

# Sanacija klizišta na županijskoj cesti u naselju Gornja Voća

---

**Veselnik, Renato**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:288725>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-27**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

Završni rad br. 472/GR/2024

## Sanacija klizišta na županijskoj cesti u naselju Gornja Voća

Renato Veselnik, 0336043857

Varaždin, ožujak 2024. godine





# Sveučilište Sjever

**Odjel za graditeljstvo**

**Završni rad br. 472/GR/2024**

## **Sanacija klizišta na županijskoj cesti u naselju Gornja Voća**

**Student**

Renato Veselnik, 0336043857

**Mentor**

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

Varaždin, ožujak 2024. godine



## **Predgovor**

Za završni rad preddiplomskog studija tema su klizišta, metoda sanacija i primjeri sanacija klizišta. Upoznat ćemo se s pojmom klizište, kako prepoznati klizište, kako ga pravovremeno i na pravi način sanirati, te ćemo detaljnije prikazati jedno klizište koje se saniralo u varaždinskoj županiji na lokalnoj i županijskoj cesti LC2044 u Gornjoj Voći.

Ovom prilikom zahvaljujem se svim profesorima odjela za graditeljstvo Sveučilišta Sjever na usvojenom znanju i iskustvu te velike zahvale mentoru doc.dr.sc. Matiji Oreškoviću dipl.ing.građ. na pomoći u izradi ovog završnog rada. Najviše se zahvaljujem prijateljima i obitelji na velikoj podršci tijekom cijelog mog obrazovanja.

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Renato Veselnik

MATIČNI BROJ 0336043857

DATUM 19.02.2024.

KOLEGIJ Geotehnika

NASLOV RADA Sanacija klizišta na županijskoj cesti u naselju Gornja Voća

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Landslide rehabilitation on the county road in Gornja Voća settlement

MENTOR Matija OREŠKOVIĆ

ZVANJE Docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof.dr.sc. Božo SOLDO
2. doc.dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ
3. doc.dr.sc. Aleksej ANISKIN
4. doc.dr.sc. Danko MARKOVINOVIĆ
- 5.

VŽKC

MMI

## Zadatak završnog rada

BROJ 472/GR/2024

OPIS

Završnim radom potrebno je prikazati kompletnu sanaciju klizišta nastalog uslijed potresnih djelovanja na županijskoj cesti.

Rad se u suštini treba sastojati od:

- Uvod
- Općenito o klizištima
- Saniranje klizišta
- Seizmičke karakteristike terena i geološki sastav tla
- Tehnički opis
- Postojeće stanje
- Geotehnički istražni radovi
- Laboratorijska ispitivanja i geotehničke karakteristike tla
- Model rješenja sanacije klizišta
- Opis i redoslijed radova - provedba sanacije
- Zaključak

ZADATAK URUČEN

4.03.2024.



POTPIS MENTORA

*[Signature]*

+

## **Sažetak**

U ovom završnom radu prikazana su klizišta. Prikazani su dijelovi klizišta i tipovi klizanja klizišta, povezanost aktivnosti i brzine kretanja klizišta s obzirom na materijal i uzroke klizanja. Detaljno je objašnjena sanacija klizišta kroz dreniranje, modifikacije geometrije padine, potporne konstrukcije i saniranje unutarnjim ojačanjima padina. Prikazano je saniranje klizišta u Gornjoj Voći kroz kombinaciju metoda sanacija uz svu potrebnu dokumentaciju.

**KLJUČNE RIJEČI:** klizište, klizanje, sanacija klizišta, dreniranje



## **Abstract**

Landslides are presented in this final paper. Parts of landslides and types of landslides are shown, as well as the connection between the activity and speed of landslides with regard to the material and the causes of the landslides. The remediation of landslides through drainage, modifications of slope geometry, support structures and remediation with internal reinforcement of slopes is explained in detail. The remediation of the landslide in Gornja Voca through a combination of remediation methods with all the necessary documentation is presented.

**KEY WORDS:** landslide, slide, landslide rehabilitation, drainage

## Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	1
<b>2. Općenito o klizištima</b> .....	2
2.1. Dijelovi klizišta .....	3
2.2. Tipovi klizanja .....	5
2.3. Aktivnost klizišta .....	9
2.4. Brzina i kretanje klizišta .....	11
2.5. Materijal i uzroci klizanja .....	12
<b>3. Saniranje klizišta</b> .....	13
3.1. Dreniranje .....	14
3.2. Modifikacija geometrije padine .....	16
3.3. Potporne konstrukcije .....	17
3.4. Unutarnje ojačanje padine .....	21
<b>4. Sanacija klizišta na lokalnoj i županijskoj cesti u Gornjoj Voći</b> .....	22
4.1. Postojeće stanje i stanje klizišta .....	22
4.2. Geotehnički istražni radovi .....	24
4.3. Laboratorijska ispitivanja .....	36
4.4. Geotehničke karakteristike tla .....	36
4.5. Proračun postojećeg i saniranog stanja .....	38
4.6. Model rješenja sanacije klizišta .....	48
4.7. Opis i redoslijed radova .....	49
4.8. Izvođenje radova sanacije prema projektnom rješenju .....	50
<b>5. Zaključak</b> .....	60
<b>6. Popis slika</b> .....	62
<b>7. Literatura</b> .....	64

# 1. Uvod

U ovom seminarskom radu opisana su klizišta. Detaljno su opisani i prikazani dijelovi klizišta. Objašnjeni su tipovi klizanja, aktivnost klizišta, materijali, uzroci klizanja i brzina kretanja klizišta. Kroz proučavanja klizišta objašnjene su i sanacije klizišta. Koja sanacija je potrebna kod određenog klizanja i kako je pravilno izvesti.

Ljudski faktor i voda su jedni od najčešćih uzroka klizišta. Voda stvara najveće destruktivne procese i glavni zadatak je drenirati tu vodu što dalje od klizišta i mogućih novih kliznih ploha.

U nastavku rada detaljnije je opisana sanacija jednog klizišta u Gornjoj Voći te su prikazane sheme sanacije. Sanacija klizišta u Gornjoj Voći prikazana je kroz sve geotehničke istražne radove, laboratorijska ispitivanja i proračune postojećeg stanja i stanja nakon sanacije. Detaljno je objašnjena metoda sanacije klizišta uz slike prilikom izvođenja radova.

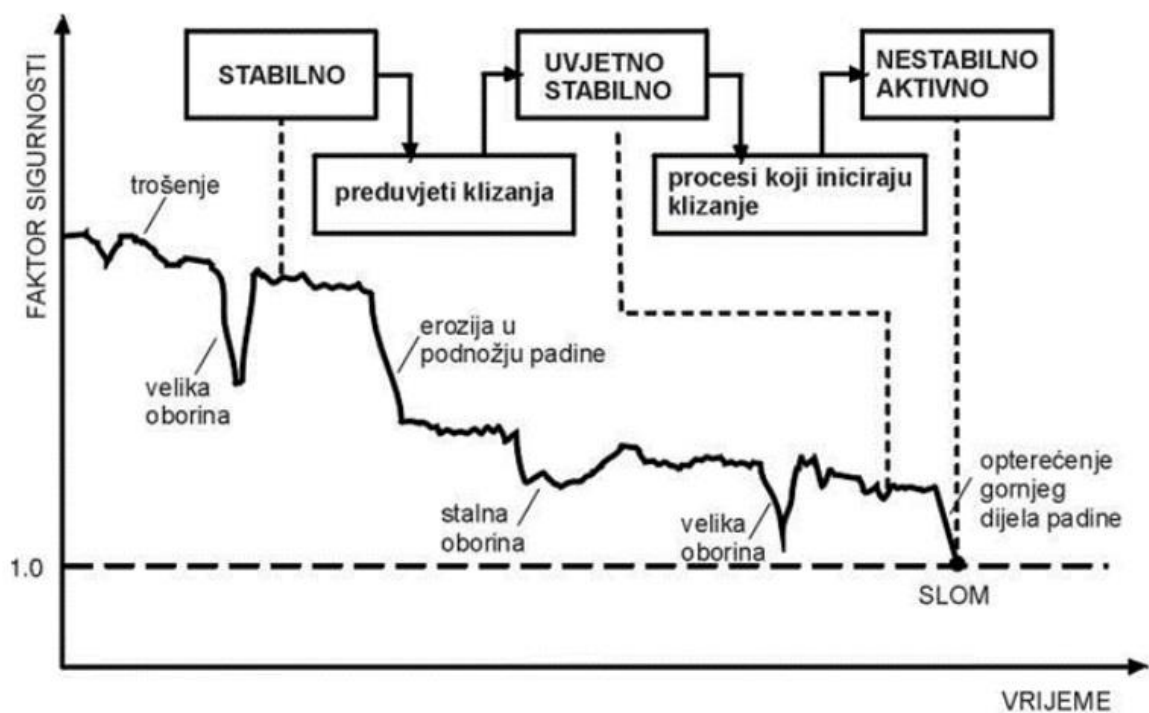
Cilj ovog seminarskog rada je pobliže objasniti i prikazati sanaciju klizišta, odnosno metode i konstrukcije stabilizacije i saniranja klizišta.

## 2. Općenito o klizištima

Klizišta su pojava koja nastaje klizanjem. Klizanje je prirodna pojava kod kojeg se oblikuje reljef ili se klizanje javlja kao djelovanje ljudskog faktora na brežuljkasto-brdovitim terenima.

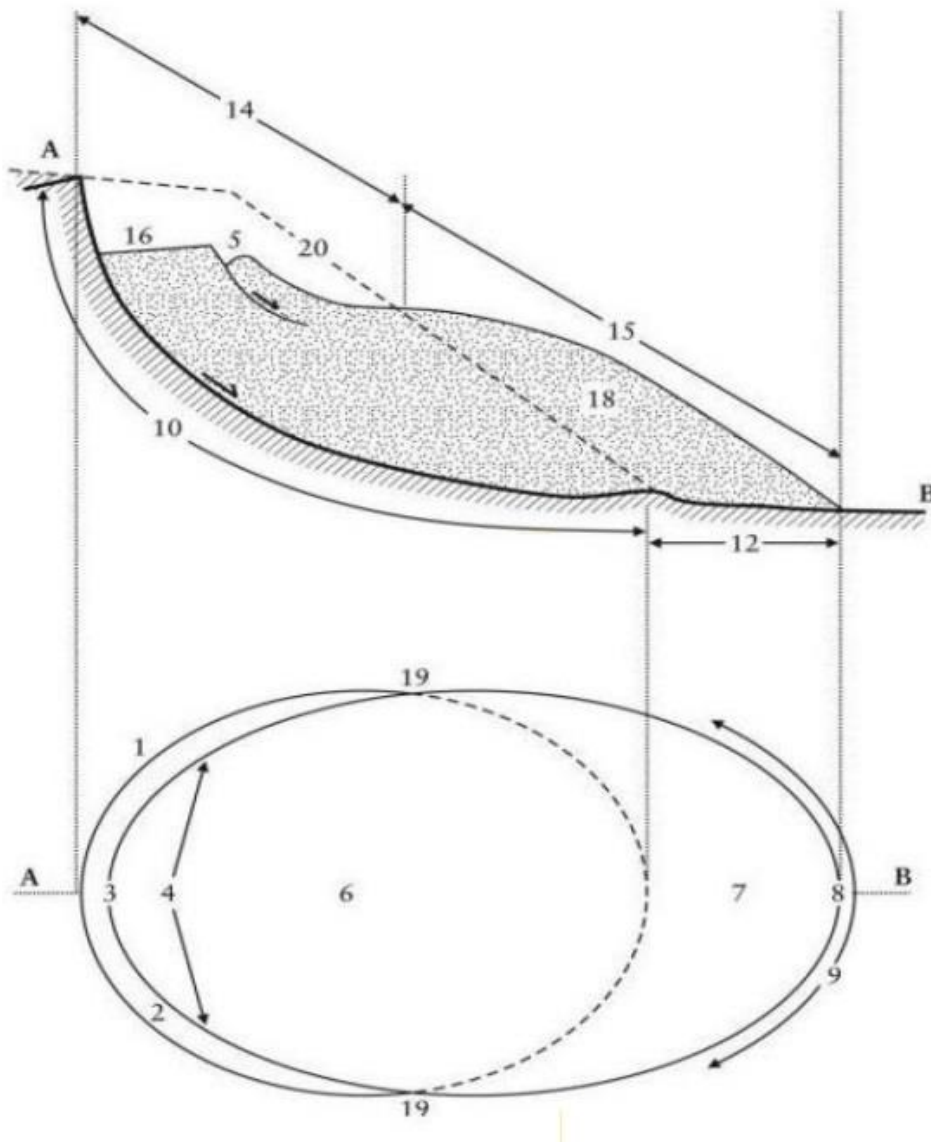
Kod saniranja klizišta najvažnije nam je da otkrijemo uzroke klizišta i iste otklonimo na najjednostavniji i na najekonomičniji mogući način. Kod uočavanja klizišta koje najčešće prepoznamo po puknućima, ulegnućima i odronima potrebno je također prepoznati značajke klizišta: tip klizišta, dimenzije klizišta, aktivnost klizišta, brzinu kretanja klizišta, vrstu materijal i vlažnost materijala.

Aktivnost klizišta je aktivnost koja može biti sporog ili brzog tempa djelovanja. Najčešće uzrokovana obilnim kišama, topljenjem snijega, seizmičkim aktivnostima, erozijom tla i ljudskim djelovanjem. Aktivnost kretanja klizišta može biti od oka neprimjetnih pomaka terena, pa sve do potpunog rušenja terena.



Slika.1. Prikaz uzroka klizanja tla

## 2.1. Dijelovi klizišta



Slika.2. prikaz dijelova klizišta

Kruna klizišta (1) nalazi se na samom vrhu klizišta uz sami dio glavne pukotine.

Glavni pokos (2) je vidljivi dio plohe sloma ispod krune klizišta koja je nastala kretanjem materijala niz padinu.

Vrh (3) je najviša točka kontakta glavne pukotine i pokrenutog materijala.

Prednja strana klizišta (4) su gornji dijelovi klizišta uz kontakt glavne pukotine i pokrenutog materijala.

Donja škarpa klizišta (5) je strma ploha u pokrenutom materijalu klizišta nastala diferencijalnim kretanjima pokrenute mase.

Glavno tijelo klizišta (6) je dio pokrenutog materijala klizišta koji prekriva plohu sloma između glavne pukotine i završetka plohe sloma.

Stopa ili podnožje (7) je dio klizišta koji je pokrenut dalje od završetka plohe sloma i naliježe direktno na originalnu površinu tla.

Dno (8) je najudaljenija točka na završetku klizišta gledano od vrha klizišta.

Završetak klizišta (9) je donji rub pokrenutog materijala klizišta, obično zakrivljenog oblika, koji je najudaljeniji od glavne pukotine.

Ploha sloma (10) je ploha 17 koja predstavlja donju granicu pokrenutog materijala, a koja se nalazi ispod originalne kosine; ploha sloma u mehaničkom smislu se idealizirano promatra kao klizna ploha.

Završetak plohe sloma (11) je presječnica između donjeg dijela plohe sloma klizišta i originalne površine tla.

Ploha separacije (12) je dio originalne površine tla prekriven stopom klizišta.

Pokrenuti materijal (13) je materijal pomaknut klizanjem iz svog prvobitnog položaja; sastoji se od usjednute mase i akumulacije.

Zona usjednutog materijala (14) je područje klizišta unutar pokrenutog materijala koje je niže od originalne površine tla.

Zona akumulacije (15) je područje klizišta unutar pokrenutog materijala koje je više od originalne površine tla .

Usijedanje (16) je volumen ograničen glavnom pukotinom, usjednutom masom i originalnom površinom tla.

Usjednuta masa (17) je volumen pokrenutog materijala koji leži na plohi sloma, ali ispod originalne površine tla.

Akumulacija (18) je volumen pokrenutog materijala koji leži iznad originalne površine tla.

Bok (19) je nepokrenuti materijal uz bočni dio plohe sloma; određivanje lijevog i desnog boka izvodi se gledajući od gornjeg dijela klizišta (krune ili čela).

Originalna površina tla (20) je površina kosine koja je postojala prije nego je došlo do klizanja.

## 2.2. Tipovi klizanja

Klizišta su pojave koje se javljaju tokom procesa klizanja. Klizanja se ubrajaju u skupinu aktivnih geomorfoloških procesa uz ostale geološke procese. Klizanje definiramo kao gibanje mase tla niz padinu pod djelovanjem sile teže. Djelovanjem sile teže na tlo razlikujemo pet mehanizama gibanja.

Tipovi klizanja prema mehanizmu gibanja :

- klizanja
- tečenje
- odronjavanje
- prevrtanje
- bočno razmicanje

Tip klizišta određuje se na temelju mehanizma gibanja i prirode pokrenutog materijala. Ove karakteristike igraju ključnu ulogu u određivanju potencijalne brzine klizanja, volumena pokrenute mase te duljine puta kojim se klizna masa transportira. Osim toga, važno je uzeti u obzir mogući nepovoljan utjecaj klizanja te poduzeti odgovarajuće mjere ublažavanja opasnosti i ugroženosti u okolini. Sve ove varijable čine analizu klizišta kompleksnom, omogućujući bolje razumijevanje prirode ovog geološkog fenomena i pravilno planiranje mjera zaštite.

Klizanje je kretanje mase po jednoj ili više kliznih ploha, tj. može biti jedna ili više ploha sloma.

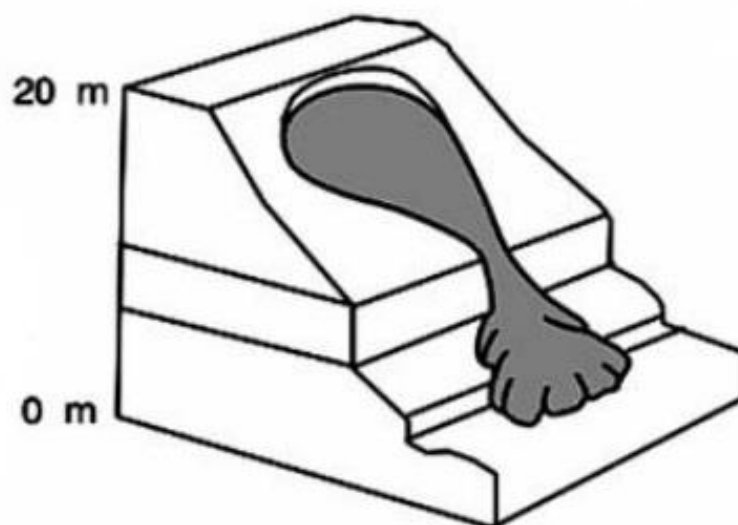
## KLIZANJE



*Slika.3. prikaz klizanja*

Tečenjem dolazi do odvajanje mase sa strmih padina po kojoj se dešava smicanje ili smicanje uopće ne postoji, te dolazi do slobodnog kretanja materijala prevrtanjem ili kotrljanjem.

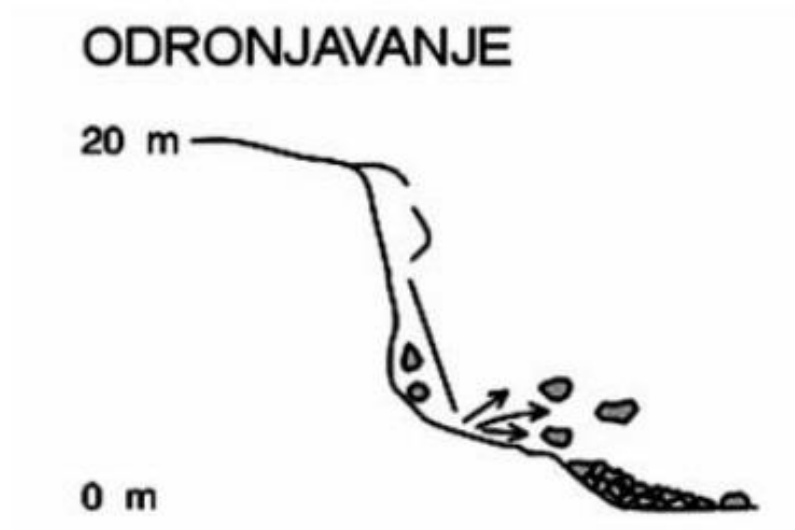
## TEČENJE



*Slika.4. prikaz tečenja*



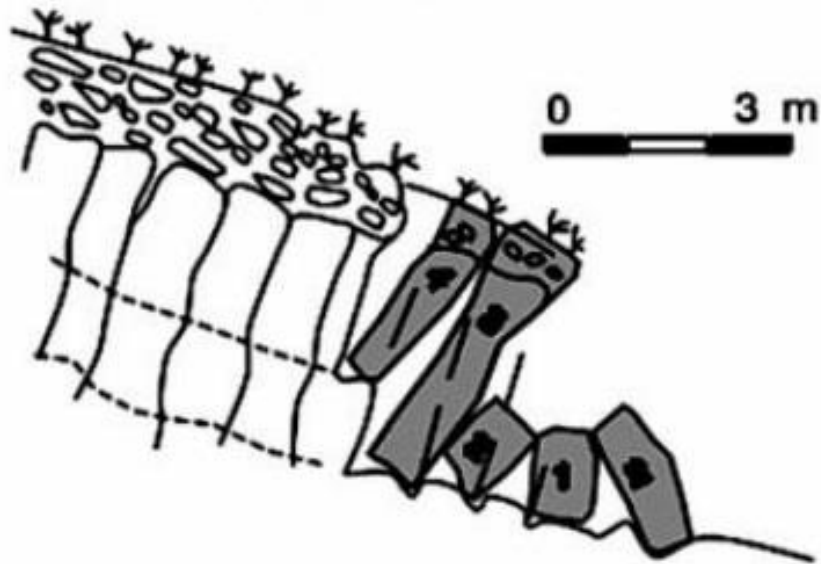
Odronjavanje je najčešće na stjenovitim ili koherentnim materijalima koje su na vrlo strmog ili uspravnog oblika.



