

Acta Geographica Croatica	Volumen 31	27-39	Zagreb, 1996.
---------------------------	------------	-------	---------------

UDK 551.435.62(497.5)
(497.15)

TIPOVI KLIZIŠTA U REPUBLICI HRVATSKOJ I REPUBLICI BOSNI I HERCEGOVINI - GEOMORFOLOŠKI I GEOEKOLOŠKI ASPEKTI

ANDRIJA BOGNAR

Izvadak:

Sve do najnovijeg vremena u našoj geoznanosti nije provedena sustavna tipizacija klizišta. U mnogim slučajevima nije obavljeno niti genetsko razdvajanje kliznih procesa urušavanja te puženja. No, ne samo da postoje bitne različitosti među njima temeljene na konstelaciji prirodnih procesa i čimbenika koji ih uvjetuju, već postoje i bitna odstupanja i u sklopu samih kliznih procesa u užem smislu. Njihova tipizacija nije nužna samo s genetskog stanovišta, već i glede inženjersko geomorfološke i inženjersko geološke prakse te njihovog geoekološkog značenja.

Ključne riječi:

Tipovi klizišta, klizna ploha, padine, glina, regionalno rasprostranjenje

THE MAIN TYPES OF LANDSLIDES IN THE REPUBLIC OF CROATIA AND REPUBLIC OF BOSNIA AND HERCEGOVINA - GEOMORPHOLOGICAL AND LANDSCAPE ECOLOGICAL ASPECTS

Abstract:

The genetic classification of landslides in the Republic of Croatia as well as in the Republic of Bosnia and Hercegovina was not performed so far. In many domestic researches even no genetic distinction has been made either between slide and creep-debris flow processes, nor between slipping and rock-fall movements. However, besides substantial differences observable between these processes and factors, essential differences can even be found between various landslides. This paper presents different types of landslides and their characteristics. Distinction between various types must be made not only from the genetical point of view, but it is also necessary in the landscape ecological, engineering-geomorphological and engineering-geological practices.

Key words:

Types of landslides, slip plane, slopes, clay, regional distribution

Uvod

Brz društveno-gospodarski razvoj nužno nameće vrednovanje oblika i stanja reljefa s aspekta funkcionalnijeg korištenja prostora. Uloga reljefa posebno dolazi do izražaja i u njegovom energetsom korištenju. Upravo stoga, tijekom 70-ih godina u Republici Hrvatskoj započinju primjenjena geomorfološka istraživanja. To se posebice odnosi na aplikativno-geomorfološke radove s provedenim geomorfološkim kartiranjima u mjerilima 1 : 1 000 do 1 : 50 000 (BOGNAR, 1975., 1977., 1981., 1983., 1984., 1986., 1989., BOGNAR, SCHEUER, SCHWEITZER, 1981., 1982., BOGNAR, BLAZEK, 1992.). Razrađeni su teorijski i metodološki aspekti inženjersko-geomorfološkog kartiranja (BOGNAR, 1992.). Posebna pažnja poklonjena je i destruktivnim morfološkim procesima padinskog, fluvijalnog i endogenog obilježja.

Klizanja tla svakako su najizrazitiji destruktivni derazijski¹ procesi, čija pojava često nanosi katastrofalne posljedice naseljima, komunalnim vodoopskrbnim i vodozaštitnim objektima, prometnicama, poljodjelskim i šumskim površinama. Uz fluvijalnu eroziju i akumulaciju, spiranja i urušavanja, klizanja tla imaju odlučujuće značenje u morfogenezi predgorskih stepenica (glacisi - prigorja i podgorja) i pobrđa, građenih od tercijarnih i kvartarnih sedimentnih stijena, strmih lesnih odsjeka uz Dunav i Dravu i obalnih padina sastavljenih od fliša.

Klizišta, osim poplava i potresa, najčešće su prirodne katastrofe kod nas. Po svojim uzrocima u mnogim slučajevima izravno ili neizravno su vezana za druge dvije spomenute nepogode. Dakako, tome treba dodati da su klizanja tla veoma često uzrokovana antropogenim aktivnostima. Što više, može se slobodno tvrditi da je najveći broj aktivnih

klizišta danas poglavito izazvan neodgovarajućim građevinskim zahvatima i obradom zemljišta. Značajka su krajeva u kojima litološki sastav, geološka građa, hidrogeološke i geomorfološke osobine pogoduju njihovoj pojavi. Klizišta su ozbiljni problem u iskorištavanju gospodarstveno veoma vrijednih krajeva, to tim prije jer brz društvenogospodarstveni razvoj nužno nameće potrebu što funkcionalnijeg valoriziranja prostora.

Klizišta kao pojava spadaju u morfogenetsku kategoriju padinskih procesa. Činjenica je, međutim, da su dosadašnja geomorfološka istraživanja u nas istim poklanjala veoma malu ili gotovo nikakvu pažnju. U skladu s tim nije izvršena detaljna morfološka tipizacija i razvrstavanje padinskih procesa.

Sve do novijeg doba inženjerska geologija je bila ta koja je u svoje najuže područje rada uključivala točno utvrđivanje prirode padinskih procesa, posebno klizišta, kako bi na najsvrsishodniji način sanirala destruktivne utjecaje istih. Iz toga slijedi da je inženjerska geologija u svoja istraživanja, zbog pasivnosti geomorfologa nužno uključila i istraživanja reljefnih datosti. Tek u posljednjih nekoliko godina razvojem primijenjenih geomorfoloških radova, dakle, praktično usmjerenih istraživanja, veća je pažnja poklonjena utvrđivanju prirode i zakonitosti djelovanja padinskih procesa. Posebno velikog utjecaja na to imao je razvoj detaljnog geomorfološkog kartiranja različitih dijelova Republike Hrvatske.

