

*Stručni rad*  
**UDC: 624.131.537.059.2/3(497.6)**

## KLIZIŠTE NA PRUZI TUZLA – ZVORNIK

Anđa Đujić<sup>1</sup>, Neđo Đurić<sup>1</sup>, Petar Mitrović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Tehnički institut, Bijeljina, E.mail: [tehnicki@tehnicki-institut.com](mailto:tehnicki@tehnicki-institut.com)*

### REZIME

Na pruzi Tuzla – Zvornik, stacionaži km 41+150 do km 41+200 prisutno je klizište na lijevom usjeku oko 50 m prije ulaska u tunel. Godinama je vršena djelimična sanacija, ali bez prethodnih detaljnih istraživanja, tako da se nisu ni mogla naći odgovarajuća rješenja. Česte sanacije poput izgradnje plitkih potpornih zidova, nisu dale adekvatne rezultate, te se stvorio mit o ogromnom klizištu. Položaj klizišta je takav da je veoma nepristupačno za izvođenje određenih istražnih radova, a za sanacione radove neophodno je promijeniti režim željezničkog saobraćaja.

Prevedenim geotehničkim istraživanjima konstatovano je da se klizište formira na glinenim škriljcima koji predstavljaju supstrat terena. Veoma su podložni uticaju atmosferilija. Dosta su trošni, lako se drobe, odlamaju, raspadaju, jednostavno nepovoljni u inženjerskogeološkom smislu. U krovinskom dijelu nalaze se šljunkoviti-pjeskovito-glinoviti sedimenti, preko koji se nalazi humusni pokrivač. U prirodnim uslovima su uslovno stabilni, ali pri podsijecanju padine, posebno u prisustvu atmosferskih padavina, dolazi do narušavanja prirodne ravnoteže i aktiviranja procesa klizanja.

Dobivenim podacima istraživanja i ispitivanja, te detaljnim proučavanjem na terenu, predložene su sanacione mjere, na osnovu kojih je uspješno urađen i izveden projekat sanacije.

Ključne riječi: *klizište, geotehnička istraživanja, trošenje i degradacija stijena, tlo, voda*

## LANDSLIDE ON RAILROAD TUZLA – ZVORNIK

### ABSTRACT

On the railroad Tuzla – Zvornik, on stationage km 41+150 – km 41+200, there is a landslide on the left cut, 50 m before the entrance to the tunnel. There have been partial repairs over the years, but without any former detailed researches, so no proper solutions were found. Frequent repairs, like building shallow supporting walls, haven't given proper results, hence the giant landslide myth was created. The position of the landslide is such that it is inadequate for certain types of research works and, for repair works it is necessary to change the regime of railroad traffic.

By translated geotechnical researches it has been stated, the landslide is forming on clay slates which represent terrain substrate. These are very affected by atmospheric influences. They are very erosive, easily broken and crushed. Simply put, they are unwanted, in an engineer-geological sense. In the roofing area, there are gravel-sand-clay sediments, over which there is topsoil. In natural state conditions they are stable, but when cutting the dip, especially in the presence of atmospheric precipitations, the natural balance is then tipped and the sliding process is activated.

From this kind of information, from researches and detailed studies on the field, repair measurements have been proposed and based on them, the repair project has been successfully completed.

Key words: *landslide, geotechnical research, degrading of rocks, ground, water*

## UVOD

Klizište na pruzi Tuzla Zvornik dosta je nepristupačno tako da se planirana metodologija istraživanja svela na realne mogućnosti. U prethodnom periodu sanacije klizišta, uglavnom su vršene bez prethodnih istraživanja i sagledavanja osnovnih karakteristika terena. Tako česte, a bezuspješne sanacije, konačno su otvorile mogućnost djelimičnih istraživanja, ali ipak dovoljnih da se dobiju osnovni podaci o terenu i procesima koji su prisutni i učesvuju u aktiviranju klizišta.

Posljednje aktiviranje klizište je nešto značajnije, tako da je ugrozilo ne samo sigurnost, nego i mogućnost odvijanja željezničkog saobraćaja. Pokrenuti materijal, prekrrio je tračnice, što je zahtijevalo njegovo uklanjanje. Pri tome saobraćaj se odvijao ograničenom brzinom, imajući u vidu potencijalnu opasnost od daljeg klizanja i potpunog prekidanja saobraćaja.

