

GEODINAMIČKI PROCESI I POJAVE

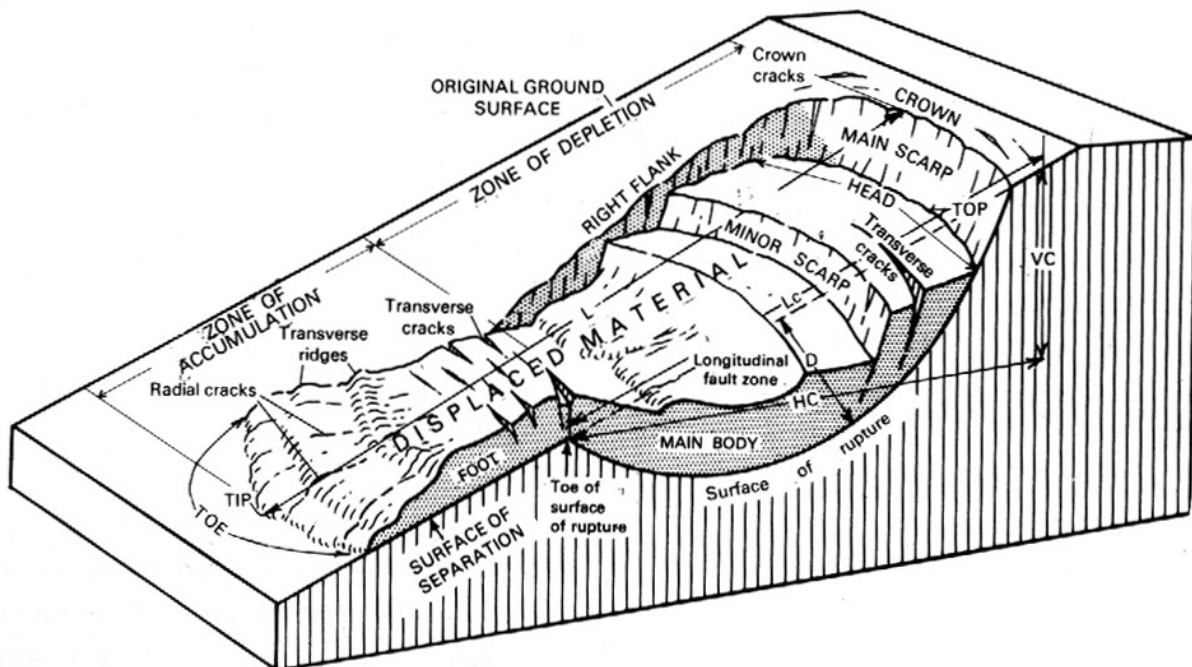
Geodinamičke pojave (fenomeni) su ona obilježja geološkog okoliša koja nastaju kao rezultat aktivnih geoloških procesa: erozije i akumulacije, eolskih procesa, klizanja, permafrosta, formiranja krških uvjeta, sufozije, volumnih promjena u tlu, seizmičke i vulkanske aktivnosti. U geodinamičke pojave se ne ubrajaju one koje nastaju procesima depozicije ili alteracije (izmjene) budući da su oni uključeni u opis značajki stijena i tala. U okviru inženjerskogeoloških istraživanja proučavaju se značajke geodinamičkih pojava i procesa: tip pojave/procesa; geometrija pojave (oblik i dimenzije); i aktivnost procesa. Svrha inženjerskogeoloških istraživanja je utvrditi uvjete u kojima su nastali, njihov intenzitet i učestalost, kako bi se procijenila opasnost koju mogu prouzročiti, tzv. geološki hazard.

Najčešći geodinamički proces je **klizanje**, nakon kojega kao posljedica ostaju klizišta. I u slučaju kada nisu katastrofalna, klizanja predstavljaju ozbiljan problem gotovo u svim dijelovima svijeta, jer uzrokuju ekonomske ili socijalne gubitke, izravne ili neizravne, na privatnim i/ili javnim dobrima. Izravne štete nastaju u trenutku aktiviranja klizišta, oštećivanjem objekata i ljudskim gubicima (smrt ili povreda) unutar granica prostiranja klizišta. Indirektne štete se iskazuju i kroz duže vremensko razdoblje: reduciranjem vrijednosti nekretnina u ugroženim područjima, gubitkom produktivnosti zbog oštećenja na dobrima ili prekidom prometa, smanjenjem produktivnosti prouzročenim smrću ljudi, ozljedama ili psihološkim traumama i, konačno, troškovima sanacije šteta. Mnoga klizanja povezana su s drugim istovremenim nepovoljnim događajima: bujicama, erozijom tla, poplavama itd. Stoga će u ovom dijelu, od geodinamičkih pojava/procesa, biti detaljnije razrađena samo klizanja, odnosno klizišta.

