

Analiza klizišta Husino u Tuzli i mogućnost sanacije

Ibrahim Jašarević, Željko Lebo

Ključne riječi

klizište Husino,
sanacija,
granična stabilnost,
termoelektrana "Tuzla",
infrastrukturni objekt,
laboratorijska ispitivanja

Key words

Husino landslide,
improvement,
limit stability, thermal
power station "Tuzla",
infrastructure facility,
laboratory testing.

Mots clés

glissement de terrain de
Husino, stabilisation,
stabilité limite,
centrale thermique
"Tuzla", infrastructure,
essais en laboratoire

Schlüsselworte:

Hangrutsch Husino,
Sanierung,
Grenzstabilität,
Thermalkraftwerk "Tuzla",
Infrastrukturbaubauwerk,
Laboruntersuchungen

I. Jašarević, Ž. Lebo

Stručni rad

Analiza klizišta Husino u Tuzli i mogućnost sanacije

Opisuje senastanak, sadašnje stanje i mogućnost sanacije velikog klizišta Husino u Tuzli koje količnom i površinom pokrenutog materijala pripada skupini najvećih evropskih klizišta. Istaknuto je da granična stabilnost klizišta izravno ugrožava infrastrukturne objekte (cestu i željeznicu) te veliki energetski kompleks termoelektrane "Tuzla". Provedena su laboratorijska geotehnička ispitivanja i na temelju analize rezultata dan je prijedlog moguće sanacije uz dokaze stabilnosti.

I. Jašarević, Ž. Lebo

Professional paper

Analysis of Husino landslide in Tuzla and improvement possibilities

Authors describe the first occurrence, current condition and improvement options for the huge Husino landslide in Tuzla which, given the quantity and spread of displaced material, ranks among the biggest landslides in Europe. Considering its limit stability, the landslide poses a direct threat to infrastructure facilities (road and railway line) and to the nearby thermal power station "Tuzla". Appropriate geotechnical testing in laboratory was conducted and, following the analysis of results, a landslide improvement proposal with stability calculations was given.

I. Jašarević, Ž. Lebo

Ouvrage professionnel

Analyse du glissement de terrain de Husino à Tuzla et possibilité de sa stabilisation

On décrit la formation, l'état actuel et la possibilité de stabilisation du grand glissement de Husino à Tuzla qui, par le volume et la superficie des matériaux en mouvement, appartient au groupe des plus grands glissements de terrain en Europe. Étant donné que la stabilité limite du glissement représente un danger direct pour l'infrastructure (route et voie ferrée), ainsi que pour le complexe énergétique de la centrale thermique « Tuzla », il a été procédé à des essais géotechniques en laboratoire et, suite à l'analyse des résultats, une stabilisation a été proposée avec les preuves de la stabilité.

I. Jašarević, Ž. Lebo

Fachbericht

Analyse und Sanierungsmöglichkeit des Hangrutsches Husino in Tuzla

Beschrieben ist die Entstehung, heutiger Stand und Sanierungsmöglichkeit des grossen Hangrutsches Husino in Tuzla, der nach Menge und Fläche des bewegten Materials zur Gruppe der grössten Hangrutsche in Europa gehört. Es wird hervorgehoben dass Grenzstabilität des Hangrutsches unmittelbar die Infrastrukturbauwerke (Strasse, Eisenbahn) und den Komplex des Thermalkraftwerks "Tuzla" gefährdet. Bodentechnische Laboruntersuchungen wurden durchgeführt und auf Grund deren Ergebnisse eine Sanierungsmöglichkeit mit Stabilitätsbeweis vorgeschlagen.

Autori: Prof. dr. sc. **Ibrahim Jašarević**, dipl. ing. građ.; **Željko Lebo**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet, Zagreb, Kačićeva 26

1 Opis postojećeg stanja

Veliko klizište "Husino" u blizini grada Tuzle nastalo je početkom 1980. godine. Aktiviralo se prilikom neuspješnog početka radova na vitalnoj gradskoj prometnici s četiri prometna traka, koja predstavlja jedini prometno-tehnički i ekonomsko-racionalni ulaz u grad Tuzlu iz smjera Sarajeva. (slika 1.).