Tipovi klizišta

Pod klizanjem zemljišta podrazumijeva se kretanje tla ili stijenskog materijala s padine na kliznoj plohi pod utjecajem gravitacije. Odlučujuće značenje u razvoju klizišta ima oblikovanje klizne plohe koja je povezana s glinom ili glinovitim stijenama bogatim koloidalnim česticama. Pokrenuta masa pritom duž plohe trenja vrši različite složene pokrete klizanja. Zavisno o geološkoj građi i litološkim osobinama stijena, površina

¹ Pod derazijom (lat. deradere - grebati) podrazumijeva se morfološko oblikovanje padina: spiranjem, bujičenjem, kliznim pokretima, urušavanjem i osipanjem.

klizanja može se sastojati od gornjeg okomitog i donjeg zakrivljenog dijela, odnosno oblika logaritamске spirale (PANJUKOV, 1965.) itd. Međutim, kako sastav stijena najčešće nije jednorodan, a i anizotropne su, to je površina klizanja često veoma složenog oblika.

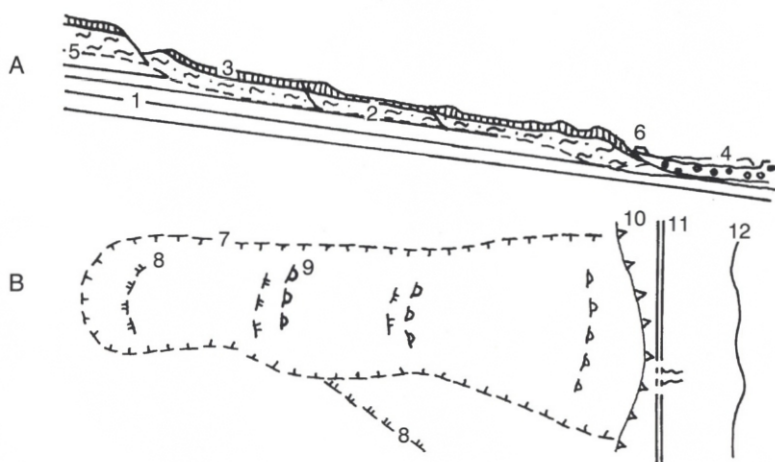
Osnovni čimbenici koji uvjetuju pojavu klizišta su slijedeći:

1. Glinovite stijene u sastavu terena na kojem su oblikovane padine. U pravilu što je je glinoviti sloj ili masa koja sudjeluje u sastavu veća, to postoje i veće pogodnosti za razvoj klizišta, napose ako je propusni materijal na padini tanji.
2. Izmjena propusnih pjeskovitih i nepropusnih glinovitih slojeva na padini. Važno je to u slučaju debelog lesnog ili siltovitog

površinskog pokrivača, jer samo u takvim hidrogeološkim uvjetima može doći do oblikovanja klizne plohe.

3. Porast količine vode i hidrostatskog tlaka u stijeni. To ovisi o mikroslojnoj strukturi gline i njenom vodnom kapacitetu, jer od tih osobina ovisi i promjena njenog volumena, odnosno njeno "bubrenje", što je pak odlučujući čimbenik za razvoj i jačinu pojave.

Osim navedenih primarnih čimbenika treba dodati i neke na prvi pogled manje važne, koji, međutim, bitno određuju tipološke osobine klizišta. To su prvenstveno oni koji utječu na kretanje podzemne vode unutar stijenskog kompleksa: strme obale uz rijeke, klifovi u lesu i flišu, promjene nagiba padina, sezonsko oblikovanje leda



Sl. 1. Tip slojnog "tepih klizišta"

A Poprečni profil

B Tloris

1. Glina; 2. Propusni sloj pijeskovite gline; 3. Glinoviti pedološki horizont; 4. Fluvijalni ili limnički aluvij; 5. Klizna ploha, preoblikovana; 6. Put, željeznica, nasip; 7. Granica klizišta; 8. Klizne pukotine; 9. Ispupčenja klizišta, poprečna rebra; 10. Rub "jezika" klizišta; 11. Cesta s nasipom; 12. Obalna linija rijeka ili jezera

Fig. 1. Carpet-like slip of strata

A - cross-section

B - plan

1 - compact clay; 2 - clay layer, sandy moist, liable to form a slip plane; 3 - clayey - loamy soil; 4 - fluvialite or lacustrine alluvium; 5 - slip-plane, geologically controlled (pre-formed); 6 - road, railroad embankment; 7 - slip limit; 8 - slip-induced fissures; 9 - waste-rock mounds, ridges; 10 - margin of the tip of the slide; 11 - road and its embankment; 12 - river bank or lake shoreline

u tlu, podrhtavanje zemljišta uvjetovano potresima i miniranjima, kao i uništavanje biljnog pokrivača.

Budući da je oblikovanje klizne plohe osnovna pretpostavka razvoja klizanja, to bi njeni prostorni, geometrijski tipovi pojavljivanja bili osnovni kriterij genetske klasifikacije klizišta. Naravno, pri tome ne treba izostaviti morfolitogene i hidrometeorološke datosti oblikovanja klizišta.

U Republici Hrvatskoj i Republici Bosni i Hrecegovini bi se, uzimajući navedeni kriterij kao osnovu tipizacije mogle izdvojiti sljedeće vrste klizišta: tepih ili slojna klizišta, turbulentna klizišta, stepeničasta klizišta, blok klizišta, složena "stijenska" klizišta i klizišta - potoci (naziv prema PANJUKOVU, 1965.).