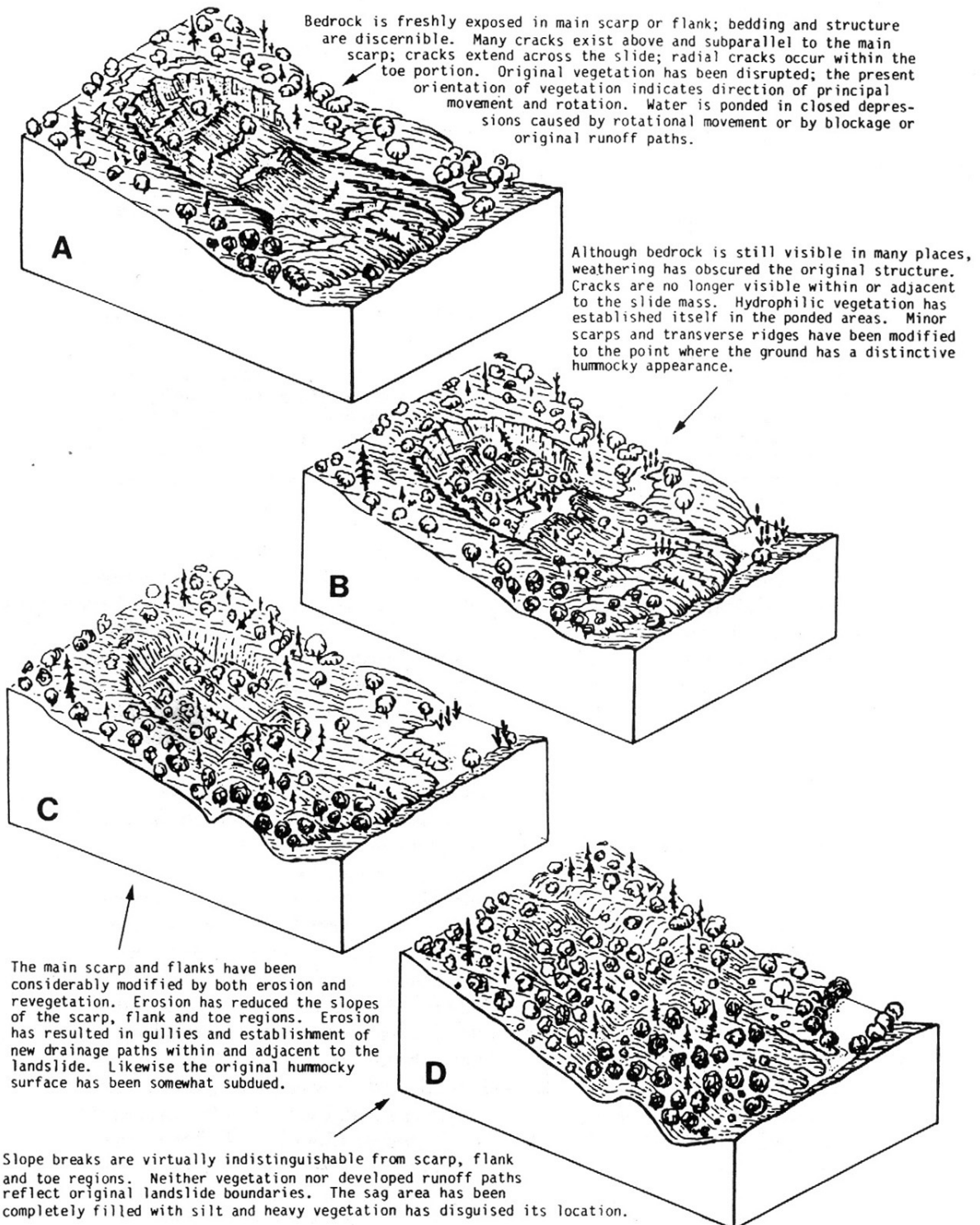
1.

Klizanje

Klizanje je kretanja mase stijena ili tla niz padinu (CRUDEN, 1991). Ono uključuje sve pokrete na padinama, neovisno o mehanizmu pokreta (VARNES, 1984). Na slici 68 prikazan je model idealnog klizišta nastalog klizanjem tla. Klizanje je ili prirodan proces oblikovanja reljefa (slika 69) ili se javlja kao posljedica ljudskih aktivnosti koje narušavaju stabilnost padina u brežuljkasto-brdovitim područjima. To su vrlo raznovrsne pojave po obliku, veličini pokrenute mase, načinu, brzini kretanja i drugim svojstvima.



Slika 1 Blok dijagram idealiziranog klizišta nastalog klizanjem tla (Varnes, 1978).



Slika 2 Blok dijagram morfoloških promjena padine zahvaćene klizanjem: A) obilježja aktivnog ili recentno aktivnog klizišta su jasno definirana i izražena; B) umireno mlado klizište zadržava jasna, ali ne i oštra obilježja; C) umireno starije klizište modificirano je zbog površinske drenaže, interne erozije i depozicije i vegetacije; D) umireno staro klizište obraslo vegetacijom.

1.1. Značajke klizišta i geometrija

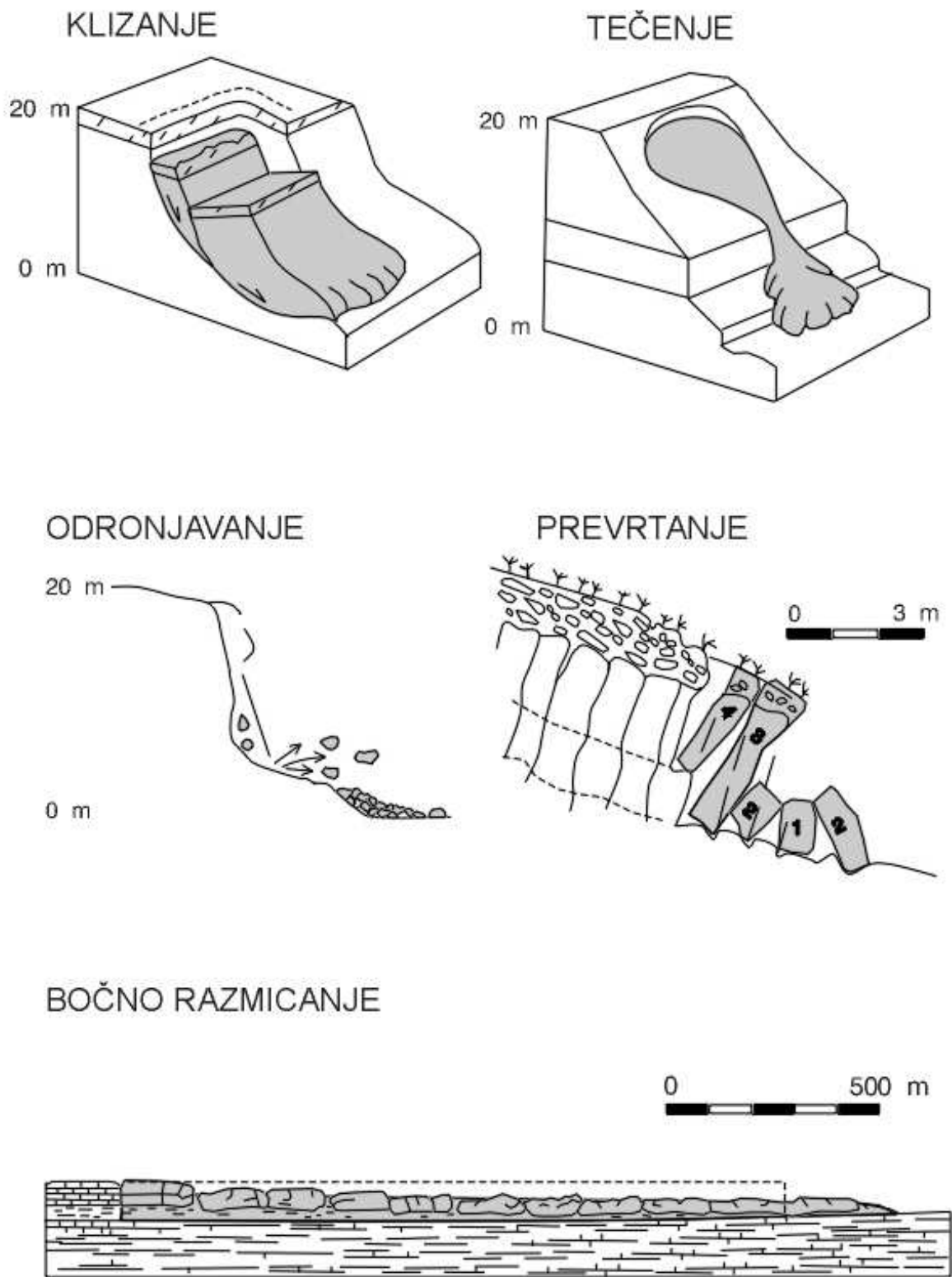
S obzirom da se pod nazivom 'klizanje' podrazumijevaju vrlo raznovrsne pojave po obliku, veličini pokrenute mase, načinu, brzini kretanja i drugim svojstvima, prilikom istraživanja klizišta potrebno je identificirati i opisati sljedeće značajke: tip klizanja; dijelove klizišta, dimenzije klizišta, aktivnost klizišta, brzinu kretanja, vrstu pokrenutog materijala i njegovu vlažnost. Da bi se klizišta mogla uspješno sanirati, potrebno je otkloniti uzorke koji su prouzročili klizanje. Standardnu nomenkaturu za opis svega navednoga razradila je, tijekom devedesetih godina, Komisija za klizišta Međunarodnog društva za inženjersku geologiju.

