

Angela LONČAR VLAIĆ  
mr.sc., dipl.ing.građ., Geotehnički studio d.o.o., Zagreb

Ozren SORIĆ  
dipl.ing.građ., Geotehnički studio d.o.o., Zagreb

Ana HRŠAK  
dipl.ing.građ., Geotehnički studio d.o.o., Zagreb

## **SANACIJA NESTABILNIH LOKALITETA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA**

**SAŽETAK:** Dio grada Zagreba smješten je na južnim obroncima planine Medvednice. Urbanizacijom tog područja raznim ljudskim aktivnostima mijenja se stanje u okolišu. Ukoliko se potrebnim mjerema na umjetni način ne nadomjeste izvršene promjene u prirodi s vremenom se pojavljuju nestabilnosti koje ugrožavaju ljude i materijalna dobra.

U ovom radu opisati će se nestabilne lokacije koje su se pojavile na prije spomenutom dijelu grada Zagreba, a za koje je tvrtka "Geotehnički studio" izradila projekte sanacije. Objasniti će se uzroci i mehanizmi nestabilnosti i prikazati tehnička rješenja koja će se koristiti tijekom sanacije istih.

## **REMEDIAL WORKS FOR UNSTABLE LOCATIONS IN ZAGREB AREA**

**SUMMARY:** A part of Zagreb is settled on the southern area of Medvednica mountain. Within urbanisation and human activities, the state of nature and surroundings has been changed. In case of these changes in nature not being substituted artificially, in time the instabilities will occur that will present danger to humans and material assets.

This article describes unstable locations that occurred throughout the early mentioned part of Zagreb. Projects for remedial works for these locations have been made by "Geotehnički studio". Causes and mechanisms of instability will be given as well as the technical solutions for remedial works.

## 1. OPĆENITO

Grad Zagreb izgrađen je i širi se na južnim obroncima planine Medvednice i u nizinskom dijelu, uz rijeku Savu.

Svako od ovih područja, s geotehničkog aspekta ima svoje specifičnosti.

Nizinski dio karakteriziraju aluvijalne naslage rijeke Save. U podlozi dobro granuliranog šljunka, leži prekonsolidirana glina koja se pojavljuje na promjenjivoj dubini, ali najčešće je to oko 12 metara ispod površine terena. Površinski pokrivač iznad šljunka su glinovitoprašnasti materijali debljine 2 do 3 m. Podzemna voda leži na glinama i njen nivo oscilira unutar sloja šljunka i u direktnoj je vezi sa nivoom rijeke Save.

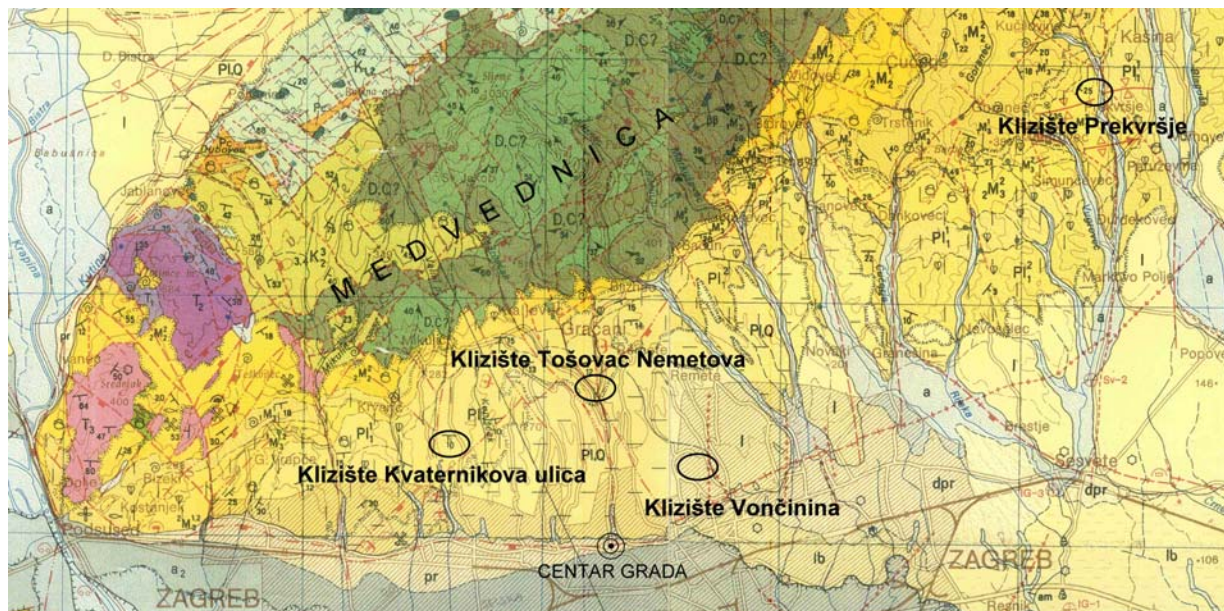
Donji dijelovi obronaka Medvednice sastoje se od pliokvartarnih sedimenata. Pijeskoviti i šljunkoviti materijal od erozije viših područja prenošen je sa bujicama i potocima u područje taloženja glinovitih materijala. Na taj način su nastale naslage koje sadrže samostalne ili međusobno povezane leće propusnijeg materijala unutar glinovitih serija. Glinovite naslage konsolidirane su uslijed vlastite težine. Kasnije su tektonski pokreti prouzrokovali boranje, rasijedanje i druge deformacije praćene jakim potresima. Pod tim silama, naslage gline konsolidirale su se u prekonsolidiranu raspucalu glinu. Jače propusni pijeskovito-šljunkoviti slojevi unutar gline često su zasićeni vodom.

