

# Sanacija klizišta na županijskoj cesti u Stubičkim Toplicama

---

**Siketić, Nenad**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:468034>

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

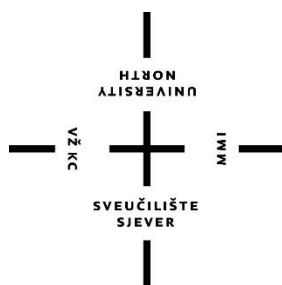
*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

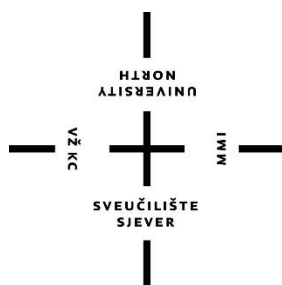
Završni rad br. 444/GR/2022

## Sanacija klizišta na županijskoj cesti u Stubičkim Toplicama

3577/336

Varaždin, rujan 2022.





# Sveučilište Sjever

**Odjel za graditeljstvo**

**Završni rad br. 444/GR/2022**

**Sanacija klizišta na županijskoj cesti u Stubičkim Toplicama**

**Nenad Siketić**

**3577/336**

**doc.dr.sc. Matija Orešković**

Varaždin, rujan 2022. godine



## PREDGOVOR

Najveća zahvala mojem mentoru, doc.dr.sc.Matiji Oreškoviću na iskazanom povjerenju, interesu za ovaj završni rad, stručnoj pomoći i brojnim savjetima da napišem rad te na uloženom vremenu i trudu.

Također zahvaljujem i svim ostalim profesorima Odjela za graditeljstvo Sveučilišta Sjever na pomoći i savjetima tijekom mogega studiranja.

Posebno zahvaljujem svojoj obitelji na podršci i pomoći tijekom mogega cjelokupnoga obrazovanja.

## SAŽETAK

Pojmom klizišta u širem smislu većina autora obuhvaća niz procesa na padinama uključujući urušavanje, prevrtanje, klizanje (u užem smislu), bočno širenje, tečenje i druge kompleksne pokrete. Klizišta su raširena širom svijeta i potrebno ih je što bolje upoznati da bi se odredili uzroci klizanja, odnosno kako bi se provela pravilna stabilizacija i sanacija padina.

U ovom radu opisano je saniranje klizišta na županjskoj cesti Ž2217 na temelju prethodnih geotehničkih istražnih radova.

Na lokaciji klizišta je prema rezultatima geotehničkih ispitivanja potrebna potporna konstrukcija u obliku kamenog nasipa kojom bi se dreniralo temeljno tlo i stabilizirala padina.

Zbog strme konfiguracije terena i slabijih karakteristika temeljnog tla u površinskom sloju, nožica kamenog nasipa je trebala biti ukopana u sloj visoko plastične laporovite gline dobrih geomehaničkih karakteristika.

Da bi obnovu bilo moguće izvesti, potrebno je bilo izvršiti stepeničasti iskop vodozasićenog glinovitog materijala do dubine oko 3.0 m te pristupiti nasipavanju drobljenim kamenim materijalom koji će poslužiti kao oslonac na padini i stabilizirati klizište.

U tijelo nasipa ugradio se sustav drenažnih cijevi za prihvat i odvodnju oborinske i procjedne vode te se ista ispustila izvan zone klizišta.

Odvodnja županjske ceste osigurala se betonskim cestovnim rubnjacima te slivnicima koji su se spojili na sustav drenaže kamenog nasipa. Svrha sustava odvodnje je prikupljanje površinske i oborinske vode sa ceste i padine, dreniranje prostora ceste i stabilizacija klizišta.

Zaštita pokosa klizišta predviđena je oblogom od travnatih ploča te oblogom drobljenim kamenim materijalom frakcije 30/60 mm da se smanji moguća naknadna erozija pokosa.

Ključne riječi: klizište, sanacija, dren, berma, odvodnja, pokos

## SUMMARY

By the term landslide in a broad sense, most authors include a number of processes on slopes including collapse, overturning, sliding (in the narrower sense), lateral spreading, flow and other complex movements. Landslides are located all over the world and it is necessary to get to know them as well as possible in order to determine the causes of sliding, that is, in order to carry out proper stabilization and rehabilitation of slopes.

This labor describes the remediation of landslides on county road Ž2217 based on previous geotechnical investigations.

At the location of the landslide, according to the results of geotechnical tests, stone embankment structure is needed to drain the underlying soil and stabilize the slope.

Because of the steep configuration of the terrain and weaker characteristics of the foundation soil in the surface layer, the foot of the stone embankment should have been buried in a layer of highly plastic marly clay with good geomechanical characteristics.

In order for the reconstruction to be possible, it was necessary to excavate the water-saturated clayey material in steps to a depth of about 3.0 m and proceed with backfilling with crushed stone material that will serve as support on the slope and stabilize the landslide.

A system of drainage pipes was built into the body of the embankment for receiving and draining rainwater and seepage water, and it was discharged outside the landslide zone.

The drainage of the county road was ensured by concrete road curbs and drains that were connected to the drainage system of the stone embankment. The purpose of the drainage system is to collect surface and rainwater from the road and slope, drain the road space and stabilize landslides.

Protection of the slope of the landslide is provided by a lining of grass plates and a lining of crushed stone material of fraction 30/60 mm to reduce possible subsequent erosion of the slope.

Keywords: landslide, rehabilitation, cornel, berm, drainage, mowing



## POPIS KORIŠTENIH KRATICA

BR.	Broj
K.O.	Katastarska općina
CCA.	Približno
M	Metar
(GC)	Glinoviti šljunak
<	Manji od
>	Veći od
≤	Manji ili jednaki
≥	Veći ili jednaki
FS	Faktor sigurnosti
M <sup>2</sup>	Metar kvadratni
ϕ	Fi
KN/M <sup>2</sup>	Kilo njutn po metru kvadratnom
KN/M <sup>3</sup>	Kilo njutn po metru kubnom
MS	Modul stišljivosti
USCS	Klasifikacija tla
CH	Glina visoke plastičnosti
M.N.V.	Nadmorska visina
MM	Milimetar
MPA	Mega paskal
DN	Nazivni promjer
R <sub>0</sub>	Reviziono okno
HTRS	Hrvatski terestrički referentni sustav
G/M <sup>2</sup>	Gram po metru kvadratnom
C 12/15	Klasa betona
PE-HD	Polietilen visoke gustoće

UR.BR.	Uradžbeni broj
EC7	Euro kod 7
F <sub>A</sub>	Zbroj aktivnih sila
F <sub>P</sub>	Zbroj pasivnih sila
M <sub>A</sub>	Moment pomicanja
M <sub>P</sub>	Moment otpornosti
$\gamma$	Obujamska težina
$\varphi$	Kut unutarnjeg trenja
C	Kohezija

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PROBLEMATIKA .....	5
2.1. GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE TLA.....	7
2.2. OPIS RJEŠENJA SANACIJE.....	9
2.3. OPIS I REDOSLJED RADOVA .....	9
2.3.1. OPIS PROJEKTIRANIH RADOVA .....	10
2.3.2. REDOSLIJED ODVIJANJA RADOVA .....	12
2.4. PRIKAZ TEHNIČKIH MJERA ZAŠTITE NA RADU .....	13
2.5. PRIKAZ MJERA ZAŠTITE OD POŽARA .....	14
2.6. MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA .....	15
2.7. PROGRAM SANACIJE OKOLIŠA.....	16
2.8. INSTALACIJE U ZONI ZAHVATA .....	16
2.9. NADZOR NAD IZVOĐENJEM RADOVA .....	17
2.10. OBAVEZE IZVOĐAČA .....	17
2.11. OBAVEZE INVESTITORA.....	18
2.12. VIJEK UPORABE GRAĐEVINE I UVJETI ZA NJEZINO ODRŽAVANJE .....	18
3. UREĐENJE I SANACIJA GRADILIŠTA .....	18
4. PRORAČUNI STABILNOSTI KOSINA .....	20
4.1. GEOTEHNIČKI MODEL ZA ANALIZE STABILNOSTI .....	20
4.2. ANALIZA STABILNOSTI NAKON IZVEDBE POTPORNE KONSTRUKCIJE (SANIRANO STANJE KLIZIŠTA) .....	22
4.3. DETALJAN PRORAČUN STABILNOSTI SANIRANOG STANJA KLIZIŠTA .....	24
5. REZIME SANACIJE .....	40
6. ZAKLJUČAK .....	41
7. LITERATURA.....	42

## 1.UVOD

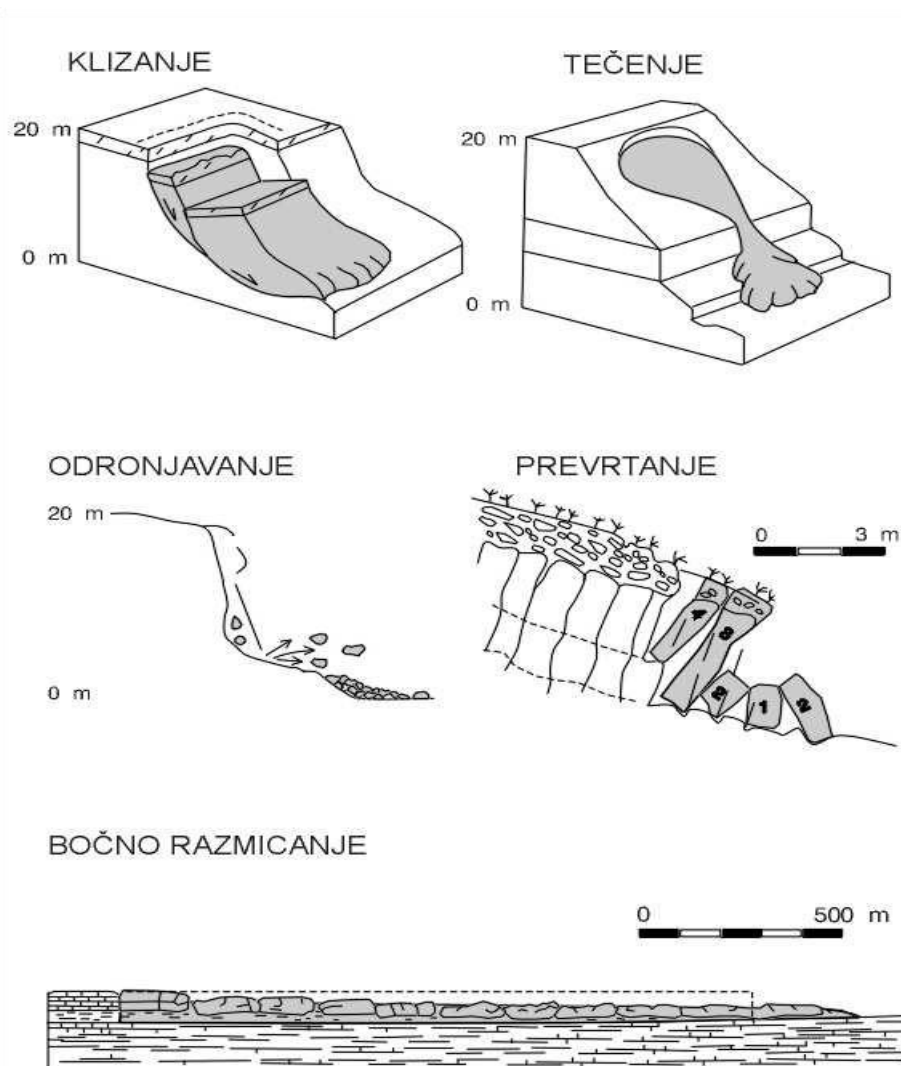
Prema općoj definiciji, klizanje je gibanje mase tla ili stijena niz padinu pod utjecajem gravitacije. [1]

Klizišta su najčešće aktivirana prirodnim uzročnicima, poput intenzivnih oborina ili potresa, ali mogu nastati i kao posljedica ljudskih djelatnosti, odnosno građenja, poljoprivrednih aktivnosti te nekontroliranog uklanjanja vegetacijskog pokrova. [2]

Mehanizam gibanja jedan je od osnovnih kriterija za klasifikaciju klizišta. [3]

Razlikuje se pet osnovnih tipova kretanja mase stijena ili tla niz padinu, prikazanih na slici 1, a to su:

- klizanje – gibanje relativno koherentne mase materijala po jednoj ili više dobro definiranih kliznih ploha (ploha sloma)
- tečenje – raznovrsna gibanja s varijacijama u brzini toka i vlažnosti
- odronjavanje – odvajanje mase sa strmih padina po površini slobodnim padom
- prevrtanje – rotacija odvojene mase oko osi prema naprijed
- bočno razmicanje blokova- uslijed kojeg nastaju posmične pukotine



Slika 1. Osnovni tipovi klizanja

## TIPOVI KLIZIŠTA

### 1. Prema dubini klizne površine:

- ❖ površinska (<1m)
- ❖ plitka (1-5m)
- ❖ duboka (5-20 m)
- ❖ vrlo duboka (>20m)

### 2. Prema količini pokrenute (klizeće) mase:

- ❖ mala (do nekoliko tisuća kubnih metara)
- ❖ srednja (do nekoliko desetina tisuća kubnih metara)
- ❖ velika (do nekoliko stotina tisuća kubnih metara)

❖ vrlo velika (do nekoliko milijuna kubnih metara)

3. Prema vremenu nastanka:

- primarna - na terenima koji nisu ranije bili zahvaćeni klizištima
- sekundarna - u onom dijelu terena koje je već bilo obuhvaćeno klizanjem