Intenzivni pokreti na klizištu nastavili su se do 1987. godine, kada je klizanje tla prijetilo sigurnosti i prekidu željezničkog prometa, tako da je došlo i do nužnog premještanja dijela trase željezničke pruge Tuzla - Doboj. Dio pruge je premješten južnije, na udaljenost oko 50 m od tadašnjega najnižega položaja nožice klizišta. Na taj način samo se "pobjeglo s trasom pruge" otkliznule mase na neko vrijeme, što pokazuje sadašnje stanje klizišta. Pregledom klizišta 1999. godine uočava se da je klizište i dalje aktivno, odnosno da nožica klizišta ponovno naliježe na nasip već novopremještenog dijela željezničke pruge Tuzla - Doboj.

Ukupna površina zahvaćena klizanjem iznosi oko 6 ha. Duljina klizišta je oko 750 metara. Procjenjuje se da je klizanjem zahvaćeno sada oko 1,000.000 m³ materijala. U nožici klizišta (u blizini novopremještena željezničke pruge) nagib površine terena klizišta iznosi oko $\alpha = 10^\circ$, u proširenom dijelu iznad stare i novorekonstruirane ceste preko klizišta iznosi $\alpha = 7^\circ$, a blizu čela klizišta oko $\alpha = 12^\circ$.

Dubina blatnog toka u gornjoj polovici je oko 5 m, a prema nožici klizišta oko 15 m.

Preliminarnom fotogeološkom interpretacijom raspoloživih aviosnimaka predmetnog područja M 1:25000 i pregledom terena, utvrđeno je da područjem čela klizišta

ta brazdi rasjed pravca pružanja sjever-sjeveroistok, jug-jugozapad. Spomenuti rasjed poprečno presijeca klizište, subkomito na glavni smjer klizanja, koji je od istoka-jugoistoka prema zapadu-sjeverozapadu.

Klizanjem je zahvaćena dugačka i uska udolina između dva uska i oštro izdignuta hrpta (slika 1.).

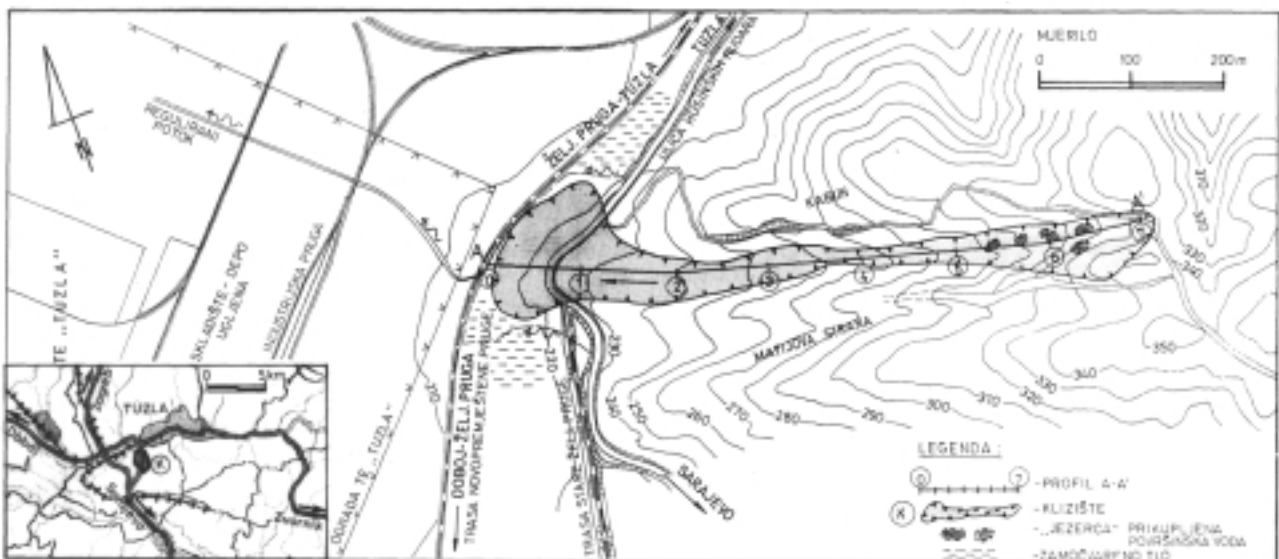
U gornje dvije trećine klizište se kreće kao potpuno blatni tok širine 15-30 m, koji se sve više prihranjuje pijescima i glinovito pjeskovitim materijalom sa subvertikalnih relativno visokih odsječaka na čelu klizišta (slika 2.).

Količine materijala, osobito za vrijeme dugotrajnih i intenzivnih oborina, prihranjuju blatni tok uz povremene odrone od nekoliko desetina kubičnih metara.

