

# INŽENJERSKA GEOLOGIJA

- Definicija: Inženjerska geologija je geološka disciplina koja se bavi izučavanjem stijena kao potencijalnih radnih sredina i mogućih građevinskih materijala, kao i procjenom mogućeg stupnja utjecaja prirodnih geoloških i naknadno izazvanih procesa i pojava na objekte i predviđanje zaštitnih mjera protiv eventualnih nepovoljnih čimbenika.
- Statut Međunarodnog društva za inženjersku geologiju (*eng. International Association of Engineering Geology, IAEG*) daje sljedeću definiciju inženjerske geologije:

To je znanost koja se bavi istraživanjem, proučavanjem i rješavanjem inženjerskih problema i problema vezanih za zaštitu okoliša koji mogu nastati kao rezultat interakcije između geološkog okoliša i inženjerskih radova tj. ljudske aktivnosti, kao i predviđanjem geoloških hazarda, razvojem mjera zaštite od g. hazarda ili mjera njihova ublažavanja.

## **PREDMET ISTRAŽIVANJA**

- Predmet istraživanja:  
stijene i stijenski  
masivi, geološki  
proces i inženjersko-  
geološke pojave,  
geomorfološki i  
hidrogeološki uvjeti s  
aspekta njihovog  
utjecaja na izvođenje  
radova i objekte.

## **ZADACI IG**

- Određivanje sastava, strukture, uvjeta nastanka i prostiranja u prostoru stijena kao i njihovo ponašanje tijekom izvođenja radova i eksploatacije objekta;
- Definiranje i procjena prirodnih geoloških procesa i pojava, ali i onih izazvanih inženjerskim djelovanjem.

- Metode: koriste se metode uzete iz geoloških i tehničkih znanosti ali i postupke i sredstva razradena u samoj inženjerskoj geologiji: geološke, geotehnicke, geofizicke...
- Inženjersko-geološko kartiranje: značajke stijena, hidrogeološke, geomorfološke značajke geodinamičke pojave i procesi

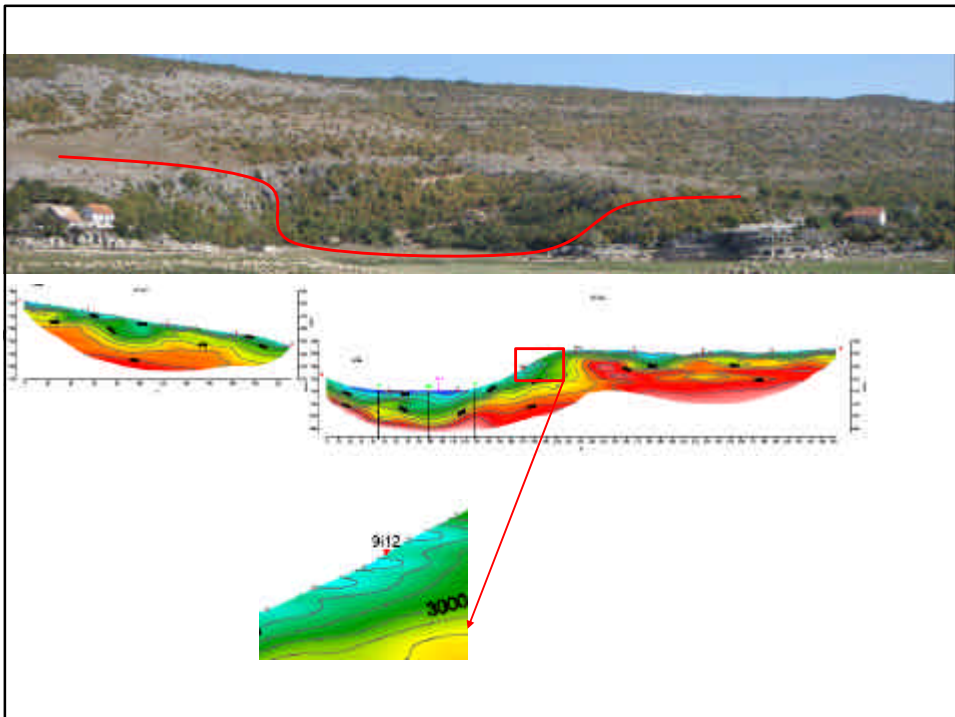
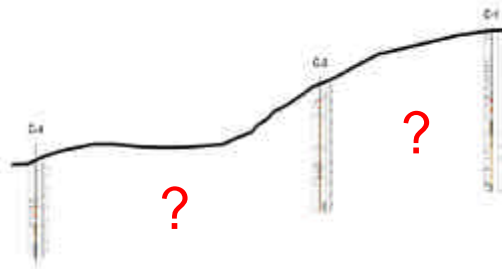


