

Sveučilište u Zagrebu

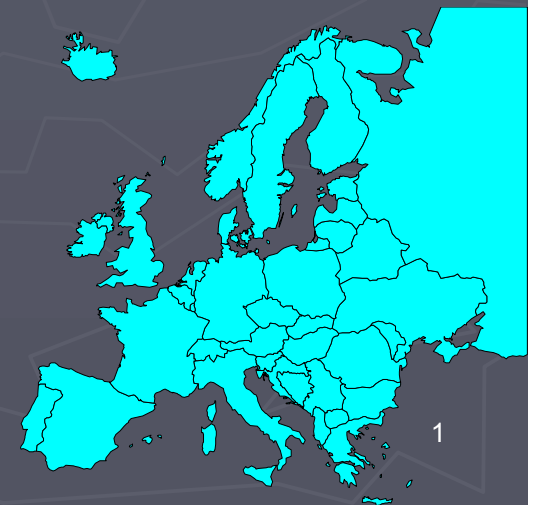
Diplomski sveučilišni studij

Građevinski fakultet

Smjer: **GEOTEHNIKA**

Stabilnost kosina 1

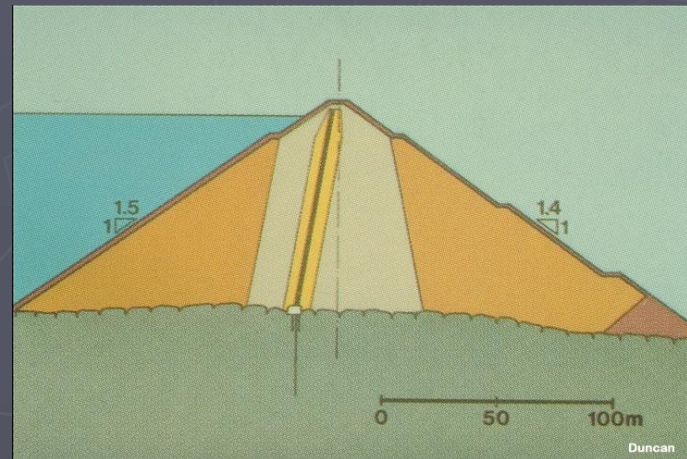
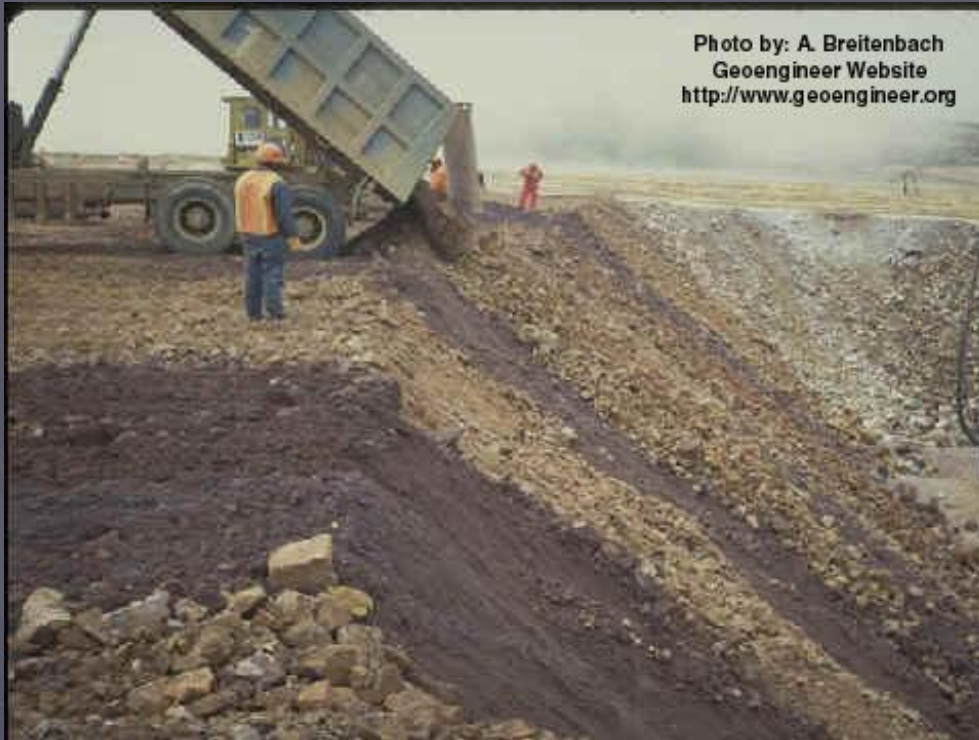
Prof. dr. sc. Tomislav Ivšić
Građevinski fakultet Zagreb



Prirodne i umjetne kosine



Prirodne i umjetne kosine



Primjeri klizanja kosina



Slika 3-1 Panamski kanal: klizanje 13 milijuna kubičnih metara tla pri iskopu bokova kanala (1913. godina)