U području čela širina klizišta iznosi oko 50-60 m s vrlo strmim (subvertikalnim) čeonim plohama visine oko 20 m (slika 2.), lepezastog je oblika i postupno se sužuje prema središnjem dijelu. U središnjem dijelu klizište se sužuje na širinu od svega 15-20 m, te se ubrzo proširuje na širinu otprilike 30 m da bi se na izlazu iz udoline između dva hrpta (uzvišenja) naglo proširilo otprilike na 100 m, gdje se trenutno nalazi Ulica husinskih rudara.

Nizbriješno, prema željezničkoj pruzi i najvećoj termoelektrani u Republici Bosni i Hercegovini (TE "Tuzla"), klizište-blatni tok i dalje se proširuje u nožičnu soliflukcijsku lepezu širine do 200 m (slike 1. i 3.).

Nakon intenzivnih oborina sa strmih subvertikalnih odsječaka čela klizišta progresivno se (u široj zoni spomenutog rasjeda) odronjavaju goleme količine materijala (pjeska, pjeskovito-glinoviti materijal, ugljenita glina, tresetno-organsko tlo jako crne boje) koje neprekidno (osobito za vrijeme dugotrajnih i intenzivnih oborina)



Slika 1. Stanje na području za hvaćenom klizanjem sa skicom položaja grada Tuzle na zemljovidu



Slika 2. Područje generiranja klizišta te čelo klizišta s početkom blatnog toka (čeona lepeza prihranjivanja blatnog toka)

hrane blatni tok. U području cijelog klizišta velike količine površinskih voda teku nekontrolirano na sve strane, stvarajući jezerca pa i relativno velike zamočvarene površine (osobito pri čelu i nožici klizišta – slika 1.).



Slika 3. Pogled na sjevero-zapadni rub klizišta gdje se u pozadini vide objekti TE "Tuzla"

Na stopi klizišta bujični tokovi se slijevaju uzduž sjeveroistočnoga i jugozapadnoga ruba soli flukcijske lepeze te s privremeno osposobljene prometnice preko klizišta.

U trenutku obilaska blatnog toka, kada su bile intenzivne oborine (3. 1. 1998.), prikupljene su vode između stope klizišta i nasipa željezničke pruge jednim dijelom odvedene kroz jedini postojeći propust ispod željezničke pruge, a nadalje reguliranim potokom uz ogradu TE "Tuzla" do rijeke Jale. Spomenuti propust izveden je kao pločasti armiranobetonski, dimenzija 2 x 2 m.

Obilaskom klizišta u mjesecu studenom 1999. uočeno je da je nožica blatnog toka "legla" na nasip već jednom



Slika 4. Pogled na nožicu soliflukcijske lepeze i na objekte TE "Tuzla" sa željezničke pruge

premještene željezničke pruge (slika 4.), te tako presjekla odvodnju prikupljenih voda kroz jedini propust.

Količine voda koje se mogu procijeniti na osnovi hidrološke analize a za neobraslu strmu padinu daju dotjecaj za mjerodavnu kišu intenziteta $i = 4 \text{ mm/min}$, što za 10 minuta iznosi 40 mm kiše na m^2 . Za pripadajuću površinu klizišta od 50000 m^2 pri takvom pljusku pripada:

$Q = 50000 \times 0,04 = 2000 \text{ m}^3$ kiše za 10 minuta, što iznosi oko 3330 l/s.



Slika 5. Duboka inicijalna vlačna pukotina oko područja čeone lepeze

Uzevši da je koeficijent otjecanja na neobrasloj relativno strmnoj padini jednak $\alpha = 0,7$ to će s padine i asfaltirane ceste koja je rekonstruirana preko klizišta, dotjecati ukupno $0,7 \times 3330 = 2300$ l/s. Tu količinu vode potrebno je kontrolirano zahvatiti i usmjeriti u riječno korito rijeke Jale.

S obzirom na stvoreni blatni tok, njegovo prihranjivanje, te velike količine površinskih voda koje teku nekontrolirano i uzevši u obzir duboke inicijalne vlačne pukotine (slika 5.) kroz koje se infiltriraju relativno velike količine voda, nastavlja se sve brže kretanje blatnog toka uz sve veću masu.

Blatni se tok kreće u prije stvorenom obliku do mjesta najvećega suženja (slika 1.). To je područje između 300-tog i 500-tog metra gledajući od nožice prema vrhu klizišta. Također na tom dijelu vrlo je teško napraviti detaljniji pregled ili eventualno uzorkovanje s većih dubina jer je područje vrlo nepristupačno, gotovo neprohodno za ljude a pogotovo za mehanizaciju.