4. Prema strukturi i veličini:

- ❖ klizišta smjese čvrstih stijena
- ❖ klizajući blokovi
- ❖ klizni potoci
- ❖ površinska tečenja male dubine pod utjecajem padalina i podzemnih voda
- ❖ površinsko tečenje male dubine pod utjecajem samo atmosferskih padalina
- ❖ manja otkidanja po zahvatu i dubini- blago zatalasane površine padina

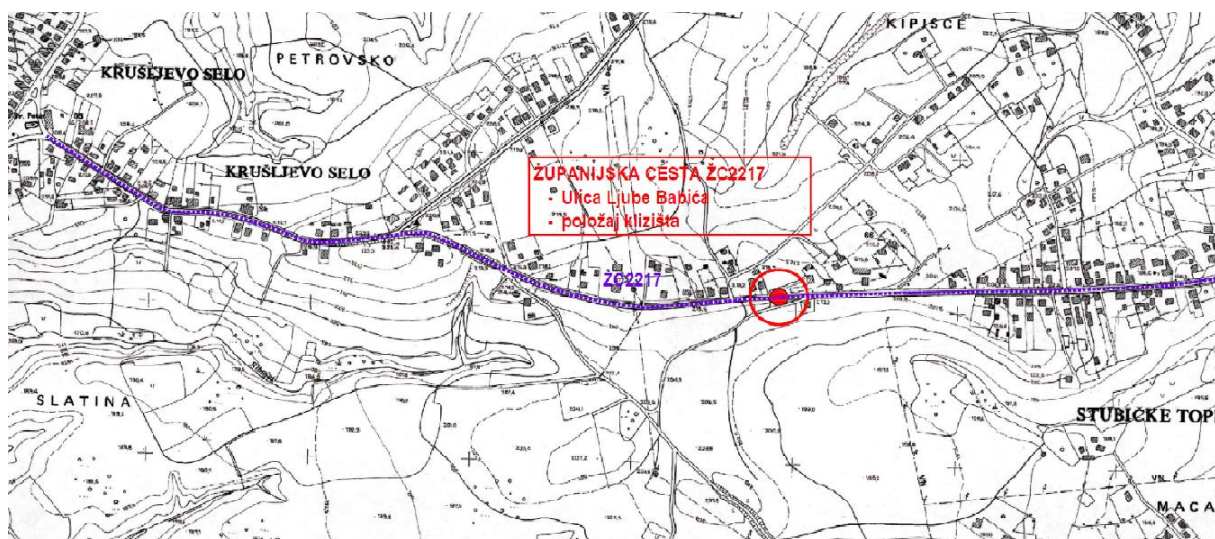
5. Prema obliku klizne površine, reljefu i načinu kretanja:

- slojna
- višeslojna
- rotacijska
- stepeničasta
- blokovska
- potočasta

6. Prema mjestu pojavljivanja:

- ❖ nadvodna
- ❖ podvodna klizišta

Predmet ovog završnog rada je sanacija klizišta na županijskoj cesti oznake Ž2217 na katastarskoj čestici broj 2366 i 2369/1, katastarska općina Strmec Stubički, općina Stubičke Toplice, Krapinsko-zagorska županija.



Slika 2. Položaj klizišta na predmetnoj dionici županijske ceste oznake Ž2217



Slika 3. Položaj lokacije klizišta na županijskoj cesti oznake Ž2217 Stubičke Toplice

Na lokaciji klizišta provedeni su geotehnički istražni radovi i izrađen je geotehnički elaborat br. 04/2022-G od strane GeoMTech d.o.o. Varaždin. Prema podacima geotehničkih i laboratorijskih istražnih radova izvršeno je određivanje uzroka nastanka nestabilnosti terena, dubine i oblika klizne plohe, a što je podloga za projektiranje i sanaciju klizišta. Geotehnički istražni radovi rezultirali su predloženim mjerama sanacije klizišta. Stacionaže profila klizišta dane su po osi zatečene prometnice te po osi saniranog klizišta.

## 2. PROBLEMTIKA

Na predmetnoj lokaciji vidljivo je klizište formirano na nizbrježnoj južnoj strani padine uz županijsku cestu oznake Ž2217. Klizište je formirano u dijelu padine uz cestu. Nije prijetnja stambenim objektima ali je uzrokovalo štetu na kolničkoj konstrukciji, dijelu bankine i padini smještenoj neposredno uz kolnik ceste. Na samom klizištu postoji afinitet daljnjeg širenja, što će rezultirati devastacijom asfaltne županijske ceste i okolnog terena ukoliko se ne provede potreban zahvat na sanaciji klizišta.

Teren na mikrolokaciji klizišta je padina orijentirana od smjera sjevera prema jugu pod generalnim kutom otprilike  $20^{\circ}$ - $25^{\circ}$ . Na samom potezu koje je zahvaćeno klizištem, erozija je napredovala te generalni nagib padine iznosi od  $21^{\circ}$ - $39^{\circ}$ . Čelo klizišta formirano je uz rub južne strane ceste, širina čela klizišta je oko 50 metara, a ukupna poprečna dužina klizišta je oko 7.0 m ispod ruba ceste. Sa sjeverne strane županijske ceste nema vidljivog klizanja tla, ali je teren saturiran vodom u cestovnom oborinskom kanalu.

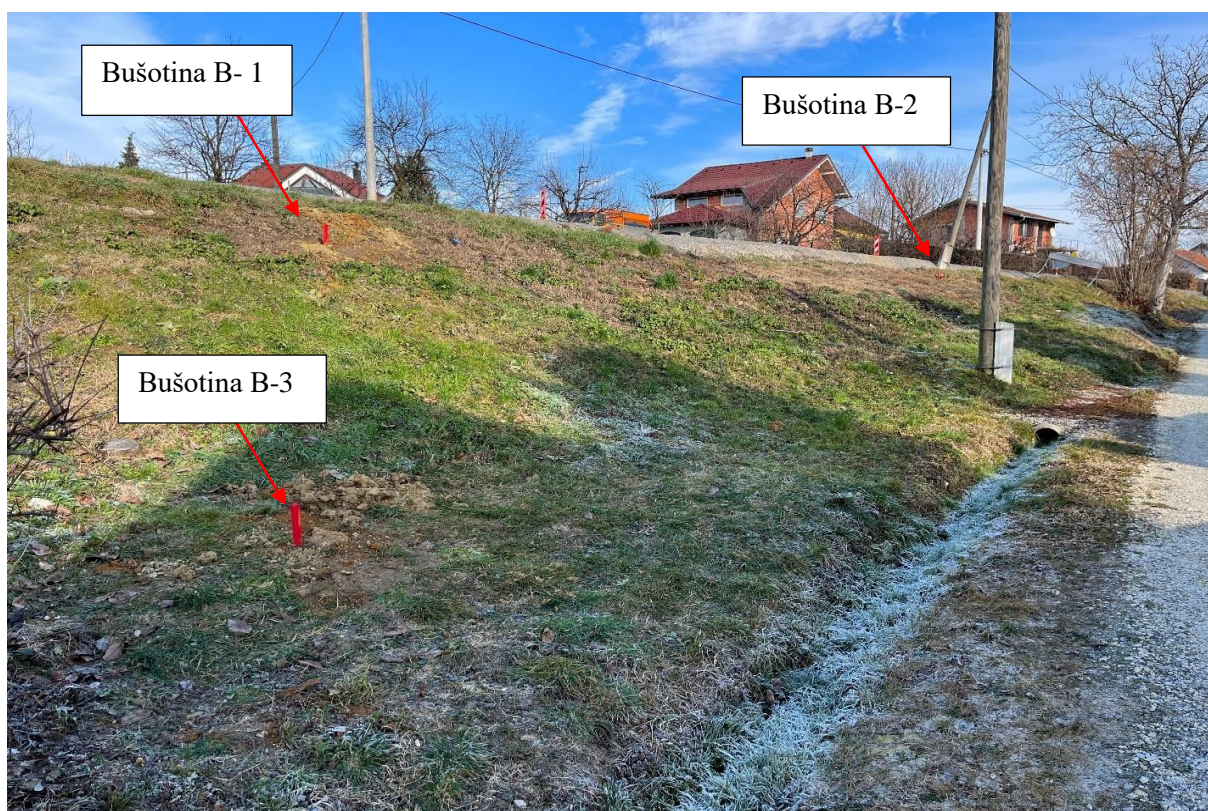
Prema rezultatima istražnih radova do klizanja tla uglavnom dolazi u sloju nasipnog materijala i visoko plastične gline pomiješane sa šljunkom (Gravel & Clay) koja je prisutna u površinskom sloju padine do dubine 2.30 m. Uslijed povećanih oborina, temeljno tlo se saturira vodom, postaje srednje do lako gnječive konzistencije i gubi posmičnu čvrstoću. To rezultira pojavom erozije tla i klizanja materijala u niže dijelove padine uz cestu.

Klizanje tla na ispitivanoj lokaciji je plitko (dubina klizne plohe  $< 3.0$  m na površini  $\leq 350$  m<sup>2</sup>) i zahvaća slojeve nasipa i glinovitog tla pomiješanog sa šljunkom koji se nalaze iznad slojeva teško gnječive do polučvrste laporovite gline visoke plastičnosti koja nije podložna klizanju. Klizište je stabilno u statičkim uvjetima gdje je faktor sigurnosti ( $F_s \geq 1$ ). Klizanje tla na padini javlja se prilikom procjeđivanja vode sa kolnika i sjevernog oborinskog kanala na južnu padinu (smanjenje posmičnih parametara tla) te dinamičkog opterećenja od prometa. To rezultira pojavom erozije tla, vlačnih pukotina na kolničkoj konstrukciji i klizanja materijala u niže dijelove padine uz cestu. Na slikama 4 i 5 prikazano je zatečeno stanje predmetnog klizišta.





Slika 4. Prikaz zatečenog klizišta na županijskoj cesti Ž2217 Stubičke Toplice



Slika 5. Prikaz klizišta sa donje strane padine i pozicija izvedenih istražnih bušotina

## 2.1. GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE TLA

Na lokaciji sanacije klizišta izvedeni su geotehnički istražni radovi radi utvrđivanja geotehničkih i fizikalno-mehaničkih karakteristika temeljnog tla, a u cilju sanacije klizišta u zoni županijske ceste oznake Ž2217 Stubičke Toplice. Za navedenu nestabilnost tla na predmetnom klizištu izrađen je geotehnički elaborat br. 04/2022-G od strane GeoMTech d.o.o. Varaždin. [4]

Rezultati provedenih geotehničkih ispitivanja su sljedeći:

Lokacija klizišta uz županijsku cestu oznake Ž2217 ispitana je sa tri strukturne geotehničke istražne bušotine do dubine maksimalno 7.0 m. Istražna bušotina B-1 izvedena je do dubine 6.0 m, bušotina B-2 do dubine 7.0 m, a bušotina B-3 koja je smještena u nožici klizišta izvedena je do dubine 5.0 m. Dno bušotina završeno je minimalno 0.5-1.0 m u sloju čvrstog koherentnog tla gdje nema uvjeta za formiranje i napredovanje klizišta.

Prvi geotehnički sloj tvori sloj slabo konsolidiranog nasipa koji se sastoji od mješavine gline smeđe boje i šljunka. Valutice šljunka su zaobljenih do uglatih bridova sa promjerom zrna do 50 mm. Sloj nasipa utvrđen je do 0.90 m dubine na bušotini B-1, do 1.20 m dubine na bušotini B-2 i do 0.50 m dubine na bušotini B-3.

Geotehnički parametri utvrđenog sloja:

- kut unutrašnjeg trenja  $\varphi = 28^{\circ}$
- kohezija  $c = 0 \text{ kN/m}^2$
- zapreminska težina tla  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- modul stišljivosti tla  $M_S \leq 4 \text{ MN/m}^2$

Drugi geotehnički sloj tvori glina sa prisutnim valuticama šljunka (glinoviti šljunak-GC), slabo do srednje konsolidirana. Glina je prašinstva, žuto-smeđe boje, visoke plastičnosti i srednje gnječive konzistencije. Valutice šljunka su uglatih bridova sa promjerom zrna do 20 mm. Prema Jedinstvenom sustavu klasifikacije tla (USCS) sloj je svrstan u grupu "GC". Sloj gline utvrđen je u intervalu od 0.90 m do 2.30 m dubine na bušotini B-1, u intervalu od 1.20 m do 1.70 m dubine na bušotini B-2 i u intervalu od 0.50 m do 1.60 m dubine na bušotini B-3.

Geotehnički parametri utvrđenog sloja:

- kut unutrašnjeg trenja  $\varphi = 28^{\circ}$
- kohezija  $c = 0 - 3 \text{ kN/m}^2$
- zapreminska težina tla  $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$
- modul stišljivosti tla  $M_S = 4 \text{ MN/m}^2$

Treći geotehnički sloj tvori glina, laporovita, smeđe boje sa proslojcima sive boje, visoke plastičnosti, teško gnječive konzistencije i srednje do dobro konsolidirana. Prema Jedinstvenom sustavu klasifikacije tla (USCS) sloj je svrstan u grupu "CH". Sloj gline utvrđen je u intervalu od 2.30 m do 3.30 m dubine na bušotini B-1, u intervalu od 1.70 m do 3.80 m dubine na bušotini B-2 i u intervalu od 1.60 m do 2.80 m dubine na bušotini B-3.