Izvedena istraživanja omogućila su da se dobiju osnovni podaci o karakteristikama klizišta, a rezultati laboratorijskih ispitivanja i ulazne parametre za analizu stabilnosti padine na kojoj je formirano klizište. Nakon provedenih istraživanja urađen je Projekat sanacije, koji je uspješno izveden, a padina sanirana. Odvijanje željezničkog saobraćaja danas se vrši bez zastoja.

## KARAKTERISTIKE TERENA

Teren na kome se nalazi klizište morfološki je jako razvijen i pripada planinskom dijelu terena područja Čelovnik. Padine su strme sa nagibom  $15 - 30^{\circ}$ , što je odraz geološke građe u podlozi. Na jednoj takvoj padini u dijelu kosine usjeka pruge, na lijevoj strani iz pravca Tuzle, oko 50,0 m prije ulaska u tunel nalazi se razmatrano klizište, sl. 1.



Slika. 1. Pozicija klizišta  
Figure. 1. Position landslides

Prema raspoloživim topografskim podlogama, prirodni teren prije izgradnje pruge u morfološkom smislu, predstavljao je pregib koji se prostirao istok – zapad. Razlike u visinama pregiba su od od 165,0 mm u dolini potoka Hoče, pa do vrha od 200,0 mm. Izgradnjom pruge, pregib je presječen upravno na pružanje na visini 178,0 mm, te je do visine 198,0 mm formiran strmi usjek sa nagibom kosine 1:1. Klizište je širine oko 30,0 m sa visinskom razlikom od nožičnog dijela do vrha čeonog ožiljka oko 18,0 m.

Hidrografska mreža neposredne okoline klizišta karakteriše povremene tokove bujičnog karaktera, koji se dreniraju u stalni tok Hoča. Na kontaktnom dijelu lokacije klizišta sa sjeverne strane, egzistira povremeni tok samo za vrijeme jakih atmosferskih padavina.

Inženjerskogeološke karakteristike terena su odraz osnovne građe koju čine stijene miocenske i trijaskne starosti. Šire područje klizišta je kontaktno područje između pješčara, glinaca i laporaca miocenske starosti i uglavnom glinenih škriljaca donje trijaskne starosti. Na površini terena sedimentirane su tvorevine trošenja stijena šire okoline i supstrata terena.

Glineni škriljci trijaskne starosti predstavljaju podlogu na kojoj je aktivirano klizište. Dalje ka površini terena, glineni škriljci se prostiru na južnoj strani klizišta, čitavom dužinom usjeka, sl. 2. Veoma su podložni atmosferilijama, dosta su trošni i degradirani, lako se drobe, odlamaju i raspadaju, naročito u pripovršinskom dijelu. Na prirodnom dijelu terena prekriveni su tankim slojem humusa do 0,2 m. U hidrogeološkom smislu predstavljaju vodonepropusne stijene. Mogućnost kretanja atmosferskih voda u dublje dijelove terena postoji jedino po pukotinskim pravicima, te je dubina do podzemne vode zavisna o ispućalosti stijene.

U prirodnim uslovima, teren je uslovno stabilan. Narušavanjem njegove prirodne ravnoteže usljed zasijecanja postao je nestabilan, prvenstveno što je nagib padine istovjetan nagibu slojeva. Pored toga uticajem atmosferilija vrši se hemijska i fizička izmjena stijena, naročito duž pukotinskih sistema. Degradirani dio stijene je kora trošenja koja je izuzetno podložna daljnjem raspadanju i otkidanjem većih i manjih blokova. Prilikom odlamanja i kotrljanja blokovi se najčešće raspadnu na odlomke različite veličine, do 0,2 m.