S obzirom na pojavu brojnih vlačnih pukotina, na mjestu početka naglog proširivanja klizišta, gledajući nizbriježno, vodom saturirani materijal-tlo se ocjeđuje i postaje sve čvršći tako da se po donjoj trećini klizišta (nožica klizišta) može nesmetano hodati, pa čak i ograničeno prometovati unatoč dugotrajnim oborinama koje su prethodile prilikom pregleda terena. Zbog prosušivanja nožice klizišta i prelaska pokrenute mase iz tekućeg (žitkog) konzistentnog stanja u lako do srednje gnečivo, nožična soliflukcijska lepeza donekle usporava kretanje blatnog toka prema željezničkoj pruzi odnosno termoelektrani.

U razdoblju od prvog obilaska (3. 1. 1998.) pa do posljednjeg (studeni, 1999.), zbog povećanja masa materijala osipanih s čela klizišta, došlo je gotovo do potpunog nalijeganja nožice blatnog toka na nasip željezničke pruge kao i do začepjenja odvodnog propusta ispod željezničke pruge. U trenutku obilnijih kiša, na tom mjestu dolazi do poplavlivanja šireg terena oko i ispod soliflukcijske lepeze (slika 1.). Ovakav model klizišta gdje dolazi do saturiranja nožičnog dijela klizišta, te na taj način i do promjene stanja naprezanja u materijalu, izuzetno je nestabilan i dovodi do naglog ubrzavanja daljnjih pomaka mase u donjoj polovici klizišta, koje se retrogresivno širi prema čelu klizišta. Kretanje blatnog toka u posljednje dvije godine iznosi oko 10-15 m/godišnje.

Dubina klizišta (blatnog toka) u gornjoj je polovici do 5 m, prema rezultatima preliminarnih probnih sondiranja ("Geotehna", 1998.), dok su prema nožici debljine kliznog tijela sve veće i dosežu oko 15 m, pa i više.

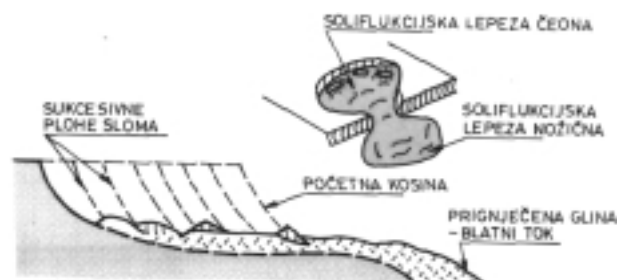
Prijašnja prometnica (nastavak ulice Husinskih rudara – slika 1.) koja prolazi preko blatnog toka, tijekom 1998.

godine je privremeno sanirana, ali bez nužnih zahvata na dreniranju i kontroliranoj odvodnji površinskih voda s okolnog terena i kolničke konstrukcije. (slika 6.), što još više pogoršava stanje stabilnosti klizišta u donjemu dijelu soliflukcijske lepeze.



Slika 6. Pogled na privremeno saniranu cestu preko klizišta na kojoj su vidljive pojave erozije uslijed nekontroliranih zahvata voda s kolničke konstrukcije

Mehanizam događanja, prikazanog na analiziranom klizištu-blatnom toku, najbolje bi se mogao bez dodatnih objašnjenja opisati slikom 7. na osnovi publiciranog rada [3]. Osim redosljeda događanja u uzdužnom profilu klizišta također odgovara i površinski oblik klizišta (na slici 7.- čeonu i nožična soliflukcijska lepeza) s tim da je suženje između čeonu i nožične soliflukcijske lepeze na klizištu "Husino" daleko veće dužine (slika 1.).



Slika 7 Retrogresivno klizište u mekim glinama [3]

Sličan mehanizam klizanja prikazan je i u radu [6].

Na osnovi analize primjera stvaranja blatnih tokova prikazanih na simpozijima u Innsbrucku (1999.), te u Beču (CALAR, Conference on Avalanches-Landslides-Rock Falls-Debris Flows, 2000.) autora ovog članka pripremio je model nastanka i odvijanja procesa klizanja na blatnom toku "Husino".