U ovakvoj geološkoj formaciji, a uzimajući u obzir morfološke karakteristike i aktivnost čovjeka (sječa šuma i prenamjena pošumljenih područja u obradive površine kao što su vinogradi, izgradnja prometnica i naselja, izgradnja vodovoda, ali ne uvijek i kanalizacije i sl.) za posljedicu često ima destabilizaciju terena u obliku klizanja i puzanja.

U ovom radu dati će se opisi uzroka i mehanizmi klizanja, te prikaz tehničkih rješenja primjenjenjenih ili predloženih u sanaciji četiri nestabilna lokaliteta na području grada Zagreba, smještenim na obroncima Medvednice. To su klizište Prekrvršje u Sesvetama, klizište Tošovac-Nemetova smješteno 3 km sjeverno od glavnog gradskog trga, klizište u Vončininoj ulici koje pripada samom centru grada, te klizište u Kvaternikovoj ulici u sjeverozapadnom zagrebačkom naselju Kustošija.

Osnovni uzroci pokretanja klizišta uz geološku građu terena, fizikalno-mehaničke karakteristike slojeva tla, te hidrološke uvjete u tlu su ljudske aktivnosti u smislu izgradnje prometnica, sječe šuma, nekontroliranog nasipavanja dijelova padine i neadekvatno rješene odvodnje u zoni prometnica.

Rješenja sanacije tražena su u smislu sniženja nivoa podzemne vode i smanjenja pornih pritisaka u padini te preuzimanje pritisaka nastalih uslijed klizanja primjenom bušenih i (ili) kopanih drenova u kombinaciji s potpornim konstrukcijama, a najčešće se primjenjuju potporni armiranobetonski ili gabionski zidovi ili sidrene pilotske stijene.

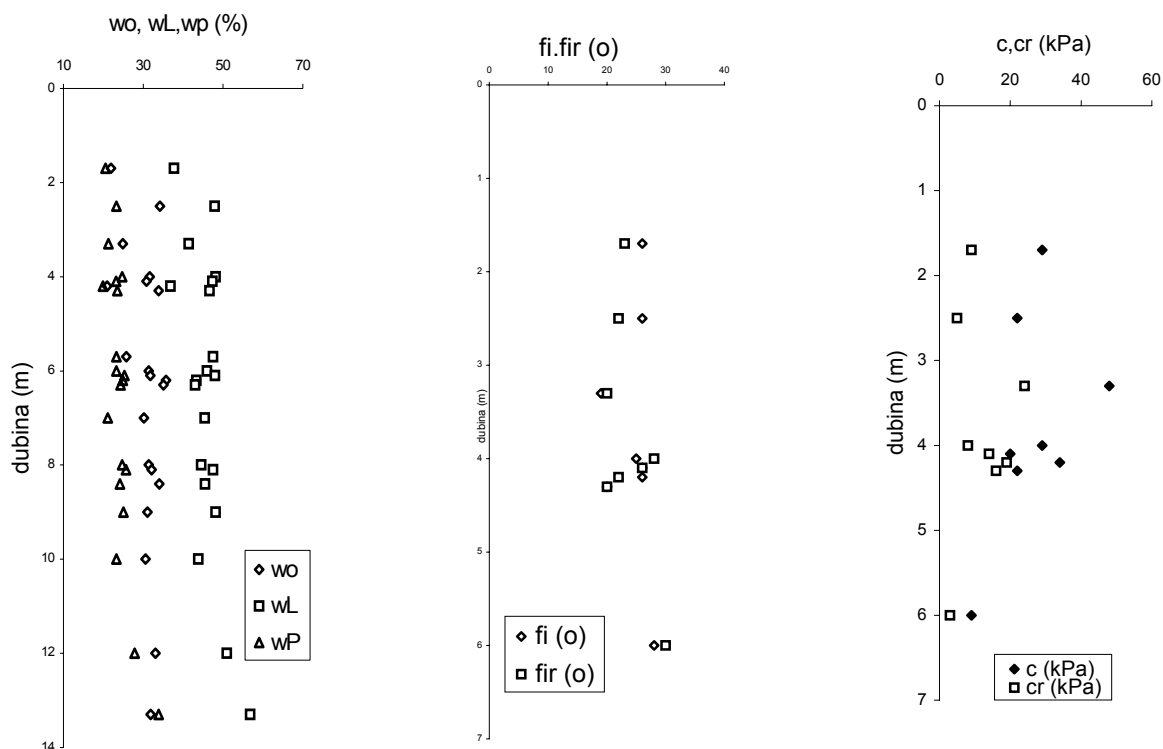


Slika 1. Grad Zagreb, pozicije nestabilnih lokaliteta

## 2. PROVEDENA ISTRAŽIVANJA I REZULTATI

Za predmetne lokalitete provedena su istražna bušenja, te terenska i laboratorijska ispitivanja fizikalno-mehaničkih karakteristika slojeva tla. Istraživanjima su uočene dvije karakteristične uslojenosti. Prvu uslojenost karakteriziraju pliokvartarne naslage gline, krute konzistencije, debljine 1 do 2 m i prašinsto-glinoviti materijali debljine 6 do 8 m s lećama veće propusnosti (GC,SFs...,) i pontske naslage prahova i pijeska polučvrste konzistencije, dobro zbijeni.