U gornjem horizontu preovladavaju šljunci veoma heterogeni po veličini valutica, najčešće do 0,3 m. Do dubine 5,0 m pojavljuje se šljunak, pijesak i glina u haotičnoj izmjeni u kojima su mjestimično prisutni odlomci laporovite stijene. Valutice šljunka su veličine i preko 0,2 m, srednje zaobljene. Zrna pijeska su veoma oštra, a na dubini 4,5 m su slabo vezana, crvenkaste boje, sl. 3. Spadaju u grupu slabo do dobrovodopropusnih stijena zavisno od prisustva glinovite komponente.



Slika 2. Degradirani dio glinenih škriljaca  
Figure 2. Degraded part of clay, shale



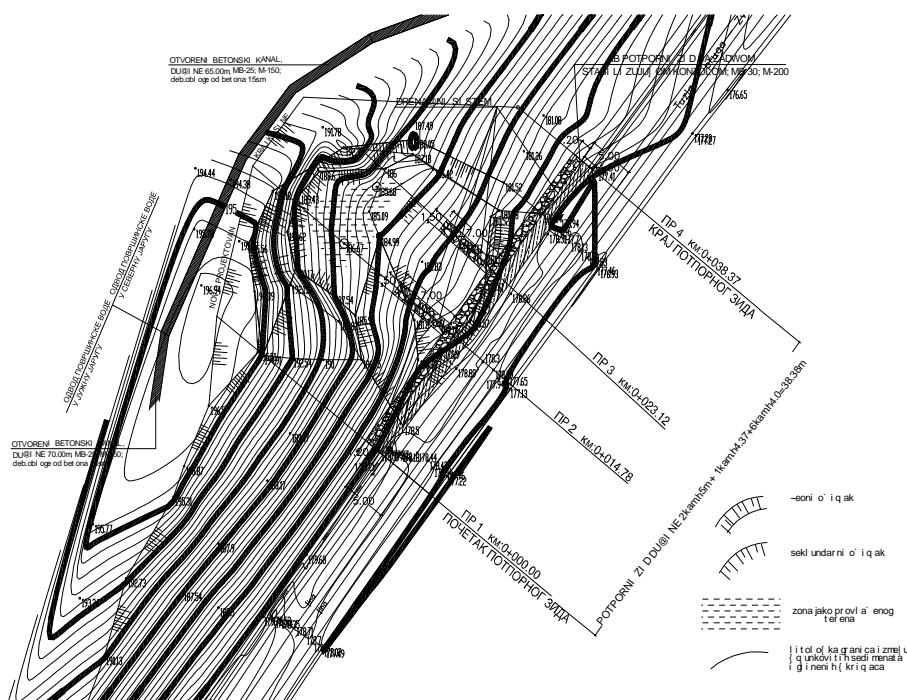
Slika 3. Kompleks grubo klastičnih sedimenata  
Figure 3. Complex klastičnih coarse sediments

Zid otkidanja, prikazan na sl. 3, veoma je stabilan, bez obzira na nagib koji je skoro vertikalan. Nakon klizanja terena postignuta je prirodna ravnoteža, što upućuje na zaključak da je u prirodnim uslovima teren stabilan, ali da tu stabilnost održava i u uslovima zasijecanja. Narušavanje stabilnosti vezano je za nestabilnost škriljaca sa kojima je gornja serija u kontaktu.

## SAVREMENI PROCESI I POJAVE NA TERENU

Proučavanjem terena u zoni klizanja i neposrednoj okolini sagledani su uzroci klizanja, kao i posljedice natele nakon klizanja terena. Na sl. 4, prikazana je konturna granica klizišta sa čeonim i sekundarnim ožiljcima. U okviru glinenih škriljaca izdvojeni su savremeni procesi klizanja terena, kao i trošenja i degradacija stijena. Detaljnim inženjersko geološkim kartiranjem klizišta konstatovano je sljedeće:

- Proces klizanja terena nastao je nakon izgradnje usjeka,
- Klizište je formirano na kontaktu glinovitih škriljaca i šljunkovito-pjeskovito-glinovitih sedimentata,
- Čeon ožiljak klizanja formiran je najvećim dijelom u šljunkovito pjeskovitim sedimentima, visine oko 5,0 m,
- Kosina je najvećim dijelom subvertikalna i uglavnom stabilna,
- Čeon ožiljak formiran u glinovitim škriljcima pod nagibom 1:3 i manjim, karakteriše nestabilnu kosinu, a proces klizanja je još aktivan,
- Raniji inženjerski zahvati u cilju sanacije klizišta nisu dali efekte i danas su svi razrušeni.