Slika 3-2 Posljedice klizanja u naseljenom mjestu

Primjeri klizanja kosina

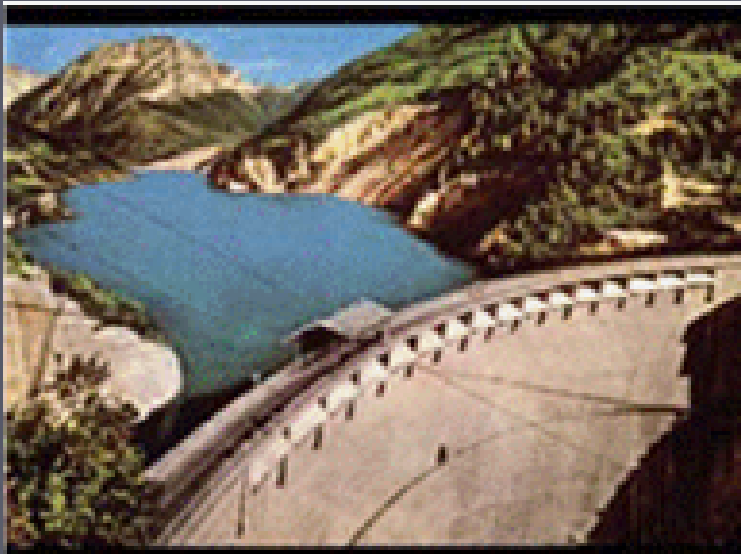


Slika 3-3 Klizite La Conchita u Kaliforniji -blatni tok

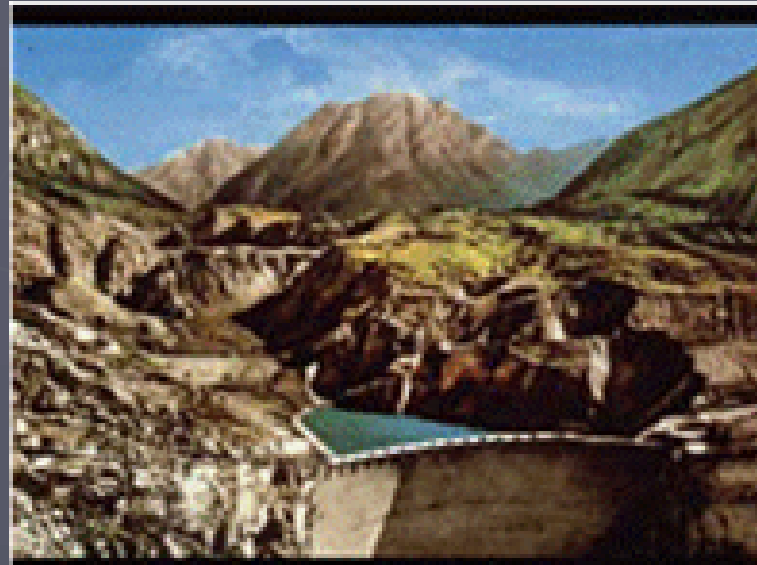


Slika 3-4 Klizanja tla na kosinama usjeka

Primjeri klizanja kosina



prije klizanja



poslije klizanja

Slika 3-5 Klizanje tristo milijuna kubičnih metara stijene i tla u akumulacijsko jezero netom završene lučne brane Vajont u talijanskim Dolomitima (oko 100 km sjeverno od Venecije) prouzročilo je u listopadu 1963. godine vodni val visine preko 100 m, kojije nakon prelijevanja brane (koja je ostala gotovo neoštećena!) doslovce izbrisao nizvodni gradić Langaronne i usmrtio preko 2000 njegovih žitelja.

Primjeri klizanja kosina



Slika 3-6 Veliko klizište na nasipu rudarske jalovine u Aberfanu (Velika Britanija) 1966. godine koje je usmrtilo nekoliko desetaka ljudi

Primjeri klizanja kosina

Mještani bednjanske općine prijavljuju svaki dan nova klizišta, kojih je zasad 27 evidentirano

Foto: Liljana Risek

20. 02. 2009. | 17:14

**Teren i dalje klizi, puca i tone,
klizišta su sve veća**

Autor **LJILJANA RISEK**

Nakon golemih klizišta koja su se prošlih dana aktivirala u zaseocima Bubnjarima kod Cvetlina i Ciglarima u Meljanu, vodstvu bednjanske općine građani svakodnevno prijavljuju nova klizišta tla, veća i manja



Primjeri klizanja kosina

2.4.2007 19:59:02

Klizište



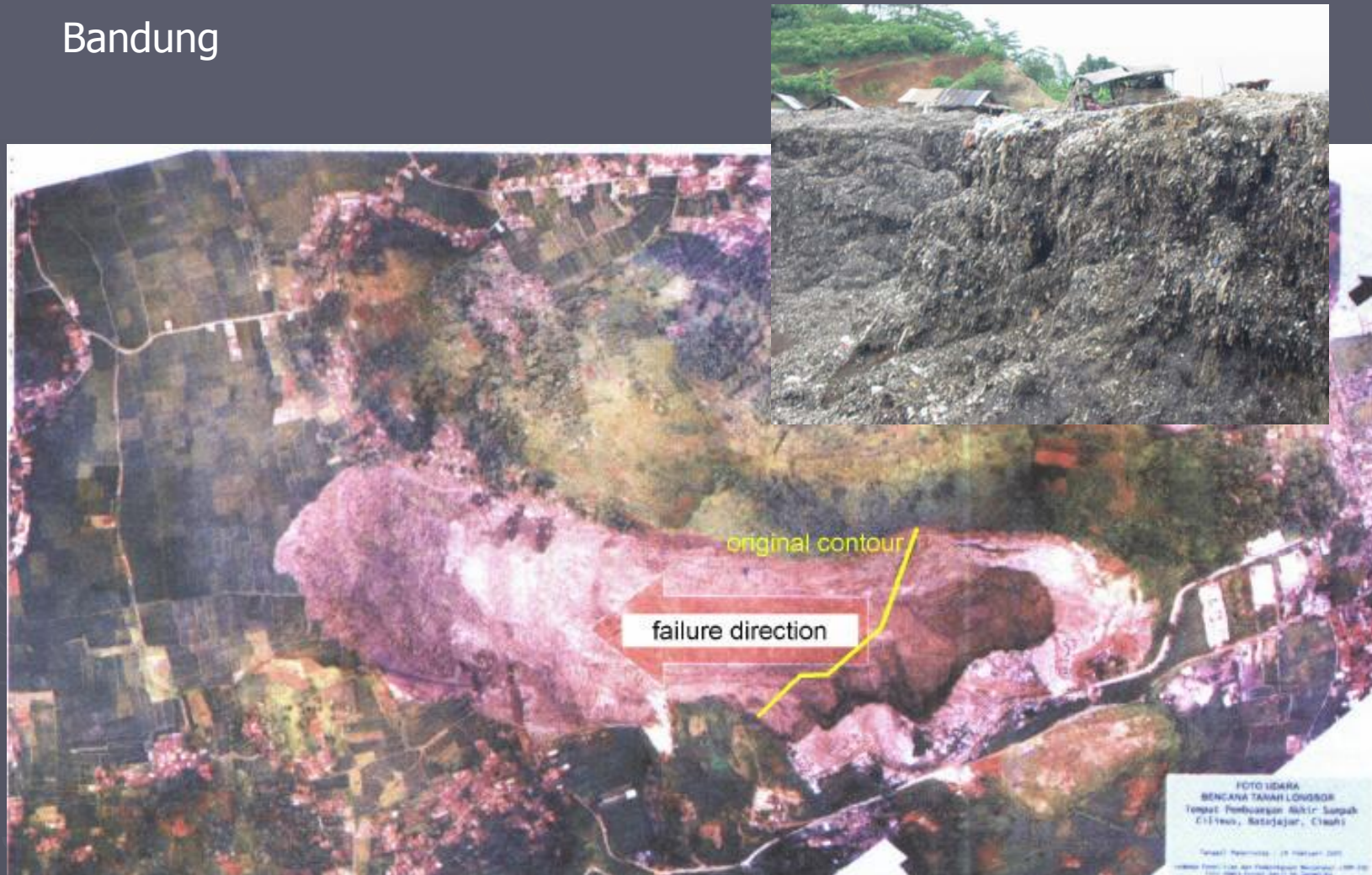
Dio županijske ceste Višnjica-Cvetlin sišao 30 metara nizbrdo

Dio županijske ceste između Višnjice i Cvetlina, glavne prometnice kojom mještani Višnjice i okolice svakodnevno putuju prema graničnom prijelazu Cvetlin i do svojih radnih mjesta u Sloveniji i u Zagrebu, više ne postoji: zbog klizanja, cesta je zajedno s tonama zemlje, šljunka i asfalta „sišla“ 30 metara nizbrdo. Prava je sreća da u havariji nitko nije stradao, jer kolnički trak potonuo je više od tri metra, a ostatak ceste i dalje klizi



Primjeri klizanja kosina – odlagališta otpada

Bandung



Primjeri klizanja kosina – odlagališta otpada

Odlagalište komunalnog otpada - Jakuševac



Zagreb, ožujak 2012.

