporna konstrukcija ne sudjeluje u otpornosti na to granično stanje. Slom tla u takvim slučajevima može zahvatiti tlo iza, ispod i ispred potporne konstrukcije, ali i samo iza konstrukcije. Provjera globalne stabilnosti provjerava se metodama provjere stabilnosti kosina



SLIKA 9.: Moguća granična stanja globalne nestabilnosti tla kod potpornih konstrukcija

## 3. EUROKOD

### 3.1. Općenito o Eurokod-u

U zadnjih se dvadesetak godina u Europi razvija jedinstveni sustav normi za projektiranje građevinskih konstrukcija pod skupnim nazivom Eurokodovi. U njima je skupljeno vrlo široko svjetsko iskustvo suvremenog projektiranja. To je prvi takav sustav koji sustavno obuhvaća projektiranje građevinskih konstrukcija kroz jedinstveni pristup. Izradom eurokodova upravlja Tehnički komitet 270 (TC 270) Europskog odbora za normizaciju (CEN) čije su članice zemlje EU i CEFTA, a od nedavno i Hrvatska.

Sustav eurokodova čini skup od slijedećih 10 normi:

- EN 1990 Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija
- EN 1991 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije
- EN 1992 Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija
- EN 1993 Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija
- EN 1994 Eurokod 4: Projektiranje kompozitnih čeličnih i betonski konstrukcija
- EN 1995 Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija
- EN 1996 Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija
- EN 1997 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje
- EN 1998 Eurokod 8: Projektiranje konstrukcija otpornih na potrese
- EN 1999 Eurokod 9: Projektiranje aluminijskih konstrukcija

Eurokodovi traže da svaka građevina tijekom njene izgradnje kao i tijekom njenog korištenja zadovoljava bitne zahtjeve. Ti su zahtjevi nosivost, uporabivost, otpornost na požar, trajnost i pouzdanost. Eurokod tretira građevinu kao nešto što ima svoj vijek trajanja. Taj vijek trajanja je zapravo ekonomska kategorija. S GRAĐEVINOM SE POSTUPA KAO S PROIZVODOM KOJI NE TRAJE VJEČNO, VEĆ ODREĐENO UPORABNO VRIJEME.

### 3.2. Eurokod 7, EN 7, geotehnika u Eurokodu

Eurokod 7 (službenog naziva EN 1997) odnosi se na geotehničko projektiranje i sastoji se iz dva dijela: EN 1997-1 Geotehničko projektiranje – Dio 1: Opća pravila, te EN 1997-2 Geotehničko projektiranje – Dio 2: Istraživanje i ispitivanje tla. Svi Eurokodovi, pa tako i Eurokod 7 imaju pristup proračunima koji se temelji na parcijalnim faktorima sigurnosti za opterećenja i za sva svojstva gradiva od kojih se građevina izvodi. U fazi projektiranja da bi se odradilo stanje građevine u odnosu na neko granično stanje, primjenjuju se odgovarajući proračunski modeli koji se, ako je potrebno, mogu dopuniti rezultatima probnog opterećenja.

Osnovna je podjela na:

- Krajnje granično stanje ili granično stanje nosivosti
- Granično stanje uporabivosti

Krajnje granično stanje je stanje sloma ili nestabilnosti građevine u bilo kojem obliku, koje može ugroziti sigurnost ljudi i/ili samu građevinu.

Granično stanje uporabivosti nastaje kad građevina ne može više služiti predviđenoj svrsi zbog:

- Prevelikih deformacija, pomaka, progiba i sl., pri čemu se misli i na ometanje rada strojeva i tehnoloških procesa vezanih uz tu građevinu
- Vibracija koje ometaju rad ljudi, oštećuju građevinu ili njezine dijelove

Eurokod 7, uvodi klasifikaciju od tri geotehnička razreda prema složenosti i rizičnosti geotehničke konstrukcije ili zahvata kako bi se racionalizirao opseg istražnih radova i složenost postupka dokazivanja stabilnosti i uporabivosti za građevine bitno različitih stupnjeva složenosti i različitih stupnjeva izloženosti riziku.

- Prvi geotehnički razred

prvi geotehnički razred se odnosi na najjednostavnije konstrukcije gdje istražni radovi mogu obuhvaćati najjednostavnije radnje, a dokazi se stabilnosti mogu zamijeniti usporedivim iskustvom.

- Drugi geotehnički razred

Ovdje spadaju uobičajene vrste građevina koje zahtijevaju kvantificirane geotehničke podatke, ali ne više od rutinskih postupaka u ispitivanju tla.

- Treći geotehnički razred

U njega su svrstane sve velike i neuobičajene građevine, odnosno vrlo složeni zahvati i zahvati velikog rizika, te građevine u predjelima s velikom opasnošću od potresa. Za sve građevine potrebno je provjeriti sve najnepovoljnije mogućnosti projektne okolnosti. Primjena razreda nije obvezna pa može poslužiti projektantu kao pomoć pri projektiranju.

### 3.3. Provjera graničnih stanja primjenom parcijalnih faktora

Postoji pet vrsta graničnih stanja nosivosti i to:

- **EQU:** gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla razmatranog kao kruto tijelo, u kojem čvrstoća konstruktivnog materijala ili tla značajno ne doprinosi otpornosti (na primjer prevrtanje gravitacijskog betonskog zida na podlozi od čvrste stijene)
- **STR:** slom ili velika deformacija betonske, metalne, drvene ili zidane konstrukcije ili njenog elementa, uključivo temelje, pilote, sidra i potporne zidove, u kojima čvrstoća konstruktivnog materijala bitno pridonosi otpornosti (na primjer slom pri jakom savijanju armirano-betonske dijafragme, izvijanje pilota u jako mekom tlu, klizanje blokova obalnog zida na vodoravnim reškama među blokovima, popuštanje čelične šipke geotehničkog sidra pod vlačnim opterećenjem, propadanje podložne ploče sidra kroz sloj prskanog betona zaštitne potporne konstrukcije, slom pilota od vodoravnog opterećenja)
- **GEO:** slom ili velika deformacija tla pri kojoj čvrstoća tla ili stijene bitno pridonosi otpornosti (na primjer slom tla ispod temelja, slom tla oko vodoravno opterećenog pilota, veliko slijeganje pilota, naginjanje potpornog zida, čupanje sidra iz tla, slom i propadanje tla iznad tunelskog iskopa, klizanje i odron tla, značajno popuštanje oslonca luka mosta, izdizanje i slom dna građevne jame u mekom tlu)

- UPL: gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla uslijed uzgona vode ili drugih vertikalnih sila (na primjer izdizanje lagane podzemne konstrukcije pod pritiskom uzgona podzemne vode, izdizanje i probijanje slabo propusnog sloja tla na dnu građevne jame od uzgona podzemne vode u nižem vodonosnom sloju, čupanje temelja dalekovodnog stupa)
- HYD: hidrauličko izdizanje (hidraulički slom), interna erozija tla uzrokovana hidrauličkim gradijentima (na primjer hidraulički slom u pjeskovitom dnu građevne jame uslijed vertikalnog strujanja vode prema dnu jame, interna erozija pjeskovitog tla od strujanja vode u nasipu i stvaranje erozijskih kanala)

Oznake EQU, STR, GEO, UPL i HYD dolaze od engleskih riječi equilibrium (ravnoteža), structural (konstrukcijski), geotechnical (geotehnički), uplift (uzgon) i hydraulic (hidraulički).

Granično stanje	Provjera otpornosti	Napomene
EQU	$E_{dst;d} \leq E_{stb;d} + T_d$	$E_{dst;d}$ je destabilizirajući, a $E_{stb;d}$ stabilizirajući proračunski učinak djelovanja, a $T_d$ je moguća otpornost tla
STR/GEO	$E_d \leq R_d$	$E_d$ je proračunski učinak djelovanja, a $R_d$ proračunska otpornost
UPL	$V_{dst;d} \leq G_{stb;d} + R_d$	$V_{dst;d} = G_{dst;d} + Q_{dst;d}$ je kombinacija trajnog ( $G$ ) i prolaznog ( $Q$ ) proračunskog destabilizirajućeg vertikalnog djelovanja, a $G_{stb;d}$ je proračunsko stabilizirajuće vertikalno trajno djelovanje; $R_d$ je moguća proračunska otpornost tla na izdizanje konstrukcije
HYD	$u_{dst;d} \leq \sigma_{stb;d}$ ili $S_{dst;d} \leq G'_{stb;d}$	$u_{dst;d}$ odnosno $S_{dst;d}$ su proračunski destabilizirajući tlak porne vode na dnu stupca tla odnosno strujna sila u stupcu tla, a $\sigma_{stb;d}$ odnosno $G'_{stb;d}$ su ukupno proračunsko vertikalno naprezanje na dnu stupca odnosno efektivna težina stupca tla

TABLICA 3.: Provjera stabilnosti za 5 graničnih stanja nosivosti metodom parcijalnih koeficijenata (Eurokod, Ivšić 2006)

<b>(1) Parcijalni koeficijenti za djelovanja (<math>\gamma_F</math>) i učinke djelovanja (<math>\gamma_E</math>)</b>				
Djelovanja		simbol	A1	A2
trajna	nepovoljna	$\gamma_G$	1.35	1
	povoljna	$\gamma_G$	1	1
prolazna (povremena)	nepovoljna	$\gamma_Q$	1.5	1.3
	povoljna	$\gamma_Q$	0	0

*TABLICA 4.: Granično stanje STR i GEO: parcijalni koeficijenti za djelovanja i učinke djelovanja (za oznake A1 i A2) (Eurokod, Ivšić 2006)*

<b>(2) Parcijalni koeficijenti za geotehničke parametre (<math>\gamma_M</math>)</b>			
Svojstvo	simbol	M1	M2
tangens efektivnog kuta trenja	$\gamma_{\varphi'}$	1	1.25
efektivna kohezija	$\gamma_{c'}$	1	1.25
nedrenirana i jednoosna čvrstoća	$\gamma_{cu}$ i $\gamma_{qu}$	1	1.4
gustoća	$\gamma_{\rho}$	1	1

*TABLICA 5.: Granično stanje STR i GEO: parcijalni koeficijenti za parametre tla (za oznake M1, M2) (Eurokod, Ivšić 2006)*

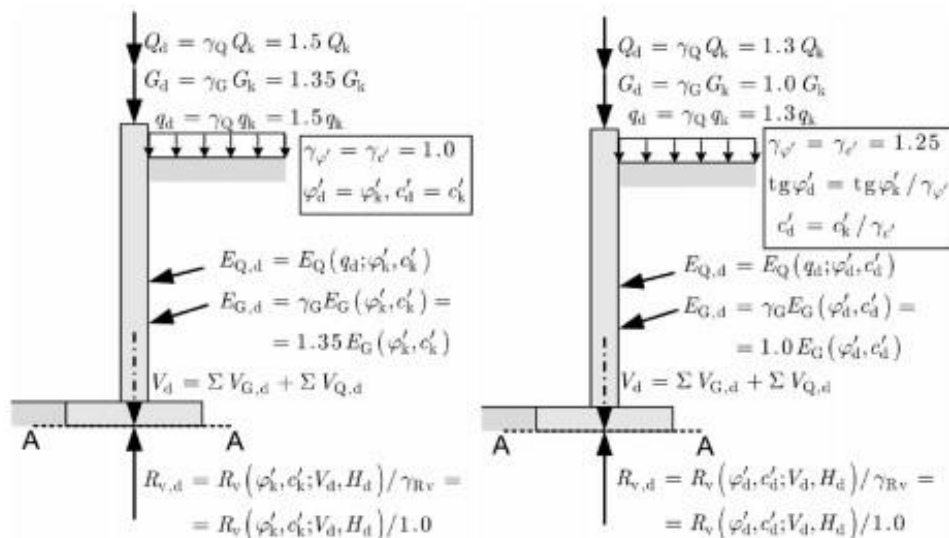


<b>(3) Parcijalni koeficijenti otpornosti (<math>\gamma_R</math>)</b>						
Otpornost		simbol	R1	R2	R3	R4
plitki temelji	nosivost	$\gamma_{R,v}$	1	1.4	1	-
	klizanje	$\gamma_{R,h}$	1	1.1	1	-
zabijeni piloti	stopa	$\gamma_b$	1	1.1	1	1.3
	plašt (tlak)	$\gamma_s$	1	1.1	1	1.3
	stopa+plašt (tlak)	$\gamma_t$	1	1.1	1	1.3
	plašt (vlak)	$\gamma_{s,t}$	1.25	1.15	1.1	1.6
bušeni piloti	stopa	$\gamma_b$	1.25	1.1	1	1.6
	plašt (tlak)	$\gamma_s$	1	1.1	1	1.3
	stopa+plašt (tlak)	$\gamma_t$	1.15	1.1	1	1.5
	plašt (vlak)	$\gamma_{s,t}$	1.25	1.15	1.1	1.6
prednapeta sidra	privremena	$\gamma_{a,t}$	1.1	1.1	1	1.1
	trajna	$\gamma_{a,p}$	1.1	1.1	1	1.1
potporne konstrukcije	nosivost	$\gamma_{R,v}$	1	1.4	1	-
	klizanje	$\gamma_{R,h}$	1	1.1	1	-
	otpor tla	$\gamma_{R,e}$	1	1.4	1	-
kosine i opća stabilnost	otpor tla	$\gamma_{R,e}$	1	1.1	1	-