*Slika.5. prikaz odronjavanja*

Prevrtnje je rotacija odvojene mase oko osi koja se nalazi u bazi klizišta. Prevrtnje često prethodi ili slijedi nakon odronjavanja i klizanja.

## PREVRTANJE



*Slika.6. prikaz prevrtanja*

Bočno razmicanje je kretanje tla pod djelovanjem neke bočne sile koja uzrokuje nastajanje smičućih pukotina.

## BOČNO RAZMICANJE



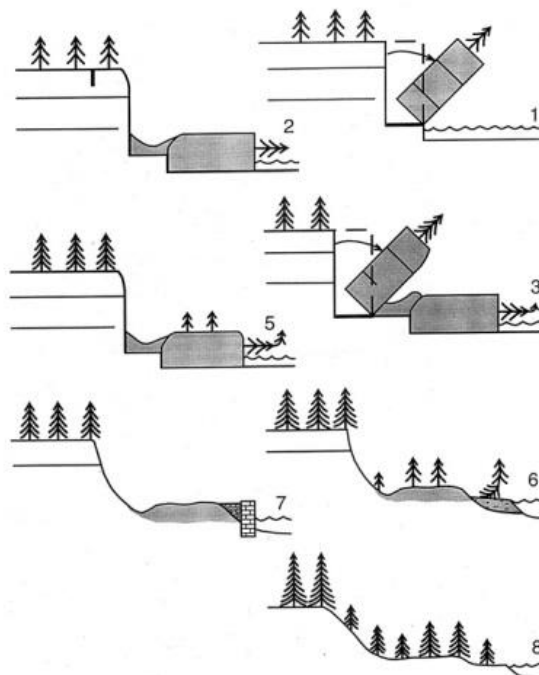
*Slika.7. prikaz bočnog razmicanja*

### 2.3. Aktivnost klizišta

Pod pojmom aktivnosti klizišta obuhvaćamo stanje aktivnosti koje opisuje vrijeme kretanja, smjer kretanja klizišta i stil aktivnosti koji govori o tipu ili kombinaciji tipova kretanja klizišta prema njihovom mehanizmu. Svako klizište ima svoje stanje. Ta stanja zovu se stanja aktivnosti klizišta, a nama je cilj da sva klizišta dovedemo do stabiliziranog stanja.

#### Stanja aktivnosti klizišta:

1. aktivno stanje – klizište u pokretu
2. trenutačno neaktivno stanje – klizište koje je bilo aktivno u zadnjih 12 mjeseci, ali trenutno miruje
3. reaktivno stanje – klizište koje je postalo aktivno, a prije toga je bilo neaktivno
4. neaktivno stanje – klizište koje se u zadnjih 12 mjeseci nije imalo nikakav pomak, neaktivna stanja se dijele na privremeno umirena, trajno umirena i stabilizirana
  5. privremeno umireno stanje – neaktivno klizište koje može ponovo postati aktivno zbog istih ili drugih razloga
  6. trajno umireno stanje – klizište na kojima se više ne može dogoditi klizanje
  7. stabilizirano stanje – klizišta koje smo zaštitili sanacijom po pravilima struke
  8. reliktno stanje – klizište koje je nekad bilo aktivno u drugim klimatskim uvjetima (ti uvjeti su se s vremenom promijenili i više ih nema)



Slika.8.. stanja aktivnosti prevrtanja klizišta.

Distribucija aktivnosti klizišta je smjer kretanja klizišta koja se sastoji od sedam stupnjeva. Ako se ploha sloma razvija su smjeru kretanja klizišta, klizanje je **progresivno**, potpuno suprotna stvar je **retrogresivno** klizanje gdje je ploha klizanja razvija u dijelovima padina iznad klizišta. **Proširujuće** klizanje je gdje se ploha sloma razvija bočno od postojeće. Klizišta gdje se ploha sloma istovremeno razvija u više smjerova naziva se **povećavajuće**. Potpuna suprotnost od povećavajućeg klizanja je **umanjujuće** klizanje gdje se klizanje odvija samo u pokrenutoj masi. Postoje i klizanja s nejasnom kliznom plohom, to su **ograničena** klizanja. Klizanja gdje se pokrenuti materijal kreće bez vidljive promjene plohe sloma nazivamno **krećuće** klizanje.

Stil aktivnosti podrazumijeva načine na koje se odvija klizanje. Ovisno o tome sudjeluju li u kretnji pokrenute mase jedan ili više tipova (odron, prevrtanje, klizanje, bočno širenje, tečenje).

Stilovi aktivnosti klizanja :

- kompleksno – sastoji se od najmanje dva tipa kretanja (odron, prevrtanje, klizanje, širenje, tečenje) koja se nastavljaju jedno na drugo
- mješovito – sastoji se od najmanje dva tipa kretanja koja se odvijaju simultano u različitim dijelovima pokrenute mase
- sukcesivno – dva ili više susjednih klizišta, istog tipa kretanja, ali po odvojenim ploham sloma i sa zasebnim pokrenutim masama
- pojedinačno – pojedinačno kretanje pokrenutog materijala
- višestruko - opetovani razvoj istog tipa kretanja

## 2.4 Brzina kretanja klizišta

Brzina mase koje se klize niz padinu na klizištu ovisi o stupnju prekonsolidacije materijala, odnosu mobiliziranog otpora i čvrstoće, homogenosti materijala, razini podzemne vode, morfološkim obilježima padine, duljini putanje i nestabilnosti mase.

Brzina kretanja klizišta ima sedam kategorija brzina:

- ekstremno sporo
- vrlo sporo
- sporo
- srednje
- brzo
- vrlo brzo
- ekstremno brzo

Brzinu kretanja klizišta izražava se u mm/s.

Velocity class	Description	Velocity (mm/s)	Typical velocity
7	Extremely rapid		
6	Very rapid	$5 \times 10^3$	5 m/s
5	Rapid	$5 \times 10^1$	3 m/min
4	Moderate	$5 \times 10^{-1}$	1.8 m/hr
3	Slow	$5 \times 10^{-3}$	13 m/month
2	Very Slow	$5 \times 10^{-5}$	1.6 m/year
1	Extremely Slow	$5 \times 10^{-7}$	16 mm/year

*Slika.9. brzina kretanja klizišta .*

## 2.5. Materijal i uzroci klizanja

Materijal klizišta opisujemo kao stijena ili tlo. Stijene su čvrste mase, a tlo je agregat čvrstih čestica, minerala i stijena koje su nastale trošenjem, a međusobno ih povezuje kohezija. Kohezija je sila između čestica tla. Tla dijelimo na materijale koji imaju  $\geq 80\%$  čestica koje su manje od 2mm i materijal u kojim je 20-80% čestica većih od 2mm i ostatak čestica manjih od 2 mm. S obzirom na vrstu materijala tla, razlikujemo i vlažnost tog materijala. Vlažnost materijala razlikujemo kroz 4 kategorije. Suh materijal nema izraženu vlažnost. Materijal koji sadrži nešto vode je vlažan materijal. Vlažan materijal može biti plastičan ali ne može teći. Mokar materijal ponaša se kao tekućina zato jer sadrži vodu koja mu to omogućuje. Vrlo mokar materijal je materijal toliko zasićen vodom da može slobodno teći kao tekućina.

Uzroci klizanja mogu biti geološkog tipa ili nastala ljudskom aktivnošću. Geološki fenomen razlikuje 2 tipa klizanja mase od kojih je prvi prouzročen micanjem tektonskih ploča. Takvim procesima nastaju gnječenja, boranja i izdizanja velikih volumena materijala. Drugi tip klizanja su hidrodinamičke i gravitacijske sile koje stvaraju tangencijalne napone ispod nagnutih terena. Iskopima, promjena kretanja podzemne vode i nasipima mijenja se površina terena. Svim tim promjenama može doći do sloma tla i naposljetku do klizanja terena koje mogu prouzročiti velike katastrofe. Velik krivac za te promjene je ljudska nepromišljenost i to su jedni od najčešćih slučajeva zbog čega nastaju klizišta.

Padine promatramo kroz 3 stupnja:

- stabilne – granica stabilnosti je dovoljno visoka da se može oduprijeti destabilnim silama
- granično stabilne – dolazi do sloma kad destabilizirajuće sile prijeđu granice stabilnosti
- aktivno nestabilne – padine koje se događa kontinuirano i povremeno kretanja zbog destabilizirajućih sila

Tri stupnja padina klasificiraju klizanja u dvije skupine:

- preduvjeti klizanja – padina je osjetljiva na klizanje, ali klizanja nema već je padina u graničnom stanju ravnoteže

- inicijalni uzroci – kretanje se događa, padina se iz graničnog stanja dovodi u aktivno nestabilno stanje

Klizanje je u većini slučajeva inicirano samo jednim procesom. Uzevši u obzir vrijeme, destabilizirajući procesi mogu biti procesi koji sporo djeluju kao što su trošenje i erozija i procesi koji brzo djeluju kao što su potresi. Kada se istražuju uzroci klizanja, u obzir se uzimaju procesi koji uzrokuju najveće promjene na padinama.

Uzroke klizanja dijelimo u četiri skupine:

- uvjeti na padini – vrsta stijena koja izgrađuje padinu, istražuju se inženjersko-geološkim kartiranjem klizišta i njegove bliže okolice, istraživačkim bušenjem, in situ pokusima i laboratorijskim pokusima
- geomorfološki procesi – procesi koji uzrokuju morfološke promjene padine, najlakše uočavaju na starijim topografskim kartama, avionskim i satelitskim snimcima, kartiranjem površine klizišta ili se o njima saznaje iz razgovora s lokalnim stanovništvom
- fizički procesi . ekstremni hidrološki događaji kao što su oborine i potresi, a zapisujemo ih pomoću seizmografa i pijezometrom
- antropogeni utjecaj – ljudski zahvati na klizištu ili u blizini klizišta

### 3. Saniranje klizišta

Saniranje klizišta koje je aktivno ili koje potencijalno može biti aktivno, vrši se s ciljem da se smanje sile koje pokreću klizanje. Da bi smanjili sile klizanja moramo povećati sile otpora. Prije sanacije potrebno je napraviti inženjersko geološka istraživanja koja nam govore o tlu i pomoću njih se izrađuje projekt sanacije. Oblikuju se proračunski modeli koji govore koji se stupanj ugroženosti područja građevine na klizištu. Proračunski model se dijeli na geometriju tla, sastav tla, fizičko-mehaničkih parametara tla i razini podzemne vode.

Kod saniranja klizišta primjenjujemo mjere koje djeluju tako da se smanji napon na smicanje u kosini. To postizemo dreniranjem, smanjujemo razinu podzemne vode, izgrađujemo potporni zid ili ugrađujemo šipove. Sve to omogućuje nam povećanju čvrstoće na smicanje u zoni sloma.

mjere sanacije klizišta razvrstavaju se u četiri osnovne skupine:

- dreniranje
- modifikacija geometrije padine

- potporne konstrukcije
- unutarnje ojačanje padine.

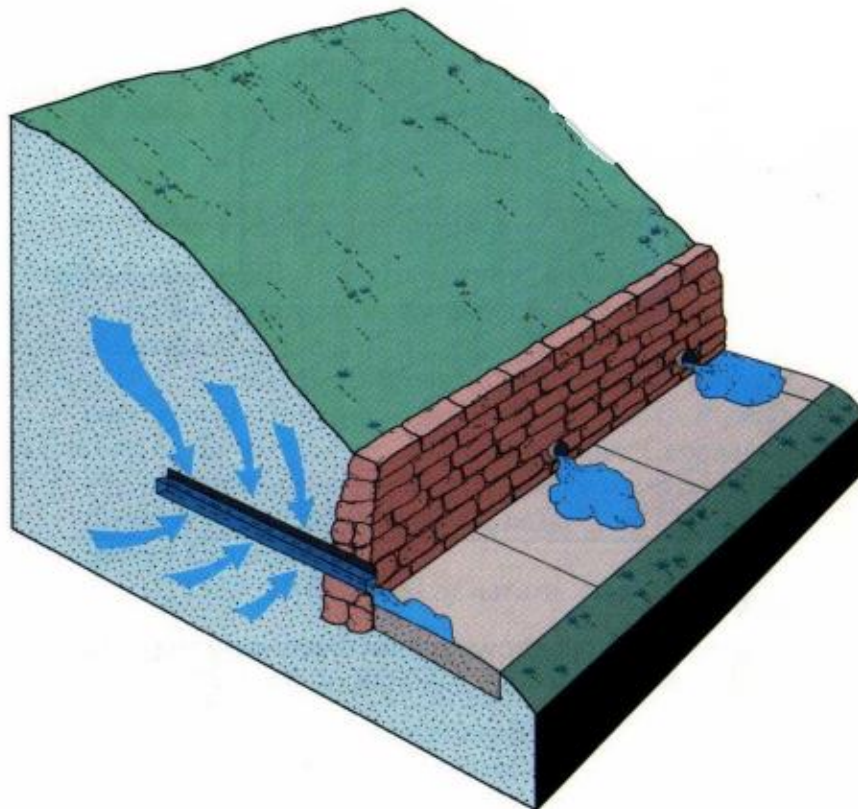
### 3.1. Dreniranje

Voda je najčešći uzrok klizanja i nastajanja klizišta. Najlakši način za odvod te vode i saniranje klizišta je dreniranje. Dreniranje je mjera koja se najčešće koristi kroz 3 načina:

- kopani drenovi
- bušeni cijevni drenovi
- primjena elektroosmoze

#### DRENIRANJE KOPANIM DRENOVIMA

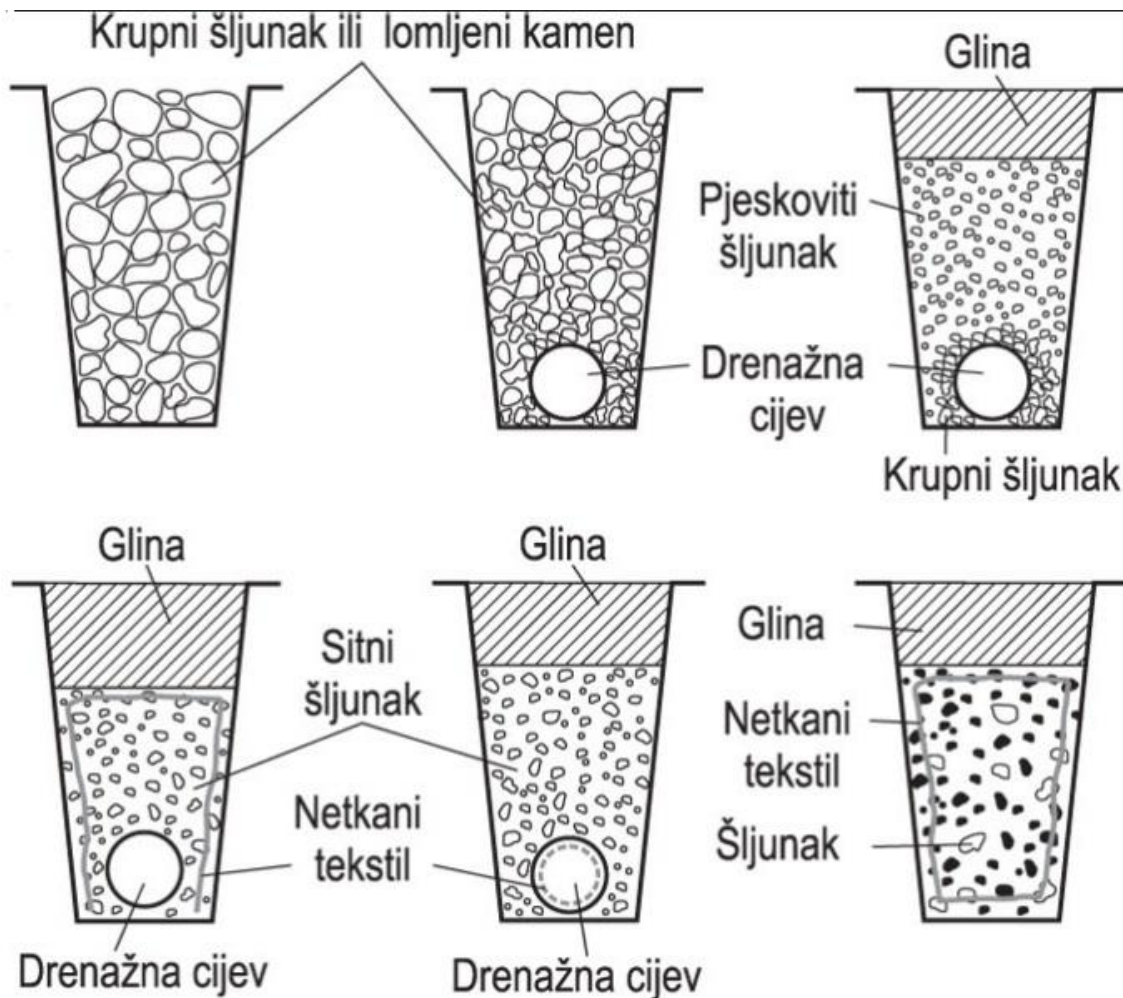
Drenovi moraju biti propusniji od okolnog terena. Dren mora biti napravljen od drenažnog materijala koji sprječava eroziju tla. Cilj drena je odvesti neželjenu vodu tamo gdje ta voda neće stvarati probleme. Veliku ulogu u dreniranju ima geotekstil koji sprječava miješanje nepropusnog materijala (zemlja, glina) i propusnog materijala (Šljunak) i tako ne dolazi do začepjenja drena. Geotekstil propušta vodu, a sprječava začepljenje drena.



*Slika.10. dreniranje vode kroz cijev .*



Slika 10 nam prikazuje dreniranje vode kopanim drenom kroz cijev. Dreniranjem te vode iza zida, potporni zid održava padinu stabilnom i sigurnom. Slika 11 nam prikazuje pravilnu izvedbu takvog kopanog drena.

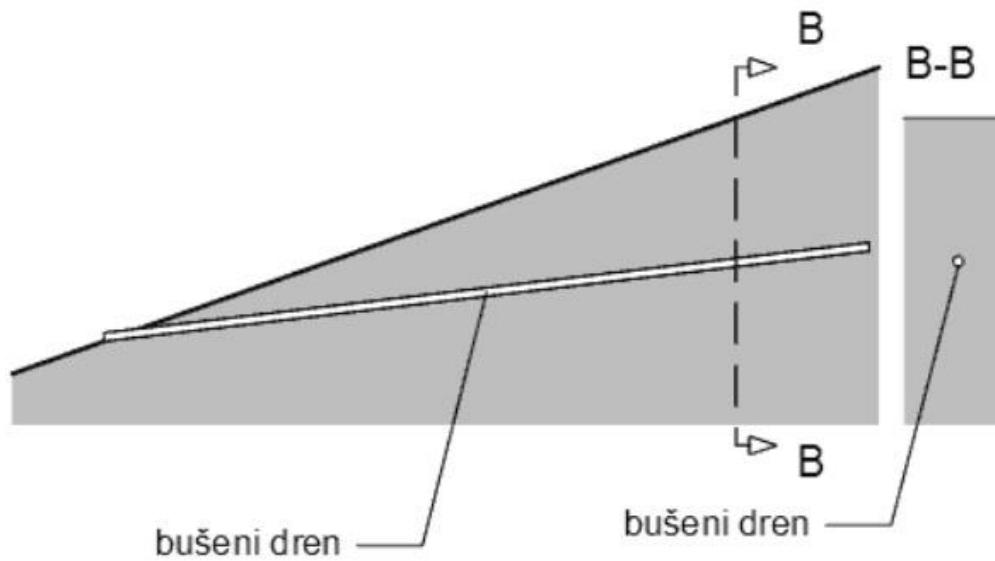


Slika.11. primjeri izvedbe kopanih drenova

## BUŠENI CIJEVNI DRENOVI

Kod primjera klizanja s dubokom kliznom plohom jednostavnije se postiže povećanje faktora sigurnosti postavljanjem dubokih drenova. Takve drenove izvodimo bušenjem vodoravnih ili blago nagnutih bušotina u podnožju padine gdje ugrađujemo perforirane cijevi koje usmjeravaju tok podzemne vode prema sebi i usmjeravaju je izvan padine. Kraći vodoravni drenovi se buše pomoću spiralnih svrdla koja izbacuju materijal pa nije potrebno izvlačenje pribora, a paralelno s tom akcijom se može uvlačiti perforirana cijev ako se radi o materijalu iskopa koji se urušava. Ta cijev omogućava dreniranje kada se radi o privremenom zahvatu. Drenažna cijev koja se ugrađuje u bušotinu promjera je 50mm i izvana je obložena propusnim

filtru radi zaštite od zamuljivanja cijevi. Zaštita se radi oblaganjem cijevi geotekstilom i takvu cijev zovemo geodren.