Geotehničko inženjerstvo 4 - TI

11

Primjeri klizanja kosina – odlagališta otpada

Odlagalište komunalnog otpada - Jakuševac



Primjeri klizanja kosina – odlagališta otpada

Odlagalište komunalnog otpada -
Jakuševac

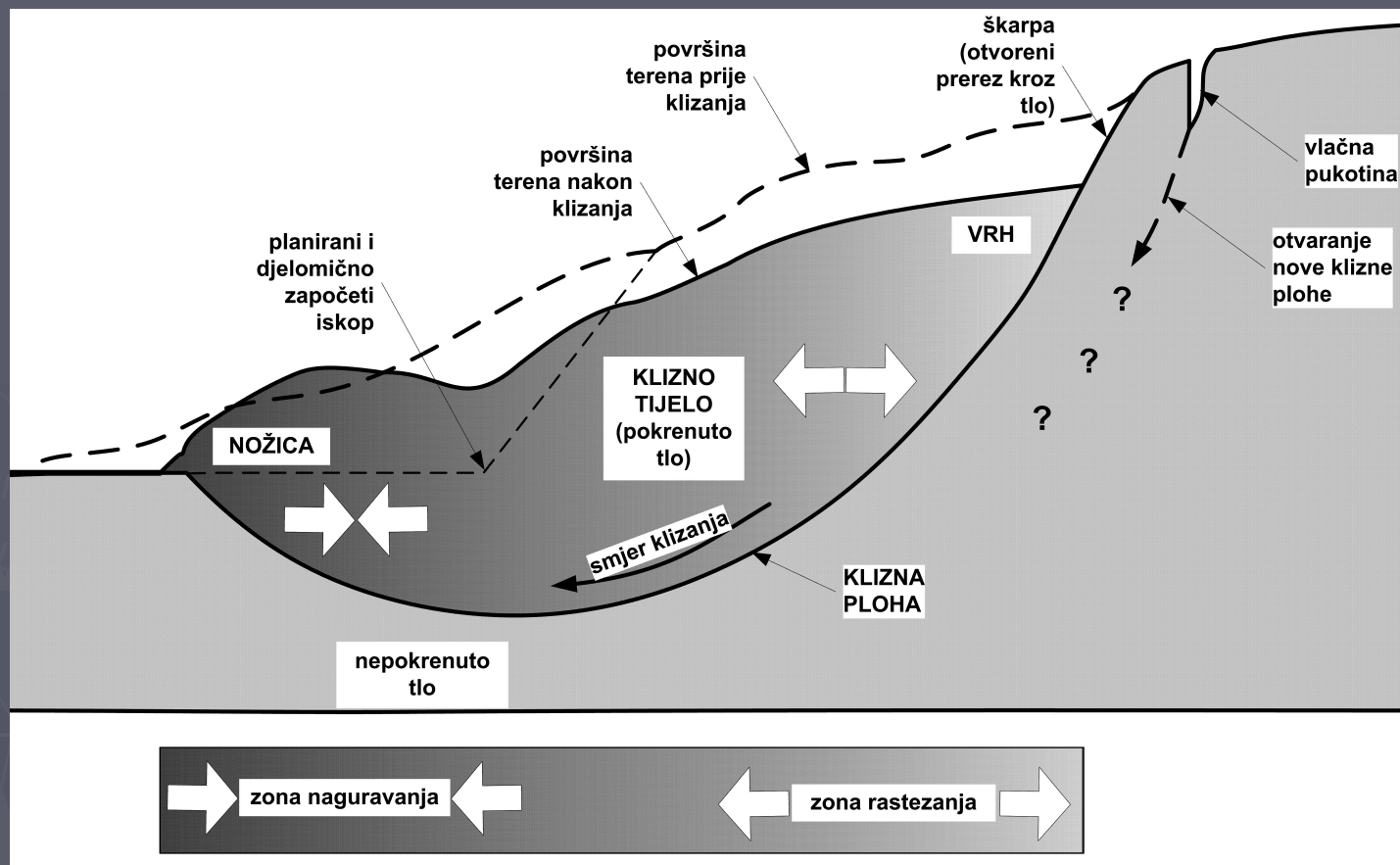


Zagreb, ožujak 2012.

