

Inženjerskogeološko istraživanje klizišta Pićan u Istri

Gorupić, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:116390>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-10**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geološkog inženjerstva

INŽENJERSKOGEOLOŠKO ISTRAŽIVANJE KLIZIŠTA PIĆAN U ISTRI

Diplomski rad

Martina Gorupić
GI 339

Zagreb, 2020.

Zahvale:

*Prof. dr. sc. Snježani Mihalić Arbanas
na vodstvu, savjetima i pomoći tijekom izrade ovog rada*

*Marinu Sečanju, mag. ing. geol.
na velikom doprinosu, razumijevanju, strpljenju i trudu tijekom izrade ovog rada*

*Dr. sc. Sanji Bernat Gazibara, mag. ing. geol i Doc. dr. sc. Martinu Krkaču
na pomoći i korisnim savjetima tijekom izrade ovog rada*

*mojim kolegama i prijateljima
koji su bili uz mene i pomogli da studentski dani prođu lakše i zabavnije*

*mojoj obitelji i roditeljima
na pružanju bezuvjetne podrške, potpore i motivacije tijekom cijelog studiranja,
bez njih, ovo do sada ostvareno nebi bilo moguće*

INŽENJERSKOGEOLOŠKO ISTRAŽIVANJE KLIZIŠTA PIĆAN U ISTRI

MARTINA GORUPIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Sažetak

Cilj ovog diplomskog rada bio je izrada inženjerskogeološkog modela klizišta Pićan u Istri na temelju detaljnog inženjerskogeološkog istraživanja. U okviru istraživanja provedeno je detaljno inženjerskogeološko kartiranje i determinacija jezgre bušotine dobivene istraživačkim bušenjem, a pri interpretaciji inženjerskogeološkog modela klizišta korišteni su i rezultati laboratorijskih ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava tla. Determinacijom i interpretacijom jezgre istraživačkih bušotina utvrđeno je da istraživanu lokaciju izgrađuje osam inženjerskogeoloških tipova koji pripadaju podlozi i površinskim naslagama. Podlogu čine slabo trošni do svježi sedimenti srednjeg do gornjeg eocena, dok površinske naslage čine deluvijalne, koluvijalne i umjetne naslage. S obzirom na rezultate inženjerskogeološkog kartiranja i determinacije jezgre klizišta Pićan je interpretirano kao trenutačno aktivno, rotacijsko klizište, s dubinom klizne plohe od 3,0 m. Duljina klizišta iznosi 20 metra, a širina 33 metra. Inženjerskogeološki model klizišta Pićan prikazan je na detaljnoj inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250 i na dva inženjerskogeološka profila mjerila 1:250.

Ključne riječi: klizište, inženjerskogeološko kartiranje, determinacija jezgre, inženjerskogeološke jedinice, inženjerskogeološki model, Istra

Diplomski rad sadrži: 35 stranica, 12 tablica, 16 slika, 6 priloga i 27 reference.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Prof.dr.sc. Snježana Mihalić Arbanas, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Pomoć pri izradi: Marin Sečanj, mag.ing.geol., asistent, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Doc. dr. sc. Martin Krkač, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Prof. dr. sc. Željko Arbanas, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

Datum obrane: 14. veljače 2020.

ENGINEERING GEOLOGICAL MODEL OF THE PIĆAN LANDSLIDE IN ISTRIA

MARTINA GORUPIĆ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Department of Geology and Geological engineering
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

The aim of the thesis was detail engineering geological investigation of the Pićan landslide in Istria and interpretation of engineering geological model. Engineering geological model was interpreted based on results of engineering geological mapping, determination of three borehole cores, laboratory testing of physical and mechanical soil properties. The field determination of borehole cores on gave insight into the geological settings of the landslide location. In total, eight engineering geological units were determined, belonging to bedrock and superficial deposits. Bedrock is made of fresh to slightly weathered rocks of Middle to Upper Eocene age, whereas superficial deposits consist of colluvial, deluvial and anthropogenic deposits.

Landslide boundaries were determined by detail field engineering geological mapping. The Pićan landslide is interpreted as currently active, rotational landslide with the depth of the sliding surface of 3 meters. Length of the landslide is 20 meters, and width is 33 meters. The engineering geological model of the Pićan landslide is presented by engineering geological map at a scale of 1:250 and two engineering geological profiles at a scale of 1:250.

Keywords: landslide, engineering geological mapping, core determination, engineering geological units, engineering geological model, Pićan

Thesis contains: 35 pages, 12 tables, 16 figures, 6 enclosures and 27 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Snježana Mihalić Arbanas, Full Professor
Technical support and assistance: Marin Sečanj, mag.ing.geol.

Reviewers: PhD Snježana Mihalić Arbanas, Full Professor
PhD Martin Krkač, Assistant Professor
PhD Željko Arbanas, Full Professor

Date of defense: February 14, 2020.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PRIRODNE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....	2
2.1. Geografske i geomorfološke značajke	2
2.2. Geološke značajke	6
2.3. Hidrološke i hidrogeološke značajke	10
2.4. Seizmičke značajke područja.....	15
3. METODE I REZULTATI INŽENJERSKOGEOLOŠKOG ISTRAŽIVANJA	17
3.1. Detaljno inženjerskogeološko kartiranje	17
3.2. Geotehnički istražni radovi	22
3.3. Laboratorijska ispitivanja tla.....	23
4. INTERPRETACIJA INŽENJERSKOGEOLOŠKOG MODELA KLIZIŠTA.....	24
4.1. Značajke klizišta	24
4.2. Inženjerskogeološke jedinice	26
5. DISKUSIJA.....	30
6. ZAKLJUČAK	32
7. LITERATURA.....	33

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Prikaz položaja naselja Pićan u odnosu na gradove Pazin i Labin, prikazan na ortofoto karti (preuzeto s Google Earth-a)	2
Slika 2.2. Položaj istraživanog klizišta (označeno crvenim poligonom) na uvećanom isječku Hrvatske osnovne karte (HOK) originalnog mjerila 1: 5.000.	3
Slika 2.3. Fotografija oštećenja kolničke konstrukcije prometnice nastalog uslijed klizanja te krune klizišta, promatrane od JZ prema SI (fotografirano 4.11.2019).	4
Slika 2.4. Fotografija oštećenja obložnog zida drenažnog kanala nastalog uslijed klizanja te nožice klizišta, promatrane od J prema S (fotografirano 4.11.2019).	4
Slika 2.5. Isječak Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100.000 – list Labin (ŠIKIĆ i dr., 1969) s prikazom istraživane lokacije.	6
Slika 2.6. Usporedba prosječnih mjesečnih oborina na meteorološkoj postaji Pazin za 12 mjeseci koji su prethodili aktiviranju klizišta s prosječnim mjesečnim oborinama za razdoblje 1961.-2019.	12
Slika 2.7. Usporedba prosječnih mjesečnih oborina na meteorološkoj postaji Gologorica za 12 mjeseci koji su prethodili aktiviranju klizišta s prosječnim mjesečnim oborinama za razdoblje 1991.-2019.	12
Slika 2.8. Usporedba prosječnih tromjesečnih oborina na meteorološkoj postaji Pazin za 12 mjeseci koji su prethodili aktiviranju klizišta s prosječnim tromjesečnim oborinama za razdoblje 1961.-2019.	13
Slika 2.9. Usporedba prosječnih tromjesečnih oborina na meteorološkoj postaji Gologorica za 12 mjeseci koji su prethodili aktiviranju klizišta s prosječnim tromjesečnim oborinama za razdoblje 1991.-2019.	13
Slika 2.10. Grafički prikaz regionalnih graničnih vrijednosti oborina iznad kojih dolazi do pokretanja klizišta koje su definirali CLARIZIA i dr. (1996) i GUZZETI i dr. (2007, 2008).	14
Slika 2.11. Karta poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla agR (temeljno tlo tipa A): (a) s vjerojatnosti premašaja 10% u 10 godina za poredbeno povratno razdoblje TNCR = 95 god.; (b) s vjerojatnosti premašaja 10% u 50 godina za poredbeno povratno razdoblje TNCR = 475 god. (Herak i dr., 2011).	16
Slika 3.1. Prikaz ortofoto snimka istraživane lokacije: (a) 2012. godine prije oštećenja kolničke konstrukcije i (b) 2013. godine nakon aktiviranja klizišta te popravka oštećene kolničke konstrukcije.....	18

Slika 3.2. Prikaz oštećenja prometnice uslijed klizanja, promatrane od SI prema JZ (fotografirano 4.11.2019).	19
Slika 3.3. Fotografija prikazuje kontakta numulitne breče u krovini i srednje trošnog lapora u podini u tijelu klizišta (fotografirano 4.11.2019).	20
Slika 3.4. Fotografija jaruge duž koju teče voda, promatrane od JZ prema SI (fotografirano 4.11.2019).	20
Slika 3.5. Fotografija nožice klizišta, promatrane od JZ prema SI (fotografirano 4.11.2019).	21

POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Klasifikacija trošnosti stijenskog materijala (ISRM, 1981 preuzeto iz VIVODA, 2016).....	9
Tablica 2.2. Inženjerskogeološke jedinice prikazane s obzirom na genezu, poredane od najmlađih prema starijima.	9
Tablica 2.3. Mjesečne oborine za razdoblje od ožujka 1991. do prosinca 2019. godine izražene u mm izmjerene na meteorološkoj postaji Gologorica.....	10
Tablica 2.4. Mjesečne oborine za razdoblje od siječnja 1961. do prosinca 2019. godine izražene u mm izmjerene na meteorološkoj postaji Pazin.....	11
Tablica 3.1. Osnovni podaci o geotehničkim istraživačkim radovima.....	22
Tablica 3.2. Osnovni podaci o istraživačkim bušotinama izbušenim 31.07. i 01.08.2019.	23
Tablica 3.3. Osnovni podaci o geomehaničkim laboratorijskim ispitivanjima tla.	23
Tablica 3.4. Rezultati ispitivanja fizičkih svojstava materijala tla na klizištu Pićan.....	23
Tablica 4.1. Opis klizišta s obzirom na stanje aktivnosti (WP/WLI, 1993)	24
Tablica 4.2. Opis klizišta obzirom na stil aktivnosti (WP/WLI, 1993)	25
Tablica 4.3. Opis klizišta obzirom na stil aktivnosti (WP/WLI, 1993)	25
Tablica 4.4. Inženjerskogeološke jedinice: inženjerskogeološki tipovi POKRIVAČA i PODLOGE na klizištu Pićan.	27

POPIS PRILOGA

- Prilog 1** Inženjerskogeološka karta M 1:250 klizišta Pićan
- Prilog 2/1** Presjek bušotine B-1
Fotografija jezgre bušotine
- Prilog 2/2** Presjek bušotine B-2
Fotografija jezgre bušotine
- Prilog 2/3** Presjek bušotine B-3
Fotografija jezgre bušotine
- Prilog 3/1** Inženjerskogeološki profil 1-1' i M 1:100: uzdužni presjek klizišta Pićan
- Prilog 3/2** Inženjerskogeološki profil 2-2' i M 1:100: poprečni presjek klizišta Pićan

1. UVOD

Cilj ovog diplomskog rada je izrada inženjerskogeološkog modela klizišta Pićan na temelju podataka dobivenih geodetskim snimanjem, detaljnim inženjerskogeološkim kartiranjem, istraživačkim bušenjem i determinacije jezgre bušotine te laboratorijskim ispitivanjima. Naselje Pićan, u kojem je nastalo istraživano klizište, nalazi se u središnjem dijelu Istre. Morfološki gledano spomenuto područje pripada Sivoj Istri karakterističnoj za pojavu flišolikih naslaga koje su podložne nastanku klizišta. Klizište Pićan aktivirano je u veljači 2019. uz lokalnu cestu LC50121 pri čemu je uslijed procesa klizanja došlo do oštećenja spomenute prometnice koju je potrebno sanirati kako bi se ponovno otvorila za promet.

U razdoblju od srpnja do listopada 2019. godine provedena su detaljna istraživanja koja su se sastojala od kabinetskog i terenskog prikupljanja podataka te njihove obrade i interpretacije. Ciljevi inženjerskogeološkog i geotehničkog istraživanja bili su odrediti vrstu materijala na površini i u podlozi, definirati njihovu prostornu distribuciju te odrediti njihova fizičko-mehanička svojstva, odnosno inženjerskogeološki model klizišta Pićan. Inženjerskogeološki model predstavlja ulazni podatak za projektiranje mjera sanacije istraživanog klizišta.

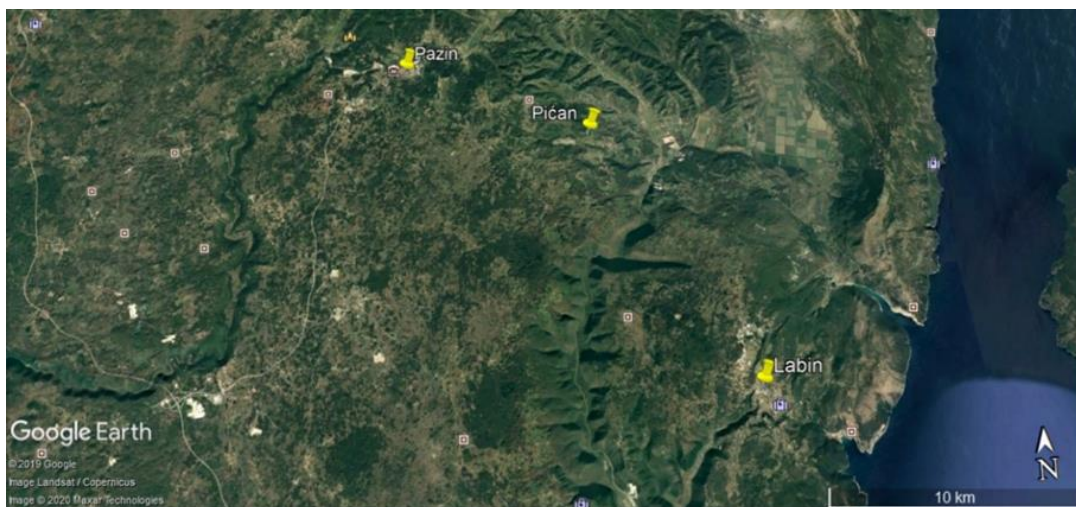
2. PRIRODNE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Prirodne značajke lokacije koje su relevantne za utvrđivanje inženjerskogeoloških uvjeta su značajke stijene/tala, geomorfološki uvjeti, aktivni geomorfološki procesi i hidrološki/hidrogeološki uvjeti. Prirodne značajke ispitivanog područja određene su inženjerskogeološkim kartiranjem šireg područja, a prikazane su na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250 (prilog 1).

2.1. Geografske i geomorfološke značajke

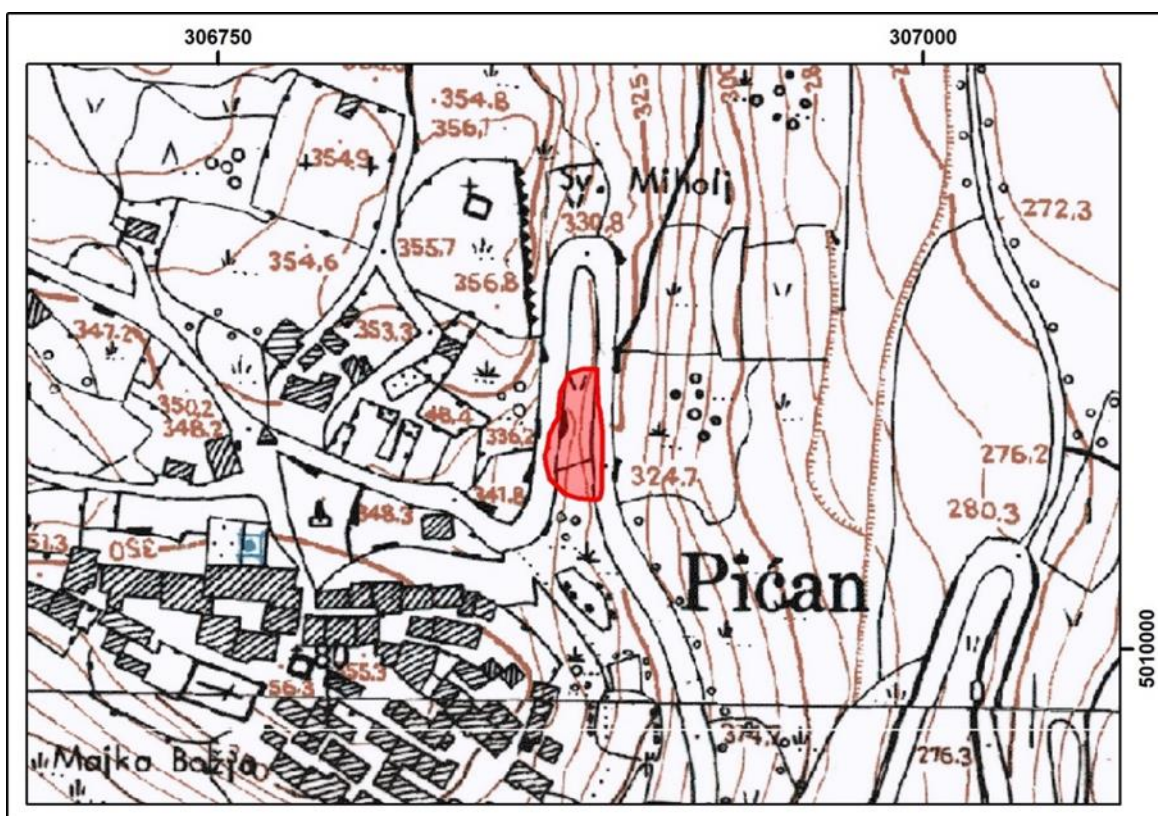
Istraživano klizište nalazi se u naselju Pićan koje pripada Općini Pićan u Istarskoj županiji. Prema MIHALIĆ ARBANAS i dr. (2017) poluotok Istra podijeljena je u tri geomorfološke cjeline koje se razlikuju u geomorfološkim značajkama, a to su Bijela, Siva i Crvena Istra. Bijela Istra predstavlja izdignuto, okršeno područje Učke i Ćićarije (sjeverna-sjeveroistočna Istra), izgrađeno od okršenih vapnenaca kredne i paleogenske starosti. Siva Istra obuhvaća središnji dio Istre koje predstavlja depresiju izgrađenu od flišolikih naslaga. Crvena Istra predstavlja jugozapadni i zapadni dio poluotoka, a naziv je dobila po velikim površinama izgrađenim od tla crvenice koja prekriva zaravan izgrađen od karbonatnih stijena jurske i kredne starosti.