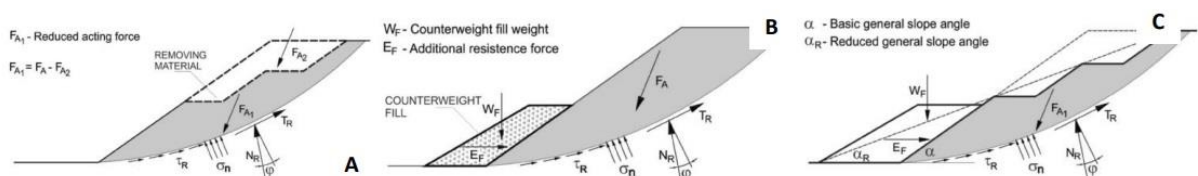
Slika.12. bušeni dren

### 3.2. Modifikacija geometrije padine

Kod modifikacije geometrije padine najčešće iskopani materijal iz gornjeg dijela klizišta uklanjamo ili materijal možemo zamijeniti s nekim drugim pogodnijim i lakšim materijalom.

Padinu možemo modificirati i napraviti ju stabilnom dodavanjem materijala u područje koje održava stabilnost. Taj materijal djeluje kao protu-uteg u vidu berme ili nasipa.

Također možemo prebacivati materijal sa gornjeg dijela klizišta na donji dio ali tako da smanjujemo nagib padine.



Slika.13. tri načina modifikiranja klizišta

Sva ta tri načina nisu dovoljna i neće funkcionirati na pravilan način, ako se ne napravi pravilna drenaža.

### 3.3. Potporne konstrukcije

Potporne konstrukcije dijelimo na zasipane potporne konstrukcije i ugrađene potporne konstrukcije. Kod zasipanih potpornih konstrukcija granična stanja koja treba provjeriti su prevrtanje zida, klizanje, nosivost tla, globalnu stabilnost i stabilnost samog zida na kritičnim presjecima. Sva povoljna i nepovoljna djelovanja koja se pojavljuju treba uključiti u provjeru graničnih stanja. Ugrađene potporne konstrukcije tipična granična stanja nosivosti koja treba provjeriti su rotacijski slom, slom elementa stijene, vertikalna stabilnost stijene, hidraulički slom dna građevinske jame, izdizanje dna jame, izdizanje konstrukcije zbog uzgona. Te potporne konstrukcije moraju biti dimenzionirane tako da dovoljno sigurna na moguća granična stanja tijekom i nakon izgradnje.

Potporne konstrukcije se grade da se spriječi potkopavanje nožice klizišta kod erozije ili za opterećivanje nožice u zasjecima i usjecima. Sanaciju je moguće izvesti nizom bujičnih pregrada koje stvaraju mikroakumulacije. Ovi se prostori pri svakoj velikoj vodi pune nanosom i zasipavaju. Konačni je rezultat stepeničasti tok s nizom kontroliranih slapova. Spriječena je daljnja erozija, a na kritičnim mjestima je zasuta nožica kosine i tako povećana njena stabilnost. Tamo gdje želimo opteretiti nožicu grade se potporni zidovi i gabionski zidovi a iznad njih se zamjenjuje tlo lakšim gradivima za izradu nasipa na vrhovima kosina. Gravitacijskim potpornim zidovima tako smanjujemo otpornost na klizanje.

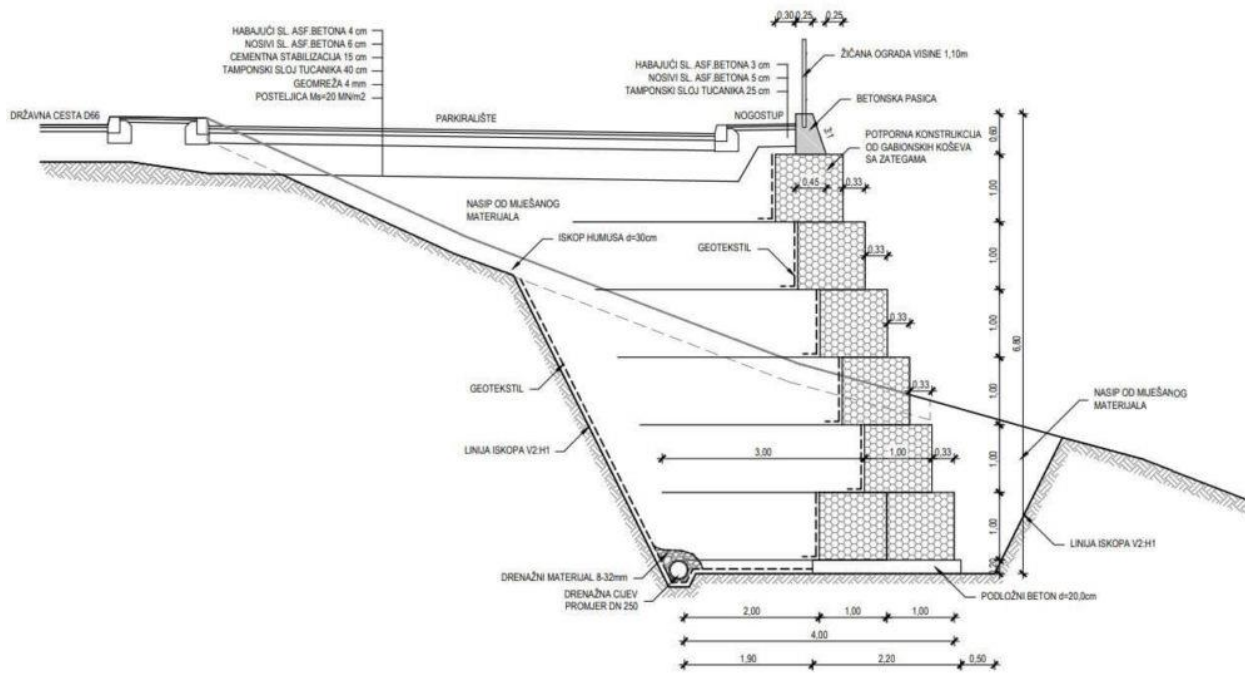
#### GRAVITACIJSKO POTPORNI ZIDOVI:

- Gabionski zidovi

Gabioni su idealna rješenja za klizišta, što se tiče funkcionalnosti i estetike. U pravilu to su zidovi od metalnih okvira punjeni kamenom. Velike značajke gabionskih potpornih zidova su visoka čvrstoća i pouzdanost. Prilagodljivi su i mogućnost njihove izgradnje je svestrana što se tiče vrste terena i tla. Ne deformiraju se pod djelovanjem klimatskih i vremenskih utjecaja. Jednostavni su za instalaciju i jedina mana im je korozija koja nagriza metalni okvir.



*Slika.14. Gabionski zid*

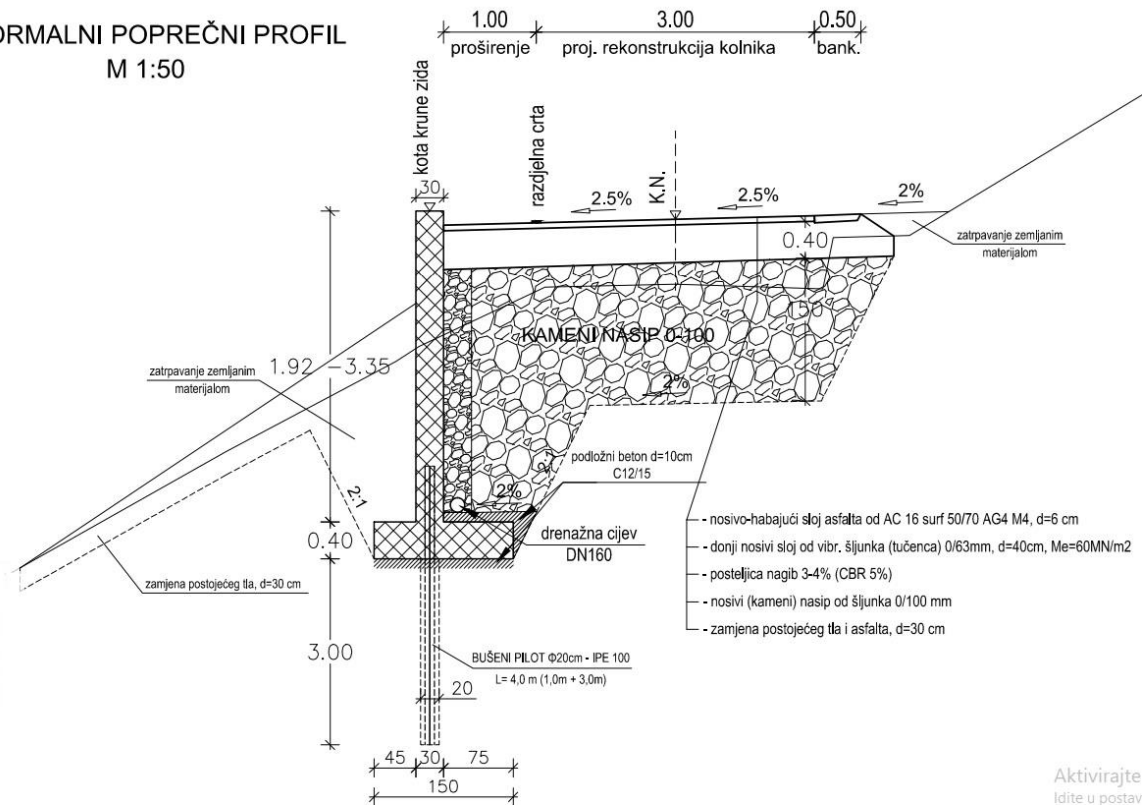


Slika.15. poprečni presjek prometnice napravljena na gabionskoj potpronoj konstrukciji

- Pilotske stijene i piloti

Piloti su konstruktivni elementi kružnog presjeka koji se izvode u tlu bušenjem ili zabijanjem. Svrha pilota je prijenos vertikalnih i horizontalnih opterećenja u dubinu tla gdje je tlo bolje nosivo i stabilnije. Izradom pilota neposredno jedno do drugoga, stvaramo pilotsku stijenu koju koristimo kao privremenu ili trajnu potpornu konstrukciju u temeljnom tlu. Pilotske stijene izvode se kod osiguranja stabilnosti iskopa kod mogućeg urušavanja tla i kod sanacija klizišta. Razlikujemo konzolne pilotske stijene, pridržane pilotske stijene, pilotske stijene sa razmaknutim pilotima i tangentne pilotske stijene. Kod izvedbe klizišta piloti često znaju biti kombinirani u izvedbi sa potpornim zidom. Piloti su jedan od najučinkovitijih izvedba sanacija klizišta.

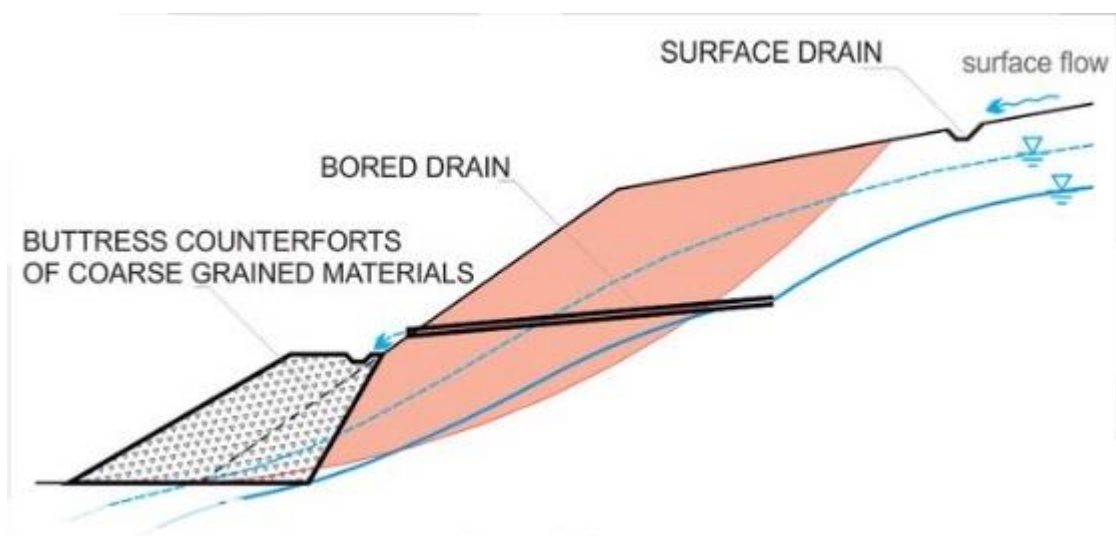
NORMALNI POPREČNI PROFIL  
M 1:50



Slika.16. Prikaz sanacija klizišta kombinacijom pilota i potpornog zida

- Podupirajući nasipi

Nasipi napravljeni u nožici klizišta koji osiguravaju nožicu i sprječavaju klizanje. Izdvode se od krupnozrnastog materijala koji djeluju kao kontrafora.

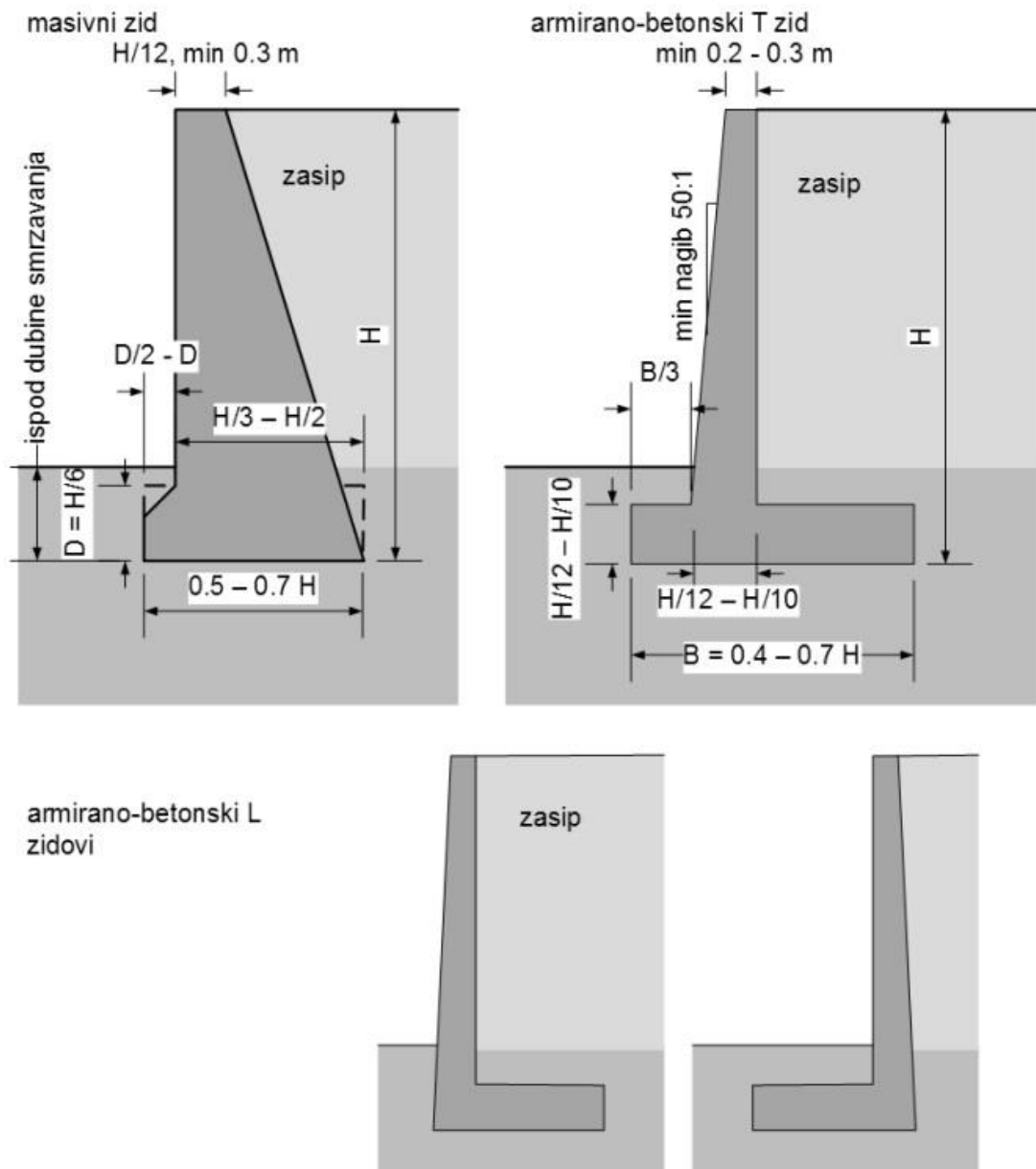


Slika.17.

Odvodnja kombinacijom nadzemnih i probušenih odvoda i kontrafora od krupnozrnatih materijala

- Armirano betonski potporni zidovi

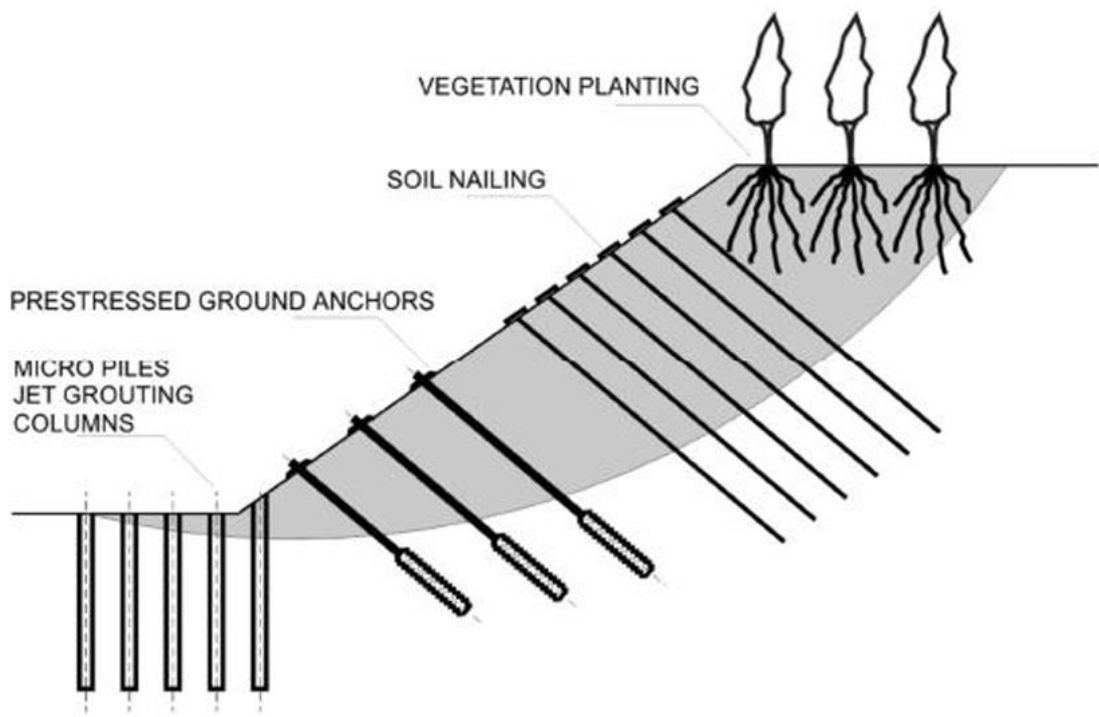
Potporni zidovi su zasipane potporne konstrukcije. Za njihovu izgradnju prvo je potrebno očistiti prostor da se omogući izgradnja zida, a na završetku radova prostor iza zida se zasipava potrebnim materijalom. Razlikujemo gravitacijski masovni betonski zid, armirano-betonski T zid i armirano-betonski L zid. Slika 18. nam prikazuje te zidove i njihove okvirne dimenzije.



