

Samardaković, M. (2007): Prikaz rešenja saniranog klizišta "Kačarev deo" u Niškoj Banji, *Zbornik radova II naučno-stručnog savetovanja „Geotehnički aspekti građevinarstva“*, SGITJ i dr., Sokobanja, str. 207-214.

PRIKAZ REŠENJA SANIRANOG KLIZIŠTA „KAČAREV DEO“ U NIŠKOJ BANJI

Miroljub Samardaković

*Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, A. Medvedeva 14, Niš,
msam@EUnet.yu*

REZIME: U eluvijalnom nanosu sa labilnom padinom u centralnom delu Niške Banje 2003. godine formiralo se klizište širine 32 m i dužine 80 m, čiji se vertikalni čeon ožiljak do 2005. godine pomerao i uvećao do visine 5 m, ugrozivši stabilnost glavne ulice i okolnih zgrada. Regulisanjem površinskog i podzemnog odvodnjavanja, drenažnim rovovima dubina do 7 m i lučnim potporno-drenažnim kamenim nabačajem koga osigurava 10 bušenih šipova (dužina 12 m i prečnika 120 cm), teren je stabilizovan, uređen bez vidnih delova potporne konstrukcije i vraćen prvobitnoj nameni.

KLJUČNE REČI: Sanacija klizišta, stabilnost kosina, duboke drenaže, bušeni šipovi.

DESIGN SOLUTION FOR STABILIZED LANDSLIDE „KAČAREV DEO“ IN NIŠKA BANJA

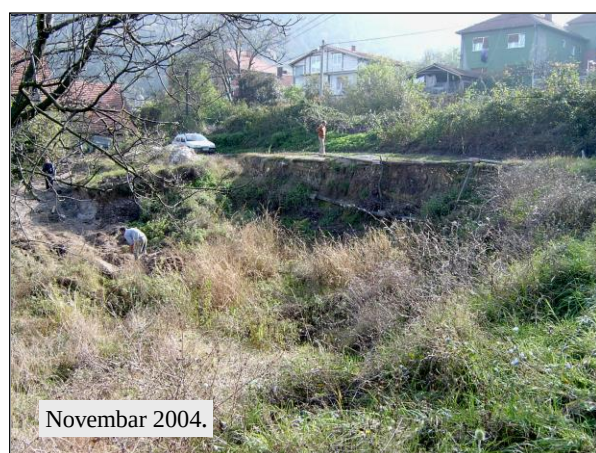
ABSTRACT: In the eluvial deposit with labile slope in the central part of Niska Banja, in 2003 has been developed a landslide (32 m wide and 80 m long) with a vertical main scarp which grew to the height of 5 m in 2005, endangering the stability of main street and the surrounding buildings. By draining the surface and ground water, with pipe drains up to 7 m deep, and with an arch support-drainage boulder mound, secured by 10 bored piles (12 m long and 120 cm in diameter), the terrain has been stabilized and arranged in a way that the support structure is not visible, and returned to commission.

KEYWORDS: Landslides stabilization, slope stability, deep drainage, bored piles.

UVOD

Na strmoj zapadnoj padini centralnog dela Niške Banje, na neizgrađenom i (prema ranijim istraživanjima) labilnom potezu "Kačarev deo" ispod ulice Trg Republike, predmetno klizište vidno se aktiviralo u vreme otapanja snega početkom marta 2004. Mali čeon ožiljak uz ivicu *lokalnog puta* se posle velikih kiša krajem aprila 2004. značajno proširio i produbio na više od 3 m a marta 2005. sukcesivnim odronjavanjem lokalnog puta i snižavanjem čeon depresije zašao u smeru Z-JZ (**Sl.1**), ugrozivši stabilnost terena glavne ulice, okolnih kuća i zdravstvenih objekata.