S obzirom na navedeno područje Općina Pićan pripada Sivoj Istri, a prostire se na 51 km² te prema popisu stanovništva iz 2011. godine broji 1.820 stanovnika (<https://www.dzs.hr>, <https://www.pican.hr/o-picnu/opci-podaci/>). Naselje Pićan, u kojem je nastalo istraživano klizište, nalazi se oko 9 km istočno od Pazina te 13 km sjeverozapadno od Labina (slika 2.1).



Slika 2.1. Prikaz položaja naselja Pićan u odnosu na gradove Pazin i Labin, prikazan na ortofoto karti (preuzeto s Google Earth-a)

Istraživano klizište nastalo je uz lokalnu cestu LC50121, u samom naselju Pićan, na padini približnog pružanja S-J, nagnutoj u smjeru I (slika 2.2). Približna zračna udaljenost od vrha padine do lokalne ceste LC50121 iznosi oko 60 m. Najviša točka lokalne ceste LC50121 u općini Pićan je na oko 350 m n.m., a prometnica oštećena uslijed klizanja se nalazi otprilike na središnjem dijelu padine, na nadmorskoj visini od približno 340 do 325 m n.m.



Slika 2.2. Položaj istraživanog klizišta (označeno crvenim poligonom) na uvećanom isječku Hrvatske osnovne karte (HOK) originalnog mjerila 1: 5.000.

Prosječni nagib terena iznad prometnice, na dijelu padine na kojem je nastalo klizište varira od 23-32°, dok se SZ od istraživanog klizišta, neposredno uz prometnicu, nalazi subvertikalni stijenski pokos izgrađen od srednje-eocenskih numulitnih breča. Prosječni nagib terena ispod prometnice, na dijelu padine na kojemu je nastalo klizište je oko 36°. Uslijed antropogenog utjecaja originalna morfologija terena, u neposrednoj blizini istraživanog klizišta, je djelomično izmijenjena prilikom izgradnje prometnice, stambenih objekata i vrtova. Na padini na kojoj je nastalo klizište postoje stambene zgrade, koje se nalaze zapadno od vrha klizišta na višem hipsometrijskom položaju, prometnica, koja je oštećena formiranjem čeone pukotine klizišta (slika 2.3) te obložni zid drenažnog kanala, koji je oštećen formiranjem nožice klizišta (slika 2.4).



Slika 2.3. Fotografija oštećenja kolničke konstrukcije prometnice nastalog uslijed klizanja te krune klizišta, promatrane od JZ prema SI (fotografirano 4.11.2019).



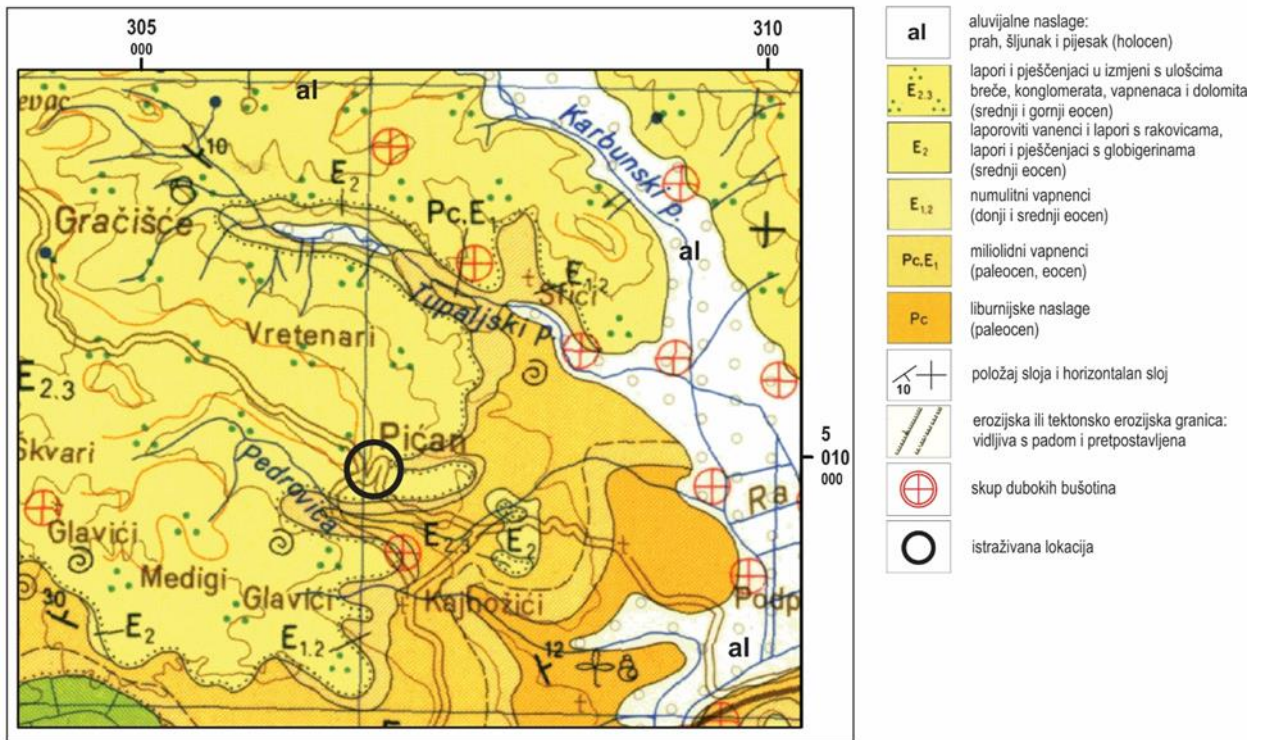
Slika 2.4. Fotografija oštećenja obložnog zida drenažnog kanala nastalog uslijed klizanja te nožice klizišta, promatrane od J prema S (fotografirano 4.11.2019).

Karakteristični presjeci opisane padine prikazani su na prognoznim inženjerskogeološkim profilima, odnosno na uzdužnom presjeku 1-1' i poprečnom presjeku 2-2' (prilog 3/1, 3/2).

Od aktivnih geomorfoloških procesa na istraživanom području može se izdvojiti klizanje koje zahvaća lokalnu cestu i koje je predmet istraživanja ovog elaborata. Također, utvrđeni su mjestimični odroni stijena na padini iznad lokalne ceste na području subvertikalnog stijenskog pokosa. Morfologija klizišta jasno je vidljiva u njegovom središnjem dijelu, dok bočne granice klizišta nisu jasno izražene s obzirom na gustu vegetaciju. Klizište dimenzija 20 x 33 m oštetilo je prometnicu uslijed denivelacije gornjeg dijela pokrenute mase po glavnoj pukotini, kao što je prikazano na slici 2.3. Denivelacija gornjeg dijela klizišta po glavnoj pukotini je približno 0,50 metara, a prostiranje glavne pukotine prikazano na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250 (prilog 1). Kruna klizišta, odnosno glavna pukotina, bila je jasno vidljiva u vrijeme detaljnog kartiranja klizišta u studenom 2019. godine .

2.2. Geološke značajke

Geološkim kartiranjem terena te uvidom u Osnovnu geološku kartu SFRJ M 1:100.000 – list Labin (ŠIKIĆ i dr., 1969) utvrđeno je da matičnu stijenu na istraživanoj lokaciji predstavlja litostratigrafski član: izmjena lapora i pješčenjaka s ulošcima breče, konglomerata, vapnenaca i dolomita srednje do gornje eocenske starosti – flišolike naslage (E_{2,3}). Područje istraživanja izgrađeno je od lapora u podini, koji je na površini utvrđen na oko 50 m sjeverno od istraživanog klizišta te od megasloja numulitne breče u krovini, koja je vidljiva u podnožju stare jezgre naselja Pićan te na stijenskom pokosu uz lokalnu cestu LC50121 u neposrednoj blizini istraživanog klizišta. Na slici 2.5 prikazan je isječak Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100.000 – list Labin (ŠIKIĆ i dr., 1969) šire okolice predmetne lokacije.



Slika 2.5. Isječak Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100.000 – list Labin (ŠIKIĆ i dr., 1969) s prikazom istraživane lokacije.

Prema tumaču Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100.000 – list Labin (ŠIKIĆ i POLŠAK, 1973) naslage paleogenenske starosti, koje čine matičnu stijenu, u potpunosti su razvijene na padinama Čićarije, između Pićana i Pazina te unutar Labinskog bazena. Prema autorima klastične naslage paleogenske starosti razvijene na području koje obuhvaća

Osnovna geološka karta SFRJ M 1:100.000 – list Labin, u jednom djelu imaju karakteristike fliša.

Međutim, autori navode da s obzirom na isključivo vapnenački karakter sedimenata, obilje pretaloženih fosila, lateralne promjene u debljinama slojeva, pretežno horizontalan i neporemećen položaj te lokalno, a ne regionalno rasprostiranje sedimentacije, ove naslage ne odgovaraju flišu te ih se zbog toga naziva flišolikim naslagama.

Prema tumaču Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100.000 – list Labin (ŠIKIĆ i POLŠAK, 1973) naslage paleogenske starosti su izrazito fosiliferne te ih karakteriziraju bazalni slatkovodni i brakični te marinski vapnenci i klastične naslage u krovini.. Unutar naslaga srednjeg eocena (E_2) na području Poljica kod Boljuna i kod Pićana pojavljuju se lapori s globigerinama. Kompaktni su i čvrsti, svježi, plavkaste i zelenkaste boje dok su u trošnom stanju sive boje. Lapori uključeni u tektonske pokrete obično su žućkasti, škriljavi i glinoviti. U krovinskom dijelu ovih naslaga utvrđeni su pješčenjaci s proslojcima i slojevima od 1 do 20 cm debljine. Pješčenjaci se sastoje od gusto zbijenih, vapnenačkih organizama, velikih foraminifera, litotamnija i ulomaka brioza i ježinaca. Veličina zrna je od 0,3 do 1,0 mm. Unutar naslaga srednje i gornje eocenske starosti ($E_{2,3}$) nalazimo flišolike naslage. Flišolike naslage sastoje se od izmjene lapora i pješčenjaka sa slojevima breče, konglomerata i rijetkim slojevima vapnenaca. Lapori flišolikih naslaga djelomično su slični laporima s rakovima i globigerinama. Tamo gdje je sedimentacija u bazenu kontinuirana postoji prijelazna zona, sivo-plavi lapori. Vapnenački pješčenjaci odgovaraju većim dijelom kvarckalkarenitima koji se sastoje od ulomaka transportiranih bentonskih foraminifera i algi. Fosilni ostaci koje nalazimo pretežno su slomljeni i istrošeni. Vapnenci pripadaju biokalkarenitima koji se sastoje od bentonskih foraminifera i ulomaka algi.

Prema BERGANT i dr. (2003) matična stijena - flišolike naslage, koje su zastupljene u Pazinskom, Labinskom i Plominskom bazenu, Učki te dijelom na Čićariji, čine izmjene pješčenjaka i lapora s ulošcima fosilifernog vapnenačkog konglomerata i breče ili vapnenačkog pješčenjaka (srednje do gornje eocenske starosti, $E_{2,3}$). Flišolike naslage (ukupne debljine oko 350 metara) su sedimenti sastavljeni od krupnozrnastih i sitnozrnastih stijena različitog sastava i veličine zrna; lapori se izmjenjuju s proslojcima pješčenjaka, konglomerata, vapnenaca i dolomita. Flišolike naslage su jedna od sedimentacijskih cjelina (megasekvencija) stratigrafskog slijeda paleocen-eocen kojeg čine još: Liburnijske naslage, Foraminiferski vapnenci i prijelazne naslage. Srednje do gornje eocenske flišolike naslage taložene su na lapore s rakovicama i globigerinske lapore srednje eocenske starosti (E_2) koji predstavljaju prijelazne naslage. Unutar megasekvencije postupno se izmjenjuju naslage iz

gravitacijskih tokova, odnosno mutnih struja i debritnih tokova, odnosno mutnih struja i debritnih tokova, te naslage nastale klizanjem masa nekonsolidiranih sedimenata iz plićih u dublje dijelove bazena. Također, prema autorima flišolike naslage dijele se na gornju i donju flišnu zonu. Donji dio naslaga sadrži slojeve karbonata i lapora debljine 0,3-7,0 metara, dok je gornji dio naslaga predstavljen izmjenom tankih karbonatno-siliciklastičnih slojeva i lapora. Karbonatno-siliciklastični turbiditni slojevi u gornjem dijelu fliša imaju paralelnu laminaciju i strujne riplove. Lapori su zelenkaste, sive i žućkaste boje i sastoje se pretežito od planktonskih foraminifera, a rjeđe od zrna kvarca, sericita i biotita sitnih dimenzija. Pješčenjaci su sitnozrnasti, siliciklastičnog i karbonatnog sastava te su plave, sive do žućkaste boje.

Prema Osnovnoj geološkoj karti SFRJ M 1:100.000 – list Labin (ŠIKIĆ i dr., 1969) i pripadajućem tumaču (ŠIKIĆ i POLŠAK, 1973) strukturno-geološka građa šire okolice istraživane lokacije je jednostavna. Na širem istraživanom području prevladava slaba tektonska poremećenost na što ukazuju subhorizontalni i blago nagnuti slojevi (slika 2.5). Na istraživanom području naslage matične stijene i površinske naslage podijeljene su u osam inženjerskogeoloških jedinica na temelju vrste materijala i stupnja trošnosti stijenske mase.

Stupanj trošnosti stijenskog materijala određen je prema BROWN (1981) i VIVODA (2016) i prikazan u tablica 2.1. Svježa do srednja trošna stijena, breča i lapor ($E_{2,3}$) te naslage jako trošnog lapora ($E_{2,3}$) smatraju se matičnom stijenom, odnosno podlogom. Naslage matične stijene u inženjerskom smislu predstavljaju čvrsto tlo-meku stijenu i čvrstu stijenu, a prekrivene su površinskim naslagama: deluvijalne ili padinske naslage (Q_d); koluvijalne naslage (Q_k) i umjetne naslage - nasipi (Q_{ut}). Površinske naslage predstavljaju inženjersko tlo. Inženjerskogeološke jedinice na području klizišta Pićan prikazane su u tablici 2.2.

Tablica 2.1. Klasifikacija trošnosti stijenskog materijala (ISRM, 1981 preuzeto iz VIVODA, 2016)

Pojam	Simbol	Opis	Stupanj trošnosti
Svježe	F	Nema tragova trošenja, moguća mala promjena boje na diskontinuitetima blizu površine.	I
Slabo trošno	SW	Promjena boje upućuje na trošenje stijenskog materijala, a diskontinuiteti su nešto slabiji nego u svježem stanju.	II
Srednje trošno	MW	Manje od pola stijenskog materijala je raspadnuto i/ili dezintegrirano u tlo.	III
Jako trošno	HW	Više od pola stijenskog materijala je raspadnuto i/ili dezintegrirano u tlo.	IV
Potpuno trošno	CW	Sav stijenski materijal je raspadnut i/ili dezintegriran u tlo. Originalna struktura je i dalje većinom intaktna.	V
Rezidualno tlo	RS	Sav stijenski materijal pretvoren je u tlo. Originalna struktura više ne postoji. Velika promjena u volumenu, ali tlo nije značajno transportirano.	VI

Tablica 2.2. Inženjerskogeološke jedinice prikazane s obzirom na genezu, poredane od najmlađih prema starijima.

Geneza/stratigrafski simbol		Inženjerski tip
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO/STIJENA: UMJETNE NASLAGE (Q _{ut})	(001) NASIP: mješavina krupnozrnastog, sitnozrnastog tla i kršja
	TRANSPORTIRANO TLO/STIJENA: KOLUVIJALNE NASLAGE (Q _k)	(002a) KOLUVIJ: Mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla s kršjem, i blokovima breče i lpora
		(002b) KOLUVIJ: Mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla, te praha srednje do visoke plastičnosti
	TRANSPORTIRANO TLO/STIJENA: DELUVIJALNE NASLAGE (Q _d)	(003) DELUVIJ: prahoviti i glinoviti ŠLJUNAK, ŠLJUNAK s pijeskom i kršjem, šljunkoviti PRAH,
PODLOGA, MATIČNA STIJENA	POTPUNO TROŠNA STIJENA: LAPOR (E _{2,3})	(043) INŽENJERSKO TLO: PRAH niske plastičnosti, šljunkoviti PRAH
	SVJEŽA DO SREDNJA TROŠNA STIJENA: LAPOR I BREČA (E _{2,3})	(111) MEKA STIJENA: LAPOR intenzivno do vrlo intenzivno trošan, srednje do vrlo mekan
		(121) MEKA STIJENA: LAPOR svjež do slabo trošan, srednje čvrst do srednje mekan
		(122) TVRDA STIJENA: BREČA svježa, čvrsta

2.3. Hidrološke i hidrogeološke značajke

Saturacija padine vodom glavni je uzrok nastajanja klizišta, a događa se pri ekstremnim količinama oborina, brzom topljenju snijega, promjenama u razini podzemne vode, te vode u jezerima i kanalima (LYNN i BOBROWSKI, 2008.). Brzina ulaska i izlaska oborinske vode kroz propusne naslage je različita. Ukoliko je ulazna brzina veće nego izlazna, saturiranost materijala se povećava, a time i porni tlakovi koji kada dostignu graničnu vrijednost uzrokuju destabilizaciju padine. U slučaju kratkotrajnih intenzivnih oborina najčešće nastaju plitka klizišta u dobropropusnim materijalima, dok pri dugotrajnim oborinama nastaju plitka, kao i duboka klizišta u nepropusnim ili slabopropusnim materijalima.

Za potrebe ovog diplomskog rada analizirane su oborine izmjerene na meteorološkoj postaji Pazin i Gologorica koje se nalaze najbliže istraivanom klizištu. Tablica 2.3. prikazuje mjesečne oborine izmjerene na meteorološkoj postaji Gologorica za protekle 32 godine, dok tablica 2.4. prikazuje isto za mjernu postaju Pazin za proteklih 58 godina.

Tablica 2.3. Mjesečne oborine za razdoblje od ožujka 1991. do prosinca 2019. godine izražene u mm izmjerene na meteorološkoj postaji Gologorica.