Geotehnički parametri utvrđenog sloja:

- kut unutrašnjeg trenja  $\varphi = 24.4^{\circ}$
- kohezija  $c = 10.55 - 11.05 \text{ kN/m}^2$
- zapreminska težina tla  $\gamma = 19.07-19.27 \text{ kN/m}^3$
- modul stišljivosti tla  $M_S = 7 - 8 \text{ MN/m}^2$

Četvrti geotehnički sloj tvori glina, laporovita, sivo-smeđe boje, visoke plastičnosti, polučvrste konzistencije, dobro konsolidirana. Prema Jedinstvenom sustavu klasifikacije tla (USCS) sloj je svrstan u grupu "CH". Sloj gline utvrđen je na dubini većoj od 3.30 m na bušotini B-1, na dubini većoj od 3.80 m na bušotini B-2 i dubini većoj od 2.80 m na bušotini B-3.

Geotehnički parametri utvrđenog sloja:

- kut unutrašnjeg trenja  $\varphi = 26.9^{\circ}$
- kohezija  $c = 5.88 \text{ kN/m}^2$
- zapreminska težina tla  $\gamma = 18.96 \text{ kN/m}^3$
- modul stišljivosti tla  $M_S = 9 - 12 \text{ MN/m}^2$

Prilikom izvođenja geotehničkih terenskih istražnih radova registrirana pojava i razina podzemne vode u izvedenim istražnim bušotinama i sljedećim dubinama prikazana je u tablici 1.

BROJ BUŠOTINE	Pojava podzemne vode u bušotini (m)	Razina podzemne vode u bušotini (m)	Kota razine podzemne vode (m.n.v.)
B-1	-3.3 m	-3.3 m	207.93
B-2	-3.8 m	-3.8 m	207.50
B-3	-2.8 m	-2.8 m	206.01

Tablica 1. Registrirana pojava i razina podzemne vode u izvedenim bušotinama

Na temelju izvedenih geotehničkih istražnih radova u zoni klizišta izrađen je geotehnički model tla na proračunskom presjeku 3 u stacionaži 0+81.10 m koji je odabran kao reprezentativni presjek tla za analize stabilnosti potporne konstrukcije i stabilnosti ceste zbog najnepovoljnije geometrije terena.

## 2.2. OPIS RJEŠENJA SANACIJE

Na lokaciji klizišta prema rezultatima geotehničkih ispitivanja potrebno je izvesti potporna konstrukciju u obliku kamenog nasipa kojim će se drenirati temeljno tlo i stabilizirati padina. Nasipna potporna konstrukcija izvodi se na južnoj nizbrježnoj strani županijske ceste na potezu duljine 46.84 m od profila 2 u stacionaži 0+69.43 m do profila 6 u stacionaži 0+116.27 m, mjereno po osi projektiranog rješenja sanacije klizišta. 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 geomehaničkih karakteristika.

Da bi obnovu bilo moguće izvesti, potrebno je izvršiti stepeničasti iskop vodozasićenog glinovitog materijala do dubine oko 3.0 m te pristupiti nasipavanju drobljenim kamenim materijalom koji će poslužiti kao oslonac na padini i stabilizirati klizište. Iskop za ugradnju kamenog materijala izvodi se u dvije stepenice u nagibu 2:1 (prva visine 1.35 m, širine 3.0 m i druga visine 2.15 m, širine 3.0 m.). U izvedeni stepeničasti iskop ugrađuju se lomljeni kameni blokovi granulacije 100-400 mm zbijanog do 40 MPa u slojevima od 30-50 cm. Od profila 5 u stacionaži 0+104.51 m do profila 8 u stacionaži 0+139.79 m predviđena je zaštita pokosa klizišta oblogom od travnatih ploča, da se smanji moguća naknadna erozija pokosa.

U tijelo nasipa ugradit će se sustav drenažnih cijevi za prihvat i odvodnju oborinske i procjedne vode te će se ista ispustiti izvan zone klizišta. Sustav drenaže obuhvaća ugradnju drenažnih cijevi DN250 duljine 47.0 m na dno kamenog nasipa. Drenažne cijevi spajaju se na revizijsko okno Ro1, a ispušni drenaže predviđen je sa drenažnim cijevima DN315 duljine 5.0 i trapez konusnim kanalicama 65/32/50 cm ukupne duljine 37 m. Odvodnja županijske 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 i stabilizacija klizišta.

## 2.3. OPIS I REDOSLJED RADOVA

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

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

## - završni radovi

Za uspješnost sanacije neophodno je radove izvoditi određenim redom i provoditi program kontrole i osiguranja kakvoće za pojedine radove. Redoslijed radova diktiran je uvjetima stabilnosti izvedenog stanja i funkcioniranja odvodnje u svim fazama radova. Radovi na sanaciji započinju nakon završetka pripremnih radova, posebno geodetskih iskolčenja i uspostave privremene regulacije prometa. Slijedi izvedba pristupnog puta do pozicije iskopa.

Izvođači trebaju izraditi plan dinamike radova, u skladu s tehničkim uvjetima. Plan radova daje se na uvid nadzornom inženjeru koji može tražiti njegovu izmjenu uz pismeno obrazloženje. Sastavni dio plana radova je organizacija i oprema gradilišta, dinamika izvođenja te popis opreme kojom se izvode projektom definirani radovi. Radove treba izvoditi kvalificirana i obučena radna snaga.

Tijekom izvođenja radova potrebno je osigurati projektantski i geotehnički nadzor. Pri tome geotehnički nadzor treba biti kontinuirano prisutan za cijelo vrijeme izvedbe, kako bi se pravovremeno detektirale eventualne anomalije u sastavu tla te promjena položaja uslojenosti tla.

### 2.3.1. OPIS PROJEKTIRANIH RADOVA

Projektiranje ima općenito dva koraka, analizu stabilnosti trenutnog stanja (za aktivna klizišta koja nisu još doživjela konačni slom) i analizu stabilnosti saniranog stanja kojim se mora provjeriti učinak mjera sanacije [5]. To je vrlo zahtjevan zadatak koji je moguće izvršiti uz kvalitetno i pouzdano ispitivanje uzroka klizanja, dubine i oblika klizne plohe, te procjene ukupne površine zahvaćene klizanjem. Pri projektima sanacije prvo se provodi analiza u nesanimiranom stanju, a zatim se za iste klizne plohe i iste modele provjerava učinak mjera sanacije.

Pripremnim radovima započinju radovi na sanaciji. Obuhvaćaju tehničku opremu i pripremu gradilišta, čišćenje terena, s uređenjem privremenih gradilišnih putova i deponija, postavljanje instalacija i opreme te geodetska iskolčenja. U sklopu pripremnih radova treba riješiti i imovinsko pravne odnose, odnosno naknade zbog potrebe ulaska, trajnog ili privremenog korištenja privatnog zemljišta. Slijedi čišćenje terena te definiranje pozicija, zaštita ili izmještanje vodova postojećih instalacija. Provodi se geodetsko iskolčenje i snimanje profila. Izvodi se i privremeni pristupni put za prilaz stroja mjestu iskopa.

Tehnička oprema i priprema gradilišta obuhvaćaju uređenje prostora za deponiranje materijala potrebnog za sanaciju, izgradnju privremenih objekata i postavljanje gradilišnih instalacija te uređenje potrebnih putova za lokalne transporte.

Prije pristupa radovima provodi se geodetsko iskolčenje. Geodetske podloge za projektiranje obavljeno je u apsolutnom HTRS96 koordinatnom sustavu. Iskolčenje radova provodi se prema situaciji i poprečnim profilima ceste i potporne konstrukcije, a izvodi se s operativnog poligona uz nerazvrstanu cestu. Iskolčavaju se profili ceste i potporne konstrukcije na potezu sanacije. Iskolčenje je obaveza izvođača. Usklađenost iskolčenja s projektom kontrolira nadzorni inženjer. Osnovna iskolčenja moraju se na odgovarajući način osigurati od uništenja i biti jasno označena cijelo vrijeme radova na sanaciji.

Obavezna je upotreba pokosnih letvi pri iskolčavanju profila potporne konstrukcije (za iskope i za površine zamjenskog i površinskog materijala).

Prije početka radova snima se zatečeno stanje na klizištu (po profilima) jer zbog aktivnog klizanja može doći do promjena na terenu u odnosu na situaciju izrađenu za projektiranje.

Rješavanje imovinsko pravnih odnosa zbog potrebe ulaska, trajnog ili privremenog korištenja privatnog zemljišta obaveza je investitora i potrebno ju je razriješiti prije početka radova, eventualno nakon geodetskih iskolčenja, koja će omogućiti jasno definiranje pozicija radova.

Definiranje, iskolčavanje i zaštita vodova postojećih instalacija provodi se prije početka radova, u svrhu točnog utvrđivanja i obilježavanja eventualno postojećih trasa instalacija, posebno vodova pod zemljom, a prema posebnim uvjetima nadležnih tijela. Definiranje pozicija i iskolčavanje se provodi odgovarajućim instrumentima ili ručnim iskopom i vizualnim pregledom. Ako postoje instalacije koje bi bile ugrožene tokom radova, treba iste zaštititi ili izmjestiti (trajno ili privremeno).

Čišćenje terena obuhvaća uklanjanje grmlja i drveća promjera do 10 cm i drugog raslinja na površini radova.

Izvedba potporne kamene konstrukcije izvodi se na potezu ukupne duljine 46.84 m od profila 2 u stacionaži 0+69.43 do profila 6 u stacionaži 0+116.27 m. Iskop i izvedba kamenog nasipa izvodi se u kampadama širine 5.0 m, u svemu prema nacrtima, redosljedu odvijanja radova i danim tehničkim uvjetima. Materijal iz iskopa odvozi se odmah na deponij, osim u količini potrebnoj za kasniju ugradnju u površinski dio pokosa. Od iskopanog materijala može se ugrađivati samo prethodno odvojeni srasli materijal koji odgovara danim tehničkim uvjetima.

Ugradnja kamenog materijala u nasip počinje nakon izvedbe stepeničastog iskopa u dvije etaže do projektirane kote prema priloženim nacrtima. Iskop za ugradnju kamenog materijala izvodi se u dvije stepenice u nagibu 2:1 (prva visine 1.35 m, širine 3.0 m i druga visine 2.15 m, širine 3.0 m.). U izvedeni stepeničasti iskop ugrađuju se lomljeni kameni blokovi granulacije 100-400 mm zbijani do 40 MPa u slojevima od 30-50 cm. Materijal mora odgovarati danim tehničkim uvjetima (materijal iz kamenoloma odgovarajuće granulacije). Prije nasipavanja kamenim agregatom potrebno je ugraditi sloj geotekstila 200g/m<sup>2</sup> na otvorene profile iskopa. Kameni materijal potporne konstrukcije nasipa ugrađuje se do nivoa označenog u tehničkim crtežima, a u površinski dio nasipa za poravnanje tijela klizišta

ugrađuje se odabrani materijal iz iskopa, također uz zbijanje. Površina nasipa se nakon ugradnje i zbijanja fino poravnava te se obavlja humusiranje i zasijavanje trave kao zaštita od erozije. Od profila 5 u stacionaži 0+104.51 m do profila 8 u stacionaži 0+139.79 m predviđena je zaštita pokosa klizišta oblogom od travnatih ploča, da se smanji moguća naknadna erozija pokosa.

Prije nasipavanja kamenim materijalom potrebno je u kampade ugraditi sustav drenaže i odvodnje tijela kamenog nasipa i klizišta. Sustav drenaže obuhvaća ugradnju drenažnih cijevi DN250 duljine 47.0 m na dno kamenog nasipa. Drenažne cijevi spajaju se na revizijsko okno Ro1 smještenom na profilu sanacije 3 u stacionaži 0+81.10 m. Ispust drenaže predviđen je sa drenažnim cijevima DN315 duljine 5.0 i trapez konusnim kanalicama 65/32/50 cm ukupne duljine 37 m. Odvodnja županijske 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 i stabilizacija klizišta.

Završni radovi obuhvaćaju uređenje i poravnavanje terena na mjestu izvedbe prilaznog puta te odvoz svih viškova materijala, fino poravnavanje terena, humusiranje pokosa i bankine i zatravljivanje svih površina na kojima su izvođeni radovi. Od profila 5 u stacionaži 0+104.51 m do profila 8 u stacionaži 0+139.79 m predviđena je zaštita pokosa klizišta oblogom od travnatih ploča, da se smanji moguća naknadna erozija pokosa. Konačna dubina iskopa za potpornu konstrukciju određena je s kriterijem da se temeljenje izvede u podlozi na dubini prema geotehničkom elaboratu. Budući da je ta dubina definirana na osnovi provedenih točkastih istražnih radova moguće je da se prilikom iskopa ustanovi razlika prognoziranog i stvarnog stanja. U tom slučaju treba u dogovoru s projektantom i nadzornim inženjerom odrediti potrebnu dubinu iskopa. I druge promjene projekta mogu se izvoditi isključivo uz odobrenje projektanta pa u skladu s time treba osigurati stalni geotehnički i povremeni projektantski nadzor prilikom izvođenja.

### 2.3.2. REDOSLIJED ODVIJANJA RADOVA

Ne postoji generalni recept za sanaciju klizišta i originalni pristup stabilizaciji klizišta koji se može primijeniti na svako klizište [6]. Uspješna primjena svake od primijenjenih mjera sanacije ovisna je o točnom prepoznavanju specifičnih uvjeta tla i podzemne vode na terenu tijekom istražnih radova i njihovoj primjeni u projektu sanacije. [7]

Za uspješnost sanacije neophodno je radove izvoditi određenim redom. Redoslijed radova diktiran je uvjetima stabilnosti izvedenog stanja i funkcioniranja odvodnje u svim fazama radova. Radovi na sanaciji započinju nakon završetka pripremnih radova, posebno geodetskih iskolčenja i uspostave privremene regulacije prometa. Slijedi izvedba pristupnog puta do pozicije iskopa. [8]

Iskop potporne konstrukcije izvodi se u jednom nivou, a uzdužno gledajući stepeničasto, kontinuirano prateći kote formiranih etaža. Duljina kampada je 5.0 m. Nakon

izvedenog stepeničastog iskopa formira se pokos nasipa od drobljenog kamenog materijala frakcije 100-400 mm. Prije nasipavanja kamenim agregatom potrebno je ugraditi sloj geotekstila  $200\text{g/m}^2$  na otvorene profile iskopa.