Za očuvanje njihove lokalne stabilnosti na široj padini labilne ravnoteže izvršeno je u toku 2006/2007 godine saniranje terena klizišta, prema projektu sanacije [3] urađenom na osnovu detaljnog geotehničkog elaborata [4], od strane licencama IKS (316, 491, 492) ovlašćenih projekatnata i izvođača radova na izradi geotehničkih podloga.



Sl.1. Razvoj čeonog dela klizišta “Kačarev deo” od aprila 2004. do aprila 2005. godine
 Fig.1. Development of the landslide “Kačarev deo” from april 2004 to april 2005

GEOTEHNIČKI USLOVI NASTANKA I SANIRANJA KLIZIŠTA

Ovi uslovi utvrđeni su izvođenjem prethodnih istraživanja, *terenskih* geološko-geotehničkih istraživanja sa 10 istražnih bušotina dubina 8-20 m i pratećim radovima, standardnih *laboratorijskih* geomehničkih ispitivanja i obimnih geomehničkih *proračuna* stabilnosti kliznog tela sa NPV u nivou terena i dreniranjem 2 m sniženog, za sadašnju konfiguraciju i sa mogućim sanacionim objektima, sa povratnom analizom određenim parametrima čvrstoće (c', φ') pri graničnoj ravnoteži ($F_s = 1$) u seizmičkim uslovima i bez njih i procenom međulameltnih sila rešenjem Janbu-a. Rezultati su prikazani u geotehničkom elaboratu [4], kroz Geološki izveštaj i Geotehnički izveštaj sa priložima i proračunima urađenim autorovim geomehničkim programskim sistemima *GeoData1&2* [2].

U stanju krajem februara 2005. klizište je imalo dužinu 80 m, najveću širinu 32 m, površinu oko 1800 m² i 19,50 m visinske razlike čela i dna klizišta, sa padnim uglom 13,3 ° ili 1:4,2 (SL.2).

Utvrđena građa kliznog tela i okolnog terena je izrazito heterogena. Teren grade jezerski sedimenti mlađeg miocena (tercijar) čiji je pripovršinski deo debljine do 5-6 m izmenjen zbog različitih fizičko-hemijskih dejstava i inženjersko-geoloških procesa, u vidu slojeva *eluvijalne gline* (heterogeni u pogledu boje, prisustva krupnozrnijih frakcija ili karbonata), na podini od prašinasto-peskovite sivozelene *laporovite gline* u smeni sa peskom, zaglinjenim peskom, glincima i konsolidovanim glinama sa zrnima šljunka. U pobočnim bušotinama do dubina 8 i 9,5 m nije nabušena laporovita podina već pretežno suvi peskoviti šljunak, što upućuje na *stabilnije bokove* klizišta.

Aktuelna klizna zona, sa najvećom dubinom kliženja oko 7 m u području čeonog depresije, mogla je biti uočena na jezgrima pojedinih bušotina u kliznom telu a u jezgrima bušotina iznad klizišta uočene su na više dubina zone oslabiljene, isprane, dezintegrisane ili ispucale gline, sa tragovima karbonata i oksida iz procedivane vode, čime su potvrđeni raniji nalazi da je šira lokacija na geološki starom umirenom (višeslojnom) klizištu sa kliznim zonama dubljim od aktuelne.

Do istraženih dubina nema stabilnog režima *podzemne vode* jer ona predstavlja površinsku i procednu vodu sa kliznog tela i padine iznad njega, kao i vodu iz ranije dugo oštećenih instalacija (vodovoda u ulici), koja zabaruje klizno telo i proceduje se kroz dezintegrisane zone gline i krupnozrnije proslojke.

U toku praćenja, površina klizišta uvećavala se najviše u čeonom delu, uz povećanje vidne visine vertikalnog čeonog ožiljka preko 3 m (ukupno oko 5 m), posle čega je došlo do sukcesivnog rušenja čela (odronjavanja uz kliženje) i proširenja ka brdu, odronjavanjem cele saobraćajnice ispod glavne ulice (SL.1) – pri čemu u trbušnom i nožičnom delu klizišta nije bilo bitnih promena.