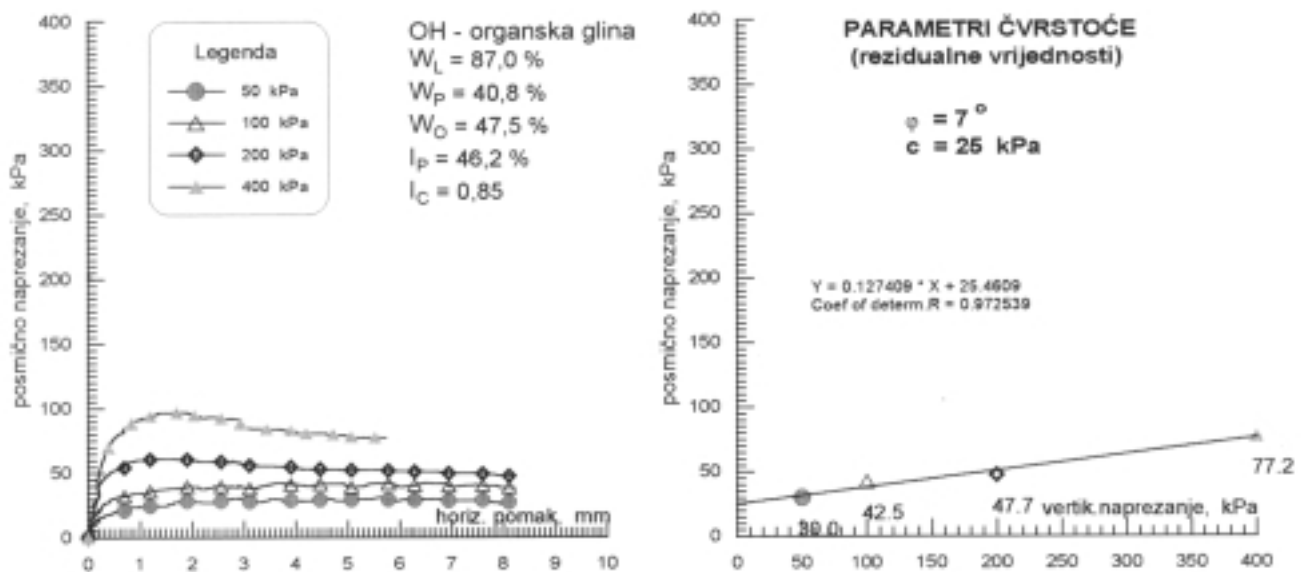
2 Analiza i prijedlog mjera neophodne sanacije blatnog toka "Husino"

Tijekom posljednje dvije godine u sklopu rada na izradi doktorske disertacije kandidata mr. I. Čačkovića s Rudarsko-geološko-građevinskoga fakulteta iz Tuzle, izvršen je u prvom trenutku minimalni obujam istražnih radova (istražna bušenja, uzorkovanja i laboratorijska geotehnička ispitivanja) na klizištu "Husino". Na uzorcima uzetim iz područja klizne plohe utvrđen je $I_p = 54\%$ što pokazuje da je duž plohe sloma riječ o izuzetno visokoj plastičnoj glini (CH). Krajem 1999. godine provedeno je uzorkovanje materijala iz sondažne jame do dubine od 5 m, te su izvedena laboratorijska geotehnička