Slika 4. Konturna granica klizišta, sa prijedlogom sanacije  
Figure 4. Konturna borders landslides, with proposed remediation

Procesi trošenja i degradacije stijena jakog intenziteta prisutni su na zasječenoj padini koja je u kontaktu sa klizištem, kao i na otvorenim profilima okolnih padina. Uticaj atmosferilija na stijene glinovitih škriljaca koje se karakterišu anizotropijom u pogledu fizičko-mehaničkih svojstava, veoma je značajan, obzirom da su stijene podložne raspadanju i degradaciji posebno u pravcu škriljavosti i pukotina. Degradirane stijene lako se hemijski troše i kao takve imaju znatno niže vrijednosti čvrstoće, što je uticalo na njihovu stabilnost.

## ISTRAŽNI RADOVI NA TERENU

Na terenu nije izveden dovoljan obim istražnih radova obzirom na prostorne mogućnosti na terenu, koje su vezane za loš pristup do lokacije, kao i nemogućnost uređenja lokacije za vršenje istražnih radova. Ipak priručnim garniturama omogućeno je bušenje neophodno za sagledavanja karakteristika terena do potrebne dubine. U sklopu terenskih geotehničkih radova pored bušenja, urađeno je i detaljno inženjerskeološko kartiranje terena.

Kartiranjem terena zahvaćena je šira lokacija klizišta, ali je poseban akcenat dat na samo klizište, gdje su zabilježeni svi čeon i sekundarni ožiljci, te oštećenja potporne konstrukcije koja je nekoliko puta ranije rađena i nije dala očekivane rezultate. Takođe, definisan je litološki sastav terena, mjesta pšojačane vlažnosti i pravci procjeđivanja voda, kao i ostale pojave koje su mogle imati uticaja na ranije izgrađene sanacione objekte ili mogu imati u budućnosti.

U sklopu istražnih radova urađene su četiri (4) istražne bušotine dubine od 4,0 – 7,0 m, što je određivano direktno na terenu tokom bušenja. Podzemna voda registrovana je na dubini od 3,0 – 4,0 m, a nivo se održavao tokom 30 dana koliko su vršena povremena mjerenja. Dalja osmatranja nisu vršena jer se pristupilo realizaciji projekta sanacije klizišta.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Laboratorijska ispitivanja urađena su na poremećenim i neporemećenim uzorcima, uzetim iz svake litološke promjene. Obuhvatila su identifikacione klasifikacione opite, kao i opite otpornosti i deformabilnosti tla.

Rezultati terenskih istraživanja i laboratorijski ispitivanja omogućili su da se postavi geotehnički model lokacije klizišta, gdje su izdvojene tri litološke sredine:

- Kolvijalni materijal na površini terena predstavljen glinama CI i CH grupe, koje se često izmjenjuju, obzirom na stalno pomjeranje i “preturanje” materijala”. Usvojene vrijednosti za geostatičke proračune su  $\gamma = 20,68 \text{ kN/m}^2$ ,  $\varphi = 14^\circ$  i  $c = 13 \text{ kN/m}^2$ .
- Prašinasto-pjeskovite tvrde do meke gline, nisko plastične, koje predstavljaju podinu kolvijalnom materijalu, a leži na kori trošenje glinenih škriljaca. Vrijednosti osnovnih parametara su  $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^2$ ,  $\varphi = 18^\circ$  i  $c = 10 \text{ kN/m}^2$ .
- Kora raspadanja glinenih škriljaca, odnosno glineni škriljci koji su supstrat terena na klizištu.