1.1.1. Tipovi klizanja

Način distribucije kretanja pokrenute mase stijena/tala, tj. kinematika klizanja, jedan je od osnovnih kriterija za klasifikaciju klizišta. Prema mehanizmu kretanja razlikuje se pet tipova klizanja: odronjavanje, prevrtanje, klizanje (u užem smislu riječi), širenje (razmicanje) i tečenje. Tipovi klizanja opisani su u tablici 42, a predočeni su slikom 70.

Tablica 1 Tipovi klizanja.

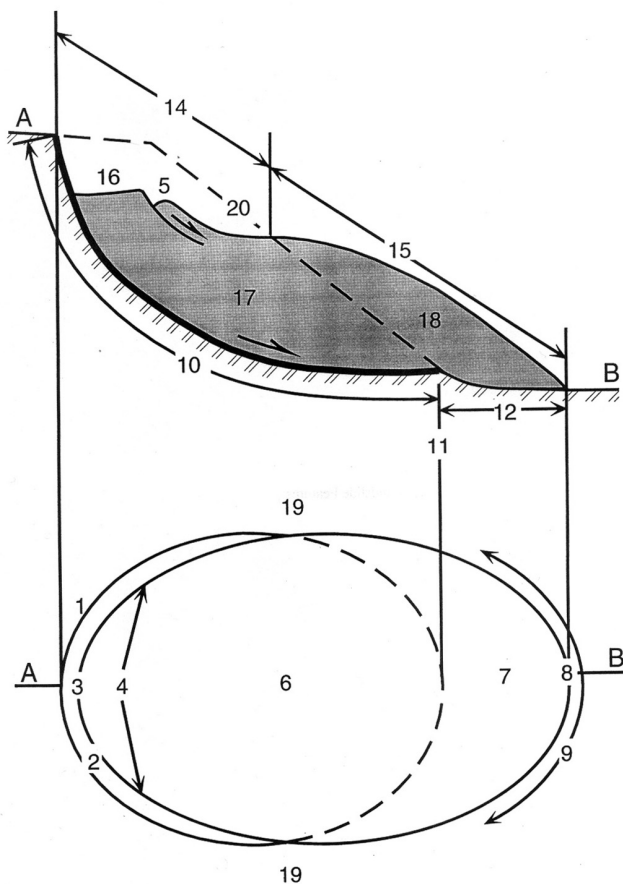
BROJ	NAZIV	DEFINICIJA
1	odronjavanje (<i>eng. fall</i>)	Odvajanje mase sa strmih padina po površini, na kojoj ima malo ili uopće nema smicanja, već dolazi do slobodnog pada materijala, prevrtanja ili kotrljanja.
2	prevrtanje (<i>eng. topple</i>)	Rotacija (prema naprijed) odvojene mase oko osi koja se nalazi u njezinoj bazi ili u blizini baze; ponekad može biti izraženo kao još međusobno prislonjeni odvojeni blokovi. Prevrtanje može prethoditi ili slijediti nakon odronjavanja ili klizanja.
3	klizanje (<i>eng. slide</i>)	Kretanje manje ili više koherentne mase po jednoj ili više dobro definiranih kliznih ploha (ploha sloma).
4	razmicanje ili širenje (<i>eng. spread</i>)	Glavni način kretanja je bočno razmicanje blokova uslijed kojega nastaju smičuće ili tenzijske pukotine.
5	tečenje (<i>eng. flow</i>)	Raznovrsna kretanja sa znatnim varijacijama brzine i sadržaja vode, a iskazuje se kao prostorno kontinuirana deformacija. Tečenje često počinje kao klizanje, odronjavanje ili kao prevrtanje na strmim padinama, pri čemu dolazi do brzog gubitka kohezije pokrenutog materijala.



Slika 3 Tipovi klizanja.