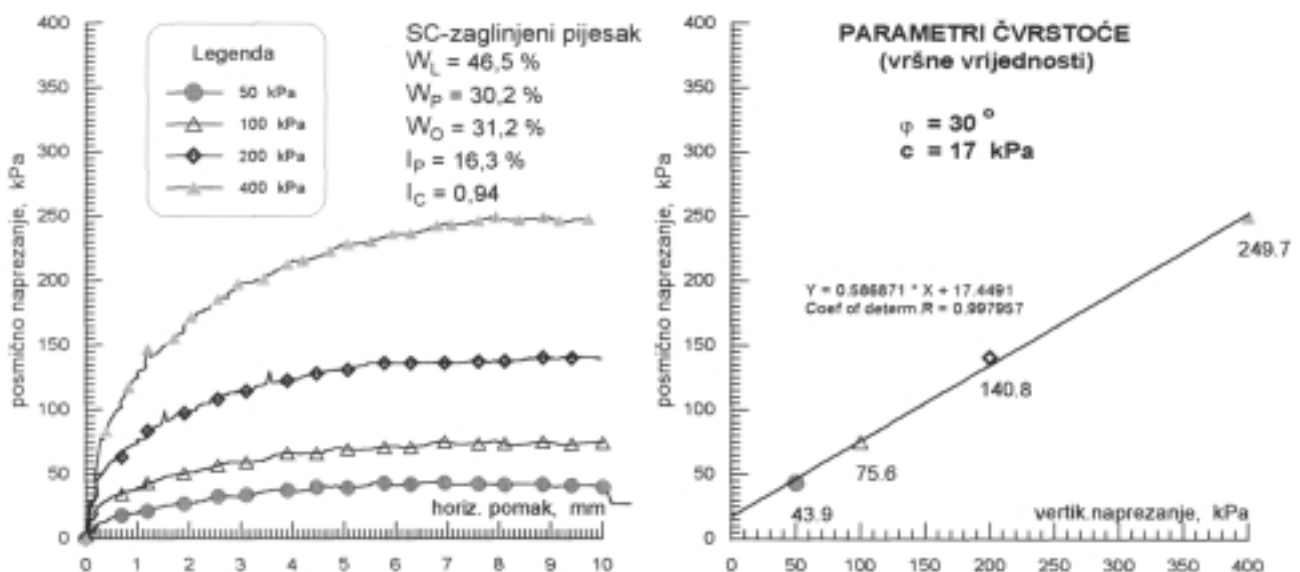
ispitivanja tih materijala. Rezultati laboratorijskih ispitivanja pokazuju da je riječ pretežno o dva materijala. To su zaglinjeni pijesak (SC) koji prevladava pretežno u površinskim dijelovima jako plitkim do 2 m, i organska glina visoke plastičnosti (OH) sivocrne boje s primjesama ugljene prašine (proteže se do većih dubina).

Na slici 8. prikazani su rezultati izravnog posmika za organsku glinu (OH), kao i identifikacijski pokazatelj za taj materijal ($I_p = 46\%$, $I_c = 0,85$).

Na slici 9. prikazani su rezultati izravnog posmika za kvarcni zaglinjeni pijesak (SC). Uočljivo je da dijagrami za taj materijal ne pokazuju rezidualne vrijednosti (para-



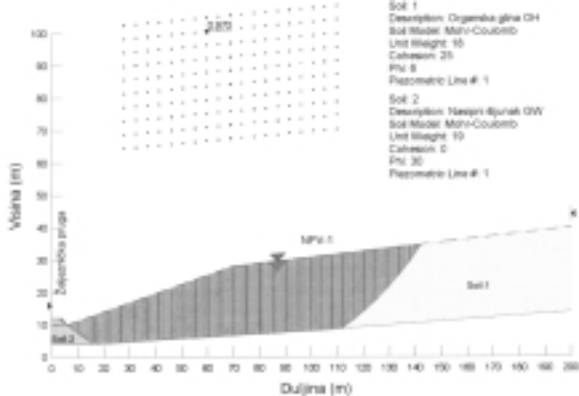
Slika 8. Rezultati izravnog posmika: vršne i rezidualne vrijednosti (parametri) za sivocrnu organsku glinu (OH)



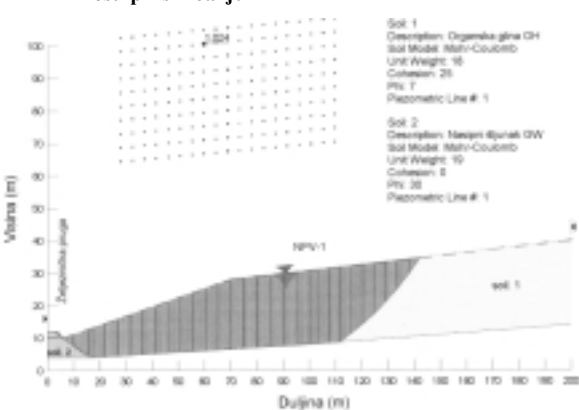
Slika 9. Rezultati izravnog posmika: vršne vrijednosti (parametri) za kvarcni zaglinjeni pijesak (SC)

metre). U sklopu ispitivanja utvrđeni su indeksni pokazatelji: $I_p = 16,3\%$ i $I_c = 0,94$.