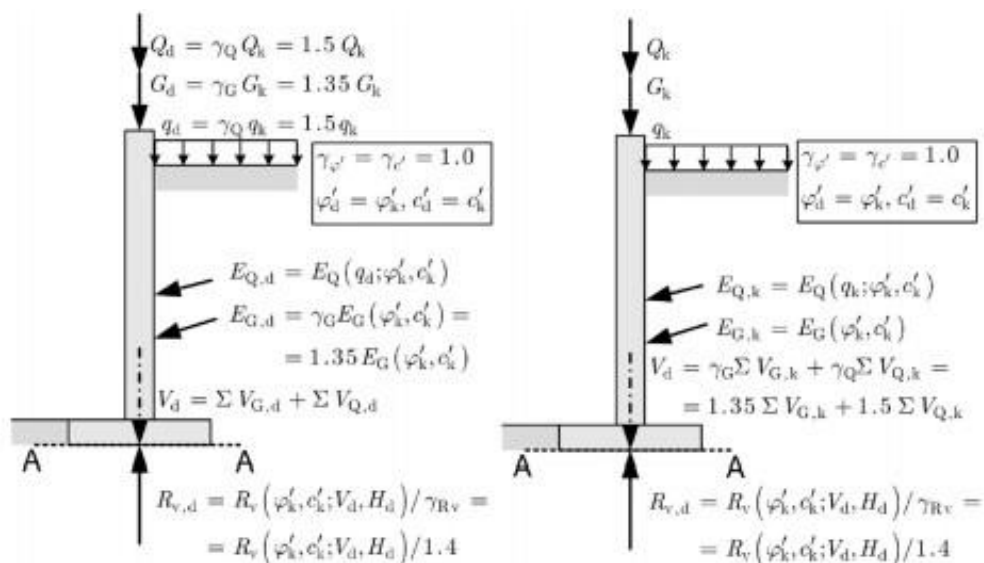
Napomena: EN 1997-1 još definira posebne parcijalne faktore za uvrtnane pilote koji su ovdje izostavljeni

*TABLICA 6.: Granično stanje STR i GEO: parcijalni koeficijenti za otpornosti ( za oznake R1, R2, R3 i R4 ) (Eurokod, Ivšić 2006)*

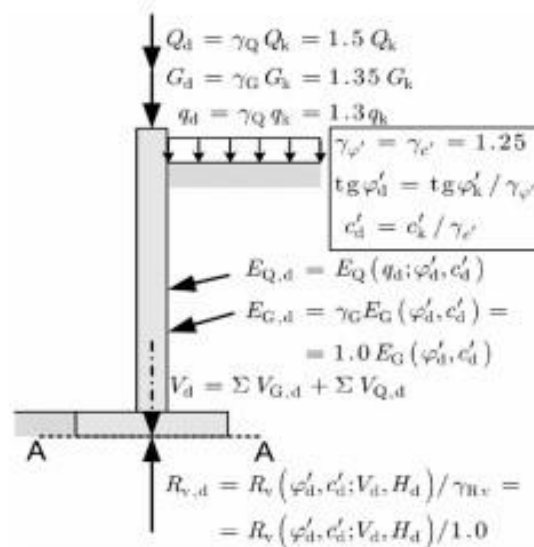
Postoje tri proračunska pristupa za granično stanje nosivosti STR/GEO Parcijalni koeficijenti podijeljeni su za svaki proračunski pristup u grupu A za djelovanja, grupu M za svojstva materijala i grupu R za otpornosti. Kombinacije pojedinih skupina za svaki od tri proračunska pristupa prikazuje . Prikaz primjene pojedinog proračunskog pristupa na primjeru nosivosti tla ispod potpornog zida prikazuju *SLIKA 10*, *SLIKA 11* i *SLIKA 12*.



SLIKA 10.: Proračunski pristup 1 (PP1), Kombinacija 1 (lijevo) i Kombinacija 2 (desno), za granično stanje nosivosti tla ispod temelja potpornog zida (presjek A-A) (Eurokod, Ivšić 2006)



SLIKA 11.: Proračunski pristupi 2, PP2 (lijevo), i varijanta 2\*, PP2\* (desno) za granično stanje nosivosti tla ispod temelja potpornog zida (presjek A-A) (Eurokod, Ivšić 2006)



SLIKA 12.: Proračunski pristup 3, PP3, za granično stanje nosivosti tla ispod temelja potpornog zida (presjek A-A) (Eurokod, Ivšić 2006)

Analize pokazuju da je PP3 najkonzervativniji, PP2 najmanje konzervativan, a PP1 se smjestio negdje između (Orr 2005). Konsenzus oko toga koji od ova tri pristupa treba prihvatiti nije postignut, pa je odluka prepuštena pojedinim zemljama. Neke analize ukazuju da razlike među konstrukcijama dimenzioniranim prema različitim proračunskim pristupima nisu velike (za 10 razmatranih primjera do najviše  $\pm 10\%$ ). Neke analize dokazuju ozbiljne zamjerke na PP2 i PP2\* (Simpson 2000, Simpson i Powrie 2001). Glavni pobornik PP2\* je Njemačka (Vogt i dr. 2006) i Francuska (uz korištenje PP3 za globalnu stabilnost i stabilnost kosina), pobornik PP1 je Velika Britanija i Portugal, dok PP3 zagovara Nizozemska. Irska za sada omogućuje ravnopravnu primjenu sva tri pristupa. Vrijeme i praksa će, kao i uvijek, pokazati kojim pristupom treba ići u budućnosti.

### 3.4. Istražni radovi prema Eurokodu 7

Posebnu važnost za projektiranje građevine Eurokod 7 predaje istražnim radovima. Karakteristike temeljnog tla bitno utječu na konstrukciju buduće građevine. geotehnički se istražni radovi često provode u fazama i iterativno dok svi potrebni podaci ne budu dostupni, a konstrukcija, njena izvedba i uključeni rizici budu poznati. Složenost istražnih radova, temeljnog tla i konstrukcije prikazuje slika dolje.

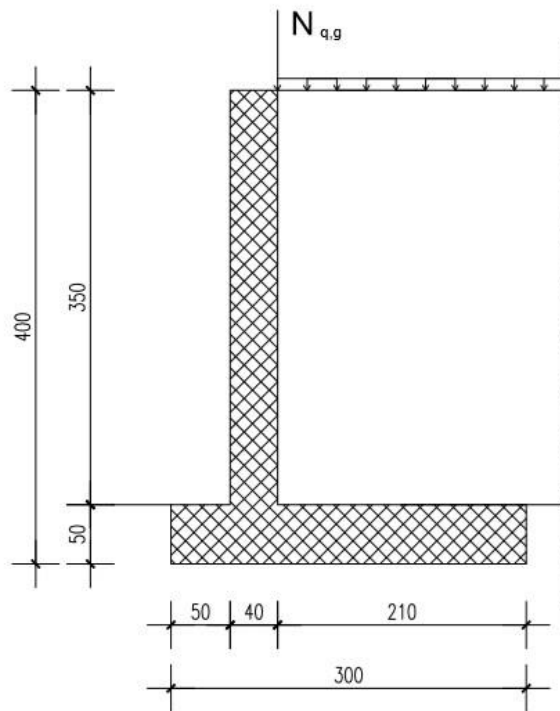


SLIKA 13.: Faze ispitivanja temeljnog tla pri geotehničkom projektiranju, izvođenju i korištenju konstrukcije (Eurokod, Ivšić 2006)

Cilj geotehničkih istražnih radova je da prikupi podatke o temeljnom tlu, podzemnoj vodi i drugim relevantnim podacima o lokaciji potrebnim za projektiranje, izgradnju i korištenje otporne, stabilne, uporabive i trajne konstrukcije. Ti podaci se mogu prikupljati postupno, ali tako da pravodobno budu dostupni oni relevantni za pojedinu fazu projektiranja ili gradnju.

## 4. Usporedno rešenje klizišta

### 4.1. Armirani betonski zid



Slika 14.: AB-zid

#### Dimenzije

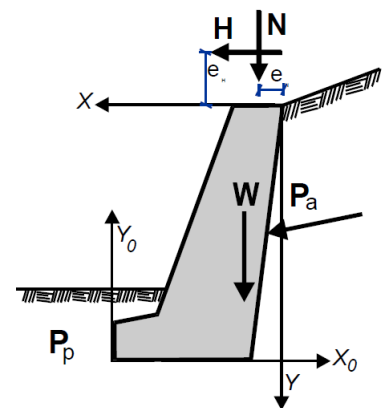
Visina zida	$h = 4.00 \text{ m}$
Duljina zida	$L = 15.00 \text{ m}$
Širina na vrhu	$B_1 = 0.40 \text{ m}$
Širina na dnu	$B_2 = 0.40 \text{ m}$
Širina temelja	$B = 2.90 \text{ m}$
Visina zida	$h_o = 3.50 \text{ m}$
Debljina temelja	$h_t = 0.50 \text{ m}$
Nagib prednje strane zida	$0.0^\circ$
Nagib stražnje strane zida	$0.0^\circ$

#### Težina zida

Obujamska težina materijala	$\gamma_g = 25.00 \text{ kN/m}^3$
Poprečni presjek	$A = 2.90 \text{ m}^2$
Vlastita težina po m <sup>3</sup>	$W = 2.90 \times 25.00 = 72.50 \text{ kN/m}$
Težište	$x = -0.21 \text{ m}, y = 2.78 \text{ m} (x_o = 1.11 \text{ m}, y_o = 1.22 \text{ m})$

#### Svojstva temeljnog tla

Nosivost temeljnog tla	$q_u = 0.40 \text{ N/mm}^2$
Kut trenja između konstrukcije i tla	$\varphi = 45.00^\circ$



Kohezija između tla i zida

$$c=0.00 \text{ N/mm}^2$$

### **Opterećenje na površini tla:**

Trajno opterećenje  $N_g=10,0\text{kN/m}^2$

Pokretno opterećenje  $N_q=3,0\text{kN/m}^2$

### **Sile od potresnog opterećenja:**

Horizontalni potresni koeficijent  $k_h=0,127$

Vertikalni potresni koeficijent  $k_v=0,064$

Horizontalna potresna sila od vlastite težine  $F_{wx}=W \cdot k_h=72,50 \cdot 0,127=9,21\text{kN/m}$

Vertikalna potresna sila od vlastite težine  $F_{wy}=W \cdot k_v=72,50 \cdot 0,064=4,64\text{kN/m}$

Horizontalna potresna sila od zasipa  $F_{wsx}=W_t \cdot k_h=40,00 \cdot 0,127=5,08\text{kN/m}$

Vertikalna potresna sila od zasipa  $F_{wsy}=W_t \cdot k_v=40,00 \cdot 0,064=2,56\text{kN/m}$

### **Dio zida od Y=0,0m do Y=4,0m; Hs=4,0m**

SVOJSTVA TLA:  $\gamma=20\text{kN/m}^3$

$$\varphi=30^\circ$$

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

### **PRITISAK TLA PREMA COULOMB-OVOJ TEORIJI**

$$k_A = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos^2\theta \cdot \cos(\theta + \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\theta + \delta) \cdot \cos(\theta - \beta)}}\right]^2}$$

	EQU	STR	GEO
Kut plohe sloma $\phi=45^\circ+\phi/2$	57°	60°	57°
Koeficijent aktivnog tlaka [kA]	0,382	0,301	0,382

### **TRAJNA DJELOVANJA**

$$q_A = g \cdot k_A \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

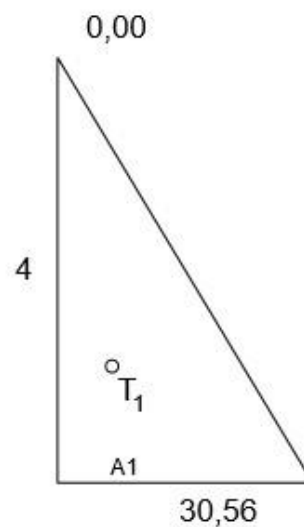
$$q_B = q_A + \gamma \cdot H \cdot k_A \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$P_A = \frac{1}{2} (q_A + q_B) \cdot H \text{ [kN/m]}$$

		EQU	STR	GEO	Mjerne jedinice
Pritisak tla na vrhu	$q_A$	0,00	0,00	0,00	$\text{kN/m}^2$
Pritisak tla na dnu	$q_B$	30,56	24,08	30,56	$\text{kN/m}^2$
Aktivna sila tla	$P_A$	61,12	48,16	61,12	$\text{kN/m}$
Kut od aktivne sile	$\alpha$	0,00	0,00	0,00	$^\circ$
Aktivna sila tla u X smjeru	$P_{Ax}$	61,12	48,16	61,12	$\text{kN/m}$
Aktivna sila tla u Y smjeru	$P_{By}$	0,00	0,00	0,00	$\text{kN/m}$
Moment aktivne sile	$M$	81,28	64,05	81,28	$\text{kNm/m}$

Tablica 7. :Trajna djelovanja

Djelovanja aktivne sile:

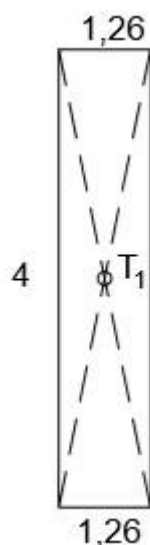


### POKRETNJA DJELOVANJA

		EQU	STR	GEO	Mjerne jedinice
Pritisak tla na vrhu	$q_A$	1,26	0,99	1,26	$\text{kN/m}^2$
Pritisak tla na dnu	$q_B$	1,26	0,99	1,26	$\text{kN/m}^2$
Aktivna sila tla	$P_A$	5,04	3,96	5,04	$\text{kN/m}$
Kut od aktivne sile	$\alpha$	0,00	0,00	0,00	$^\circ$
Aktivna sila tla u X smjeru	$P_{Ax}$	5,04	3,96	5,04	$\text{kN/m}$
Aktivna sila tla u Y smjeru	$P_{By}$	0,00	0,00	0,00	$\text{kN/m}$
Moment aktivne sile	$M$	10,08	7,92	10,08	$\text{kNm/m}$

Tablica 8.:Pokretna djelovanja

Djelovanja aktivne sile:



TOTALNE SILE I MOMENTI		EQU	STR	GEO
TRAJNA	Horizontalna aktivna sila	61,12 kN/m	48,16 kN/m	61,12 kN/m
	Vertikalna aktivna sila	0,00	0,00	0,00
	Totalni moment	81,28 kNm/m	64,05 kNm/m	81,28 kNm/m
POKRETNOST	Horizontalna aktivna sila	5,04 kN/m	3,96 kN/m	5,04 kN/m
	Vertikalna aktivna sila	0,00	0,00	0,00
	Totalni moment	10,08 kNm/m	7,92 kNm/m	10,08 kNm/m

Tablica 9.: Totalne sile i momenti

### POTRESNO OPTEREĆENJE

Horizontalna komponenta sile:  $k_h=0,127$

Vertikalna komponenta sile:  $k_v=0,064$

$$\tan \omega = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

$$\tan \omega = \frac{0,127}{1 - 0,064}$$

$$\omega = 7,73^\circ$$

$$K_E = \frac{\cos^2(\varphi - \omega - \theta)}{\cos \omega \cdot \cos^2 \theta \cdot \cos(\delta + \theta + \omega) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \omega - \beta)}{\cos(\theta + \omega + \delta) \cdot \cos(\theta - \beta)}}\right]^2}$$

$$K_E = \frac{\cos^2(30^\circ - 7,73^\circ - 0)}{\cos 7,73^\circ \cdot \cos^2 0 \cdot \cos(0 + 0 + 7,73^\circ) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(30^\circ + 0) \cdot \sin(30^\circ - 7,73^\circ - 0)}{\cos(0 + 7,73^\circ + 0) \cdot \cos(0 - 0)}}\right]^2}$$

$$K_E = 0,422$$



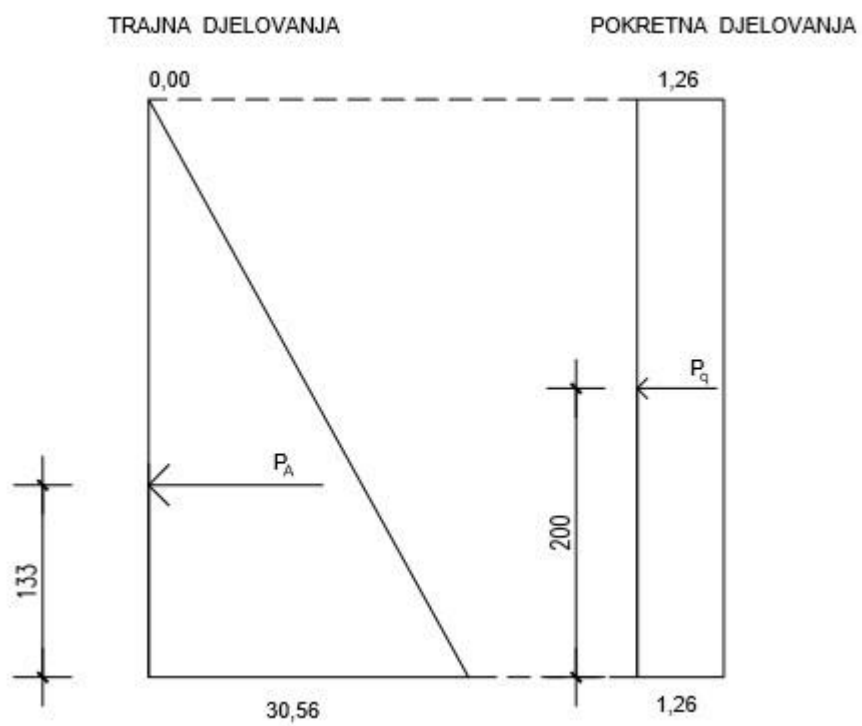
Dodatni pritisak od potresnog djelovanja

$$\xi = \frac{K_E}{k_A} - 1$$

$$\xi = \frac{0,422}{0,33} - 1$$

$$\xi = 0,279$$

### DIJAGRAM DJELOVANJA



## DJELUJUĆE SILE NA ZID

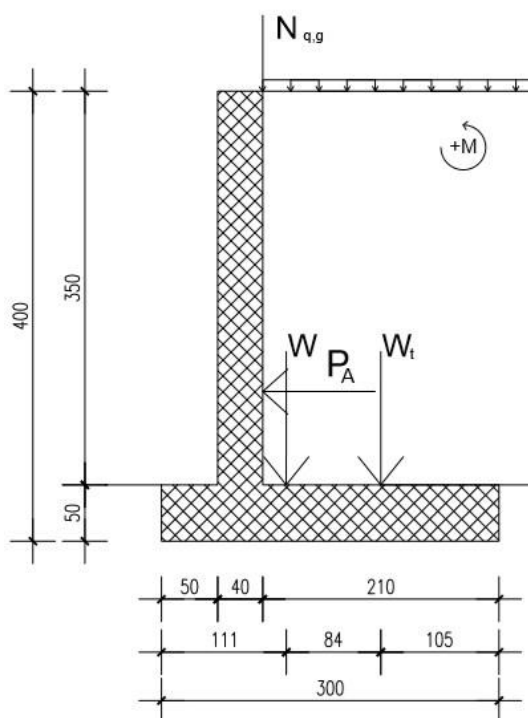
DJELOVANJA		Y1-Y2	$F_x$ [kN/m]	$F_y$ [kN/m]	x	y
Aktivni pritisak od tla	$P_A$	0,0-4,0	61,12	0,00	-2,10	2,67
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	$P_q$	0,0-4,0	5,04	0,00	-2,10	2,00
Težina zida	$W$	-	0,00	72,50	-0,21	2,78
Težina zasipa	$W_s$	-	0,00	40,00	-1,05	1,70
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	$N_g$	-	0,00	10,00	-1,05	0,00
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	$N_q$	-	0,00	3,00	-1,05	0,00

Tablica 10.:Djelujuće sile na zid

## PROVJERA NOSIVOSTI TLA (EQU)

DJELOVANJE		Y1-Y2	$F_x$ [kN/m]	$F_y$ [kN/m]	$x_0$	$y_0$	M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	$P_A \times 1,10$	0,0-4,0	64,23	0,00	3,00	1,33	85,43
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	$P_q \times 1,50$	0,0-4,0	7,56	0,00	3,00	2,00	15,12
Težina zida	$W \times 0,90$	-	0,00	65,25	1,11	1,22	-72,43
Težina zasipa	$W_s \times 0,90$	-	0,00	36,00	1,95	2,30	-70,20
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	$N_g \times 0,90$	-	0,00	9,00	1,95	4,00	-17,55
	$\Sigma$			110,25			-59,63

Tablica 11.:Provjera nosivosti tla (EQU)



Slika15: Moment na sredini baze

$\Sigma$  vertikalnih sila  $N= 110,25 \text{ kN/m}$

$\Sigma$  momenata na sredini baze

$$M=W \cdot 0,39\text{m}-W_t \cdot 0,45\text{m}+P_A \cdot 1,33\text{m}+P_q \cdot 2,00\text{m}$$

$$M=109,79 \text{ kNm/m}$$

Efektivna duljina temelja  $L'=L-2 \cdot e= 3,0-2 \cdot 0,99= 1,02\text{m}$

$$\text{Ekcentricitet } e=M/N=131,15/110,25=0,99\text{m}$$

Nosivost tla

$$R_d = \frac{L' \cdot q_{uk}}{\gamma_M}$$

$$R_d = \frac{1,02 \cdot (1000 \cdot 0,4)}{1,4}$$

$$R_d = 291,43 \text{ kN/m}$$

UVJET NOSIVOSTI

$$E_d \leq R_d$$

$$110,25 \text{ kN/m} \leq 291,43 \text{ kN/m} \rightarrow 2,64 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

#### PROVJERA NA PREVRTANJE (EQU)

DJELOVANJE		Y1-Y2	F <sub>x</sub> [kN/m]	F <sub>y</sub> [kN/m]	x <sub>0</sub>	y <sub>0</sub>	(+)M[kNm/m]	(-)M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub> x 1,10	0,0-4,0	64,23	0,00	3,00	1,33	85,43	0,00
Aktivni pritisak od tla(promj.)	P <sub>q</sub> x 1,50	0,0-4,0	7,56	0,00	3,00	2,00	15,12	0,00
Težina zida	W x 0,90	-	0,00	65,25	1,11	1,22	0,00	72,43
Težina zasipa	W <sub>s</sub> x 0,90	-	0,00	36,00	1,95	2,30	0,00	70,20
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub> x 0,90	-	0,00	9,00	1,95	4,00	0,00	17,55
	$\Sigma$						100,55	160,18

Tablica 12.:Provjera na prevrtanje (EQU)

$\Sigma$  momenata prevrtanja  $\rightarrow M_{ed}= 100,55 \text{ kNm/m}$

$\Sigma$  momenata otpora na prevrtanje  $\rightarrow M_{rd}=160,18 \text{ kNm/m}$

$$M_{ed} \leq M_{rd}$$

$$100,55\text{kNm/m} \leq 160,18\text{kNm/m} \rightarrow 1,59 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

## PROVJERA NA KLIZANJE (EQU)

DJELOVANJE		Y1-Y2	(+)Fx [kN/m]	(-)Fx [kN/m]	Fy [kN/m]
Aktivni pritisak od tla	$P_A \times 1,10$	0,0-4,0	64,23	0,00	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	$P_q \times 1,50$	0,0-4,0	7,56	0,00	0,00
Težina zida	$W \times 0,90$	-	0,00	0,00	65,25
Težina zasipa	$W_s \times 0,90$	-	0,00	0,00	36,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	$N_g \times 0,90$	-	0,00	0,00	9,00
	$\Sigma$		71,79		110,25

Tablica 13.:Provjera na klizanje (EQU)

Trenje na tlu iznosi:

$$R_d = N_d \cdot \tan \frac{\varphi}{\gamma_M}$$

$$R_d = 110,25 \cdot \tan \frac{45^\circ}{1,25}$$

$$R_d = 80,10 \text{ kN/m}$$

UVJET:

$$H_d \leq R_d$$

$$71,79 \text{ kN/m} \leq 80,10 \text{ kN/m} \rightarrow 1,12 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

## DJELUJUĆE SILE NA ZID

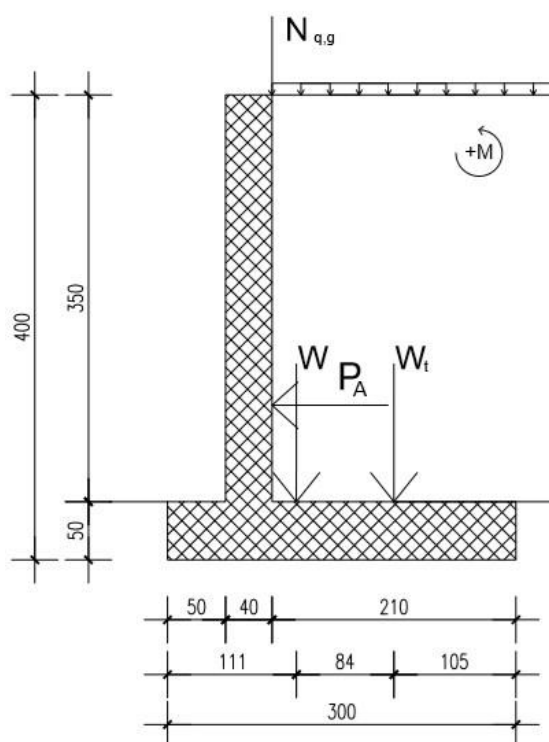
DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y
Aktivni pritisak od tla	$P_A$	0,0-4,0	48,16	0,00	-2,10	2,67
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	$P_q$	0,0-4,0	3,96	0,00	-2,10	2,00
Težina zida	$W$	-	0,00	72,50	-0,21	2,78
Težina zasipa	$W_s$	-	0,00	40,00	-1,05	1,70
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	$N_g$	-	0,00	10,00	-1,05	0,00
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	$N_q$	-	0,00	3,00	-1,05	0,00

Tablica 14.:Djelujuće sile na zid

## PROVJERA NOSIVOSTI STR/GEO (A1+M1)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x <sub>0</sub>	y <sub>0</sub>	M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>Ax1,35</sub>	0,0-4,0	65,02	0,00	3,00	1,33	86,48
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>qx1,5</sub>	0,0-4,0	5,94	0,00	3,00	2,00	11,88
Težina zida	W	-	0,00	72,50	1,11	1,22	-80,48
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	40,00	1,95	2,30	-78,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	10,00	1,95	4,00	-19,50
		Σ		122,50			-79,62

Tablica 15.: Provjera nosivosti STR/GEO(A1+M1)