Geotehničko inženjerstvo 4 - TI

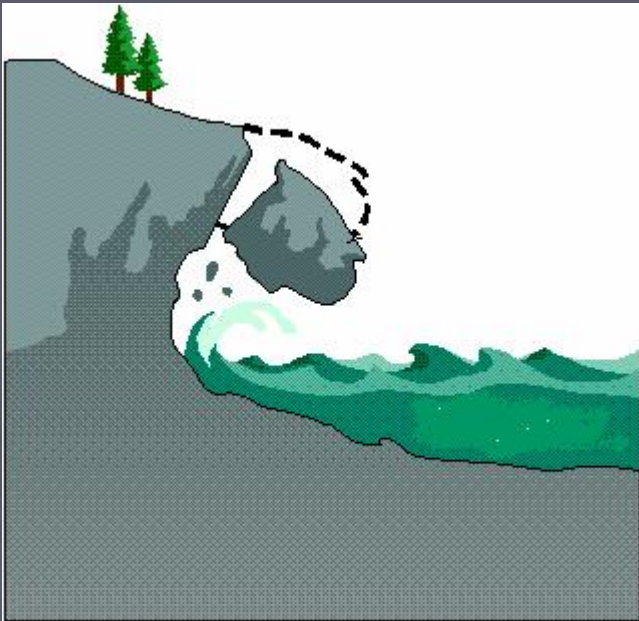
13

Klizno tijelo, klizna ploha, klizište i oblici klizanja

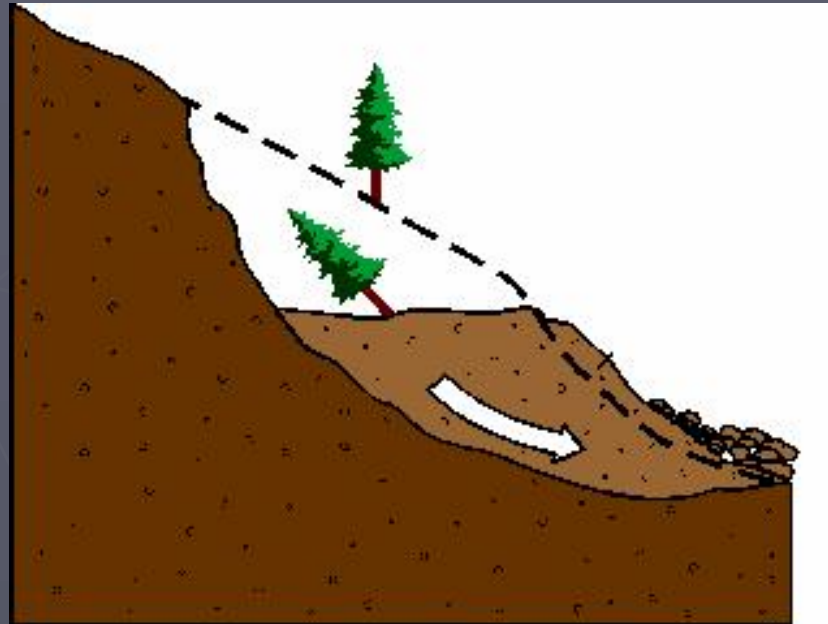


Slika 3-7 Elementi nestabilnosti na kosini

Oblici klizanja



Odron

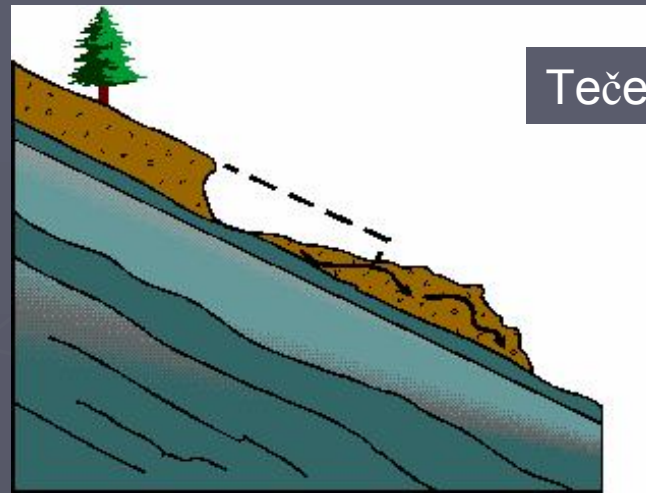


Rotacijsko klizanje

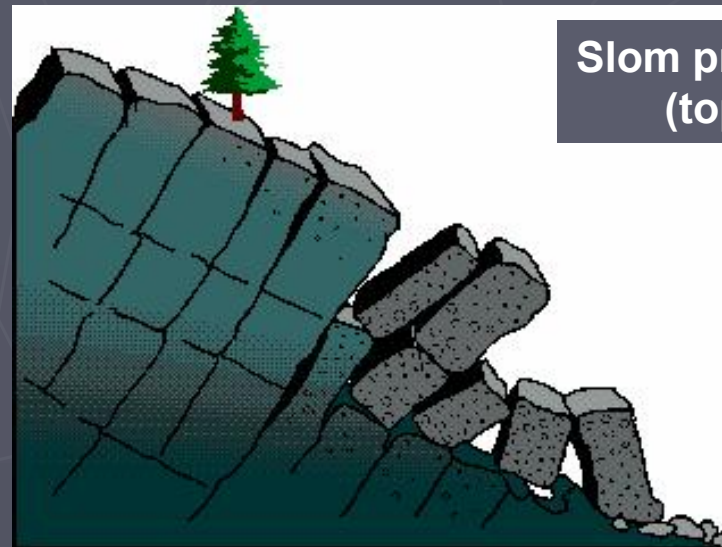
Oblici klizanja



**Translacijsko klizanje
stijenskog bloka**



Tečenje



**Slom prevrtanjem
(toppling)**

Razredi klizanja

NOVE KLASE
(WP/WLI, 1994.)

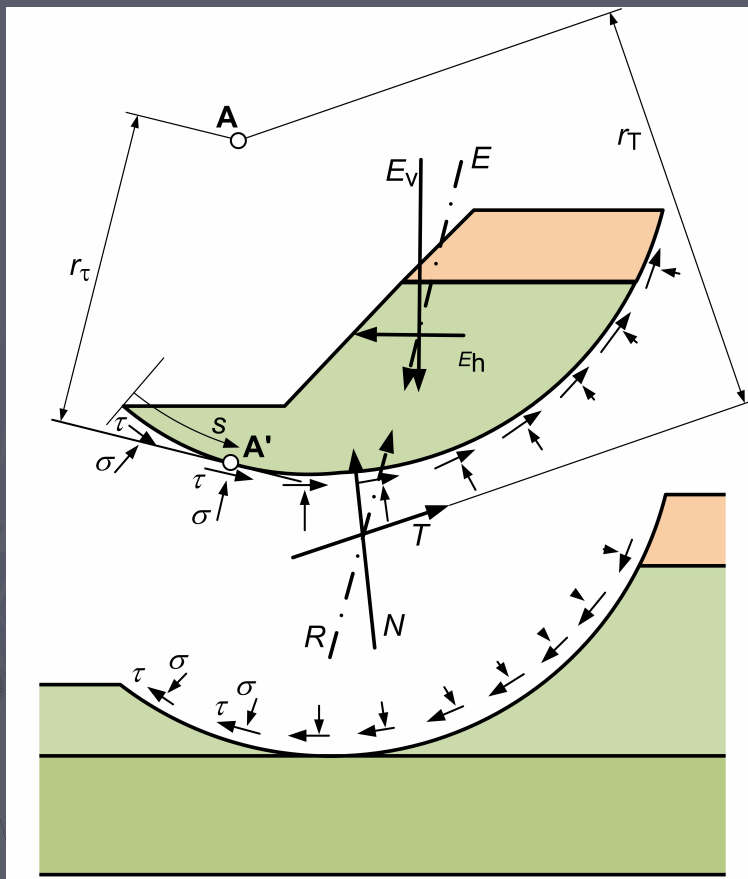
Razredi brzina	Opis brzine	Granice brzina	Veličina u mm/sec
7	Iznimno brzo	5 m/sec ¹⁾ 3 m/min ¹⁾ 1.8 m/h ¹⁾ 13 m/mjesec ¹⁾ 1.6 m/god ¹⁾ 16 mm/god ¹⁾	5*10 ³ 50 0.5 5*10 ⁻³ 50*10 ⁻⁶ 0.5*10 ⁻⁶
6	Vrlo brzo		
5	Brzo		
4	Srednje		
3	Sporo		
2	Vrlo sporo		
1	Iznimno sporo		

¹⁾100 – faktor umnoška između najmanje i najveće brzine unutar jednog razreda

- 7.) Katastrofa velikih razmjera. Izloženi objekti u potpunosti razoreni, gubici života stanovnika uzrokovani naletom materijala (tla)
- 6.) Nekoliko izgubljenih života, zato što je brzina klizanja prevelika pa se ne uspijevaju evakuirati svi ljudi. Uništavanje velikog razmjera.
- 5.) Evakuacija moguća. Objekti i oprema uništeni pokrenutom masom.
- 4.) Neosjetljivi objekti mogu ostati sačuvani ako se nalaze malo ispred stope klizne mase. Objekti smješteni na pokrenutoj masi u velikoj mjeri uništeni.
- 3.) Ceste i neosjetljivi objekti mogu ostati sačuvani sa učestalim značajnim radovima na održavanju, ukoliko pokretanje mase ne traje predugo i ukoliko su diferencijalni pomaci na rubovima klizišta raspoređeni duž šire zone
- 2.) Neki trajni objekti ostaju neoštećene ili ako su oštećene zbog pomaka tla oštećenja se mogu sanirati
- 1.) Nema oštećenja na objektima građenim s mjerama predostrožnosti.