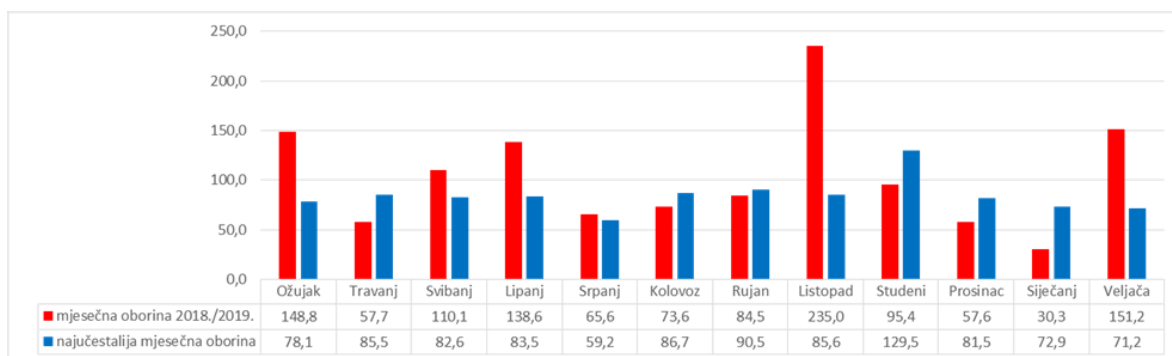
Godina	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studen	Prosinac	God. suma
1991			124,6	133,8	307,5	388,1	367,2	170,4	117,7	198,7	422,6	397,5	2628,1
1992	297,4	79,0	168,4	253,5	231,6	251,2	231,7	262,6	233,4	459,4	483,8	524,4	3476,4
1993	220,1	151,9	40,0	102,0	104,2	150,7	100,1	200,1	285,1	656,0	680,0	577,7	3267,9
1994	277,0	177,2	140,3	201,6	205,2	257,3	136,6	219,2	248,0	304,7	322,5	291,5	2781,1
1995	325,2	300,3	392,5	304,8	282,7	286,7	309,4	261,4	218,2	259,9	306,4	332,1	3579,6
1996	342,5	363,6	213,9	188,2	188,6	292,0	265,4	203,2	267,0	387,8	540,8	532,4	3785,4
1997	512,0	345,2	214,4	127,3	144,9	200,0	227,3	275,7	257,4	201,1	349,1	429,3	3283,7
1998	453,2	209,9	67,1	151,4	184,2	253,9	214,9	238,2	377,5	498,8	500,9	321,1	3471,1
1999	166,2	146,6	184,3	376,2	408,4	403,6	184,8	125,2	171,6	198,1	275,1	272,2	2912,3
2000	206,8	146,5	134,6	195,8	210,1	123,4	116,5	87,5	133,9	217,9	541,0	613,4	2727,4
2001	587,9	255,8	238,4	200,1	201,6	167,5	156,5	159,0	232,2	200,2	268,9	128,2	2796,3
2002	123,2	132,5	120,0	239,6	276,1	433,6	386,5	509,8	501,0	522,0	481,2	383,1	4108,6
2003	354,6	186,1	140,0	125,1	89,6	142,8	80,2	100,9	141,7	242,9	341,4	376,4	2321,7
2004	375,2	404,5	301,7	299,6	316,1	313,4	252,0	131,0	157,9	525,9	712,9	846,5	4636,7
2005	465,5	247,5	158,5	332,5	546,0	558,0	419,0	500,5	565,0	696,5	516,5	512,0	5517,5
2006	393,5	384,8	346,0	381,0	540,2	406,0	344,0	509,0	589,0	563,1	349,1	358,1	5163,8
2007	434,9	427,0	444,4	337,5	350,8	392,4	419,4	295,0	499,2	601,7	534,7	244,5	4981,5
2008	196,0	207,0	318,0	433,5	498,7	482,7	398,2	360,5	269,5	262,6	447,1	832,1	4705,9
2009	835,3	812,3	514,6	506,3	292,3	138,0	201,0	397,8	536,8	482,8	522,0	732,0	5971,2
2010	839,2	569,2	309,2	156,6	408,1	488,1	562,5	439,0	669,0	661,5	1043,5	917,5	7063,4
2011	832,2	412,2	331,2	346,0	402,0	371,0	480,6	356,6	310,6	351,0	393,0	374,0	4960,4
2012	195,0	148,0	53,0	123,0	343,0	409,0	311,0	124,0	344,0	576,2	721,2	529,2	3876,6
2013	400,0	307,0	464,0	412,0	500,1	423,1	438,1	307,0	319,0	422,0	597,2	476,2	5065,7
2014	300,2	461,0	508,0	673,0	422,0	448,0	569,0	628,7	489,7	304,7	433,0	433,0	5670,3
2015	426,8	56,2	295,2	275,4	295,2	212,0	207,0	305,3	244,3	541,3	419,0	419,0	3696,7
2016	52,0	362,2	481,2	553,2	311,6	192,6	228,6	205,0	368,8	260,8	163,8	0,0	3179,8
2017	0,0	0,0	330,0	330,0	40,0	94,0	114,0	198,0	104,0	153,0	69,0	69,0	1501,0
2018	0,0	0,0	161,6	257,6	395,6	234,0	222,0	207,5	304,0	371,4	330,6	289,4	2773,7
2019	0,0	0,0	167,7	282,0	420,2	456,7	427,6	216,8	285,3	201,3	144,6	21,1	2623,3

Tablica 2.4. Mjesečne oborine za razdoblje od siječnja 1961. do prosinca 2019. godine izražene u mm izmjerene na meteorološkoj postaji Pazin.

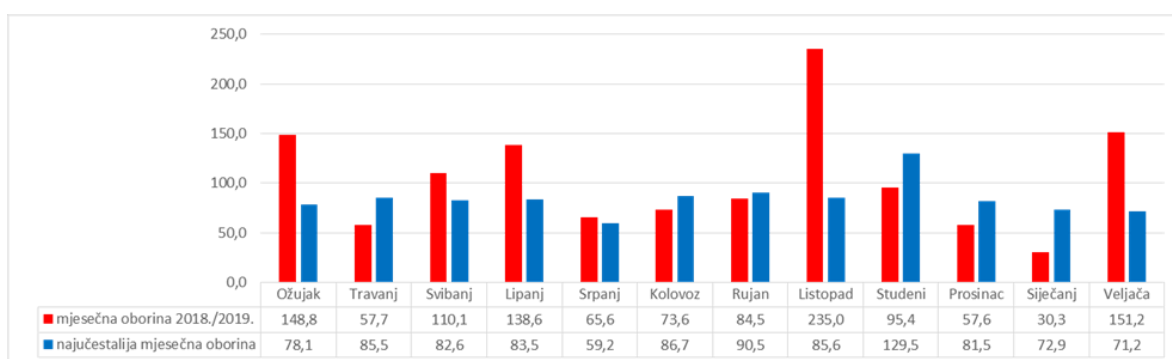
Godina	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studen	Prosinac	God. suma
1961	128,6	46,8	11,9	99,7	49,8	199,0	172,8	14,8	32,4	190,3	175,9	74,6	1196,6
1962	97,2	39,2	104,7	109,8	142,9	33,2	61,1	17,8	168,0	43,4	325,5	42,1	1184,9
1963	166,8	92,4	63,1	50,0	47,4	145,9	80,8	108,4	101,6	88,3	215,9	53,3	1213,9
1964	0,8	33,1	173,0	67,5	92,7	47,4	121,2	109,7	84,1	462,5	63,0	182,3	1437,3
1965	195,7	12,5	95,6	116,4	81,7	143,3	60,6	121,9	329,7	0,1	187,9	159,0	1504,4
1966	72,9	85,8	54,3	123,2	98,8	52,7	209,6	143,7	65,9	237,3	202,8	113,4	1460,4
1967	53,0	65,8	34,8	104,1	69,8	58,9	42,7	75,4	155,0	16,3	156,7	90,8	923,3
1968	78,0	163,1	14,5	44,9	134,2	119,7	36,0	207,2	161,0	27,3	214,9	70,2	1271,0
1969	83,7	159,2	81,2	74,8	167,5	125,0	34,6	173,0	149,5	0,2	226,9	50,5	1326,1
1970	157,6	84,9	162,8	146,3	101,5	110,0	80,8	143,8	23,1	37,9	93,6	94,4	1236,7
1971	114,2	108,1	118,4	132	78,2	148,1	42	54,7	82,6	9	181,9	59,7	1128,9
1972	113,2	177,3	75,9	148,5	191,6	31,2	62,3	88,4	168,9	42,3	132,0	94,3	1325,9
1973	96,4	67,1	6,3	93,7	32,7	101,2	64,1	6,2	223,0	61,5	74,4	57,7	884,3
1974	69,8	80,3	170,6	105,9	67,6	134,6	17,3	79,5	162,0	237,9	92,1	33,3	1250,9
1975	25,5	10,7	168,8	119,8	96,5	104,4	76,8	166,2	35,1	97,1	191,2	96,2	1188,3
1976	4,4	137,6	87,1	143,2	38,1	68,8	83,0	211,8	115,1	130,3	115,8	216,3	1351,5
1977	154,9	114,4	29,0	99,0	116,2	85,9	119,2	182,1	52,9	39,7	82,9	80,4	1156,6
1978	197,3	105,6	80,6	91,5	133,4	87,3	65,4	149,5	88,3	144,9	88,1	126,0	1357,9
1979	221,2	136,7	129,0	116,1	8,1	110,1	63,5	169,9	197,2	151,7	182,2	65,8	1551,5
1980	66,8	13,8	117,1	48,4	84,6	117,8	30,9	22,4	96,3	228,6	239,5	89,4	1155,6
1981	41,6	52,6	82,5	67,4	127,0	77,6	83,3	59,0	161,3	207,7	25,6	284,9	1270,5
1982	52,3	8,3	128,2	11,4	105,4	146,9	59,2	66,1	82,8	247,4	133,2	102,5	1143,7
1983	25,7	75,8	81,2	71,8	142,0	45,7	12,0	106,5	48,2	82,6	17,9	134,1	843,5
1984	143,9	109,3	61,4	57,4	88,2	57,2	54,1	142,6	160,5	163,2	66,8	82,3	1186,9
1985	79,5	64,1	114,3	72,8	57,2	99,0	38,5	77,9	4,4	30,5	115,7	50,0	803,9
1986	75,7	75,1	78,1	145,2	57,6	89,0	113,8	195,9	52,2	61,1	57,5	34,8	1036,0
1987	98,7	102,2	24,4	50,9	81,3	68,0	50,8	80,4	44,4	88,9	168,8	31,5	890,3
1988	110,4	91,0	105,1	70,8	77,2	152,9	1,2	86,7	31,0	48,5	10,6	45,3	830,7
1989	0,0	38,0	109,5	104,4	48,2	129,9	116,7	151,2	87,4	24,1	93,3	17,2	919,9
1990	8,4	38,3	34,9	101,6	66,1	78,2	117,2	61,9	143,1	175,6	97,8	80,6	1003,7
1991	36,8	53,0	21,5	69,5	176,5	74,2	38,1	52,2	17,8	84,9	254,4	27,9	906,8
1992	9,1	34,5	105,6	104,1	27,4	79,1	92,7	54,1	72,1	312,2	76,6	128,2	1095,7
1993	0,0	6,6	37,7	55,1	12,4	74,7	21,6	125,0	195,4	313,4	109,5	75,4	1026,8
1994	65,5	32,1	26,9	137,5	28,7	58,4	33,7	79,8	113,5	84,5	111,1	56,4	828,1
1995	97,3	101,9	149,6	16,4	86,8	162,8	33,4	57,0	111,6	37,8	39,3	149,4	1043,3
1996	93,9	76,1	12,0	63,6	101,4	126,6	26,6	81,6	157,1	159,0	168,9	112,0	1178,8
1997	125,9	23,7	32,3	81,2	47,6	85,6	141,4	100,4	47,8	31,7	231,5	169,4	1118,5
1998	47,4	1,3	6,9	130,4	49,7	75,0	133,1	89,8	158,7	215,7	66,1	36,4	1010,5
1999	62,6	42,7	71,0	187,7	82,6	93,5	77,5	22,9	131,0	51,0	129,6	113,9	1066,0
2000	1,8	27,4	100,3	54,8	62,3	16,2	81,1	26,6	42,9	140,9	358,7	127,1	1040,1
2001	141,6	7,2	123,2	87,9	28,1	79,0	54,5	13,3	143,0	34,9	60,1	18,2	791,0
2002	23,8	84,7	1,3	106,1	76,1	163,6	45,1	281,4	185,6	105,4	228,5	53,1	1354,7
2003	106,4	44,7	5,2	77,6	31,8	93,2	45,2	34,0	85,2	94,5	129,5	104,3	851,6
2004	69,4	94,6	35,1	85,5	145,8	41,4	25,5	65,2	48,9	159,9	87,6	161,3	1020,2
2005	24,4	38,1	89,7	99,4	89,2	57,2	46,1	214,0	83,9	116,6	125,4	87,5	1071,5
2006	82,0	71,2	108,7	61,4	161,2	6,6	24,4	242,7	90,1	28,6	83,6	71,4	1031,9
2007	70,7	117,1	75,0	13,7	134,3	89,0	17,1	94,3	179,9	71,4	18,4	51,7	932,6
2008	75,1	32,4	96,9	106,6	43,1	64,2	57,0	50,8	21,6	76,2	158,6	288,8	1071,3
2009	94,9	141,0	136,1	86,9	16,5	134,1	79,7	57,4	86,0	62,6	200,2	204,6	1300,0
2010	131,0	134,1	44,3	55,9	169,1	125,6	143,3	130,1	207,8	74,3	264,6	161,9	1642,0
2011	13,5	45,3	122,0	36,9	98,2	83,5	148,2	39,0	84,2	85,6	36,0	46,4	838,8
2012	20,5	12,0	0,3	60,5	106,5	40,0	19,1	15,2	144,7	96,2	326,3	101,0	942,3
2013	98,0	158,6	184,7	37,4	169,1	79,0	43,7	73,4	116,3	133,7	170,3	45,6	1309,8
2014	153,1	240,8	75,9	46,1	113,4	74,9	156,0	90,5	166,9	66,3	276,7	156,2	1616,8
2015	59,8	39,0	54,7	42,5	42,8	46,7	54,8	112,7	63,3	186,8	34,0	1,7	738,8
2016	59,8	39,0	54,7	42,5	42,8	46,7	54,8	112,7	63,3	186,8	34,0	1,7	738,8
2017	40,0	190,1	41,5	90,9	64,3	44,2	13,8	59,1	368,3	44,4	194,1	226,9	1377,6
2018	66,1	124,4	148,8	57,7	110,1	138,6	65,6	73,6	84,5	235,0	95,4	57,6	1257,4
2019	30,3	151,2	23,4	135,1	295,1	26,0	72,6	96,7	90,5	26,4	320,3		1267,6

Iz podataka o oborinama s meteorološke stanice Gologorica za razdoblje od ožujka 1991. do prosinca 2019. godine vidljivo je da godišnja oborina varira u rasponu od 597,0-4960,4 mm, a prosječna godišnja oborina za razdoblje od 32 godina iznosi 1416,7 mm, dok je iz podataka o oborinama s meteorološke stanice Pazin za razdoblje od siječnja 1961. godine do prosinca 2019. godine vidljivo je da godišnja oborina varira u rasponu od 738,8 – 1642,0 mm, a prosječna godišnja oborina za razdoblje od 58 godina iznosi 1127,2 mm.

Prosječne mjesečne oborine za 12 mjeseci koje su prethodile aktiviranju klizišta prikazane su na slikama 2.6 i 2.7, a uspoređuju se s prosječnim mjesečnim oborinama za iste mjesece tijekom razdoblja od 58 analizirane godine na mjernoj stanici Pazin (1961 -2019), odnosno 32 godine na mjernoj postaji Gologorica (1991 – 2019). Iz prikazanih grafova vidljivo je da je u veljači 2019. prosječna mjesečna oborina 1-2 puta viša nego uobičajene prosječne mjesečne oborine.

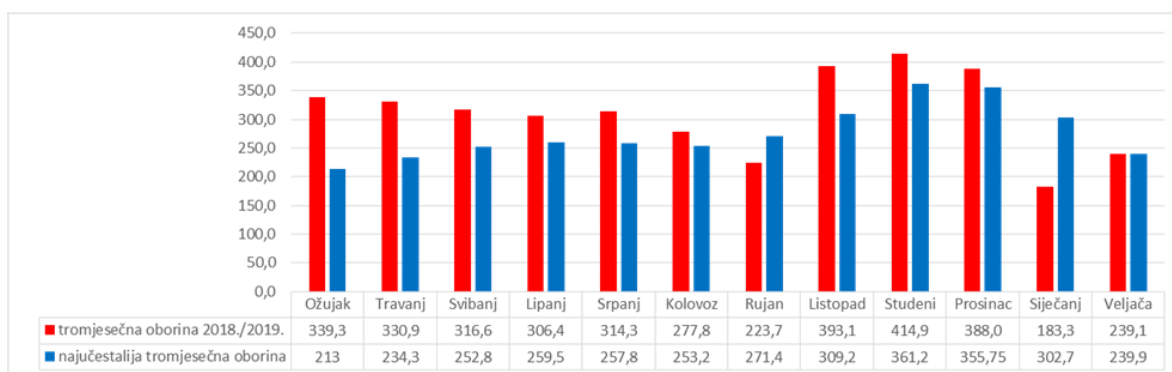


Slika 2.6. Usporedba prosječnih mjesečnih oborina na meteorološkoj postaji Pazin za 12 mjeseci koji su prethodili aktiviranju klizišta s prosječnim mjesečnim oborinama za razdoblje 1961.-2019.