Kad se kameni materijal u prvoj kampadi ugradi do nivoa ceste, počinje iskop druge kampade duljine 5.0 m. Nakon toga slijedi nasipavanje potporne konstrukcije druge kampade. Svakodnevno se na završetku radova zasipava otvoreni iskop zbog osiguranja pokosa iskopa od zarušavanja. Ovaj materijal se drugi dan razastire i ugrađuje uz zbijanje. Da bi cijeli proces ugradnje mogao kontinuirano teći na gradilištu treba biti deponiran zamjenski materijal u količini potrebnoj za ugradnju za slijedeći dan i za osiguranje pokosa na otvorenom potezu.

Paralelno s ugradnjom kamenog materijala (u dijelu pokosa konstrukcije) ugrađuje se sustav odvodnje procjedne oborinske vode iz konstrukcije nasipa. U tu svrhu radi se plitki iskop drenažnog kanala na donjoj etaži na čije dno se ugrađuje podložni beton C12/15, drenažna cijev PE-HD DN250 i sve se zasipava finim filterskim materijalom frakcije 4/8 mm. Dužina drenažnog kanala iznositi će 47 m. Drenažne cijevi spajaju se na revizijsko okno Ro1, a ispušt drenaže predviđen je sa drenažnim cijevima DN315 duljine 5.0 i trapez konusnim kanalicama ukupne duljine 37.0 m.

Nakon izvedenog sustava drenaže i kamenog nasipa ugrađuje se humusni materijal površinskog dijela nasipa, obavezno u slojevima, uz zbijanje. Na kraju se uklanjaju svi viškovi materijala i privremeni objekti. Izvodi se poravnavanje padine, humusiranje pokosa, bankine te zatravljivanje svih površina na kojima su izvođeni radovi. Ovdje definiranom redoslijedu odvijanja radova treba prilagoditi dinamički plan radova.

Konačna dubina iskopa za potpurnu konstrukciju određena je s kriterijem da se temeljenje izvede u podlozi na dubini prema geotehničkom elaboratu. Budući da je ta dubina definirana na osnovi provedenih točkastih istražnih radova moguće je da se prilikom iskopa ustanovi razlika prognoziranog i stvarnog stanja. U tom slučaju treba u dogovoru s projektantom i nadzornim inženjerom odrediti potrebnu dubinu iskopa. I druge promjene projekta mogu se izvoditi isključivo uz odobrenje projektanta pa u skladu s time treba osigurati stalni geotehnički i povremeni projektantski nadzor prilikom izvođenja.

## 2.4. PRIKAZ TEHNIČKIH MJERA ZAŠTITE NA RADU

Temeljem Zakona o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/2018, 96/2018), daje se prikaz tehničkih mjera i rješenja za primjenu pravila zaštite na radu. Odabrana su tehnička rješenja koja u cijelosti osiguravaju potpunu primjenu pravila zaštite na radu, kako bi se svim sudionicima (za vrijeme građenja i u tijeku upotrebe građevine) osigurali uvjeti rada bez opasnosti za život i zdravlje.

Za vrijeme građenja predmetne građevine potrebno je provesti sve propisane i važećom zakonskom regulativom predviđene mjere zaštite na radu, a koje se posebice odnose na:



- organizaciju i uređenje samog gradilišta
- organizaciju skladišnog prostora
- organizaciju i lokaciju objekata namijenjenih boravku ljudi
- organizaciju transporta materijala, alata, strojeva, opreme i ljudi
- organizaciju pružanja prve pomoći u slučaju povrede radnika na radu
- ispravnost i pravilan način uporabe osobnih zaštitnih sredstava radnika, (primjerice: zaštitni šljem, radno odijelo, zaštitne rukavice, radne cipele, zaštitne naočale i slično)
- sanaciju okoliša građevine i gradilišta te dovođenje u stanje prije same izgradnje

Za provedbu ovih zaštitnih mjera nadležna osoba imenovana od strane izvoditelja radova osposobljena je za provođenje mjera zaštite na radu. Ako radove izvode dva ili više izvođača tada naručitelj imenuje koordinatora zaštite na radu koji mora ispunjavati uvjete za obavljanje poslova koordinator II - koordinator za obavljanje poslova zaštite na radu u fazi izvođenja radova. Za vrijeme izvedbe, promet uz gradilište odvija se uz ograničenje, uz postavljanje odgovarajuće prometne signalizacije. Za vrijeme odvijanja radova na gradilištu moraju se postavljati ograde koje će sprječavati pristup nezaposlenim osobama.

Tijekom radova provodi se kontrola pridržavanja tehničkih mjera zaštite na radu, a nakon završetka sanacija gradilišta i okoliša.

## 2.5. PRIKAZ MJERA ZAŠTITE OD POŽARA

Za vrijeme izvođenja predmetnih radova potrebno je provesti sve propisane i važećom zakonskom regulativom predviđene mjere zaštite pri radu i rukovanju lako zapaljivim materijalima koji mogu izazvati požar. Takve materijale potrebno je držati udaljene od toplinskih izvora i otvorenog plamena, kako ne bi došlo do izbijanja požara.

Lako zapaljive materijale (primjerice: benzin, nafta, razna ulja i sl.) treba čuvati u posebnim skladišnim prostorima, sigurnim od požara, u svemu prema važećim odredbama, propisima i standardima (Zakon o zaštiti od požara NN 92/10 i Zakon o eksplozivnim tvarima), (NN br. 178/04,109/07, 67/08, 144/10). [9]

Električne instalacije, uređaji i oprema, moraju svojom kvalitetom i načinom izvedbe, odgovarati važećim propisima i standardima.

Nakon završetka izgradnje potrebno je urediti gradilište i ukloniti sve ostatke građe, zapaljive materijale te dovesti okoliš u prvobitno stanje. Tijekom radova provodi se kontrola pridržavanja mjera zaštite od požara, a nakon završetka uklanjanje i zbrinjavanje svih zapaljivih materijala.

## 2.6. MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA

Za vrijeme provedbe sanacije nestabilnog pokosa potrebno je osigurati uvjete za nesmetano odvijanje cestovnog prometa. Također za vrijeme gradnje treba spriječiti otpuštanje otpadnih voda i ulja u teren kao i odlaganje otpada bilo koje vrste.

Rasuti građevinski materijal potrebno je prevoziti u tehnički ispravnim vozilima koja su primjerena te ga vlažiti ili prekrivati, posebice za vjetrovitih dana.

Odvodnju otpadnih voda prilikom izvođenja radova potrebno je riješiti nepropusnim sustavom odvodnje. Odvodnju sanitarnih otpadnih voda riješiti spajanjem sanitarnih čvorova na nepropusnu septičku jamu, koju treba periodički kontrolirati i prazniti u sustav javne odvodnje putem javnog isporučitelja ili koncesionara za obavljanje crpljenja i odvoza otpadnih voda iz septičkih jama.

Sav građevinski materijal, gorivo, maziva, boje i druge kemikalije potrebno je skladištiti i koristiti na propisan način. Opasne tvari koje se koriste za vrijeme izgradnje potrebno je skladištiti na vodonepropusnim površinama.

Prostor za ulijevanje goriva u strojeve i za servisiranje strojeva treba omeđiti kanalom koji je izgrađen od nepropusnog materijala, otpornog na kemikalije te koji ima zadaću sabirati izliveno gorivo i proslijediti ga u sabirnik preko separatora ulja i masti. Taj prostor mora biti izveden na vodonepropusnoj površini koja se može čistiti samo suhim postupkom te mora biti natkriven.

Prostor za smještaj radnika treba opremiti sa pokretnim ekološkim WC-om i osigurati pražnjenje sadržaja putem ovlaštene pravne osobe. Tijekom građenja ne smije se u obližnje vodotoke i na njihove obale odlagati građevinski materijal niti činiti druge radnje kojima bi se ugrozila njihova funkcionalnost i redovito održavanje.

Također, treba ograničiti i kretanje teške mehanizacije. Prilikom iskopa treba odstraniti humusno tlo i odlagati ga u zoni zahvata. Iskopanu i privremeno odloženu zemlju kasnije možemo iskoristiti prilikom krajobraznog uređenja degradiranih površina. Pokose nasipa ili usjeka treba oblikovati u lokalno prirodnom materijalu i sadnjom autohtonih biljnih vrsta u najvećoj mogućoj mjeri. Zelene površine u otocima treba obložiti humusom, zasijati travom, zasaditi grmljem i drvećem prema projektu hortikulturnog uređenja.

Nakon završetka izgradnje sve objekte i materijale koji nisu više potrebni treba ukloniti i omogućiti krajobrazno uređenje degradiranih površina i površina koje su služile kao odlagališta materijala. Bučne građevinske radove potrebno je izvoditi isključivo tijekom dnevnog razdoblja, od 07:00 do 19:00 sati. U slučaju potrebe noćnog rada, iznimno izvoditi samo radove koji ne stvaraju prekomjernu buku, uz uvažavanje odredbi Pravilnika o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04) i obaveznu prethodnu najavu lokalnom stanovništvu.

Nakon završetka zahvata potrebno je sanirati sva eventualna oštećenja na postojećoj prometnoj mreži.

Tijekom gradnje potrebno je postaviti dovoljan broj spremnika za otpad i organizirano provoditi gospodarenje otpadom (pražnjenje spremnika za otpad) na gradilištu putem ovlaštenih tvrtki uz izdvajanje korisnih dijelova otpada (npr. staklena, kartonska, plastična ili metalna ambalaža i otpadne gume) te opasnog otpada (npr. otpadna ulja, zauljena krpe, zauljena plastična i metalna ambalaža).

Na lokaciji gradilišta potrebno je tijekom izgradnje osigurati sredstva za neutralizaciju prolivenih opasnih tvari.

## 2.7. PROGRAM SANACIJE OKOLIŠA

Po završetku izgradnje potrebno je izvršiti uređenje i sanaciju gradilišta i okoliša kako bi se izgrađena konstrukcija što više uklopila u postojeće okruženje te na taj način smanjio osjećaj devastiranja i u što je moguće većoj mjeri udovoljilo ekološkim uvjetima.

Da bi se postiglo gore traženo treba poduzeti sljedeće radnje:

Posječena stabla i panjeve koji su u fazi čišćenja terena potrebno je deponirati, a koji nisu uklonjeni s privremenih za to predviđenih deponija potrebno je ukloniti bez izazivanja naknadnih oštećenja izgrađenog objekta i okoliša te ispuniti materijalom nastale rupe u okolišu usljed vađenja panjeva. Sve putne prilaze gradilištu treba urediti prema zahtjevima uređenja okoliša, a puteve koji trajno ostaju potrebno je sanirati od oštećenja nastalih usljed prolaza teških vozila i građevinskih strojeva u skladu sa zahtjevima za normalno odvijanje prometa, a u ovisnosti o kategoriji i namjeni ceste. Prethodno oformljene deponije i pozajmišta materijala potrebno je isplanirati i urediti na za to odobrenim mjestima tako da se što više uklope u prirodni okoliš i što manje ugroze bliske im objekte.

Sve privremene građevine koje su bile potrebne tokom građenja predmetnog objekta, oprema gradilišta, neutrošeni materijal, otpad i sl. treba ukloniti s gradilišta i okolnog terena te okoliš dovesti u prirodno stanje.

## 2.8. INSTALACIJE U ZONI ZAHVATA

U području zahvata sanacije klizišta na županijskoj cesti oznake Ž2217 Stubičke Toplice dobiveni su posebni uvjeti građenja od javnopravnih tijela. Prema dobivenoj dokumentaciji u zoni zahvata smještene su sljedeće instalacije:

1. Srednje tlačni plinovod NO65 i NO50 prema dobivenim "Posebnim uvjetima gradnje broj: ZMZ-02-0125/22-1021, od 07.02.2022, klasa: 350-05/22-28/000059, ur.broj: 2140-08-2-22-0003 DS/IG"
2. Elektronička komunikacijska infrastruktura (EKI - 361-03/22-01/1707) prema dobivenim posebnim uvjetima gradnje, Hakom, KLASA: 361-03/22-01/1707 , URBROJ: 376-05-3-22-2, Zagreb, 13.02.2022. godine
3. Niskonaponski energetska vod 0.4 kV prema dobivenim posebnim uvjetima građenja od 09.02.2022, br. 400200101/332/22DB, HEP ODS d.o.o., Elektra Zabok.

Postojeće utvrđene instalacije u zoni obuhvata ucrtane su i prikazane na "Situaciji građevine sa prikazom instalacija, MJ 1:200". Na situaciji je ucrtan položaj instalacija te položaj koridora širine 0.4 m rezerviranog za planirane elektroenergetske kablove NN mreže. Sastavni dio dokumentacije su lokacije postojećih instalacija dobivene od nadležnih javnopravnih tijela. Kako većina lokacija instalacija predstavlja terenske skice, prije izvođenja iskopa potrebno je kontaktirati nadležna javnopravna tijela da se utvrdi točan položaj instalacija na terenu. Prilikom izvođenja radova potrebno je točno definiranje pozicije instalacija, iskolčavanje odgovarajućim instrumentima ili ručnim iskopom i vizualnim pregledom. Premještanje, zaštitu postojećih ili eventualnu izvedbu novih instalacija potrebno je napraviti u skladu s uvjetima javnopravnih tijela te izvršiti odgovarajuće zahvate na zaštiti ili premještanju instalacija.