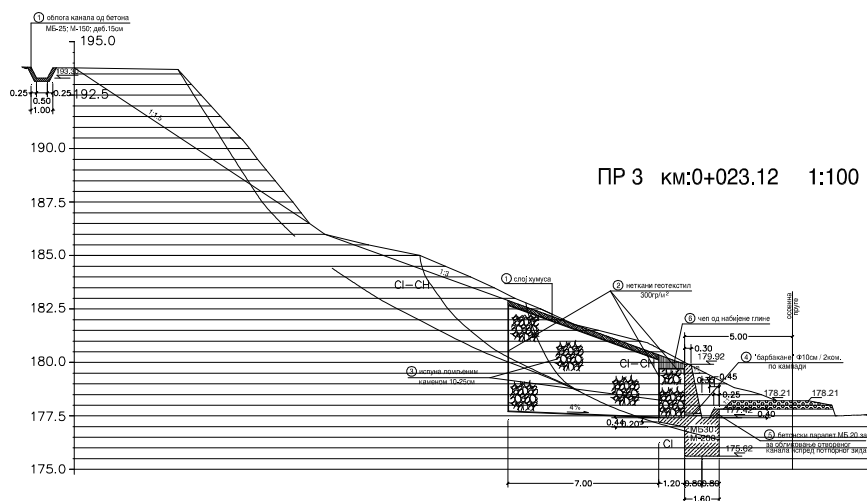
Pretpostavljena granica u gornjem dijelu klizišta je na prosječnoj dubini oko 3,0 m, a u donjem dijelu oko 4,0 m. Klizni sloj nalazi se u sloju pokrivača od prašinasto peskovitih mekih glina niske plastičnosti. Uzrok nastanka klizišta je strm nagib leve kosine useka, predisponiran litološki sastav pokrivača terena ka nestabilnosti, poroznost površinskog sloja, odnosno njegovo svojstvo za prijem površinskih voda, destruktivno dejstvo podzemnih voda u terenu... Površinski sloj sačinjen od glinovitog tla koji je primio površinsku vodu izgubio je prividnu koheziju i došlo je do nestabilnosti i pokretanja terena.

## PRIJEDLOG SANACIONIH MJERA

Obzirom da je u prethodnom periodu bilo nekoliko pokušaja sanacije terena, koje su bile neuspješne, ovoga puta nije ostalo prostora za grešku. Temeljnije se pristupilo istraživanju, što je omogućilo da se predloži adekvatno rješenje koje će imati trajni karakter. Za realizaciju projekta odabrane su stručne ekipe koje mogu precizno izvesti radove u složenim terenskim uslovima.

Polazeći od stvarnog stanja na terenu gdje kosina tokom klizanja znatno deformisana, neophodno je prethodno uraditi ravnanje i nivelisanje površine kosine. Time će se spriječiti pojava neželjenih efekata, odnosno pokretanja mase tla poslije sanacije.

Za sanaciju klizišta predložen je potporni AB zid sa zadnjom stabilizirajućom konzolom dimenzija datim u projektu na sl. 5. AB zid je marke 30 i otporan na dejstvo mraza M - 200. Njegova funkcija je da spreči dalje deformisanje kosine usjeka, prima pritiske tla i prenese ih u dubinu u nekretane dijelove terena. Zid će se cijelom svojom dužinom fundirati u nekretanom sloju tvdih, nisko stišljivih pašinasto-peskovitih gina. Sastavljen je od 9 kampada dužine 4,00 – 5,00 m. Spojevi između kampada bi će slobodni, kao i dilatacije kampada, što će biti omogućeno postavljanjem terpapira na bočnim kontaktima između kampada.



Slika 5. Potporni AB zid  
Figure 5. Supporting AB wall

Na stabilizirajućoj konzoli potpornog zida postavljen je sloj lomljenog kamena, čija je uloga da drenira teren iza potpornog zida. U cilju sprečavanja ulaska mulja u kameni sloj, isti je zaštićen netkanim geotekstilom tipa 300, koji ujedno ima i funkciju filtracije. Dreniranje terena vrši se i sa dva upravna rebra, koja imaju i stabilizirajuće dejstvo na kosini, sl. 4. Drenažna rebra, se štite od penetracije okolnog sitnozrnog tla, primenom netkanog geotekstila tipa 300.