U opisanim uslovima, sa stabilnim bokovima i relativno stabilnim nožičnim delom tela klizišta u posmatranom periodu, ocenjeno je da su aktuelni *uzroci nestabilnosti* terena *dejstvo vode* (površinske, podzemne i infrastrukturne) i neodgovarajuća *konfiguracija terena* u području čela klizišta pa su za otklanjanje uzroka nestabilnosti nametnuta dva zadatka: (a) trajna zaštita kliznog tela od štetnog dejstva površinskih, podzemnih i infrastrukturnih voda i (b) obezbeđenje stabilnosti čela klizišta.

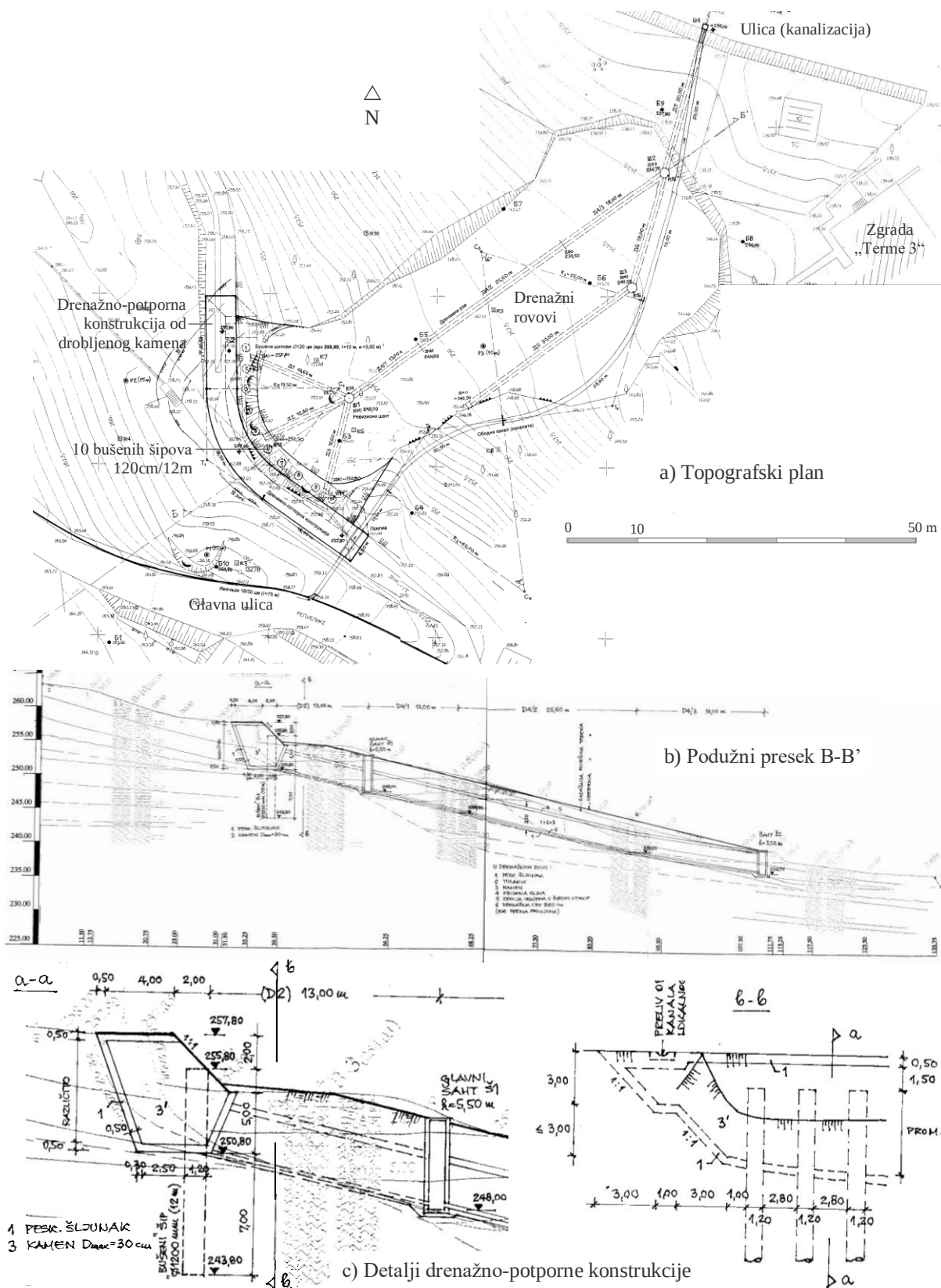
Za rešavanje navedenih zadataka, u elaboratu-studiji sprovedeni su napred opisani geomehnički proračuni stabilnosti potopljenog i dreniranog tela klizišta (sa variranjem računskih parametara čvrstoće tla, za koje je utvrđena dovoljna saglasnost sa laboratorijskim rezultatima), sve to za sadašnju konfiguraciju kliznog tela i sa kamenim nabačajem kao drenažno-potpornom konstrukcijom uz čelo klizišta – na osnovu čega se može smatrati potvrđenom procena da je, u opisanim uslovima, povod nastanka predmetnog lokalnog klizišta veće slivanje i filtracija vode ka kliznom telu u kratkim vremenskim periodima, kao i da su za stabilizaciju kliznog tela dovoljne mere njegove *zaštite od površinske i podzemne vode*, dok je za stabilizaciju čeonog dela (da se ne bi proširilo ka glavnoj ulici i stambenim zgradama) potrebna *potporna konstrukcija* sa vodoprihvatnim drenažnom sistemom.