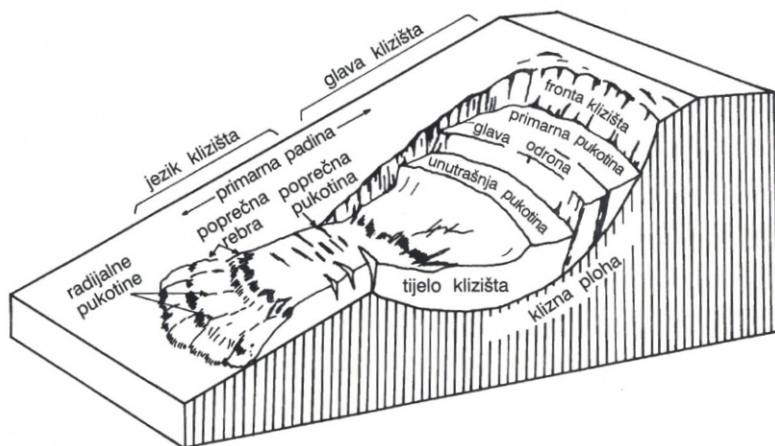
Tepih ili slojna klizišta oblikuju se u slučaju kad je glinovita klizna ploha blago nagnuta u pravcu padine. Propusni (permeabilni) sedimenti pokrivač iznad klizne plohe relativno je tanak. Klizna ploha najčešće je diskontinuiranog razvoja i njen pad se poklapa s nagibom temeljne stijene na kojoj je oblikovana. Klizni pokreti su periodični i vežu se za vlažnija razdoblja godine ili pak za veoma vlažne godine. Klizna ispuščenja i otvorene pukotine zatezanja kao i

nagnut položaj stabala na padini ("pijana šuma") osnovni su vidljivi pokazatelji kliznog procesa, koji se veoma lako prepoznaju.

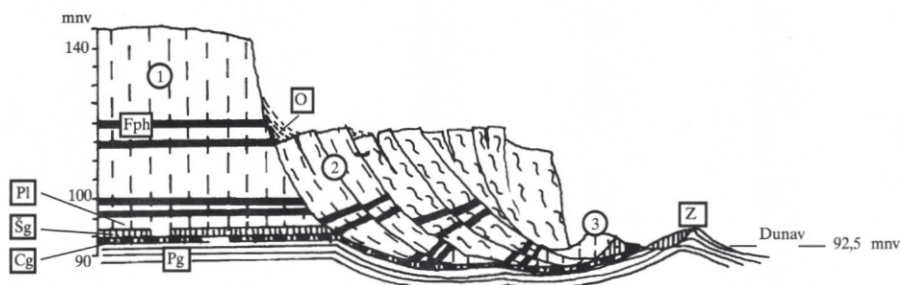
Rotacijska klizišta oblikuju se na padinama u čijem sastavu dominiraju gline, izluženi les ili lesu slični sedimenti (glinovita ilovača). Klizna ploha ima listričan ocr, oblikuje se unutar samog glinovitog sloja. Klizište u odnosu na padinsko podnožje može biti položeno iznad i ispod njega, te u njegovoj razini. Točnije, misli se tu na položaj klizne baze koja je određena mjestom izbijanja klizne plohe na površinu.

Stepeničasta klizišta značajka su strmih lesnih odsjeka uz Dunav i Dravu. Svakako su najizrazitiji destruktivski derazijski procesi, čija aktivnost nanosi najteže posljedice naseljima, komunalnim, vodoopskrbnim i vodozaštitnim objektima i prometnicama izgrađenim u neposrednom priobalju rijeka. Uz bočnu eroziju rijeka, imaju odlučujuće značenje u morfogenezi i razvoju odgovarajućih tipova lesnih strmih odsjeka. Prema svojim značajkama svi ti pokreti pripadaju tipu urušno-kliznih pokreta.

Osnovna im je značajka da se lesne naslage, u skladu sa svojim fizičkim karakteristikama, gubitkom prirodne stabilnosti,



Sl. 2. Rotacijski (cilindrični) tip klizišta (prema D. J. Varnes-u 1958. g.)
Fig. 2. The "slump" (according to D. J. Varnes 1958. g.)



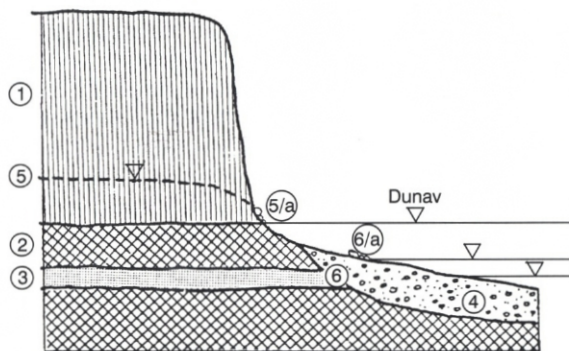
Sl. 3. Stepeničasta klizišta prema S. K. Abramovu i I. V. Popovu (1959.) i M. Pècsiju (1971.)
 1. Slojevi lesa; 2. Kliznuti fragmenti; 3. Klizna ispupčenja Pl - Pjeskoviti les, Cg - Crvena glina, na kojem se razvila klizna ploha, Fph - Fossilni pedološki horizonti, Pg - Panonska glina, O - Osulina, Šg - Šarena glina, Z - Sprud

Fig. 3. Slice-slide

1. Loess strata; 2. Slides slices; 3. Basement upwarped in front of the accumulated waste-rock of an earlier slide, Pl - sandy loess, Cg - red clay, forming a slip plane, Fph - fossil soils, Pg - Pannonian clay, O - colluvial material Z - shoal.

stepeničasto urušavaju uz okomit zid fronte (čela) klizišta. Istodobno, razvojem vodoravnih kliznih pokreta iznad gotovo vodoravne klizne plohe, istisnuti materijal na prednjoj strani oblikuje lokalno ispupčenje, tzv. jezik klizišta, unutar kojeg se zbog zbijanja uočava boranje kliznog materijala.

Negativni utjecaji erozije u slučaju izravnog podsjecanja strmih lesnih odsjeka posebno su opasni u slučajevima kombinacije s nepovoljnim hidrogeološkim osobinama lesnog odsjeka. Misli se tu na pojavu izvora na obalama u podnožju lesnih odsjeka, čija je aktivnost izravno ovisna o vodostaju rijeke.

