

Zaštita kosina i sanacija klizišta

Prof. dr. sc. Tanja Roje-Bonacci

Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu

Stručni prikaz

Uvod

Posebna grana geotehnike, naročito inženjerske geologije i mehanike tla i stijena, danas se bavi zaštitom kosina i sanacijama klizišta. Ova dva područja imaju zajedničko jedino to što se oba bave kosinama iako načini obrade pojedinog slučaja uvijek predstavljaju jedinstveno rješenje. Može se razmatrati zaštita prirodnih kosina dok još nisu postale opasne za okoliš, zaštita kosina prilikom iskopa, zaštita objekata u nožici od nepovoljnih utjecaja kosine iznad njih, sanacija potencijalnih klizišta, sanacija aktivnih klizišta i načini izbjegavanja nepovoljnih utjecaja potencijalnih klizišta ili odrona i slično, na građevine koje ista mogu ugroziti. To govori o vrlo širokim mogućnostima djelovanja inženjera u ovom području.

Na slici 1 prikazane su oznake upozorenja, koje se mogu naći širom svijeta, vezano za klizanja i odrone. To znači da to nije samo naša specijalnost, već da i mnogo bogatije zemlje vode bitku s ovim neugodnim prirodnim pojavama.



Slika 1 Razni znaci upozorenja na odrone i klizanja (Highland i Bobrowsky 2008.)

Da bi se pristupilo rješavanju ovih zadataka potrebno je najprije sagledati mogući ili već postojeći događaj, bilo da se radi o odronima i klizanjima u stijenskim masama, bilo da se radi o potencijalnim ili aktivnim klizištima. Prema mišljenju autora postoji nekoliko pravaca u kojima pri tom treba ići. Jedan od njih je zaštita usjeka i zasjeka. Tu inženjer vlada situacijom pa može i treba izraditi projekt zaštite kosine s rješenjima koja mogu biti varijantna za različite situacije. Ovi zahvati najmanje koštaju, ako se izvode tijekom iskopa kada je jednostavno pristupiti mjestima na kojima je potrebno izvesti pojedini zahvat. Primjer su razni zahvati pri izvedbi dubokih građevnih jama i usjeka i zasjeka pri izgradnji prometnica.

Drugi je slučaj zaštita na prirodnim pokosima i starim, nezaštićenim zasjecima, koji se uslijed utjecaja atmosferilija postepeno troše i prijete područjima ispod njih. Tipičan primjer su odroni na jadranskoj turističkoj cesti i drugim cestama u Dalmaciji. Pokosi usjeka i zasjeka, kao i prirodni pokosi, okrenuti jugu, izloženi su snažnom utjecaju atmosferilija i stalno podložni rastrožbi, mnogo jače nego što je to za očekivati u stijenskoj masi (Roje-Bonacci 1994.). Tu spadaju i flišne padine, također jako podložne rastrožbi. Mehanizam trošenja u flišu je nešto drugačiji od onoga u okršenim vapnencima (Miščević, Vlastelica 2012.). U ovim vrstama mekih stijena česta su plitka, izdužena klizanja površinskog, rastrošenog pokrivača. Svaki od ovih slučajeva traži zaseban pristup pri zaštiti pokosa.

Treći je slučaj zaštite i sanacija potencijalnih i aktivnih klizišta. Njih najčešće uzrokuje promjena u efektivnim naprezanjima uslijed različitih djelovanja podzemne vode. Stoga je prilikom projektiranja zaštite, podzemna voda ona, na koju treba obratiti najveću pažnju.

Četvrti je slučaj kada nije moguće izbjeći utjecaje klizanja i odrona. Tada treba pribjeći ili njihovom izbjegavanju ili izradi građevine koje infrastrukturu štite od nepoželjnih, štetnih i često vrlo opasnih utjecaja odrona i klizanja.

Za svako rješenje prvo je potrebno prepoznati moguću pojavu klizanja.

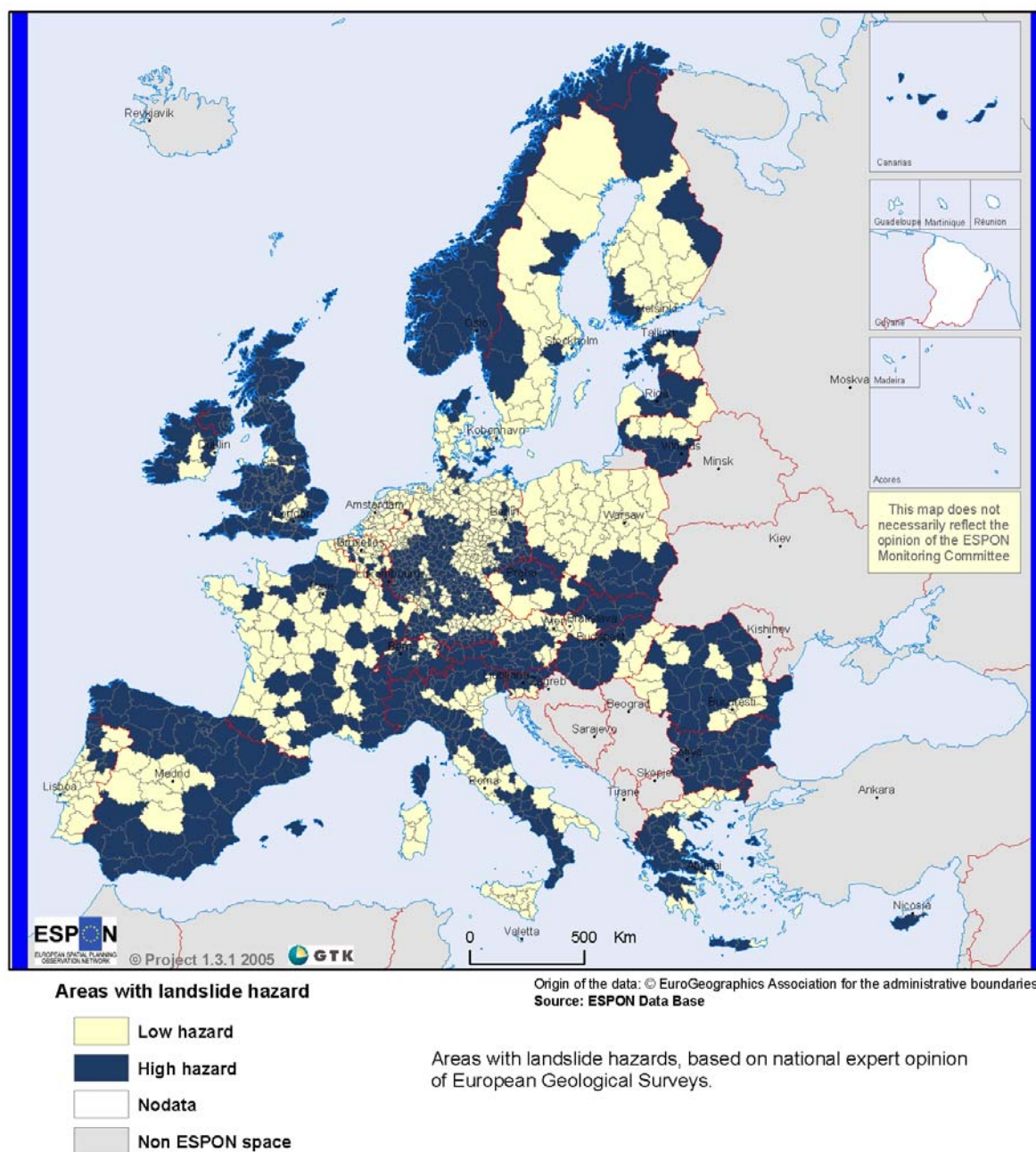
Prepoznavanje klizišta

Danas stoje na raspolaganju razne tehnološke mogućnosti prepoznavanja potencijalno nestabilnih padina. To su: kartiranje, daljinsko praćenje i osmatranje. U tu se svrhu izrađuju razne vrste i kategorije karata. Karte mogu biti na regionalnoj razini, lokalnoj razini i razini šireg i užeg područja naselja.

Postoje razni pristupi izradi karata vjerojatnosti pojave klizanja. U svom radu Sharifikia (2008.) prikazuje jednu od metodologija koje koriste GIS. Kao podloga služe karte: 1. površinskih vrsta tla; 2. prometnica; 3. površinskih tokova; 4. nagiba terena; 5. morfologije terena; 6. korištenja zemljišta; 7. utvrđenih klizišta i još poneke. Analizom i vrednovanjem podataka s tih karata izradi se digitalni model, kojeg se testira i dobiva karta vjerojatnosti pojave klizišta (mapa hazarda).