Slika 16.: Momenti na sredini baze

Σ vertikalnih sila N= 122,50 kN/m

Σ momenata na sredini baze

$$M=W \cdot 0,39\text{m}-W_t \cdot 0,45\text{m}+P_A \cdot 1,33\text{m}+P_q \cdot 2,00\text{m}$$

$$M=108,63 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Efektivna duljina temelja } L'=L-2 \cdot e= 3,0-2 \cdot 0,73= 1,04\text{m}$$

$$\text{Ekcentricitet } e=M/N=108,63/110,25 = 0,98\text{m}$$

Nosivost tla

$$R_d = \frac{L' \cdot q_{uk}}{\gamma_M}$$

$$R_d = \frac{1,04 \cdot (1000 \cdot 0,4)}{1,4}$$

$$R_d = 297,14 \text{ kN/m}$$

UVJET NOSIVOSTI

$$E_d \leq R_d$$

$$122,50 \text{ kN/m} \leq 297,14 \text{ kN/m} \rightarrow 2,43 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

PROVJERA NA PREVRTANJE STR/GEO (A1+M1)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x <sub>0</sub>	y <sub>0</sub>	(+)M[kNm/m]	(-)M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>Ax1,35</sub>	0,0-4,0	65,02	0,00	3,00	1,33	86,48	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>qx1,5</sub>	0,0-4,0	5,94	0,00	3,00	2,00	11,88	0,00
Težina zida	W	-	0,00	72,50	1,11	1,22	0,00	80,48
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	40,00	1,95	2,30	0,00	78,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	10,00	1,95	4,00	0,00	19,50
	Σ						98,36	177,98

Tablica 16.: Provjera na prevrtanje STR/GEO(A1+M1)

$$\Sigma \text{ momenata prevrtanja} \rightarrow M_{ed} = 98,36 \text{ kNm/m}$$

$$\Sigma \text{ momenata otpora na prevrtanje} \rightarrow M_{rd} = 177,98 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ed} \leq M_{rd}$$

$$98,36 \text{ kNm/m} \leq 177,98 \text{ kNm/m} \rightarrow 1,81 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

PROVJERA NA KLIZANJE STR/GEO (A1+M1)

DJELOVANJA		Y1-Y2	(+)Fx [kN/m]	(-)Fx [kN/m]	Fy [kN/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>Ax1,35</sub>	0,0-4,0	65,02	0,00	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>qx1,5</sub>	0,0-4,0	5,94	0,00	0,00
Težina zida	W	-	0,00	0,00	72,50
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	0,00	40,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	0,00	10,00
	Σ		70,96		122,50

Tablica 17.: Provjera na klizanje STR/GEO(A1+M1)

Trenje na tlu iznosi:

$$R_d = N_d \cdot \tan \frac{\varphi}{\gamma_M}$$

$$R_d = 122,50 \cdot \tan \frac{45^\circ}{1,10}$$

$$R_d = 106,15 \text{ kN/m}$$

UVJET:

$$H_d \leq R_d$$

$$70,96 \text{ kN/m} \leq 106,15 \text{ kN/m} \rightarrow 1,50 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### DJELUJUĆE SILE NA ZID

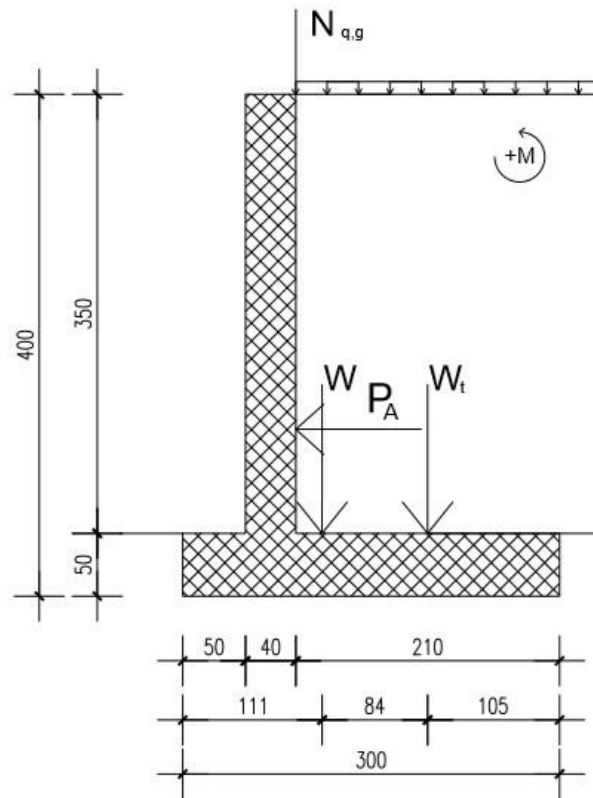
DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub>	0,0-4,0	61,12	0,00	-2,1	2,67
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>q</sub>	0,0-4,0	5,04	0,00	-2,1	2
Težina zida	W	-	0,00	72,50	-0,21	2,78
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	40,00	-1,05	1,7
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	10,00	-1,05	0
Vertikalno opt. na vrhu(pokretno)	N <sub>q</sub>	-	0,00	3,00	-1,05	0

Tablica 18.:Djelujuće sile na zid

### PROVJERA NOSIVOSTI STR/GEO (A2+M2)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x <sub>0</sub>	y <sub>0</sub>	M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub>	0,0-4,0	61,12	0,00	3,00	1,33	81,29
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>q</sub>	0,0-4,0	5,04	0,00	3,00	2,00	10,08
Težina zida	W	-	0,00	72,50	1,11	1,22	-80,48
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	40,00	1,95	2,30	-78,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	W <sub>sg</sub>	-	0,00	10,00	1,95	4,00	-19,50
	Σ			122,50			-86,61

Tablica 19.:Provjera nosivosti STR/GEO (A2+M2)



Slika 17.: Momenti na sredini baze

$\Sigma$  vertikalnih sila  $N = 122,50 \text{ kN/m}$

$\Sigma$  momenata na sredini baze

$$M = W \cdot 0,39\text{m} - W_t \cdot 0,45\text{m} + P_A \cdot 1,33\text{m} + P_q \cdot 2,00\text{m}$$

$$M = 101,65 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Efektivna duljina temelja } L' = L - 2 \cdot e = 3,0 - 2 \cdot 0,68 = 1,16\text{m}$$

$$\text{Ekcentricitet } e = M/N = 101,65/110,25 = 0,95\text{m}$$

Nosivost tla

$$R_d = \frac{L' \cdot q_{uk}}{\gamma_M}$$

$$R_d = \frac{1,16 \cdot (1000 \cdot 0,4)}{1,4}$$

$$R_d = 331,43 \text{ kN/m}$$



## UVJET NOSIVOSTI

$$E_d \leq R_d$$

$$122,50 \text{ kN/m} \leq 331,43 \text{ kN/m} \rightarrow 2,71 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PROVJERA NA PREVRTANJE STR/GEO (A2+M2)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x <sub>0</sub>	y <sub>0</sub>	(+)M[kNm/m]	(-)M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub>	0,0-4,0	61,12	0,00	3,00	1,33	81,29	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>q</sub>	0,0-4,0	5,04	0,00	3,00	2,00	10,08	0,00
Težina zida	W	-	0,00	72,50	1,11	1,22	0,00	80,48
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	40,00	1,95	2,30	0,00	78,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	10,00	1,95	4,00	0,00	19,50
		Σ					91,37	177,98

*Tablica 20.: Provjera na prevrtanje STR/GEO (A2+M2)*

$$\Sigma \text{ momenata prevrtanja} \rightarrow M_{ed} = 91,37 \text{ kNm/m}$$

$$\Sigma \text{ momenata otpora na prevrtanje} \rightarrow M_{rd} = 177,98 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ed} \leq M_{rd}$$

$$91,37 \text{ kNm/m} \leq 177,98 \text{ kNm/m} \rightarrow 1,95 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PROVJERA NA KLIZANJE STR/GEO (A2+M2)

DJELOVANJA		Y1-Y2	(+)F <sub>x</sub> [kN/m]	(-)F <sub>x</sub> [kN/m]	F <sub>y</sub> [kN/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub>	0,0-4,0	61,12	0,00	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>q</sub>	0,0-4,0	5,04	0,00	0,00
Težina zida	W	-	0,00	0,00	72,50
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	0,00	40,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	0,00	10,00
		Σ	66,16		122,50

*Tablica 21.: Provjera na klizanje STR/GEO (A2+M2)*

$$R_d = N_d \cdot \tan \frac{\varphi}{\gamma_M}$$

$$R_d = 122,50 \cdot \tan \frac{45}{1,25}$$

$$R_d = 89,00 \text{ kN/m}$$

UVJET:

$$H_d \leq R_d$$

$$66,16 \text{ kN/m} \leq 89,00 \text{ kN/m} \rightarrow 1,35 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PRORAČUN ZA POTRESNO DJELOVANJE

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y
Aktivni pritisak od tla	PA	0,0-4,0	48,16	0,00	-2,10	2,67
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	Pq	0,0-4,0	3,96	0,00	-2,10	2,00
Težina zida	W	-	0,00	72,50	-0,21	2,78
Težina zasipa	Ws	-	0,00	40,00	-1,05	1,70
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	Ng	-	0,00	10,00	-1,05	0,00
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	Nq	-	0,00	3,00	-1,05	0,00

Tablica 22.:Proračun za potresno djelovanje

### Dodatne sile zbog potresnog opterećenja

Djelovanja množim sa koeficijentom  $\xi$ , na taj način dobijem dodatne sile zbog potresnog djelovanja.

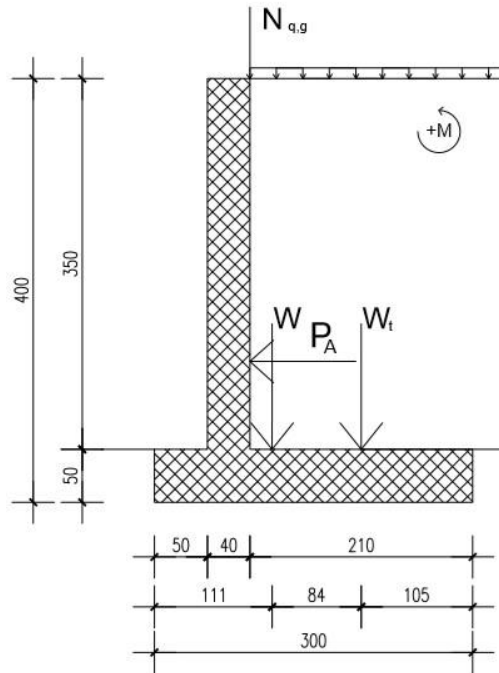
DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y
Aktivni pritisak od tla	PA	0,0-4,0	13,44	0,00	-2,10	2,67
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	Pq	0,0-4,0	1,10	0,00	-2,10	2,00
Težina zida	W	-	9,21	4,57	-0,21	2,78
Težina zasipa	Ws	-	5,08	2,56	-1,05	1,70
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	Ng	-	0,00	1,53	-1,05	0,00
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	Nq	-	0,00	0,37	-1,05	0,00

Tablica 23.:Dodatne sile zbog potresnog opterećenja

### PROVJERA NOSIVOSTI TLA(SA POTRESNIM OPTEREĆENJEM)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	xo	yo	M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	PA	0,0-4,0	61,60	0,00	3,00	1,33	81,93
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	Pq	0,0-4,0	5,06	0,00	3,00	2,00	10,12
Težina zida	W	-	9,21	77,07	1,11	1,22	-74,31
Težina zasipa	Ws	-	5,08	42,56	1,95	2,30	-71,31
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	Ng	-	0,00	11,53	1,95	4,00	-22,48
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	Nq	-	0,00	3,37	1,95	4,00	-6,57
		$\Sigma$		134,53			-82,62

Tablica 24.:Provjera nosivosti tla(sa potresnim opterećenjem)



Slika 18.:Moment na sredini baze

$\Sigma$  vertikalnih sila  $N = 134,53 \text{ kN/m}$

$\Sigma$  momenata na sredini baze

$$M = W \cdot 0,39\text{m} - W_t \cdot 0,45\text{m} + P_A \cdot 1,33\text{m} + P_q \cdot 2,00\text{m} + W \cdot 1,22 + W_t \cdot 2,3$$

$$M = 125,88 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Efektivna duljina temelja } L' = L - 2 \cdot e = 3,0 - 2 \cdot 0,79 = 1,12\text{m}$$

$$\text{Ekcentricitet } e = M/N = 125,88/134,53 = 0,94\text{m}$$

Nosivost tla

$$R_d = \frac{L' \cdot q_{uk}}{\gamma_M}$$

$$R_d = \frac{1,12 \cdot (1000 \cdot 0,4)}{1,4}$$

$$R_d = 320,00 \text{ kN/m}$$

UVJET NOSIVOSTI

$$E_d \leq R_d$$

$$134,53 \text{ kN/m} \leq 320,00 \text{ kN/m} \rightarrow 2,39 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

PROVJERA NA PREVRTANJE(SA POTRESNIM OPTEREĆENJEM)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx[kN/m]	Fy[kN/m]	x <sub>0</sub>	y <sub>0</sub>	M(+)	M(-)
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub>	0,0-4,0	61,60	0,00	3,00	1,33	81,93	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>q</sub>	0,0-4,0	5,06	0,00	3,00	2,00	10,12	0,00
Težina zida	W	-	9,21	77,07	1,11	1,22	11,23	85,55
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	5,08	42,56	1,95	2,30	9,91	82,99
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	11,53	1,95	4,00	0,00	22,48
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	N <sub>q</sub>	-	0,00	3,37	1,95	4,00	0,00	6,57
	Σ						113,19	197,59

Tablica 25.:Provjera na prevrtanje(sa potresnim opterećenjem)

Σ momenata prevrtanja → Med= 113,19 kNm/m

Σ momenata otpora na prevrtanje →Mrd=197,59 kNm/m

$$Med \leq Mrd$$

113,19kNm/m ≤ 197,59kNm/m → 1,75 ZADOVOLJAVA!