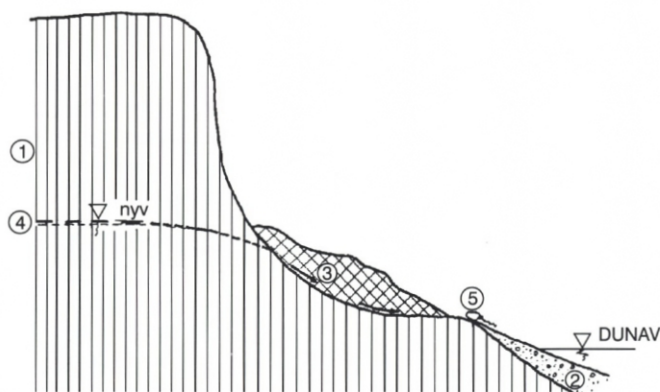


Sl. 4. Tip lesnog strmog odsjeka direktno erodiranog rijekom Dunavom (prema A. Bognar, Gy. Scheuner, F. Schweitzer 1981.)

1. Les i lesu slični sedimenti; 2. Gornjopanonska glina i siltovite naslage; 3. Gornjopanonske naslage pijeska; 4. Holocenski pjeskoviti šljunci; 5. Podzemna voda; 5.a. Izvori podzemne vode; 6. Arteška voda; 6.a. Izvori arteške vode

Fig. 4. Type of directly eroded loess bluff along the Danube river, (according to A. Bognar, Gy. Scheuer, F. Schweitzer 1981.)

1. Loess and loess-like sediments; 2. Upper pannon clay mud layers; 3. Upper pannon sand layers; 4. Holocene sandy gravel; 5. Ground water; 5.a. Springs of ground water; 6. Artesian water; 6.a. Springs of artesian water.



Sl. 5. Tip lesnog strmog odsjeka s podnožjem od klizno-urušnog materijala (A. Bognar, Gy. Scheuer, F. Schweitzer 1981.)

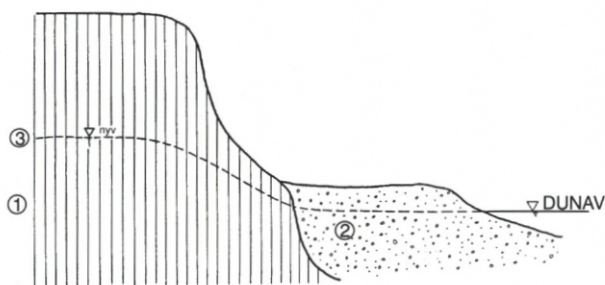
1. Les i lesu slični sedimenti; 2. Fluvijalne naslage; 3. Urušno-klizni materijal; 4. Podzemna voda, 5. Izvor

Fig. 5. Type of loess bluff with a foreground of sliding detritus material (A. Bognar, Gy. Scheuer, F. Schweitzer 1981)

1. Loess and loess like sediments; 2. Fluvial deposits; 3. Sliding detritus; 4. Ground water; 5. Springs.

Naime, velika i nagla kolebanja vodostaja rijeke, koja za visokih voda potapa izvore i uvjetuje uspor podzemnih voda i povećanje njihovog hidrostatskog i prirodnog tlaka u okviru vodonosnih horizonata (koji su u pravilu u podini lesnih naslaga), za njihova naglog snižavanja povećavaju brzinu otjecanja vode u podzemlju prema rijeci. To uvjetuje

oblikovanje depresijske površine i sufozijskim procesima gubitak materijala u vodonosnom sloju, što nužno ishodi poremećajem stabilnosti lesnih naslaga iznad vodonosnog sloja. Takvi hidrogeološki odnosi u kombinaciji s bočnim podsjecanjem rijeke i gubitkom materijala u podnožju lesnog odsjeka najčešći su uzrok katastrofalnih urušavanja i kliznih



Sl. 6. Tip lesnog strmog odsjeka branjenog naplavnim ravni rijeke Dunava (A. Bognar, Gy. Scheuer, F. Schweitzer 1981.)

1. Les i lesu slični sedimenti; 2. Fluvijalne naslage; 3. Podzemna voda.

Fig. 6. Type of loess bluff protected by the fluvial deposits of the Danube river (A. Bognar, Gy. Scheuer, F. Schweitzer 1981)

1. Loess and loess-like sediments; 2. Fluvial deposits; 3. Ground water

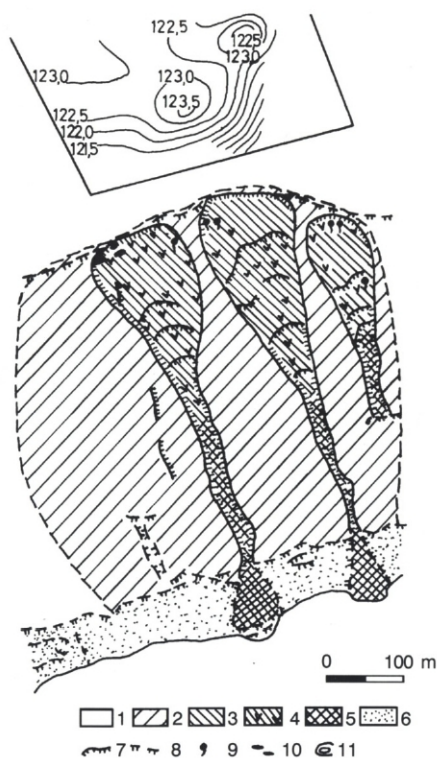
pokreta stepeničastog tipa na strmim lesnim odsjecima.

U početnoj fazi urušno-kliznog pokreta nastaju nestabilne pukotine pod kutom od oko 80° usporedno s lesnim odsjekom, duž kojih započinje postupno slijeganje lesnih naslaga, koje je, kao što je prethodno objašnjeno, u toj fazi bitno uvjetovano stupnjem koeficijenta slijeganja znakovitim za tipske lesne naslage, i to posebno ako je isti veći od 0,02. Slijedi već opisani mehanizam urušno-kliznog pokreta, koji može biti katastrofalnog razmjera.

U razvoju klizišta uz reljefne i geološke odnose, važnu ulogu imaju i hidrološke i hidrogeološke osobine, kao i fizička obilježja lesa i lesu sličnih naslaga, te antropogeni utjecaji. Međutim, treba naglasiti da se u slučaju stepeničastih klizišta kao osnovni čimbenik njihovog razvoja javljaju morfološke značajke terena i erozijska aktivnost rijeka. Svi ostali navedeni čimbenici mogu utjecati na poremećaj stabilnosti lesnih odsjeka i razvoj urušno-kliznih procesa samo ovisno od prvspomenutih.