Takvim i sličnim postupcima nastaju tri temeljne vrste kata: 1) s katastrom starih klizišta; 2) karte osjetljivosti pojave klizišta i 3) karte rizika. Postoje karte područja

sklonih klizanju bez procjene hazarda kao i karte s procjenom hazarda odnosno vjerojatnosti pojave. Sve ove karte kao što je već rečeno, temelje se na nekoliko čimbenika. To su nagib terena, geološki uvjeti pojedinih područja, morfološki uvjeti i hidrološki uvjeti, koji su često okidač za odrone i klizanja. Jedna od karata rizika za Europu nalazi se na slici 2. (www.preventionweb.net)



Slika 2 Karta vjerojatnosti pojave klizišta u Europi (izvorno iz: www.preventionweb.net)

Pomoću tako dobivenih karata može se izraziti odnos vjerojatnosti pojave klizanja prema promatranoj površini, naseljima na promatranom području i broju ugroženih stanovnika. Jednu takvu tabelu za promatrano područje između juga Kaspijskog mora i Irana, daje Sharifikia (2008.), a priložena je u nastavku.

Tabela 1 Primjer utvrđivanja rizika pojave klizanja, temeljem izrađene karte hazarda, u odnosu na promatranu površinu, broj naseljenih mjesta i broj stanovnika izučavanog područja (Sharifikia, 2008. za područje između juga Kaspijskog mora i Irana)

Vjerojatnost pojave klizanja	ugroženo područje		ugrožena naselja		ugroženi stanovnici	
	površina [km ²]	%	broj naselja	%	broj stanovnika	%
vrlo mala	3,53	0,33	2	1,5	69	1,15
mala	137,73	13,13	33	24,62	17648	39,24
srednja	532,90	50,82	79	58,95	23670	52,68
velika	347,12	37,10	18	13,47	3360	7,47
vrlo velika	27,15	2,58	2	1,5	215	0,48
ukupno	1048,43	100,00		100,00		100,00

Slično se može izraditi karta hazarda za pojedina uža, infrastrukturno i građevinski zanimljiva područja. Ovo služi za buduće planove urbanizacije, kako bi se izbjegla potencijalno opasna mjesta za izgradnju. Pri tom se područja mogu stupnjevati prema veličini vjerojatnosti pojave klizanja, odrona i/ili muljnih tokova. Također se može odrediti koliki je postotak promatranog područja opterećen određenom vjerojatnošću pojava klizanja, odrona i muljnih tokova.

Danas su ovakva istraživanja u žiži znanstvenih zanimanja geotehničke i geofizičke znanosti općenito. To je najbolje pokazano na nedavno održanoj 16. Godišnjoj skupštini Europske Geofizičke Unije, EGU, (Beč, 28. 04.-02. 05. 2014.), kada je u sekciji Prirodnih opasnosti (Natural hazard), područje Klizišta, iznesen niz referata i postera upravo s prethodno opisanim istraživanjima, naročito u mediteranskim zemljama. Tom je prilikom pokazano i to kako se uslijed nepoznavanja ili još gore nepoštivanja upozorenja na ove opasnosti, gradi u takvim područjima i dovodi u opasnost ljudske živote i materijalna dobra, a što se ozbiljnim planiranjem moglo spriječiti.



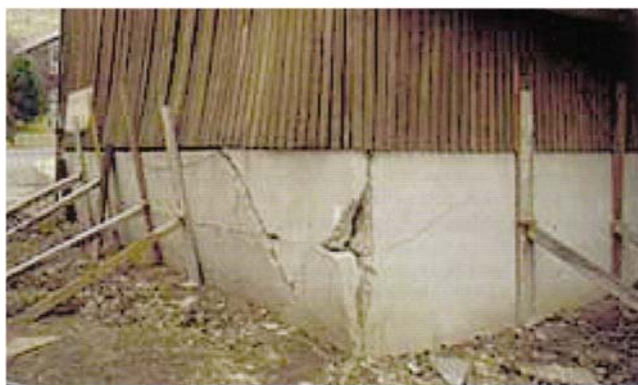
Slika 3 Puzanje tla uočljivo na iskrivljenim stablima

Ovakva prepoznavanja klizanja i odrona pomažu općenito, ali ne i u konkretnim slučajevima. Za pojedino prepoznavanje potrebni su mnogo detaljniji podaci. U tu je svrhu potrebno običi sumnjivo područje i uočiti pojave na površini terena. Ponekad je to uočljivo, a ponekad, zbog pokrivenosti vegetacijom i nije jednostavno. Potencijalna klizanja i terene koji puze moguće je prepoznati po nakrivljenim stablima, nagnutim ogradnim zidovima i slično.

Aktivna klizišta relativno su lako prepoznatljiva po pukotinama na površini terena i na građevinama koje se nalaze na klizištu. Jedan od najpoznatijih je bila pukotina na planini Toc iznad jezera brane Vajont, koja se pojavila nekoliko godina prije katastrofe. Slika 4 prikazuje takve pukotine.



Slika 4 Čeona, vlačna pukotina na aktivnim klizištima prije konačnog sloma



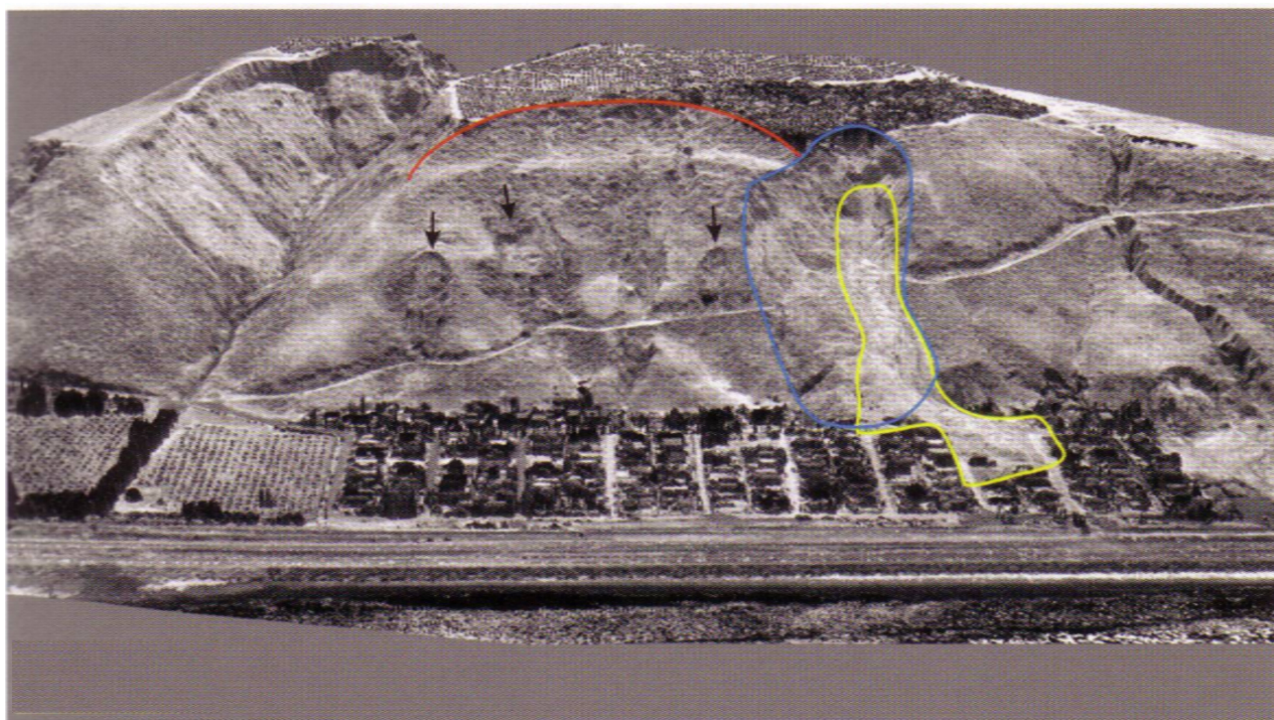
Slika 5 Znakovi klizanja na građevinama

Na klizištima se često javljaju izvori i provlaživanja što je također jedan od pokazatelja moguće pojave pokretanja tla.

Utvrđena aktivna klizišta moguće je opažati na više načina.