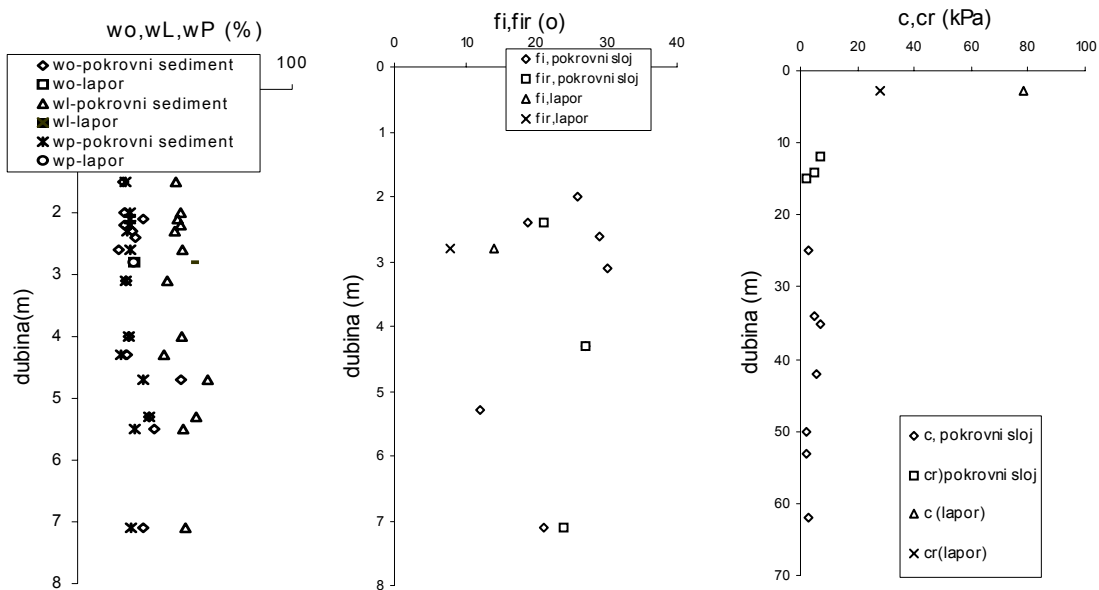
Klizišta u Vončininoj ulici, ulici Tošovac-Nemetova i Kvaternikovoj ulici nalaze se u području opisane uslojenosti. Rezultati ispitivanja fizikalno-mehaničkih karakteristika prašinsto-glinovitih materijala u kojima se dešava klizanje dani su na dijagramima na slici 2.



**Slika 2.** Klizišta u Kvaternikovoj, Nemetovoj i Vončininoj ulici, Rezultati ispitivanja

Drugu uslojenost, karakterističnu za klizište Prekvršje čine pliokvartarni prašinsto-glinoviti materijali, srednje plastičnosti, srednje do krute konzistencije koji leže na halocenskim naslagama lapora, čvrste do polučvrste konzistencije koji je trošan u pojedinim zonama. Dubina pojave lapora je različita i varira u granicama od 0,7 m do 8 m, a najčešće je na dubinama između 3 i 5 m.

Ispitivanjima dobivene vrijednosti fizikalno-mehaničkih karakteristika pokrovnog sloja i lapora dani su u dijagramima na slici 3.



**Slika 3.** Klizište Prekrvršje, Rezultati ispitivanja

Na temelju rezultata ispitivanja usvojeni su proračunski modeli za provedbu analiza stabilnosti. Analize stabilnosti su polazište za odabir i dimenzioniranje tehničkog rješenja sanacije klizišta, a što će biti prezentirano dalje u radu za svako pojedino klizište

### 3. KLIZIŠTE PREKVRŠJE

#### 3.1 Opis klizišta

Klizište se nalazi na istočnim obroncima planine Medvednice u naselju Prekrvršje u Sesvetama dvadesetak kilometara od centra grada.

Tlo koje je zahvaćeno klizanjem ima površinu od otprilike 100 m x 100 m (10,000 m<sup>2</sup>). Klizanje tla je vrlo sporo i pretpostavlja se da postoji već dulji niz godina (20 -30, a moguće i dulje). Nagib padine na kojem se nalazi predmetno klizište iznosi 8° - 9°.

Uslojenost tla na klizištu se sastoji od površinskih sedimenata (prašinsto glinoviti materijali) i lapora u podlozi. Na dnu padine u zoni potoka registriran je protočni nanos (zaglinjeni šljunak) u kojem je prisutan i subarteški pritisak.

Pri dnu padine izvedena je prometnica. Između prometnice i potoka izgrađeni su stambeni objekti. Dugogodišnjim sporim, ali ipak postojećim pomicanjem tla, prometnica i stambeni objekti postali su ugroženi. Zbog toga se trebalo pristupiti sanaciji klizišta.

#### 3.2 Uzroci i mehanizam klizanja

Geološka građa terena u kombinaciji s hidrološkim uvjetima u tlu, erozionom aktivnošću potoka i aktivnošću čovjeka osnovni su uzroci nastanka nestabilnosti padine.

Prvi nepovoljan utjecaj je djelovanje procjedne vode. Padina je u dijelu iznad ulice obradiva, odnosno koristi se kao poljoprivredno zemljište. Na tome dijelu nema uređenih kanala za odvodnju oborinske vode, a sama obradiva zemlja traži navodnjavanje što za posljedicu ima ulazak vode u tlo. Zbog toga je omogućena jača infiltracija oborinskih voda u podzemlje. Voda se gravitaciono procjeđuje u dubinu do praktički nepropusne laporovite podloge, a nakon toga struji po laporu niz padinu. Osim vode koja se u tlo infiltrira s poljoprivrednog zemljišta, u tlu se nalazi i kroz njega se procjeđuje voda s viših dijelova padine. Sva voda dotječe prema potoku i tu se sakuplja (koncentrira).