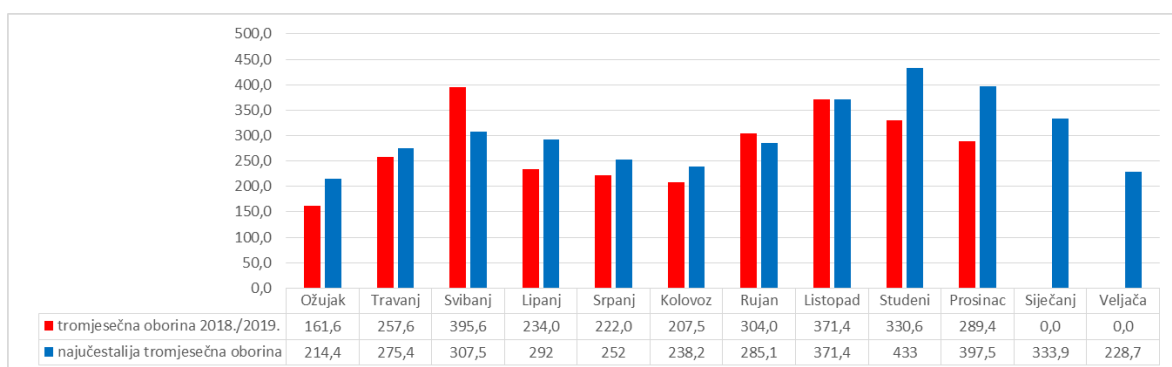


Slika 2.7. Usporedba prosječnih mjesečnih oborina na meteorološkoj postaji Gologorica za 12 mjeseci koji su prethodili aktiviranju klizišta s prosječnim mjesečnim oborinama za razdoblje 1991.-2019.

Tromjesečna oborina za razdoblje koje je prethodilo aktiviranju klizišta (prosnac 2018, siječanj i veljača 2019.) iznosila je 239,1 mm za mjernu postaju Pazin (slika 2.8), odnosno 204,5 mm za mjernu postaju Gologorica (slika 2.9) što znači da je u tri mjeseca prije aktiviranja klizišta palo više od prosječne tromjesečne oborine.



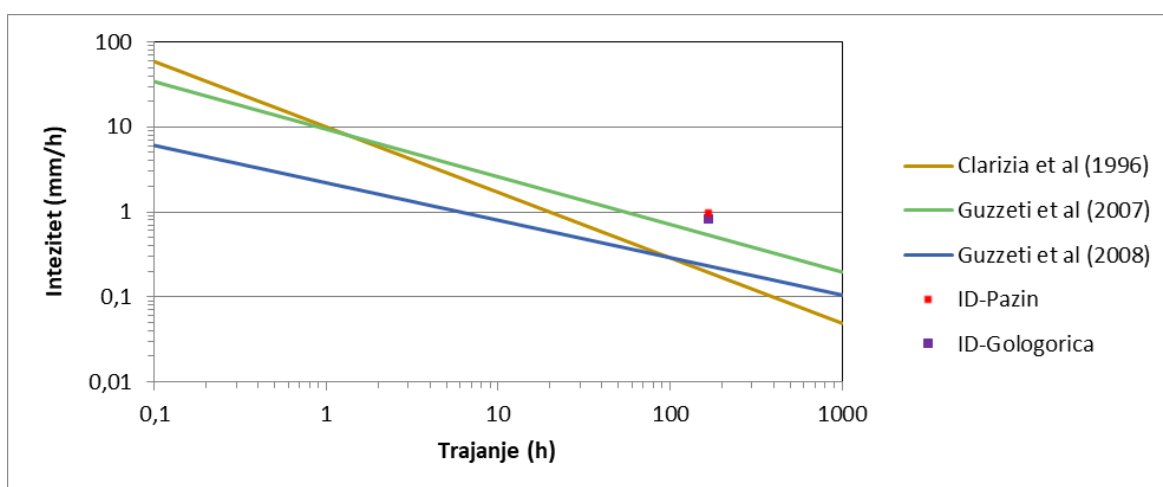
Slika 2.8. Usporedba prosječnih tromjesečnih oborina na meteorološkoj postaji Pazin za 12 mjeseci koji su prethodili aktiviranju klizišta s prosječnim tromjesečnim oborinama za razdoblje 1961.-2019.



Slika 2.9. Usporedba prosječnih tromjesečnih oborina na meteorološkoj postaji Gologorica za 12 mjeseci koji su prethodili aktiviranju klizišta s prosječnim tromjesečnim oborinama za razdoblje 1991.-2019.

Empirijske granične vrijednosti mogu definirati uvjete oborina koji će, kada oborina postigne ili premaši taj iznos, vjerojatno izazvati klizišta (REICHENBACH i dr., 1998). Granične vrijednosti se mogu definirati kroz statističke analize prethodnih oborinskih događaja koji su doveli do klizanja. One se mogu odrediti za različito velika područja istraživanja, na globalnoj, nacionalnoj, regionalnoj ili lokalnoj razini, a također se razlikuju i vrste informacija o oborinama koje se koriste kao ulazni podaci za ove analize (GUZZETTI i dr., 2007, 2008). Kako bi se odredio oborinski događaj pri kojem je došlo do pokretanja klizišta potrebno je znati vrijeme pokretanja klizišta i količinu oborine koja je pala na tom području. Da bi se što bolje predvidjelo nastajanje klizišta potrebno je raspolagati informacijama o graničnoj količini oborine koja će uz date uvjete propusnosti materijala inicirati nastajanje klizišta. Izbor reprezentativne kišomjerne postaje za rekonstrukciju

oborinskog događaja koji je uzrokovao (re)aktivaciju klizanja, načinjen je na temelju sljedećih kriterija: (i) geografskoj udaljenosti između kišomjerne postaje i klizišta, (ii) usporedbi između nadmorske visine kišomjerne postaje i klizišta te (iii) drugih topografskih i morfoloških karakteristika. Trajanje oborina (D) određuje se kao vrijeme proteklo između početka oborine i vremena aktiviranja klizišta. Usvojeno je da su dva oborinska događaja odvojena kada postoji minimalno razdoblje bez oborine. Razdoblje od tri dana bez oborine je određeno za siječan odnosno veljaču 2019. Kada je oborinski događaj identificiran, može se izračunati trajanje oborine - D [h], kumulativna oborina - E [mm], te intenzitet oborina - I [mm/ h-1] (GARIANO i dr., 2012). Glavne karakteristike oborine su intenzitet i trajanje oborine. Intenzitet oborine je definiran kao količina pale oborine unutar određenog vremenskog perioda. Uz trajanje i intenzitet oborine veliki utjecaj na infiltraciju i otjecanje ima prethodna oborina koja utječe na povećanje vlažnosti u površinskom sloju padine (GUZZETI, 2007). S obzirom na regionalne granične vrijednosti koje su definirali CLARIZIA i dr. (1996) i GUZZETI i dr. (2007, 2008), vidljivo je da su oborinski uvjeti prilikom pokretanja klizišta na lokaciji Pićan bili iznad graničnih vrijednosti (slika 2.10) te je time potvrđeno da je inicijator klizanja u ovom slučaju bila intenzivna oborina.



Slika 2.10. Grafički prikaz regionalnih graničnih vrijednosti oborina iznad kojih dolazi do pokretanja klizišta koje su definirali CLARIZIA i dr. (1996) i GUZZETI i dr. (2007, 2008).

Svi navedeni podaci ukazuju na to da su vremenske prilike u vrijeme aktiviranja Pićan (veljača 2019.) bile iznad prosječno visoke i da je uslijed toga došlo do pokretanja klizišta.

Hydrogeološki uvjeti na području istraživanja uvjetovani su litološkom građom, strukturnim odnosima i stupnjem trošnosti. Matična stijena, izmjenjena lapora i numulitne breče, eocenske starosti su vodonepropusne do slabopropusne naslage prema

hidrogeološkim karakteristikama. Međutim, klizište je formirano u površinskim i koluvijalnim naslagama starijeg klizište, a zahvatilo je i trošnu matičnu stijenu. Visok stupanj raspucanosti i trošnosti površinskih naslaga u zoni jako trošne do potpuno trošne matične stijene uzrok je povećane propusnosti lokalnog karaktera.

Tijekom istraživačkog bušenja tri bušotine maksimalne dubine do 10,0 m nije zabilježena pojava podzemne vode. Vjerojatno je u trenutku nastanka klizišta, s obzirom na prethodne kumulativne oborine razina podzemne vode bila viša.

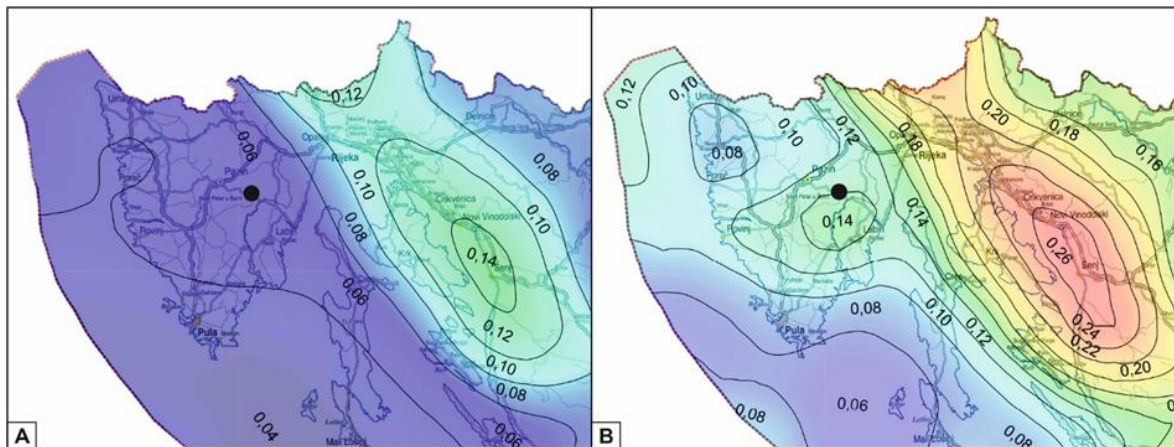
2.4. Seizmičke značajke područja

Poluotok Istra spada u područja smanjene seizmičke aktivnosti, pri čemu su potresi u prosjeku manjeg intenziteta, a nastaju kao rezultat tektonske aktivnosti. Obzirom da pripada jadranskoj karbonatnoj platformi, a sjeverno i istočno od istre su Vanjski Dinaridi i najaktivnije područje je na kontaktu tih dvaju zona. Prema dosadašnjim istraživanjima seizmička aktivnost Istre podijeljena je na dva područja: (1) područje planina Ćićarije i Učke, (2) područje oko Raškog kanala. Epicentri potresa većih intenziteta su izvan područja Istarskog poluotoka, a najbliža epicentralna područja su riječko, ljubljansko i furlansko. Istraživanja pokazuju da je uzrok seizmičke aktivnosti regionalno izraženo podvlačenje Jadranske ploče pod Dinaride, a bliže površini uzrok seizmičke aktivnosti su strukturno-geološke promjene u obliku navlačenja. To se na površini odražava pojačanim neotektonskim pokretima. Lokalna posljedica tih zbivanja su pomaci blokova po paraklazama recentno aktivnih rasjeda. Potrebno je napomenuti da tijekom potresa trenutna veličina pokreta stijenskih blokova po aktivnim plohama rasjeda može iznositi nekoliko desetaka centimetara (SKOKO, 1981).

Snažni potresi, većeg intenziteta i magnitude događaju se rijetko, s povratnim razdobljem od nekoliko stotina do nekoliko tisuća godina. Stoga se na temelju povijesne i recentne seizmičnosti ne može zaključiti da u Istri nisu mogući jaki potresi, no na temelju rezultata opažanja i poznavanja fizikalnih zakona, matematički se može procijeniti seizmička ugroženost nekog područja (HERAK, D. i HERAK, M., 2004).

Na slici 2.11. prikazane su karte potresnih područja Republike Hrvatske približnog mjerila 1:800.000 (HERAK i dr., 2011). Vrijednosti prikazane na kartama odgovaraju horizontalnim vršnim ubrzanjima tla tipa A (agR) koja se u prosjeku premašuju tijekom povratnog razdoblja od 95 i 475 godina (TNCR). Ubrzanja se prikazuju u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Iznosi poredbenih vršnih ubrzanja na kartama prikazani su izolinijama s rezolucijom 0,02 g . Numerički navedene vrijednosti odnose se na

prostor između dvije susjedne izolinije. Povratna razdoblja su dobar pokazatelj za procjenu ukupnog broja potresa koji se mogu očekivati tijekom nekog duljeg razdoblja (HERAK i dr., 2011). Vrijednost poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla a_{gR} (za temeljno tlo tipa A), s vjerojatnosti premašaja 10% u 50 godina za poredbeno povratno razdoblje $TNCR=475$ za promatrano područje prikazani su na slici 2.11b, a iznose 0,12 g. Vrijednost poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla a_{gR} (za temeljno tlo tipa A), s vjerojatnosti premašaja 10% u 10 godina za poredbeno povratno razdoblje $TNCR=95$ za promatrano područje prikazani su na slici 2.11a a iznose 0,06 g.



Slika 2.11. Karta poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla a_{gR} (temeljno tlo tipa A): (a) s vjerojatnosti premašaja 10% u 10 godina za poredbeno povratno razdoblje $TNCR = 95$ god.; (b) s vjerojatnosti premašaja 10% u 50 godina za poredbeno povratno razdoblje $TNCR = 475$ god. (Herak i dr., 2011).

3. METODE I REZULTATI INŽENJERSKOGEOLOŠKOG ISTRAŽIVANJA

Detaljno istraživanje klizišta potrebno je kako bi se omogućilo sigurno i isplativo projektiranje, izgradnja i upravljanje projektima u svrhu procjene stanja tla i stijena. Ispitivanja koja se izvode ovise o samom projektu, ali u većini slučajeva bitno je dobiti podatke o površinskim i potpovršinskim uvjetima na istraživanoj lokaciji (HENCHER, 2012). Prema MIHALIĆ ARBANAS (2018) istraživanja se izvode u nekoliko faza uključujući rad u uredu, laboratoriju i na samom terenu, a uključuju:

1. kabinetska istraživanja - uključuju proučavanje postojeće dokumentacije (mogući stari elaborati istraživanog područja, OGK, topografske karte), interpretacija geodetskih snimaka dobivenih zračnim istraživanjima
2. terenska istraživanja - inženjerskogeološko kartiranje, geotehnička istraživanja (bušenje, in situ pokusi), geofizička ispitivanja
3. interpretacija- obrada i analiza podataka, izrada različitih vrsta dijagrama i drugih prikaza
4. zaključak i preporuka

U okviru izrade ovog diplomskog rada, na širem području klizišta Pićan napravljena su detaljna istraživanja za fazu glavnog projekta, a to su: detaljno inženjerskogeološko kartiranje, istraživačko bušenje, determinacija jezgri bušotina i laboratorijska ispitivanja. Na temelju postojeće literature i provedenih istraživanja interpretiran je inženjerskogeološki model klizišta Pićan.

3.1. Detaljno inženjerskogeološko kartiranje

Svrha inženjerskogeološkog kartiranja klizišta je dokumentiranje površinskih uvjeta kako bi se omogućila osnova za projiciranje potpovršinskih uvjeta (KEATON i DeGRAFF, 1996) te izrada inženjerskogeološke karte. Karte dijelimo u nekoliko kategorija, obzirom na svrhu na karte opće namjene te posebne namjene, obzirom na sadržaj sveobuhvatne i specijalne (tematske i izvedbene) te na temelju mjerila, na karte sitnog, srednjeg ili krupnog mjerila (JOHNSON i DeGRAFF, 1988). Općenito, inženjerskogeološka karta pripada izvedenoj karti krupnog mjerila s posebnom namjenom te se takve karte koriste kako bi se prezentirali podatci o geološkim i geotehničkim uvjetima istraživanog područja te planirali konstrukciju i održavanje infrastrukture. One nam prikazuju podatke o karakterističnim svojstvima tla i stijena, geološkim i hidrogeološkim uvjetima, geodinamičkim procesima i

geotehničkim zona u svrhu prognoziranja geoloških i geotehničkih problema (JOHNSON i DeGRAFF, 1988). Kod kartiranja klizišta bitno je ucrtati njegove osnovne dijelove te površinske naslage i vidljive izdanke stijena.

Detaljno inženjerskogeološko kartiranje na području naselja Pićan provedeno je 4. studenog 2019. godine u svrhu prikupljanja podataka o naslagama na površini terena, geomorfološkim i hidrogeološkim pojavama i procesima. Kao topografska podloga za inženjerskogeološko kartiranje korištena je posebna geodetska podloga, snimljena u studenome 2019. godine, (Geo triangl d.o.o., 2019). Inženjerskogeološka karta klizišta Pićan, mjerila 1:250 prikazana je u prilogu 1.

Inženjerskogeološkim kartiranjem ustanovljeno je da je istraživano klizište nastalo reaktivacijom manjeg dijela postojećeg većeg klizišta. Ova pretpostavka potvrđena je inženjerskogeološkim kartiranjem, prilikom kojeg su utvrđene pukotina izvan reaktiviranog klizišta te oštećenja na obložnom zidu drenažnog kanala na donjem dijelu lokalne ceste. Također, pregledom ortofoto snimaka iz 2012. i 2013. godine jasno se vide oštećenja na kolničkoj konstrukciji koja su nastala uslijed klizanja (slika 3.1). S obzirom da su 2012.godine oborine bile iznad prosječno visoke, najviše od kada se izvode mjerenja (1961.godina), pretpostavlja se da su upravo one inicirale pokretanje klizišta.



Slika 3.1. Prikaz ortofoto snimka istraživane lokacije: (a) 2012. godine prije oštećenja kolničke konstrukcije i (b) 2013. godine nakon aktiviranja klizišta te popravka oštećene kolničke konstrukcije

Istraživano klizište reaktivirano je u veljači 2019.godine pri čemu su nastala nova oštećenja na kolničkoj konstrukciji lokalne ceste prilikom formiranja glavne pukotine klizišta (slika 3.2). Približan iznos denivelacije pokrenute mase u gornjem dijelu klizišta je oko 0,50 metara. Na glavnoj pukotini uočen je deblji sloj nasipa i deluvija koji je ujedno probušen istraživačkim bušotinama B-1, B-2 i B-3.



Slika 3.2. Prikaz oštećenja prometnice uslijed klizanja, promatrane od SI prema JZ (fotografirano 4.11.2019).

Tijekom inženjerskogeološkog kartiranja u gornjem dijelu pokrenute mase uočeni su blokovi numultine breče u kontaktu sa laporom u podini (slika 3.3) te stvaranje jaruga duž kojih teče voda (slika 3.4), a sama površina terena je vidno deformirana. Donji dio klizišta, odnosno nožica i završetak klizišta, lijeva (sjeverna) i desna (južna) granica klizišta jasno su izraženi i registrirani su prilikom inženjerskogeološkog kartiranja (slika 3.5).