1.1.2. Dijelovi klizišta

Dijelovi klizišta prikazani su na slici 71, a opisani su u tablici 43. Pokretanje materijala od viših dijelova padine prema nižima rezultira **zonom usijedanja** (14) i **zonom akumulacije** (15) pokrenutog materijala. Granična ploha koja odvaja pokrenuti materijal od nepokrenute podloge naziva se **ploha sloma** (10). Ova je ploha otkrivena jedino pri vrhu klizišta gdje je vidljiva kao **glavna pukotina** (2). Gornji dio glavne pukotine čini **krunu ili čelo klizišta** (1). **Prednjom stranom klizišta** (4) smatra se pokrenuti materijal uz glavnu pukotinu. Najviša točka pokrenute mase nalazi se na prednjoj strani klizišta, a naziva se **vrh** (3). Najniža točka pokrenute mase je **dno** (8); to je ujedno i najudaljenija točka **završetka klizišta** (9) do koje je materijal transportiran. **Stopa ili podnožje klizišta** (7) je dio mase pokrenut i izvan završetka **plohe sloma** (11). **Glavnim tijelom klizišta** (6) smatra se samo onaj dio pokrenute mase koji se nalazi iznad plohe sloma. U produžetku plohe sloma je **ploha separacije** (12), odnosno **originalna površina tla** (20) prekrivena **akumulacijom** (18). Iznad akumulacije je



usjednuta masa (17), a one zajedno čine **pokrenutu masu/materijal** (13). Diferencijalnim kretanjem pokrenutog materijala u gornjim dijelovima klizišta nastaju **sekundarne ili donje škarpe** (5). Bočni završetci klizišta nazivaju se **bokovi** (19).

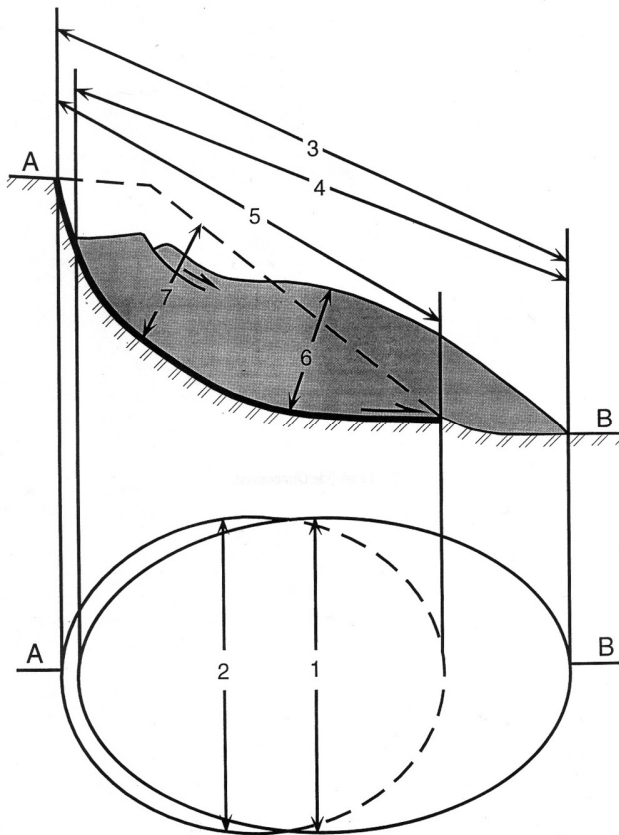
Slika 4 Dijelovi klizišta (brojevi se odnose na terminologiju danu u tablici 43).

Tablica 2 Definicije dijelova klizišta.

BROJ	NAZIV	DEFINICIJA
1	kruna ili čelo (eng. <i>crown</i>)	nepokrenuti materijal uz najviši dio glavne pukotine
2	glavna pukotina ili škarpa (eng. <i>main scarp</i>)	strma ploha u neporemećenom tlu u gornjem dijelu klizišta otvorena kretanjem materijala niz padinu (pokrenuti materijal – 13); to je vidljivi dio plohe sloma (10)
3	vrh (eng. <i>top</i>)	najviša točka kontakta pokrenutog materijala i glavne pukotine (2)
4	prednja strana (eng. <i>head</i>)	gornji dijelovi klizišta uz kontakt pokrenutog materijala i glavne pukotine (2)
5	donja škarpa (eng. <i>minor scarp</i>)	strma ploha u pokrenutom materijalu klizišta nastala diferencijalnim kretanjem unutar pokrenute mase
6	glavno tijelo (eng. <i>main body</i>)	dio pokrenutog materijala klizišta koji prekriva plohu sloma (10) između glavne pukotine (2) i završetka plohe sloma (11)
7	stopa ili podnožje (eng. <i>foot</i>)	dio klizišta koji je pokrenut dalje od završetka plohe sloma (11) i naliže direktno na originalnu površinu tla (20)
8	dno (eng. <i>tip</i>)	najudaljenija točka na završetku klizišta (9) gledano od vrha klizišta (3)
9	završetak klizišta (eng. <i>toe</i>)	donji rub pokrenutog materijala klizišta, obično zakrivljenog oblika, koji je naudaljeniji od glavne pukotine (2)
10	ploha sloma (eng. <i>surface of rupture</i>)	ploha koja predstavlja donju granicu pokrenutog materijala (13) a koja se nalazi ispod originalne kosine (20); ploha sloma u mehaničkom smislu se idealizirano promatra kao klizna ploha
11	završetak plohe sloma (eng. <i>toe of surface of rupture</i>)	presječnaica između donjeg dijela plohe sloma (10) klizišta i originalne površine tla (20)
12	ploha separacije (eng. <i>surface of separation</i>)	dio originalne površine tla (20) prekriven stopom klizišta (7)
13	pokrenuti materijal (eng. <i>displaced material</i>)	materijal pomaknut klizanjem iz svog prvobitnog položaja; sastoji se od usjednute mase (17) i akumulacije (18); na slici označen crtkanom linijom
14	zona usjednutog materijala (eng. <i>zone of depletion</i>)	područje klizišta unutar pokrenutog materijala (13) koje je niže od originalne površine tla (20)
15	zona akumulacije (eng. <i>zone of accumulation</i>)	područje klizišta unutar pokrenutog materijala (13) koje je više od originalne površine tla (20)
16	usijedanje (eng. <i>depletion</i>)	volumen ograničen glavnom pukotinom (2), usjednutom masom (17) i originalnom površinom tla (20)
17	usjednuta masa (eng. <i>depleted mass</i>)	volumen pokrenutog materijala koji leži na plohi sloma (10), ali ispod originalne površine tla (20)
18	akumulacija (eng. <i>accumulation</i>)	volumen pokrenutog materijala (13) koji leži iznad originalne površine tla (20)
19	bok (eng. <i>flank</i>)	nepokrenuti materijal uz bočni dio plohe sloma; određivanje lijevog i desnog boka izvodi se gledajući od gornjeg dijela klizišta (krune ili čela)
20	originalna površina tla (eng. <i>original ground surface</i>)	površina kosine koja je postojala prije nego je došlo do klizanja

1.1.3. Dimenzije klizišta

Dimenzije klizišta opisuju se pomoću pojmova definiranih u tablici 44, a koji su grafički predočeni na slici 72. Kod određivanja dimenzija klizišta mjere se: ukupna duljina klizišta; dimenzije pokrenute mase (duljina - L_d ; širina - W_d ; i dubina - D_d); i dimenzije plohe sloma (duljina - L_r ; širina - W_r ; i dubina - D_r).