Za dokaze stabilnosti blatnog toka provedene su prethodne analize stabilnosti primjenom programa SLOPE/W koji je razvijen u tvrtki GEO-SLOPE (Calgary, 1995.) Tako je za odabrani profil A-A' s razinom podzemne vode do površine terena (NPV-1) i proračunski pretpostavljenim kritičnim vrijednostima parametara otpornosti pri smicanju, dobiven faktor sigurnosti, $F_s = 0,970$ (slika 10.), a za rezidualne parametre otpornosti $F_s = 1,024$ (slika 11.). U oba slučaja provedena je analiza stabilnosti kosine za nepravilnu kliznu plohu sloma. Pri preliminarnim analizama stabilnosti, zbog nepostojanja detaljnijih podataka o položaju plohe koja razdvaja kliznule mase od čvrste podloge, usvojene su odgovarajuće pretpostavke o plohi sloma vidljive na slikama 10., 11., i 12. Za potrebu izrade glavnog projekta sanacije klizišta nužno je provesti inženjersko-geološka i odgovarajuća geotehnička ispitivanja (identifikacijsko-klasifikacijska ispitivanja,...), a osobito ispitivanja za određivanje parametara otpornosti pri smicanju za efektivno stanje naprezanja (ispitivanja u troosnom uređaju).

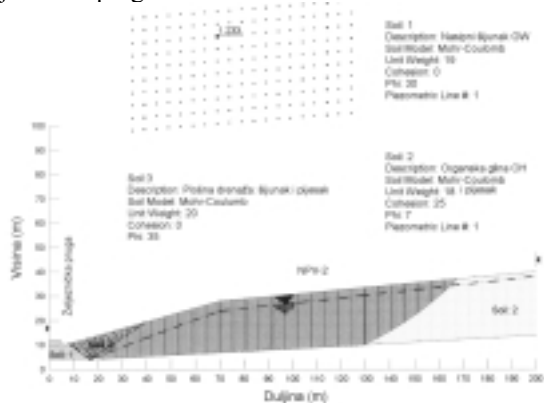


Slika 10. Analize stabilnosti blatnog toka za profil A-A' s razinom podzemne vode do površine terena (NPV-1) za pretpostavljene kritične vrijednosti parametara otpornosti pri smicanju



Slika 11. Analize stabilnosti blatnog toka za profil A-A' s razinom podzemne vode do površine terena (NPV-1) za rezidualne vrijednosti parametara otpornosti pri smicanju

Sanacijski zahvati bi se sastojali u zahvaćanju površinskih i procjernih voda u sklopu izrade gabionskih zidova na suženom dijelu blatnog toka i u blizini novo-rekonstruirane prometnice (slika 1.) te izradi drenažnog zasipa-plošnog drena u blizini nožice klizišta i nasipa željezničke pruge.



Slika 12. Analize stabilnosti blatnog toka za profil A-A' sa sniženom razinom podzemne vode (NPV-2) i plošnom drenažom u nožici klizišta

Također u sklopu sanacijskih zahvata predviđeno je kontrolirano zahvaćanje površinskih voda počev od čela klizišta pa po rubovima blatnog toka (koji su već prirodno nastali) sve do novih propusta koje treba izgraditi u nasipu postojeće željezničke pruge. Prikupljene vode treba kontrolirano odvesti do reguliranog korita rijeke Jale, sjeveroistočno od TE "Tuzla". Naravno da se za planiranje izvođenja bilo kakvih radova na sanaciji klizišta moraju birati sušna razdoblja u godini.

Provedene (prethodne) analize stabilnosti za sanirano stanje (obaranje razine podzemne vode za približno 2 do 4 metra, od NPV-1 na NPV-2 daju zadovoljavajuće rezultate ($F_s=1,233$) (slika 12.).

Primjer jednog od saniranih klizišta primjenom gabionskih konstrukcija sa zahvatom površinskih i procjernih voda prikazan je na slici 13.



Slika 13. Sanirano klizište primjenom gabionskih konstrukcija

3 Zaključak

- Sadašnje stanje na klizištu u odnosu na stanje od prije dvije godine krajnje je zabrinjavajuće, te se progresivno pogoršava proširenjem čeone lepeze prihranjivanjem blatnog toka kao i zatvaranjem (zatrpavanjem) jedinoga kontroliranog mjesta za odvodnju površinskih voda (postojeći propust kroz nasip željezničke pruge).
- Opasnost od urušavanja nasipa već jednom premještene željezničke pruge sada je očita s obzirom na brzinu kretanja nožice soliflukcijske lepeze koja je nalegla na nasip željezničke pruge.
- U vrlo blisko vrijeme može se očekivati s obzirom na utvrđenu brzinu kretanja blatnog toka u nožici (oko 10 do 15 m na godinu) da će se soliflukcijska lepeza proširiti i na područje odlagališta ugljena s čime se dovodi u pitanje daljnja proizvodnja energije u TE "Tuzla". Sustavi za prijenos i proizvodnju električne energije od TE "Tuzla" do ključnih trafo postrojenja izravni su ugroženi, jer se u području zahvaćenom klizanjem nalaze dalekovodni stupovi. Zbog daljnjeg klizanja moralo bi se zatvoriti i željezničku prugu Doboj-Tuzla te obustaviti promet Ulicom husinskih rudara, i sve to ima velike neželjene ekonomske posljedice.
- S obzirom na dokazanu mogućnost i učinke sanacije blatnog toka "Husino", što je samo djelomično prikazano u ovom radu, prijeko je potrebno što prije poduzeti mjere na saniranju ovog velikog klizišta koje ugrožava već jednom premještenu željezničku prugu i reducira promet