Jedna je mogućnost opažanja iz zraka. Ovo je skupa, ali učinkovita metoda. Prvi koraci su bili aerofotogrametrijske snimke, zatim su se razvile radarske snimke, a pokazali su se

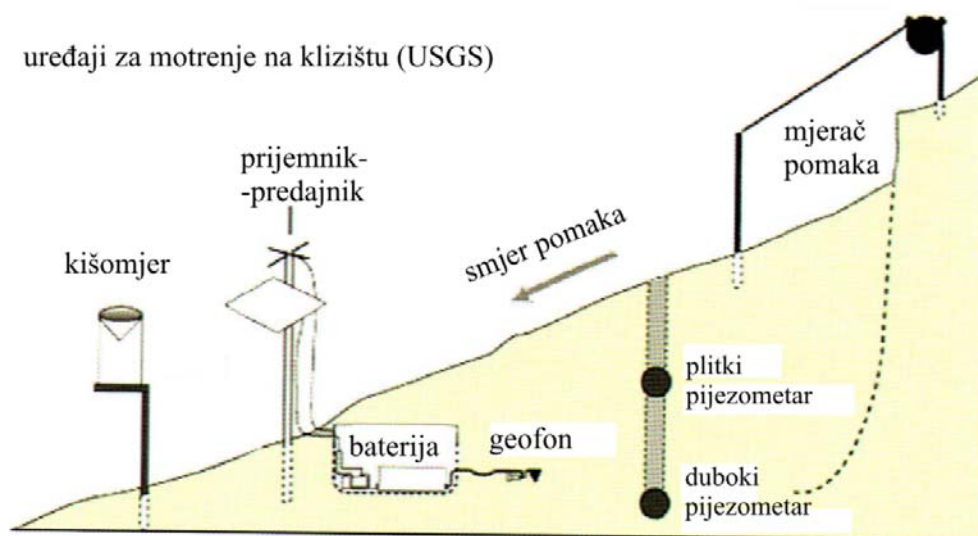
učinkoviti i danas u upotrebi LiDAR uređaji koji postoje u verziji za ispitivanje iz aviona i s terena. Na slici 6 prikazano je klizište Conchita u Kaliforniji snimljeno 2005. godine metodom LiDAR.



Slika 6 Klizište Conchita (Highland i Bobrowsky 2008., USGS). Crveno je rub starih klizanja, žuto je rub klizišta iz 2005. , plavo rub klizišta iz 1995. Strelice pokazuju moguća lokalna klizanja na padini

Druga je mogućnost promatranja klizišta ugradnjom terenske opreme na konkretnom klizištu. Danas postoji mogućnost daljinskog praćenja ovakvih uređaja. Na slici 7 prikazane su mogućnosti opažanja na terenu.

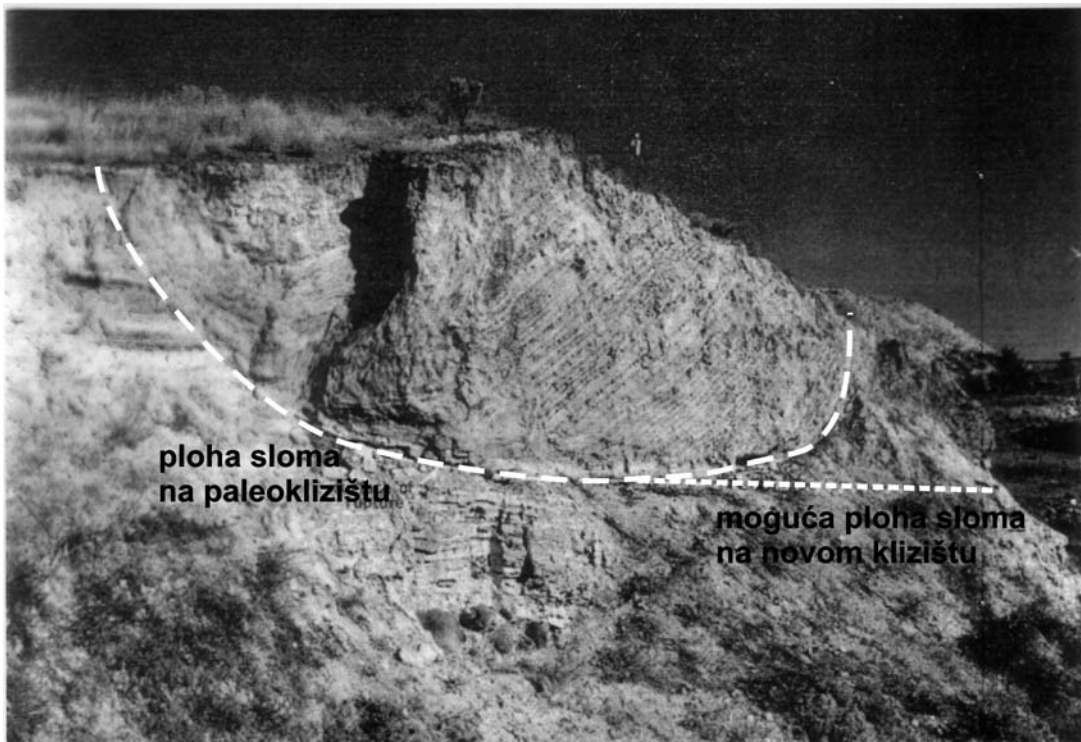
Pomoću terenskih podataka o pomacima i ožiljaka na klizištu moguće je rekonstruirati potencijalnu kliznu plohu. Taj je podatak bitan za proračunski model klizišta.



Slika 7 Uređaji za motrenje na klizištima

Uzroci i povodi klizanja

Uzroci klizanja mogu biti prirodni i potaknuti ljudskim aktivnostima. Prirodni uzroci mogu biti geološki i morfološki. Geološki uzroci odnose se na mineraloški sastav stijena, smjer pružanja i nagib plićih slojeva tla, njihova geotehnička svojstva i odnos njihovog nagiba u odnosu prema nagibu površine kosine. U geološke uzroke može se uvrstiti i paleoreljef i paleo klizišta koja su bila aktivna u geološkoj prošlosti. Ova paleoklizišta mogu oblikovati izrazite potencijalne klizne plohe kao na slici 8.



Slika 8 Uočljiva klizna ploha paleoklizišta

Morfološki uzroci odnose se na promjenu reljefa uslijed djelovanja različitih endogenih, češće egzogenih sila (raznih vrsta i oblika erozije).

Djelovanje čovjeka ogleda se u slijedećem (USGS):

1. dodatna opterećenja vrha padine (nasipom i slično);
2. zasijecanje u padinu, naročito nožicu;
3. ugradnja nestabilnog tla u nasipe;
4. sniženje i porast vodostaja u jezeru;
5. sječa šume, vađenje korijenja;
6. navodnjavanje i snižavanje razine podzemne vode;
7. rudarenje i odlagališta jalovine;
8. umjetne vibracije, miniranja, zabijanje pilota;
9. procjeđivanje vode iz kanalizacije, vodovoda, kanala i slično;
10. kultiviranje zemljišta;
11. skretanje toka rijeke ili morske struje izvedbom stupova mostova, nasipa, ustava i slično.

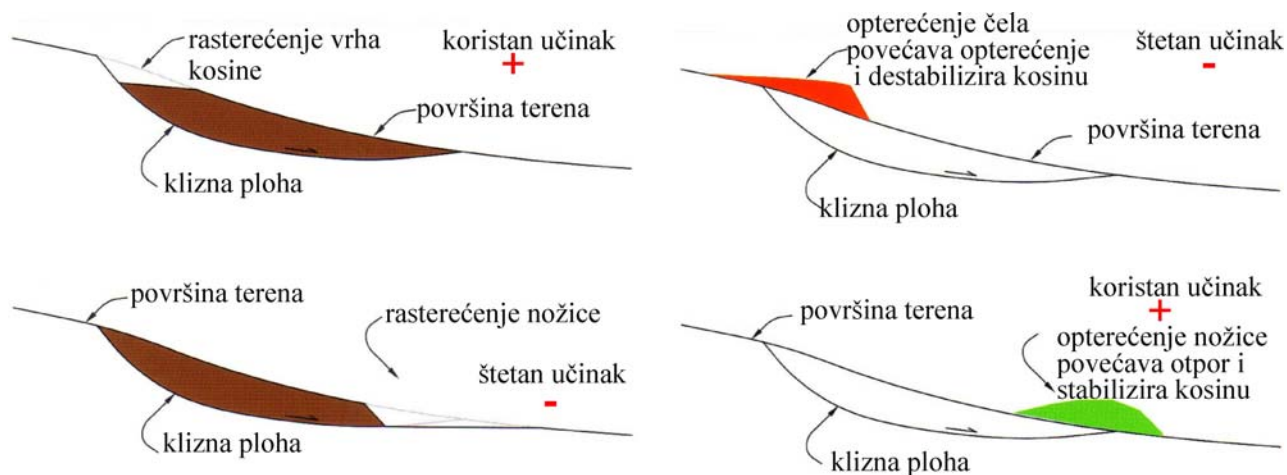
Neposredni povod aktiviranju klizišta također može biti prirodne naravi ili potaknut djelovanjem čovjeka. Od prirodnih pojava to su oborine, obilne, nagle i/ili dugotrajne, naglo topljenje snijega i nagli porast temperature u područjima blizu permafrosta, kada se

naglo otapa led u tlu. Najnoviji primjer je klizanje 22. 03. 2014. u naselju Oso, država Washington SAD, nakon obilnih oborina i zatopljenja. Tlo je rahlo, glacijalnog porijekla (slika 9.). Na manjoj se fotografiji vide ožiljci prethodnog klizišta. Postavlja se pitanje osmatranja ovog starog klizišta kao i ranog upozoravanja stanovništva na moguću opasnost?? U ovoj je katastrofi veliki broj ljudi izgubio život.