Drugi nepovoljni utjecaj je utjecaj podzemne vode koji djeluje u nožičnom dijelu kliznog tijela. Ovdje je prisutan sloj propusnog šljunka koji leži na laporu. Ovaj sloj se prihranjuje podzemnom vodom iz viših

predjela, a moguće i iz potoka. Istraživanjem je ustanovljeno da je voda u ovom sloju pod subarteškim pritiskom. Negativni utjecaj podzemne vode je onaj element destabilizacije koji dovodi padinu u stanje labilne ravnoteže u nepovoljnim hidrološkim razdobljima. Dakle, u uvjetima postojećeg rasporeda slojeva tla, njihovih mehaničkih i karakteristika vodopropusnosti, te u razdobljima nepovoljnog djelovanja strujnog tlaka vode i olakšanja nožice djelovanjem uzgona dolazi do prekoračenja posmične čvrstoće po kliznom kontaktu pokrivač-lapor. Oslabljenjem nožičnog dijela padine inicira se proces pomicanja. Tako se površina zahvaćena pomicanjem širi prema višim dijelovima padine.

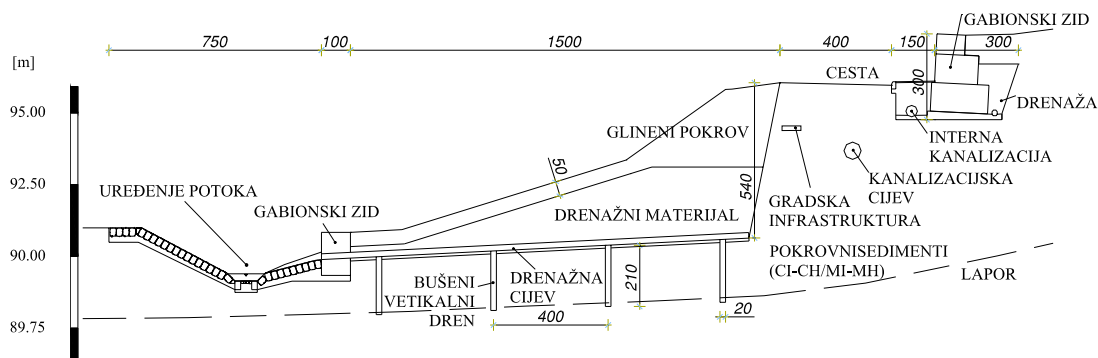
### 3.3 Tehničko rješenje sanacije klizišta

Polazni elementi kojih se trebalo pridržavati pri odabiru primjenjivih tehničkih rješenja vezani su za dva čimbenika. Prvi je vezan za uvjete u tlu, a drugi za izgrađenost na padini. Osim toga trebalo je riješiti osnovno pitanje, a to je stabilizacija pokosa koji dijeli cestu i povišeni teren iznad nje.

Odabrano rješenje se sastoji od izvedbe gabionskog zida uz potok kojim bi se spriječilo daljnje erodiranje padine vodom potoka. Negativni utjecaj podzemne vode u nožici padine smanjio bi se izvedbom sustava kopanih i vertikalnih drenova u dijelu od gabionskog zida do ceste. Sve površinske vode koje se slijevaju cestom prihvatiti će se površinskim kanalom. Istim će se vode dovesti do uljevne građevine i propustom ispod ceste odvesti u potok. Visinska denivelacija između ceste i obradive površine iznad ceste osigurati će se izvedbom potporne konstrukcije od gabiona.

Treba istaknuti i to da sanacioni radovi nisu predviđjeli zahvate iznad ceste. Naime, iako je istaknuto da je problem smanjenja stupnja stabilnosti padine vezan i na infiltraciju površinske vode u tlo na dijelu padine iznad ceste, u ovom dijelu nisu predviđeni zahvati (površinski prihvat vode ili dreniranje padine) iz dva razloga. Prvi je taj što su analize stabilnosti pokazale da će se predviđenim radovima stupanj stabilnosti povećati za cca 30 %. Osim toga izvedbom gabionskog zida iznad ceste, a koji je vodopropusan, u dijelu padine iza zida će se poboljšati stanje vezano na pritiske od strujnog pritiska vode. Osim toga, u ovom dijelu, padina se koristi kao obradivo zemljište, pa bi izgradnja građevina za odvodnju voda smanjila njenu uporabnu vrijednost.

Iako se ocjenjuje da će predviđene mjere sanacije biti dovoljne da povećaju stupanj stabilnosti padine na zadovoljavajuću razinu, u okviru radova sanacije izvesti će se sustav za praćenje uspješnosti izvedenih sanacionih radova. Ukoliko rezultati praćenja ukažu na nedostatnost izvedenih radova raspolagati će se dovoljnim fondom podataka da se izvedeni sustav sanacije proširi u okviru druge etape radova. U okviru ove faze izveli bi se kopani drenovi na poljoprivrednom zemljištu iznad ceste i eventualno dodatni zahvati ukoliko bi se pokazala potreba za njima.



Slika 4. Karakteristični presjek s tehničkim mjerama sanacije klizišta Prekrvršje

## 4. KLIZIŠTE TOŠOVAC – NEMETOVA

### 4.1 Opis klizišta

Klizište se nalazi vrlo blizu centru grada, odnosno tri kilometra sjeverno od glavnog gradskog trga. Kod ovog klizišta aktivna su klizanja po pličim plohama, a otpornost na klizanje po dubljim kliznim plohama je minimalna. U nepovoljnim razdobljima po ovim plohama se odvijaju procesi puzanja. Obuhvaćaju skoro cijelu padinu između navedenih ulica. To područje zahvaća površinu od oko 100 m x 300 m. Proces klizanja po pličim kliznim plohama ovdje obuhvaćaju površinu od 60 m x 30 m. Ti su

procesu vrlo izraženi, odnosno brzi. Postojanje ovog plićeg klizanja je staro otprilike desetak godina. Nagib padine na kojoj se nalazi klizište iznosi  $10^{\circ}$  -  $30^{\circ}$ .