Na osnovi poznatog oblika klizišta i njegovih dimenzija moguće je procijeniti volumen klizišta, što se koristi prilikom projektiranja mjera sanacije. Na primjer, ploha sloma kod rotacijskih tipova klizišta najčešće se aproksimira pravilnim geometrijskim tijelom koje odgovara polovici elipsoida, pri čemu su njegove osi definirane sljedećim veličinama: D_r , $W_r/2$, $L_r/2$.

Slika 5 Dimenzije klizišta (brojevi se odnose na terminologiju danu u tablici 44).

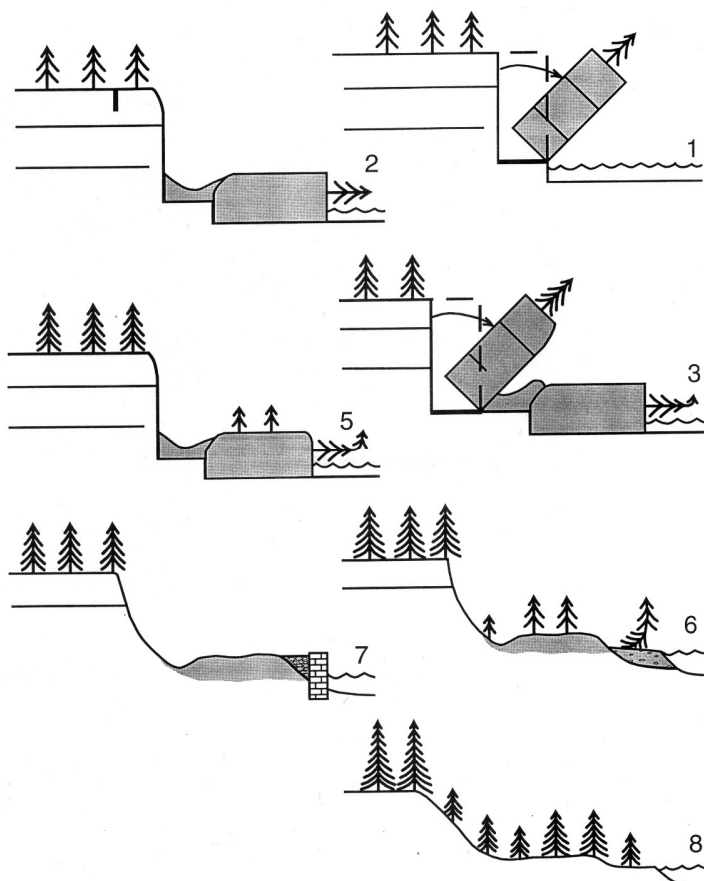
Tablica 3 Definicije dimenzija klizišta.

BROJ	NAZIV	DEFINICIJA
1	širina pokrenute mase, W_d	maksimalna širina pokrenute mase okomito na duljinu L_d
2	širina plohe sloma, W_r	maksimalna udaljenost između bokova klizišta, okomito na duljinu L_r
3	ukupna duljina, L	maksimalna udaljenost od krune do dna klizišta
4	duljina pokrenute mase, L_d	maksimalna udaljenost od vrha do dna klizišta
5	duljina plohe sloma, L_r	minimalna udaljenost od krune klizišta do završetka plohe sloma
6	dubina pokrenute mase, D_d	maksimalna dubina pokrenute, mjerena okomito na ravninu koju definiraju W_d (1) i L_d (4)
7	dubina plohe sloma, D_r	maksimalna dubina plohe sloma mjerena od originalne površine okomito na ravninu koju definiraju W_r (2) i L_r (5)

1.1.4. Aktivnost klizišta

Aktivnost klizišta je širok pojam jer obuhvaća: (1) stanje aktivnosti koje opisuje vrijeme kretanja; (2) distribuciju aktivnosti koja opisuje smjer kretanja klizišta; (3) stil aktivnosti koji ukazuje na tip ili kombinaciju tipova kretanja prema njihovom mehanizmu.

Stanje aktivnosti opisano je terminologijom danom u tablici 45, a ilustrirano je na slici 73 na primjeru idealnog klizanja – tip prevrtanja.

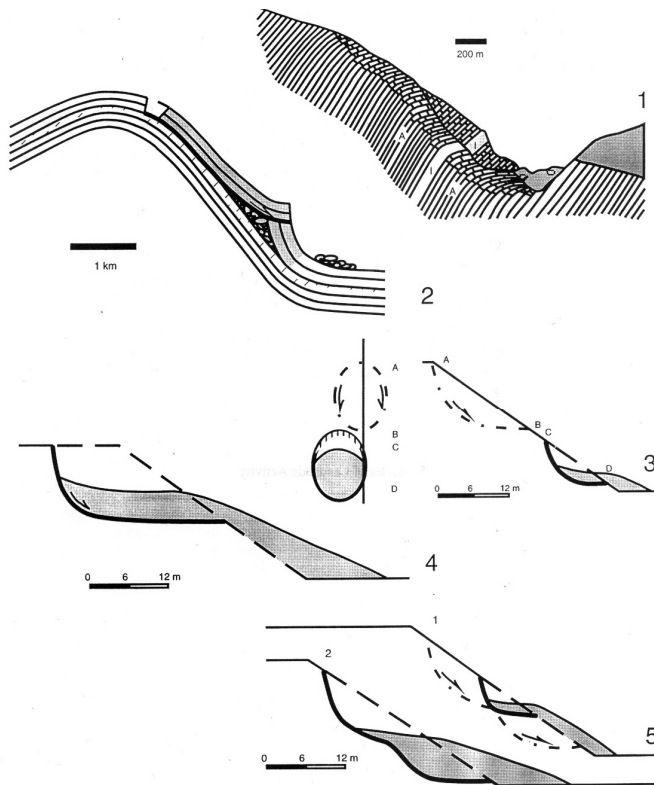


Slika 6 Stanja aktivnosti prevrtanja (brojevi se odnose na terminologiju danu u tablici 45): (1) aktivno – erozija u podnožju kosine prouzročila je prevrtanje bloka; (2) trenutačno neaktivno – razvoj lokalnih pukotina u kruni prevrtanja; (3) reaktivirano – prevrtanje sljedećeg bloka; (5) privremeno umireno – na pokrenutoj masi ponovno raste vegetacija, pukotine se modificiraju trošenjem; (6) trajno umireno – taloženje fluvijalnog nanosa zaštitilo je podnožje kosine, na pukotinama pokrenute mase razvija se vegetacija; (7) stabilizirano – podnožje kosine zaštićeno potpornim zidom; (8) reliktno ili fosilno – ponovno uspostavljen ravnomjeren vegetacijski pokrivač.