## 2.9. NADZOR NAD IZVOĐENJEM RADOVA

Tijekom radova potrebno je osigurati kontinuirani stručni nadzor nad izvođenjem koji mora sadržavati i geotehnički nadzor, geodetski nadzor i kontrolna ispitivanja. Potrebno je osigurati povremeni projektantski nadzor. Projektantski nadzor treba uključivati konzultacije pri izvedbi te izrade prilagodbi projekta stanju na terenu.

## 2.10. OBAVEZE IZVOĐAČA

Izvođač je dužan:

- sve radove izvoditi prema važećim propisima i standardima
- o svom trošku ukloniti sve nedostatke koji se pokažu u garantnom roku
- o eventualnom nedostatku u projektu obavijestiti nadzornog inženjera ili projektanta radi otklanjanja istog

## 2.11. OBAVEZE INVESTITORA

Investitor je dužan prije uspostave gradilišta osigurati izradu plana izvođenja radova.

Plan izvođenja radova potrebno je izraditi u skladu Dodatku V. koji je sastavni dio Pravilnika o zaštiti na radu na privremenim ili pokretnim gradilištima. Svaka promjena na gradilištu koja može utjecati na sigurnost i zdravlje radnika mora biti unesena u plan izvođenja radova. Plan izvođenja radova je sastavni dio dokumentacije za prijavu gradilišta.

Svaki poslodavac koji izvodi radove u trajanju duljem od pet dana dužan je izraditi svoj plan izvođenja radova i odrediti rok dovršetka radova.

Prilikom tehničkog pregleda investitor je dužan predložiti sljedeću dokumentaciju:

- geodetsku snimku izvedenog stanja rekonstruiranog dijela prometnice zajedno sa prikazom svih izvedenih elemenata sustava oborinske odvodnje, koju je potrebno izraditi u analognom i digitalnom obliku
- priložiti sve potrebne ateste ugrađenih građevnih materijala

## 2.12. VIJEK UPORABE GRAĐEVINE I UVJETI ZA NJEZINO ODRŽAVANJE

Vijek potporne konstrukcije iznosi 50 godina. Navedeni vijek uporabe podrazumijeva da uz predviđene uvjete eksploatacije obuhvaćene proračunom, ostaju očuvani svi bitni zahtjevi za građevinu. Građevina treba u svemu biti izvedena prema uvjetima iz poglavlja prikaz primijenjenih propisa i mjera zaštite kojima se osiguravaju tehnička svojstva građevine. Osiguranje navedenih svojstava izvođač dokazuje atestima, certifikatima i posebnim izvješćima o ispitivanju kvalitete. Investitor je dužan provoditi redovito održavanje vodolovnih grla, ispusta, čišćenje kolnika uz rubnjak od nečistoća pijeska i mulja te održavanje bermi i bankina.

Također je dužan u skladu s vlastitim planovima redovitog održavanja vršiti odgovarajuće zahvate na pojedinim dijelovima građevine, kao što su kolnička konstrukcija i odvodnja, a u svrhu očuvanja bitnih zahtjeva za građevinu za vrijeme njezinog trajanja.

## 3. UREĐENJE I SANACIJA GRADILIŠTA

Nakon izgradnje predmetne građevine i uklanjanja eventualnih nedostataka, potrebno je izvršiti sanaciju okoliša gradilišta, kako bi se predmetna građevina što više uklopila u postojeći okoliš. Na taj način smanjio bi se osjećaj devastacije okoliša te udovoljilo ekološkim aspektima.

Izgradnjom predmetne građevine, zahvaćeni i devastirani okoliš potrebno je biološki sanirati. Radi toga potrebno je sve usjeke, zasjeke, nasipe i ostale površine stabilizirati osim tehničkim mjerama i adekvatnim ozelenjivanjem autohtonim biljnim vrstama.

Prilikom sanacije okoliša gradilišta posebnu pozornost potrebno je obratiti na slijedeće:

- posječena stabla i panjeve, koji su u fazi čišćenja terena deponirani, a nisu uklonjeni s privremenih za to predviđenih deponija, ukloniti bez izazivanja naknadnih oštećenja te zatrpati sve udubine od izvađenih panjeva materijalom kakav je na okolnom terenu
- sve putne prilaze gradilištu urediti prema vizualnim zahtjevima okoliša, a one puteve koji trajno ostaju u funkciji sanirati i urediti prema kriterijima za normalno odvijanje prometa i to ovisno o razredu i namjeni prometnice
- prethodno pripremljene deponije i pozajmišta urediti i isplanirati, kako bi se u što većoj mjeri uklopili s prirodnim okolišem, a u što manjoj mjeri ugrozile bliže susjedne građevine
- sve građevine privremenog karaktera, opremu gradilišta, neutrošeni materijal, otpad i sl. treba ukloniti, a zemljište adekvatno sanirati, tj. dovesti u prvobitno stanje
- kompletnu zonu devastiranu zahvatom dovesti u uredno stanje što znači najmanje na razinu prvobitnog stanja

Kako će se prilikom izvedbe građevine narušiti postojeće stanje okoliša, nužno je nakon izvedbe građevine sanirati gradilište pa je u tu svrhu potrebno poduzeti:

- postojeće javne ceste, koje će biti korištene prilikom izvođenja radova potrebno je dovesti u prvobitno stanje
- sve privremene građevine izgrađene u okviru pripremnih radova, oprema i sredstva za rad, neutrošeni građevinski materijali sl., moraju biti uklonjeni a zemljište na području gradilišta dovedeno u prvobitno stanje
- izvoditelju radova dana je određena širina za izvedbu građevine te ukoliko ima namjeru koristiti veću širinu mora pribaviti suglasnost od vlasnika zemljišta; eventualne štete izvan građenja moraju se također sanirati u dogovoru sa vlasnikom zemljišta
- drvenu ili tipsku oplatu koja služi za razupiranje rova ili građevinske jame potrebno je izvaditi prije zatrpavanja rova
- lijevano željezni poklopci na oknima moraju biti zatvoreni te moraju tijesno nalijegati na okvire od poklopaca
- poklopci na oknima moraju biti ugrađeni tako da im gornja površina bude u razini nivelete ceste ili okolnog terena osim u slučaju kad je to projektnom dokumentacijom drugačije određeno
- ograde, živice i ostalo raslinje ne smije se sjeći, micati ili uništavati bez odobrenja vlasnika

- svi prometni znakovi i materijal koji je za vrijeme izvođenja služio za osiguranje prometa vozila ili pješaka moraju se ukloniti nakon završetka radova na gradilištu
- višak iskopanog materijala sa gradilišta potrebno je odvesti i deponirati na mjesto gdje to odredi nadzorni inženjer investitora u dogovoru sa izvođiteljem radova
- na mjestima gdje je došlo do oštećenja trupa ceste i kolnika treba provesti sanaciju na način da se cesta dovede u stanje u kakvom se nalazila prije izvođenja radova
- zelene površine koje su prekopane u tijeku izvođenja građevine potrebno je isplanirati i zatravniti

#### 4. PRORAČUNI STABILNOSTI KOSINA

Zatečena nestabilnost pokosa smještena je na južnoj nizbrježnoj strani uz županijsku cestu oznake Ž2217 Stubičke Toplice. Kako je interes da se izvrši zaštita ove županijske ceste od devastacije uslijed djelovanja nestabilnosti i erozije pokosa, pojavila se potreba za izgradnjom potporne konstrukcije na predmetnoj lokaciji.

Analize stabilnosti ove potporne konstrukcije provedene su licenciranim programskim paketom GEO5 - Stabilnost kosina, verzija 5.2020.6.0 uz usvajanje Bishop metode i projektnog pristupa 3 prema EC 7. Analize se u ovim metodama provode u okviru granične ravnoteže. Pretpostavlja se kruto klizno tijelo omeđeno kliznom plohom i površinom terena. Faktor sigurnosti definira se kao odnos ukupne raspoložive posmične čvrstoće tla na kliznoj plohi i mobilizirane posmične čvrstoće potrebne za održavanje ravnoteže.

Program za analizu stabilnosti kosina omogućava izračunavanje faktora sigurnosti za pojedinačne opće i kružne klizne plohe. Moguće je i automatsko traženje kritične kružne klizne plohe (s najmanjim faktorom sigurnosti), uz zadavanje rubnih uvjeta. Analize stabilnosti provode se na ravninskom modelu (na reprezentativnom poprečnom presjeku).

Kao potporna konstrukcija odabran je kameni nasip kojim će se drenirati temeljno tlo i stabilizirati padina. Nasipna potporna konstrukcija izvodi se na južnoj nizbrežnoj strani županijske ceste na potezu duljine 46.84 m od profila 2 u stacionaži 0+69.43 do profila 6 u stacionaži 0+116.27 m. Zbog strme konfiguracije terena i slabijih karakteristika temeljnog tla nožica kamenog nasipa biti će ukopana u sloj laporovite visoko plastične gline dobrih geomehaničkih karakteristika gdje nema uvjeta za formiranje klizišta.

##### 4.1. GEOTEHNIČKI MODEL ZA ANALIZE STABILNOSTI

Na lokaciji sanacije klizišta izvedeni su geotehnički istražni radovi radi utvrđivanja geotehničkih i fizikalno-mehaničkih karakteristika temeljnog tla, a u cilju sanacije klizišta uz županijsku cestu oznake Ž2217 Stubičke Toplice. Za navedene nestabilnosti tla na

predmetnom klizištu izrađen je geotehnički elaborat br. 04/2022-G od strane GeoMTech d.o.o. Varaždin. Prema dobivenim parametrima iz geotehničkog elaborata temeljno tlo za proračun stabilnosti kosina modelirano je sa 4 osnovna sloja. Parametri čvrstoće slojeva tla usvojeni su od strane projektanta i geomehaničara na temelju istražnih radova i laboratorijske obrade neporemećenih i poremećenih uzoraka tla uzetih na lokaciji klizišta.

Generalno teren na poziciji sanacije klizišta sastoji se od sljedećih slojeva:

Prvi geotehnički sloj tvori sloj slabo konsolidiranog nasipa koji se sastoji od mješavine gline smeđe boje i šljunka. Valutići šljunka su zaobljenih do uglatih bridova sa promjerom zrna do 50 mm. Sloj nasipa utvrđen je do 0.90 m dubine na bušotini B-1, do 1.20 m dubine na bušotini B-2 i do 0.50 m dubine na bušotini B-3.

Drugi geotehnički sloj tvori glina sa prisutnim valuticama šljunka (glinoviti šljunak-GC), slabo do srednje konsolidirana. Glina je prašinasta, žuto-smeđe boje, visoke plastičnosti, srednje gnječive konzistencije. Valutice šljunka su uglatih bridova sa promjerom zrna do 20 mm. Prema Jedinstvenom sustavu klasifikacije tla (USCS) sloj je svrstan u grupu "GC". Sloj gline utvrđen je u intervalu od 0.90 do 2.30 m dubine na bušotini B-1, u intervalu od 1.20 do 1.70 m dubine na bušotini B-2 i u intervalu od 0.50 do 1.60 m dubine na bušotini B-3.

Treći geotehnički sloj tvori glina, laporovita, smeđe boje sa proslojcima sive boje, visoke plastičnosti, teško gnječive konzistencije, srednje do dobro konsolidirana. Prema Jedinstvenom sustavu klasifikacije tla (USCS) sloj je svrstan u grupu "CH". Sloj gline utvrđen je u intervalu od 2.30 do 3.30 m dubine na bušotini B-1, u intervalu od 1.70 do 3.80 m dubine na bušotini B-2 i u intervalu od 1.60 do 2.80 m dubine na bušotini B-3.

Četvrti geotehnički sloj tvori glina, laporovita, sivo-smeđe boje, visoke plastičnosti, polučvrste konzistencije, dobro konsolidirana. Prema Jedinstvenom sustavu klasifikacije tla (USCS) sloj je svrstan u grupu "CH". Sloj gline utvrđen je na dubini većoj od 3.30 m na bušotini B-1, na dubini većoj od 3.80 m na bušotini B-2 i dubini većoj od 2.80 m na bušotini B-3.

Prilikom izvođenja geotehničkih terenskih istražnih radova registrirana je pojava i razina podzemne vode u izvedenim istražnim bušotinama i sljedećim dubinama prikazanim u tablici 2.