PROJEKTOVANO REŠENJE

U skladu sa projektnim zadatkom, nalazima raspoloživih geotehničkih podloga i napred opisanim uslovima nastanka i saniranja predmetnog klizišta, projektom su, sa ciljem da sanacija bude dovoljno sigurna, ekonomična i racionalna, predviđene sledeće mere (radovi i objekti) sanacije:

- a) mere za površinsko odvodnjavanje terena,
 - b) mere za podzemno odvodnjavanje (dreniranje) kliznog tela,
 - c) mere za osiguranje čeonog dela klizišta,
 - d) završno uređenje terena i mere za osmatranje terena i saniranog klizišta.
- a) Značajne količine *površinske vode*, koje na klizište stižu sa glavne ulice i visoke padine iznad nje, kao i iz tamponskog sloja ispod oštećenog asfaltnog kolovoznog zastora, prihvataju se popravkom kolovoza, izradom nizvodnih ivičnjaka i sprovede obodnim kanalom sa kanaletama do donje ulice i novim šahtom uvode u postojeću kišnu kanalizaciju, gde stiže i površinska voda sa isplanirane površine kliznog tela (Sl.2a).
- b) *Podzemno odvodnjavanje* (dreniranje) vrši se sistemom koga čine lučna *drenažno-potporna konstrukcija* od drobljenog kamena sa filtrima (blizu čela klizišta, dužine 46 m, najveće visine 7 m) i tri *drenažna rova* koji se preko *glavnog revizionog šahta* nastavljaju u *srednji podužni rov*, koji sa njemu paralelnim *bočnim rovom* drenira klizno telo, tako da sva podzemna voda stiže u novi kanalizacioni *šaht* donje ulice. Donje kote drenažne konstrukcije su nešto ispod zone klizenja a drenažne cevi su u kliznoj zoni, dubine 2,0-5,5 m ispod uređene površine terena. Najveća visina drenažne ispune sa 0,50 m pokrivača od zbijene gline je 3,50 m, kolika je i najveća dubina iskopa i razupiranja rova u postojećoj zasićenoj glini. Za veće dubine drenaže ispuna se ugrađuje iz širokog otkopa koji se kasnije zatrpava. Karakteristike materijala drenažne ispune projektovane standardno, kao i broj i dimenzije revizionih šahtova. Stabilnost uređenog terena sa navedenim objektima i NPV spuštenim prosečno 2 m ispod površine dokazana je napred navedenim proračunima.
- c) *Osiguranje stabilnosti čeonog dela klizišta* ostvaruje se prvo izradom jednog reda od 10 *bušenih šipova* (zbog minimalnih dinamičkih uti caja) i, posle očvršćavanja šipova, izradom pomenute *drenažno-potporne konstrukcije* od drobljenog kamena uz šipove. *Šipovi* su od armiranog betona, kružne osnove prečnika 120 cm, dužine 12,00 m (donja polovina u nekretanom tlu), na osovinskom odstojanju 3,00 m, što se u praksi za navedene uslove smatra dovoljnim za zajedničko potporno delovanje. Vrh šipa je 2,00 m ispod krune drenažno-potporne