Slika.18. Zasipani potporni zidovi s proračunskim dimenzijama

### 3.4. Unutarnje ojačanje padine

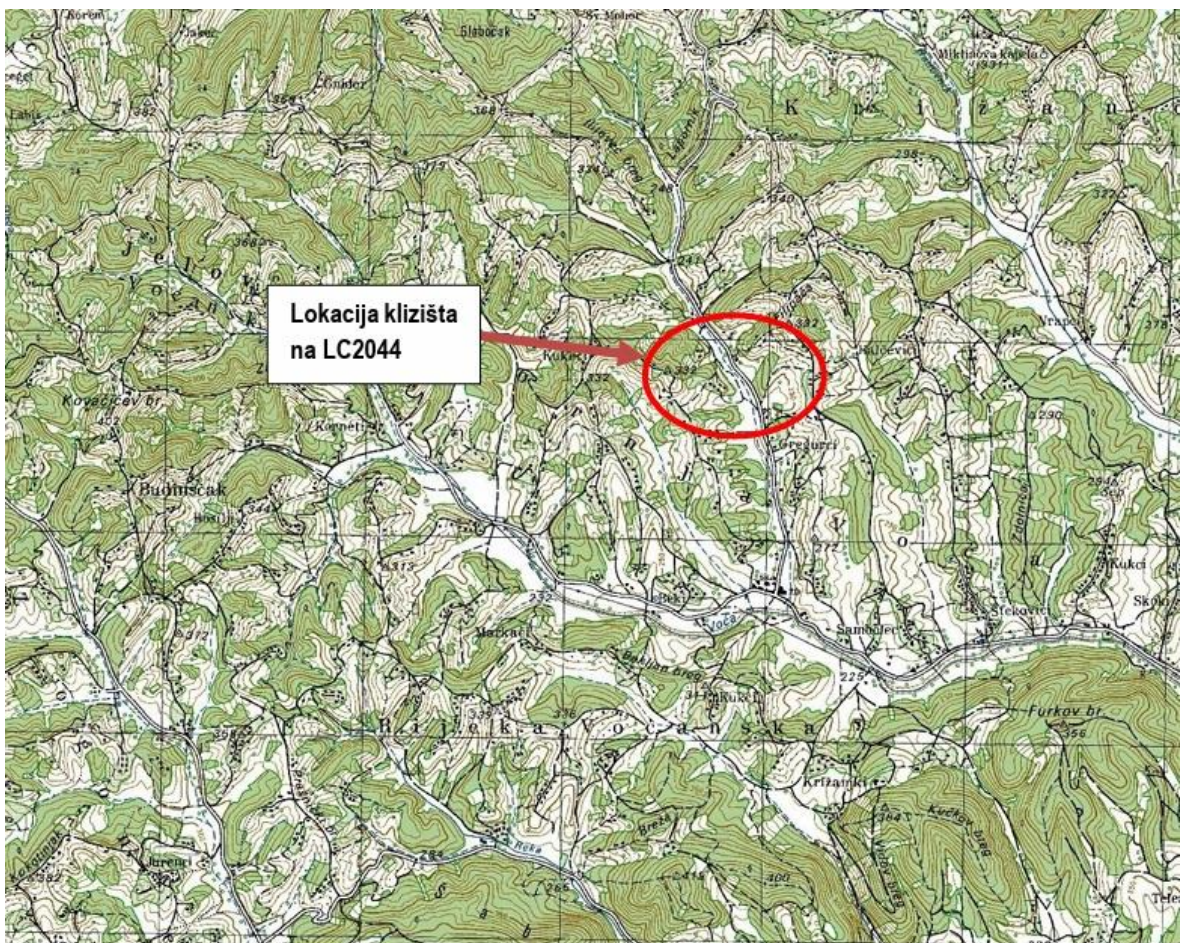
Unutarnje ojačanje padine koristimo kod klizišta kojima ni jedna druga mjera sanacije nije dala željene rezultate. Padinu možemo ojačavati raznim tehnikama, a sve ovisi o debljini i vrsti materijala na padini. Najprirodnija i najjednostavnija metoda je sadnja vegetacije. Sadnja trave kombinirana s drvećem i grmljem koje je pogodno za to područje. Sadnjom zelenila korijenje vegetacije mehanički povećava čvrstoću tla. Osim vegetacije, padinu možemo ojačati ugrađivanjem sidra, mikropilota i prednapregnutih sidra, uz te metode ojačanja koristimo kombinaciju s čavlanim tlom. Te metode se ne uklapaju u okoliš kao metoda sadnja vegetacije. Unutarnje ojačavanje padina ne koristi se četo kao dreniranje i modifikacija geometrija padine zbog skupih izvedba radova, no kod nekih klizišta su neizbježna i koriste su u kombinacijama s drugim metodama.



Slika.19. četiri metode unutarnjih ojačanja padina

## 4. Sanacija klizišta na lokalnoj i županijskoj cesti u Gornjoj Voći

Za potrebe izrade tehničke projektne dokumentacije u cilju sanacije i sprječavanja štetnih posljedica klizišta provedena su odgovarajuća geomehanička prospekcija terena i geomehanička ispitivanja u vidu istražnih bušenja. Na slici 20. prikazana je karta šireg područja i vidimo da područje obuhvata leži na sjeveru Gornje Voće, na granici RH sa Slovenijom. Klizište kao takvo zahvaća stranu ispod ceste odnosno podbriježnu stranu ceste. Područje ceste i klizišta je sanirano hitnim sanacijskim metodama te je postojeće već duži niz godina.



Slika.20. pozicija predmetnog klizišta na topografskoj karti

### 4.1. Postojeće stanje i stanje klizišta

Puknuća na cesti mogu se jasno vidjeti dijelom duljine od cca 100 m međutim na tom dijelu od 100 m postoje dvije klizne zone, prva duljine cca. 25-30 m i druga duljine cca. 30-35 m. Između ove dvije klizne zone se nalazi dio koji nema znakova klizanja a duljine je cca. 35 m.



Prva klizna zona (južnija strana klizišta) duljine je cca. 25-30 m, dubina usjedanja uz čelo je cca. 1,5 2,5 m, duljina klizne plohe je cca. 30 m. Na površini klizne plohe rijetko se nalazi drveće i voćke, a uglavnom se održavalo košnjom.

Druga klizna ploha je širine cca. 30-35 m, duljina klizne plohe je cca. 25-30 m. Dubina usjedanja uz čelo klizišta je cca. 2,0 m. Klizanja su rotacijskog tipa, sa slabo izraženim bokovima. Otklizana masa je mekana, vlažna i nakvašena vodom. Klizna ploha je jasno vidljiva na većem dijelu površine klizišta.

Vizualnim pregledom terena (makro i mikrolokacije), može se utvrditi kako je uzrok klizanja/puzanja kombinacija određenih faktora: geološka i geotehnika nepovoljna građa (nepropusna podloga u podini dok su tanke krovne naslage slabo propusne na dijelovima jače propusne), neadekvatna i nepostojeća odvodnja površinskih voda, vrsti materijala u tijelu ceste i klizišta te prometovanja (opterećenju) cestom.

Petrinjski potres (prosinac 2020.) dodatno je negativno djelovao na tijelo klizišta, tako da je:

- povećao i stvorio dodatne horizontalne sile te time povećao opterećenje na tijelo klizišta
- smanjio posmičnu čvrstoću na kontaktima slojeva u tijelu klizišta
- povećao pukotine u tijelu klizišta te tako omogućio više nakupljanja oborinskih voda (kiša, snijeg, vlaga), te povećao saturaciju tla
- horizontalnim ubrzanjem dodatno „povećao“ masu klizišta a time i opterećenja te tako omogućio dodatne pomake tla (klizanje i puzanje)

Nedvojbeno je kako je potres navedenim djelovanjima uzrokovao dodatne pomake, dodatne (povećane) pukotine, proširio stare pukotine i pore te na taj način pojačao negativna djelovanja i doprinio povećanju oštećenja ceste te kliznog tijela. Također, evidentno je kako je klizište već otprije sanirano u dijelu cestovnog trupa (nužna sanacija) te kako su se nakon toga nadalje proširile pukotine i oštećenja.

Predmetno klizište i cestu potrebno je sanirati a prije svega izraditi za to potrebnu tehničku dokumenta cilju stoga su provedeni geotehnički istražni radovi na predmetnoj lokaciji.

Istražni radovi načinjeni su u svrhu određivanja razine podzemne vode, karakteristika temeljnog tla od nosno nosivosti i slijeganja te za potrebe dimenzioniranja temeljnih konstrukcija. Načinjeni su u skladu sa Zakonom o prostornom uređenju NN 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19, Zakonom o gradnji NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19, člankom 8. Pravilnika o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata Sl. 15/90, te prema smjernicama i uputama Eurokoda 7 (Geotehnički podaci i geotehničko projektiranje).

## 4.2. Geotehnički istražni radovi

Na lokaciji su provedeni sljedeći geotehnički istražni radovi:

- strojno bušenje dvije (2) geotehničke istražne bušotine do dubine od 5,0 m;
- strojno bušenje jedne (1) geotehničke istražne bušotine do dubine od 6,0 m;
- strojno bušenje jedne (1) geotehničke istražne bušotine do dubine od 7,0 m;
- izrada jedne (1) dinamičke sonde DPL/DPM do dubine 2,7 m
- izrada jedne (1) dinamičke sonde DPL/DPM do dubine 3,2 m
- izrada jedne (1) dinamičke sonde DPL/DPM do dubine 3,6 m
- izrada jedne (1) dinamičke sonde DPL/DPM do dubine 7,0 m

Bušenje je izvedeno mobilnom rotacijskom bušilicom Drill-17,5 s kontinuiranim jezgrovanjem. Početni promjer bušenja iznosio je 146 mm, a završni 116 mm. Jezgrovanje je izvođeno jednostrukim jezgrenim aparatom i spiralom. Cijevljenje bušotina nije bilo potrebno.

Tijekom terenskih istražnih radova obavljana je terenska AC klasifikacija tla, uzimani su neporemećeni i poremećeni uzorci tla, provedena su “in situ” ispitivanja zbijenosti tla standardnim penetracijskim pokusima (SPP) te su praćene pojava i razina podzemne vode prilikom bušenja.

Probe dinamičkom sondom DPL/DPM obavljene su udarnom sondom tip PR-13 (mase utega 30,0 kg). Sondiranje je rađeno do dubine 2,7 m, odnosno 7,0 m.



Slika.21. položaj izvedenih bušotina na protokliznoj cesti te pribriježnoj strani ceste

Geotehnički profili izvedenih bušotina B-1, B-2, B-3, B-4:



ZA USLUGE U GEOTEHNICI I RUDARSTVU, Z. Kunc 49, Varaždin

Građevina: SANACIJA KLIZIŠTA

Lokacija: k.č.br. 12034 k.o. Gornja Voća

Naručitelj: MAORING d.o.o.

Bušotina: **B-1**

Koordinate: x=  
y=  
z=321,14

Radni nalog: 3/23

Datum: 12. 01. 2023.

Dubina, m	AC klasif	Simbol tla	W <sub>o</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	I <sub>c</sub>	Φ, °	c, kN/m <sup>2</sup>	M <sub>v</sub> MN/m <sup>2</sup>	SPP n	Opis sloja
1,0	0,7										Nasip od šljunka pomiješanog s prahom;
2,0			26,30	25,65	7,59	0,91	27,4	2,61	6,54		Smeđi prah niske plastičnosti I <sub>p</sub> =7,59%, kruto plastične konzistencije I <sub>c</sub> =0,91, bez sjaja i bez mirisa;
3,0	2,0									>42 š	Pjeskoviti lapor. Ima više od 42 udarca standardnim penetracijskim pokusom šiljkom (u rastrošenom dijelu sloja -površinski sloj).
4,0											
5,0											
6,0											
7,0	7,0										
8,0											
9,0											
10,0											
11,0											
12,0											
13,0											
14,0											
15,0											

**LEGENDA:**

Bušać:

Marko Obrstar

Geotehnička interpretacija:

Miro Mikec, dipl.ing.geoteh. i grad.

Manuela Kaniški, mag.ing.geoling.

- Poremećeni uzorak tla
- Neporemećeni uzorak tla
- M<sub>v</sub> Vert. opterećenje 100-200 kN/m<sup>2</sup>
- SPP n- nož, š-šiljak
- Pojava podzemne vode
- Razina podzemne vode



ZA USLUGE U GEOTEHNICI I RUDARSTVU, Z. Kunc 49, Varaždin

Građevina: SANACIJA KLIZIŠTA  
 Lokacija: k.č.br. 12034 k.o. Gornja Voća  
 Naručitelj: MAORING d.o.o.  
 Bušotina: **B-2**

Koordinate: x=  
 y=  
 z=316,5

Radni nalog: 3/23

Datum: 12. 01. 2023.

Dubina, m	AC klasif	Symbol tla	w <sub>o</sub> %	w <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	I <sub>c</sub>	Φ, °	c, kN/m <sup>2</sup>	M <sub>v</sub> MN/m <sup>2</sup>	SPP n	Opis sloja
1,0											Nasip od šljunka pomiješanog s prahom;
1,2											Smeđi prah niske plastičnosti, kruto plastične konzistencije, bez sjaja i bez mirisa;
2,0	ML										
3,0			24,06	25,60	6,91	1,22	26,9	3,83	7,54		Smeđi prekonsolidirani laporoviti prah niske plastičnosti Ip=6,91%, polukrute konzistencije Ic=1,22, bez sjaja i bez mirisa;
4,0	ML										
5,0											
5,3											Pjeskoviti lapor.
6,0											
7,0											
8,0											
9,0											
10,0											
11,0											
12,0											
13,0											
14,0											
15,0											

**LEGENDA:**

Bušać:  
 Marko Obrstar

Geotehnička interpretacija:  
 Miro Mikec, dipl.ing.geotech. i građ.  
 Manuela Kaniški, mag.ing.geoing.

- Poremećeni uzorak tla
- Neporemećeni uzorak tla
- Vert. opterećenje 100-200 kN/m<sup>2</sup>
- SPP n- nož, š-šiljak
- Pojava podzemne vode
- Razina podzemne vode



ZA USLUGE U GEOTEHNICI I RUDARSTVU, Z. Kunc 49, Varaždin

Građevina: SANACIJA KLIZIŠTA  
 Lokacija: k.č.br. 12034 k.o. Gornja Voća  
 Naručitelj: MAORING d.o.o.  
 Bušotina: **B-3**

Koordinate: x=  
 y=  
 z=324,9

Radni nalog: 3/23

Datum: 12. 01. 2023.

Dubina, m	AC klasif	Simbol tla	w <sub>o</sub> %	w <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	I <sub>c</sub>	Φ, °	c, kN/m <sup>2</sup>	M <sub>v</sub> MN/m	SPP n	Opis sloja
1,0											Nasip od šljunka pomiješanog s prahom;
0,7										8 n	Smeđi prah niske plastičnosti Ip=8,76%, kruto plastične konzistencije Ic=0,89, bez sjaja i bez mirisa. Ima 8 udaraca standardnim penetracijskim pokusom cilindrom;
2,0			26,50	25,50	8,76	0,89					Smeđi prekonsolidirani laporoviti prah niske plastičnosti, polukrute konzistencije, bez sjaja i bez mirisa;
1,8											
2,4											
3,0										>36 š	Pjeskoviti lapor. Ima više od 36 udaraca standardnim penetracijskim pokusom šiljkom (u rastrošenom dijelu sloja -površinski sloj).
4,0											
5,0											
5,0											
6,0											
7,0											
8,0											
9,0											
10,0											
11,0											
12,0											
13,0											
14,0											
15,0											

**LEGENDA:**

Bušać:  
 Marko Obrstar

Geotehnička interpretacija:  
 Miro Mikec, dipl.ing.geotech. i građ.  
 Manuela Kaniški, mag.ing.geoinž.

- Poremećeni uzorak tla
- Neporemećeni uzorak tla
- Vert. opterećenje 100-200 kN/m<sup>2</sup>
- n- nož, š-šiljak
- Pojava podzemne vode
- Razina podzemne vode



ZA USLUGE U GEOTEHNICI I RUDARSTVU, Z. Kunc 49, Varaždin

Građevina: SANACIJA KLIZIŠTA  
 Lokacija: k.č.br. 12034 k.o. Gornja Voća  
 Naručitelj: MAORING d.o.o.  
 Bušotina: **B-4**

Koordinate: x=  
 y=  
 z=321,8

Radni nalog: 3/23

Datum: 12. 01. 2023.

Dubina, m	AC klasif	Simbol tla	w <sub>o</sub> %	w <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	I <sub>c</sub>	Φ, °	c, kN/m <sup>2</sup>	M <sub>v</sub> MN/m <sup>2</sup>	SPP n	Opis sloja
0,5											Nasip od šljunka pomiješanog s prahom;
1,0	ML										Smeđi prah niske plastičnosti, kruto plastične konzistencije, bez sjaja i bez mirisa;
2,0	ML		24,62	25,82	6,10	1,20					Smeđi prekonsolidirani laporoviti prah niske plastičnosti w <sub>p</sub> =6,10%, polukrute konzistencije I <sub>c</sub> =1,20, bez sjaja i bez mirisa;
2,2											Pjeskoviti lapor.
3,0											
4,0											
5,0											
6,0											
7,0											
8,0											
9,0											
10,0											
11,0											
12,0											
13,0											
14,0											
15,0											

**LEGENDA:**

Bušać:  
Marko Obrstar

Geotehnička interpretacija:  
Miro Mikec, dipl.ing.geotech. i građ.  
Manuela Kaniški, mag.ing.geoing.

- Poremećeni uzorak tla
- Neporemećeni uzorak tla
- M. Vert. opterećenje 100-200 kN/m<sup>2</sup>
- SPP n- nož, š-šiljak
- Pojava podzemne vode
- Razina podzemne vode

Rezultati dinamičkih sonda DPL/DPM

**DYNAMIC PROBING TEST REPORT**  
**MEDIUM DYNAMIC PENETROMETER (DP-30)**

Executor  
**PREMUR d.o.o.**

Location  
**k.č.br. 12034 k.o. Gornja Voća**

Customer  
**MAORING d.o.o.**

In acc.with Polish standard PN-B-04452

GORNJA VOĆA , date 12. 01. 2023.

Subject number **SANACIJA KLIZIŠTA**

Order no. **3/23**

Height a.s.l. \_\_\_\_\_ m      GPS Coordinates (BL) - location \_\_\_\_\_ °      \_\_\_\_\_ °

Test number **DPM-1**

Type of penetrometer **Medium probe DPM**      Identification of penetrometer \_\_\_\_\_      Test date **12-01-2023**      Additional description of test \_\_\_\_\_

DPT [m]	Litholog. profile	Water level [m] BGL	Depth	Number of blows					Readings		idx I <sub>D</sub>	Graph of density index I <sub>D</sub>	C.f. I <sub>S</sub>	I <sub>D</sub> avg.	I <sub>S</sub> avg. for layers		
				10	20	30	40	50	N10	DPT[m]							
0,1	Nasip		1 m						0,1	0,00	0,00	0,33 loose medium dense	0,67 dense	0,80 very dense	0,90	0,20	0,64
0,2									0,2	0,00	0,00						
0,3									0,3	0,31	0,31						
0,4									0,4	0,18	0,18						
0,5									0,5	0,31	0,31						
0,6									0,6	0,31	0,31						
0,7									0,7	0,31	0,31						
0,8									0,8								
0,9									0,9								
1,0									1,0								
1,1	ML		2 m						1,1								
1,2									1,2								
1,3									1,3								
1,4									1,4								
1,5									1,5								
1,6									1,6								
1,7									1,7								
1,8									1,8								
1,9									1,9								
2,0									2,0								
2,1	peskoviti lapor		3 m						2,1	0,74	0,74				0,99		
2,2									2,2	0,73	0,73						
2,3									2,3	0,74	0,74						
2,4									2,4	0,74	0,74						
2,5									2,5	0,77	0,77						
2,6									2,6	0,79	0,79						
2,7									2,7	0,81	0,81						
2,8									2,8	0,82	0,82						
2,9									2,9	0,82	0,82						
3,0									3,0	0,82	0,82						
3,1			4 m						3,1	0,87	0,87				0,83	1,01	
3,2									3,2	0,89	0,89						
3,3									3,3	0,93	0,93						
3,4									3,4	0,93	0,93						
3,5									3,5	0,97	0,97						
3,6									3,6	0,97	0,97						
3,7									3,7								
3,8									3,8								
3,9									3,9								
4,0									4,0								
4,1			5 m						4,1								
4,2									4,2								
4,3									4,3								
4,4									4,4								
4,5									4,5								
4,6									4,6								
4,7									4,7								
4,8									4,8								
4,9									4,9								
5,0									5,0								

Report from application Dynamic Penetrometer v. 2.42 © skyraster.com

Torque wrench read out [Nm]

Remarks / comments to test

Test made by **Marko Obrstar**

Made and verified by **Miro Mikec**

## DYNAMIC PROBING TEST REPORT MEDIUM DYNAMIC PENETROMETER (DP-30)

Executor <b>PREMUR d.o.o.</b>		GORNJA VOĆA , date 12. 01. 2023.	
		Subject number	<b>SANACIJA KLIZIŠTA</b>
Location <b>k.č.br. 12034 k.o. Gornja Voća</b>		Order no.	<b>3/23</b>
Customer <b>MAORING d.o.o.</b>		Height a.s.l.	GPS Coordinates (BL) - location ____ m    ____ °    ____ °
		Test number	<b>DPM-2</b>
Type of penetrometer	Identification of penetrometer	Test date	Additional description of test
<b>Medium probe DPM</b>		<b>12-01-2023</b>	
<b>In acc.with Polish standard PN-B-04452</b>			

DPT [m]	Litholog. profile	Water level [m]	Depth [m] BGL	Number of blows					Readings		idx I <sub>D</sub>	Graph of density index I <sub>D</sub>	C.f. I <sub>S</sub>	I <sub>D</sub> avg.	I <sub>S</sub> avg. for layers		
				10	20	30	40	50	N10	DPT[m]							
0,1										0,1	0,00	0,33 0,67 0,80 0,88 0,92 0,93 0,93 0,94 0,95 0,95	loose medium dense dense very dense				
0,2										0,2	0,00						
0,3										0,3	0,18						
0,4										0,4	0,18						
0,5										0,5	0,38						
0,6										0,6	0,48						
0,7										0,7	0,48						
0,8										0,8	0,51						
0,9										0,9	0,57						
1,0			1 m							1,0	0,57						
1,1										1,1	0,57						
1,2										1,2	0,59						
1,3										1,3	0,59						
1,4										1,4	0,64						
1,5										1,5	0,66						
1,6										1,6	0,67						
1,7										1,7	0,69						
1,8										1,8	0,67						
1,9										1,9	0,64						
2,0			2 m							2,0	0,66						
2,1										2,1	0,67						
2,2										2,2	0,68						
2,3										2,3	0,72						
2,4										2,4	0,72						
2,5										2,5	0,75						
2,6										2,6	0,75						
2,7										2,7	0,75						
2,8										2,8	0,73						
2,9										2,9	0,74						
3,0			3 m							3,0	0,68						
3,1										3,1	0,68						
3,2										3,2	0,72						
3,3										3,3	0,72						
3,4										3,4	0,73						
3,5										3,5	0,69						
3,6										3,6	0,71						
3,7										3,7	0,71						
3,8										3,8	0,73						
3,9										3,9	0,69						
4,0			4 m							4,0	0,68						
4,1										4,1	0,71						
4,2										4,2	0,72						
4,3										4,3	0,72						
4,4										4,4	0,73						
4,5										4,5	0,71						
4,6										4,6	0,72						
4,7										4,7	0,72						
4,8										4,8	0,73						
4,9										4,9	0,73						
5,0			5 m							5,0	0,71						

Report from application Dynamic Penetrometer v. 2.42 © skyraster.com

Torque wrench read out [Nm]

Remarks / comments to test	Test made by <b>Marko Obrstar</b> Made and verified by <b>Miro Mikec</b>
----------------------------	---



## DYNAMIC PROBING TEST REPORT MEDIUM DYNAMIC PENETROMETER (DP-30)

Executor

**PREMUR d.o.o.**

**GORNJA VOĆA , date 12. 01. 2023.**

Subject number

**SANACIJA KLIZIŠTA**

Location

Order no.