Broj bušotine	Pojava podzemne vode u bušotini (m)	Razina podzemne vode u bušotini (m)	Kota razine podzemne vode (m.n.v.)
B-1	-3.3 m	-3.3 m	207.93
B-2	-3.8 m	-3.8 m	207.50
B-3	-2.8 m	-2.8 m	206.01

Tablica 2. Registrirana pojava i razina podzemne vode u izvedenim istražnim bušotinama i dubinama



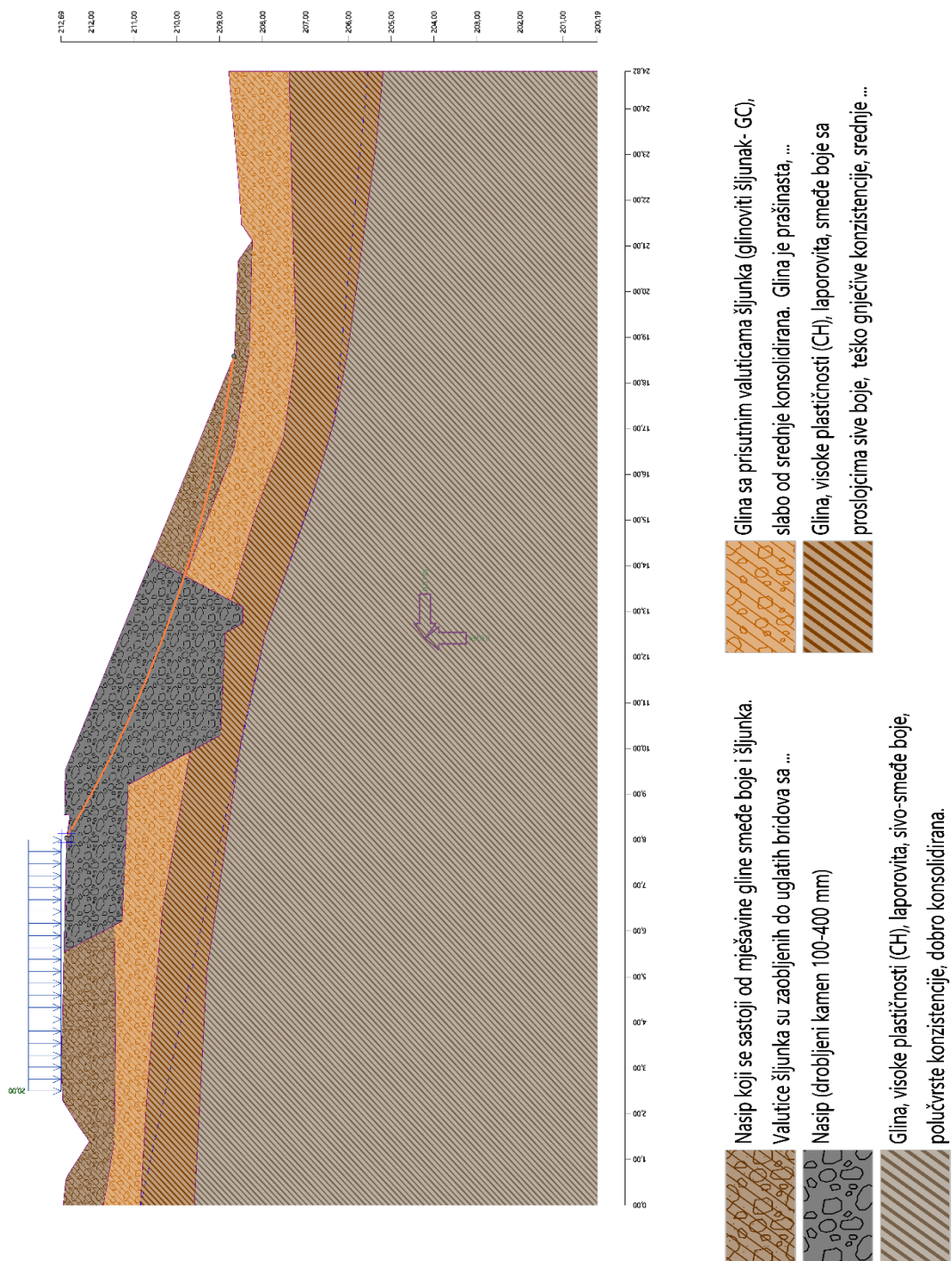
Na temelju izvedenih geotehničkih istražnih radova u zoni klizišta izrađen je geotehnički model tla na proračunskom presjeku 3 u stacionaži 0+81.10 m koji je odabran kao reprezentativni presjek tla za analize stabilnosti potporne konstrukcije i stabilnosti ceste zbog najnepovoljnije geometrije terena.

Na temelju prethodne obrade usvojen je zaključak da se klizanje tla na ispitivanoj lokaciji plitko (dubina klizne plohe  $< 3.0$  m na površini  $\leq 350$  m<sup>2</sup>) i zahvaća slojeve nasipa i glinovitog tla pomiješanog sa šljunkom koji se nalaze iznad slojeva teško gnječive do polučvrste laporovite gline visoke plastičnosti koja nije podložna klizanju. Klizište je stabilno u statičkim uvjetima gdje je faktor sigurnosti ( $F_s \geq 1$ ). Klizanje tla na padini javlja se prilikom procjeđivanja vode sa kolnika i sjevernog oborinskog kanala na južnu padinu (smanjenje posmičnih parametara tla) te dinamičkog opterećenja od prometa. To rezultira pojavom erozije tla, vlačnih pukotina na kolničkoj konstrukciji i klizanja materijala u niže dijelove padine uz cestu.

#### 4.2. ANALIZA STABILNOSTI NAKON IZVEDBE POTPORNE KONSTRUKCIJE (SANIRANO STANJE KLIZIŠTA)

U nastavku je prikazana analiza stabilnosti pokosa za sanirano stanje sa izvedenom potpornom konstrukcijom od kamenog nasipa sa ugrađenim sustavom drenaže. Stabilnost kosine saniranog stanja klizišta na proračunskom presjeku 3 u stacionaži 0+81.10 m koji je odabran kao reprezentativni presjek tla za analize stabilnosti potporne konstrukcije i stabilnosti ceste. Iz provedene analize vidljivo je da izvedena potporna konstrukcija pozitivno djeluje na stabilnost pokosa te stabilizira klizište ( $F_s=1.22$ ).

Potporna kamena konstrukcija djeluje na način da se dobivaju faktori sigurnosti na klizanje  $F_s > 1$  i to u dinamičkim uvjetima, odnosno u uvjetima kada na potporna konstrukciju osim svih statičkih djelovanja djeluju i potresne sile sa horizontalnom i vertikalnom komponentom ubrzanja. Analiza stabilnosti provedena je za projektni pristup 3 prema EC7 uz usvajanje Bishopove metode stabilnosti tla. U nastavku je dan detaljan ispis proračuna stabilnosti kosina za sanirano stanje klizišta.



Slika 6. Analiza stabilnosti za izvedenu potpurnu konstrukciju (dinamički uvjeti)- faktor sigurnosti  $F_s=1.22$

### 4.3. DETALJAN PRORAČUN STABILNOSTI SANIRANOG STANJA KLIZIŠTA

#### Analiza stabilnosti kosine na reprezentativnom presjeku 3 u st. 0+81.10 m

#### Ulazni podaci

#### Postavke

Standard - EN 1997 - PP3

#### Analiza stabilnosti

Analiza za potres : Standard

Metodologije verifikacije : u skladu sa EN 1997

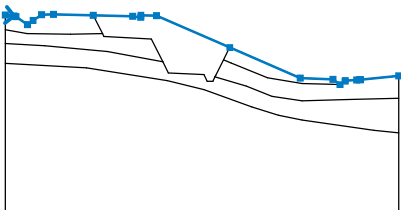
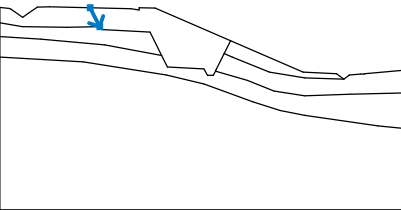
Projektni pristup : 3 - smanjenje aktivnosti (GEO, STR) i parametara tla

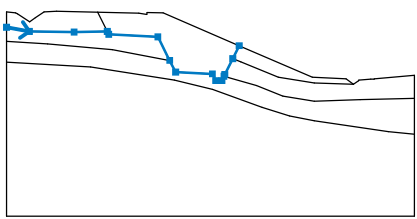
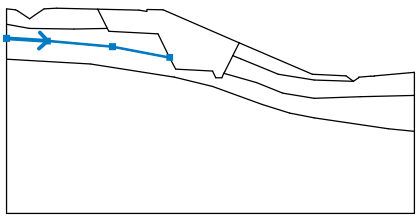
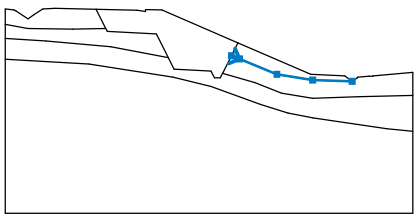
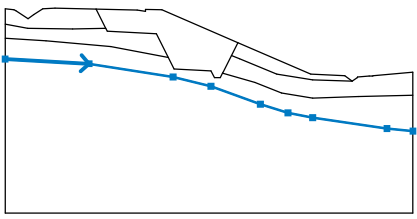
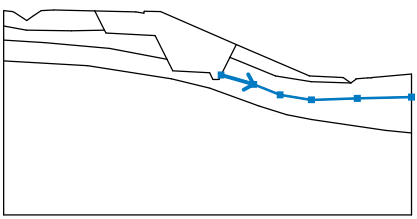
Parcijalni faktori djelovanja (A)							
Stalna proračunska situacija							
		Stanje STR				Stanje GEO	
		Nepovoljan		Povoljan		Nepovoljan	Povoljan
Trajno djelovanje :	$\gamma_G =$	1,35	[-]	1,00	[-]	1,00	[-]
Promijenljivo djelovanje :	$\gamma_Q =$	1,50	[-]	0,00	[-]	1,30	[-]
Teren vode :	$\gamma_w =$					1,00	[-]

Tablica 3. Analiza stabilnosti

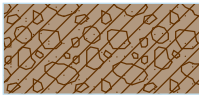
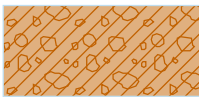

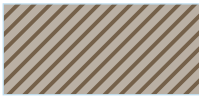
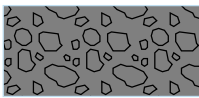
Parcijalni faktor za parametre tla (M)			
Stalna proračunska situacija			
Parcijalni faktor na unutarnje trenje :	$\gamma_\phi =$	1,25	[-]
Parcijalni faktor na učinkoviti koheziji :	$\gamma_c =$	1,25	[-]
Parcijalni faktor na nedrenirani čvrstoći smicanja :	$\gamma_{cu} =$	1,40	[-]

Tablica 4. Stalna proračunska situacija

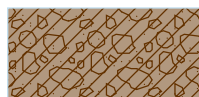
Br.	Lokacija granične površine	Koordinate točke granične površine [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	212,65	0,54	212,59	0,66	212,54
		1,40	212,04	1,75	212,30	2,29	212,66
		3,04	212,69	5,54	212,63	8,04	212,57
		8,54	212,49	8,55	212,62	9,54	212,60
		14,16	210,59	18,61	208,66	20,67	208,57
		21,12	208,24	21,43	208,46	21,45	208,49
		22,16	208,54	22,36	208,55	22,41	208,56
		24,82	208,79				
2		5,54	212,63	6,13	211,46		

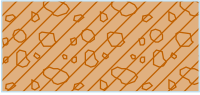
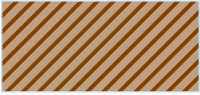

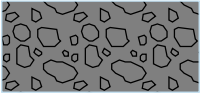
Br.	Lokacija granične površine	Koordinate točke granične površine [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		0,00	211,71	1,38	211,46	4,11	211,42
		6,13	211,46	6,22	211,28	9,21	211,13
		9,93	209,69	10,29	208,98	12,53	208,87
		12,74	208,46	13,10	208,46	13,23	208,73
		13,28	208,83	13,77	209,80	14,16	210,59
4		0,00	210,85	2,49	210,69	6,44	210,34
		9,93	209,69				
5		13,77	209,80	14,26	209,60	16,54	208,67
		18,72	208,31	21,12	208,24		
6		0,00	209,59	5,11	209,30	10,22	208,49
		12,53	207,93	15,54	206,83	17,22	206,31
		18,72	206,01	23,24	205,35	24,82	205,19
7		13,23	208,73	15,21	208,15	16,82	207,51
		18,72	207,21	21,52	207,30	24,82	207,38

Tablica 5. Granična površina

Br.	Ime	Uzorak	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Nasip koji se sastoji od mješavine gline smeđe boje i šljunka. Valutice šljunka su zaobljenih do uglatih bridova sa promjerom zrna do 50 mm. Sloj nasipnog materijala je slabo konsolidiran		28,00	0,00	19,00
2	Glina sa prisutnim valuticama šljunka (glinoviti šljunak- GC), slabo do srednje konsolidirana. Glina je prašinstava, žuto-smeđe boje, visoke plastičnosti, srednje gnječive konzistencije. Valutice šljunka su uglatih bridova sa promjerom zrna do 20 mm.		28,00	2,00	19,00
3	Glina, visoke plastičnosti (CH), laporovita, smeđe boje sa proslojcima sive boje, teško gnječive konzistencije, srednje do dobro konsolidirana.		24,40	10,55	19,07
4	Glina, visoke plastičnosti (CH), laporovita, sivo-smeđe boje, polučvrste konzistencije, dobro konsolidirana.		26,90	5,88	18,96
5	Nasip (drobljeni kamen 100-400 mm)		40,00	0,00	20,00

Tablica 6. Parametri tla - efektivno stanje napona

Br.	Ime	Uzorak	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$n$ [-]
1	Nasip koji se sastoji od mješavine gline smeđe boje i šljunka. Valutice šljunka su zaobljenih do uglatih bridova sa promjerom zrna do 50		19,00		

Br.	Ime	Uzorak	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
	mm. Sloj nasipnog materijala je slabo konsolidiran				
2	Glina sa prisutnim valuticama šljunka (glinoviti šljunak- GC), slabo od srednje konsolidirana. Glina je prašinasta, žuto-smeđe boje, visoke plastičnosti, srednje gnječive konzistencije. Valutice šljunka su uglatih bridova sa promjerom zrna do 20 mm.		19,00		
3	Glina, visoke plastičnosti (CH), laporovita, smeđe boje sa proslojcima sive boje, teško gnječive konzistencije, srednje do dobro konsolidirana.		19,07		
4	Glina, visoke plastičnosti (CH), laporovita, sivo-smeđe boje, polučvrste konzistencije, dobro konsolidirana.		18,96		
5	Nasip (drobljeni kamen 100-400 mm)		20,00		