Prilikom inženjerskogeološkog kartiranja, osim granica klizišta, registrirani su i izdanci numulitne breče i flišolikih naslaga koji se nalaze sjeverozapadno, zapadno i jugozapadno od samog klizišta, a prikazani su na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250.



Slika 3.3. Fotografija prikazuje kontakta numulitne breče u krovini i srednje trošnog lapora u podini u tijelu klizišta (fotografirano 4.11.2019).



Slika 3.4. Fotografija jaruge duž koju teče voda, promatrane od JZ prema SI (fotografirano 4.11.2019).



Slika 3.5. Fotografija nožice klizišta, promatrane od JZ prema SI (fotografirano 4.11.2019).

3.2. Geotehnički istražni radovi

Geotehnička istraživanje izvode se u svrhu dobivanja podataka o geološkoj građi te fizičko-mehaničkim karakteristikama tla i stijene.

Prema JOHNSON i DeGRAFF (1988) broj i dubina bušotina ovisi o nekoliko smjernica, a temeljna je da bi bušotina trebala biti izbušena do najdubljeg sloja koji može utjecati na bilo koji strukturni zahvat u tlu ili stijeni. Bušenjem se dobivaju jezgre koje se slažu u drvene sanduke redosljedom kojim su bušene i stavljaju se oznake dubina. Opis jezgre bi se trebao obaviti neposredno nakon bušenja jer su određene vrste materijala podložne izmjenama svojstva. Iz jezgara se uzimaju uzorci za laboratorijska istraživanja, koji mogu biti poremećeni, neporemećeni ili uzorci vode. Dobiveni podatci zajedno s onima dobivenih na terenu prikazuju se pomoću presjeka bušotine.

U periodu od 31.07.2019 do 10.10.2019. provedeni su geotehnički istražni radovi koji su uključivali istražno bušenje, uzorkovanje te determinaciju jezgara bušotina, pri čemu su osnovni podaci o geotehničkim istražnim radovima navedeni u tablici 3.1

Tablica 3.1. Osnovni podaci o geotehničkim istraživačkim radovima.

VRSTE RADOVA	OPIS
Istraživačko bušenje	Izvedene su tri geotehničke istraživačke bušotine dubine od 8,0-10,0 m. Garniturom za strojno bušenje izbušeno je ukupno 26,0 m uz kontinuirano jezgrovanje. Jezgra je slagana u drvene sanduke i fotografirana, a fotografije jezgre prikazane su u prilogima 2/1-2/3. Osnovni podaci o istraživačkim bušotinama prikazani su u (tablici 3.2), a položaji svih bušotina prikazani su na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250 (prilog1).
Uzorkovanje	Uzimanje poremećenih (PU) uzoraka. Intervali jezgre iz kojih su uzeti uzorci prikazani su u inženjerskogeološkim presjecima bušotina (prilozi2/1-2/3)
Kontinuirani geotehnički nadzor	Terenska identifikacija i klasifikacija i opis tla i stijene iz jezgre bušotina prema USCS (eng. Unified Soil Classification System) geomehaničkoj klasifikaciji (ASTM, 1996; USBR, 2001). Rezultati identifikacije i opisa tla i stijene prikazani su na inženjerskogeološkim presjecima bušotina (prilozi 2/1-2/3).

Istražno bušenje izvodila je tvrtka MKS inženjering d.o.o. i u sklopu toga izbušene su tri bušotine dubine od 8,0 do 10,0 metara. Koje su prikazane u prilogima 2/1-2/3, a osnovni podaci o istraživačkim bušotinama dani su u tablici 3.2. Položaj istraživačkih bušotina prikazan je na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250 (prilog 1). Tijekom bušenja iz svih jezgara, B-1 (3,00-3,20 m), B-2 (2,50-2,80 m), B-3 (2,30-2,60 m) uzeti su poremećeni uzorci kako bi dobili podatke o granulometrijskom sastavu materijala, specifičnoj gustoći te Attenbergovim granicama. Za determinaciju jezgre te opis tla i stijene korištena je USCS (engl. Unified Soil Classification System) geomehanička klasifikacija.

Tablica 3.2. Osnovni podaci o istraživačkim bušotinama izbušenim 31.07. i 01.08.2019.

OZNAKA BUŠOTINE	DATUM BUŠENJA	KOORDINATE BUŠOTINA			DUBINA BUŠOTINE (m)
		X	Y	UŠĆE BUŠTINE Z (mm)	
B-1	01.08.2019.	306865,97	5010062,02	335,57	10,0
B-2	31.07.2019.	306764,70	5010071,43	334,91	8,0
B-3	31.07.2019.	306867,95	5010078,014	334,43	8,0

3.3. Laboratorijska ispitivanja tla

Laboratorijska ispitivanja tla i stijena na uzorcima iz bušotina provedena su u geomehaničkom laboratoriju tvrtke Geokon-Zagreb d.d. u periodu od 26.08.2019. do 30.10.2019. godine. Na reprezentativnim poremećenim uzorcima tla izvršena su ispitivanja navedena u tablici 3.3. Rezultati laboratorijskih ispitivanja fizičkih svojstava prikazani su u tablici 3.4.

Tablica 3.3. Osnovni podaci o geomehaničkim laboratorijskim ispitivanjima tla.

Vrste ispitivanja	Oznaka	Jed.	Norma
jedinična gustoća	ρ	g/cm ³	HRN U.B1 016 (1968)
granica tečenja	wl	%	HRN U.B1 020 (1980)
granica plastičnosti	wp	%	HRN U.B1 020 (1980)
granulometrijski sastav	-	%	ASTM D 422-63

Tablica 3.4. Rezultati ispitivanja fizičkih svojstava materijala tla na klizištu Pićan.

BUŠOTINA	DUBINA (m)	PRIRODNA VLAŽNOST W _o (%)	GRANICA TEČENJA W _i (%)	GRANICA PLASTIČNOSTI W _p (%)	GRANULOMETRIJSKI SASTAV				SPECIFIČNA GUSTOĆA Δ_s (g/cm ³)	GEOMEHANIČKI SIMBOL
					G (%)	S (%)	M (%)	C (%)		
B1	-3,0- -3,2	37,42	54,51	21,92	20,5	6,9	38,9	33,7	2,65	ML/MH
B2	-2,5- -2,8	/	38,77	20,84	2,4	10,0	45,3	42,3	2,73	ML(Ms)
B3	-2,3- -2,6	/	29,52	16,69	12,5	5,40	46,3	35,8	2,65	ML(Ms)

4. INTERPRETACIJA INŽENJERSKOGEOLOŠKOG MODELA KLIZIŠTA

Model klizišta definiran je pomoću: (i) geometrije klizišta, prikazane na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250 (prilog 1) i na dva inženjerskogeoloških profila; uzdužnom presjeku klizišta 1-1' te poprečnom presjeku klizišta 2-2', mjerila 1:100 (prilozi 3/1,3/2); (ii) značajkama klizišta koje uključuju tip klizanja s obzirom na mehanizam pokreta, vidljivost dijelova klizišta, aktivnost klizišta (stanje, distribuciju i stil klizanja) i značajkama materijala klizišta. Uzroci klizanja utvrđeni su na temelju inženjerskogeoloških uvjeta na području klizišta, a razlikuju se preduvjeti klizanja i inicijatori klizanja.

4.1. Značajke klizišta

Prilikom određivanja dimenzija klizišta određuje se ukupna duljina klizišta, dimenzije pokrenute mase i plohe sloma. Na osnovi poznatog oblika klizišta i njegovih dimenzija moguće je procijeniti volumen klizišta, što se koristi prilikom projektiranja mjera sanacije (MIHALIĆ, 2007).

Na istraživanom području identificirano je klizište koje nepovoljno utječe na stabilnost prirodne padine, u čijem se gornjem i donjem dijelu nalazi lokalna cesta. Površina istraživanog klizišta je 660 m², maksimalna duljina klizišta iznosi 20 metara, a širina 33 metara. Klizište je relativno plitko, pri čemu maksimalna dubina do klizne plohe iznosi 3,0 m. Prema tipu klizanja, s obzirom na mehanizam pokreta, zaključeno je se radi o rotacijskom klizištu, dok je prema stanju aktivnosti (tablica 4.1), klizište Pićan definirano kao reaktivirano klizište pri čemu je došlo do reaktivacije manjeg dijela unutar većeg klizišta.

Tablica 4.1. Opis klizišta s obzirom na stanje aktivnosti (WP/WLI, 1993)

BR.	NAZIV	DEFINICIJA
1	aktivno	klizište u pokretu
2	trenutačno neaktivno	klizište koje se kretalo u posljednjih 12 mjeseci, ali se trenutačno ne kreće
3	reaktivirano	aktivno klizište koje je prije bilo neaktivno
4	neaktivno	klizište koje se nije pokretalo posljednjih 12 mjeseci. Neaktivna klizišta se dijele na: privremeno umirena (5), trajno umirena (6), stabilizirana (7) i reliktna (8)
5	privremeno umireno	neaktivno klizište (4) koje se može reaktivirati zbog istih ili nekih drugih uzroka
6	trajno umireno	neaktivno klizište (4) koje više nije pod utjecajem uzroka klizanja
7	stabilizirano	neaktivno klizište (4) zaštićeno mjerama sanacije
8	reliktno	neaktivno klizište (4) koje je bilo aktivno u klimatskim i geomorfološkim uvjetima koji više ne vladaju

Prema stilu aktivnosti (tablica 4.2) klizište možemo definirati kao višestruko jer je došlo do ponovnog razvoja istog tipa klizišta, dok s obzirom na distribuciju (tablica 4.3) klizište Pićan je umanjujuće, odnosno volumen pokrenutog materijala se smanjuje.

Tablica 4.2. Opis klizišta obzirom na stil aktivnosti (WP/WLI, 1993)

BR.	NAZIV	DEFINICIJA
1	kompleksno	sastoji se od najmanje dva tipa kretanja (odron, prevrtanje, klizanje, širenje, tečenje) koja se nastavljaju jedno na drugo
2	mješovito	sastoji se od najmanje dva tipa kretanja koja se odvijaju simultano u različitim dijelovima pokrenute mase
3	sukcesivno	dva ili više susjednih klizišta, istog tipa kretanja, ali po odvojenim plohama sloma i sa zasebnim pokrenutim masama
4	pojedinačno	pojedinačno kretanje pokrenutog materijala
5	višestruko	opetovani razvoj istog tipa kretanja

Tablica 4.3. Opis klizišta obzirom na stil aktivnosti (WP/WLI, 1993)

BR.	NAZIV	DEFINICIJA
1	progresivno	ploha sloma se proširuje u smjeru kretanja
2	retrogresivno	ploha sloma se proširuje u smjeru obrnutom od kretanja pokrenutog materijala
3	povećavajuće	ploha sloma se proširuje u dva ili više smjerova
4	umanjujuće	volumen pokrenutog materijala se smanjuje
5	ograničeno	nema vidljivu plohu sloma već samo ožiljak vidljiv u stopi pokrenute mase
6	krećuće	pokrenuti materijal se kontinuirano kreće bez vidljive promjene plohe sloma i volumena pokrenutog materijala
7	proširujuće	ploha sloma se proširuje u zoni jednog ili oba boka klizišta

Preduvjeti klizanja su faktori koji padinu dovode u granično stanje ravnoteže. U slučaju klizišta Pićan osnovni preduvjet je vrsta stijena, odnosno materijal koji se sastoji od koluvijalnih naslaga starog klizišta, prahoviti i glinoviti šljunak s odlomcima stijena, te lapora koji je izuzetno podložan trošenju. Inicijatori klizanja su faktori koji utječu da materijal iz stabilnog postane nestabilan, u ovom slučaju, inicijator su bile obilne oborine u trenutku nastanka klizišta.

4.2. Inženjerskogeološke jedinice

S obzirom na razinu inženjerskogeoloških istraživanja, izdvojene su inženjerskogeološke jedinice koje odgovaraju rangu inženjerskogeoloških tipova. U skladu s preporukama Međunarodnog društva za inženjersku geologiju za opis i klasifikaciju stijena i tala (IAEG, 1981), kriterij homogenosti za izdvajanje ovih jedinica bilo je fizičko stanje litološkog tipa (litološki sastav, struktura i stupanj trošnosti) Primarni izvor podataka, na osnovi kojih su izdvojene jedinice na inženjerskogeološkim profilima (prilozi 3/1, 3/2), bila je inženjerskogeološka determinacija i interpretacija materijala iz jezgre bušotina (prilozi 2/1-2/3), laboratorijski pokusi (tablica 3.4) i detaljno inženjerskogeološko kartiranje.

Inženjerskogeološkom determinacijom i interpretacijom obuhvaćene su 3 istraživačke bušotine (ukupne duljine 26,0 m), na temelju kojih je utvrđena detaljna geološka građa na lokaciji klizišta (kronostratigrafska pripadnost; strukturno-geološke značajke; fizička i mehanička svojstva). Položaji svih istraživačkih bušotina prikazani su na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250 (prilog 1). Rezultati inženjerskogeološke determinacije prikazani su za svaku bušotinu zasebno u obliku inženjerskogeoloških presjeka i fotografija jezgre bušotina (2/1-2/3). Identifikacija i opis tla i stijene izrađeni su prema USCS geomehaničkoj klasifikaciji, odnosno prema preporukama USBR (2001).

Na istraživanom području izdvojeno je ukupno osam inženjerskogeoloških tipova, čije su osnovne značajke navedene u tablici 4.4. Prostorna distribucija svih inženjerskogeoloških tipova po dubini prikazana je na uzdužnom i poprečnom presjeku klizišta Pićan (inženjerskogeološki profili 1-1' i 2-2') na priložima 3/1 i 3/2. Na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250 (prilog 1) dane su oznake samo onih tipova materijala koji se pojavljuju na površini terena. Ispod pokrivača, nalazi se matična stijena, odnosno naslage srednje do gornje eocenske starosti.

Izdvojene inženjerskogeološke jedinice prikazane su na priložima pomoću boja iz inženjerskogeološke klasifikacije stijena/tala iz Uputa za izradu osnovne inženjerskogeološke karte SFRJ mjerila 1:100.000 (ANON., 1988). Prema toj klasifikaciji sve stijene/tla svrstavaju se u četiri glavne skupine stijena/tala, koje se označavaju odgovarajućim bojama: (I) nevezane stijene (pijesak, šljunak) sivom bojom; (II) vezane neokamenjene stijene (prah, glina) žutom bojom; (III) vezane slabo okamenjene stijene smeđom bojom; i (IV) vezane dobro okamenjene stijene nijansama zelene boje.

Tablica 4.4. Inženjerskogeološke jedinice: inženjerskogeološki tipovi POKRIVAČA i PODLOGE na klizištu Pićan.

geneza/stratigrafski simbol		inženjerskogeološki tip	geomeh. simbol/ simbol trošnosti	fizička svojstva
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO/STIJENA: UMJETNE NASLAGE (Qut)	(001)NASIP:mješavina sitnozrnastog, krupnozrnastog tla i kršja	GP-GM, GP	/
	TRANSPORTIRANO TLO/STIJENA: KOLUVIJALNE NASLAGE (Qk)	(002a)KOLUVIJ:Mješavina a krupnozrnastog i sitnozrnastog tla s kršjem, i blokovima breče i lapora	/	/
		(002b) KOLOUVIJ: Mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla, te praha srednje do visoke plastičnosti	ML-MH	/
	TRANSPORTIRANO TLO/STIJENA: DELUVIJALNE NASLAGE (Qd)	(003) DELUVIJ: prahoviti i glinoviti šljunak, šljunak šljunkoviti prah,	GM, GC, GP	wl:54,51% wp:21,92%, Ip:32,58%
PODLOGA, MATIČNA STIJENA	POTPUNO TROŠNA STIJENA: LAPOR (E2,3)	(043) TLO I STIJENA: prah niske plastičnosti, šljunkoviti prah	ML (Ms)/CW	wl: 29,52-38,77% wp:16,62-20,84% Ip:9,84-17,92%
	SREDNJE DO SLABO TROŠNA STIJENA: LAPOR I VAPNENAC (E2,3)	(111) MEKA STIJENA: LAPOR intenzivno do vrlo intenzivno trošan, srednje do vrlo mekan	Ms/CW-HW	RQD=0-26,5%
		(121) MEKA STIJENA: LAPOR svjež do slabo trošan, srednje čvrst do srednje mekan	Ms/SW-FR	RQD=76-85,3%
		(122)TVRDA STIJENA: NUMULITNA BREČA	Ls/FR	RQD=57,5-100%

Inženjerskogeološki tipovi pokrivača prisutni na istraživanom području, pripadaju nevezanim i vezanim neokamenjenim stijenama (odnosno inženjerskom tlu), pa su stoga prikazani žutom i sivom bojom. Iznimku predstavljaju koluvijalni materijali obojani nijansama crvene boje u svrhu naglašavanja njihove geneze. Inženjerskogeološki tipovi podloge (matična stijena) pripadaju u vezane slabo i dobro okamenjene stijene (lapor i vapnenac), pa su prikazane s nijansama smeđe i zelene boje, a navedeni su u tablici 4.4. Opisi svake pojedine inženjerskogeološke jedinice dani su u nastavku, grupirani prema genezi, idući od mlađih prema starijima.

(001) NASIP: mješavina sitnozrnastog tla, krupnozrnastog tla i kršja (Q_{ut}) nastao je nasipavanjem prilikom izgradnje. Nasip je probušen u bušotinama B-1 (0,00-0,50 m) B-2 (0,00-0,50 m) i B-3 (0,00-0,50 m). Procijenjena ukupna debljina nasipa na istraživanoj lokaciji približno je 0,5 m. Sastoji se od mješavine sitnozrnastog i krupnozrnastog materijala te kršja vapnenaca maksimalne veličine do 6 cm. Nasip je suh i heterogen, sivkasto smeđe do tamno žućkasto smeđe boje. Iz ove inženjerskogeološke jedinice nisu uzeti uzorci za laboratorijska ispitivanja.

(002a) KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: mješavina sitnozrnastog i krupnozrnastog tla s kršjem i blokovima breča i lapora. Ovaj materijal definiran je inženjerskogeološkim kartiranjem na terenu. Površinski materijal koji se sastoji od sitnozrnastog i krupnozrnastog tla maksimalne veličine 10 mm te kršja numulitnih breča i lapora. Iz ove inženjerskogeološke jedinice nisu uzeti uzorci za laboratorijska ispitivanja.