Priručna identifikacijska oprema:  
Schmidt-ov čekić, džepni  
penetrometar,

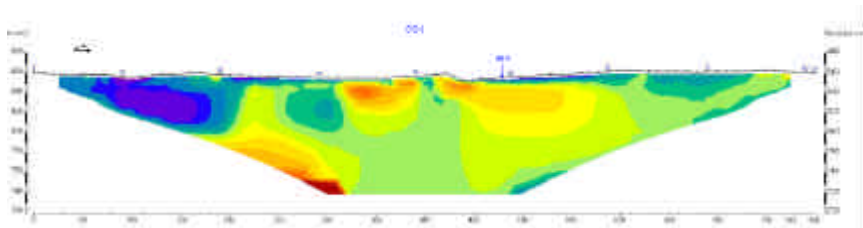


## LABORATORIJSKE METODE ISPITIVANJA STIJENA

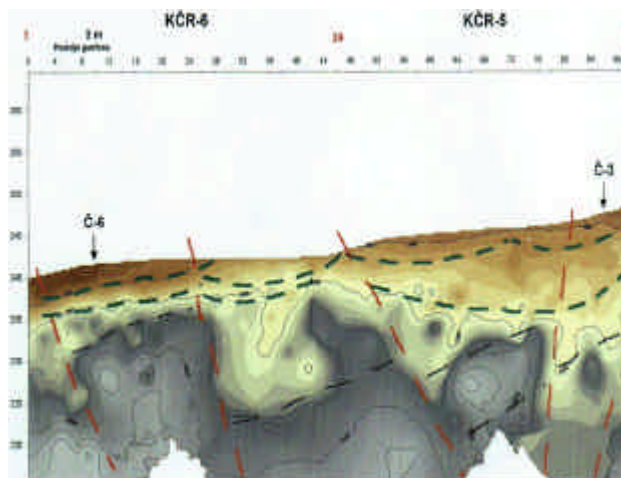
- Mineraloško petrološke značajke
- Fizičke značajke (gustoca, prostorna masa, poroznost, stišljivost vodopropusnost, bubrenje, toplinska vodljivost, radioaktivnost...)
- Mehanicko-tehnološke značajke (cvrstoca, elasticnost, plasticnost...)



# PROFIL GEOELEKTRICNE TOMOGRAFIJE



# SEIZMICKA REFRAKCIJA



# INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA STIJENA

- Podjela prema  
cvrstoci
- Cvrste stijene
  - Polucvrste
  - Klastične : krupnoklastične, srednjeklastične i sitnoklastične
- Podjela stijena  
kao  
gradevinskih  
podloga
- Cvrste
  - Vezane
  - Nevezane