Blok klizišta predstavljaju razmjerno veoma spore padinske procese. Razvijaju se uz rubove strukturno-denukacijskih stepenica, strmaca i to u slučaju ako veći odlomljeni komadi - blokovi stijena naližeju na glinovitu podlogu. Svojom težinom utiskuju se u glinu (fliš) koja, ako je proces dugotrajan, postaje plastična i djelomično bude istisnuta. Oblikuje se niz manjih kliznih ploha duž kojih se blok postupno kreće niz padinu. Klizni pokreti ne prelaze vrijednosti od nekoliko milimetara godišnje.

U slučaju **složenih "stijenskih" klizišta** klizna ploha je velikog nagiba. Obično se oblikuje visoko iznad podnožja planine. Klizištem zahvaćen padinski materijal pokreće se velikom brzinom pa stoga takva vrsta klizišta uvjetuje katastrofalna razaranja. Ako padinske naslage, odnosno slojevi, imaju sinklinalni tip građe, mogućnosti za oblikovanje "stijenskih" klizišta su veće. Dužina klizišta je obično velika i do nekoliko stotina



Sl. 7. Klizište-potok (prema S. K. Abramovu i I. V. Popovu 1959.)

1. Stabilni dio padina; 2. Relativno stabilni dio padina (recentni); 3. Mobilni dio padina; 4. Područje akumulacije kliznutog materijala; 5. Zona transportacije kliznog materijala; 6. Naplavna ravan; 7. Rubovi kliznih pukotina; 8. Padinska stepenica; 9. Izvori; 10. Voda u kliznim pukotinama; 11. Nivo vode temeljnice (svakih 0,5 m)

Fig. 7. Slump-earth flow, channel-pathed landslide (by courtesy of S. K. Abramov and I. V. Popov 1959)

1. Slope stretch in equilibrium; 2. Slope presently in the state of relative equilibrium; 4. Area of rock-waste mound; 5. Zone of transportation of rock-waste mound; 6. River flood-plain; 7. Edge of escarpment of the present slides; 8. Bench; 9. Springs; 10. Water in slide depressions; 11. Groud-water table lines calibrated at 0,5 m height intervals

metara. Osim klizanja, tijekom procesa mogu se uočiti i urušni pokreti. Znakoviti su za padine građene od čvrstih i polučvrstih stijena

koje se odlikuju izraženom anizotropnošću fizičkih osobina (PANJUKOV, 1965.). Kliznim procesom zahvaćene su, dakle, stijenske mase supstrata. "Stijenska" klizišta rijetka su u istraživanom prostoru.

Često su klizanja padinskog materijala koritastog tipa. Klizna ploha ima paraboličan oblik i razvija se kao i kod prethodne vrste klizišta visoko iznad podnožja planine. To su tzv. **klizišta - potoci** (naziv preuzet od PANJKOVA, 1965.). Klizni materijal se postupno premješta niz padinu. Ukoliko je promoćen vodama izvora, postaje plastičan i "otječe" niz padinu oblikujući jezik klizišta u njenom podnožju. Osnovna pretpostavka oblikovanja takvih klizišta jest razmjerno debeo pokrivač lesu sličnih sedimenata ili siltovitog (ilovastog) materijala, velik nagib padine, neko paleoudubljenje u kojem se nakuplja voda temeljnica koja zbog debelog pokrivača već spomenutih naslaga ne može izbiti na površinu. Voda temeljnica, otječući paleoudubljenjem, vlaži podinu pokrovnih naslaga koje time gube na svojoj povezanosti i vertikalnoj postojanosti. Kao posljedica takvog razvoja oblikuje se preformirana klizna ploha na kojoj pokrovni sedimenti, izgubivši stabilnost, klize na već opisani način.

Karakteristična područja ugrožena procesima klizanja i urušno-kliznim pokretima

Pojava klizišta vezana je poglavito za područja lesnih zaravni, glacisa, pobrda, obalu i brežuljkasta područja međugorskih zavalu u čijem sastavu prevladavaju klastične stijene s izmjenom propusnih i nepropusnih naslaga. Uzimajući u obzir tektonsku strukturu, litostratigrafska obilježja, geomorfološki položaj i suvremenu dinamiku reljefa te mjesne posebnosti, mogu se izdvojiti slijedeće karakteristične regije unutar područja Republike Hrvatske i Republike Bosne i Hercegovine:

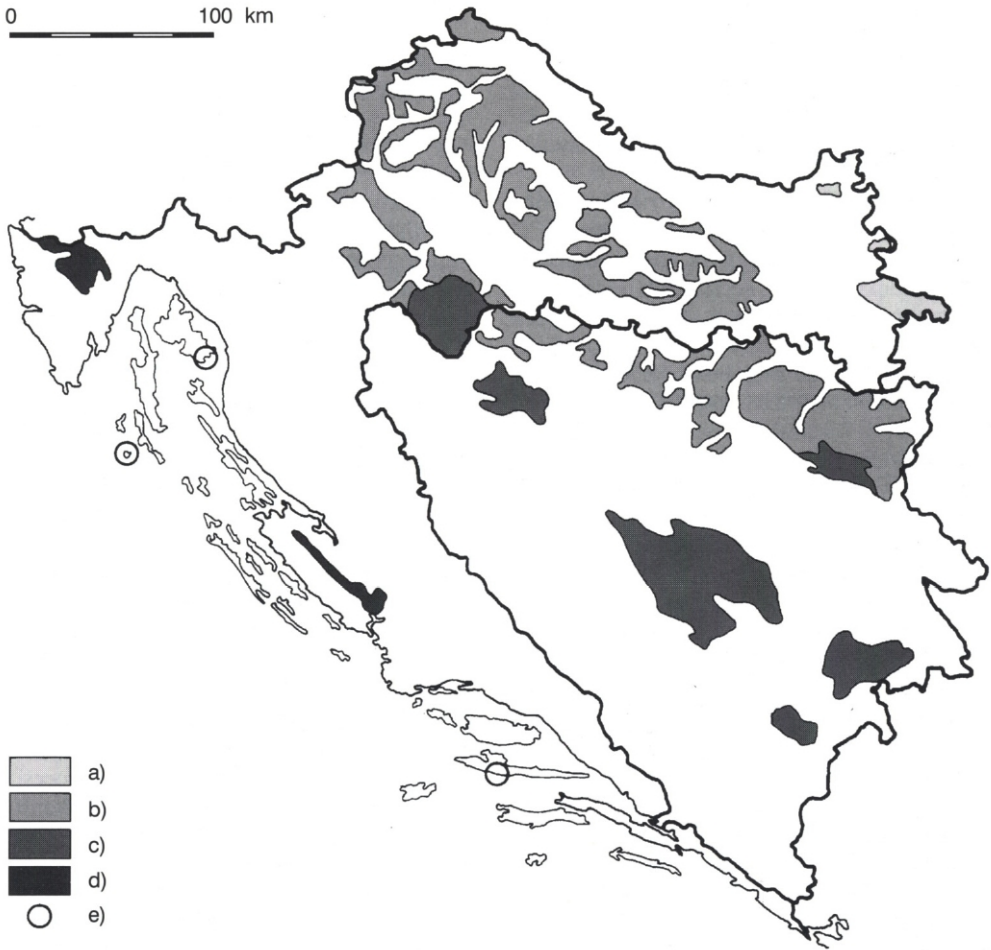
- Lesni strmci podunavskog dijela Hrvatske,
- Predgorske stepenice (glacisi) i pobrda peripanonskog područja Hrvatske i Bosne,

- Međugorske zavale i riječne doline Unutrašnjih Dinarida Hrvatske i Bosne,
- Flišna pobrda Vanjskih Dinarida i
- Jadranski otoci

a) Lesni strmci u podunavskom dijelu Hrvatske prostorno se vežu za rubove lesnih zaravni u Baranji, Slavoniji i Srijemu prema toku rijeke Dunava i Drave. Tipična je pojava stepeničastih klizišta, koja po svom intenzitetu i destruktivnim obilježjima imaju krajnje nepovoljne posljedice po naselja i prometnice.

Urušno-klizni pokreti uzrokovani su specifičnim litološkim i hidrodinamskim te geomorfološkim datostima lesnih zaravni. Prema tokovima rijeka Dunava i Drave lesne zaravni redovito završavaju 20 - 50 m visokim strmcima. U podini lesnih i lesu sličnih naslaga, u sklopu kojih je česta pojava nekoliko, više ili manje, oglinjenih reliktnih pedoloških horizonata, dolaze glinoviti i pjeskoviti sedimenti pliokvartarne i starije kvartarne starosti. Bočna erozija rijeka i specifična fizička obilježja lesa, iznenadne promjene hidrostatskih tlakova podzemne vode pod utjecajem riječnog vodostaja i sufozijsko ispiranje neposredni su uzroci povremenog klizanja i urušavanja lesnih naslaga (BOGNAR, SCHEUER, SCHWEITZER, 1981.).

b) Predgorske stepenice (glacisi) i pobrda peripanonskog područja Hrvatske i Bosne oblikovane su padinskim i fluviodenudacijskim procesima na različitim vrstama klastičnih "mekih" sedimenata jezerskog, marinskog (gline, pijesci, lapori i manji vapnenci), fluvijalnog (pijesci, šljunci), padinskog i eolskog (les i lesu slični sedimenti) podrijetla tercijarne i kvartarne starosti te eocenskom flišu. Klizišta se najčešće javljaju na glinama neogenske starosti, flišu, reliktnim pedološkim horizontima, i to u slučaju mladeg izdizanja i jače egzogeno-morfološke raščlanjenosti terena. U pravilu prate dolinske strane vodotoka, aktivne rasjede, jaruge (predgorske stepenice Medvednice, Ivančice, Žumberka, Kalnika, Papuka, Psunja, Kozare, Prosare, Motajice itd.) i pobrda: Marijagoričko,



Sl. 8. Karakteristična područja ugrožena procesima klizenja i urušno-kliznim pokretima

- a) Lesni strmci podunavskog dijela Hrvatske,
- b) Predgorske stepenice (glacisi) i pobrda peripanonskog područja Hrvatske i Bosne,
- c) Međugorske zavale i riječne doline Unutrašnjih Dinarida Hrvatske i Bosne,
- d) Flišna pobrda Vanjskih Dinarida i
- e) Jadranski otoci

Fig. 8. Specific areas endangered by landsliding and colluvial-landsliding movements

- a) Loess bluffs of Danube region in Croatia
- b) Pediments and hills of Peripannonian regions of Croatia and Bosnia
- c) Intermountain basins and river valleys of Inner Dinarides in Croatia and Bosnia
- d) Hills on flysch of Outer Dinarides
- e) Adriatic islands

Žitomirsko, Banijsko, zatim pobrda peripanske Bosne od rijeke Une do Drine. Pojava i intenzitet njihovog djelovanja bitno su uvjetovani antropogenim čimbenicima (gradnja i poljodjelske djelatnosti). Prevladavaju slojna i rotacijska klizišta te, manje, klizišta-potoci.