Tablica 4 Stanja aktivnosti klizišta.

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

Stil aktivnosti podrazumijeva način ili načine na koje se odvija klizanje. Ovisno o tome sudjeluju li u krenju pokrenute mase jedan ili više tipova (odron, prevrtanje, klizanje, bočno širenje, tečenje), klizišta se opisuju terminologijom danom u tablici 47. Grafički prikaz pojedinih klizanja s obzirom na stil aktivnosti dan je na slici 75.



Slika 8 Stilovi aktivnosti klizanja (brojevi se odnose na terminologiju danu u tablici 47): (1) kompleksno – dva tipa kretanja, prevrtanje gnajsa (A) i migmatita (I) popraćeno kasnijim klizanjem trošnog materijala; (2) mješovito – klizanje vapnenaca po šejlovima uz istovremeno prevrtanje u donjem dijelu padine; (3) sukcesivno – kasnije klizanje AB, istog tipa kao ranije DC odvija se u neposrednoj blizini, ali po odvojenim kliznim plohama; (4) pojedinačno; (5) višestruko.

Tablica 6 Terminologija za opis stilova aktivnosti klizanja s pripadajućim definicijama.

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

1.1.5. Brzina kretanja

Brzina kretanja klizišta izražava se u milimetrima po sekundi, a obuhvaća sedam kategorija brzina, čije granične vrijednosti su dane u tablici 48. Brzina klizanja opisuje se terminima: ekstremno sporo, vrlo sporo, sporo, srednje brzo, brzo, vrlo brzo i ekstremno brzo.

Tablica 7 Ljestvica za opis brzine kretanja klizišta.

Velocity Class	Description	Velocity (mm/sec)	Typical Velocity
7	Extremely Rapid	5×10^3	5 m/sec
6	Very Rapid	5×10^1	3 m/min
5	Rapid	5×10^{-1}	1.8 m/hr
4	Moderate	5×10^{-3}	13 m/month
3	Slow	5×10^{-5}	1.6 m/year
2	Very Slow	5×10^{-7}	16 mm/year
1	Extremely Slow		

1.1.6. Materijal klizanja

Materijal klizanja može se opisati kao **stijena** (tvrda ili čvrsta masa koja je bila intaktna prije inicijacije kretanja) ili tlo (agregat čvrstih čestica, minerala ili stijena, koje su prethodno transportirane ili su nastale trošenjem na licu mjesta). Plinovi i tekućine koje ispunjavaju pore tla sastavni su dio tla. Tla se dijele na **zemlju** (eng. earth) i **debris** (eng. debris). Zemljom se smatraju materijali u kojima je 80% ili više čestica manje od 2 mm (gornja granica pijeska). Debris sadrži značajan udio krupnozrnatog materijala; 20-80% čestica koje su veće od 2 mm i ostatak čestica manjih of 2 mm. Ovi termini odnose se na pokrenuti materijal prije nego što j aktiviran klizanjem. Na primjer, 'stijenski odron' (eng. rock fall) označava da je iniciranjem klizanja pokrenuta stijenska masa. Nakon klizanja, tj. odrona stijene može nastati debris. Ukoliko se radi o kompleksnom klizanju u kojemu se tip kretanja mijenja s napredovanjem procesa, potrebno je opisati materijal na početku svakog pojedinog kretanja u nizu. Na primjer, stijenski odron na koji se kontinuirano nastavlja tečenje pokrenutog materijala potrebno je opisati kao 'stijenski odron-tečenje debris'.

Na temelju opisa vlažnosti materijala u kretanju razlikuju se sljedeće klase pokrenutog materijala:

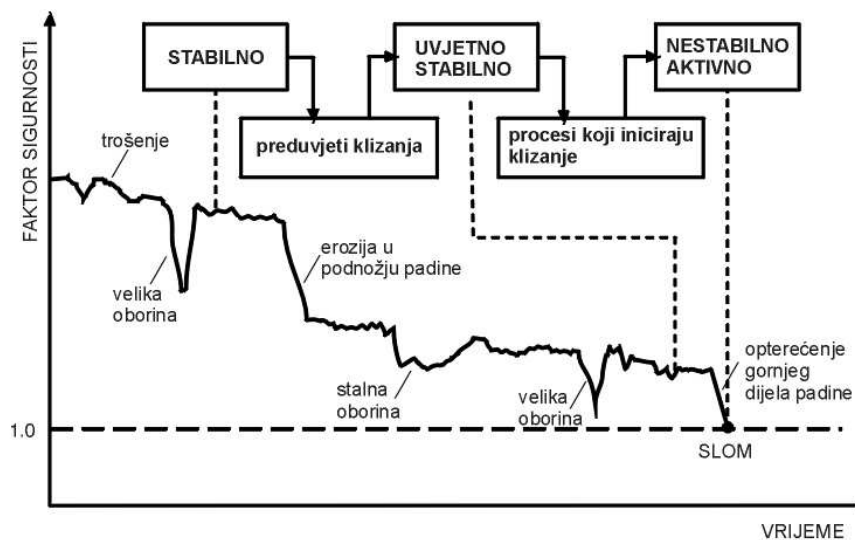
1. **Suh materijal:** vlažnost nije izražena;
2. **Vlažan materijal:** sadrži nešto vode, ali ne kao slobodnu vodu; materijal se može ponašati plastično, ali ne teče;
3. **Mokar materijal:** sadrži dovoljno vode da bi se ponašao kao tekućina, iz njega teče voda ili se na njemu zadržava
4. **Vrlo mokar materijal:** sadrži dovoljno vode da teče kao tekućina.