**3/23**

**k.č.br. 12034 k.o. Gornja Voća**

Customer

Height a.s.l.

GPS Coordinates (BL) - location

**MAORING d.o.o.**

Test number

**DPM-2**

Type of penetrometer

Identification of penetrometer

Test date

Additional description of test

**Medium probe DPM**

**12-01-2023**

In acc.with Polish standard PN-B-04452

DPT [m]	Litholog. profile	Water level [m]	Depth [m] BGL	Number of blows				Readings		idx I <sub>D</sub>	Graph of density index I <sub>D</sub>	C.f. I <sub>S</sub>	I <sub>D</sub> avg.	I <sub>S</sub> avg. for layers
				10	20	30	40	50	N10					
5,1			6 m						21	0,75	0,33 loose medium dense dense very dense	0,99		
5,2									16	0,73		0,98		
5,3									20	0,74		0,99		
5,4									11	0,75		0,99		
5,5									4	0,77		0,99		
5,6									8	0,80		1,00		
5,7								8	0,80	1,00				
5,8								14	0,75	0,99				
5,9								4	0,77	0,99				
6,0								3	0,85	1,01				
6,1			7 m						3	0,84	1,01			
6,2									3	0,80	1,00			
6,3									3	0,74	0,99			
6,4									3	0,75	0,99			
6,5									3	0,83	1,01			
6,6									3	0,87	1,01			
6,7									3	0,84	1,01			
6,8									3	0,92	1,02			
6,9									3	0,95	1,03			
7,0									3	0,94	1,03			
7,1			8 m						7,1					
7,2									7,2					
7,3									7,3					
7,4									7,4					
7,5									7,5					
7,6									7,6					
7,7									7,7					
7,8									7,8					
7,9									7,9					
8,0									8,0					
8,1			9 m						8,1					
8,2									8,2					
8,3									8,3					
8,4									8,4					
8,5									8,5					
8,6									8,6					
8,7									8,7					
8,8									8,8					
8,9									8,9					
9,0									9,0					
9,1			10 m						9,1					
9,2									9,2					
9,3									9,3					
9,4									9,4					
9,5									9,5					
9,6									9,6					
9,7									9,7					
9,8									9,8					
9,9									9,9					
10,0									10,0					
10,1			11 m						10,1					
10,2									10,2					
10,3									10,3					
10,4									10,4					
10,5									10,5					
10,6									10,6					
10,7									10,7					
10,8									10,8					
10,9									10,9					
11,0									11,0					

Report from application Dynamic Penetrometry 3.4.2 © skunster.com

## DYNAMIC PROBING TEST REPORT MEDIUM DYNAMIC PENETROMETER (DP-30)

Execututor <b>PREMUR d.o.o.</b>		GORNJA VOĆA , date 12. 01. 2023.	
Location <b>k.č.br. 12034 k.o. Gornja Voća</b>		Subject number <b>SANACIJA KLIZIŠTA</b>	Order no. <b>3/23</b>
Customer <b>MAORING d.o.o.</b>		Height a.s.l. _____ m	GPS Coordinates (BL) - location _____ ° _____ °
Type of penetrometer <b>Medium probe DPM</b>	Identification of penetrometer _____	Test date <b>12-01-2023</b>	Additional description of test _____
Test number <b>DPM-4</b>			
In acc.with Polish standard PN-B-04452			

DPT [m]	Litholog. profile	Water level [m] BGL	Number of blows					Readings		idx I <sub>D</sub>	Graph of density index I <sub>D</sub>	C.f. I <sub>S</sub>	I <sub>D</sub> avg. for layers	I <sub>S</sub> avg. for layers				
			10	20	30	40	50	N10	DPT[m]									
0,1									0,1	0,00	0,33 loose	0,67 medium dense	0,80 very dense					
0,2									0,2	0,00								
0,3									0,3	0,00								
0,4									0,4	0,31							0,90	
0,5									0,5	0,31							0,90	
0,6									0,6	0,18							0,88	
0,7									0,7	0,31							0,90	
0,8									0,8	0,38							0,92	
0,9									0,9	0,54							0,95	
1,0									1,0	0,64							0,97	
1,1			1 m						1,1	0,64				0,97				
1,2									1,2	0,61				0,96				
1,3									1,3	0,62				0,96				
1,4									1,4	0,62				0,96				
1,5									1,5	0,67				0,97				
1,6									1,6	0,69				0,98				
1,7									1,7	0,74				0,99				
1,8									1,8	0,74				0,99				
1,9			2 m						1,9	0,77				0,99				
2,0									2,0	0,75				0,99				
2,1									2,1	0,81				1,00				
2,2									2,2	0,82				1,00				
2,3									2,3	0,85				1,01				
2,4									2,4	0,87				1,01				
2,5									2,5	0,84				1,01				
2,6									2,6	0,86				1,01				
2,7									2,7	0,86				1,01				
2,8									2,8	0,86				1,01				
2,9			3 m						2,9	0,88				1,02				
3,0									3,0	0,91				1,02				
3,1									3,1	0,91				1,02				
3,2									3,2	0,91				1,02				
3,3									3,3									
3,4									3,4									
3,5									3,5									
3,6									3,6									
3,7									3,7									
3,8									3,8									
3,9			4 m						3,9									
4,0									4,0									
4,1									4,1									
4,2									4,2									
4,3									4,3									
4,4									4,4									
4,5									4,5									
4,6									4,6									
4,7									4,7									
4,8									4,8									
4,9			5 m						4,9									
5,0									5,0									

Report from application Dynamic Penetrometer v. 2.42 © skyraster.com

Torque wrench read out [Nm]

Remarks / comments to test

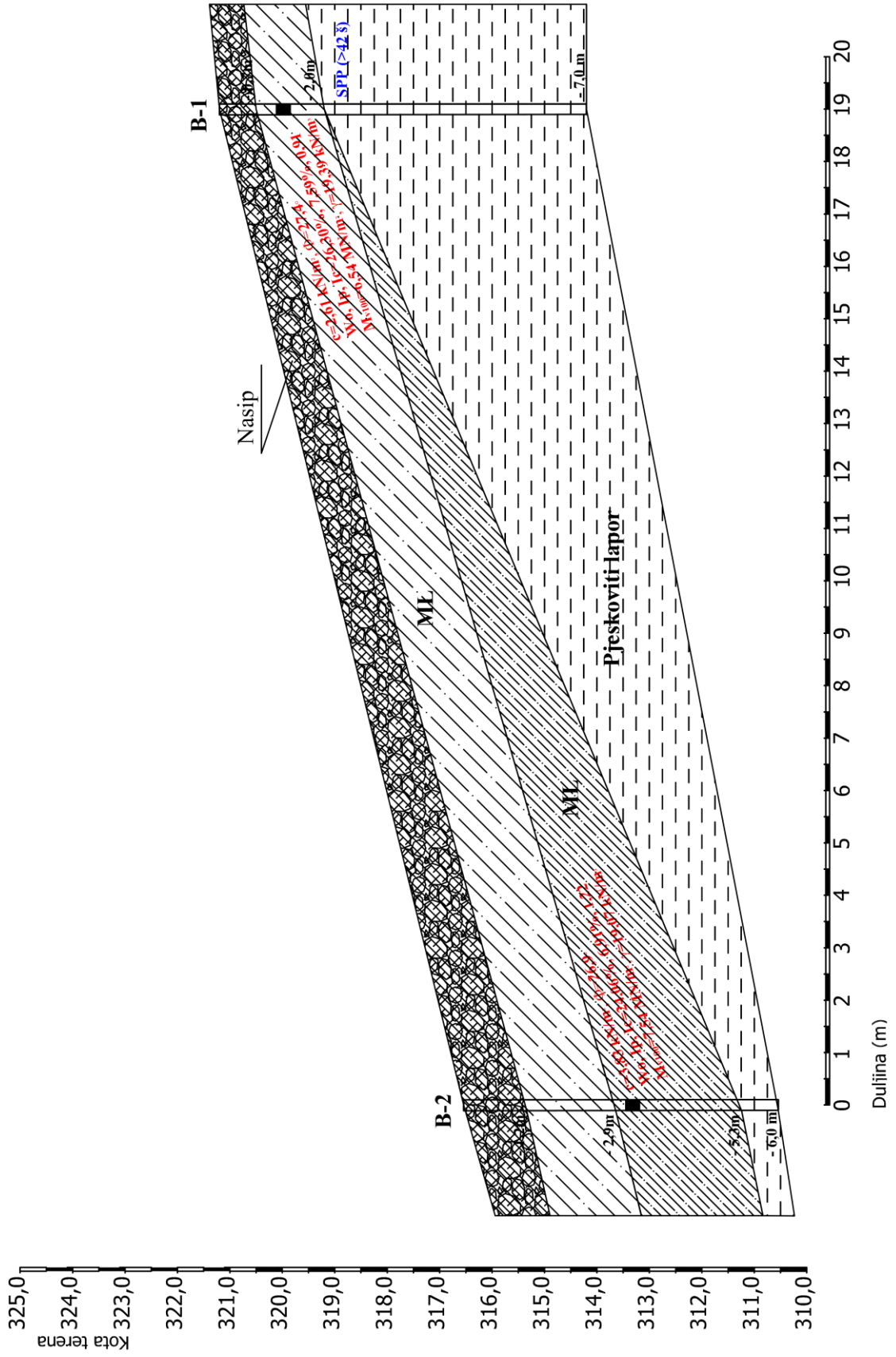
Test made by

**Marko Obrstar**

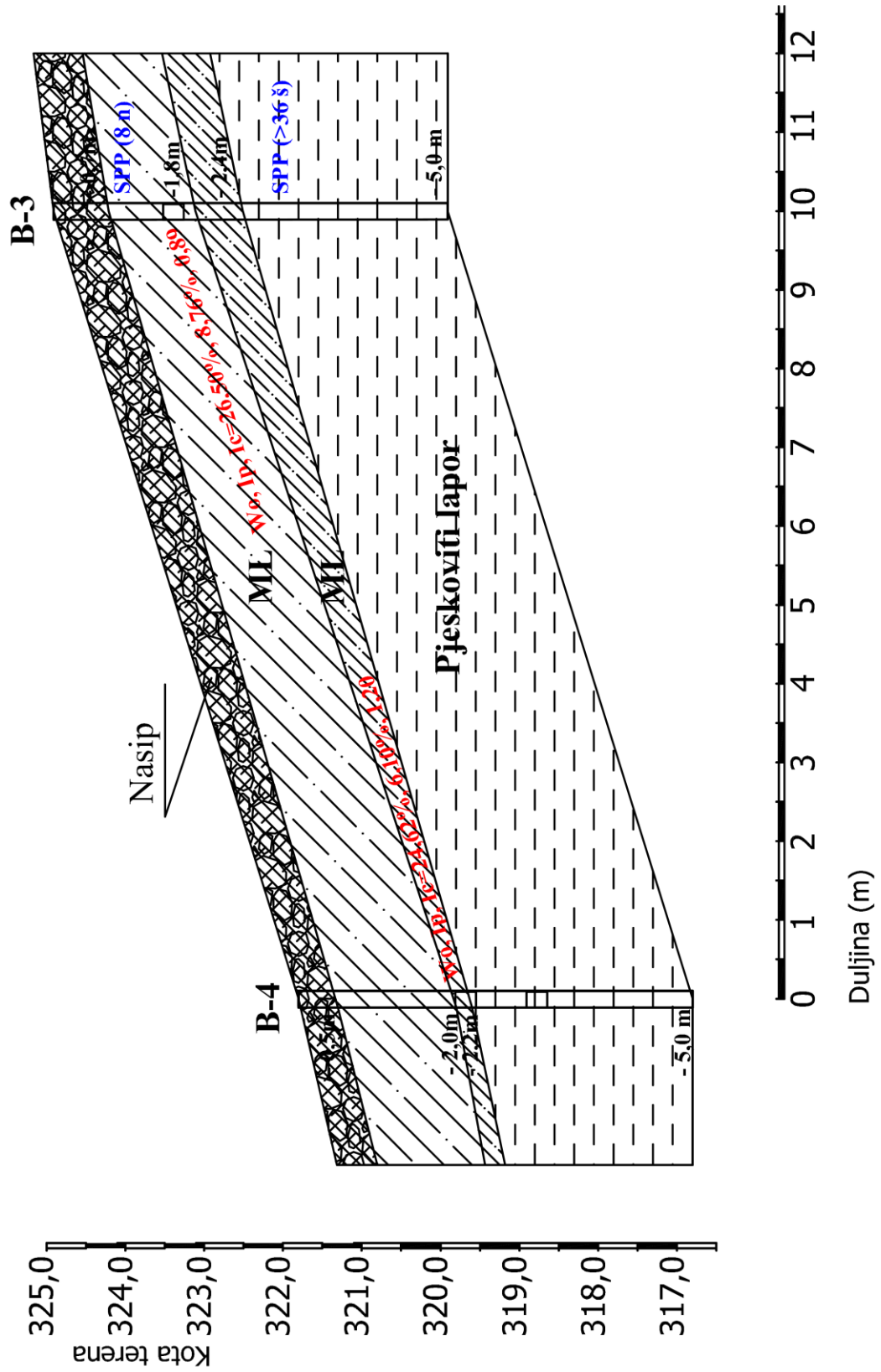
Made and verified by

**Miro Mikec**

# Geotehnički profil 1



Geotehnički profil 2



## OPIS BUŠOTINA:

### B-1

- 0,00 – 0,70 - Nasip od šljunka pomiješanog s prahom
- 0,70 – 2,00 - Smeđi prah niske plastičnosti  $I_p=7,59\%$ , kruto plastične konzistencije  $I_c=0,91$ , bez sjaja i bez mirisa
- 2,00 – 7,00 - Pjeskoviti lapor. Ima više od 42 udarca standardnim penetracijskim pokusom šiljkom (u rastrošenom dijelu sloja –površinski sloj)

Prilikom bušenja nije zabilježena pojava podzemne vode do dubine istražnih radova.

### B-2

- 0,00 – 1,20 - Nasip od šljunka pomiješanog s prahom
- 1,20 – 2,90 - Smeđi prah niske plastičnosti, kruto plastične konzistencije, bez sjaja i bez mirisa
- 2,90 – 5,30 - Smeđi prekonsolidirani laporoviti prah niske plastičnosti  $I_p=6,91\%$ , polukrute konzistencije  $I_c=1,22$ , bez sjaja i bez mirisa
- 5,30 – 6,00 - Pjeskoviti lapor

Prilikom bušenja nije zabilježena pojava podzemne vode do dubine istražnih radova.

### B-3

- 0,00 – 0,70 - Nasip od šljunka pomiješanog s prahom
- 0,70 – 1,80 - Smeđi prah niske plastičnosti  $I_p=8,76\%$ , kruto plastične konzistencije  $I_c=0,89$ , bez sjaja i bez mirisa. Ima 8 udaraca standardnim penetracijskim pokusom cilindrom
- 1,80 – 2,40 - Smeđi prekonsolidirani laporoviti prah niske plastičnosti, polukrute konzistencije, bez sjaja i bez mirisa
- 2,40 – 5,00 - Pjeskoviti lapor. Ima više od 36 udarca standardnim penetracijskim pokusom šiljkom (u rastrošenom dijelu sloja –površinski sloj)

Prilikom bušenja nije zabilježena pojava podzemne vode do dubine istražnih radova.

### B-4

- 0,00 – 0,50 - Nasip od šljunka pomiješanog s prahom

- 0,50 – 2,00 - Smeđi prah niske plastičnosti  $I_p=8,76\%$ , kruto plastične konzistencije  $I_c=0,89$ , bez sjaja i bez mirisa. Ima 8 udaraca standardnim penetracijskim pokusom cilindrom
- 2,00 – 2,20 - Smeđi prekonsolidirani laporoviti prah niske plastičnosti, polukrute konzistencije, bez sjaja i bez mirisa
- 2,20 – 5,00 - Pjeskoviti lapor. Ima više od 36 udaraca standardnim penetracijskim pokusom šiljkom (u rastrošenom dijelu sloja –površinski sloj)

Prilikom bušenja nije zabilježena pojava podzemne vode do dubine istražnih radova.

### 4.3. Laboratorijska ispitivanja

Na lokaciji buduće građevine nalazimo slojeve koherentnog tla. Uzeta su dva (2) neporemećena uzorka i tri (3) poremećena uzorka za laboratorijska ispitivanja.

Na neporemećenim uzorcima određeni su moduli stišljivosti edometarskim pokusom, parametri čvrstoće: kohezija i kut unutrašnjeg trenja u aparatu s izravnim posmikom, Atterbergove granice plastičnosti laboratorijskim statičkim penetrometrom, zapreminska težina i gustoća tla.

Na poremećenim uzorcima tla određene su Atterbergove granice plastičnosti laboratorijskim statičkim penetrometrom i vlažnost. Sva ispitivanja provedena su prema važećim standardima.

### 4.4. Geotehničke karakteristike tla

#### GEOTEHNIČKA SREDINA 1

##### Nasip

Nasip od šljunka pomiješanog s prahom.

Za sloj nasipa empirijski se na osnovu broja udaraca standardnog penetracijskog pokusa usvajaju slijedeći parametri:

- $c = 0,50 \text{ kN/m}^2$ ,
- $\Phi = 29,0^\circ$ ,
- $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$ ,
- $\gamma' = 8,00 \text{ kN/m}^3$ ,
- $M_v = 2,00 - 3,50 \text{ MN/m}^2$ . (na osnovu ispitivanja DPM-a)

#### GEOTEHNIČKA SREDINA 2

Prah niske plastičnosti, kruto plastične konzistencije (ML)

Ispod sloja nasipa na dubini većoj od 0,5 m (B-3), odnosno 1,2 m (B-2) se nalazi smeđi prah niske plastičnosti  $I_p=7,59 - 8,76\%$ , kruto plastične konzistencije  $I_c=0,89 - 0,91$ , bez sjaja i bez mirisa. Ima 8 uda raca standardnim penetracijskim pokusom cilindrom.