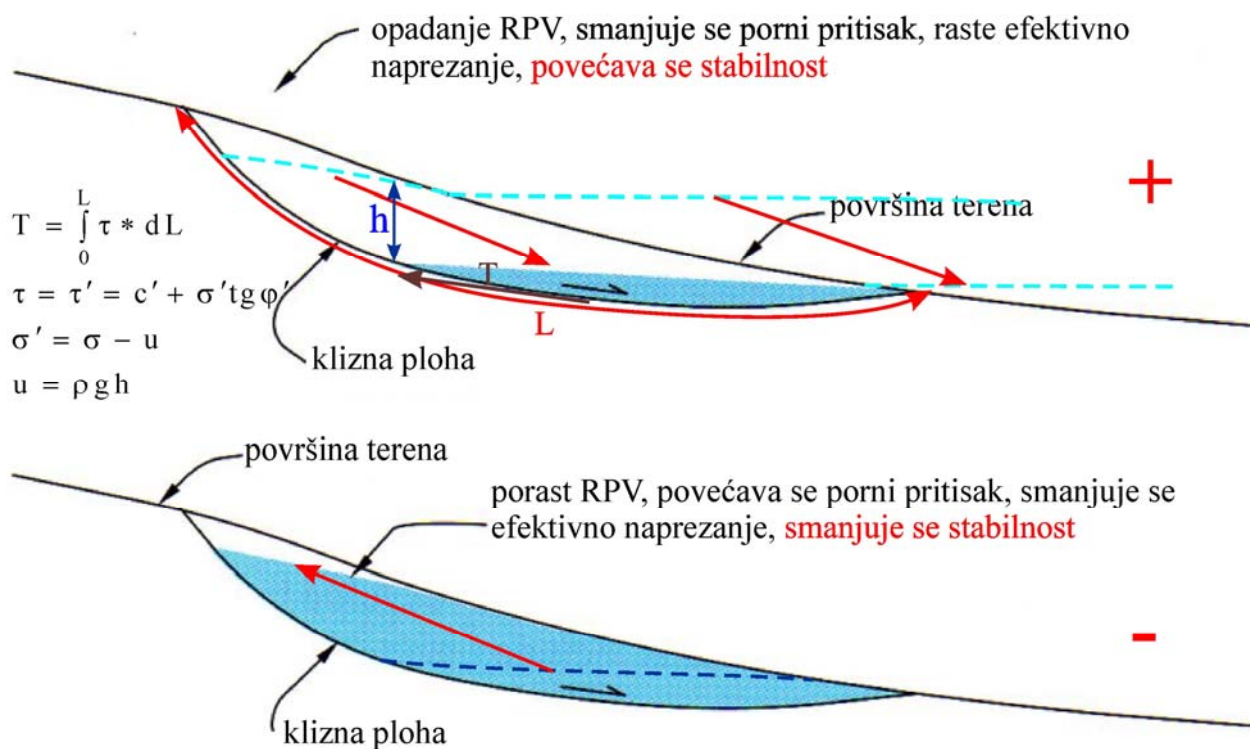
Slika 9 Klizište u mjestu Oso, Wasington, SAD (slika gore lijevo, desno gore rijeka Fork Stillaguamish, koju je klizište pregradilo; strelica pokazuje smjer klizanja, žutom linijom obilježen prostor rasprostiranja klizne mase, crveno – stambene zgrade,)

Na nekoliko slijedećih crteža prikazati će se neki učinci stabilizacije i destabilizacije klizišta. Opterećenja i rasterećenja mogu nastati prirodnim putem kao i djelovanjem čovjeka.



Slika 10 Učinci promjene opterećenja odnosno rasterećenja na kosini

Slijedeći bitan učinak na klizišta ima voda. Ona u svakom slučaju ima negativan učinak na stabilnost klizišta iako se to uvijek ne čini baš tako. Opadanjem razine podzemne vode na kosini, smanjuju se porni pritisci i povećavaju efektivna naprezanja, što je u smislu povećanja efektivnih naprezanja, a time i čvrstoće na smicanje, pozitivno.



Slika 11 Utjecaj promjene efektivnih naprezanja na stabilnost kosine

Međutim, ako opadanje RPV nastaje u nepotpljenoj kosini, ako razina opadanja podzemne vode ne slijedi brzinom opadanje otvorene, vanjske vode, javlja se sila strujnog tlaka kao dodatno opterećenje na kosinu i uzrokuje njenu destabilizaciju. Mjerena na klizištu Vajont su pokazala da su najveći pomaci nastali u trenutku opadanja vode u jezeru, kao i samo klizanje (Roje-Bonacci 2013.). Može se zaključiti da promjena efektivnih naprezanja na kosini, uslijed promjene razine podzemne vode, nije ključna za poticanje klizanja već je ono u većoj ovisnosti o pojavi sila strujnog tlaka.

Podaci potrebni za projektiranje zaštite i sanacije

Da bi se mogla izvesti zaštita kosine i/ili sanacija klizišta potrebno je izraditi projekt sanacije koji zahtjeva određene podatke da bi se moglo oblikovati proračunski model. On se sastoji od nekoliko dijelova: geometrije, geološkog-geotehničkog sastava tla, fizičko-mehaničkih parametara tla i hidrogeoloških podataka o RPV. Projektiranje ima općenito dva koraka, analizu stabilnosti trenutnog stanja (za aktivna klizišta koja nisu još doživjela konačni slom) i analizu stabilnosti saniranog stanja kojim se mora provjeriti učinak mjera sanacije.

Prethodno su pokazane mogućnosti praćenja ponašanje klizišta nekim od uređaja na samom klizištu. Iz tih je podataka moguće dobiti približnu geometriju potencijalne klizne plohe.

Klizne plohe mogu biti: kružnog oblika, duboke, u homogenim, koherentnim i znatno pliće i izduženije u nekoherentnim tlima; izduženog oblika s ravnom plohom klizanja, u istorodnom tlu s izraženim rastrošenim pokrivačem oslabljenih parametara čvrstoće na smicanje; oblika niza ravnih ploha i kombinacija nekih od ovih oblika.

U stijenskom masi se klizne plohe geometrijski modeliraju na dva načina: klizni klinovi po međuslojnim pukotinama ili po familijama sekundarnih pukotina, kada je struktura ovih pukotina jasno izražena i moguće ju je relativno precizno odrediti i kružne klizne plohe u kvazihomogenim stijenskim masama (na primjer u rasjednim zonama).

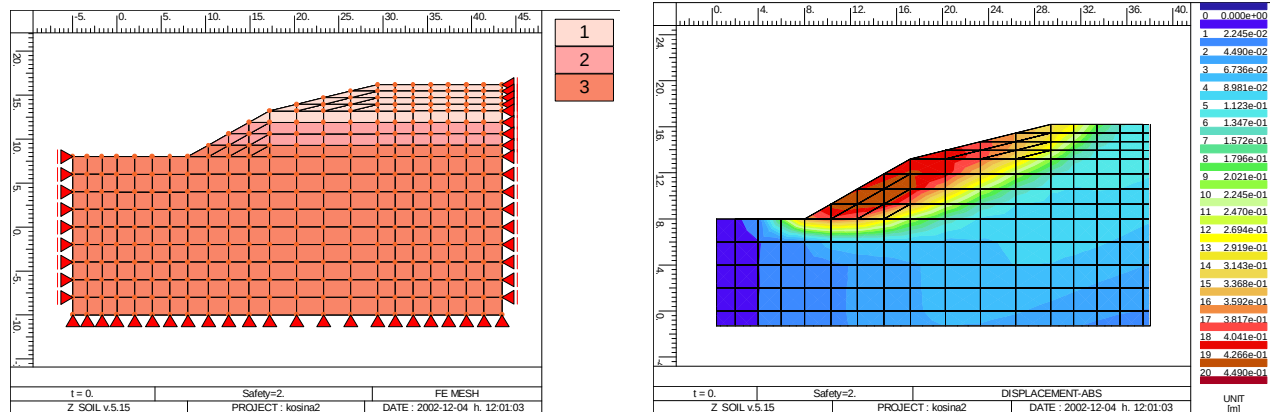
U mekim stijenama, laporima i flišnim formacijama, javljaju se klizne plohe po međuslojnim pukotinama, izdužene klizne plohe uslijed rastrožbe površinskog sloja i kružne klizne plohe uslijed loma kroz familije sekundarnih pukotina kada se tlo tretira kao kvazihomogena masa.