(002b) KOLUVIJ STAROG KLIZIŠTA: mješavina sitnozrnastog tla, krupnozrnastog tla i kršja (Q_k) probušen je u bušotini B-1 (2,00-4,51 m). Ovaj materijal tla je heterogen i predstavlja površinski materijal klizišta koji je u prošlosti bio pokrenut, a sastoji se od sivkasto-smeđeg do tamnožućkasto-smečkastog praha srednje do visoke plastičnosti. Na temelju uzorka uzetog za laboratorijska ispitivanja ispitivanja dobivene su granice tečenja (w_l) koja iznosi 54,51% i granica plastičnosti (w_p) koja iznosi 21,92%, dobiven je i indeks plastičnosti (I_p) koji iznosi 32,58%, a dobiveni granulometrijski sastav iznosi 20,50% šljunka, 6,90% pijeska, 38,90% praha i 33,70% gline. Određena je i specifična gustoća materijala koja iznosi $2,65/\text{cm}^3$.

(003) DELUVIJ: prahoviti i glinoviti šljunak, šljunak šljunkoviti prah, (Q_d) probušen je u bušotinama B-1 (0,50-2,0 m), B-2 (0,50-1,55 m), B-3 (0,5-1,50 m). Materijal sadrži 75% čvrstog, poluuglatog šljunka, kršja (numulitna breča), maksimalne veličine zrna 10 cm, oko 25% sitnozrnog materijala visoke plastičnosti i žilavosti. Heterogen je, suh, srednje žućkasto narančaste do srednje žućkasto smeđe boje. Snažno reagira s HCl-om. Iz ove inženjerskogeološke jedinice nisu uzeti uzorci za laboratorijska ispitivanja.

(122) TVRDA STIJENA –BREČA: slabo do srednje trošna stijena ($E_{2,3}$) probušena je u bušotinama B-2 (1,55-2,50 m) i B-3 (1,50-2,30 m). Numulitna breča je debelo do vrlo debelo slojevita (0,30-3,00 m), svježja (W_1), svjetlo maslinasto sive boje, čvrst (H_3), slabo raspucan (FD_1). snažna reakcija s HCl-om. Na svijeći jezgre nisu vidljive pukotine, RQD 57,5-100%. U bušotini B-3, na intervalu 1,5-1,8 m numulitna breča zdrobljena bušenjem. Iz ove inženjerskogeološke jedinice nisu uzeti uzorci za laboratorijska ispitivanja.

(043) JAKO TROŠNA STIJENA – TLO I STIJENA: prah niske plastičnosti, šljunkoviti prah, lapor ($E_{2,3}$) probušeni su u bušotinama B-1 (4,50-5,30 m), B-2 (2,50-3,00 m), B-3 (2,30-2,90 m). Ova jedinica predstavlja materijal gdje je više od 50% stijene prešlo u tlo. Materijal sadrži oko 70% sitnozrnog tla, praha srednje do visoke žilavosti, srednje plastičnosti, tvrde konzistencije, 30% polusferičnog, poluuglatog šljunka maksimalne veličine zrna 7 cm. Heterogena, suha, srednje žućkasto narančaste do srednje žućkasto smeđe boje. Snažna reakcija s HCl-om. Na temelju dva uzoraka tla uzetih za laboratorijska ispitivanja dobivene su granice tečenja (w_l) koja iznosi 29,52-38,77% i granica plastičnosti (w_p) koja iznosi 16,62-20,84%, dobiven je i indeks plastičnosti (I_p) koji iznosi 9,84-17,92%, a dobiveni granulometrijski sastav iznosi: 2,40-12,50% šljunka, 5,40-10,00% pijeska, 45,30-46,30% praha i 35,80-42,20% gline. Određena je i specifična gustoća materijala koja iznosi $2,65-2,73\text{g/cm}^3$.

(111) MEKA STIJENA – LAPOR: slabo do srednje trošna stijena ($E_{2,3}$) probušena je u bušotinama B-1 (5,30-6,10 m), B-2 (3,00-4,00 m) i B-3 (2,90-4,60 m). Lapor je intenzivno do vrlo intenzivno trošan (W7-W8), srednje do vrlo mekan (H4-H7) tamnožućkasto smeđe boje, vrlo tanko uslojen (10-30 mm), intenzivno do umjereno ispucan (FD6-FD7). Snažno reagira s HCl-om. RQD (Rock Quality Designation) iznosi od 0-26,5%. U bušotini B-2, na intervalu 3,7-4,0 m utvrđen je lapor veće čvrstoće. Također utvrđena su dva seta diskontinuiteta. U bušotini B-3 pukotine su suhe, intenzivno trošne, vrlo malo razmaknute (SP5), umjereno otvorene (O2), bez ispune (T0) i umjereno hrapave (R3).

(112) TVRDA STIJENA – LAPOR: slabo trošna stijena ($E_{2,3}$) nabušena je u bušotinama B-1 (6,10-10,0 m), B-2 (4,00-8,00 m) i B-3 (4,60-8,0 m). Lapor je laminarno do debelo uslojen (10 mm -1000mm) zelenkasto sive boje, svjež do slabo trošan (W1-W3), srednje čvrst do srednje mekan (H4-H5), umjereno do slabo raspucan (FD4). RQD 76-85,3%. Pukotine su svježije, srednje do malo razmaknute (SP4-SP5) zatvorene do slabo otvorene (O0-1), bez ili s tankom ispunom (T0-T1), glatke do srednje hrapave (R3-R5). Snažna reakcija s HCl-om. U bušotini B-2, na intervalu 4,0-6,0 m diskontinuiteti su trošni, a u intervalu 6,0-8,0 m svježiji, u intervalu 5,15-5,40 m lapor je zdrobljen bušenjem. U bušotini B-3 50% vidljivih diskontinuiteta predstavlja slojevitost koja je subhorizontalna. Iz ove inženjerskogeološke jedinice nisu uzeti uzorci za laboratorijska ispitivanja.

5. DISKUSIJA

Inženjerskogeološki model klizišta predstavlja konačni rezultat inženjerskogeološkog istraživanja te ulazni podatak za projektiranje mjera sanacije Inženjerskogeološki model obuhvaća interpretaciju kabinetskih, terenskih i laboratorijskih istraživanja. Pri definiranju modela uključen je niz različitih struka tako da je dobra komunikacija i jednostavni prikaz dobivenih podataka izrazito bitan čimbenik. Količina podataka, odnosno detaljnost istraživanja uvelike ovisi o financijskim sredstvima i vremenskim rokovima.

Inženjerskogeološki model klizišta Pićan nastao je kao rezultat detaljnih istraživanja koja su uključivala: kabinetska istraživanja, izradu geodetske podloge istraživanog područja, detaljno inženjerskogeološko kartiranje, geotehnička istraživanja, determinaciju jezgra bušotina te laboratorijskih ispitivanja.

Geodetskom snimkom dobivena je geodetska podloga za područje od otprilike 5.600m². Na temelju podataka dobivenih geodetskim snimkama provedeno je detaljno inženjerskogeološko kartiranje čime je ustanovljeno da je istraživano klizište mnogo veće od pretpostavljenog s obzirom da je nastalo kao posljedica reaktivacije manjeg dijela većeg starog klizišta. S obzirom na navedeno smatra se da je površina terena obuhvaćena geodetskim snimanjem trebala biti veća. Detaljnim inženjerskogeološkim kartiranjem utvrđena je kruna klizišta, bočne pukotine te nožica klizišta.

Geotehnička istraživanja uključivala su 3 istraživačke bušotine i determinaciju jezgre. Nakon bušenja jezgre je potrebno staviti u sanduke, propisno ih označiti, fotografirati te nakon toga determinirati. U slučaju Pićan jezgre bušotine B-2 i B-3 propisno su postavljene u sanduke, označene, fotografirane i determinirane neposredno tijekom bušenja, dok u slučaju bušotine B-1 to nije bio slučaj. S obzirom na okolnosti, jezgra je determinirana naknadno te postoji mogućnost da je prilikom transporta i skladištenja poremećena pri čemu determinaciju te jezgre treba uzeti s dozom opreza. Također, s obzirom da su sve tri bušotine bile postavljene linijski, izvan tijela klizišta, a geološka građa na širem području istraživanja nije jednostavna kako se prvobitno smatralo, bilo bi izrazito korisno da se jedna bušotina nalazi unutar samog klizišta ili u nožici istoga. Korelacija bušotina i prognozni presjeci izvedeni su na temelju površinskih i pod površinskih podataka, pri čemu je uzdužni presjek klizišta pretpostavljen samo na temelju mjerene orijentacije na izdancima i kontakta između breča u krovini i lapora u podini utvrđenih prilikom inženjerskogeološkog kartiranja. Dodatna bušotina u nožici klizišta značajno bi olakšala izradu prognoznog profila i povećala mu točnost.

Prilikom determinacije jezgara uzeti su uzorci za laboratorijska ispitivanja, a čiji rezultati se dobro podudaraju s terenskom klasifikacijom i opisom materijala. U bušotinama B-1 i B-2 odstupanja su u udjelu šljunka od otprilike 10% ali je potvrđeno da se radi o potpuno trošnom laporu obzirom da je utvrđeno otprilike 85% sitnozrnastog materijala.

Kod pojava kao što su klizišta, izuzetno su bitni rezultati inženjerskogeoloških istraživanja kako bi se projektantima pripremila što bolja podloga i ulazni podatak za projektiranje mjera sanacija.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju podataka o geotehničkim istražnim radovima, detaljnim inženjerskogeološkim kartiranjem klizišta te laboratorijskim ispitivanjima, prikupljenih u razdoblju od srpnja do studenog 2019. interpretiran je inženjerskogeološki model klizišta Pićan.

Inženjerskogeološki model izrađen je na temelju podataka utvrđenih inženjerskogeološkim kartiranjem te determinacijom tri jezgre dobivene istraživačkim bušenje. Na području klizišta Pićan izdvojeno je osam inženjerskogeoloških tipova podijeljenih na površinske naslage i matičnu stijenu. Površinske naslage čine: umjetne naslage – nasip, koluvijalne te deluvijalne naslage. Matičnu stijenu čine stijene, srednje do gornje eocenske starosti, različitog stupnja trošnosti, odnosno trošan lapor, srednje trošan lapor, svjež lapor i svježa čvrsta stijenu, tj. numulitna breča.

Na temelju detaljnog inženjerskogeološkog istraživanja te interpretacijom prikupljenih podataka izrađen je inženjerskogeološki model klizišta Pićan koji obuhvaća inženjerskogeološku kartu šireg područja istraživanja, mjerila 1:250, i dva inženjerskogeološka profila, tj. uzdužni i poprečni profil istraživanog klizišta mjerila 1:100. Utvrđena površina istraživanog klizišta iznosi 660 m², pri čemu je maksimalna duljina klizišta 33 m, širina 20 m, a dubina do klizne plohe iznosi 3 m. S obzirom na mehanizam pokreta klizište Pićan odgovara rotacijskom tipu klizanja, koje je nastalo reaktivacijom manjeg dijela, većeg, starog klizišta. Različiti stupnjevi trošnosti lapora te kontakt različitih vrsta stijena predstavlja mogući preduvjet klizanja, a s obzirom na rezultate analize oborina pretpostavlja se da su upravo one inicirale pokretanje ovog klizišta.

Rezultati inženjerskogeoloških istraživanja, prikazani u ovom diplomskom radu, predstavljaju ulazni podatak za projektiranje mjera sanacija klizišta.

7. LITERATURA

ANON. (1988): Upute za izradu osnovne inženjerskogeološke karte SFRJ mjerila 1:100.000. Savezni geološki zavod, Beograd

BERGANT, S., TIŠLJAR, J. & ŠPARICA, M. (2003): Eocene Carbonates and Flysch Deposits of Pazin Basin, Field Trip Guidebook, 22nd IAS Meeting of Sedimentology – Opatija 2003.

BROWN, E.T. (1981) Rock characterization, testing & monitoring: ISRM suggested methods. Published for the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics by Pergamon Press.

CLARIZIA, M., GULLA, G., SORBINO, G., (1996): Sui meccanismi di innesco dei soil slip. International Conference Prevention of Hydrogeological Hazards: the Role of Scientific Research. L'Artistica Savigliano pub, 1, str. 585-597.

GARIANO, S. L., IOVINE, G., BRUNETTI M. T., PERUCCACCI, S., LUCIANI S., BARTOLINI D., PALLADINO, M., VESSIA, G., VIERO, A., VENNARI, C., ANTRONICO, L., DEGANUTTI, A. M., LUINO, F., PARISE, M., TERRANOVA, O. G., AND GUZZETTI, F. (2012): Populating a catalogue of rainfall events that triggered shallow landslides in Italy. Rendiconti Online della Società Geologica Italiana, 21, str. 396–398.

GUZZETTI, F., PERUCCACCI, S., ROSSI, M., STARK, C.P. (2007): Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. Meteorology and Atmospheric Physics, 98, str. 239-267.

GUZZETTI, F., PERUCCACCI, S., ROSSI, M., STARK, C.P. (2008): The rainfall intensity–duration control of shallow landslides and debris flows: an update. Landslides, 5, str. 3–17.

HENCER, S., (2012): Practical engineering geology. Geotechnics Volume 4, pp 115-137.

HERAK, D. i M. u Istri, Franina i Jurina 2004, Račice 2003.

HERAK, M., ALLEGRETTI, I., HERAK, D., IVANČIĆ, I., KUK, V., MARIĆ, K., MARKUŠIĆ, S., SOVIĆ, I. (2011): Karte potresnih područja Republike Hrvatske za povratna razdoblja $T_p = 95$ i 475 godina. Zagreb, Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

IAEG (1981): Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. Report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping.- Bull IAEG, 24, pp 235-274

JOHNSON, R. B. & DeGRAFF, J. V. (1988) : Principles of engineering geology. –J.Wiley & So., New York, pp 40-74.

KEATON, J. R. & DeGRAFF, J. V. (1996): Surface Observation and Geologic Mapping. Landslides – Investigation and Mitigation, Transportation Research Board, Special report 247, Turner, Schuster, National Academy Press, Washington D.C., pp 178- 230.

LYNN, M., BOBROWSKI, P. (2008): The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslides, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2008.

MIHALIĆ ARBANAS, S., SEČANJ, M., BERNAT GAZIBARA, S., KRKAČ, M., BEGIĆ, H., DŽINDO, A., ZEKANS.; ARBANAS, Ž. 2017. Landslides in the Dinarides and Pannonian Basin — from the largest historical and recent landslides in Croatia to catastrophic landslides caused by Cyclone Tamara (2014) in Bosnia and Herzegovina. Landslides. 14, 6: 1861-1876.

MIHALIĆ ARBANAS, S., (2018): Istraživanje pojedinačnih lokacija-detaljno inženjerskogeološko istraživanje za glavni projekt. Prezentacija iz kolegija Inženjerska geologija II., Diplomski studij, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

REICHENBACH, P., CARDINALI, M., DE VITA, P., GUZZETI, F., (1998): Hydrological thresholds for landslides and floods in the Tiber River Basin (Central Italy). Environm. Geol., 35(2-3), str. 146-159.

SKOKO, D. (1981): Seizmička aktivnost na području Istre. Liburnijske teme, Prirodna podloga Istre 4, pp 103-108, Omiš.

ŠIKIĆ, D., POLŠAK, A. i MAGAŠ, N. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Labin L 33-101.-Institut za geološka istraživanja Zagreb (1958-1967), Savezni geološki zavod, Beograd.

ŠIKIĆ, D. i POLŠAK, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Labin L 33-101.- Institut za geološka istraživanja Zagreb (1963), Savezni geološki zavod, Beograd.

USBR (2001): Engineering Geology Field Manual, 2nd^{ed.}, Vol. 1. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation.

VALLEJO, L.I.G., FERRER, M. (2011). Geological Engineering. Taylor & Francis Group, London.

VIVODA PRODAN, M., (2016) : Utjecaj trošenja na rezidualnu posmičnu čvrstoću sitnozrnastih litoloških članova fliša. Doktorski rad. Sveučilište u Rijeci, građevinski fakultet, 2016.