1.1.7. Uzroci klizanja

Opća definicija faktora sigurnosti padine (F) daje odnos posmične čvrstoće materijala (τ_f) i posmičnih

naprezanja (τ) po pretpostavljenoj ili utvrđenoj plohi sloma: $F = \frac{\tau_f}{\tau}$

U skladu s ovom definicijom, Terzaghi (1950) je podijelio uzroke klizanja u dvije grupe: (1) vanjski uzroci uslijed kojih se povećavaju posmična naprezanja (npr. geometrijske promjene padine, rasterećenje nožičnog dijela klizišta, opterećenje vrha klizišta, šokovi i vibracije, promjene razine podzemne vode); (2) unutarnji uzroci zbog kojih se umanjuje posmična čvrstoća (npr. progresivni slom, trošenje, erozija procjeđivanja). Međutim, neki od ovih uzroka mogu istovremeno utjecati i na posmična naprezanja i na posmičnu čvrstoću. Na slici 76 prikazan je primjer varijacija faktora sigurnosti određene padine u funkciji vremena, a kao posljedica sezonskih oborina i evaporacije.

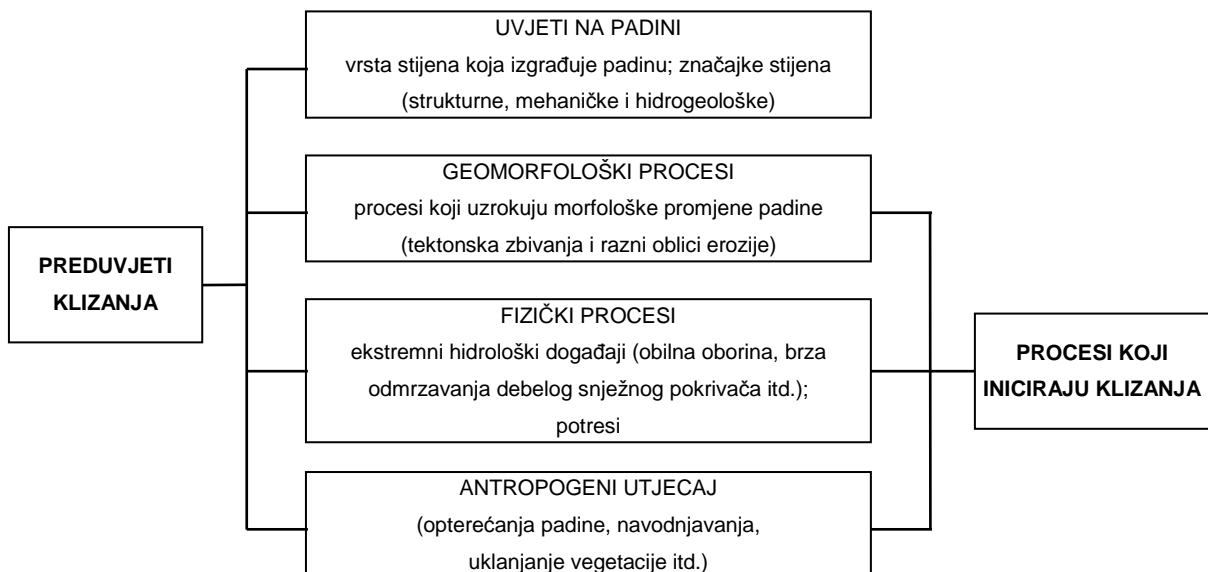


Slika 9 Primjer promjena faktora sigurnosti s vremenom.

Pomoću faktora sigurnosti razlikuju se samo stabilne padine od nestabilnih. Međutim, korisnije je promatrati padine s aspekta sljedeća tri stupnja: stabilne, granično stabilne i aktivno nestabilne. Stabilne padine su one kod kojih je granica stabilnosti dovoljno visoka da se mogu oduprijeti silama koje ih destabiliziraju. Granično stabilne padine će doživjeti slom u trenutku kada destabilizirajuće sile dosegnu određenu razinu aktivnosti. Aktivno nestabilne padine su one kod kojih destabilizirajuće sile uzrokuju kontinuirano ili povremeno kretanje. S obzirom na ova tri stupnja, uzročnici klizanja klasificiraju se u dvije skupine (slika 77):

1. Preduvjeti klizanja (eng. preparatory causal factors) čine padinu osjetljivom na klizanje, ali ga ne iniciraju, već samo dovode padinu u stanje granične ravnoteže.
2. Inicijalni uzroci (eng. triggering causal factors) su procesi koji iniciraju kretanje, jer padinu iz granično stabilnog stanja dovode u aktivno nestabilno stanje.

Najčešći je slučaj da je klizanje inicirano samo jednim procesom, ali je predisponirano brojnim preduvjetima i procesima. S obzirom na vremensku varijabilnost, destabilizirajući procesi se mogu svrstati u: one koji sporo djeluju (npr. trošenje, erozija) i one koji brzo djeluju (npr. potresi). Prilikom istraživanja uzroka klizanja, pažnja se često posvećuje procesima koji izazivaju najveće promjene u padini. Iako spori procesi djeluju duže vrijeme na način da umanjuju odnos otpornost/posmična čvrstoća, klizanje najčešće iniciraju procesi s brzim djelovanjem.



Slika 10 Tipovi uzročnika (faktora) klizanja.

Tablica 8 Popis uzročnika klizanja.