PROVJERA NA KLIZANJE(SA POTRESNIM OPTEREĆENJEM)

DJELOVANJA		Y1-Y2	(+)Fx[kN/m]	(-)Fx[kN/m]	Fy[kN/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub>	0,0-4,0	61,60	0,00	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>q</sub>	0,0-4,0	5,06	0,00	0,00
Težina zida	W	-	0,00	0,00	72,50
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	0,00	40,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	0,00	10,00
	Σ		66,66		122,50

Tablica 26.: Provjera na klizanje(sa potresnim opterećenjem)

Trenje na tlu iznosi:

$$R_d = N_d \cdot \tan \frac{\varphi}{\gamma_M}$$

$$R_d = 122,50 \cdot \tan \frac{45^\circ}{1,25}$$

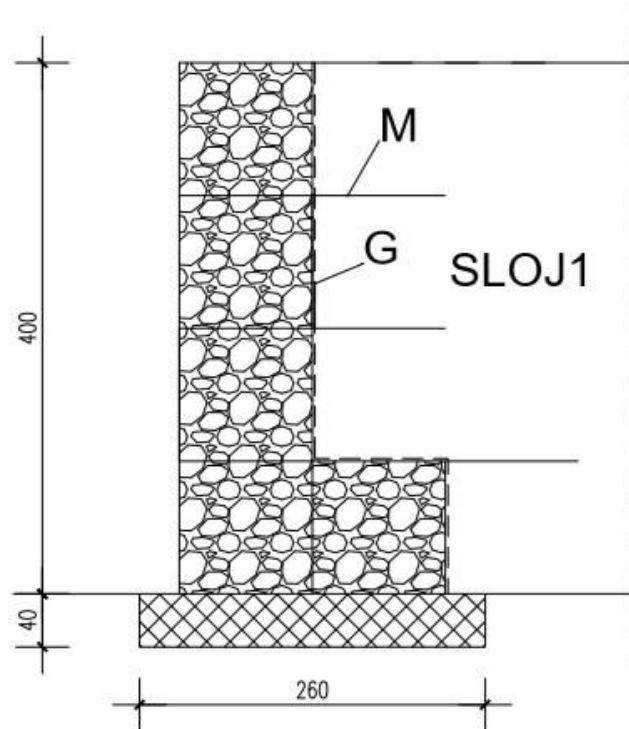
$$R_d = 89,00 \text{ kN/m}$$

UVJET:

$$H_d \leq R_d$$

66,66kN/m ≤ 89,00kN/m → 1,34 ZADOVOLJAVA!

## 4.2. Gabionski zid



Slika 19.: Gabionski zid

### DIMENZIJE

Visina zida  $h=4,0\text{m}$

Duljina zida  $l=15,0\text{m}$

Nagib prednje strane zida  $0^\circ$

Nagib stražnje strane zida  $0^\circ$

### TEŽINA ZIDA

Obujamska težina materijala  $\gamma=20,0\text{kN/m}^3$

Poprečni presjek  $A=1,0\text{m}\cdot 4,0\text{m}+1,0\text{m}\cdot 1,0\text{m}=5,0\text{m}^2$

Vlastita težina po m'  $W=20,0\text{kN/m}^3\cdot 5,0\text{m}^2=100,0\text{kN/m}$

### SVOJSTVA TEMELJNOG TLA

Nosivost temeljnog tla  $q_u=0,40\text{N/mm}^2$

Kut trenja između konstrukcije i tla  $\varphi=45^\circ$

### OPTEREĆENJE NA POVRŠINI TLA:

TRAJNO OPTEREĆENJE  $g=10,0\text{kN/m}^2$

POKRETNOST OPTEREĆENJE  $q=3,0\text{kN/m}^2$

### SILE OD POTRESNOG OPTEREĆENJA

Horizontalni potresni koeficijent  $k_h=0,127$

Vertikalni potresni koeficijent  $k_v=0,064$

Horizontalna potresna sila od vlastite težine  $F_{wx}=W \cdot k_h= 100,0 \cdot 0,127=12,70\text{kN/m}$

Vertikalna potresna sila od vlastite težine  $F_{wy}=W \cdot k_v= 100,0 \cdot 0,064=6,40\text{kN/m}$

Horizontalna potresna sila od zasipa  $F_{wsx}=W_t \cdot k_h= 40,00 \cdot 0,127=5,08\text{kN/m}$

Vertikalna potresna sila od zasipa  $F_{wsy}=W_t \cdot k_v= 40,00 \cdot 0,064=2,56\text{kN/m}$

PARAMETRI TLA		EQU	STR+GEO(A1+M1)	STR+GEO(A2+M2)	POTRESNO
Kut trenja	$\gamma_\varphi$	1,25	1,00	1,25	1,25
Efektivna kohezija	$\gamma_c$	1,25	1,00	1,25	1,25
Nedrenirana i jednoosna čvrstoća	$\gamma_{cu}$	1,40	1,00	1,40	1,40
Čvrstoća	$\gamma_{qu}$	1,40	1,00	1,40	1,40
Gustoća	$\gamma_w$	1,00	1,00	1,00	1,00

Tablica 27.:Parcijalni koeficijenti za parametre tla

DJELOVANJA		EQU	STR+GEO(A1+M1)	STR+GEO(A2+M2)	POTRESNO
Trajno nepovoljno	$\gamma_{G,dst}$	1,10	1,35	1,00	1,00
Trajno povoljno	$\gamma_{G,stb}$	0,90	1,00	1,00	1,00
Povremeno nepovoljno	$\gamma_{Q,dst}$	1,50	1,50	1,30	1,00
Povremeno povoljno	$\gamma_{Q,stb}$	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablica 28.:Parcijalni koeficijenti za djelovanja

U gornjim tablicama su prikazani parcijalni koeficijenti za granična stanja, kojima se djelovanja na potpornu konstrukciju smanjuju odnosno povećaju za pojedino granično stanje.

#### **Dio zida od Y=0,0m do Y=4,0m; Hs=4,0m**

SVOJSTVA TLA:  $\gamma=20\text{kN/m}^3$

$$\varphi=30^\circ$$

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

#### PRITISAK TLA PREMA COULOMB-OVOJ TEORIJI

$$k_A = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos^2\theta \cdot \cos(\theta + \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\theta + \delta) \cdot \cos(\theta - \beta)}}\right]^2}$$

	EQU	STR	GEO
Kut plohe sloma $\phi=45^\circ+\phi/2$	57°	60°	57°
Koeficijent aktivnog tlaka [kA]	0,382	0,301	0,382

### TRAJNA DJELOVANJA

$$q_A = g \cdot k_A \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

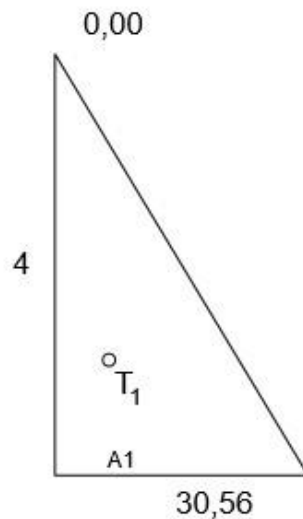
$$q_B = q_A + \gamma \cdot H \cdot k_A \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$P_A = \frac{1}{2} (q_A + q_B) \cdot H \text{ [kN/m]}$$

		EQU	STR	GEO	Mjerne jedinice
Pritisak tla na vrhu	qA	0,00	0,00	0,00	kN/m <sup>2</sup>
Pritisak tla na dnu	qB	30,56	24,08	30,56	kN/m <sup>2</sup>
Aktivna sila tla	PA	61,12	48,16	61,12	kN/m
Kut od aktivne sile	$\alpha$	0,00	0,00	0,00	°
Aktivna sila tla u X smjeru	PAx	61,12	48,16	61,12	kN/m
Aktivna sila tla u Y smjeru	Pby	0,00	0,00	0,00	kN/m
Moment aktivne sile	M	81,28	64,05	81,28	kNm/m

Tablica 29:Trajna djelovanja

Djelovanja aktivne sile:



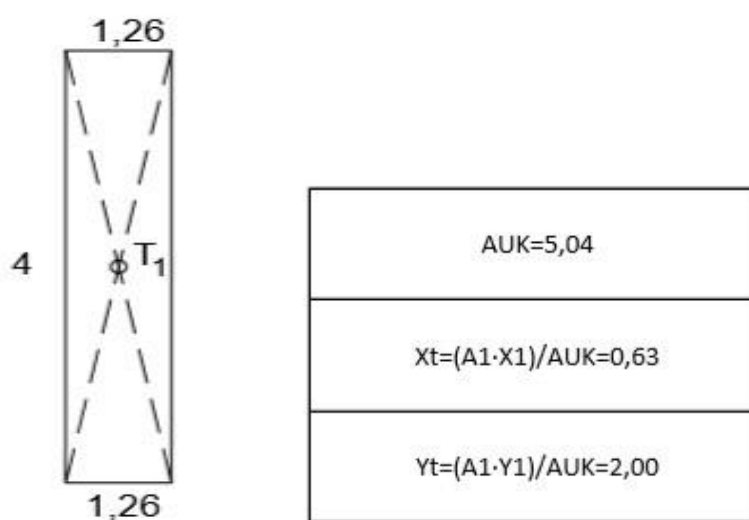
$A_{UK} = (30,56) \cdot 4 / 2 = 61,12$
$X_t = A_1 \cdot X_1 / A_{UK} = 10,19$
$Y_t = A_1 \cdot Y_1 / A_{UK} = 1,33$

## POKRETNA DJELOVANJA

		EQU	STR	GEO	Mjerne jedinice
Pritisak tla na vrhu	qA	1,26	0,99	1,26	kN/m <sup>2</sup>
Pritisak tla na dnu	qB	1,26	0,99	1,26	kN/m <sup>2</sup>
Aktivna sila tla	PA	5,04	3,96	5,04	kN/m
Kut od aktivne sile	$\alpha$	0,00	0,00	0,00	°
Aktivna sila tla u X smjeru	PAx	5,04	3,96	5,04	kN/m
Aktivna sila tla u Y smjeru	Pby	0,00	0,00	0,00	kN/m
Moment aktivne sile	M	10,08	7,92	10,08	kNm/m

Tablica 30.: Pokretna djelovanja

Djelovanja aktivne sile:



TOTALNE SILE I MOMENTI		EQU	STR	GEO
TRAJNA	Horizontalna aktivna sila	61,12 kN/m	48,16 kN/m	61,12 kN/m
	Vertikalna aktivna sila	0,00	0,00	0,00
	Totalni moment	81,28 kNm/m	64,05 kNm/m	81,28 kNm/m
POKRETNNA	Horizontalna aktivna sila	5,04 kN/m	3,96 kN/m	5,04 kN/m
	Vertikalna aktivna sila	0,00	0,00	0,00
	Totalni moment	10,08 kNm/m	7,92 kNm/m	10,08 kNm/m

Tablica 31.: Totalne sile i momenti



### POTRESNO OPTEREĆENJE

Horizontalna komponenta sile:  $k_h=0,127$

Vertikalna komponenta sile:  $k_v=0,064$

$$\tan \omega = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

$$\tan \omega = \frac{0,127}{1 - 0,064}$$

$$\omega = 7,73^\circ$$

$$K_E = \frac{\cos^2(\varphi - \omega - \theta)}{\cos \omega \cdot \cos^2 \theta \cdot \cos(\delta + \theta + \omega) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \omega - \beta)}{\cos(\theta + \omega + \delta) \cdot \cos(\theta - \beta)}}\right]^2}$$

$$K_E = \frac{\cos^2(30^\circ - 7,73^\circ - 0)}{\cos 7,73^\circ \cdot \cos^2 0 \cdot \cos(0 + 0 + 7,73^\circ) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(30^\circ + 0) \cdot \sin(30^\circ - 7,73^\circ - 0)}{\cos(0 + 7,73^\circ + 0) \cdot \cos(0 - 0)}}\right]^2}$$