Podaci o podzemnoj vodi mogu se dobiti jedino praćenjem razine ili tlakova u pijezometrima. Idealno je imati na raspolaganju podatke jedne hidrološke godine, što je često nemoguće. Često su vrlo korisni višestruki (barem dvostruki) zatvoreni sustavi mjerenja koji mogu pokazati arteške i subarteške pritiske u području ispod klizne plohe. Ovo je ponekad ključni podatak o postojanju uzgona na kliznu plohu (Roje-Bonacci 2013.). Potrebno je predvidjeti najgori mogući scenario.

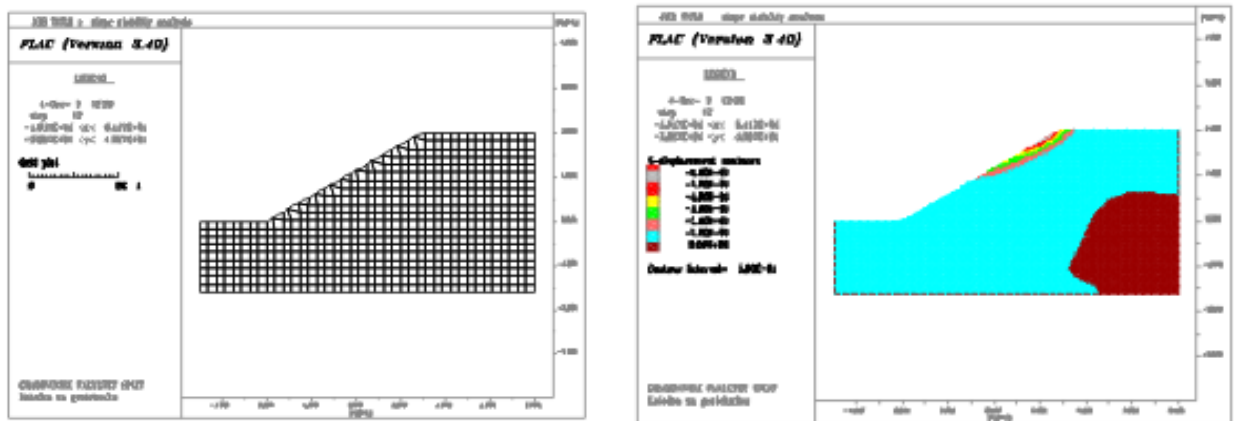
Za inženjersko-geološke podatke potrebno je izraditi odgovarajuće istražne radove. Oni se sastoje od terenskih i laboratorijskih ispitivanja, izračuna svojstvenih i izvedenih vrijednosti i njihovog vrednovanja od straneiskusnih geotehničara. Pri tom treba poštivati zahtjeve iz EC -7, dio 2. Istraživanja i ispitivanja tla. Svojstvene vrijednosti treba odabrati prema navodima iz EC-7 Geotehničko projektiranje. Pod ovim se podacima podrazumijeva ocjena vrijednosti, po slojevima tla: gustoće tla, parametara čvrstoće na smicanje (kohezije- c i kuta čvrstoće na smicanje- ϕ), deformacionih svojstava (Youngovog modula elastičnosti E). Za stijensku masu treba imati na raspolaganju podatke o diskontinuitetima za određivanje čvrstoće na smicanje po diskontinuitetima, gustoću tla i svojstvene vrijednosti parametara čvrstoće na smicanje za analizu kvazihomogene stijenske mase, jednoosnu čvrstoće (UCS) i deformaciona svojstva. Parametri čvrstoće na smicanje u stijenskoj masi su uvijek izvedene vrijednosti.

Pomoću gore navedenih podataka oblikuje se proračunski model. Bez obzira na način proračuna potrebno je s odabranim vrijednostima pronaći najnestabilniju kliznu plohu. Prije upotrebe računala to je iziskivalo mukotrpan i strpljiv proračun niza kliznih ploha koje su oblikom približno odgovarale očekivanoj najnestabilnijoj. Danas stoji na raspolaganju niz korisničkih programa za takve proračune. Jedina je poteškoća što, zbog velikih mogućnosti koje oni pružaju, treba imati dobro obučenog inženjera koji će se njima znati koristiti. U nastavku je prikazano nekoliko takvih načina proračuna.

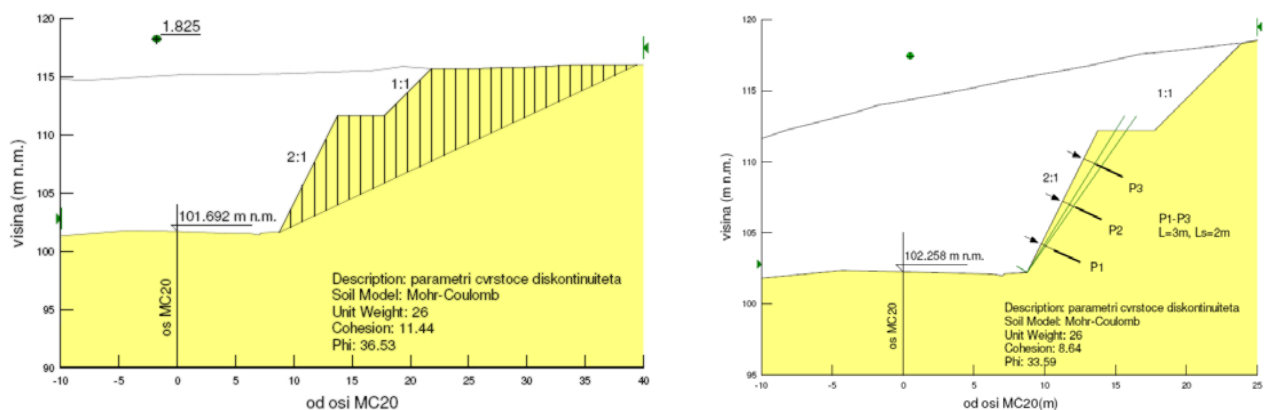
Postoje velike mogućnosti raznih načina grafičkog izlaza. Problem je kao i kod svih proračuna na računalu da je račun mnogo precizniji od ulaznih podataka. S druge strane zbog brzine proračuna može se ispitivati niz varijantnih rješenja, a što naročito pogoduje parametarskim analizama pri analizama stabilnosti klizišta.



Slika 12 Osnovna mreža modela s tri vrste tla, lijevo i konture pomaka za isti model, desno (Z_soil)



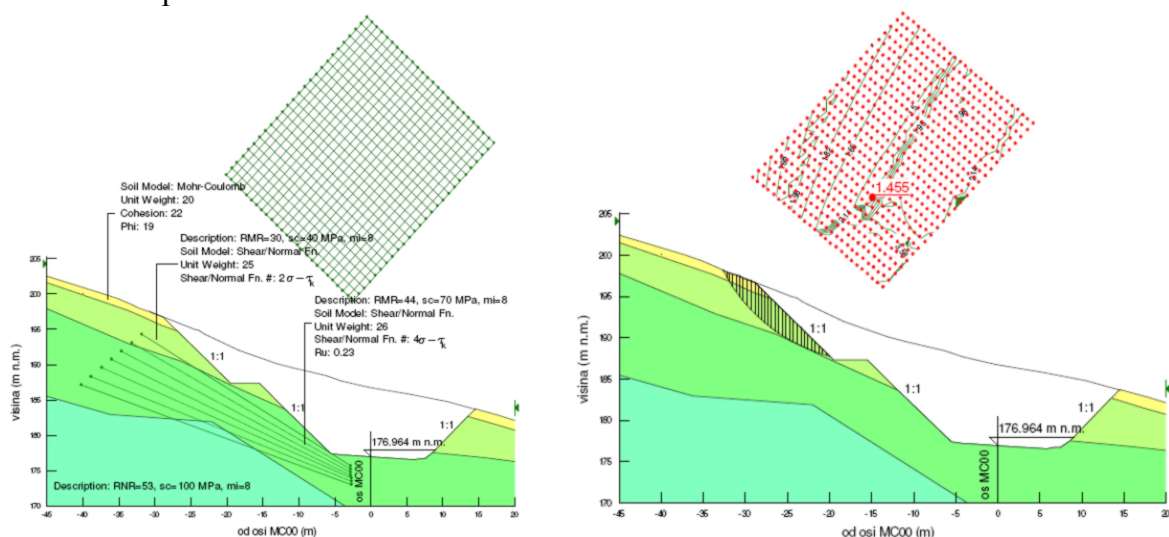
Slika 13 Osnovna mreža modela za proračun, lijevo i konture pomaka prije slomaza isti model, desno (Flac)