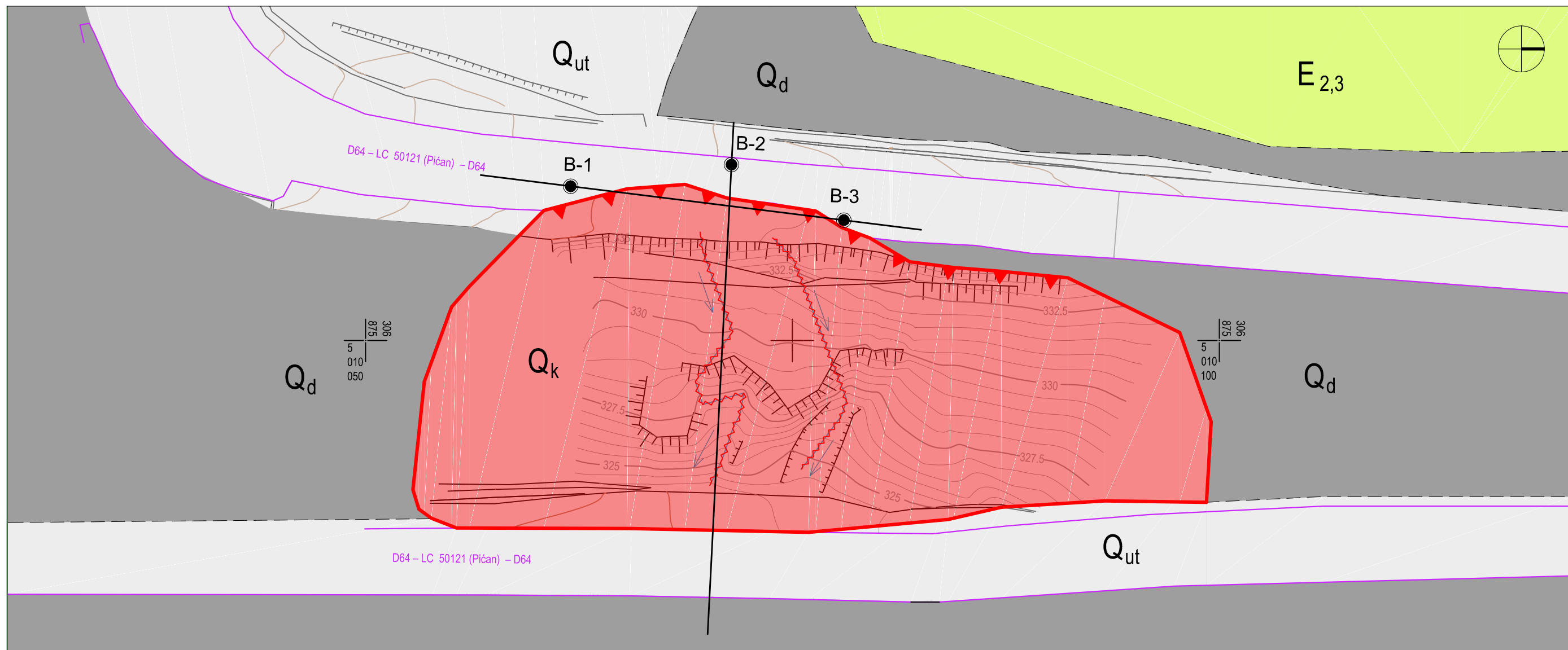
WP/WLI (INTERNATIONAL GEOTEHNICAL SOCIETIES' UNESCO WORKING PARTY ON WORLD LANDSLIDE INVENTORY) (1993): Multilingual landslide glossary. The Canadian Geotechnical Society, BiTech Publisher Ltd., Richmond Canada.

www izvori:

URL: <https://www.pican.hr/o-picnu/opci-podaci/>

URL: <https://www.dzs.hr>

URL: <http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=2178>



LEGENDA

	GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE
	PRETPOSTAVLJENA GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE
	PRETPOSTAVLJENA GRANICA KLIZIŠTA
	ČELO AKTIVNOG KLIZIŠTA
	JARUGA
	POVREMENI POVRŠINSKI TOK
	ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA
	POLOŽAJ INŽENJERSKOGEOLOŠKOG PROFILA
	PROMETNICA

INŽENJERSKOGEOLOŠKA JEDINICE

GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	FIZIČKO - MEHANIČKA SVOJSTVA
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _{ut} 001	NASIP: mješavina krupnozrnastog, sitnozrnastog tla i kršja	GP-GM, GP	/
	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _k 002a 002b	KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla s kršjem, i blokovima breče i lapora	/	/
			KOLUVIJ STAROG KLIZIŠTA: mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla s kršjem, i blokovima breče i lapora	ML-MH	/
TRANSPORTIRANO TLO: DELUVIJ	Q _d 003	DELUVIJ: prahoviti i glinoviti šljunak, šljunak šljunkoviti prah,	GM, CG, GP	wl:54,51% wp:21,92% lp:32,58%	
PODLOGA, POVRŠ. NASLAGE, MATIČNA STIJENA	POTPUNO TROŠNA STIJENA	043	TLO I STIJENA: prah niske plastičnosti, šljunkoviti prah, lapor	ML (Ms)	wl:29,52-38,77% wp:16,62-20,84% lp:9,84-17,92%
	SREDNJE DO SLABO TROŠNA STIJENA:	E _{2,3} 111	MEKA STIJENA: LAPOR intenzivno do vrlo intenzivno trošan, srednje do vrlo mekan	Ms	RQD=0-26,5%
		121	MEKA STIJENA: LAPOR svjež do slabo trošan, srednje čvrst do srednje mekan	Ms	RQD=76-85,3%
		122	TVRDA STIJENA: numulitna breča	Br	RQD=57,5-100%



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

PROJEKT	SANACIJA KLIZIŠTA
LOKACIJA	PIĆAN, ISTARSKA ŽUPANIJA
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA
MENTOR Prof.dr.sc. Snježana MIHALIĆ ARBANAS	IZRADILA Martina GORUPIĆ
DATUM veljača, 2020.	MJERILO 1:250
	PRILOG BR. 1

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



PROJEKT: Geotehnički elaborat

INVESTITOR: Ž.U.C. Pazin

OBJEKT: Klizište

LOKACIJA: Pićan

GEOTEHNIČAR: Ž. Arbanas

IZVOĐAČ: MKS Inženjering d.o.o.

DATUM: 01.08.2019.

NADM. VISINA: 335,57 m n.m.

KOORDINATE: x: 306865.968

NADZOR: S.Mihalić Arbanas

IG DETERMINACIJA: M.Gorupić

IG INTERPRETACIJA: M.Gorupić

y: 5010062,016

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE **B-1**

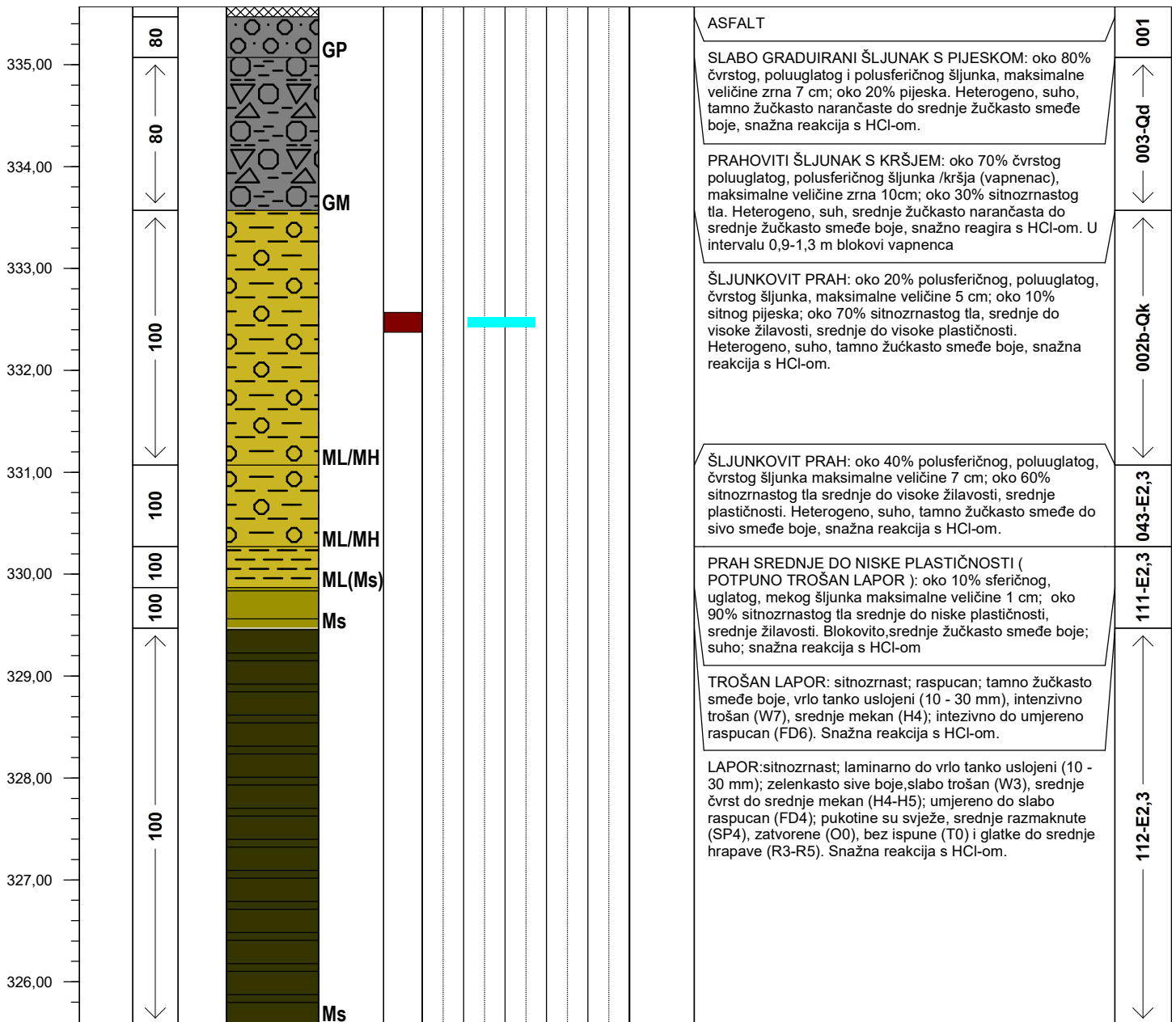
DUBINA: 10.00 m

MJERILO: 1:60

PRILOG: 2/1

NAPOMENA:

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	RQD	IG SIMBOL	GEOMEHANIČKI / LITOLOŠKI SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
							SPP (br. udaraca)	Att. granice	
							○ prir. vlažnost	qpp	
							■ qu (tlo)	● lc	
							σ _c (stijena)		
							I _{s(50)} (stijena)		



W _p , W _I , W _o (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	400
qu (kPa)	0	500	0	2.5
σ _c (MPa)	0	250		lc
I _{s(50)} (MPa)	0	10		

B01

1,00

2,00

3,00

4,00

5,00

6,00

7,00

8,00

9,00

10,00



Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



PROJEKT: Geotehnički elaborat

INVESTITOR: Ž.U.C. Pazin

OBJEKT: Klizište

LOKACIJA: Pićan

GEOTEHNIČAR: Ž. Arbanas

IZVOĐAČ: MKS Inženjering d.o.o.

DATUM: 31.07.2019.

NADM. VISINA: 334,91 m n.m.

KOORDINATE: x: 306764,700

NADZOR: S.Mihalić Arbanas

IG DETERMINACIJA: M.Gorupić

IG INTERPRETACIJA: M.Gorupić

y: 5010071,434

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE **B-2**

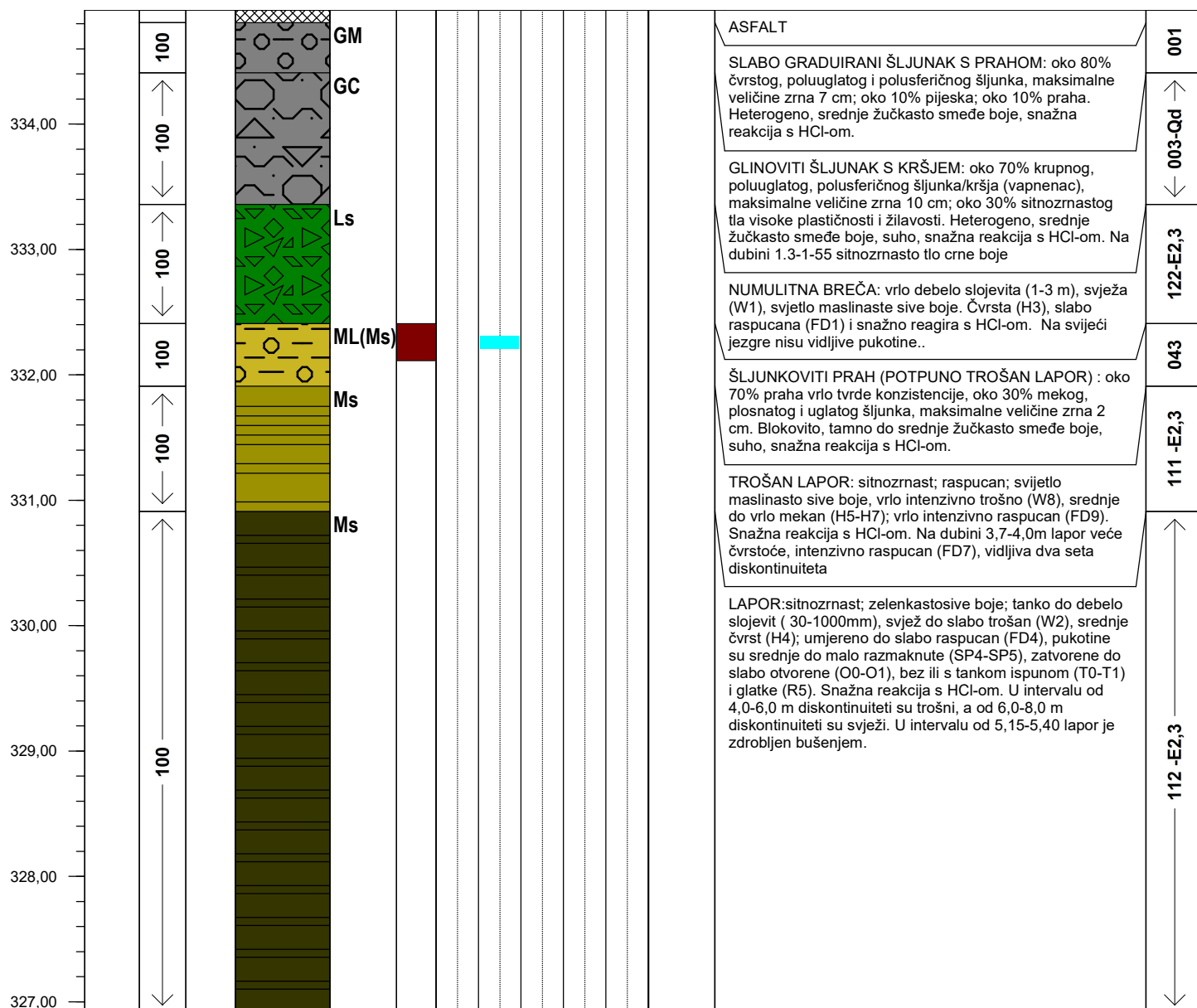
DUBINA: 8.00 m

MJERILO: 1:50

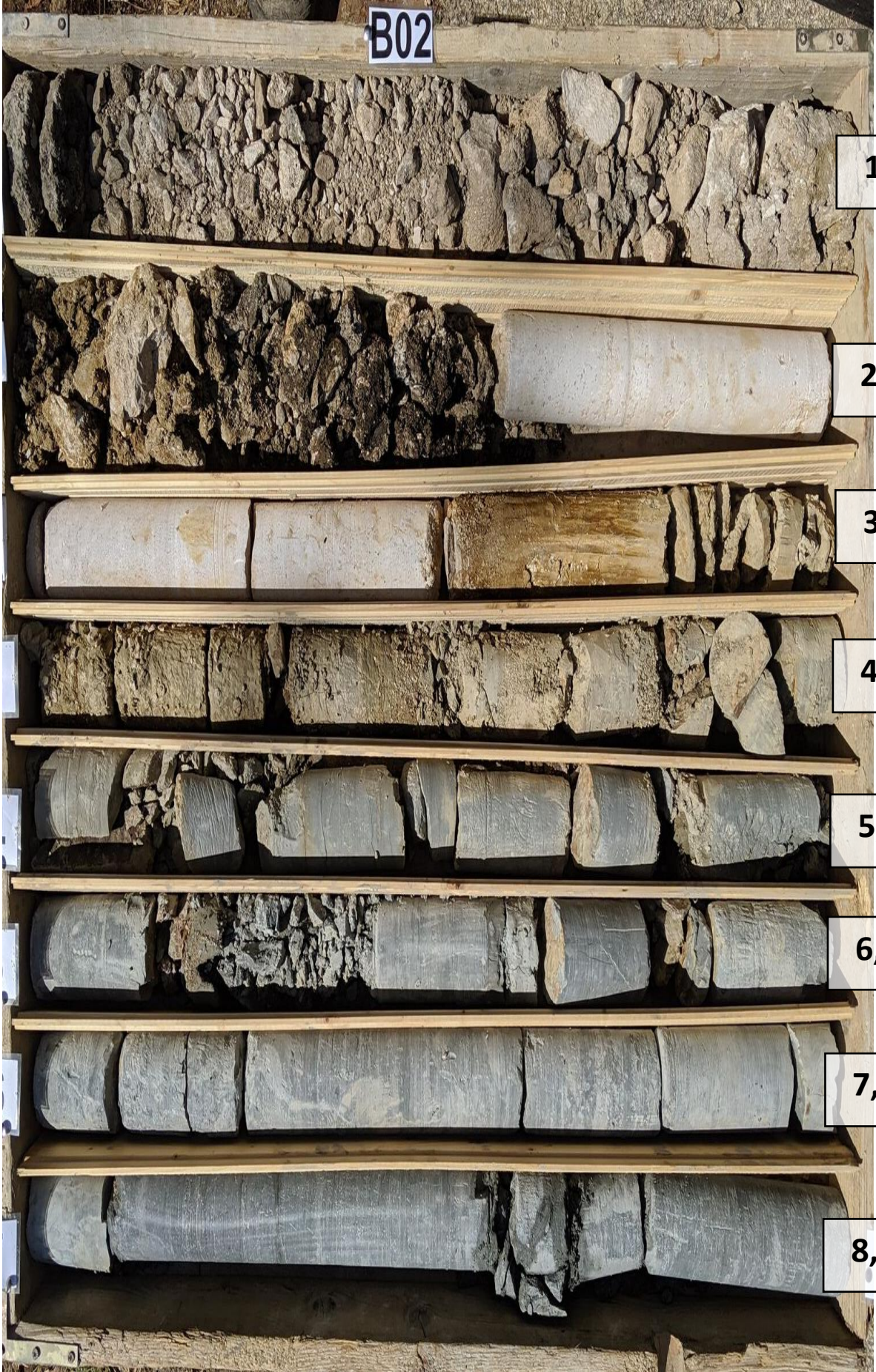
PRILOG: 2/2

NAPOMENA:

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	RQD	IG SIMBOL	GEOMEHANIČKI / LITOLOŠKI SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
							SPP (br. udaraca) Att. granice prir. vlažnost qu (tlo) σ_c (stijena) $I_{s(50)}$ (stijena)	qpp I _c	
									INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA



Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	400
qu (kPa)	0	500	0	2.5
σ_c (MPa)	0	250		I _c
$I_{s(50)}$ (MPa)	0	10		



B02

1,00

2,00

3,00

4,00

5,00

6,00

7,00

8,00

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



PROJEKT: Geotehnički elaborat

INVESTITOR: Ž.U.C. Pazin

OBJEKT: Klizište

LOKACIJA: Pićan

GEOTEHNIČAR: Ž. Arbanas

IZVOĐAČ: MKS Inženjering d.o.o.

DATUM: 31.07.2019.

NADM. VISINA: 334,43 m n.m.