$$K_E = 0,422$$

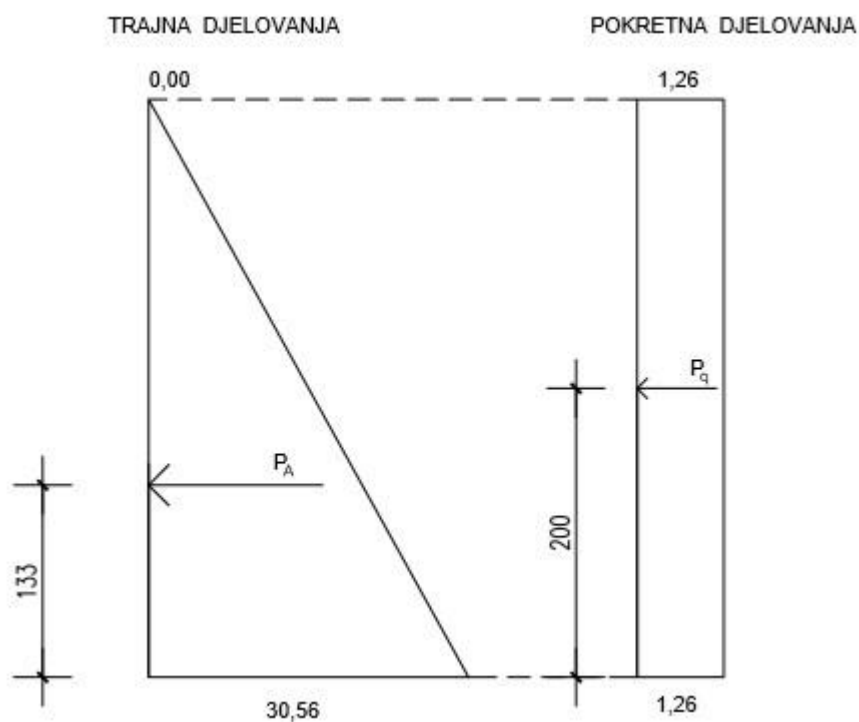
Dodatni pritisak od potresnog djelovanja

$$\xi = \frac{K_E}{k_A} - 1$$

$$\xi = \frac{0,422}{0,33} - 1$$

$$\xi = 0,279$$

## DIJAGRAM DJELOVANJA



## DJELUJUĆE SILE NA ZID

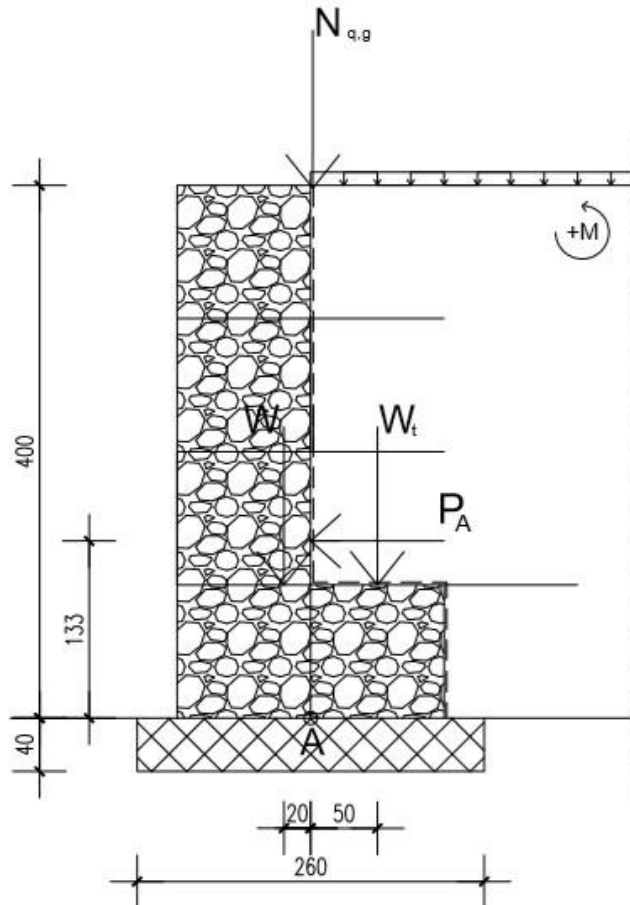
DJELOVANJA		Y1-Y2	$F_x$ [kN/m]	$F_y$ [kN/m]	x	y
Aktivni pritisak od tla	$P_A$	0,0-4,0	61,12	0,00	2,00	1,33
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	$P_q$	0,0-4,0	5,04	0,00	2,00	2,00
Težina zida	$W$	-	0,00	100,00	0,80	2,10
Težina zasipa	$W_s$	-	0,00	40,00	1,50	2,25
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	$N_g$	-	0,00	10,00	1,50	2,25
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	$N_q$	-	0,00	3,00	1,50	2,25

Tablica 32.:Djelujuće sile na zid

## PROVJERA NOSIVOSTI TLA (EQU)

DJELOVANJE		Y1-Y2	$F_x$ [kN/m]	$F_y$ [kN/m]	x	y	M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	$P_A \times 1,10$	0,0-4,0	64,23	0,00	2,00	1,33	85,43
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	$P_q \times 1,50$	0,0-4,0	7,56	0,00	2,00	2,00	15,12
Težina zida	$W \times 0,90$	-	0,00	90,00	0,80	2,10	-72,00
Težina zasipa	$W_s \times 0,90$	-	0,00	36,00	1,50	2,25	-54,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	$N_g \times 0,90$	-	0,00	9,00	1,50	2,25	-13,50
$\Sigma$				135,00			-38,95

Tablica 33.:Provjera nosivosti tla (EQU)



Slika 20.: Moment na točku A

$\Sigma$  vertikalnih sila  $N = 135,00 \text{ kN/m}$

$\Sigma$  momenata na sredini baze

$$M = W \cdot 0,20\text{m} - W_t \cdot 0,5\text{m} + P_A \cdot 1,33\text{m} + P_q \cdot 2,00\text{m}$$

$$M = 100,55 \text{ kNm/m}$$

Efektivna duljina temelja  $L' = L - 2 \cdot e = 2,6 - 2 \cdot 0,75 = 1,10\text{m}$

Ekcentricitet  $e = M/N = 100,55/135,00 = 0,75\text{m}$

Nosivost tla

$$R_d = \frac{L' \cdot q_{uk}}{\gamma_M}$$

$$R_d = \frac{1,10 \cdot (1000 \cdot 0,4)}{1,4}$$

$$R_d = 314,29 \text{ kN/m}$$

## UVJET NOSIVOSTI

$$E_d \leq R_d$$

$$135,00 \text{ kN/m} \leq 428,57 \text{ kN/m} \rightarrow 2,33 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PROVJERA NA PREVRTANJE (EQU)

DJELOVANJE		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y	(+)M[kNm/m]	(-)M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	$P_A \times 1,10$	0,0-4,0	64,23	0,00	2,00	1,33	85,43	0,00
Aktivni pritisak od tla(promj.)	$P_q \times 1,50$	0,0-4,0	7,56	0,00	2,00	2,00	15,12	0,00
Težina zida	$W \times 0,90$	-	0,00	90,00	0,80	2,10	0,00	72,00
Težina zasipa	$W_s \times 0,90$	-	0,00	36,00	1,50	2,25	0,00	54,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	$N_g \times 0,90$	-	0,00	9,00	1,50	2,25	0,00	13,50
	$\Sigma$						100,55	139,50

*Tablica 34.: Provjera na prevrtanje (EQU)*

$$\Sigma \text{ momenata prevrtanja} \rightarrow M_{ed} = 100,55 \text{ kNm/m}$$

$$\Sigma \text{ momenata otpora na prevrtanje} \rightarrow M_{rd} = 139,50 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ed} \leq M_{rd}$$

$$100,55 \text{ kNm/m} \leq 139,50 \text{ kNm/m} \rightarrow 1,39 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PROVJERA NA KLIZANJE (EQU)

DJELOVANJE		Y1-Y2	(+)Fx [kN/m]	(-)Fx [kN/m]	Fy [kN/m]
Aktivni pritisak od tla	$P_A \times 1,10$	0,0-4,0	64,23	0,00	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	$P_q \times 1,50$	0,0-4,0	7,56	0,00	0,00
Težina zida	$W \times 0,90$	-	0,00	0,00	90,00
Težina zasipa	$W_s \times 0,90$	-	0,00	0,00	36,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	$N_g \times 0,90$	-	0,00	0,00	9,00
	$\Sigma$		71,79		135,00

*Tablica 35.: Provjera na klizanje (EQU)*

Trenje na tlu iznosi:

$$R_d = N_d \cdot \tan \frac{\varphi}{\gamma_M}$$

$$R_d = 135,00 \cdot \tan \frac{45^\circ}{1,25}$$

$$R_d = 98,08 \text{ kN/m}$$

UVJET:

$$Hd \leq R_d$$

$$71,79 \text{ kN/m} \leq 98,08 \text{ kN/m} \rightarrow 1,36 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

DJELUJUĆE SILE NA ZID

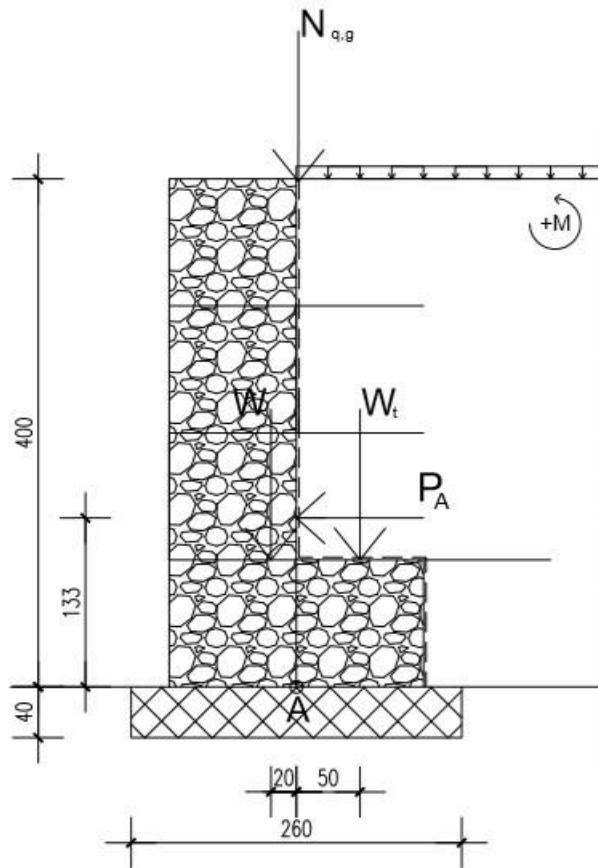
DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y
Aktivni pritisak od tla	PA	0,0-4,0	48,16	0,00	2,00	1,48
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	Pq	0,0-4,0	3,96	0,00	2,00	2,00
Težina zida	W	-	0,00	100,00	0,80	2,10
Težina zasipa	Ws	-	0,00	40,00	1,50	2,25
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	Ng	-	0,00	10,00	1,50	2,25
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	Nq	-	0,00	3,00	1,50	2,25

Tablica 36.: Djelujuće sile na zid

PROVJERA NOSIVOSTI STR/GEO (A1+M1)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y	M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	PAx1,35	0,0-4,0	65,02	0,00	2,00	1,33	86,48
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	Pqx1,5	0,0-4,0	5,94	0,00	2,00	2,00	11,88
Težina zida	W	-	0,00	100,00	0,80	2,10	-80,00
Težina zasipa	Ws	-	0,00	40,00	1,50	2,25	-60,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	Ng	-	0,00	10,00	1,50	2,25	-15,00
	Σ			150,00			-56,64

Tablica 37.: Provjera nosivosti tla STR/GEO (A1+M1)



Slika 21.: Momenti na sredini baze

$\Sigma$  vertikalnih sila  $N = 150,00 \text{ kN/m}$

$\Sigma$  momenata na sredini baze

$$M = W \cdot 0,20\text{m} - W_t \cdot 0,5\text{m} + P_A \cdot 1,33\text{m} + P_q \cdot 2,00\text{m}$$

$$M = 98,36 \text{ kNm/m}$$

Efektivna duljina temelja  $L' = L - 2 \cdot e = 2,6 - 2 \cdot 0,73 = 1,14\text{m}$

Ekcentricitet  $e = M/N = 98,36/135,00 = 0,73\text{m}$

Nosivost tla

$$R_d = \frac{L' \cdot q_{uk}}{\gamma_M}$$

$$R_d = \frac{1,14 \cdot (1000 \cdot 0,4)}{1,4}$$

$$R_d = 325,71 \text{ kN/m}$$

### UVJET NOSIVOSTI

$$E_d \leq R_d$$

$$150,00 \text{ kN/m} \leq 325,71 \text{ kN/m} \rightarrow 2,17 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PROVJERA NA PREVRTANJE STR/GEO (A1+M1)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y	(+)M[kNm/m]	(-)M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	$P_{Ax1,35}$	0,0-4,0	65,02	0,00	2,00	1,33	86,48	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	$P_{qx1,5}$	0,0-4,0	5,94	0,00	2,00	2,00	11,88	0,00
Težina zida	W	-	0,00	100,00	0,80	2,10	0,00	80,00
Težina zasipa	$W_s$	-	0,00	40,00	1,50	2,25	0,00	60,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	$N_g$	-	0,00	10,00	1,50	2,25	0,00	15,00
	$\Sigma$						98,36	155,00

Tablica 38.: Provjera na prevrtanje STR/GEO (A1+M1)

$$\Sigma \text{ momenata prevrtanja} \rightarrow M_{ed} = 98,36 \text{ kNm/m}$$

$$\Sigma \text{ momenata otpora na prevrtanje} \rightarrow M_{rd} = 155,00 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ed} \leq M_{rd}$$

$$98,36 \text{ kNm/m} \leq 155,00 \text{ kNm/m} \rightarrow 1,58 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PROVJERA NA KLIZANJE STR/GEO (A1+M1)

DJELOVANJA		Y1-Y2	(+)Fx [kN/m]	(-)Fx [kN/m]	Fy [kN/m]
Aktivni pritisak od tla	$P_{Ax1,35}$	0,0-4,0	65,02	0,00	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	$P_{qx1,5}$	0,0-4,0	5,94	0,00	0,00
Težina zida	W	-	0,00	0,00	100,00
Težina zasipa	$W_s$	-	0,00	0,00	40,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	$N_g$	-	0,00	0,00	10,00
	$\Sigma$		70,96		150,00