konstrukcije, tako da ga humuzirana konstrukcija u celosti pokriva, što omogućava zatravljivanje cele padine (Sl.2) i vraćanje prirodnog izgleda bez vidljivih delova konstrukcije, sa lokalnom saobraćajnicom na kruni nabačaja. Za *dimenzionisanje šipova* pod najnepovoljnijim uticajima – kada osiguravaju kameni nabačaj uzvodno a pri iskopanom drenažnom rovu do kote 5 m ispod vrha šipa nizvodno – sračunati su opterećenje, potrebna dubina šipa i nosivost u pogledu loma tla pod horizontalnim opterećenjem i, za praksu pogodnim dijagramima^{*)}, merodavan moment savijanja i horizontalno pomeranje (u nivou dna drenažnog rova $y = 9$ cm za šip prečnika 90 cm i 5,2 cm za šip prečnika 120 cm) tzv. *p-y metodom*. Detaljniji proračun ovih uticaja (saglasnih sa napred navedenim) urađen je i programom *Tower-3D Model Builder 5.4*, kojim je dimenzionisana i armatura u presecima šipova prema graničnim stanjima napona i prslina, pa je zbog uticaja prslina usvojen šip prečnika 120 cm, koji do loma može da primi i znatno veće horizontalno opterećenje od projektovanog.
- d) *Završno uređenje terena* podrazumevalo je, pre svega, računsko izravnanje masa i zemljane radove uz drenažno-potpornu konstrukciju sa faznom izradom kvalitetne ispune do čela klizišta (koja će sprečavati deformacije terena glavne ulice), planiranje površine saniranog klizišta, izradu lokalne saobraćajnice, zatravljivanje cele padine, ugradnja pijeometara i geodetskih repa.

^{*)} Evans, L.T., Duncan, J.M. (1982): *Simplified Analysis of Laterally Loaded Piles*, Report No. UCB/GT/82-04, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley – prema [1].



Sl.2. Prikaz projektovanih i izvedenih glavnih sanacionih objekata
Fig.2. Designed and constructed main sanitation objects



Sl.3. Izvođenje drenažnih objekata (delom u širokom otkopu) i bušenih šipova kroz privremeni nasip
 Fig.3. Drainage and large diameter bored piles construction



Sl.4. Izvedeni šipovi, ukopani kameni nabačaj i završni radovi saniranog klizišta “Kačarev deo”
 Fig.4. Constructed piles, rock-fill and final proceeding upon stabilized landslide “Kačarev deo”

IZVEDENI SANACIONI RADOVI I OBJEKTI

Prema povremenim uvidima projektanta i navodima nadzorne službe i izvođača, sanacioni radovi i objekti izvedeni su skoro u potpunosti prema opisanom projektu – površinsko odvodnjavanje i najveći deo drenažnog sistema u telu klizišta jula-avgusta 2005. (posle čega je dalje oštećivanje terena u glavnom prestalo) a šipovi i drenažno-potporna konstrukcija sa ostalim radovima februara-marta 2007. Redosled izvođenja radova bio je sledeći:

- mašinsko uređenje površine kliznog tela i okolnog terena i sprečavanje dotoka vode sa ulice izradom 75 m ivičnjaka i bankine, zbog čega se odustalo od izrade obodnog kanala (Sl.2a);
- prihvatni šaht na donjoj ulici i povezivanje sa kanalizacijom i drenažnih rovova;
- podužne drenaže (odozdo naviše) sa revizionim šahtovima (Sl.2b i 3a,b), pri čemu je južna podužna drenaža produžena do čela klizišta radi odbarivanja područja (Sl.3c), centralni sabirni šaht i levi krak (od projektovana tri) u dubokom širokom otkopu (Sl.3d,e) do lokacije drenažno-potporne konstrukcije (od druga dva kraka se u fazi bez šipova odustalo zbog mogućeg reaktiviranja klizišta);
- privremeni nasip od krupnozrnog tla do kota vrhova šipova i izrada bušenih AB šipova (Sl.3f i 4a);
- duboki iskop i izrada preostala dva drenažna rova od centralnog šahta do šipova;
- duboki iskop pored šipova i izrada drenažno-potporne konstrukcije od kamenog nabačaja sa filterskom zaštitom (Sl.2c i 4b);
- završno uređenje terena i na kamenom nabačaju asfaltiranje lokalne saobraćajnice (Sl.4c,d);
- ugradnja pijezometara i standardnih repera na okolnom terenu i telu klizišta, sa geodetskim snimanjem njihovog početnog položaja.

ZAKLJUČAK

Sanacioni radovi i objekti izvedeni su uobičajenim savremenim sredstvima i lokalnim materijalima. Od eventualne primene savremenih sredstava za osiguranje kosina i zamenu prirodnih filterskih materijala (npr. geosintetikom) odustalo se u fazi projektovanja zbog nemogućnosti angažovanog ponuđača da pruži bliže podatke o racionalnom izboru materijala, svojstvima i cenama.

U opisanim geotehničkim uslovima sanacije dominirala su tri stručna zadatka: locirati drenažni sistem tako da sa sigurnošću zahvati najveći deo procedne vode u jako heterogenom terenu, bezbedno ručno ugraditi drenažnu ispunu u rovovima dubine 6 m u raskvašenoj glini i racionalno osigurati čeonu deo klizišta aktiviranog iznad starih dubljih kliznih zona.

Sanacija klizišta 2005-2007 je uspela i teren na strmoj padini u centralnom delu Niške Banje je vraćen prvobitnoj (parkovskoj) nameni bez vidnih delova sanacionih objekata, ali su obim radova, utrošeno vreme i troškovi znatno veći nego da se blagovremeno reagovalo: preventivno ili odmah pošto je došlo do manjih vidnih oštećenja terena u proleće 2004., kada je za sanaciju bio dovoljan samo manji drenažni sistem, tada predlagan od strane projektanta.

REFERENCE

- [1] Coduto, D.P. (2001): *Foundation Design – Principles and Practices*, Prentice-Hall, New Jersey, 600-611.
- [2] Samardaković, M. (1996): Geomehanički programski sistemi GeoData1 i GeoData2, *Zbornik radova Međunarodnog naučnog skupa Pravci razvoja geotehnike*, Rudarsko-geološki fakultet i Sava centar, Beograd, 395-404.
- [3] Samardaković, M. (2005): *Glavni projekat saniranja klizišta „Kačarev deo“ u Niškoj Banji*, Stručna dokumentacija, Institut Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, Niš.
- [4] Samardaković, M. i dr. (2004): *Geotehnički uslovi saniranja klizišta „Kačarev deo“ u Niškoj Banji*, Stručna dokumentacija, Institut Građevinsko-arhitektonskog fakulteta i AD „Geoinženjering“, Niš.