Mehanizam klizanja

Analiza opterećenja i uvjeti globalne ravnoteže



Slika 3-9 Opterećenja na klizno tijelo

Zagreb, ožujak 2012.

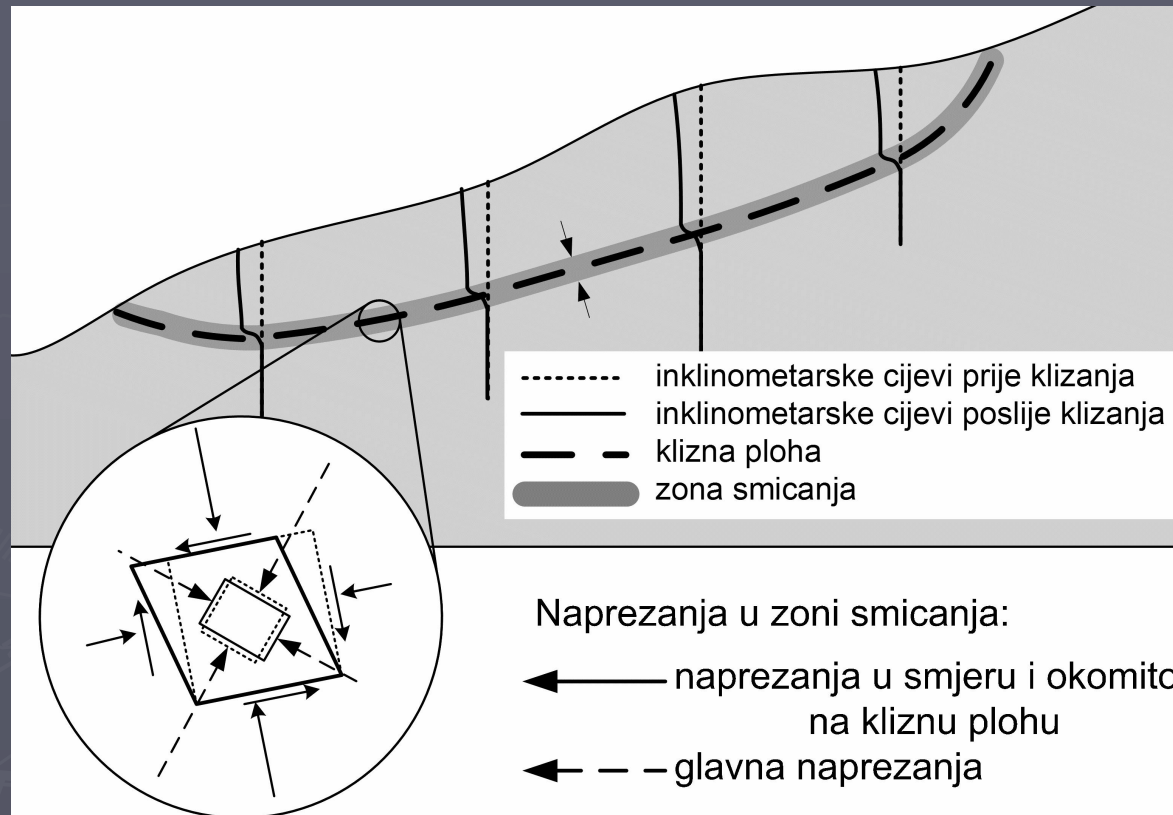
$$\vec{E} = -\vec{R}$$

Akcija = reakcija

$$\vec{R} = \vec{N} + \vec{T}$$

$$\vec{T} = \int_0^l \vec{t}(s) ds$$

Klizna ploha, deformacije i naprezanja u zoni smicanja



Slika 3-10 Deformacije i naprezanja u zoni oko klizne plohe: savijanje inklinometarskih cijevi ukazuje na postojanje zone intenzivnog smicanja konačne debljine dok je klizna ploha samo aproksimacija stvarne kinematike klizanja

Deformacije, efektivna naprezanja, relativna vodo-propusnost: drenirano i nedrenirano stanje

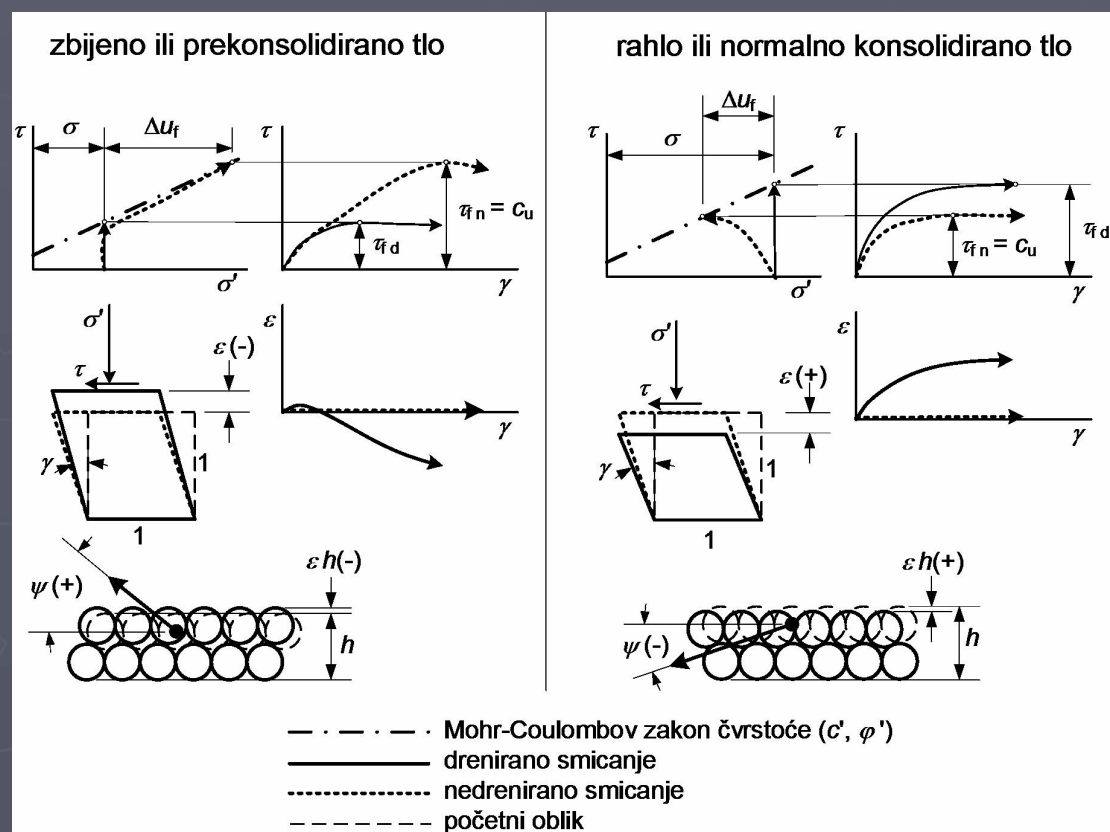
Mehanika tla:

- Efektivna naprezanja
- Posmična čvrstoća
- Pritisci porne vode
- Vodopropusnost tla
- konsolidacija

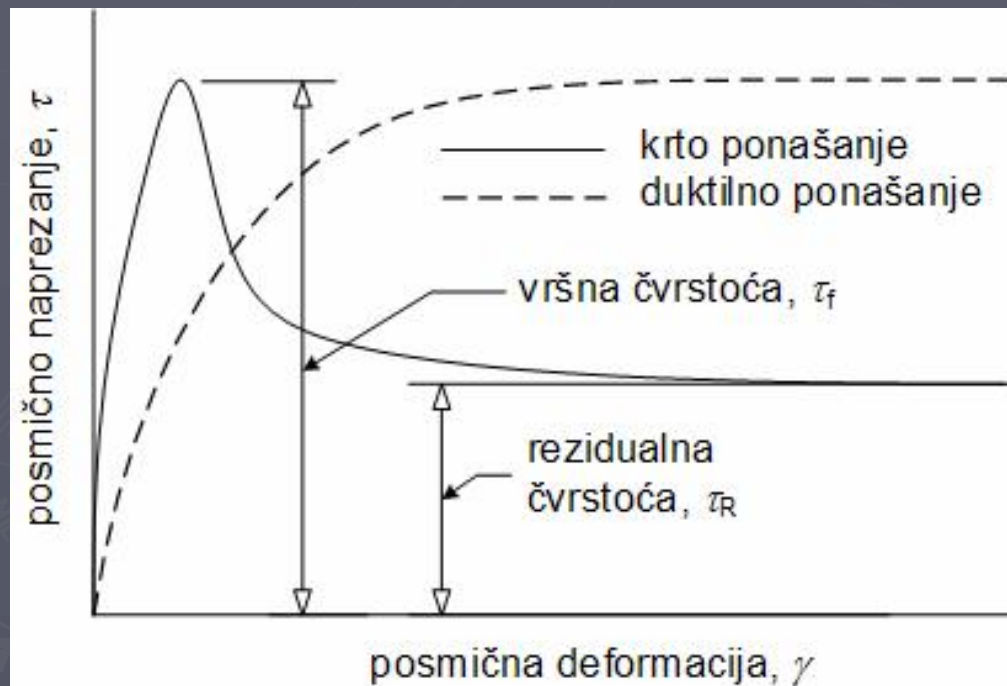
$$\tau_f = c' + (\sigma - u) \tan \varphi'$$

$$\tau_{fn} = c_u + \sigma \tan \varphi_u = c_u$$

Slika 3-11 Mogućnost dreniranja podzemne vode tijekom smicanja utječe na mehaničko ponašanje tla: razlika drenirane i nedrenirane čvrstoće između zbijenih (ili prekonsolidiranih) i rahlih (ili normalno konsolidiranih) tla tijekom smicanja; zbijenost tla utječe na kut dilatancije



Vršna i rezidualna čvrstoća, krtost i duktilnost, osjetljivost, raspucanost tla, anizotropija čvrstoće i puzanje



Slika 3-12 Krto i duktilno ponašanje tla, vršna i rezidualna čvrstoća; osjetljivost

$$S_t = \tau_f / \tau_R$$

Uzroci klizanja – pad čvrstoće

$$\vec{E} = -\vec{R}$$

Akcija = Reakcija

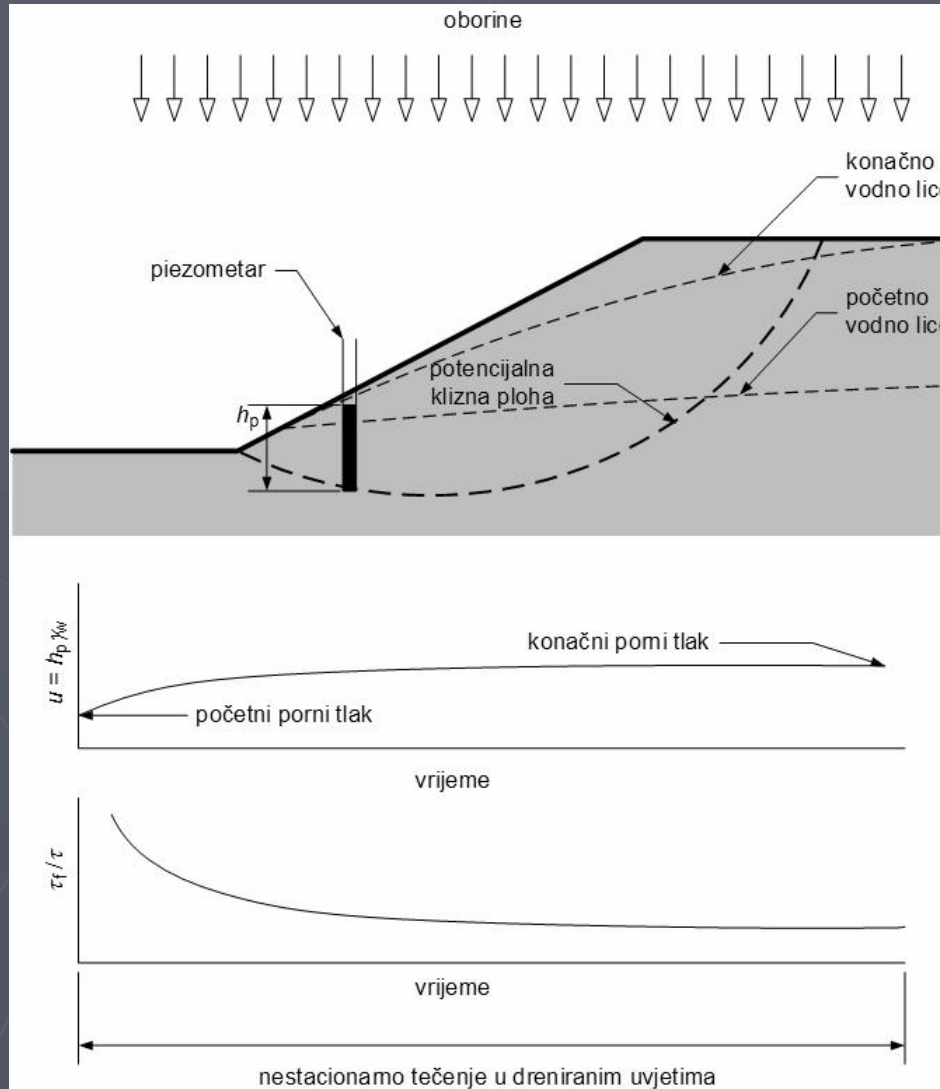
$A=R < \text{Otpornost} = \text{klizanje}$