Slika 14 Analiza stabilnosti usjeka po ravnim (međuslojnim) kliznim plohama, lijevo stabilan, desne s mjestima budućih pridržanja sidrima (GEO-Slope)

Pri projektima sanacije prvo se provodi analiza u nesaniranom stanju, a zatim se za iste klizne plohe i iste modele provjerava učinak mjera sanacije. Pri tom kritične klizne plohe u saniranom stanju nisu uvijek one iste koje su bile kritične u saniranom stanju.

Na slici 15, mreža u gornjem dijelu slike predstavlja moguća središta kliznih krugova za koja je izvršen proračun kada se tlo može smatrati homogenim ili kvazihomogenim. Desno u mreži crvena točka označava plohu s najnižom vrijednosti faktora sigurnosti za zadane ulazne parametre.



Slika 15 Analiza stabilnosti u kvazihomogenoj stijenskoj masi, lijevo model, desno rezultat proračuna (GEO-SLOPE)

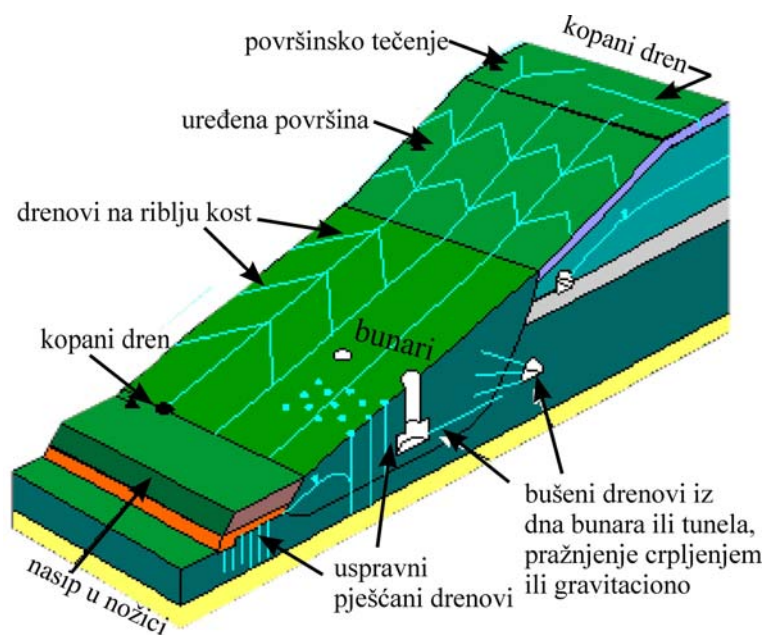
Mjere zaštite i sanacije

Najčešći neposredni povod za aktiviranje potencijalnih klizišta je voda u svim svojim oblicima pojavnosti. Prikazana je na slici 16.



Slika 16 Utjecaj vode na aktiviranje klizišta

Najučinkovitija mjera sanacije potencijalnih i aktivnih klizišta je odvodnja. Na slici 17 prikazane su različite mogućnosti odvodnja na klizištu kao i neke druge dodatne mjere.



Slika 17 Vrste drenova za površinsku i podzemnu odvodnju pri sanaciji klizišta
Na slikama 18 i 19 prikazane su izvedene drenaže na klizištima.



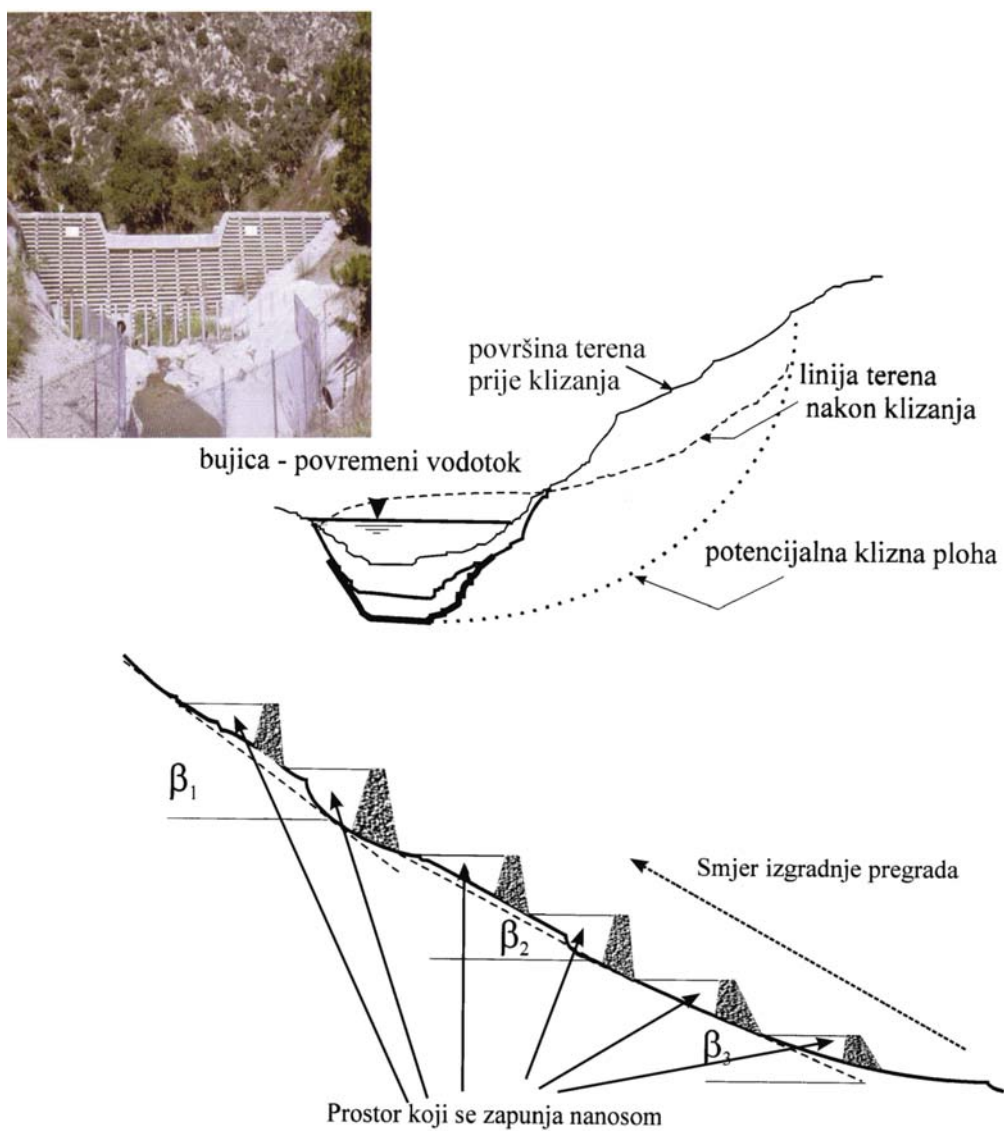
Slika 18 Kopane drenaže

Učinak bušenih vodoravnih drenova značajan je u slučaju dubokih kliznih ploha kod kojih su visoki pijezometarski tlakovi glavni uzrok klizanja. Najbolji učinak imaju ako se mogu dijelom uvesti u jače propusne slojeve koji onda mogu djelovati kao dubinska plošna drenaža. U homogenim, glinovitim tlima nemaju velikog učinka zbog malih polumjera djelovanja.



Slika 19 Izlazi vodoravnih bušenih drenova

Drugi najčešći uzrok klizanja je potkopavanje nožice uslijed erozije. Na slikama koje slijede prikazani su neki načini zaštite u takvim slučajevima.