Uslojenost tla se sastoji od površinskih sedimenata ispod kojih se nalaze dobro zbijeni prašinsti sedimenti. U površinskim sedimentima prisutne su leće propusnih zaglinjenih i prašinstih šljunaka i pijesaka.

Iznad ulice Tošovac nalaze se stambeni objekti, a ispod Nemetove ulice smještena je bolnica i starački dom. Plitko klizanje je prouzročilo pomicanje tla na Nemetovu ulicu i potrebna je hitna sanacija klizišta.

## 4.2 Uzroci i mehanizam klizanja

Geološka građa terena, fizikalnomehanički parametri slojeva tla u kombinaciji s hidrološkim uvjetima u tlu i ljudskim aktivnostima osnovni su uzroci pokretanja klizišta.

Cijelo područje između produžetka ulice Tošovac i Nemetove ulice je u stanju labilne ravnoteže do dubine od 7 m. Ova nestabilnost uvjetovana je geološkom građom terena i hidrološkim uvjetima u tlu. Naime padina je u površinskom dijelu izgrađena od glinovitih i prašinstih materijala u kojem se nalaze leće propusnijih pijeskovitih i šljunkovitih materijala. U hidrološki vlažnijem dijelu godine dolazi do procijeđivanja vode s viših područja propusnijim materijalima i zasićivanjem tla vodom, odnosno povećanja pomnih pritisaka. Zbog manje propusnih materijala infiltrirana podzemna voda ne može se dovoljno brzo evakuirati iz tla, nego se zadržava dulji period u padini, djeluje nepovoljnim opterećenjem na nju, te je na taj način destabilizira.

Dok se ljudskim aktivnostima padina nije ugrožavala ona je bila u stanju labilne ravnoteže, ali bez otvorenih klizišta. Ali kada se padina zasjekla radi izvedbe Nemetove ulice njena stabilnost postala je ugrožena. Konačno i također ljudskim aktivnostima na vrhu padine, odnosno iz produžetka ulice Tošovac padina je nepovoljno opterećivana raznim zahvatima. Ti su zahvati slijedeći: nasipavanje materijala uz produžetak ulice Tošovac sa strane padine radi proširenja same ulice, izgradnja objekta uz produžetak ulice Tošovac također sa strane padine (ovim zahvatom se materijal koji se nalazio na mjestu objekta prebacivao dalje na padinu), loše rješenja kanalizacija koja vjerojatno nije vodonepropusna, te nikakvo rješenje odvodnje vode s ulice Tošovac.

Dakle, kada se desilo da je padina saturirana vodom koja je došla iz produžetka ulice Tošovac, koja se procijeđila prirodnim putem s viših područja i iz neuređene kanalizacije, te kada je relaksirana nožica padine uz Nemetovu ulicu zasićivanjem padine i kada je opterećena padina raznim zahvatima iz produžetka ulice pokrenuto je klizanje po plitkim kliznim plohama.

## 4.3 Tehničko rješenje sanacije klizišta

Kod odabira tehničkog rješenja kojima će se sanirati klizište između ulice Tošovac i Nemetove trebalo je započeti s dva zahtjeva koje je postavio investitor.

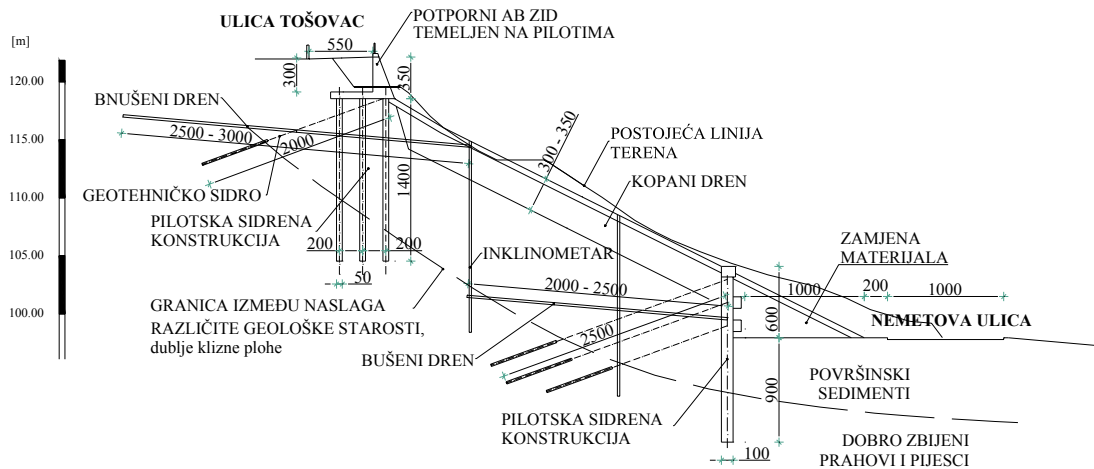
Prvi je zahtjev vezan uz Nemetovu ulicu. Naime, u budućnosti se planira proširenje Nemetove ulice prema padini za 10 m. Zbog toga je potrebno planirati potpurnu stijenu na toj udaljenosti od ulice. Pomicanje potpurne stijene prema padini ima za posljedicu povećanje visine denivelacije koju će trebati štititi. To će rezultirati povećanjem dimenzija potpurne stijene. Dio padine koji će ostati između potpurne konstrukcije i Nemetove ulice zamjeniti će se materijalom boljih mehaničkih karakteristika. Ovaj će se materijal ukloniti kada će se izvoditi proširenje cijele Nemetove ulice.