Laboratorijskim ispitivanjem neporemećenog uzorka tla dobiveni su sljedeći parametri za ovaj sloj:

- $c = 2,61 \text{ kN/m}^2$ ,
- $\Phi = 27,4^\circ$ ,
- $\gamma = 19,39 \text{ kN/m}^3$ ,
- $\gamma_d = 14,43 \text{ kN/m}^3$ ,
- $c_u = 41 - 84 \text{ kN/m}^2$  (dobiveno probama na jezgri tla iz ručne krilne sonde, otežano zbijanje krilca sonde u uzorak),
- $M_v = 1,08 - 11,10 \text{ MN/m}^2$

#### GEOTEHNIČKA SREDINA 3

##### Prekonsolidirani laporoviti prah niske plastičnosti, polukrute konzistencije (ML)

Na dubini većoj od 1,8 m (B-3), odnosno 2,9 m (B-2) se nalazi prekonsolidirani laporoviti smeđi prah niske plastičnosti  $I_p=6,10 - 6,91\%$ , polukrute konzistencije  $I_c=1,20 - 1,22$ , bez sjaja i bez mirisa.

Laboratorijskim ispitivanjem neporemećenog uzorka tla dobiveni su sljedeći parametri za ovaj sloj:

- $c = 3,83 \text{ kN/m}^2$ ,
- $\Phi = 26,9^\circ$ ,
- $\gamma = 19,07 \text{ kN/m}^3$ ,
- $\gamma_d = 14,00 \text{ kN/m}^3$ ,
- $M_v = 1,13 - 13,79 \text{ MN/m}^2$

#### GEOTEHNIČKA SREDINA 4

##### Pjeskoviti lapor

Na dubini većoj od 2,0 m (B-1), odnosno 5,3 m (B-2) se nalazi pjeskoviti lapor, žuto-smeđe boje. Ima više od 36 do 42 udarca standardnim penetracijskim pokusom šiljkom (u rastrošenom dijelu sloja –površinski sloj).

Terenskim ispitivanjem te provedenim postupkom ocjene stijenske mase programom RocLab dobiveni su sljedeći parametri za ovaj sloj:

- $c = 50,00 \text{ kN/m}^2$ ,
- $\Phi = 32^\circ$ ,
- $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$ ,
- $\gamma_d = 14,00 \text{ kN/m}^3$ ,
- $M_v = < 50,00 \text{ MN/m}^2$

U sloju pjeskovitog lapora su završene sve bušotine. Prilikom bušenja nije zabilježena pojava podzemne vode do dubine istražnih radova.

#### 4.5. Proračun postojećeg i saniranog stanja klizišta

Parametar	GS 1 ** Nasip	GS 2 * Prah niske plastičnosti, kruto plastične konzistencije (ML)	GS 3 * Prekonsolidirani prah niske plastičnosti, polukrute konzistencije (ML)	GS 4 *** Pjeskoviti lapor
$c \text{ (kN/m}^2\text{)}$	0,5	2,61	3,83	30,0
$\Phi \text{ (}^\circ\text{)}$	29,0	27,4	26,9	31,0
$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	18,0	19,39	19,07	21,0
$\gamma' \text{ (kN/m}^3\text{)}$	8,0	9,39	9,07	11,0
$M_v \text{ (MN/m}^2\text{)}$	3,0	6,54	7,54	<50
<u>Srednja</u> dubina sloja (m)	0,80	2,20	2,50	4,0

GS – Geotehnička sredina

\*Parametri su dobiveni na temelju laboratorijskih ispitivanja provedenih u sklopu ovog elaborata.

\*\*Parametri su dobiveni na temelju terenskih ispitivanja provedenih u sklopu ovog elaborata te iskustva.

\*\*\* Parametri su dobiveni na temelju terenskih ispitivanja i programskim paketom Roc Lab.

Tablica 1. Odabrani ulazni parametri za provedbu računskih analiza



Za sve materijale još je pretpostavljeno:

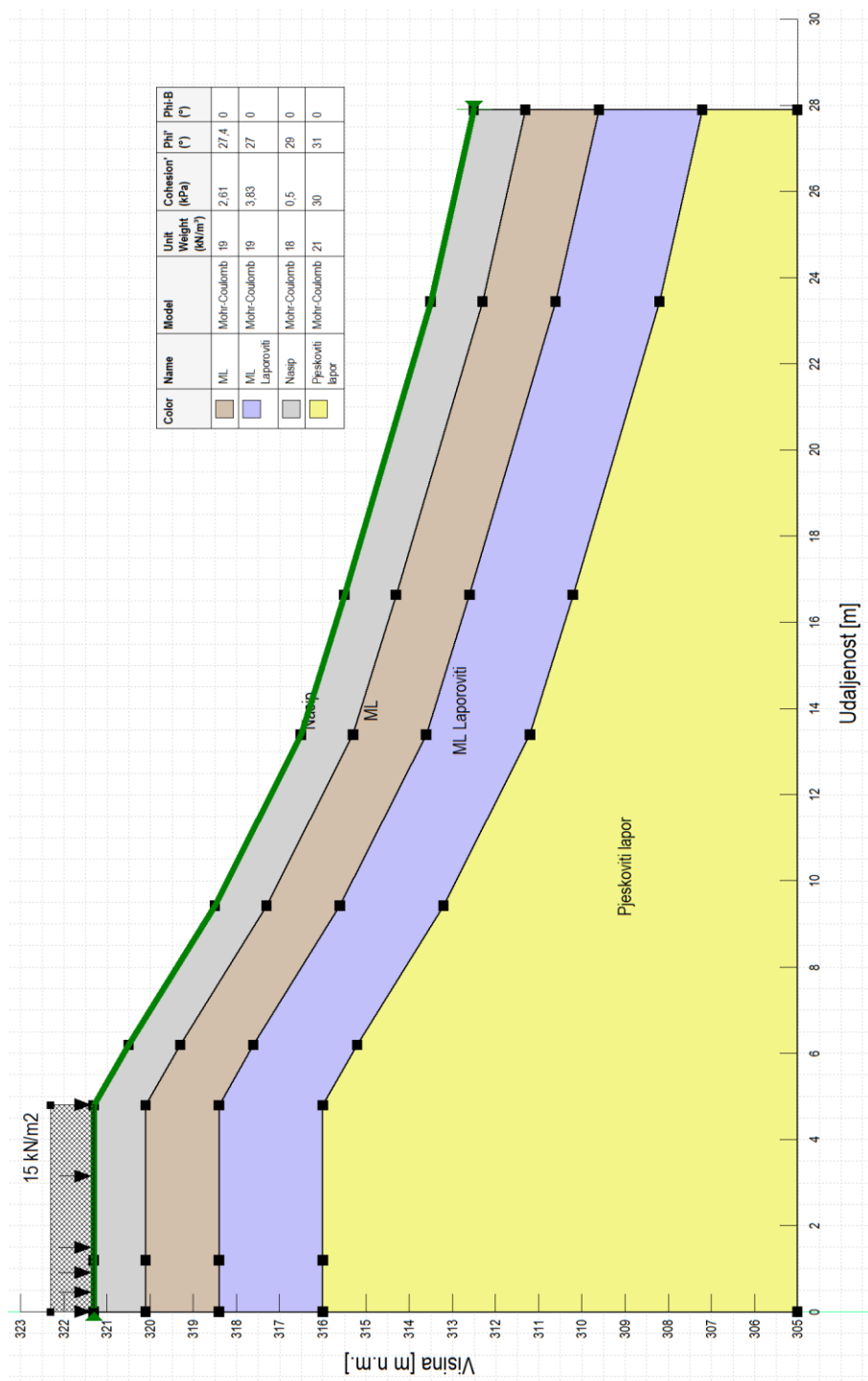
- porozitet  $n = 0,35$
- Poissonov koef  $\nu = 0,3$

Parametar tla	Parc. koeficijenti	
	Simbol	Iznos (za skupinu M2)
Kut unutarnjeg trenja <sup>a</sup>	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Efektivna kohezija	$\gamma_{c'}$	1,25
Nedrenirana posmična čvrstoća	$\gamma_{cu}$	1,40
Jednoosna tlačna čvrstoća	$\gamma_{qu}$	1,40
Obujamska težina	$\gamma_t$	1,00

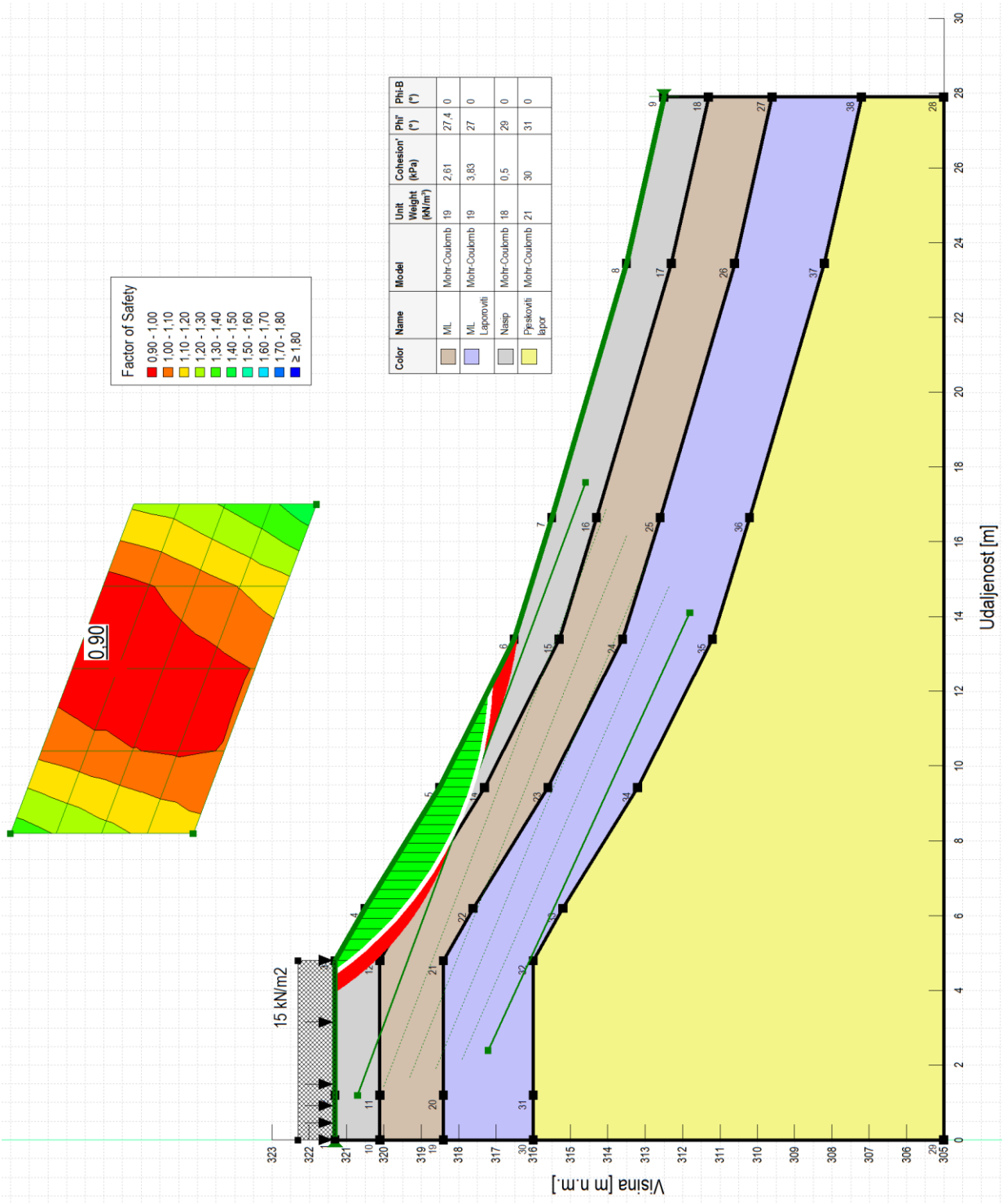
*Tablica 2. Parcijalni koeficijenti za parametre tla*

U nastavku je prikazan numerički proračun proveden na modelu klizišta te proračun zamjene materijala u pokosu ispod prometnice kao odabranog rješenja također na modelu. Za model je odabran kritični presjek kroz klizište, a sve na temelju geomehničkih istraživanja te dobivenih geotehničkih sredina na temelju terenskih i laboratorijskih istražnih radova.

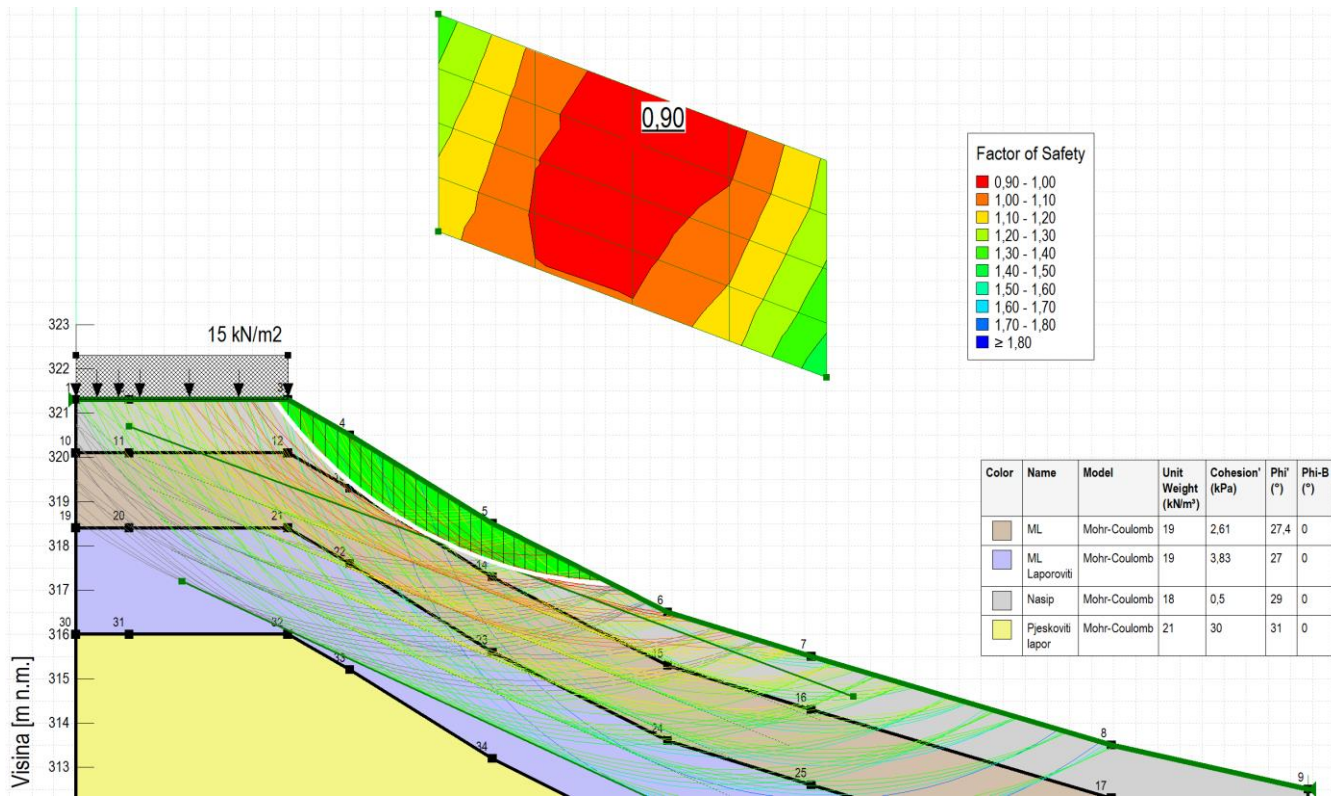
# PRORAČUN POSTOJEĆEG STANJA



Za zadani profil nametnuto je prometno opterećenje na cestu (kompletni profil)



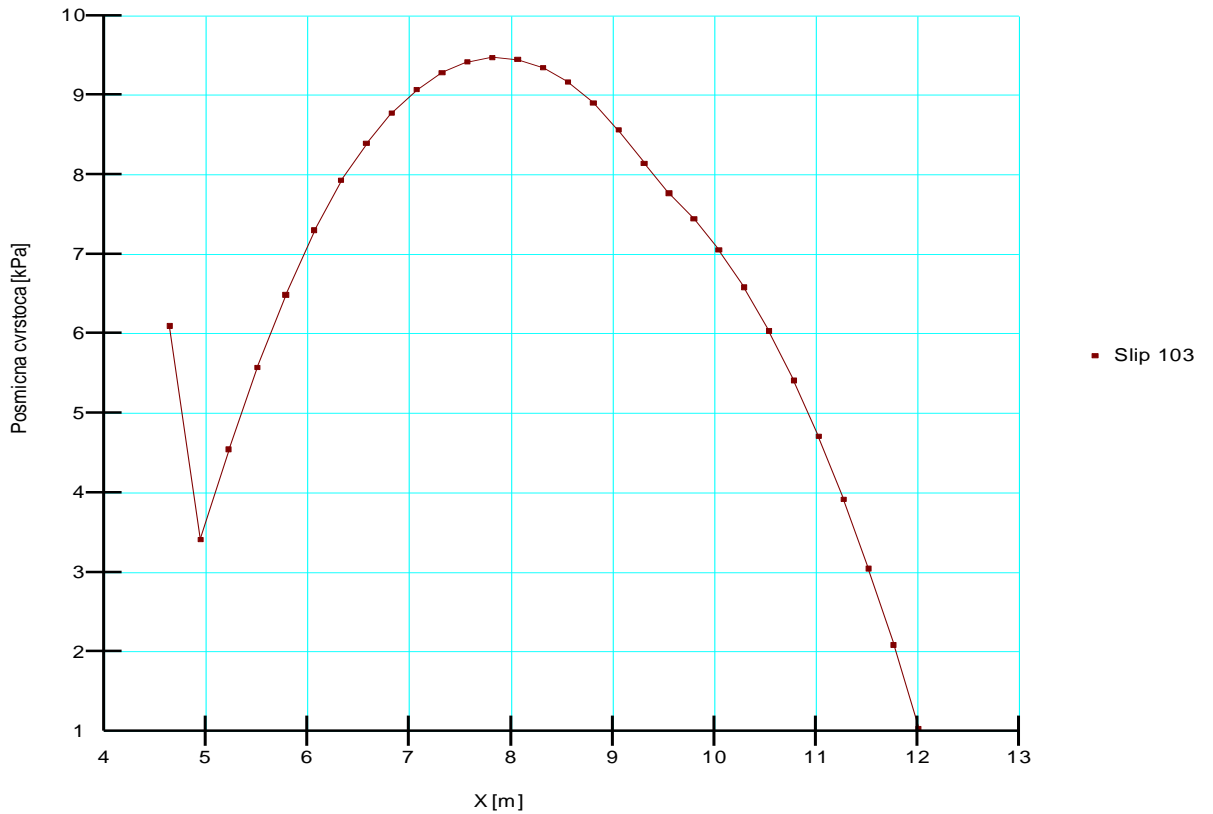
Rješenje za postojeće stanje,  $F_s = 0,90 < 1,50$



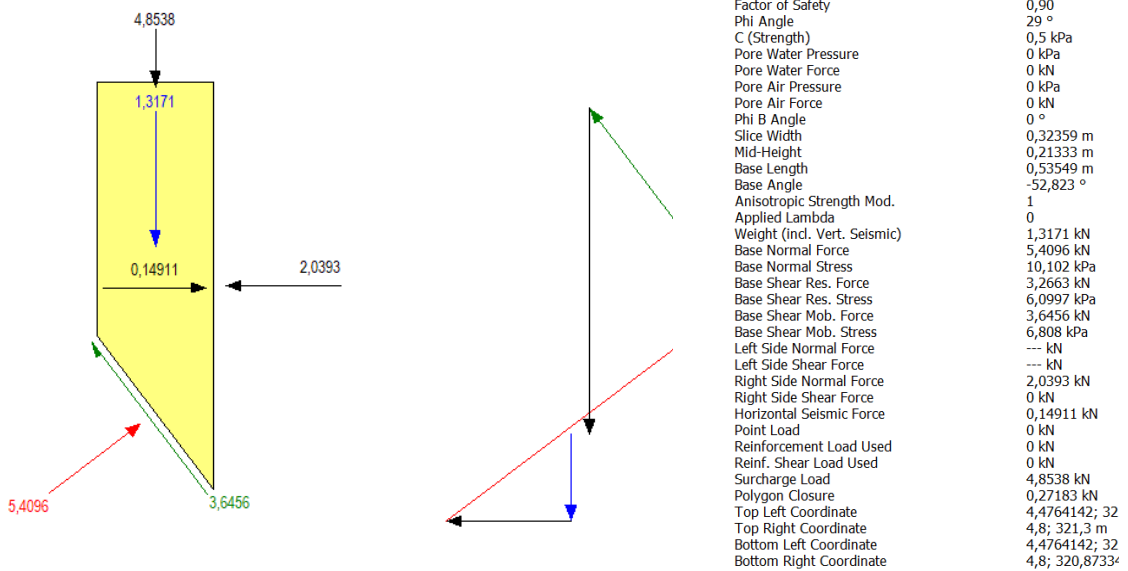
Rješenje za postojeće stanje,  $F_s = 0,90 < 1,50$

Prema proračunu vidljivo je da postojeće stanje ne zadovoljava, odnosno da je faktor sigurnosti padine 0,90 a kritičnom kliznom plohom je zahvaćena i lokalna cesta. Proračunsko stanje odgovara u svemu i stanju na terenu.