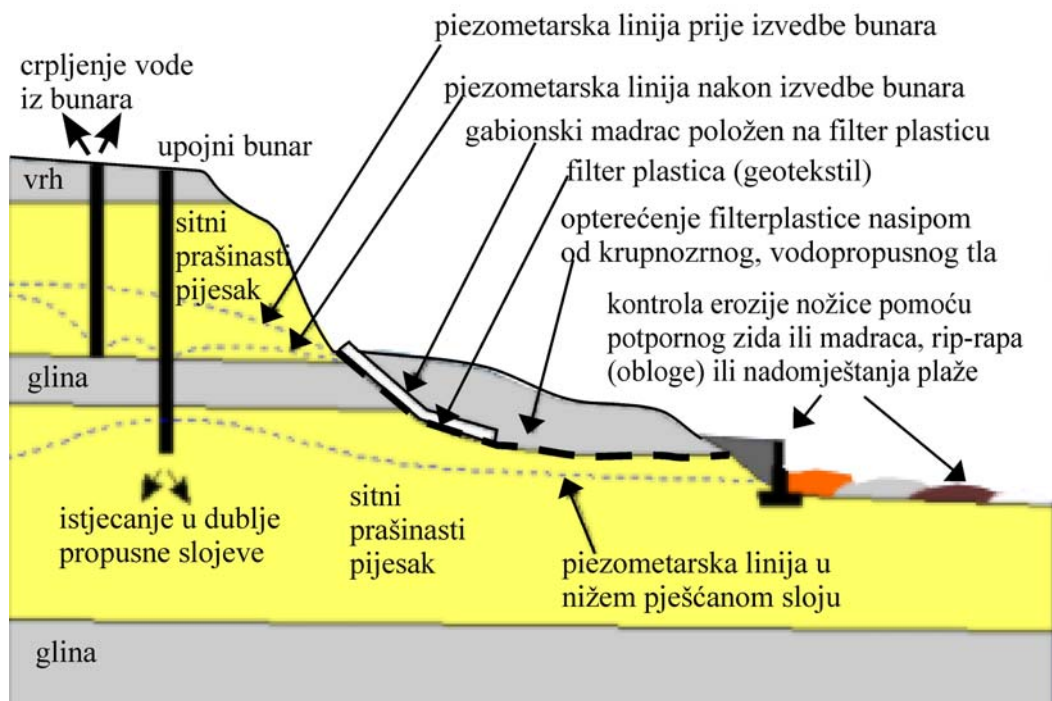
Slika 20 Zaštita nožice kosine u dnu korita bujice izgradnjom bujičnih pregrada

Na slikama 18 i 19 prikazane su bujice velikog nagiba, koje neprestano potkapaju svoje obale (sljemenski potoci). Sanaciju je moguće izvesti nizom bujičnih pregrada koje stvaraju mikroakumulacije. Ovi se prostori pri svakoj velikoj vodi pune nanosom i zasipavaju. Konačni je rezultat srepeničasti tok s nizom kontroliranih slapova. Spriječena je daljnja erozija, a na kritičnim mjestima je zasuta nožica kosine i tako povećana njena stabilnost.

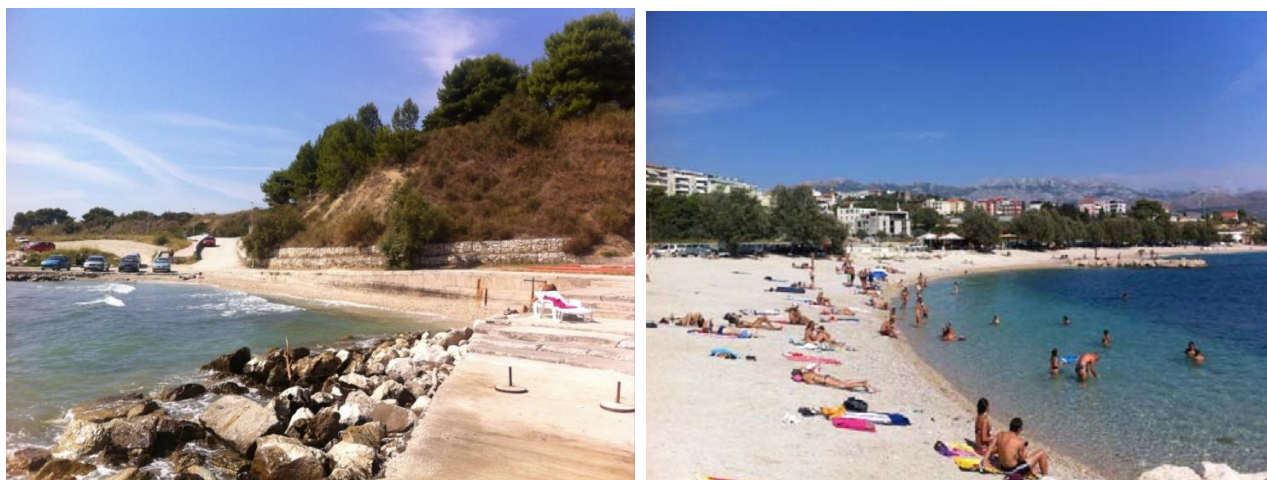


Slika 21 Sanacija korita bujice, potencijalne kamene lavine, pregradama od drvenih trupaca

Od erozije nožice stradaju i strme morske obale. Nekoliko zahvata koji se u tom slučaju mogu izvesti prikazani su na slici 20. Klifovi u području Žnjana u Splitu zaštićeni su nasipavanjem plitkog mora i oblikovanjem plaža koje su postale značajno gradsko kupalište i plaža hotela Radison Blue.

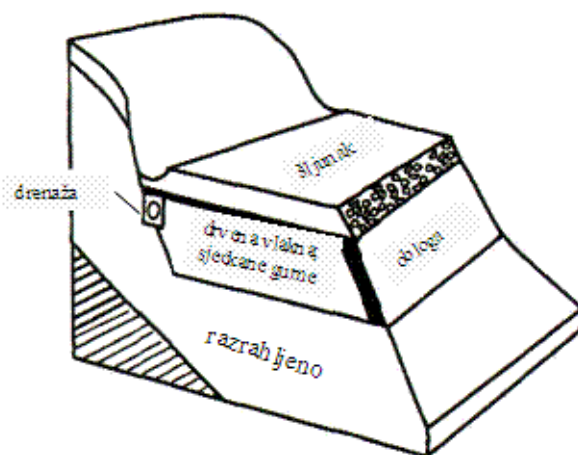


Slika 22 Mogućnosti zaštite od erozije klifova uz morsk obalu

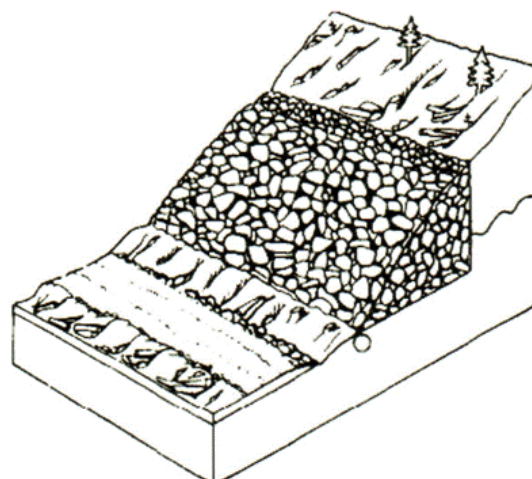


Slika 23 Primjeri zaštite klifova istočno od grada Splita, lijevo Duilovo; desno Žnjan, nova plaža

Kada je potrebno iz preventivnih ili nekih drugih razloga promijeniti ravnotežu kosine kako je to pokazano na slici 10, može se to učiniti na više načina. Danas postoje gradiva znatno lakša od tla, koja mogu poslužiti za izradu nasipa na vrhu kosine, a da se ona pri tom ne optereti. Isto je tako moguće zaštititi i dodatno opteretiti nožicu. Ovi načini zaštite prikazani su na sljedećim slikama.