motornim vozilima (trenutno je na snazi zabrana, kao mjera zaštite, prometovanja kamionima i većim (težim) vozilima po postojećoj prometnici koja dijelom prolazi "preko klizišta").

- Daljnje odgađanje izvođenja prijeko potrebnih sanacijskih zahvata dovodi u pitanje prijenos i proizvodnju energije u TE "Tuzla", prometovanje željezničkom prugom kao i već reducirani automobilski promet. Daljnjim odgađanjem također progresivno rastu troškovi buduće sanacije klizišta, jer je sadašnji nasip željezničke pruge zadnja obrambena crta i uporište u racionalnim projektnim rješenjima sanacijskih zahvata.
- Nepouzdanost je procijeniti točno vrijeme (trenutak) kada će doći do klizanja koje će zahvatiti željezničku prugu, ali s obzirom na do sada utvrđenu brzinu kretanja blatnog toka, to je očito s nadolazećim proljetno-jesenskim intenzivnim oborinama.
- Iznimno je važno imati na umu da je to klizište blatni tok izravno vezano na infrastrukturne građevine (prometnica, željeznička pruga, TE i dr.) te da je i nekoliko stambenih kuća izravno ugroženo klizanjem, što znači da je izričito opasno za ljudske živote.
- Nažalost, u novije vrijeme sve smo više svjedoci sličnih takvih klizišta-blatnih tokova u susjednoj Italiji i drugim europskim i preookeanskim zemljama, a najnovije tragično klizanje koje se dogodilo u mjestu Mala Broda kraj Zenice, za posljedica klizanja nije imalo samo velike materijalne troškove već i ljudske žrtve.

IZVORI

- [1] Jašarević, I.; Redžepagić, M.: *Program i rezultati istraživanja kao osnova za izradu sanacije klizišta u ulici Muharema Merdžića u Tuzli*, Zbornik radova 2. Jugoslavenskog Simpozija o hidrologiji i inženjerskoj geologiji, Sarajevo, 1972., str. 101-115.
- [2] Jašarević, I.: *Istraživanje, projektiranje, izvedba i kontrola sanacije jednog kompleksnog klizanja*, Zbornik radova 2. Jugoslavenskog simpozija: Istraživanje i sanacija klizišta, Bled, 1981. str. 261.-276.
- [3] Leroueil, S.; Vaunat, J.; Picarelli, L.; Locat, J.; Lee, H; Faure, R.: *Geotechnical Characterization of slope Movements*, Proc.of.the Seventh. Int. Symp. on Landslides, Trondheim, 1996.
- [4] Jašarević, I.; Ortolan, Ž. (1998): Izvještaj o stanju klizišta u ulici Husinskih rudara, Građevinski fakultet, Zagreb
- [5] Jašarević, I.; Ortolan, Ž.: *Program s ponudom za geotehničke istražne radove i izradu idejnog i glavnog projekta sanacije klizišta u Ulici husinskih rudara u Tuzli*, Građevinski fakultet, Zagreb, 1998.
- [6] Griffiths, J. S.: *Resolution Difficulties in Establishing Landslide Spatial and Temporal Distributions for Hazard and Risk Assessment*, X-Calar Expert Meetings, Proceedings, Innsbruck, 1999.
- [7] Hudec, M.; Jašarević, I.: *Gabionske konstrukcije*, Građevni godišnjak '99, Zagreb, 1999. str. 220-296.
- [8] Jašarević, I.; Ortolan, Ž.: *Sanacija klizišta uz prometnice na području Bihaća*. Scientific Symposium Rock Mechanics and Tunneling, proceedings, vol.1, Zagreb, 1999., pp. 101-108.
- [9] Jašarević, I.; Lebo, Ž.: *Possibilities of improving large retrogressive landslides-mud flows*, CALAR Conference, Living with natural hazards, Vienna, 2000.