c) Medugorske zavale i riječne doline Unutrašnjih Dinarida Hrvatske i Bosne. U toj izdvojenoj regiji pojave klizišta značajka su produktivne zone neogenskih naslaga gdje iznad pretežno glinovitih sedimenata slijede lapori, vapnenci i ugljen. Pretežu rotacijska i slojna klizišta. Najviše ih je zabilježeno u Sarajevskoj - Zeničkoj (Kakanj, Breza, Zenica) i Tuzlanskoj zavali. Značajan broj rotacijskih, pa i blok klizišta vezan je i za terene u čijem sastavu sudjeluju ofiolitski melanž (Zrinska gora u Hrvatskoj, južno od Višegrada i u širem području Kladnja i Olova u istočnoj Bosni), klastični donji trijas preko kojeg leže okršeni vapnenci (dolina rijeke Prače i Drine u istočnoj Bosni, okolica Sarajeva i gornji tok rijeke Une u Hrvatskoj i Bosni), klastični srednji trijas (Podraščica i Ključ u Bosni), gips (okolica Prozora, dolina Une i Sane u Bosni) i laporima i glinama kredne starosti (Kladanj, Vlasenica i Višegrad u istočnoj Bosni), posebice na stranama duboko usječenih i tektonski predisponiranih dolina. Klizišta u ofiolitskom melanžu su rjeđa, ali su redovito velikih dimenzija (Višegrad, Kladanj, Olovo). Posebnu ulogu pritom imaju blokovi olistolita koji ubrzavaju klizne pokrete. Blok klizišta česta su u donjotrijaskim nepropusnim naslagama na koje se urušavaju pokrovni vapnenački blokovi. Naposljetku, klizišta, pretežno slojna, zapažena su i u terenima duboko rastrošenih paleozojskih škriljaca bosanskih škriljavih platinina, drinskog i sanskog paleozoika Bosne,

te Trgovske i Petrove gore u Hrvatskoj.

d) Pobrda i brežuljkasta područja oblikovana na flišu Vanjskih Dinarida. Razvijen je tip rotacijskih, slojnih i blok klizišta, napose na dodiru mikrotektonski razlomljenog strmca gorske skupine Ćićarije i vertikalno intenzivno raščlanjenog flišnog pobrda Istre, zatim na flišnom pobrdu Ravni kotara i okolice Dubrovnika u Hrvatskoj, te od Čemernog do Gackog u Hercegovini. Razvoj klizišta vezan je uglavnom za glinovito-laporovite sekvence fliša jurske - kredne i fliš eocenske starosti.

e) Klizišta na jadranskim otocima svojom pojavom su vezana za les i lesu slične naslage otoka Suska, flišne naslage Baške Drage na otoku Krku, te Milne i grada Hvara na otoku Hvaru. Dok su klizišta otoka Suska isključivo stepeničasta, urušno-kliznog obilježja, ona na flišu pretežno su slojna i rotacijska.

Urušavanje je sezonski, povremeni i sporadični padinski morfološki proces, često vezan za određene klizne procese. Djelovanje im je vezano za eskarpmane (padine > 55°) ili vrlo strme nagibe padina od 32 - 55°, te za urušavanje fizičkim i kemijskim procesima rastrošenog materijala (različitog promjera). Uzroci urušavanja mogu biti procesi zamrzavanja i odmrzavanja, rast ledenih kristala u stijeni (sezonski uzroci), bočna erozija tekućica (povremeni uzroci) i potresi (sporadični uzrok). U Bosni i Hercegovini odroni se češće pojavljuju na sjevernim padinama Magliča u dolini rijeke Sutjeske, u području Zelengore, dolini Bistrice, Prače, Drinjače, na jugozapadnoj padini Jahorine, dolini Poljanske Miljače, te na strukturnim stranama kvesti u Hercegovini. U Hrvatskoj su najizraženiji na lesnim odsjecima uz rijeku Dunav, zatim na eskarpmanima južnog Velebita, Ćićarije, Dinare i Biokova.

LITERATURA

- Bogнар, A. (1978.): Les i lesu slični sedimenti Hrvatske. Geografski glasnik br. 40, GDH Zagreb.
- Bogнар, Gy. Scheuer, F. Schweitzer, (1981./82.): Inženjersko-geomorfološke karakteristike strmih lesnih odsjeka uz Dunav i Tisu u Jugoslaviji i Mađarskoj. Geografski glasnik br. 43, GDH, Zagreb.
- Bogнар, A. (1983.): Tipovi klizišta u Hrvatskoj, Zbornik jugoslavenskog simpozija "Privredne nepogode u Jugoslaviji". SGDJ, Ljubljana.
- Bogнар, A., Šaler, A., Blazek, I. (1986.): Geomorfološke i inženjersko-geomorfološke osobine Kričkog brda. Geografski glasnik br. 48, GDH, Zagreb.
- Bogнар, A. (1987.): Reljef i geomorfološke osobine Jugoslavije. Veliki geografski atlas Jugoslavije, SN Liber, Zagreb.
- Bogнар, A. (1990.): Geomorfološke i inženjersko-geomorfološke osobine otoka Hvara i ekološko vrednovanje reljefa. Geografski glasnik br. 52, GDH, Zagreb.
- Bogнар, A. (1990.): Geomorfologija Baranje, Savez geografskih društava Hrvatske. Posebna izdanja, svezak 7, Zagreb.
- Bogнар, A. (1992.): Inženjersko-geomorfološke kartiranje, stanje i mogućnosti. Acta Geographica Croatica, Vol 27, Geografski odjel PMF-a, Zagreb.
- Mihljević, D. (1995.): Strukturno-geomorfološke osobine gorskog hrpta Učke, gorske skupine JI Čićarije i Istarskog pobrđa. doktorska disertacija, Geografski odsjek PMF-a, Zagreb.
- Pecsi, M. (1970.): Die problematik der Ingenieurgeomorphologie. Földrajzi Ertesitő, br. 4/1970, MTA FKI, Budapest.
- Pecsi, M. (1971.): Main types of landslides. god XCV, br. 2-3, Földrajzi Közleménye, MFT Budapest.
- Tokić, S., Genetski tipovi i osnovne geološke odlike kvartarnih naslaga B i H. Geološki glasnik 28, Sarajevo.
- Perica, D. (1994.): Geomorfološke osobine Južnog Velebita. magistarski rad, Geografski odjel PMF-a, Zagreb.
- Popov, I. V. (1959.): Inženjerna geologija. MGU, Moskva.
- Varneš, D. J. (1988.): Landslide Types and Processes. "Landslides and Engineering Practice" Highway Research Board, Special Report 29, Washington, D. C.