### Posmik na kritičnoj kliznoj plohi



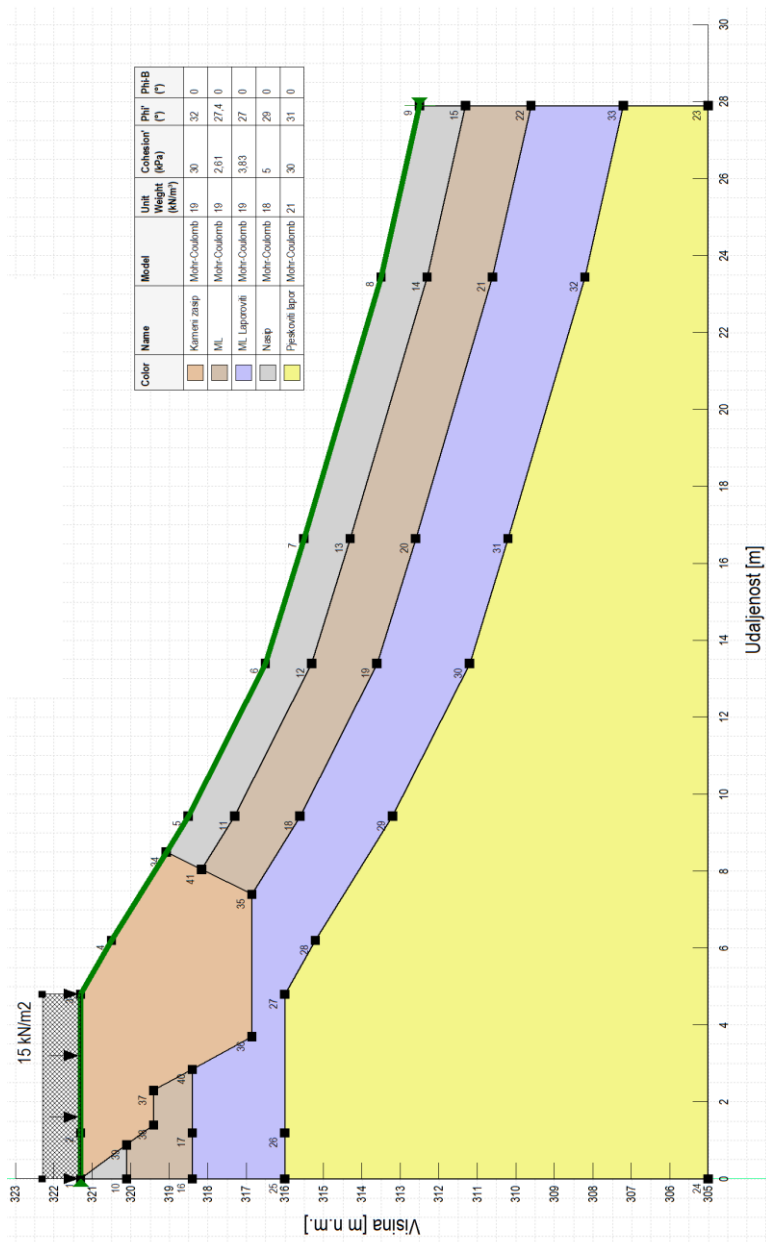
### Posmična čvrstoća po kritičnoj kliznoj plohi br. 103



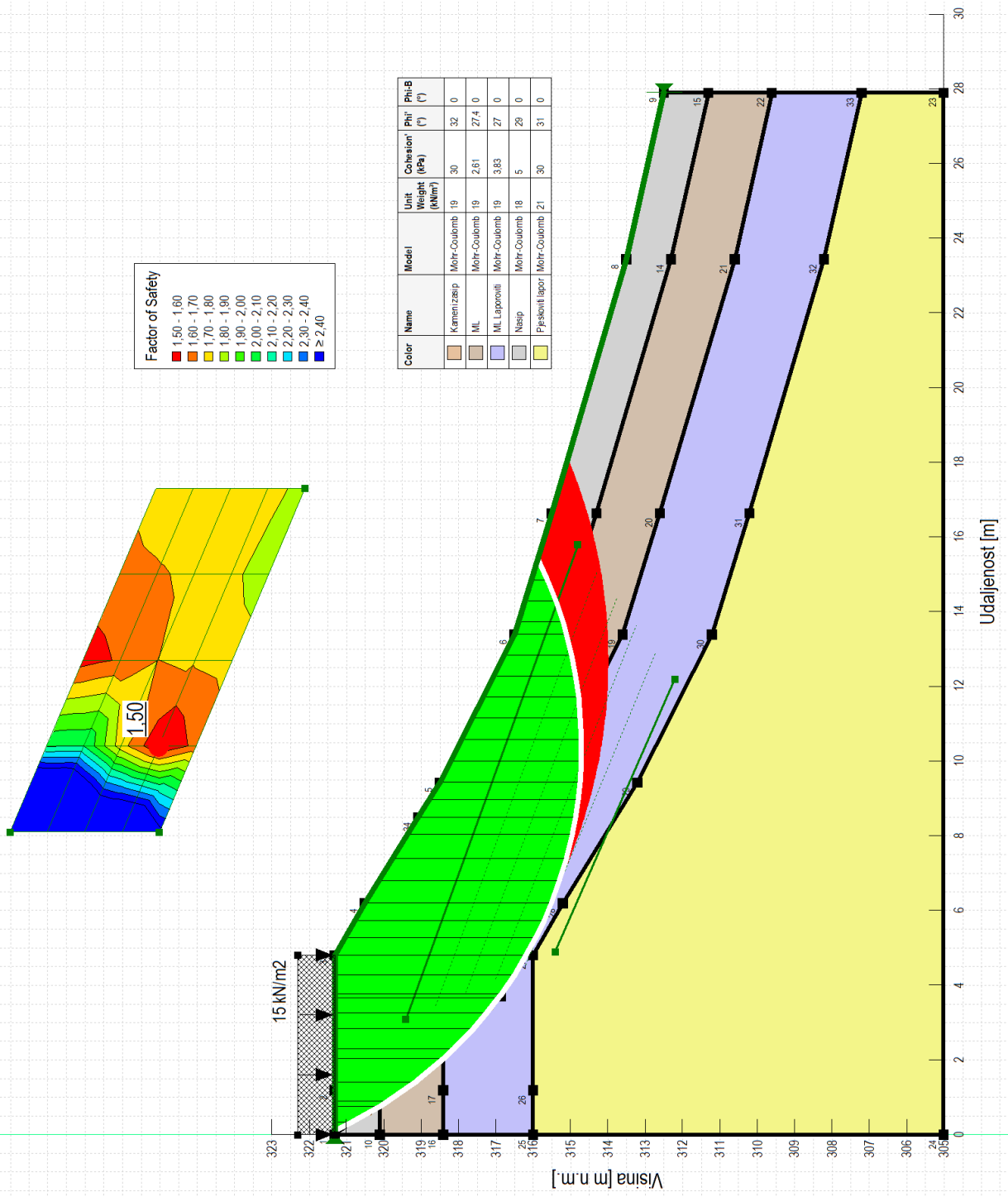
Poligon sila kritične klizne plohe 103 ( $F_S = 0,90$ ) sa pripadajućim podacima

## PRORAČUN SANIRANOG STANJA

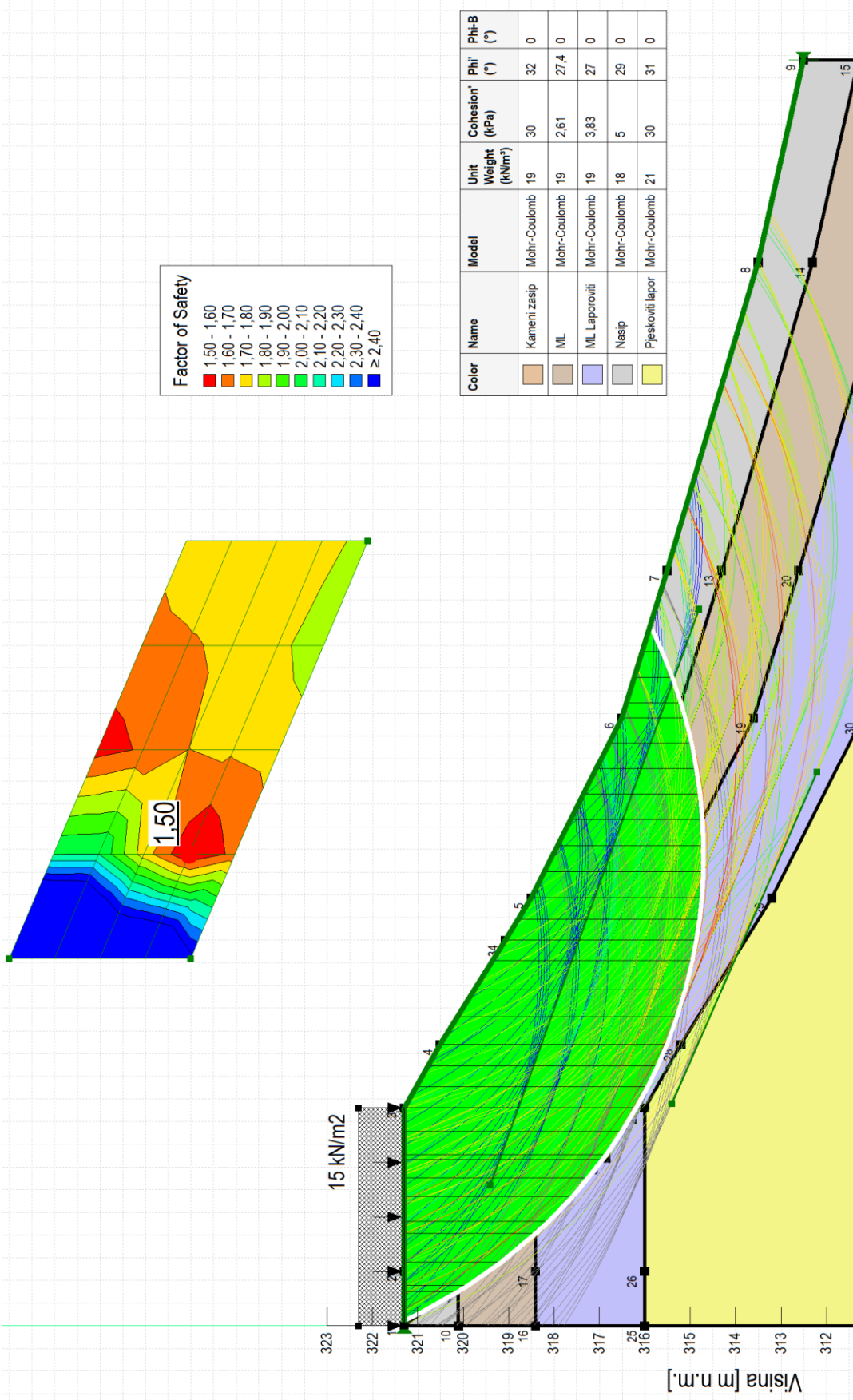
Predloženim zahvatom sanacije su se u podlogu ceste ugradili nosivi slojevi (prema priloženom presjeku i grafičkim priložima) te se tako podignula nosivost ceste. Zamjena materijala zahvatiti je trebala i cestovnu padinu dok je prometnicu potrebno sanirati. Na lokaciji klizišta prema rezultatima geotehničkih ispitivanja potrebno je bilo izvesti potporna konstrukciju u obliku kamenog nasipa kojim će se drenirati temeljno tlo i stabilizirati padina. Nasipna potporna konstrukcija izvodila se na južnoj nizbrježnoj strani županijske ceste na potezu duljine cca 40 + 40 m. Zbog strme konfiguracije terena i slabijih karakteristika temeljnog tla u površinskom sloju, nožica kamenog nasipa je ukopana u sloj visoko plastične laporovite gline dobrih geomehaničkih karakteristika.



Model rješenja sa zamjenom materijala u podbriježnoj strani ceste (kompletan profil)



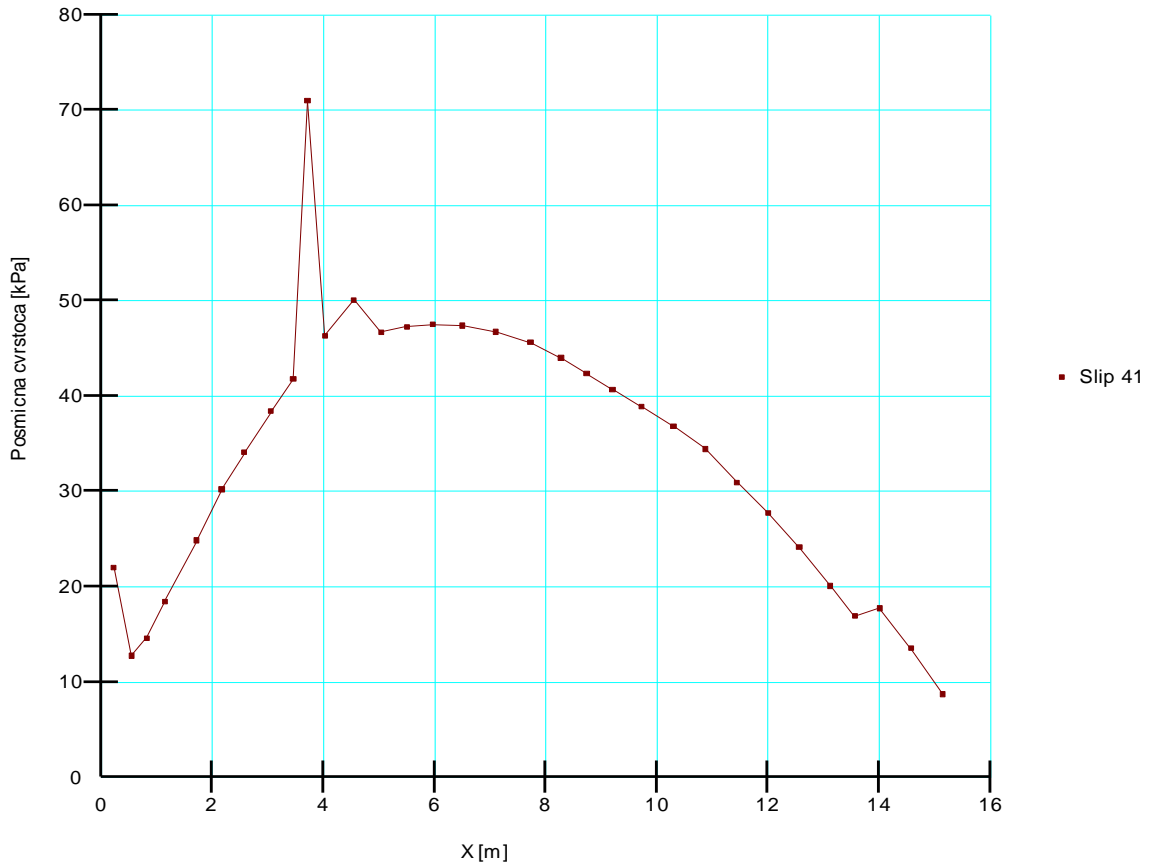
Rješenje za sanirano stanje,  $F_s = 1,50$



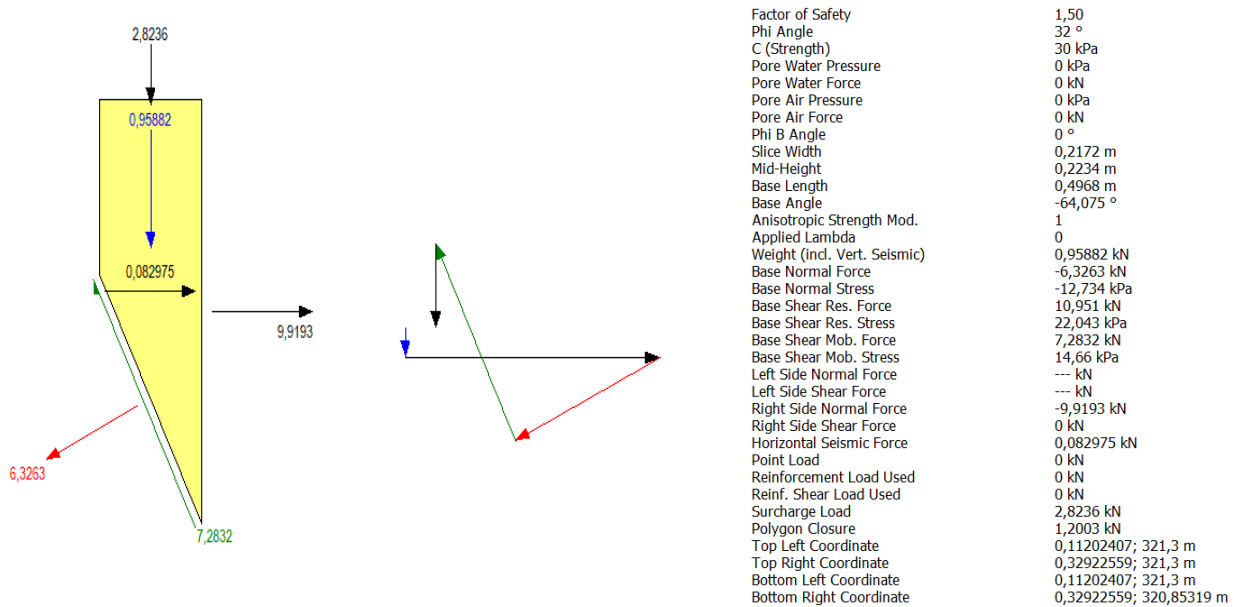
Rješenje za sanirano stanje,  $F_s = 1,50$



### Posmik na kritičnoj kliznoj plohi



### Posmična čvrstoća po kritičnoj kliznoj plohi br. 41



Poligon sila kritične klizne plohe sa pripadajućim podacima

#### **4.6. Model rješenja sanacije klizišta**

Predloženim zahvatom sanacije će se u podlogu ceste ugraditi nosivi slojevi (prema priloženom presjeku i grafičkim priložima) te će se tako podignuti nosivost ceste. Zamjena materijala treba zahvatiti i cestovnu padinu dok je prometnicu potrebno sanirati. Na lokaciji klizišta prema rezultatima geotehničkih ispitivanja potrebno je izvesti potpurnu konstrukciju u obliku kamenog nasipa kojim će se drenirati temeljno tlo i stabilizirati padina. Nasipna potporna konstrukcija izvodi se na istočnoj niz briježnoj strani županijske ceste na po tezu duljine cca 40+40 m. Zbog strme konfiguracije terena i slabijih karakteristika temeljnog tla u površinskom sloju, nožica kamenog nasipa bit će ukopana u sloj visoko plastične laporovite gline dobrih geomehničkih karakteristika.

Da bi obnovu bilo moguće izvesti, potrebno je izvršiti stepeničasti iskop prašinastog materijala niske plastičnosti do dubine oko 3,0 m te pristupiti nasipavanju drobljenim kamenim materijalom koji će poslužiti kao oslonac na padini i na taj način stabilizirati klizište.

Klizište zahvaća dva dijela cesta, sjeverni i južni i kao takvo je podijeljeno na sjevernu i južnu sanaciju. Sa nacija zahvaća zamjenu materijala do čvrste podloge – laporovite gline dobrih geomehničkih karakteristika.

Južni dio sastoji se od iskopa za ugradnju kamenog materijala te se izvodi u dvije stepenice u nagibu 2:1 (prva visine 1.05 m, širine 1,70 m i druga visine 2.70 m, širine 3,20 m.). U izvedeni stepeničasti iskop ugrađuju se lomljeni kameni blokovi granulacije 0-100 mm zbijanog do 50 MPa u slojevima od 40 cm.

Sjeverni dio sastoji se od iskopa za ugradnju kamenog materijala te se izvodi u jednoj stepenici u nagibu 2:1 (visine 2,6 m, širine 4,6 m). U izvedeni stepeničasti iskop ugrađuju se lomljeni kameni blokovi granulacije 0 100 mm zbijanog do 50 MPa u slojevima od 40 cm.

U tijelo nasipa ugradit će se sustav drenažnih cijevi za prihvata i odvodnju oborinske i procjedne vode te će se ista ispustiti izvan zone klizišta sustavom površinske odvodnje. Sustav drenaže obuhvaća ugradnju drenažnih cijevi DN250 duljine 112 m na dno kamenog nasipa. Drenažne cijevi spajaju se na revizijska okna RO1 i RO2, a ispust drenaže predviđen je sa drenažnim cijevima DN315 duljine 4,3 m i trapez konusnim kanalicama 65/32/50 cm ukupne duljine 5 m. Dimenzije konusnih kanalicama moguće je prilagoditi stanju i na gibu terena nakon sanacije, sve prema odobrenju projektanta i nadzornog inženjera. Odvodnja lokalne ceste osigurat će se rigolima, betonskim cestovnim rubnjacima te slivnicima koji će se spojiti na sustav drenaže kamenog nasipa. Svrha sustava odvodnje je prikupljanje površinske i oborinske vode sa ceste i padine, dreniranje prostora ceste te stabilizacija klizišta.