Sakupljena podzemna voda pomoću upravnih rebara i paralelne drenaže iza potpornog zida, preko barbakana, odnosno otvora u zidu izbacuje se na površinu terena u otvoreni kanal ispred potpornog zida. Barbakane su prečnika 10 cm, a postavljene su dvije po kampadi. Da bi kanal ispravno funkcionisao urađen ja betonski parapet MB 20, M – 100, koji je postavljen, ispred potpornog zida, sa strane željezničke pruge. Tako prikupljena voda iz barbakana, kontrolisano se odvodii van tijela klizišta ne ugrožavajući planum pruge.

Geostatički proračun stabilnosti zida urađen je na:

- uticaj translatornog pokretanja.  $F_{STRAN} = 1,450 > F_{SDOZ} = 1,400$ ,
- uticaj rotacionog pokretanja:  $F_{STRAN} = 1,970 > F_{SDOZ} = 1,500$ ;

Kontrola napona na kontaktu stope temelja potpornog zida i tla pokazala je rezultat:

$$\sigma_1 = 154,65kPa < \sigma_{DOZ} = 200kPa .$$

Stabilnost terena i potpornog zida za pretpostavljeni klizni sloj ispod potpornog zida je povoljna.

Faktor sigurnosti je:

$$F_{SKOSINE} = 1,640 > F_{SDOZ} = 1,500$$

Dobiveni rezultati pokazuju da je potporni zid stabilan i može da podnese opterećenje pritiska tla i drugih uticaja. Kosina iznad potpornog zida će se zaštititi od erozije vegetativnim slojem debljine 20 cm. Iznad ispune lomljenim kamenom paralelne sa potpornim zidom uraditi će se čep od nabijene gline, koji treba spriječiti prodor površinskih voda u kamenu ispunu iza zida.

## ZAKLJUČAK

Klizište na pruzi Tuzla Zvornik prisutno je od izgradnje pruge i nije do danas uspješno riješeno. Povremene sanacije uglavnom su vršene bez prethodnih istraživanja i sagledavanja osnovnih karakteristika terena. Posljednje aktiviranje klizišta je nešto značajnije, tako da je ugrozilo ne samo sigurnost, već i mogućnost odvijanja željezničkog saobraćaja.

Teren na kome se nalazi klizište morfološki je jako razvijen. Padine su strme sa nagibom  $15 - 30^{\circ}$ , što je odraz geološke građe u podlozi. Šire područje klizišta je kontaktno područje između pješčara, glinaca i laporaca miocenske starosti i uglavnom glinenih škriljaca donje trijaskne starosti. Na površini terena sedimentirane su tvorevine trošenja stijena šire okoline i supstrata terena. Klizište je aktivirano u dijelu kosine usjeka pruge, na lijevoj strani iz pravca Tuzle, oko 50,0 m prije ulaska u tunel.

Nepristupačnost terena ograničila je obim istražnih radova, ali je složenost problematike takva, da se pristupilo maksimalno mogućim istraživanjima, posebno snimanju svih podataka na terenu. Laboratorijskim istraživanjima dobiveni su određeni parametri, čije su odabrane vrijednosti uzete za proračune analize stabilnosati terena i projektnog rješenja.

Sanacija klizišta urađena je prema predloženom projektu sa potpornim AB zidom sa zadnjom stabilizirajućom konzolom. Cijelom svojom dužinom fundiran je u nekretanom sloju tvrdih, nisko stišljivih pašinasto-peskovitih gina. Iza zida postavljena su dva upravna rebra, koja pored stabilizirajućeg dejstva na kosini vrše dreniranje vode. Sva voda koja se prikuplja iz upravnih rebara i paralelne drenaže iza potpornog zida odvodi se van tijela klizišta ne ugrožavajući planum pruge.

## LITERATURA

1. Maksimović M.: "Mehanika tla" treće izdanje. Građevinska knjiga, Beograd, 2005.
2. Mitrović P.: Primjena plastičnih materijala pri građenju puteva. "Institut za puteve, Beograd, 2004.
3. Najdanović N.: Mehanika tla u inženjerskoj praksi. Rudarski institut Brograd, Zemun, 1979.
4. Elabarat i izvođački projekat vezani za navedeno klizište. Fond stručnih dokumenata Tehničkog instituta, Bijeljina, 2005/2008.