KOORDINATE: x: 306867.952

NADZOR: nadzor

IG DETERMINACIJA: M.Gorupić

IG INTERPRETACIJA: M.Gorupić

y: 5010078,014

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE **B-3**

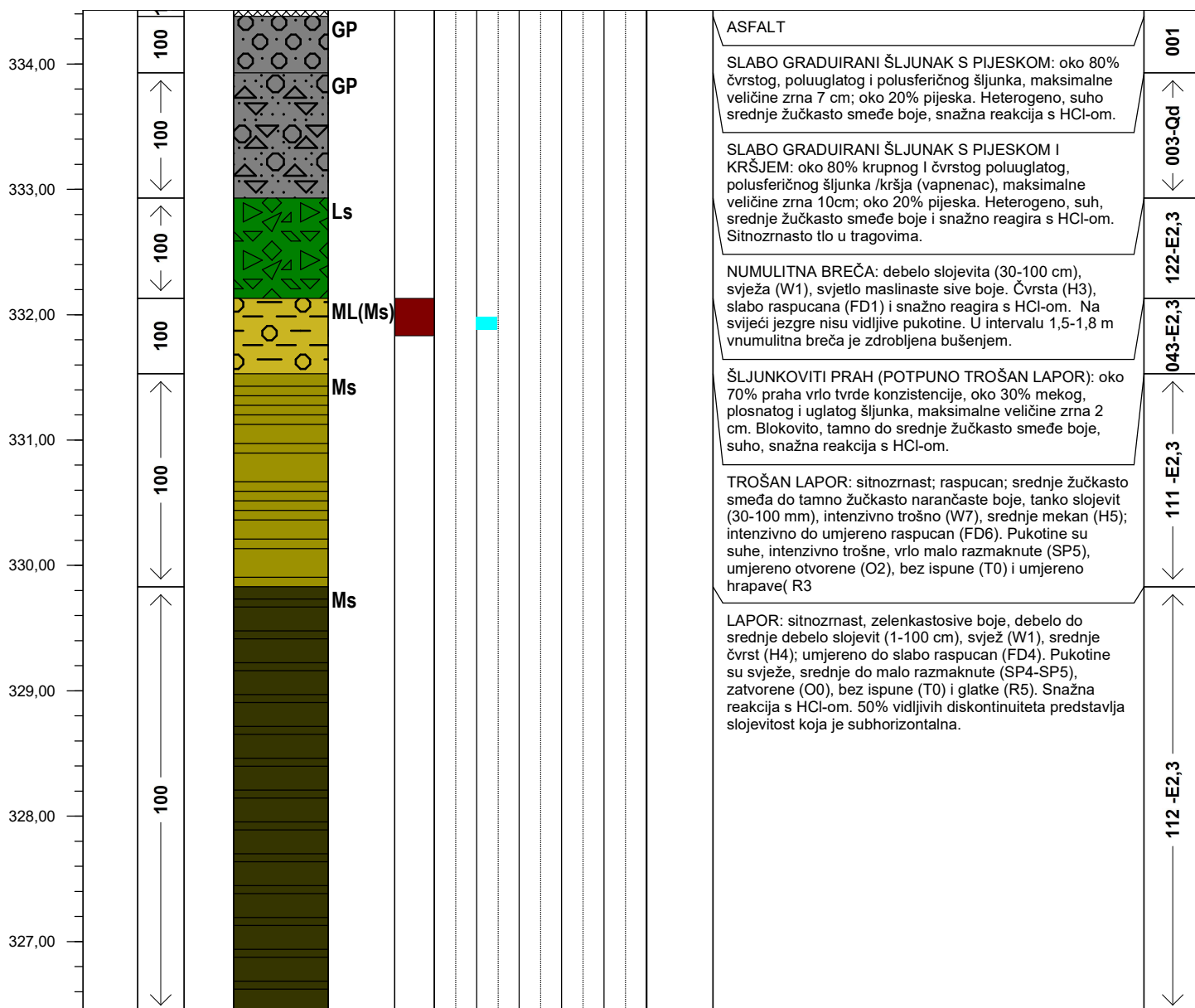
DUBINA: 8,0

MJERILO: 1:50

PRILOG: 2/3

NAPOMENA:

NADM. VISINA (m)	DUBINA (m)	JEZGRA (%)	RQD	IG SIMBOL	GEOMEHANIČKI / LITOLOŠKI SIMBOL	UZORAK	IN SITU I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA		INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS
							SPP (br. udaraca) Att. granice prir. vlažnost qu (tlo) σ_c (stijena) $I_{s(50)}$ (stijena)	qpp Ic	



ASFALT

SLABO GRADUIRANI ŠLJUNAK S PIJESKOM: oko 80% čvrstog, poluuglatog i polusferičnog šljunka, maksimalne veličine zrna 7 cm; oko 20% pijeska. Heterogeno, suho srednje žučkasto smeđe boje, snažna reakcija s HCl-om.

SLABO GRADUIRANI ŠLJUNAK S PIJESKOM I KRŠJEM: oko 80% krupnog i čvrstog poluuglatog, polusferičnog šljunka /kršja (vapnenac), maksimalne veličine zrna 10cm; oko 20% pijeska. Heterogeno, suh, srednje žučkasto smeđe boje i snažno reagira s HCl-om. Sitnozrnasto tlo u tragovima.

NUMULITNA BREČA: debelo slojevita (30-100 cm), svježa (W1), svjetlo maslinaste sive boje. Čvrsta (H3), slabo raspucana (FD1) i snažno reagira s HCl-om. Na svijeći jezgre nisu vidljive pukotine. U intervalu 1,5-1,8 m vnumulitna breča je zdrobljena bušenjem.

ŠLJUNKOVITI PRAH (POTPUNO TROŠAN LAPOR): oko 70% praha vrlo tvrde konzistencije, oko 30% mekog, plosnatog i uglatog šljunka, maksimalne veličine zrna 2 cm. Blokovito, tamno do srednje žučkasto smeđe boje, suho, snažna reakcija s HCl-om.

TROŠAN LAPOR: sitnozrnast; raspucan; srednje žučkasto smeđa do tamno žučkasto narančaste boje, tanko slojevit (30-100 mm), intenzivno trošno (W7), srednje mekan (H5); intenzivno do umjereno raspucan (FD6). Pukotine su suhe, intenzivno trošne, vrlo malo razmaknute (SP5), umjereno otvorene (O2), bez ispune (T0) i umjereno hrapave(R3

LAPOR: sitnozrnast, zelenkastosive boje, debelo do srednje debelo slojevit (1-100 cm), svjež (W1), srednje čvrst (H4); umjereno do slabo raspucan (FD4). Pukotine su svježije, srednje do malo razmaknute (SP4-SP5), zatvorene (O0), bez ispune (T0) i glatke (R5). Snažna reakcija s HCl-om. 50% vidljivih diskontinuiteta predstavlja slojevitost koja je subhorizontalna.

Wp, WI, Wo (%)	0	100		
SPP (udaraca)	0	50	0	400
qu (kPa)	0	500	0	2.5
σ_c (MPa)	0	250		Ic
$I_{s(50)}$ (MPa)	0	10		



B-3

1,00

2,00

3,00

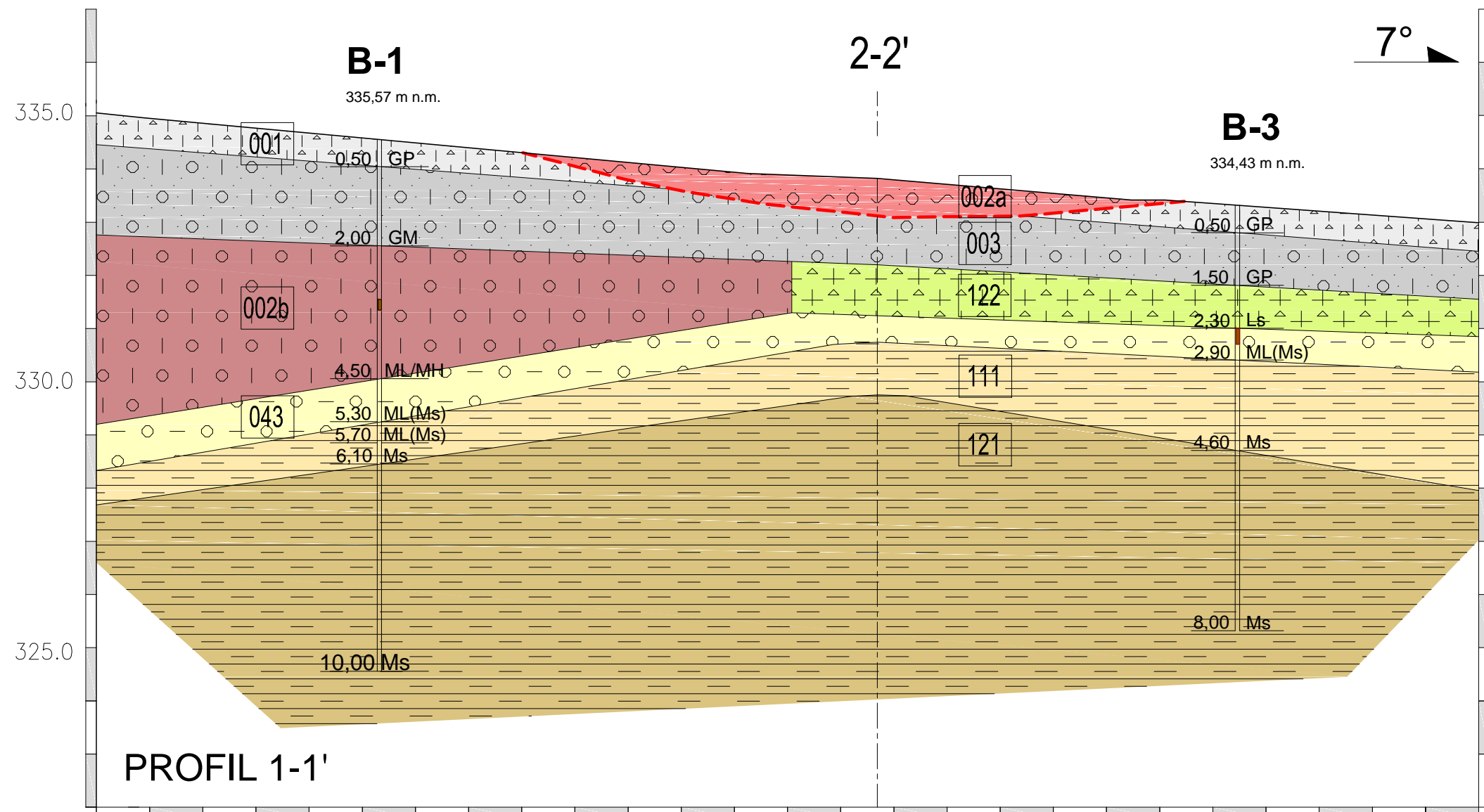
4,00

5,00

6,00

7,00

8,00



PROFIL 1-1'

INŽENJERSKOGEOLOŠKA JEDINICE

GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	FIZIČKO - MEHANIČKA SVOJSTVA
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _{ut}	NASIP: mješavina krupnozrnastog, sitnozrnastog tla i kršja	GP-GM, GP	/
	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _k	KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla s kršjem, i blokovima breče i lapora	/	/
	TRANSPORTIRANO TLO: DELUVIJ	Q _d	DELUVIJ: prahoviti i glinoviti šljunak, šljunak šljunkoviti prah,	GM, CG, GP	wl:54,51% wp:21,92% lp:32,58%
PODLOGA, POVRŠ. NASLAGE, MATIČNA STIJENA	POTPUNO TROŠNA STIJENA	E _{2,3}	TLO I STIJENA: prah niske plastičnosti, šljunkoviti prah, lapor	ML (Ms)	wl:29,52-38,77% wp:16,62-20,84% lp:9,84-17,92%
	SREDNJE DO SLABO TROŠNA STIJENA:	111	MEKA STIJENA: LAPOR intenzivno do vrlo intenzivno trošan, srednje do vrlo mekan	Ms	RQD=0-26,5%
		121	MEKA STIJENA: LAPOR svjež do slabo trošan, srednje čvrst do srednje mekan	Ms	RQD=76-85,3%
		122	TVRDA STIJENA: numulitna breča	Br	RQD=57,5-100%

LEGENDA

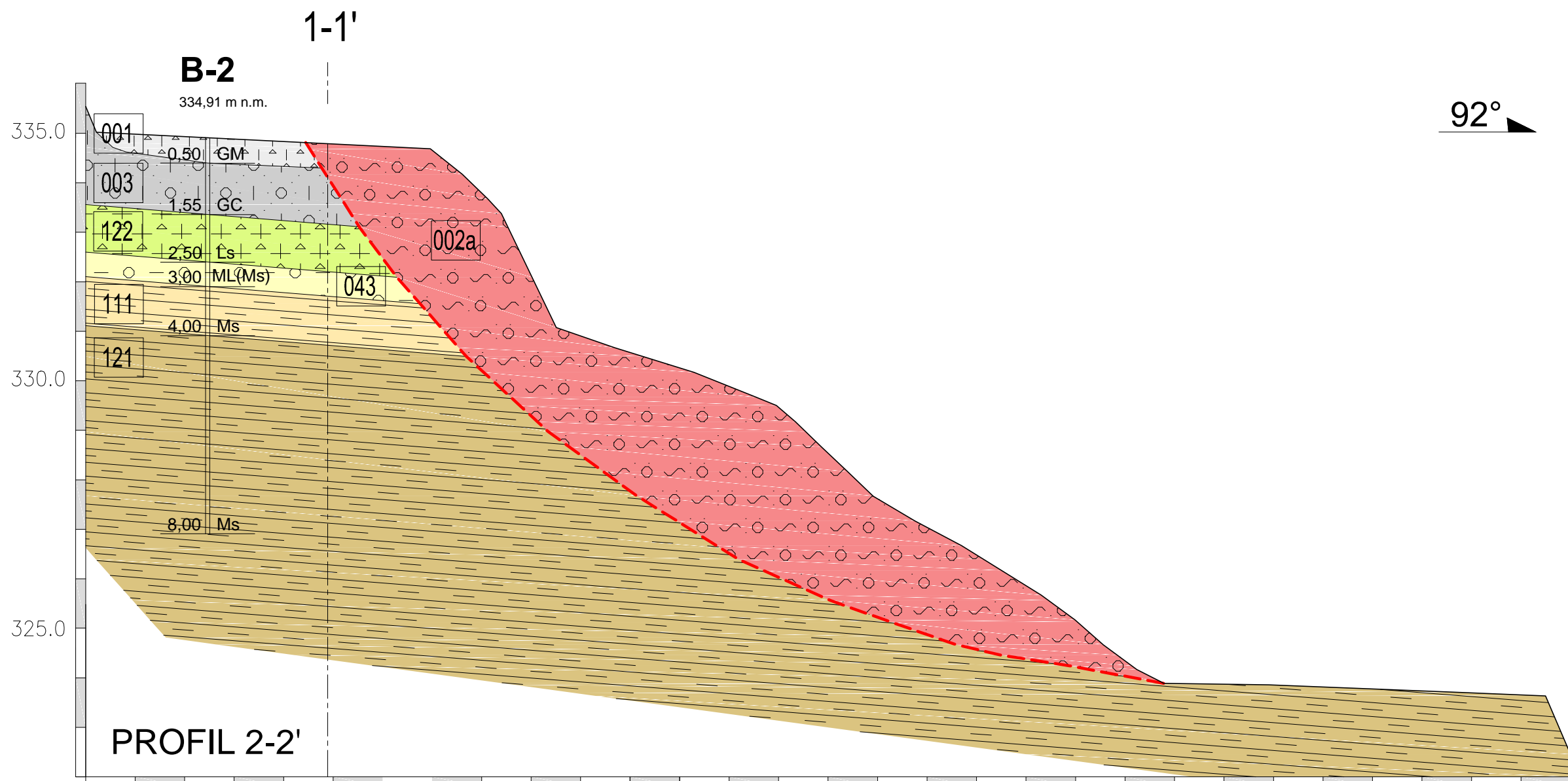
	GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE
	PRETPOSTAVLJENJA GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE
	PRETPOSTAVLJENA KLIZNA PLOHA
	OZNAKA BUŠOTINE
	POLOŽAJ INŽENJERSKOGEOLOŠKOG PROFILA



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

PROJEKT	SANACIJA KLIZIŠTA
LOKACIJA	PIĆAN, ISTARSKA ŽUPANIJA
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFILI 1-1'
MENTOR Prof.dr.sc. Snježana MIHALIĆ ARBANAS	IZRADILA Martina GORUPIĆ
DATUM veljača, 2020.	MJERILO 1:100
	PRILOG BR. 3/1



INŽENJERSKOGEOLOŠKA JEDINICE

GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	FIZIČKO - MEHANIČKA SVOJSTVA
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _{ut}	001 NASIP: mješavina krupnozrnastog, sitnozrnastog tla i kršja	GP-GM, GP	/
	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _k	002a KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: mješavina krupnozrnastog i sitnozrnastog tla s kršjem, i blokovima breče i lapora	/	/
	TRANSPORTIRANO TLO: DELUVIJ	Q _d	003 DELUVIJ: prahoviti i glinoviti šljunak, šljunak šljunkoviti prah,	GM, CG, GP	wl:54,51% wp:21,92% lp:32,58%
PODLOGA, POVRŠ. NASLAGE, MATIČNA STIJENA	POTPUNO TROŠNA STIJENA	E _{2,3}	043 TLO I STIJENA: prah niske plastičnosti, šljunkoviti prah, lapor	ML (Ms)	wl:29,52-38,77% wp:16,62-20,84% lp:9,84-17,92%
	SREDNJE DO SLABO TROŠNA STIJENA:		111 MEKA STIJENA: LAPOR intenzivno do vrlo intenzivno trošan, srednje do vrlo mekan	Ms	RQD=0-26,5%
			121 MEKA STIJENA: LAPOR svjež do slabo trošan, srednje čvrst do srednje mekan	Ms	RQD=76-85,3%
			122 TVRDA STIJENA: numulitna breča	Br	RQD=57,5-100%

LEGENDA

	GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE
	PRETPOSTAVLJENJA GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE
	PRETPOSTAVLJENA KLIZNA PLOHA
	OZNAKA BUŠOTINE
	POLOŽAJ INŽENJERSKOGEOLOŠKOG PROFILA



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

PROJEKT	SANACIJA KLIZIŠTA		
LOKACIJA	PIĆAN, ISTARSKA ŽUPANIJA		
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA		
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFILI 2-2'		
MENTOR Prof.dr.sc. Snježana MIHALIĆ ARBANAS	IZRADILA Martina GORUPIĆ		
DATUM veljača, 2020.	MJERILO 1:100	PRILOG BR. 3/2	