## 4.7. Opis i redoslijed radova

Odvijanje radova na sanaciji predmetnog klizišta može se generalno podijeliti na sljedeće:

- pripremni radovi
- geodetski radovi
- zemljani radovi (iskop i formiranje radne etaže)
- radovi na odvodnji potporne konstrukcije (ugradnja drenaža)
- radovi na nasipavanju tijela potporne konstrukcije
- završni radovi

Pripremni radovi obuhvaćali su sječenje šiblja i stabala svih dimenzija, odsijecanje granja, rezanje stabala i debelih grana na dužine pogodne za prijevoz, vađenje korijenja, te starih panjeva i panjeva novo posječenih stabala, zatim odnošenje svega posječenoga izvan profila ceste. Udubine od izvađenih panjeva trebale su se zapuniti istim materijalom kakav je na okolnom terenu te izvesti zbijanje do propisane zbijenosti.

Geodetski radovi obuhvaćali su radove na iskolčenju trase i objekta. Sva geodetska mjerenja kojima se podaci iz projekta prijenose na teren, iskolčenje objekta, profiliranje, obnavljanje i održavanje iskolčenih oznaka na terenu za vrijeme građenja, sve do predaje naručitelju. Također su obuhvaćali izradu projekta izvedenog stanja.

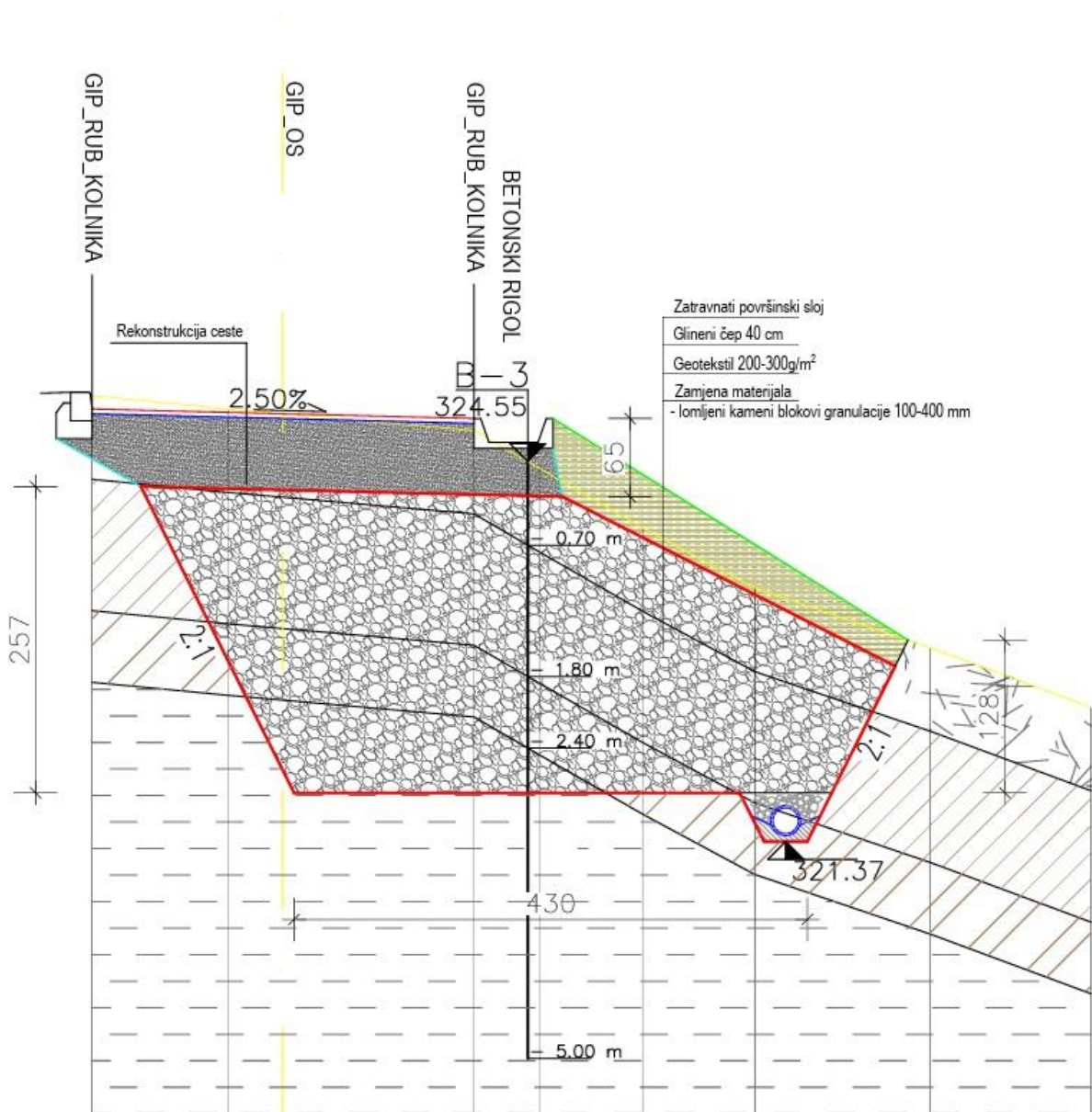
Zemljani radovi obuhvaćali su iskop tla „B“ i „C“ kategorije. Iskopani materijal morao se odvesti i deponirati na obližnju deponiju. Iskopani materijal se zamjenjivao kamenim materijalom. U iskop koji je bio stepeničasti ugrađivao se lomljeni kamen granulacije 0-100mm koji je trebao postići potrebnu zbijenost od 60MPa na svakih 40cm ugrađenog materijala. Prije ugrađivanja kamena potrebno je bilo postaviti geotekstil na pripremljeno tlo i pokos iskopa građevinske jame.

Radovi na odvodnji potporne konstrukcije uključivale su izradu drenaže, revizijskog okna, priključnih cijevi drenaže, rubnjaka, slivnika i vertikalnih betonskih glava na ispustu.

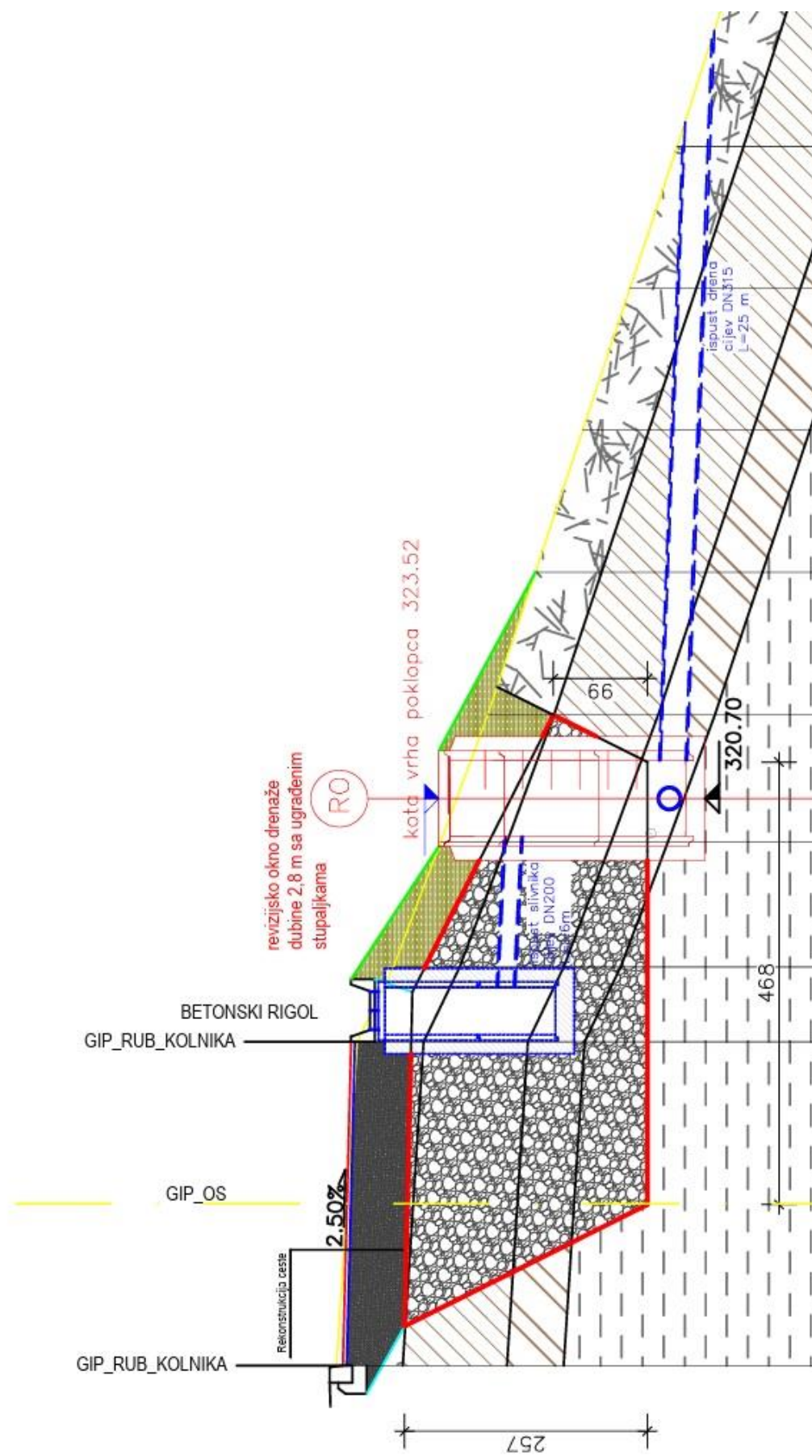
Radovi na nasipavanju tijela potporne konstrukcije obuhvaćali su ugradnju materijala, planiranje i zbijanje do potrebne zbijenosti i asfaltiranja. Asfaltirao se jedan sloj asfalta AC 16 SURF za srednje prometno opterećenje u sloju od 7cm.

Završni radovi uključivali su čišćenje zone obuhvata radova, sadnju trave i sadnju grmolikog bilja po pokosu klizišta i vraćanje okolnog okoliša u prvobitno stanje.

#### 4.8. Izvođenje radova sanacije prema projektnom rješenju



Slika.22. Poprečni presjek saniranog glazišta



Slika.23. Poprečni presjek saniranog klizišta sa revizijskim oknom i slivnikom



*Slika.24. iskop materijala*

Slika 24. prikazuje iskop zemljanog materijala koji se zamjenjivao šljunčanim materijalom i vibropločama i valjkom nabijao i valjao u etapama sve do dobivene potrebne zbijenosti. U donjem desnom uglu slike vidimo RO1 koje se postavilo prije iskopa na pripremljenu betonsku podlogu. U RO spojene je drenažna cijevi i slivnička odvodna cijev. Iz RO1 cijev koja odvodi dolaznu vodu van klizišta, sve do slapišta.



*Slika.25. zamjena iskopanog materijala šljunčanim materijalom na pripremljenu podlogu obloženom geotekstilom*

Na slici 25. nakon gotovog iskopa, slijedila je zamjena materijala koja se odradila na način prikazan na slici. Ugrađivao se geotekstil za sprječavanje mješanje materijala. U donjem lijevom kutu vidi se kameni materijal 4/8 granulacije, a ispod njega su postavljene drenažne cijevi koje vode u revizijsko okno.



*Slika.26. Unutrašnjost reviziskog okna*





*Slika.27. Ugradnja nosivog materijala u kolničku konstrukciju 1*



*Slika.28. Ugradnja nosivog materijala u kolničku konstrukciju 2*



*Slika.29. stanje klizišta prije asfalta*

Slika 27. i slika 28. nam prikazuju uređenje kolničke konstrukcije u koju se ugrađivao šljunčani materijal. Prije potpunog planiranja i uređenja kolničke konstrukcije kolnika, morao se ugraditi sustav odvodnje pomoću rubnika, rigola, betonskih kanalice i slivnika koje vidimo na slici 29. koja nam također prikazuje stanje kolnika koji uz još dodatnog nabijanja i valjanja spreman za asfalt.



*Slika.30. Uređeni pokos klizišta*

Pokos klizišta morao se urediti i poplanirati zemljom na koju se morala posijati trava. Na slici 30. vidimo pokos prije izrasle trave, dok nam slika 31. i 32. prikazuju pokos potpuno uređen sa izraslom travom i gotovim završenim klizištem.



*Slika.31. prikaz sadašnjeg stanja saniranog klizišta 1*



*Slika.32. prikaz sadašnjeg stanja saniranog klizišta 2*

## 5. ZAKLJUČAK

Klizenje je pojava nakon koje nam kao posljedica ostaju klizišta. Klizišta su dio padine na kojem je zbog poremećaja stabilnosti došlo do klizanja tla. Klizenje tla može biti posljedica prirodnog procesa oblikovanja reljefa ili posljedica ljudskog nemara i aktivnosti kod narušavanja stabilnosti padine. Klizišta su zastupljena svugdje po svijetu i predstavljaju probleme što se tiče ekonomskih gubitaka ili socijalnih gubitaka bilo to na privatnim ili javnim dobrima. Voda je jedan od glavnih uzroka nastanka klizišta. Aktivira se tijekom otapanja snijega, promjeni razini podzemne vode i intenzivnih oborina.

U ovome radu objašnjeno je što su klizišta. Pokazali smo koji su dijelovi klizišta i kakve tipove klizanja postoje. Povezali smo aktivnost klizišta s obzirom na brzinu kretanja klizišta i koji su materijali i uzroci klizanju. Objašnjeno je kako prepoznati klizište i kako ga je potrebno sanirati dreniranjem, modifikacijom geometrije padine, određenim potpornim konstrukcijama i unutarnjim ojačanjima padine. Kao primjer klizišta i inženjerskog istraživanja u ovom radu prikazali smo klizište koje se aktiviralo u naselju Gornja Voća.

Na predmetnoj lokaciji provedeni su terenski istražni radovi, a svrha istražnih radova bila je dobivanje uvida u sastav tla na prostoru nastalog klizišta. Problematika klizišta bila su puknuća na cesti, velike klizne plohe na kosinama klizišta. Zaključilo se da je uzrok klizanja/puzanja kombinacija određenih faktora: geološka i geotehnika nepovoljna građa (nepropusna podloga u podini dok su tanke krovne naslage slabo propusne na dijelovima jače propusne), neadekvatna i nepostojeća odvodnja površinskih voda, vrsti materijala u tijelu ceste i klizišta te prometovanja (opterećenju) cestom. Petrinjski potres (prosinac 2020.) dodatno je negativno djelovao na tijelo klizišta, tako da je povećao i stvorio dodatne horizontalne sile te time povećao opterećenje na tijelo klizišta, smanjio posmičnu čvrstoću na kontaktima slojeva u tijelu klizišta, povećao pukotine u tijelu klizišta te tako omogućio više nakupljanja oborinskih voda (kiša, snijeg, vlaga), te povećao saturaciju tla, horizontalnim ubrzanjem dodatno „povećao“ masu klizišta a time i opterećenja te tako omogućio dodatne pomake tla (klizenje i puzanje).

Istražnim radom i dobivanjem podataka iz istražnih bušotina predloženi zahvat sanacije bio je da se u podlogu ceste ugradi nosivi slojevi kamenog materijala da se tako podigne nosivost ceste. Zamjenom materijala trebalo je zahvatiti i cestovnu padinu dok je prometnicu bilo potrebno sanirati. Da bi obnovu bilo moguće izvesti, potrebno je bilo izvršiti stepeničasti iskop prašinastog materijala niske plastičnosti do dubine oko 3,0 m te pristupiti nasipavanju drobljenim kamenim materijalom koji je poslužio kao oslonac na padini i na taj način

stabilizirao klizište. U tijelo nasipa bilo je potrebno ugraditi sustav drenažnih cijevi za prihvat i odvodnju oborinske i procjedne vode te da se ta ista voda ispusti izvan zone klizišta sustavom površinske odvodnje. Sustav drenaže obuhvaćao je ugradnju drenažnih cijevi DN250 duljine 112 m na dno kamenog nasipa. Drenažne cijevi spajale su se na revizijska okna RO1 i RO2, a ispus drenaže predviđen je sa drenažnim cijevima DN315 duljine 4,3 m i trapez konusnim kanalicama 65/32/50 cm ukupne duljine 5 m. Dimenzije konusnih kanalisa trebalo je prilagoditi stanju i nagibu terena nakon sanacije, sve prema odobrenju projektanta i nadzornog inženjera. Odvodnja lokalne ceste osigurala se rigolima, betonskim cestovnim rubnjacima te slivnicima koji su se spojila na sustav drenaže kamenog nasipa. Svrha sustava odvodnje je prikupljanje površinske i oborinske vode sa ceste i padine, dreniranje prostora ceste te stabilizacija klizišta.

Klizište je danas sanirano i uspješno je obavljeno bez drugih pomaka i klizanja novo sanirane padine. Zaključili smo da se u većini slučajeva sva klizišta se mogu spriječiti ili sanirati. Naravno da je tu i pitanje financijske mogućnosti i prvobitnost je saniranje klizišta u kojem su ugrožene građevine i ljudi. Saniranje klizišta nije jednostavan, lak i brz posao. Za saniranje klizišta potrebno je obratiti se stručnim osobama kao što su inženjeri geologije i građevine.

## 6. Popis slika

- [1] Slika.1. Prikaz uzroka klizanja tla
- [2] Slika.2. Prikaz dijelova klizišta
- [3] Slika.3. Prikaz klizanja
- [4] Slika.4. Prikaz tečenja
- [5] Slika.5. Prikaz odronjavanja
- [6] Slika.6. Prikaz prevrtanja
- [7] Slika.7. Prikaz bočnog razmicanja
- [8] Slika.8. Stanja aktivnosti prevrtanja klizišta.
- [9] Slika.9. Brzina kretanja klizišta .
- [10] Slika.10. Dreniranje vode kroz cijev
- [11] Slika.11. Primjeri izvedbe kopanih drenova
- [12] Slika.12. Bušeni dren
- [13] Slika.13. Tri načina modificiranja klizišta
- [14] Slika.14. Gabionski zid
- [15] Slika.15. Poprečni presjek prometnice napravljen na gabionskoj potpronoj konstrukciji
- [16] Slika.16. Prikaz sanacija klizišta kombinacijom pilota i potpornog zida
- [17] Slika.17. Odvodnja kombinacijom nadzemnih i probušenih odvoda i kontrafora od krupnozrnatih materijala
- [18] Slika.18. Zasipani potporni zidovi s proračunskim dimenzijama
- [19] Slika.19. Četiri metode unutanjih ojačanja padina
- [20] Slika.20. Pozicija predmetnog klizišta na topografskoj karti
- [21] Slika.21. Položaj izvedenih bušotina na protokliznoj cesti te pribriježnoj strani ceste
- [22] Slika.22. Poprečni presjek saniranog klizišta
- [23] Slika.23. Poprečni presjek saniranog klizišta sa revizijskim oknom i slivnikom



[24] Slika.24. Iskop materijala

[25] Slika.25. Zamjena iskopanog materijala šljunčanim materijalom na pripremljenu podlogu obloženom geotekstilom

[26] Slika.26. Unutrašnjost reviziskog okna

[27] Slika.27. Ugradnja nosivog materijala u kolničku konstrukciju 1

[28] Slika.28. Ugradnja nosivog materijala u kolničku konstrukciju 2

[29] Slika.29. stanje klizišta prije asfalta

[30] Slika.30. Uređeni pokos klizišta

[31] Slika.31. Prikaz sadašnjeg stanja saniranog klizišta 1

[32] Slika.32. Prikaz sadašnjeg stanja saniranog klizišta 2

## 7. Literatura

- [1] Projekt sanacije klizišta na lokalnoj i županijskoj cesti LC2044
- [2] Mihalić. S. (2008) Geodinamički procesi i pojave – predavanje, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu – Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb
- [3] Nonveiller, E., (1982): Mehanika tla i temeljenje građevina, Školska knjiga, Zagreb
- [4] Roje-Bonacci, T. (2014): Zaštita kosina i sanacija klizišta, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu
- [5] Roje-Bonacci, T. (2012). Zemljani radovi. Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije. Sveučilište u Splitu.
- [6] Terzaghi, K. (1950). Mechanism of Landslides. Application of Geology to Engineering Practice. Berkeley, Geological Society of America,
- [7] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Klizi%C5%A1te>
- [8] <https://www.geotech.hr/vrste-i-elementi-klizista/>

Sveučilište  
SjeverSVEUČILIŠTE  
SJEVER

## IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički 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, REMATO VESELMIK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SANACIJA KUZIŠTA NA ŽUPANIJSKOJ CESTI U GORMI VOĆI (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

REMATO VESELMIK  
(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.