Drugi je zahtjev vezan za osiguranje ruba produžetka ulice Tošovac prema padini. Produžetak ulice zahtjeva potpuno prometno i infrastrukturno uređenje. To znači da se u produžetku ulice mora osigurati zahtjevana širina generalnim urbanističkim planom, te okretište za komunalna i druga vozila na kraju ulice. Također se treba izvesti kanalizacija u koju će se upuštati kućanske otpadne vode i oborinska voda koja se sakuplja s ulice i okolnih površina, te se mora izvesti javna rasvjeta, postaviti plinovod, vodovod i telefonski kabel. Da bi se osigurali navedeni zahtjevi potrebno će biti izvesti potpurnu konstrukciju na cijeloj duljini produžetka ulice Tošovac.

Nakon zadovoljenja ova dva zahtjeva potrebno je sanirati dio klizišta koji se nalazi između potpurnih konstrukcija. Naime, analize stabilnosti ukazuju da je moguće klizanje po plitkim kliznim plohama i nakon izvedbe potpurnih konstrukcija. Zbog toga će biti potrebno provesti dodatne mjere za njihovu stabilizaciju.

Odabrana je varijanta gdje bi se ulica Tošovac štitila armiranobetonskim zidom koji bi se postavio na pilotsku sidrenu konstrukciju. Stabilizacija klizišta i osiguranje denivelacije uz Nemetovu ulicu izvelo bi se pilotskom sidrenom konstrukcijom. Stabilizacija padine između potpurnih stijena osigurala bi se izvedbom kopanih drenova. Prikupljena voda bi se upustila u postojeću kanalizaciju Nemetove ulice.

Stabilnost potpornih stijena osigurana je na pritiske klizanja po plićim plohama i pritiske puzanja po dubljim plohama.



**Slika 5.** Karakteristični presjek s tehničkim mjerama sanacije klizišta Tošovac - Nemetova

## 5. KLIZIŠTE KVATERNIKOVA

### 5.1 Opis klizišta

Klizište se nalazi u sjeverozapadnom zagrebačkom naselju Kustošija, oko 3 km sjeverno od glavne gradske ulice. Smješteno je na jugozapadnoj padini brijega i u čeonom dijelu presijeca ga Kvaternikova ulica. Klizište u Kvaternikovoj ulici izravno ugrožava prometnicu.

Na klizište se dugi niz godina deponirao razni otpad koji je opteretio padinu i sada je u fazi klizanja.

Klizanje je složeno i nastalo je u materijalima različitih fizikalno-mehaničkih karakteristika.

Na terenu se uočavaju pokazatelji koji upućuju na prisustvo aktivnog procesa klizanja nasutog materijala ispod ceste, pokazatelji umirenih procesa klizanja u zoni padine iznad ceste i pokazatelji aktivnih i umirenih procesa puzanja šire zone padine.

Klizanje nasipa obuhvaća širinu pokrenute mase u čelu klizišta od 60m, a u nožici 20 m. Dužina pokrenute mase iznosi 150m.

Klizište ima nekoliko načina kretanja te je stoga složeno, kombinirano, rotacijsko i translacijsko, odvojeno od padine, i nastalo u masama različitih fizičko-mehaničkih svojstava. Klizište je aktivno i staro, razvoj klizišta je detruzivni ili progresivni, dakle nastaje na hipsometrijski višem dijelu padine i prenosi se na niže dijelove zbog opterećenja i tlaka kojim djeluje na pokrenutu masu.

Matična stijena je heterogenog sastava i predstavlja kompleks naslaga, gline, pijeska i šljunka.

Klizanje je srednje duboko, a prema brzini pokreta je vrlo polagano (klizanje se dogodilo u vremenskom razmaku od preko godine dana). Uočene su poprečne deformacije na smjer kretanja klizane mase, zatim deformacije koje se podudaraju sa smjerom kretanja mase klizišta, te tangencijalne i radijalne pukotine u stopi klizišta. Prisutna je i erozijska nestabilnost, te ispupčenja u tijelu klizišta, najahivanje pokrenute mase u stopi klizišta, vlačne pukotine sa zijevom i pukotine sa skokom. U bokovima i u podnožju klizišta zamijećeno je procjeđivanje vode koja se drenira lokalnim vodotokom.

### 5.2 Uzroci i mehanizmi klizanja

Na padini su prisutna dva procesa klizanja. Klizanje nasipanog materijala po padini i klizanje ceste i dijela prirodne padine.

Uzroci klizanja u zoni ceste su uz prirodne čimbenike (predispozicija), u koje spadaju litologija (konzistencija), struktura padine, stupanj raspadnutosti, povećanje gradijenta podzemne vode, povećanje vlažnosti, erozija stope, neotektonika (rasjed), i ljudski čimbenici kroz povećanje opterećenja padine izgradnjom ceste i neadekvatno rješenom odvodnjom oborinske i procjedne vode. Izgradnjom ceste na padini, uz neadekvatno riješenu odvodnju površinskih voda povećano je opterećenje padine ( nasip ceste, prometno opterećenje i porni pritisci), uslijed kojeg su posmični

naponi duž potencijalne klizne plohe prekoračili posmičnu čvrstoću materijala i doveli do destabilizacije terena.

Nestabilnost na padini ispod ceste posljedica je nekontroliranog odlaganja velike količine otpadnog materijala, heterogenog sastava. Nasuti materijal nalazi se u stanju aktivnog klizanja. Klizanje se dešava po više kliznih ploha, na kontaktu nasutog materijala i osnovnog tla, a prisutna su i lokalna pomicanja unutar tijela nasipa, te erozioni procesi, kojima se klizište proširuje prema dnu padine. Građa i fizikalno mehaničke karakteristike nasipanog materijala uz velike lokalne oscilacije u kvaliteti materijala glavni su uzroci nestabilnosti nasipa. Proces klizanja odvija se sporije ili brže, a vezano za povećanje opterećenja nasipa novim količinama otpadnog materijala i pornim pritiscima. Naime u kišnim periodima voda se infiltrira u tijelo nasipa i saturira ga. Porni pritisci se povećavaju i proces klizanja se ubrzava.