Summary

THE MAIN TYPES OF LANDSLIDES IN THE REPUBLIC OF CROATIA AND REPUBLIC OF BOSNIA AND HERCEGOVINA - GEOMORPHOLOGICAL AND LANDSCAPE ECOLOGICAL ASPECTS

by ANDRIJA BOGNAR

Increased interest has lately been shown in those areas which, due to their unfavourable relief characteristics, were regarded in the past as being unsuitable for civil engineering projects. Some of these areas include high loess bluffs (30 - 60 m) along the Danube and Sava river with specific morphological formation, pediments and hilly regions of the Peripanonic part of Croatia and Bosnia, intermountain basins and some river valleys in Inner Dinarides of Croatia and Bosnia, hilly regions modelled on Flysch of Outer Dinarides and Islands of the Adriatic.

A landslide is a rapid downslope mass movement of bedrock connected with the formation of a slip plane. The slip plane development distinguishes landslides from other types of mass movements. Distinction between types should be made not only from the genetical point of view, i.e. on the basis of their peculiar role in morphogenesis, but a distinction is required by the engineering-geological practice as well.

It is primarily the three-dimensional geometrical types of slip plane that the present genetical classification of the landslides has been relied upon, with a consideration of the morpho-lithogenic and hydrometeorologic characteristics. The necessity of the formation of the slip plane is the most characteristic feature of a landslide. This distinguishes it from the downfalls of materials on the slopes and provokes a periodical repetition of the phenomenon.

On the basis of the mentioned criteria and the consideration of the slide-promoting factors the following main types of landslides have been distinguished:

1. Slip of stratum. A carpet-like slip of strata takes place in the case when a clayey, sedimentary basement dips slightly down-

slope, being carpeted by ground-water-bearing sandy clays or products of weathering. In such cases a long, but discontinuous slip plane will form which usually has the same angle as the angle of dip of the underclay. The movement of the mass is periodical, setting in during the wet season. An environment endangered by sliding is readily revealed by geomorphological evidence such as waste mounds and tensile fissures, cracks, etc.

2. The slump may be treated as a classical representative of rotational landslides. This process takes place on a steep slope or artificial ramp made up of clays and loams. The semi-cylindrical slip plane is formed within the clay body along the surface of rupture. With regard to the base of the slope, this plane may be situated exactly at the base, above it or cut below it (undercut).

In this case a clay sequence is locally overlain by hard, permeable strata. In humid periods, under the thin and permeable hard cover the clay is moistened throughout its cross-section, undergoing plastic deformation, and the continuity of the hard cover is broken, producing fissures parallel to the margin or in the form of an arch. In cases of heavy moistening the marginal part of the clay sequence loses its stability in the slice produced by vertical fissures in that part of the overburden, where the highest shearing stress is manifested. If the rock-waste of earlier slump does not suffice as a counterweight capable of keeping equilibrium, a new shear-rupture will take place along a cylindrical slip plane. The marginal clay mass, together with its hard cover, will then display a rotating movement on the shear surface and slumps down to the base of the slope. In the slope-base

zone the depressions between the successive, slump-affected blocks may develop into intermitting lakes or ponds.

3. Many forms of loess bluffs have been observed whose morphological differences determine the degree of their stability, greatly influencing local hydrogeological relations. The erosive activity of the rivers and the effect of their changing water level on the movement of underground water, kinds of springs, and the lithological characteristics of loess and loess-like layers and Neogene sediments in their base are further factors which greatly influence stability and mobility of loess bluffs. In other words, the loss of material in the water and moisture content, considerably decreases their natural vertical stability, hastening the process of subsidence and slide detritus movement. By means of laboratory investigation the linear connection between void ratio and the subsidence factor has been established.

Slide detritus movements usually occur in types of so-called step-like sliding terrains.

Three basic types of loess bluffs can be defined:

- loess bluffs directly eroded by the waters of the Danube and Drava rivers,
- loess bluffs with a foreground sliding-detritus material,
- loess bluffs protected by a foreground of sliding-detritus material and flood plain.

In the first case the erosion of the river appears as a direct cause of loess bluff mobility. The side erosion of the rivers underwash the bluff. A direct dependence of the underground water movement and the changing water level is established. Consequently, such loess bluffs are, without exception, unstable. Similar characteristics are found in loess bluffs with a foreground of sliding-detritus material, which at a certain level of water content contributes to the formation of sliding surfaces and consequently a sliding-detritus movement. The permeable sediments of the Danube and Drava flood plains exist as natural collectilons in the outflow of underground water of the loess

bluff, and they are regarded as very stable terrain's for civil engineering projects.

4. Block-slides. Under the pressure of hard stone blocks a very slow mass movement down the sloping surface of clays takes place. The hard rock of varying thickness such as limestone, etc. overlaying a clay basement on the borders of plateau and benches or terraces, are jointed into separate blocks by fissures. These blocks will then gradually penetrate into the clay which becomes slightly plastic as a result of lasting compression, to let a part of its body protrude from below the rock block. During this process the block moves slowly downslope, via a set of minor and diversified slip planes. The clay will penetrate between the blocks, the movement being, however, very slow, usually just a few millimetres a year.

5. Channel-pathed landslide have arched centres and slip planes, being formed in the steepest upper part of the slope. The rock-waste slides rhythmically in a narrow channel. Afterwards the waters of newly-formed springs will overmoisten the slided mass which periodically becomes plastic and "flows" down, to be finally accumulated in the form of a tongue at the base of the slope. Morpho-lithological prerequisite for its fromation is a marked slope covered by rather thick (5 - 20 m) detrital products of weathering or by loess-loamy sediments. Morphohydrological prerequisite is a steep slope, where the groundwaters or artesian waters of the permeable strata cannot get across the overburden to reach the surface directly in the form of springs. A channel-pathed landslide is a complex phenomenon comprising both "slump" and "earth flow". The movement may last for years with temporary pauses of standstill, the motions being connected for the most part with the humid seasons.

Dr. sci. Andrija Bogнар, red. prof., Gografski odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19/II, Zagreb