Tablica 7. Parametri tla – uzgon

### Parametri tla

**Nasip koji se sastoji od mješavine gline smeđe boje i šljunka. Valutice šljunka su zaobljenih do uglatih bridova sa promjerom zrna do 50 mm. Sloj nasipnog materijala je slabo konsolidiran**

Jedinica težine :	$\gamma$	=	19,00 kN/m <sup>3</sup>
Stanje-napona :	efektivan		
Kut unutarnjeg trenja :	$\varphi_{ef}$	=	28,00 °
Kohezija :	$c_{ef}$	=	0,00 kPa
Saturirana jedinica težine :	$\gamma_{sat}$	=	19,00 kN/m <sup>3</sup>

**Glina sa prisutnim valuticama šljunka (glinoviti šljunak- GC), slabo do srednje konsolidirana. Glina je prašinasta, žuto-smeđe boje, visoke plastičnosti, srednje gnječive konzistencije. Valutice šljunka su uglatih bridova sa promjerom zrna do 20 mm.**

Jedinica težine :	$\gamma$	=	19,00 kN/m <sup>3</sup>
Stanje-napona :	efektivan		
Kut unutarnjeg trenja :	$\varphi_{ef}$	=	28,00 °
Kohezija :	$c_{ef}$	=	2,00 kPa
Saturirana jedinica težine :	$\gamma_{sat}$	=	19,00 kN/m <sup>3</sup>

**Glina, visoke plastičnosti (CH), laporovita, smeđe boje sa proslojcima sive boje, teško gnječive konzistencije, srednje do dobro konsolidirana.**

**Nasip koji se sastoji od mješavine gline smeđe boje i šljunka. Valutice šljunka su zaobljenih do uglatih bridova sa promjerom zrna do 50 mm. Sloj nasipnog materijala je slabo konsolidiran**

Jedinica težine :	$\gamma$	=	19,07 kN/m <sup>3</sup>
Stanje-napona :	efektivan		
Kut unutarnjeg trenja :	$\varphi_{ef}$	=	24,40 °
Kohezija :	$c_{ef}$	=	10,55 kPa
Saturirana jedinica težine :	$\gamma_{sat}$	=	19,07 kN/m <sup>3</sup>

**Glina, visoke plastičnosti (CH), laporovita, sivo-smeđe boje, polučvrste konzistencije, dobro konsolidirana.**

Jedinica težine :	$\gamma$	=	18,96 kN/m <sup>3</sup>
Stanje-napona :	efektivan		
Kut unutarnjeg trenja :	$\varphi_{ef}$	=	26,90 °
Kohezija :	$c_{ef}$	=	5,88 kPa



Saturirana jedinica težine :  $\gamma_{\text{sat}} = 18,96 \text{ kN/m}^3$

**Nasip (drobljeni kamen 100-400 mm)**

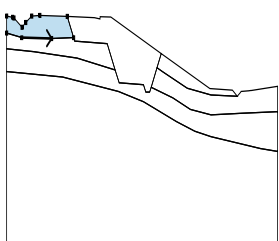
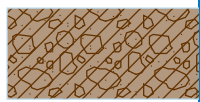
Jedinica težine :  $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$

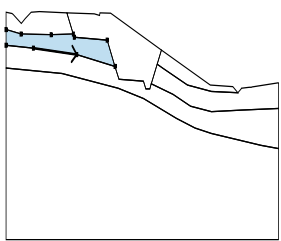
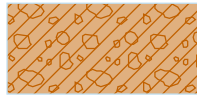
Stanje-napona : efektivan

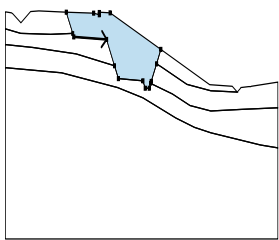
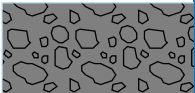
Kut unutarnjeg trenja :  $\varphi_{\text{ef}} = 40,00^\circ$

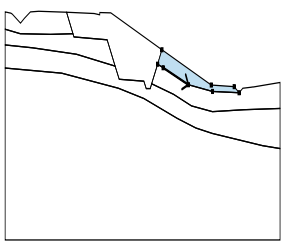
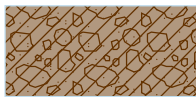
Kohezija :  $c_{\text{ef}} = 0,00 \text{ kPa}$

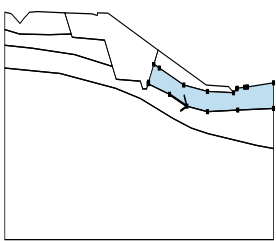
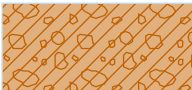
Saturirana jedinica težine :  $\gamma_{\text{sat}} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

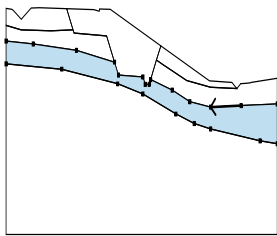

Br.	Pozicija površja	Koordinate točke na površini [m]				Dodijeljeno tlo
		x	z	x	z	
1		1,38	211,46	4,11	211,42	Nasip koji se sastoji od mješavine gline smeđe boje i šljunka. Valutice šljunka su zaobljenih do uglatih bridova sa promjerom zrna do 50 mm. Sloj nasipnog materijala je slabo konsolidiran
		6,13	211,46	5,54	212,63	
		3,04	212,69	2,29	212,66	
		1,75	212,30	1,40	212,04	
		0,66	212,54	0,54	212,59	
		0,00	212,65	0,00	211,71	

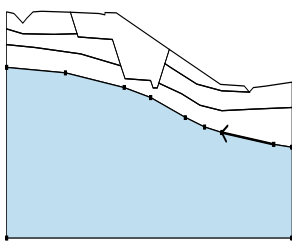

Br.	Pozicija površja	Koordinate točke na površini [m]				Dodijeljeno tlo
		x	z	x	z	
2		2,49	210,69	6,44	210,34	Glina sa prisutnim valuticama šljunka (glinoviti šljunak- GC), slabo od srednje konsolidirana. Glina je prašinasta, žuto-smeđe boje, visoke plastičnosti, srednje gnječive konzistencije. Valutice šljunka su uglatih bridova sa promjerom zrna do 20 mm.
		9,93	209,69	9,21	211,13	
		6,22	211,28	6,13	211,46	
		4,11	211,42	1,38	211,46	
		0,00	211,71	0,00	210,85	

Br.	Pozicija površja	Koordinate točke na površini [m]				Dodijeljeno tlo
		x	z	x	z	
3		6,22	211,28	9,21	211,13	Nasip (drobljeni kamen 100- 400 mm)
		9,93	209,69	10,2 9	208,98	
		12,53	208,87	12,7 4	208,46	
		13,10	208,46	13,2 3	208,73	
		13,28	208,83	13,7 7	209,80	
		14,16	210,59	9,54	212,60	
		8,55	212,62	8,54	212,49	
		8,04	212,57	5,54	212,63	
		6,13	211,46			

Br.	Pozicija površja	Koordinate točke na površini [m]				Dodijeljeno tlo
		x	z	x	z	
4		14,26	209,60	16,5 4	208,67	Nasip koji se sastoji od mješavine gline smeđe boje i šljunka. Valutice šljunka su zaobljenih do uglatih bridova sa promjerom zrna do 50 mm. Sloj nasipnog materijala je slabo konsolidiran
		18,72	208,31	21,1 2	208,24	
		20,67	208,57	18,6 1	208,66	
		14,16	210,59	13,7 7	209,80	

Br.	Pozicija površja	Koordinate točke na površini [m]				Dodijeljeno tlo
		x	z	x	z	
5		15,21	208,15	16,8 2	207,51	Glina sa prisutnim valuticama šljunka (glinoviti šljunak- GC), slabo od srednje konsolidirana. Glina je prašinasta, žuto-smeđe boje, visoke plastičnosti, srednje gnječive konzistencije. Valutice šljunka su uglatih bridova sa promjerom zrna do 20 mm.
		18,72	207,21	21,5 2	207,30	
		24,82	207,38	24,8 2	208,79	
		22,41	208,56	22,3 6	208,55	
		22,16	208,54	21,4 5	208,49	
		21,43	208,46	21,1 2	208,24	
		18,72	208,31	16,5 4	208,67	
		14,26	209,60	13,7 7	209,80	

Br.	Pozicija površja	Koordinate točke na površini [m]				Dodijeljeno tlo
		x	z	x	z	
		13,28	208,83	13,2 3	208,73	
6		21,52	207,30	18,7 2	207,21	Glina, visoke plastičnosti (CH), laporovita, smeđe boje sa proslojcima sive boje, teško gnječive konzistencije, srednje do dobro konsolidirana.
		16,82	207,51	15,2 1	208,15	
		13,23	208,73	13,1 0	208,46	
		12,74	208,46	12,5 3	208,87	
		10,29	208,98	9,93	209,69	
		6,44	210,34	2,49	210,69	
		0,00	210,85	0,00	209,59	
		5,11	209,30	10,2 2	208,49	
		12,53	207,93	15,5 4	206,83	
		17,22	206,31	18,7 2	206,01	
		23,24	205,35	24,8 2	205,19	
		24,82	207,38			

Br.	Pozicija površja	Koordinate točke na površini [m]				Dodijeljeno tlo	
		x	z	x	z		
7		23,24	205,35	18,7 2	206,01	Glina, visoke plastičnosti (CH), laporovita, sivo-smeđe boje, polučvrste konzistencije, dobro konsolidirana.	
		17,22	206,31	15,5 4	206,83		
		12,53	207,93	10,2 2	208,49		
		5,11	209,30	0,00	209,59		
		0,00	200,19	24,8 2	200,19		
		24,82	205,19				

Tablica 8. Dodjeljivanje i površine

Br.	Tip	Tip djelovanja	Lokacija		Ishodište	Dužina	Širina	Kosina	Magnituda		
			z [m]	x [m]					l [m]	b [m]	$\alpha$ [°]
1	traka	promjenljivo	na terenu	x = 2,50		l = 5,50		0,00	20,00		kN/m <sup>2</sup>

Tablica 9. Predopterećenje

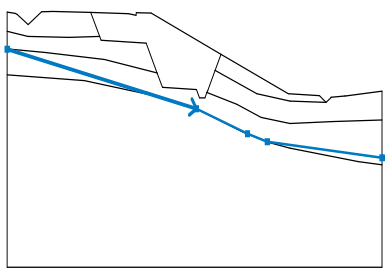


Br.	Ime
1	Prometno opterećenje

Tablica 10. Preopterećenja

Tip vode :

TP  
V

Br.	TPV lokacija	Koordinate točke TPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	210,84	12,53	207,93	15,92	206,71
		17,22	206,32	24,82	205,54		

Tablica 11. Voda

### Potres

Horizontalni seizmični koeficijent :  $K_h = 0,0738$ Vertikalni seizmični koeficijent :  $K_v = 0,0369$ 

### Postavke faze konstrukcije

Proračunska situacija : stalna

### Rezultati (Faza konstrukcije 1)

Parametri klizne površine							
Centar :	x =	22,37	[m]	Kuti :	$\alpha_1 =$	-32,44	[°]
	z =	235,12	[m]		$\alpha_2 =$	-8,13	[°]
Polumjer :	R =	26,72	[m]				
Klizna površina po optimizaciji.							

Tablica 12. Analiza 1: Kružna klizna površina

**Kontrola stabilnosti kosine (Bishop)**Zbroj aktivnih sila :  $F_a = 61,74$  kN/mZbroj pasivnih sila :  $F_p = 75,57$  kN/mMoment pomicanja :  $M_a = 1649,79$  kNm/mMoment otpornosti :  $M_p = 2019,30$  kNm/m

Korištenje : 81,7 %

**Faktor sigurnosti:  $F_s=1.22$** **Stabilnost kosine: STABILNO**

## 5. REZIME SANACIJE

Na predmetnoj lokaciji vidljivo je klizište formirano na nizbrježnoj južnoj strani padine uz županijsku cestu oznake Ž2217 koje je formirano u dijelu padine uz cestu. Na samom klizištu postoji afinitet daljnjeg širenja, što će rezultirati devastacijom asfaltne županijske ceste i okolnog terena ukoliko se ne provede potreban zahvat na sanaciji klizišta. Iz navedenog razloga provedeni su geotehnički istražni radovi i izrađen je geotehnički elaborat br. 04/2022-G od strane GeoMTech d.o.o. Varaždin, što je podloga za projektiranje i sanaciju klizišta. Prema rezultatima istražnih radova do klizanja tla uglavnom dolazi u sloju nasipanog materijala i visoko plastične gline pomiješane sa šljunkom (Gravel & Clay) koja je prisutna u površinskom sloju padine do dubine 2.30 m te je registrirana razina podzemne vode na dubinama od 2,8m – 3,3m. Uslijed povećanih oborina, temeljno tlo se saturira vodom, postaje srednje do lako gnječive konzistencije i gubi posmičnu čvrstoću. To rezultira pojavom erozije tla, klizanja materijala u niže dijelove padine uz cestu te vlačnih pukotina na kolničkoj konstrukciji.