Tablica 39.: Provjera na klizanje STR/GEO (A1+M1)

Trenje na tlu iznosi:

$$R_d = N_d \cdot \tan \frac{\varphi}{\gamma_M}$$

$$R_d = 150,00 \cdot \tan \frac{45^\circ}{1,10}$$

$$R_d = 129,98 \text{ kN/m}$$

UVJET:

$$H_d \leq R_d$$

$$70,96 \text{ kN/m} \leq 129,98 \text{ kN/m} \rightarrow 1,83 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### DJELUJUĆE SILE NA ZID

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub>	0,0-4,0	61,12	0,00	2	1,33
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>q</sub>	0,0-4,0	5,04	0,00	2	2
Težina zida	W	-	0,00	100,00	0,8	2,1
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	40,00	1,5	2,25
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	10,00	1,5	2,25
Vertikalno opt. na vrhu(pokretno)	N <sub>q</sub>	-	0,00	3,00	1,5	2,25

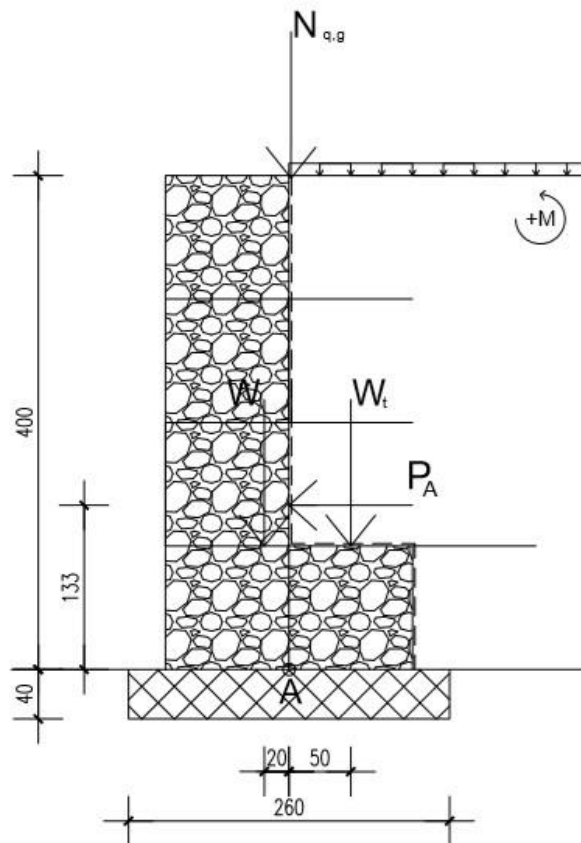
Tablica 40.:Djelujuće sile na zid

### PROVJERA NOSIVOSTI STR/GEO (A2+M2)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y	M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub>	0,0-4,0	61,12	0,00	2,00	1,33	81,29
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>q</sub>	0,0-4,0	5,04	0,00	2,00	2,00	10,08
Težina zida	W	-	0,00	100,00	0,80	2,10	-80,00
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	40,00	1,50	2,25	-60,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	W <sub>sg</sub>	-	0,00	10,00	1,50	2,25	-15,00
	∑			150,00			-63,63

Tablica 41.:Provjera nosivosti STR/GEO (A2+M2)





Slika 22.: Momenti na sredini baze

$\Sigma$  vertikalnih sila  $N = 150,00 \text{ kN/m}$

$\Sigma$  momenata na sredini baze

$$M = W \cdot 0,20\text{m} - W_t \cdot 0,5\text{m} + P_A \cdot 1,33\text{m} + P_q \cdot 2,00\text{m}$$

$$M = 91,37 \text{ kNm/m}$$

Efektivna duljina temelja  $L' = L - 2 \cdot e = 2,6 - 2 \cdot 0,68 = 1,24\text{m}$

Ekcentricitet  $e = M/N = 91,37/135,00 = 0,68\text{m}$

Nosivost tla

$$R_d = \frac{L' \cdot q_{uk}}{\gamma_M}$$

$$R_d = \frac{1,24 \cdot (1000 \cdot 0,4)}{1,4}$$

$$R_d = 354,29 \text{ kN/m}$$

## UVJET NOSIVOSTI

$$E_d \leq R_d$$

$$150,00 \text{ kN/m} \leq 354,29 \text{ kN/m} \rightarrow 2,36 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PROVJERA NA PREVRTANJE STR/GEO (A2+M2)

DJELOVANJA		Y1-Y2	F <sub>x</sub> [kN/m]	F <sub>y</sub> [kN/m]	x	y	(+)M[kNm/m]	(-)M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub>	0,0-4,0	61,12	0,00	2,00	1,33	81,29	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>q</sub>	0,0-4,0	5,04	0,00	2,00	2,00	10,08	0,00
Težina zida	W	-	0,00	100,00	0,80	2,10	0,00	80,00
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	40,00	1,50	2,25	0,00	60,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	12,04	1,50	2,25	0,00	15,00
		Σ					91,37	155,00

*Tablica 42.: Provjera na prevrtanje STR/GEO (A2+M2)*

$$\Sigma \text{ momenata prevrtanja} \rightarrow M_{ed} = 91,37 \text{ kNm/m}$$

$$\Sigma \text{ momenata otpora na prevrtanje} \rightarrow M_{rd} = 155,00 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ed} \leq M_{rd}$$

$$91,37 \text{ kNm/m} \leq 155,00 \text{ kNm/m} \rightarrow 1,70 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PROVJERA NA KLIZANJE STR/GEO (A2+M2)

DJELOVANJA		Y1-Y2	(+)F <sub>x</sub> [kN/m]	(-)F <sub>x</sub> [kN/m]	F <sub>y</sub> [kN/m]
Aktivni pritisak od tla	P <sub>A</sub>	0,0-4,0	61,12	0,00	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	P <sub>q</sub>	0,0-4,0	5,04	0,00	0,00
Težina zida	W	-	0,00	0,00	100,00
Težina zasipa	W <sub>s</sub>	-	0,00	0,00	40,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	N <sub>g</sub>	-	0,00	0,00	10,00
		Σ	66,16		150,00

*Tablica 43.: Provjera na klizanje STR/GEO (A2+M2)*

$$R_d = N_d \cdot \tan \frac{\varphi}{\gamma_M}$$

$$R_d = 150,00 \cdot \tan \frac{45}{1,25}$$

$$R_d = 108,98 \text{ kN/m}$$

UVJET:

$$H_d \leq R_d$$

$$66,16 \text{ kN/m} \leq 108,98 \text{ kN/m} \rightarrow 1,65 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PRORAČUN ZA POTRESNO DJELOVANJE

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y
Aktivni pritisak od tla	PA	0,0-4,0	48,16	0,00	2,00	1,33
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	Pq	0,0-4,0	3,96	0,00	2,00	2,00
Težina zida	W	-	0,00	100,00	0,80	2,10
Težina zasipa	Ws	-	0,00	40,00	1,50	2,25
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	Ng	-	0,00	10,00	1,50	2,25
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	Nq	-	0,00	3,00	1,50	2,25

Tablica 44.: Proračun za potresno djelovanje

### Dodatne sile zbog potresnog opterećenja

Djelovanja množim sa koeficijentom  $\xi$ , na taj način dobijem dodatne sile zbog potresnog djelovanja.

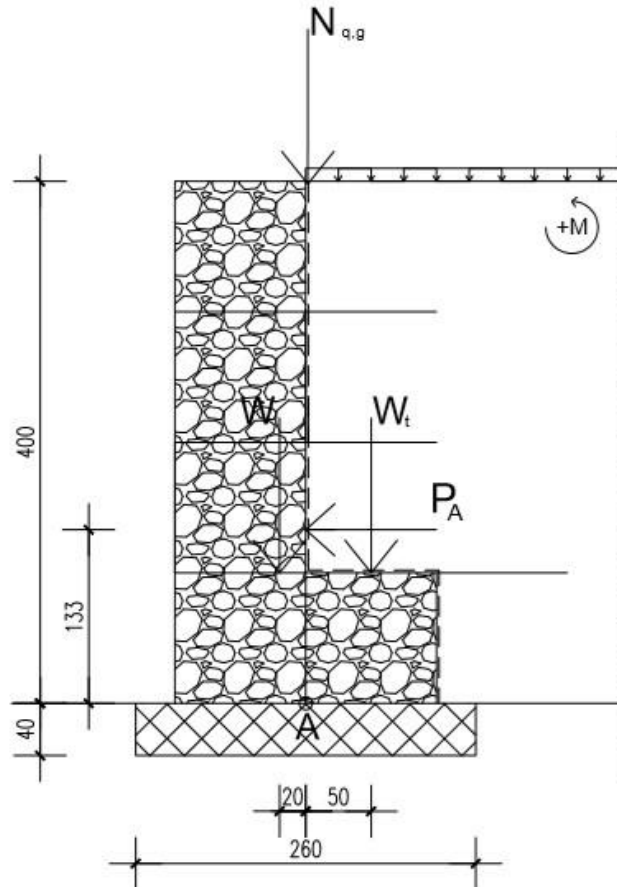
DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y
Aktivni pritisak od tla	PA	0,0-4,0	13,44	0,00	2,00	1,33
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	Pq	0,0-4,0	1,10	0,00	2,00	2,00
Težina zida	W	-	12,70	6,40	0,80	2,10
Težina zasipa	Ws	-	5,08	2,56	1,50	2,25
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	Ng	-	0,00	1,53	1,50	2,25
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	Nq	-	0,00	0,37	1,50	2,25

Tablica 45.: Dodatne sile zbog potresnog opterećenja

### PROVJERA NOSIVOSTI TLA(SA POTRESNIM OPTEREĆENJEM)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx [kN/m]	Fy [kN/m]	x	y	M[kNm/m]
Aktivni pritisak od tla	PA	0,0-4,0	61,60	0,00	2,00	1,33	81,93
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	Pq	0,0-4,0	5,06	0,00	2,00	2,00	10,12
Težina zida	W	-	12,70	106,40	0,80	2,10	-58,45
Težina zasipa	Ws	-	5,08	42,56	1,50	2,25	-52,41
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	Ng	-	0,00	11,53	1,50	2,25	-17,30
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	Nq	-	0,00	3,37	1,50	2,25	-5,06
	$\Sigma$			163,86			-41,17

Tablica 46.: Provjera nosivosti tla (sa potresnim opterećenjem)



Slika 23.: Moment na sredini baze

$\Sigma$  vertikalnih sila  $N = 163,86 \text{ kN/m}$

$\Sigma$  momenata na sredini baze

$$M = W \cdot 0,20\text{m} - W_t \cdot 0,5\text{m} + P_A \cdot 1,33\text{m} + P_q \cdot 2,00\text{m} + W \cdot 2,10 + W_t \cdot 2,25$$

$$M = 130,15 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Efektivna duljina temelja } L' = L - 2 \cdot e = 2,6 - 2 \cdot 0,79 = 1,02\text{m}$$

$$\text{Ekcentricitet } e = M/N = 130,15/163,86 = 0,79\text{m}$$

Nosivost tla

$$R_d = \frac{L' \cdot q_{uk}}{\gamma_M}$$

$$R_d = \frac{1,02 \cdot (1000 \cdot 0,4)}{1,4}$$

$$R_d = 291,43 \text{ kN/m}$$

## UVJET NOSIVOSTI

$$E_d \leq R_d$$

$$168,73 \text{ kN/m} \leq 291,43 \text{ kN/m} \rightarrow 1,73 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PROVJERA NA PREVRTANJE(SA POTRESNIM OPTEREĆENJEM)

DJELOVANJA		Y1-Y2	Fx[kN/m]	Fy[kN/m]	x	y	M(+)	M(-)
Aktivni pritisak od tla	PA	0,0-4,0	61,60	0,00	2,00	1,33	81,93	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	Pq	0,0-4,0	5,06	0,00	2,00	2,00	10,12	0,00
Težina zida	W	-	12,70	106,40	0,80	2,10	26,67	85,12
Težina zasipa	Ws	-	5,08	42,56	1,50	2,25	11,43	63,84
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	Ng	-	0,00	11,53	1,50	2,25	0,00	17,30
Vertikalno opt. na vrhu (pokretno)	Nq	-	0,00	3,37	1,50	2,25	0,00	5,06
		Σ					130,15	171,32

*Tablica 47.: Provjera na prevrtanje (sa potresnim opterećenjem)*

$$\Sigma \text{ momenata prevrtanja} \rightarrow Med = 130,15 \text{ kNm/m}$$

$$\Sigma \text{ momenata otpora na prevrtanje} \rightarrow Mrd = 171,32 \text{ kNm/m}$$

$$Med \leq Mrd$$

$$130,15 \text{ kNm/m} \leq 171,32 \text{ kNm/m} \rightarrow 1,32 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### PROVJERA NA KLIZANJE(SA POTRESNIM OPTEREĆENJEM)

DJELOVANJA		Y1-Y2	(+)Fx[kN/m]	(-)Fx[kN/m]	Fy[kN/m]
Aktivni pritisak od tla	PA	0,0-4,0	61,60	0,00	0,00
Aktivni pritisak od tla(promjenjivo)	Pq	0,0-4,0	5,06	0,00	0,00
Težina zida	W	-	0,00	0,00	100,00
Težina zasipa	Ws	-	0,00	0,00	40,00
Vertikalno opt. na vrhu (trajno)	Ng	-	0,00	0,00	10,00
		Σ	66,66		150,00

*Tablica 48.: Provjera na klizanje (sa potresnim opterećenjem)*

Trenje na tlu iznosi:

$$R_d = N_d \cdot \tan \frac{\varphi}{\gamma_M}$$

$$R_d = 150,00 \cdot \tan \frac{45^\circ}{1,25}$$

$$R_d = 108,98 \text{ kN/m}$$

UVJET:

$$H_d \leq R_d$$

$$66,66 \text{ kN/m} \leq 108,98 \text{ kN/m} \rightarrow 1,63 \text{ ZADOVOLJAVA!}$$

### 4.3. Usporedba AB i gabionskog zida

Usporedbom prema dobivenim rezultatima faktorima sigurnosti može se uočiti kako provjera na nosivost tla i prevrtanje faktor je veći kod AB-zida u odnosu na gabionski zid, a kod provjere na klizanje faktor je veći kod gabionskog zida što je vidljivo iz dolje priložene tablice.