### 5.3 Tehničko rješenje sanacije klizišta

Tehnička rješenja sanacije klizišta predložena su u smislu da se najveći efekat u stabilizaciji terena postiže otklanjanjem uzroka koji su doveli do njegove destabilizacije.

To znači, da vezano za nestabilnost u zoni ceste treba smanjiti negativan utjecaj težine cestovnog nasipa i pritiska porne vode kojom je saturirana padina u tom dijelu.

U tu svrhu, vezano za nestabilnost u zoni ceste razmatrana su rješenja u kojima će se zamijeniti degradirani materijal saturiran vodom od kojeg je izgrađen nasip ceste, a opterećenja prenijeti u dublje stabilne slojeve tla.

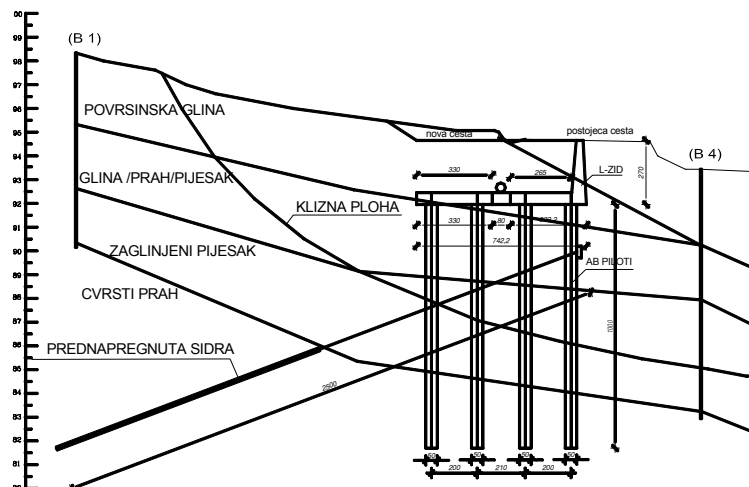
Predloženo je tehničko rješenje sanacije koje uključuje izvedbu:

1. sustava površinskih kanala i drugih potrebnih građevina radi reguliranog prihvata i odvoda površinske vode sa padine iznad ceste,
2. bušenih drenova kojima bi se drenirala padina iznad ceste,
3. nasipa ceste od armiranog tla ( postojeći nasip ceste uklonio bi se do nivoa kanalizacionog kolektora, a novi nasip izveo bi se od armiranog tla) ili zamjene materijala postojećeg nasipa ceste do nivoa kanalizacionog kolektora nekoherentnim materijalom i izvedbu potpornog armiranobetonskog L-zida kojim bi se osigurala stabilnost nasipa ceste i
4. sidrene pilotske konstrukcije na kojoj bi se temeljio nasip ceste od armiranog tla

Što se tiče nasipa na padini ispod ceste jedino kvalitetno rješenje vidi se u otklanjanju nasutog materijala sa padine. Zbog visokih troškova odvoza kompletnog nasipa  $10.000-15.000 \text{ m}^3$  i činjenice da postojeći objekti nisu ugroženi na način da bi se mogao očekivati iznenadni događaj sa opasnim posljedicama, predloženo je stanje na padini poboljšati malim jeftinijim zahvatima.

Pri tome nije neophodno nasip dovesti u stanje stabilnosti koje bi karakterizirali uobičajeni faktori sigurnosti za stabilnu građevinu. Ovakav pristup podrazumijevao bi primjenu zahvata na planiranju površine nasipa, poboljšanje odvodnje i sađenje prikladne vegetacije.

Uz mjeru redovnog praćenja pomaka ovakvo uređenje padine bilo bi prihvatljivo, jer odvoženje nasutog materijala uvijek ostaje kao zadnja mjera sanacije.



Slika 6. Karakteristični presjek s tehničkim mjerama sanacije klizišta u Kvaternikovoj ulici



## 6. KLIZIŠTE U VONČININOJ ULICI

### 6.1 Opis klizišta

Klizište se nalazi u Vončininoj ulici koja pripada samom centru Zagreba. Šire gledano lokacija je smještena u rubnom području Zagrebačkog prigorja i planine Medvednice. Područje sanacije klizišta je otprilike 1000 m<sup>2</sup>. Nagib padine na kojem se nalazi predmetno klizište iznosi 25°. Materijali koji izgrađuju padinu mogu se generalno izdvojiti kao površinska zona sastavljena uglavnom iz slojeva gline srednje do niske plastičnosti, krute konzistencije i dublja zona predstavljena pijescima i oštrobriđnim brdskim šljunkom s manjim ili većim postotkom glinovito prašinastog veziva.