Otpornost: čvrstoća, porni pritisci

$$\tau_f = c' + (\sigma - u) \tan \varphi'$$

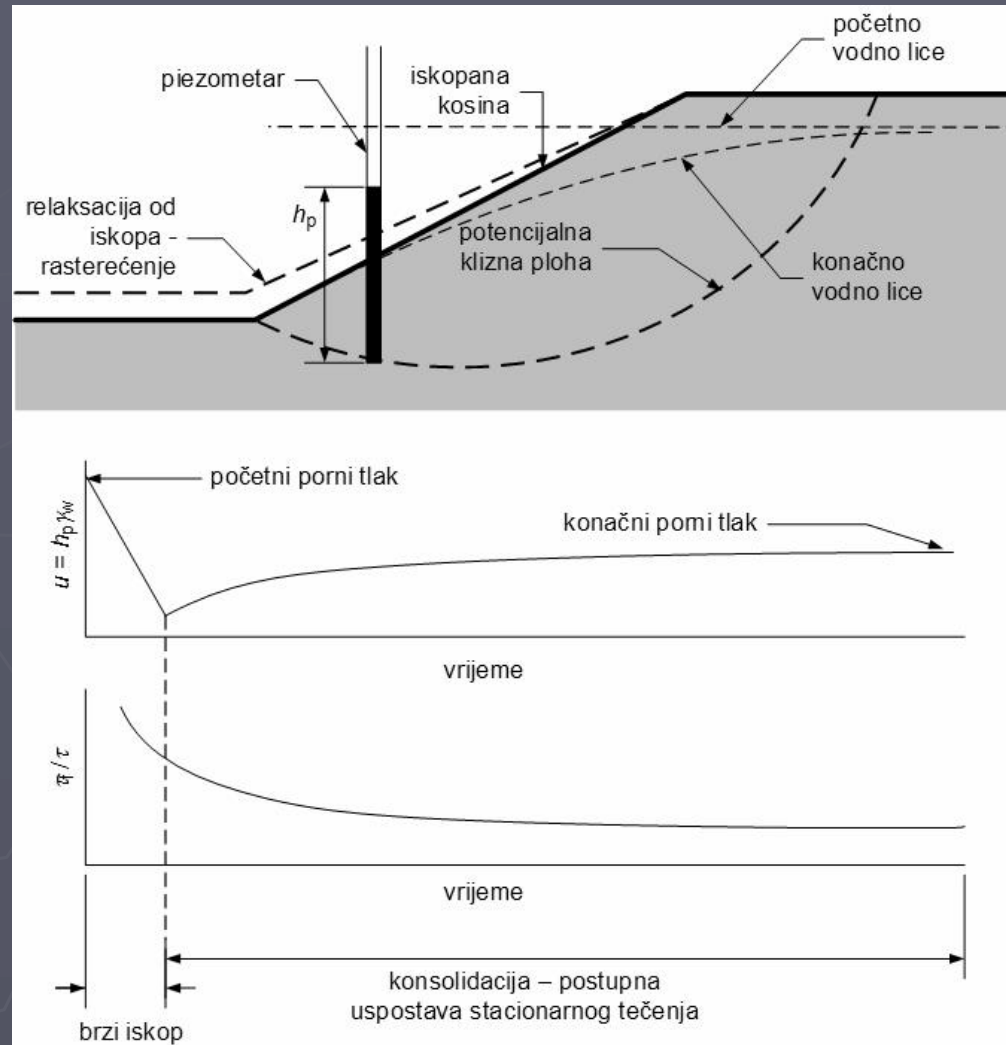
geometrijski odnosi

Slika 3-13 Porast pornog tlaka i pada čvrstoće u kosini uslijed oborina

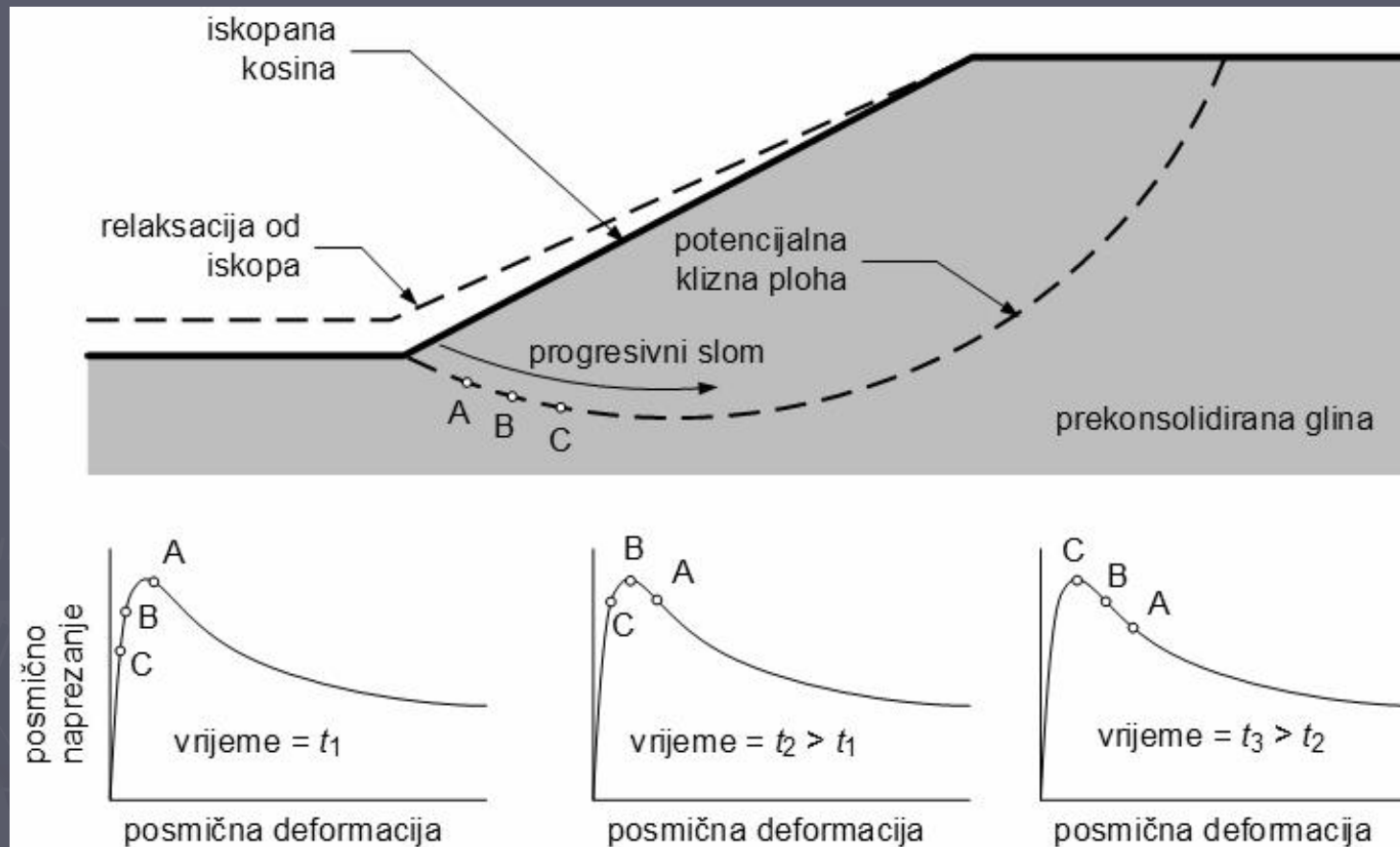


Uzroci klizanja – pad čvrstoće

Slika 3-14 Odgođeno klizanje kosine građevne jame zbog postupnog rasta pornog tlaka nakon početnog pada nastalog rasterećenjem od iskopa tla

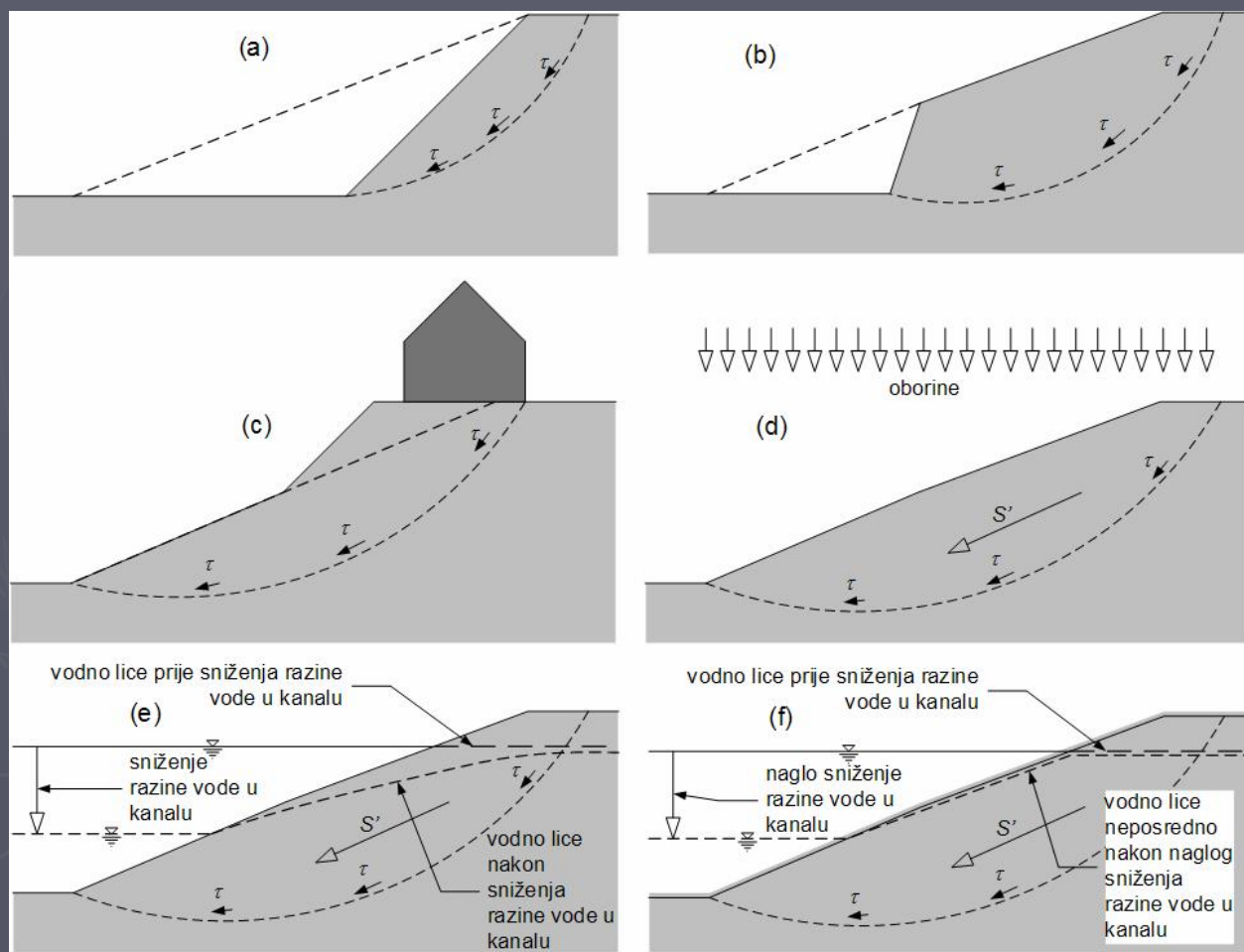


Uzroci klizanja – pad čvrstoće



Slika 3-15 Mehanizam nastanka progresivnog sloma u pre-konsolidiranim krtim glinama;

Uzroci klizanja- povećanje napadnih sila



Slika 3-16 Utjecaji koji povećavaju posmična naprezanja u zoni potencijalne klizne plohe na kosini: (a) zakošenje kosine, (b) zasijecanje u nožici koine, (c) nasipavanje i opterećenje u gornjem dijelu kosine, (d) oborine ili drugi uzrok koji izaziva dodatno tečenje u tlu niz kosinu zbog čega raste sila strujnog tlaka, (e) pojava strujne sile uslijed strujanja podzemne vode prema kanalu od postupnog sniženja vode u kanalu, (f) pojava strujne sile uslijed strujanja podzemne vode od naglog sniženja vode u kanalu (nepovoljnije strujanje i veća strujna sila od one iz slučaja (e)).