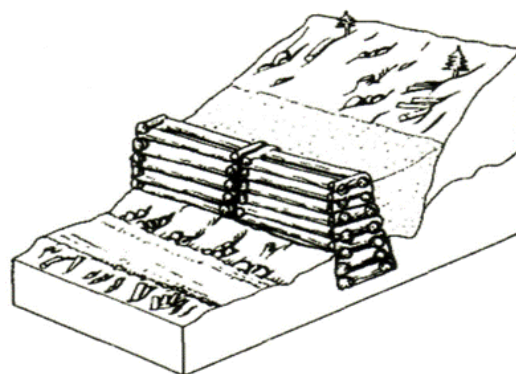


Slika 24 Preventivna zaštita vrha kosine od klizanja

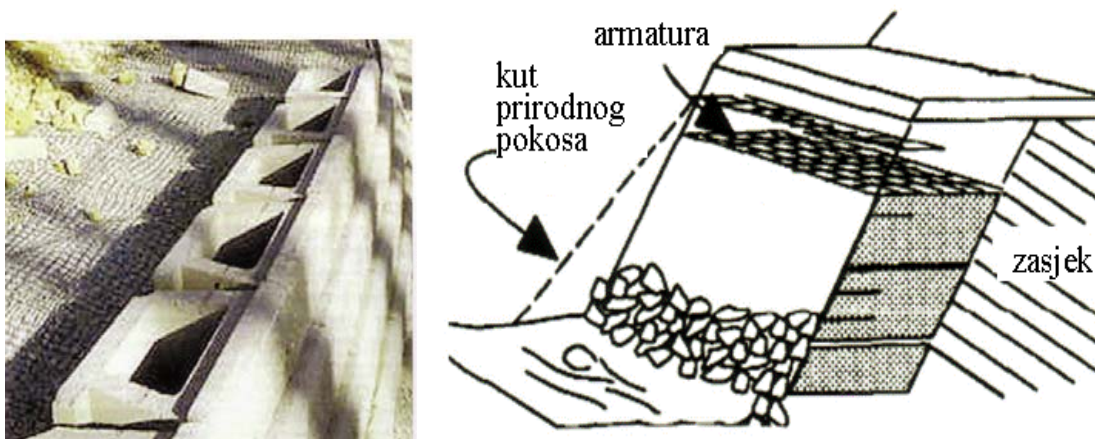


Slika 25 Preventivna zaštita nožice nasipom lomljenog kamena ili šljunka visoke propusnosti

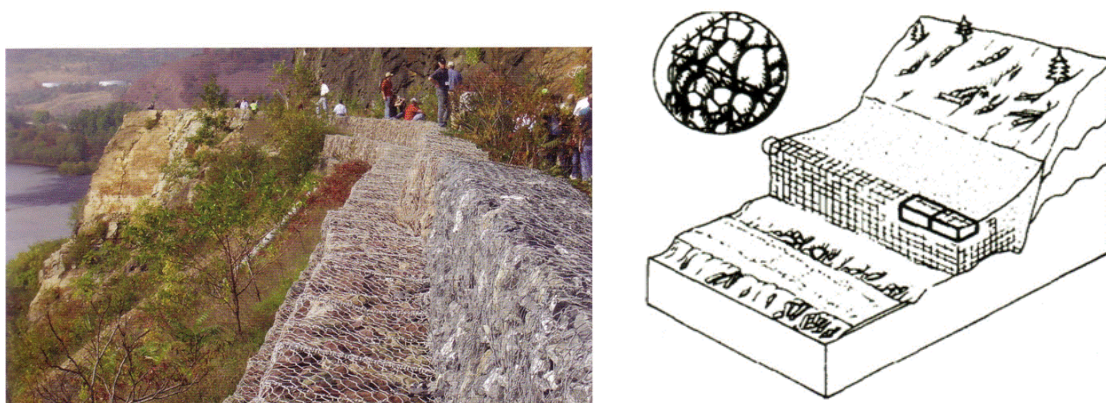
U nekim slučajevima potrebno je klizišta „pridržati“ potpornim građevinama. To se često pokazalo bezuspješno ali ako je baš nužno, potrebno je izvoditi građevine koje dobro podnose određene deformacije i pomake bez opasosti od značajnih oštećenja ili rušenja. Slijedi nekoliko takvih primjera.



Slika 26 Potporna konstrukcija od drvenih kaveza punjena vodopropusnim gradivom



Slika 27 Potporna građevina od armiranog tla

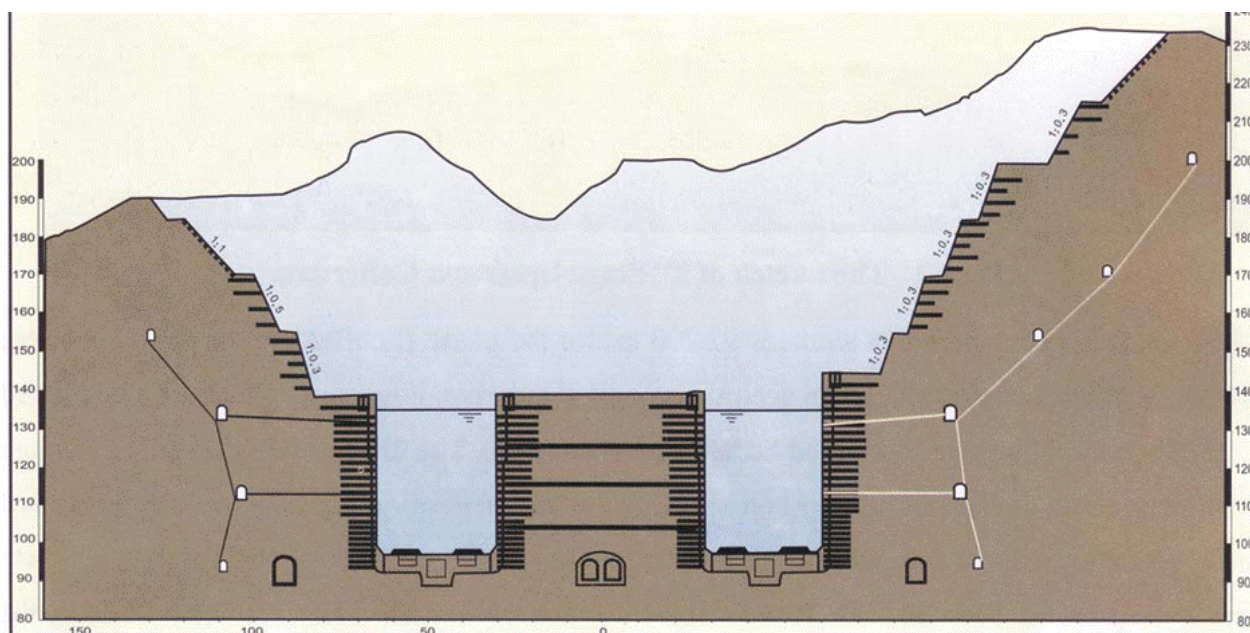


Slika 28 Potporna građevina od gabiona

U stijenskoj masi, pri izvođenju uskeka i zasljeska, zaštita kosina ovisi o tome da li se kosina treba stabilizirati ili se štiti samo površina koja se postepeno raspada uslijed erozije. Za stabilizaciju kosina koriste se sidra i razni tipovi mreža sa i bez ublaživača energije.



Slika 29 Ugradnja sidara i mreže



Slika 30 Osiguranje usjeka za brodsku prevodnicu na brani Tri klanca u Kini (shema)



Slika 31 Pogled na usjek brodske prevodnice uz branu Tri klanca u Kini

Zasjeci i usjeci u mekom stijenama moraju se od rastrožbe, koja je uvjetovana djelovanjem atmosferilija, štititi zatvaranjem pokosa prskanim betonom. Stabilnost kosina u ovim stijenama postiže se raznim geotehničkim zahvatima, kombiniranjem sidara i raznih površinskih nosača (blokovi, grede, roštilji)

U nekim je slučajevima mogućinke klizanja, odrona i kamenih lavina zaštitnim građevinama, kako je to prikazano na slijedećim slikama.



Slika 32 Zaštita prometnice od kamene lavine polutunelom



Slika 33 Zaštita željezničke pruge umjetnim tunelima

Izvori:

- Highland, L.M., Bobrowsky, P. (2008.) *The Landslide Handbook-A Guide to Understanding Landslides* USGS, science for changing world, Circular 1325, US. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Miščević, P., Vlastelica, G. (2012) *Stabilnost u vremenu kosine iskopane u laporu*. *Gradevinar*. 64, 6; 451-461
- Roje-Bonacci, T. (1994) *Starenje pokosa usjeka i zasjeka u kršu*. *Ceste i mostovi*. 40, 5-6; 227-230
- Roje-Bonacci, T. (2013.) *Vajont (1963.-2013.)*. *Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo*. 21, 84; str. 156-163.
- Sharifikia, M. (2008.) *Landslide hazard zonation in hilly area of Southern Caspian Sea - Iran -bases on RS & GIS tools*. Department of Geology University of Delhi. Published in : (Map India 2008)
- www.prevention web.net