Gabionski zid	AB zid
Provjera nosivosti tla (EQU) $E_d \leq R_d$	
135,00 kN/m $\leq$ 428,57 kN/m $\rightarrow$ 2,33	110,25 kN/m $\leq$ 291,43 kN/m $\rightarrow$ 2,64
Provjera na prevrtanje (EQU) $M_{ed} \leq M_{rd}$	
100,55kNm/m $\leq$ 139,50kNm/m $\rightarrow$ 1,39	100,55kNm/m $\leq$ 160,18kNm/m $\rightarrow$ 1,59
Provjera na klizanje (EQU) $H_d \leq R_d$	
71,79kN/m $\leq$ 98,08kN/m $\rightarrow$ 1,36	71,79kN/m $\leq$ 80,10kN/m $\rightarrow$ 1,12
Provjera nosivosti tla STR/GEO(A1+M1) $E_d \leq R_d$	
150,00 kN/m $\leq$ 325,71 kN/m $\rightarrow$ 2,17	122,50 kN/m $\leq$ 297,14 kN/m $\rightarrow$ 2,43
Provjera na prevrtanje STR/GEO (A1+M1) $M_{ed} \leq M_{rd}$	
98,36kNm/m $\leq$ 155,00kNm/m $\rightarrow$ 1,58	98,36kNm/m $\leq$ 177,98kNm/m $\rightarrow$ 1,81
Provjera na klizanje STR/GEO (A1+M1) $H_d \leq R_d$	
70,96kN/m $\leq$ 129,98kN/m $\rightarrow$ 1,83	70,96kN/m $\leq$ 106,15kN/m $\rightarrow$ 1,50
Provjera nosivosti tla STR/GEO (A2+M2) $E_d \leq R_d$	
150,00 kN/m $\leq$ 354,29 kN/m $\rightarrow$ 2,36	122,50 kN/m $\leq$ 331,43 kN/m $\rightarrow$ 2,71
Provjera na prevrtanje STR/GEO (A2+M2) $M_{ed} \leq M_{rd}$	
91,37kNm/m $\leq$ 155,00kNm/m $\rightarrow$ 1,70	91,37kNm/m $\leq$ 177,98kNm/m $\rightarrow$ 1,95
Provjera na klizanje STR/GEO (A2+M2) $H_d \leq R_d$	
66,16kN/m $\leq$ 108,98kN/m $\rightarrow$ 1,65	66,16kN/m $\leq$ 89,00kN/m $\rightarrow$ 1,35
Provjera nosivosti tla (sa potresnim opterećenjem) $E_d \leq R_d$	
168,73 kN/m $\leq$ 291,43 kN/m $\rightarrow$ 1,73	134,53 kN/m $\leq$ 320,00 kN/m $\rightarrow$ 2,39
Provjera na prevrtanje (sa potresnim opterećenjem) $M_{ed} \leq M_{rd}$	
130,15kNm/m $\leq$ 171,32kNm/m $\rightarrow$ 1,32	113,19kNm/m $\leq$ 197,59kNm/m $\rightarrow$ 1,75
Provjera na klizanje (sa potresnim opterećenjem) $H_d \leq R_d$	
66,66kN/m $\leq$ 108,98kN/m $\rightarrow$ 1,63	66,66kN/m $\leq$ 89,00kN/m $\rightarrow$ 1,34

Tablica 49.: Faktori sigurnosti

Gledajući ekonomske faktore manju potrošnju materijala zahtjeva ab-zid u odnosu na gabionski zid. Uzimajući u obzir potrošnju novčanih sredstava (\$) gabionski zid je jeftiniji od ab-zida. Obzirom na potrošnju materijala i novčanih sredstava u konačnici cijena gabionskog i ab-zida je skoro pa jednaka, ali to je slučaj ukoliko su betonara i kamenolom jednake udaljenosti od gradilišta, a to je u rijetkim slučajevima.

Reprezentativni faktor utječe izgledom u kojem gabion ima prednost na AB-zidom jer je napravljen od prirodnog materijala. Time se gabion bolje i lijepše uklapa u prirodnu okolinu. Uzevši u obzir gore navedene faktore vidljivo je da svaki od potpornih konstrukcija ima svoje prednosti i mane.



## 5. Zaključak

Potporne konstrukcije su širok pojam i veoma složene jer se grade iz raznog materijala i načina izvedbe, zbog toga treba odrediti najprikladniju potpornu konstrukciju.

U ovom radu sam se zadržao na gabionskom i ab potpornom zidu, te izradio proračun analitičnim putem pomoću Eurokoda 7. Za usporedbu tih potpornih konstrukcija uzeo sam granična stanja koja nam prikazuju kako provjera na nosivost tla i prevrtanje faktor je veći kod AB-zida u odnosu na gabionski zid, a kod provjere na klizanje faktor je veći kod gabionskog zida.

Način i tehnologija izvedbe tih potpornih konstrukcija je različita. Gabion je sastavljen od gotovljenih mreža i punjeni odgovarajućim lomljenim kamenom na licu mjesta gradnje, te treba napomenuti da se lomljeni kamen puni pomoću ručnog rada što dodatno povećava financijska sredstva. Ab potporni zid kod njega je puno lakši način izvedbe i brža ugradnja materijala. Izgledom se gabion više uklapa u okoliš jer je naravljen od prirodnog materijala. Treba voditi računa o tome da li je bliže betonara ili kamenolom jer to ovisi o financijskim sredstvima.

Izabrana vrsta potporne konstrukcije treba biti u skladu sa okolinom u kojoj se nalazi, sa tehnologijom izvođenja kojom raspolažemo. Time bi predložio gabion kao tip potporne konstrukcije jer u mnogo situacija materija u ovom slučaju kamen može se naći već i na gradilištu ili bližoj okolini kamenolom.

Nikola Tot, U Varaždinu, 27. rujna 2019.

## 6. Literatura

- [1] Roje-Bonacci, T.: Potporne građevine i građevinske jame, Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2005.
- [2] Ivšić, T.: Potporne konstrukcije 1, predavanja, Građevinski fakultet, Zagreb, 2012.
- [3] Terzaghi, K.: Teorijska mehanika tla, Naučna knjiga Beograd, 1972.
- [4] Eurokod 7: Geotehničko projektiranje (EN 1997-1), 2004.
- [5] M. Orešković: Geotehnika, Potporne konstrukcije, Predavanja, Varaždin.
- [6] Nonveiller, E.: Mehanika tla i temeljenje građevina, Školska knjiga Zagreb, 1979.
- [7] <https://www.geotech.hr/gabionski-zid/>

## Popis slika

SLIKA 1: Masivni betonski zid

SLIKA 2: Armirano betonski gravitacijski T i L zidovi

SLIKA 3.: Grabionski zid

SLIKA 4.: Terramesh sustav (Gabionski zidovi, Lebo,2008)

SLIKA 5.: Maccaferi gabioni (Gabionski zidovi, Lebo,2008)

SLIKA 6.: Granično stanje prevrtanja zida oko rubne točke temelja

SLIKA 7.: Nosivost tla ispod stope temelja

SLIKA 8.: Pasivni otpor ispred zida

SLIKA 9.: Moguća granična stanja globalne nestabilnosti tla kod potpornih konstrukcija

SLIKA 10.: Proračunski pristup 1 (PP1), Kombinacija 1 (lijevo) i Kombinacija 2 (desno), za granično stanje nosivosti tla ispod temelja potpornog zida (presjek A-A) (Eurokod, Ivšić 2006)

SLIKA 11.: Proračunski pristupi 2, PP2 (lijevo), i varijanta 2\*, PP2\* (desno) za granično stanje nosivosti tla ispod temelja potpornog zida (presjek A-A) (Eurokod, Ivšić 2006)

SLIKA 12.: Proračunski pristup 3, PP3, za granično stanje nosivosti tla ispod temelja potpornog zida (presjek A-A) (Eurokod, Ivšić 2006)

SLIKA 13.: Faze ispitivanja temeljnog tla pri geotehničkom projektiranju, izvođenju i korištenju konstrukcije (Eurokod, Ivšić 2006)

Slika 14.: AB-zid

Slika15: Moment na sredini baze

Slika 16.: Momenti na sredini baze

Slika 17.: Momenti na sredini baze

Slika 18.:Moment na sredini baze

Slika 19.:Gabionski zid

Slika 20.: Moment na točku A

Slika 21.:Momenti na sredini baze

Slika 22.:Momenti na sredini baze

Slika 23.:Moment na sredini baze

## Popis tablica

Tablica 1 : Prikaz veličina za Terramesh sustav

Tablica 2 : Prikaz veličina za Maccaferi gabione

Tablica 3.: Provjera stabilnosti za 5 graničnih stanja nosivosti metodom parcijalnih koeficijenata (Eurokod, Ivšić 2006)

Tablica 4.: Granično stanje STR i GEO: parcijalni koeficijenti za djelovanja i učinke djelovanja (za oznake A1 i A2) (Eurokod, Ivšić 2006)

Tablica 5.: Granično stanje STR i GEO: parcijalni koeficijenti za parametre tla (za oznake M1, M2) (Eurokod, Ivšić 2006)

Tablica 6.: Granično stanje STR i GEO: parcijalni koeficijenti za otpornosti (za oznake R1, R2, R3 i R4) (Eurokod, Ivšić 2006)

Tablica 7.: Trajna djelovanja

Tablica 8.: Pokretna djelovanja

Tablica 9.: Totalne sile i momenti

Tablica 10.: Djelujuće sile na zid

Tablica 11.: Provjera nosivosti tla (EQU)

Tablica 12.: Provjera na prevrtanje (EQU)

Tablica 13.: Provjera na klizanje (EQU)

Tablica 14.: Djelujuće sile na zid

Tablica 15.: Provjera nosivosti STR/GEO(A1+M1)

Tablica 16.: Provjera na prevrtanje STR/GEO(A1+M1)

Tablica 17.: Provjera na klizanje STR/GEO(A1+M1)

Tablica 18.: Djelujuće sile na zid

Tablica 19.: Provjera nosivosti STR/GEO (A2+M2)

Tablica 20.: Provjera na prevrtanje STR/GEO (A2+M2)

Tablica 21.: Provjera na klizanje STR/GEO (A2+M2)

Tablica 22.: Proračun za potresno djelovanje

Tablica 23.: Dodatne sile zbog potresnog opterećenja

Tablica 24.: Provjera nosivosti tla(sa potresnim opterećenjem)

Tablica 25.: Provjera na prevrtanje(sa potresnim opterećenjem)

Tablica 26.: Provjera na klizanje(sa potresnim opterećenjem)

Tablica 27.: Parcijalni koeficijenti za parametre tla

Tablica 28.: Parcijalni koeficijenti za djelovanja

Tablica 29: Trajna djelovanja

Tablica 30.:Pokretna djelovanja  
Tablica 31.:Totalne sile i momenti  
Tablica 32.:Djelujuće sile na zid  
Tablica 33.:Provjera nosivosti tla (EQU)  
Tablica 34.:Provjera na prevrtanje (EQU)  
Tablica 35.:Provjera na klizanje (EQU)  
Tablica 36.:Djelujuće sile na zid  
Tablica 37.: Provjera nosivosti tla STR/GEO (A1+M1)  
Tablica 38.: Provjera na prevrtanje STR/GEO (A1+M1)  
Tablica 39.:provjera na klizanje STR/GEO (A1+M1)  
Tablica 40.:Djelujuće sile na zid  
Tablica 41.:Provjera nosivosti STR/GEO (A2+M2)  
Tablica 42.:Provjera na prevrtanje STR/GEO (A2+M2)  
Tablica 43.:Provjera na klizanje STR/GEO (A2+M2)  
Tablica 44.:Proračun za potresno djelovanje  
Tablica 45.: Dodatne sile zbog potresnog opterećenja  
Tablica 46.:Provjera nosivosti tla (sa potresnim opterećenjem)  
Tablica 47.:Provjera na prevrtanje (sa potresnim opterećenjem)  
Tablica 48.:Provjera na klizanje (sa potresnim opterećenjem)  
Tablica 49.:Faktori sigurnosti

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, NIKOLA TOT (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom USPREDNA SANACIJA KLIZIŠTA GA6, ZIDOM I AB POT. ZIDOM (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Nikola Tot  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, NIKOLA TOT (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom USPREDNA SANACIJA KLIZIŠTA GA6, ZIDOM I AB POT. ZIDOM (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Nikola Tot  
(vlastoručni potpis)