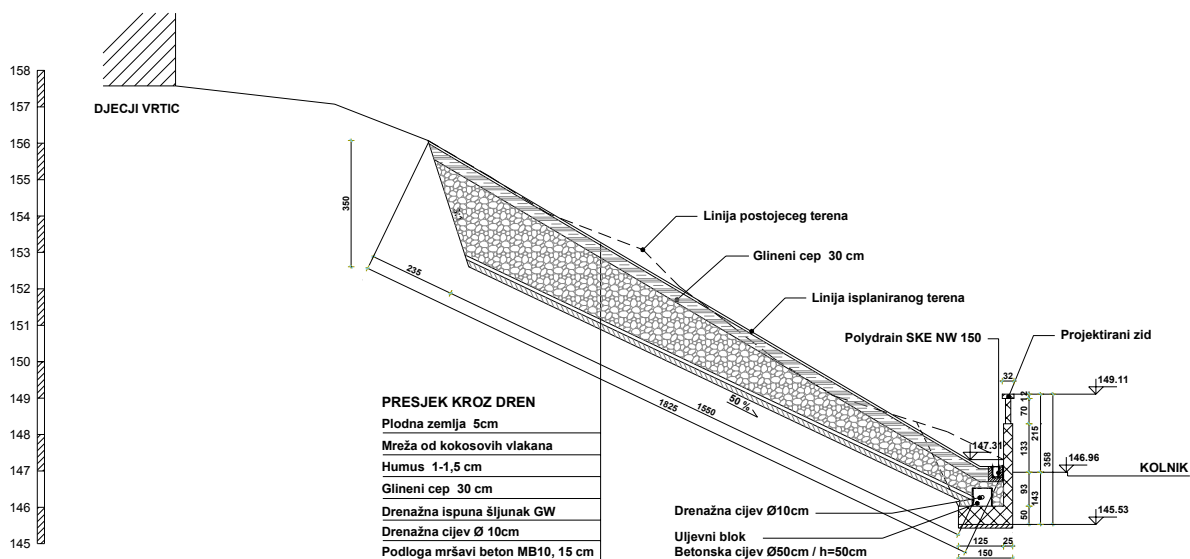
Klizištem je ugrožena cesta i ogradni zid pri dnu padine i dječji vrtić koji se nalazi na ravnom platou na vrhu padine. Dječji vrtić zbog aktiviranog klizišta nije u upotrebi, a ogradni zid koji je nagnut prema pješačkom pločniku i prometnici u dužini od cca 50m, direktno ugrožava prolaznike i promet, te se stoga što hitnije trebalo pristupiti sanaciji klizišta.

### 6.2 Uzroci i mehanizam klizanja padine i oštećenja ogradnog zida

Visok nivo podzemne vode i njezino kretanje niz padinu od mjesta višeg potencijala prema mjestu nižeg potencijala dovelo je do dodatnih napona u tlu koji smanjuju otpornost tla na smicanje. Pad mehaničkih karakteristika materijala koji izgrađuju padinu na rezidualne vrijednosti rezultiralo je klizanjem površinske zone padine. Zemljani materijal pokrenut aktiviranjem klizanja doveo je do dodatnih pritiska tla na ogradni zid. Neadekvatne dimenzije temelja ogradnog zida, te zadržavanje i infiltriranje veće količine oborinske vode u zaleđu zida, čije odvođenje nije riješeno, dovelo je do pomaka, odnosno rotacije zida.

### 6.3 Tehničko rješenje sanacije klizišta i ogradnog zida

Tehničko rješenje sanacije klizišta sastoji se od uklanjanja postojećeg ogradnog zida u dužini od 50m i izrade novog potpornog zida dimenzioniranog na prihvat opterećenja aktivnog pritiska tla iza zida, prihvata svih oborinskih voda na padini i kontroliranog odvođenja u kanalizaciju (izrada kanalizacije dječjeg vrtića, površinskih kanala i revizionih okna) i prihvata i odvođenja procjedne vode sustavom kopanih drenova niz padinu i uz potporni zid.



Slika 7. Karakteristični presjek s tehničkim mjerama sanacije klizišta u Vončininoj ulici

## 7. ZAKLJUČAK

Za sva opisana klizišta zajedničko je da je klizanje registrirano u površinskim materijalima ili po kontaktu pokrivača i podine (klizište Prekrvršje). Presudan utjecaj na klizanje ima geološka građa u kombinaciji sa strujanjem podzemne vode. Strujanje podzemne vode se dešava prilikom nailaska na materijale s većim koeficijentom filtracije i na nepropusnu podlogu. Ono nepovoljno utječe na stabilnost jer se smanjuje otpornost tla na smicanje. Osim navedenih prirodnih utjecaja, ljudskim djelovanjem bitno su povećani i ubrzani procesi pomicanja tla.

Sva opisana klizišta nalaze se u urbanim područjima. Zbog toga odabir tehničkih rješenja treba tražiti u okviru vrlo kompleksnih uvjeta. Osim zadovoljenja tehničkih uvjeta sanacije, rješenje treba uskladiti i s infrastrukturnim, ekološkim, estetskim, urbanističkim i inim zahtjevima.

## 8. LITERATURA

- (1) M. Cesarec, K. Polak (1986). Problematika zagrebačkih klizišta, Zbornik stručnih i znanstvenih radova objavljenih u 1986. godini, 225-242
- (2) Geotehnički studio (2001). Klizište u Vončininoj ulici-Geotehnički elaborat, Zagreb
- (3) Geotehnički studio (2002). Klizište Prekrvršje u Sesvetama-Geotehnički elaborat, Zagreb
- (4) Geotehnički studio (2003). Klizište Tošovac-Nemetova-Geotehnički elaborat, Zagreb
- (5) Geotehnički studio (2003). Klizište u Kvaternikovoj ulici u Zagrebu-Geotehnički elaborat, Zagreb
- (6) Ž. Sokolić, D. Dujmić, V. Šikić (1986). Istraživanja primjenjena pri definiranju geotehničkih uvjeta izgradnje na području provedbenog urbanističkog plana Pavleka Miškine – Vrhovec, Zbornik stručnih i znanstvenih radova objavljenih u 1986. godini, 395-414
- (7) I. Sorić, I. Kleiner, M. Pekota (1986). Zaštita padine bušenim pilotima i sidrima, Zbornik stručnih i znanstvenih radova objavljenih u 1986. godini, 243-269