1. UVJETI NA PADINI (značajke stijena/tala)	
1)	materijali visoke plastičnosti
2)	senzitivni materijali
3)	kolapsibilni materijali
4)	trošni materijali
5)	smicani materijali
6)	raspucani materijali
7)	masa s nepovoljno orijentiranim diskontinuitetima (uključivo slojevitost, škrljavost, klivaž)
8)	masa s nepovoljno orijentiranim diskontinuitetima (uključivo rasjedi, zone smicanja, geološke granice)
9)	izmjena slojeva različite propusnosti i njihov utjecaj na razinu podzemne vode
10)	izmjena slojeva različite krutosti (kruti, zbijeni materijali na plastičnim materijalima)
2. GEOMORFOLOŠKI PROCESI	
1)	tektonsko izdizanje
2)	vulkansko izdizanje
3)	glacijalni procesi
4)	fluvijalna erozija u nožičnom dijelu padine
5)	erozija valova u nožičnom dijelu padine
6)	glacijalna erozija u nožičnom dijelu padine
7)	erozija bočnih rubova
8)	podzemna erozija (otapanje, ispiranje čestica)
9)	opterećenje vrha padine taloženjem sedimenata
10)	odstranjivanje vegetacije (erozijom, požarom, sušom)
3. FIZIČKI PROCESI	
1)	intenzivna kratkotrajna oborina
2)	brzo otapanje debelog snježnog pokrivača
3)	dugotrajna visoka oborina
4)	poplave, plima, vodni valovi
5)	potres
6)	vulkanska erupcija
7)	prodiranje vode slamanjem obala jezera u kraterima
8)	otapanje permafrosta
9)	trošenje uslijed smrzavanja i otapanja
10)	trošenje ekspandirajućih materijala stezanjem i bubrenjem
4. ANTROPOGENI PROCESI	
1)	iskopi na padini ili u njezinoj nožici
2)	opterećenje padine ili njezinih vršnih dijelova
3)	punjenje vodom (rezervara)
4)	navodnjavanje
5)	loše održavanje drenažnih sustava
6)	procjeđivanje iz komunalne infrastrukture (npr. kanalizacije, vodovoda)
7)	odstranjivanje vegetacije (odšumljavanje)
8)	rudarenje i površinska eksploatacija
9)	odlagališta rahlog otpada
10)	umjetne vibracije (zbog prometa, teških strojeva itd.)

U tablici 49 pojedinačno su nabrojani mogući uzroci klizanja, ovisno o njihovoj pripadnosti osnovnim skupinama prikazanim na (slici 77). Uzroci iz svih četiriju skupina mogu stvoriti predispozicije za klizanje, a inicijatori klizanja mogu biti svi osim uzroka iz prve skupine, tzv. uvjeta na padini.

Uvjeti na padini ili značajke materijala/mase stijena/tala (opisane u poglavlju II) istražuju se inženjerskogeološkim kartiranjem klizišta i njegove bliže okolice, istraživačkim bušenjem, in situ pokusima i laboratorijskim pokusima.

Geomorfološki procesi se očituju se morfološkim promjenama u reljefu, koje se najlakše uočavaju na starijim topografskim kartama, avionskim i satelitskim snimcima, kartiranjem površine klizišta ili se o njima saznaje iz razgovora s lokalnim stanovništvom.

Fizički procesi su procesi u okolišu, a njih se najčešće zapisuje instrumentalno pomoću seizmografa (potresi), mjernih instrumenata za oborine ili pijezometrima.

Antropogeni procesi se odnose na sve one ljudske zahvate na klizištu ili u neposrednoj blizini. Vrlo je korisno razlučiti klizišta koja su nastala kao prirodan proces formiranja reljefa od onih koja su posljedica ljudske aktivnosti.

1.1.8. Stabilizacija klizanja

Stabilizacija postojećeg klizanja ili prevencija potencijalnog klizanja provodi se reduciranjem sila koje ga pokreću ili povećanjem sila otpora. Sve mjere sanacije moraju uključivati barem jednu od ovih komponenti, a ponekada i obje. U tablici 50 nalazi se popis mjera sanacije klizišta, s time da su one razvrstane u četiri skupine: modifikacija geometrije padine; drenaža; potporne građevine; i interno pojačanje padine.

Tablica 9 Popis mjera sanacije klizišta.

1. MODIFIKACIJA GEOMETRIJE PADINE	
1)	odstranjivanje materijala s klizišta (s moućom zamjenom materijala)
2)	dodavanje materijala radi održavanja stabilnosti (berme ili nasipi)
3)	smanjivanje nagiba kosine
2. DRENAŽA	
1)	površinska drenaža radi odstranjivanja vode koja teče po klizištu (pomoću jaraka i kanala)
2)	plitki ili duboki drenažni jarci ispunjeni slobodnodrenirajućim geomaterijalima (krupnozrnaste ispune ili geosintetici)
3)	podupirući kontrafori od krupnozrnastog materijala (hidrogeološki učinak)
4)	vertikalne bušotine (malog promjera), iz kojih se voda crpi ili su samodrenirajuće
5)	vertikalni bunari (velikog promjera) s gravitacijskim dreniranjem
6)	subhorizontalne ili subvertikalne bušotine
7)	drenažni tuneli, galerije ili potkopi
8)	odvodnjavanje vakumom
9)	drenaža sifonima
10)	elektroosmotsko odvodnjavanje
11)	sadnja vegetacije (hidrogeološki učinak)
3. POTPORNE GRAĐEVINE	
1)	masivni (gravitacijski) potporni zidovi
2)	zidovi od prefabriciranih elemenata
3)	gabionski zidovi
4)	pasivni piloti i kesoni
5)	armirano-betonski zidovi izrađeni na licu mjesta
6)	armirane zemljane građevine s trakastim/pločastim polimersko/metalnim armirajućim elementima
7)	potporni kontrafori od krupnozrnastog materijala (mehanički učinak)
8)	mreže za zadržavanje materijala na licima padina u stijenama
9)	sustavi za oslabljivanje ili zaustavljanje odronjavanja (jarci, klupe, ograde i zidovi za skupljanje kamenja)
10)	zaštitni blokovi od stijena ili betona protiv erozije
4. UNUTARNJE OJAČANJE PADINE	
1)	kratka sidra
2)	mikropiloti
3)	čavlano tlo
4)	prednapregnuta (geotehnička) sidra
5)	injektiranje
6)	kolone od kamena ili vapna/cementa
7)	termička obrada
8)	zamrzavanje
9)	elektroosmotska sidra
10)	sadnja vegetacije (mehanički efekt povećanja čvrstoće pomoću korijenja bilja)

Pri sanaciji klizišta dreniranje se smatra glavnom metodom, a vrlo često se koristi i modifikacija geometrije padine. Njihova široka primjena uobičajena je i stoga što su to jeftinije metode u usporedbi s metodama iz preostale dvije skupine, a također se gotovo uvijek i koriste u kombinaciji s njima. Na primjer, ukoliko je glavna metoda izrada potporne konstrukcije, potrebno ju je upotpuniti drenažom i modifikacijom nagiba padine.