Navedenom sanacijom izvedena je potporna konstrukcija u stepeničastom obliku kamenog nasipa kojim se je dreniralo temeljno tlo i stabilizirala postojeća padina. Zbog strme konfiguracije terena i slabijih karakteristika temeljnog tla nožica kamenog nasipa ukopana je u sloj laporovite visoko plastične gline dobrih geomehaničkih karakteristika gdje nema uvjeta za formiranje klizišta. Slojevi lošeg vodom zasićenog materijala zamijenjeni su lomljenim kamenim blokovima 100-400 mm. Imali smo ulazne parametre tla gdje je vidljivo da je - kut unutrašnjeg trenja  $\varphi = 24.4^{\circ} - 28^{\circ}$ , kohezija  $c = 0 - 11.05 \text{ kN/m}^2$ , zapreminska težina tla  $\gamma = 19.07-19.27 \text{ kN/m}^3$ , modul stišljivosti tla  $M_S = 4 - 12 \text{ MN/m}^2$ , a nakon sanacije lomljenim kamenom imamo parametre - kut unutrašnjeg trenja  $\varphi = 40^{\circ}$ , kohezija  $c = 0 \text{ kN/m}^2$ , zapreminska težina tla  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ , čime smo postigli faktor sigurnosti ( $F_s=1.22$ ), a da je klizište stabilno faktor sigurnosti mora biti  $>1$  što znači da nema opasnosti za daljnjim klizanjem. Veliki doprinos stabilizaciji klizišta donosi sustav odvodnje koji prikuplja i odvodi površinske, oborinske te podzemne izvan zone klizišta. Da bi se spriječila naknadna erozija saniranog pokosa na dijelovima određenim projektom ugrađene su travne ploče te kameni materijal frakcije 30/60 mm. Tim radovima navedeno klizište je sanirano te više nema opasnosti za odvijanje prometa na saniranoj lokaciji.

## 6. ZAKLJUČAK

Klizišta mogu biti posljedica prirodnog procesa oblikovanja reljefa ili ljudske aktivnosti pri narušavanju stabilnosti padine. Klizanje predstavlja ozbiljan problem koji se javlja u cijelom svijetu. Uzrokuje ekonomske ili socijalne gubitke, velike štete od smanjenja vrijednosti nekretnina, prekida prometa, ljudskih života, ozljeda ili psiholoških trauma.

U većini slučajeva klizišta se mogu spriječiti ili sanirati. Postoje razne mjere sanacije koje se mogu provesti kako bi se stabilizirala padina na kojoj ili uz koju se nalaze ugrožene građevine.

U ovom slučaju klizište županijske ceste u Stubičkim Toplicama sanirano je potpornom konstrukcijom u obliku kamenog nasipa kojim se dreniralo temeljno tlo i stabilizirala padina.

Oborinska odvodnja ceste usmjerena je betonskim rubnjacima te prikupljena odvodnim slivnicima, a odvodnja potporne konstrukcije prikupljena je putem drenažnog sustava. Prikupljene vode sakupljene su u revizionom oknu iz kojeg su cijevima ispuštene izvan zone klizišta u otvoreni kanal.

Da se smanji moguća naknadna erozija pokosa jedan dio je zaštićen oblogom od travnih opločnika dok je drugi dio zaštićen drobljenim kamenim materijalom 30/60 mm.

Na kraju je prometnica vraćena u prvobitno stanje i puštena u promet.

## 7. LITERATURA

- [1] Cruden, D.M. (1991) A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43/1:27-29.
- [2] Popescu, M.E. (2002) Landslide casual factors and landslide remedial options. *Proceedings of 3rd international conference on landslides, slope stability and safety of Infrastructures*, Singapore, 61-81.
- [3] Clague, J.J., Roberts, N.J. (2012): *Landslide hazard and risk*. U: Clague, J:J, Stead, D. (ur.): *Landslides Types, Mechanisms and Modeling*. Cambridge, University Press, United Kingdom, 1-9.
- [4] Geotehnički elaborat broj 04/2022-G GeoMTech Varaždin
- [5] Varnes, D.J. (1984): *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice, Natural Hazards*. UNESCO, Paris. 145–155.
- [6] Roje-Bonačići, T. (2014): *Zaštita kosina i sanacija klizišta*, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu
- [7] Popescu, M.E. (2001.): A suggested method for reporting landslide remedial measures. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 60 (1), 69-74 str.
- [8] Hutchinson, J. N. (1977): The Assessment of the effectiveness of corrective measures in relation to geological conditions and types of slope movement, *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 16:131-155
- [9] *Zakon o zaštiti od požara NN 92/10 i Zakon o eksplozivnim tvarima (NN br. 178/04,109/07, 67/08, 144/10)*

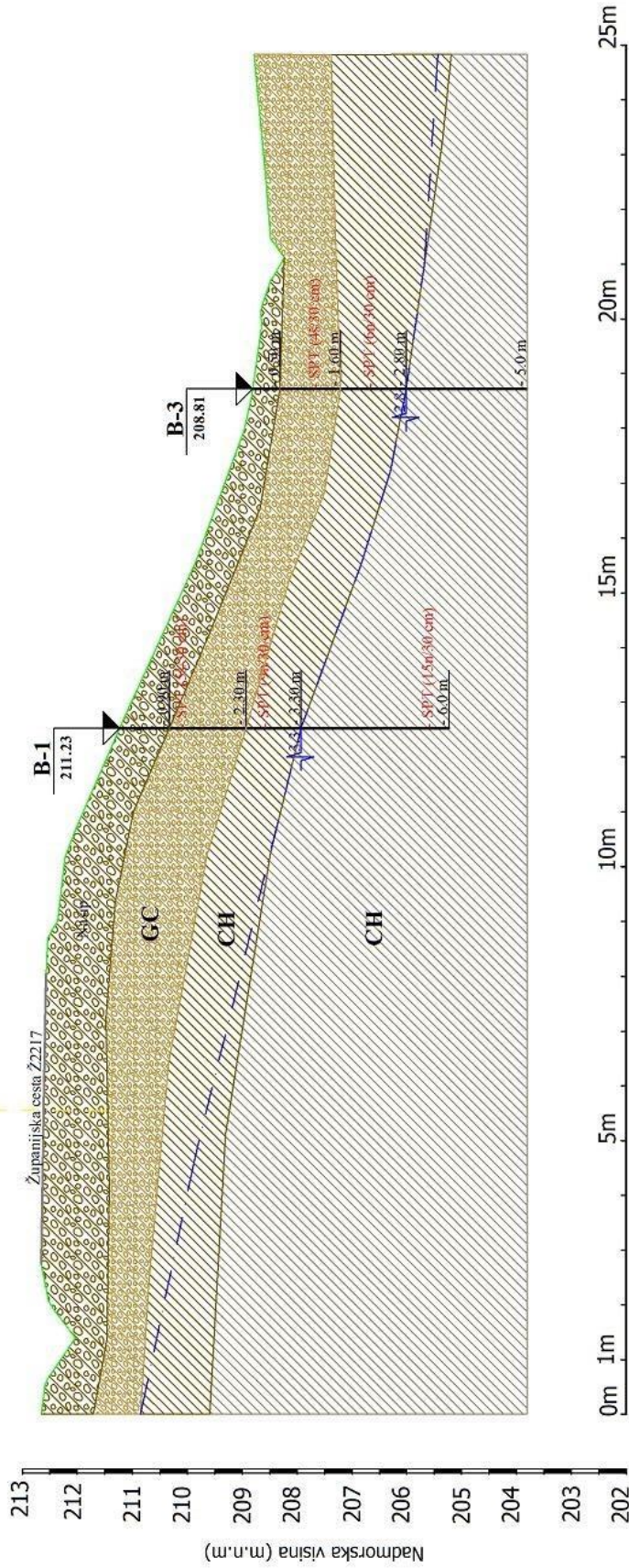
## POPIS SLIKA

Slika 1. Osnovni tipovi klizanja .....	2
Slika 2. Položaj klizišta na predmetnoj dionici županijske ceste oznake Ž2217 .....	4
Slika 3. Položaj lokacije klizišta na županijskoj cesti oznake Ž2217 Stubičke Toplice .....	4
Slika 4. Prikaz zatečenog klizišta na županijskoj cesti Ž2217 Stubičke Toplice.....	6
Slika 5. Prikaz klizišta sa donje strane padine i pozicija izvedenih istražnih bušotina.....	6
Slika 6. Analiza stabilnosti za izvedenu potpornu konstrukciju (dinamički uvjeti)- faktor sigurnosti $F_s=1.22$ .....	23









**LEGENDA:**



Nasip koji se sastoji od mješavine gline smeđe boje i šljunka. Valutice šljunka su zaobljenih do uglatih bridova sa promjerom zrna do 50 mm. Sloj nasipnog materijala je slabo konsolidiran.  
 $\phi = 28^\circ$   
 $c = 0 \text{ kN/m}^2$   
 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$



Glina sa prisutnim valuticama šljunka (glinoviti šljunak- GC), slabo od srednje konsolidirana. Glina je prašinasta, žuto-smeđe boje, visoke plastičnosti, srednje gipsiće konzistencije. Valutice šljunka su uglatih bridova sa promjerom zrna do 20 mm.  
 $\phi = 28^\circ$   
 $c = 0.3 \text{ kN/m}^2$   
 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$



Glina, visoke plastičnosti (CH), laporovita, smeđe boje sa prosječnim sive boje, teško gipsiće konzistencije, srednje do dobro konsolidirana.  
 $\phi = 24.4^\circ$   
 $c = 10.55 - 11.05 \text{ kN/m}^2$   
 $\gamma = 19.07 \text{ kN/m}^3$

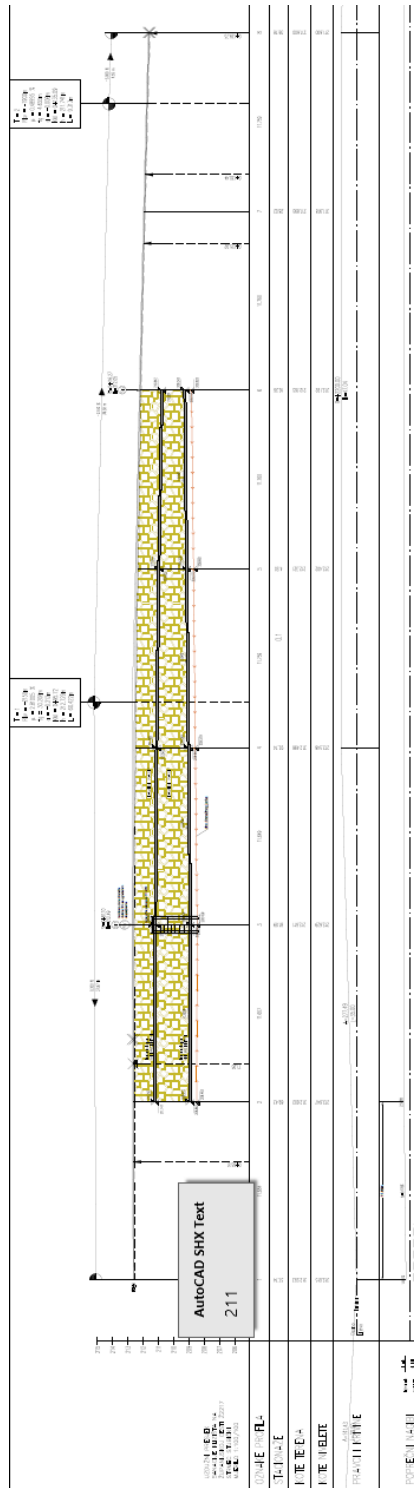


Glina, visoke plastičnosti (CH), laporovita, sivosmeđe boje, polučvrste konzistencije, dobro konsolidirana  
 $\phi = 26.9^\circ$   
 $c = 5.88 \text{ kN/m}^2$   
 $\gamma = 18.96 \text{ kN/m}^3$

SPT (90/30 cm) - broj udara standardnog penetritijskog testa

- pojavu i razina podzemne vode u istražnoj bušotini



















# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Nenad Siketić

MATIČNI BROJ 3577/336

DATUM 15.07.2022.

KOLEGIJ Geotehnika

NASLOV RADA Sanacija klizišta na županijskoj cesti u Stubičkim Toplicama

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Landslide rehabilitation on the county road in Stubičke Toplice

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.

## Zadatak završnog rada

BROJ 444/GR/2022

OPIS

U završnom radu potrebno je obraditi tematiku sanacija klizišta na lokalnim i županijskim cestama. Na konkretnom primjeru potrebno je izraditi tehničku sanaciju klizišta koja će se sastojati od svih tehničkih dijelova, istražnih radova te projektnog rješenja kao što to u projektnoj naravi mora i biti.

Završni rad mora biti rađen prema Uputama za izradu Diplomskog rada Sveučilišta Sjever.

Osnovni dijelovi rada:

UVOD - TOPĆENITO O KLIZIŠTIMA

OPIS POSTOJEĆEG STANJA - PROBLEMATIKA

GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI - POSTOJEĆE STANJE

TEHNIČKO RJEŠENJE KLIZIŠTA - SANACIJA

NACRTI, GRAFIČKI PRILOZI RJEŠENJA

IZVOĐENJE - IZVEDENO STANJE SANACIJE

ZAKLJUČAK

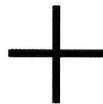
ZADATAK URUČEN

07.09.2022.

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE  
SJEVER

# Sveučilište Sjever

SVEUČILIŠTE  
SIEVER

## 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, NENAD SIKETIĆ pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog rada pod naslovom Sanacija klizišta na županijskoj cesti u Stubičkim Toplicama te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Nenad Siketić

(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, NENAD SIKETIĆ neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog rada pod naslovom Sanacija klizišta na županijskoj cesti u Stubičkim Toplicama čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Nenad Siketić

(vlastoručni potpis)