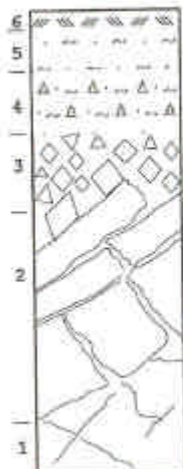
## GEODINAMSKI PROCESI

- SKUP PROCESA U LITOSFERI KOJI SU IZAZVANI ENDODINAMSKIM I EGZODINAMSKIM SILAMA, A MANIFESTIRAJU SE NA POVRŠINI ZEMLJE ODNOSNO U RELJEFU.
- RELJEF JE SVEUKUPNOST UZVIŠENJA, UDUBLJENJA I RAVNINA RAZNIH OBLIKA I DIMENZIJA, TO JEST, UBRANE, IZLOMLJENE, UZDIGNUTE ILI SPUŠTENE STJENSKE MASE LITOSFERE. TO JE GRANICNA POVRŠINA IZMEĐU LITOSFERE I DRUGE DVIJE SREDINE: HIDROSFERE I ATMOSFERE

# MEHANIZAM INŽENJERSKOGEOLOŠKIH EGZOGENETSKIH PROCESA

- EROZIJA
- TRANSPORT
- AKUMULACIJA

- ZA SKUPNO DJELOVANJE TEMPERATRE, INSOLACIJE I ORGANSKOG SVIJETA (OSIM ČOVJEKA) KORISTI SE INTERNACIONALNI TERMIN **ELUVIJALNI** PROCESI KOJI PDRAZUMJEVAJU FIZICKO-KEMIJSKO RASPADANJE I RAZARANJE POVRŠINE ZEMLJE NA LICU MJESTA.
- OSNOVNI CIMBENICI SU : VODA, KISIK, UGLJICNI DIOKSID, TEMPERATURANA KOLEBANJA, FLORA I FAUNA. UJECAJ OVIH CIMBENIKA S DUBINOM SLABI JER JE SAMA KORA RASPADANJA ZAŠTITNI, AMORTIZACIJASKI POKRIVAC I ZAUSTAVLJA CIMBENIKE RASPADANJA.
- ELUVIJALNI PROCES JE POLAZNI (ISHODIŠNI) ZA SVE OSTALE. NJEGOVI DJELOVANJEM NASTAJU VELIKE KOLICINE NEVEZANOG, RASTRESITOG MATERIJALA KOJI PREUZIMAJU DALJE OSTALI AGENSI



Slika 10: Shematski prikaz zona čuvjalnog raspadanja

- 6 - humozni pokrivač
- 5 - glinno-koloidna zona, "zračijasta raspadina" (fil)
- 4 - mivžasta, ulomčasta zona
- 3 - zona drobine i krupica
- 2 - zona blokova
- 1 - monolitna zona (geološki supstrat)



## KLASIFIKACIJA INŽENJERSKOGEOLOŠKIH PROCESA I OBLIKA

- EOLSKI
- GRAVITACIJSKI
- KOLUVIJALNI
- GLACIJALNI
- MARINSKI
- LIMNICKI
- DELUVIJALNI
- DENUDACIJSKI
- FLUVIJALNI S  
ALUVIJALNIM  
PROLUVIJALNIM  
PROCESOM
- PADINSKI PROCESI  
KOJI NASTAJU  
UDRUŽIVANJEM  
PRCESA
- KRŠKI



# GEODINAMSKE POJAVE

- KLIZIŠTA
- ODRONJAVANJE
  - OSIPANJE
  - SUFOZIJA
- LIKVEFAKCIJA

## KLIZIŠTA

- KLIZIŠTA SU POJAVE KOJE NASTAJU KAO POSLJEDICA SUVREMENIH GEOLOŠKIH PROCESA OTKIDANJA I POMJERANJA NESTABILNIH STIJENSKIH MASA NA PADINAMA I KOSINAMA, IZNAD STABILNE PODLOGE , PO ISPOLJENOJ KLIZNOJ PLOHI ILI ZONI KLIZANJA. NASTAJE NARUŠAVANJEM STABILNOSTI KADA OTPORNOST NA SMICANJE POSTANE MANJA OD SMICUCIH SILA

## UZROCI NASTANKA KLIZIŠTA:

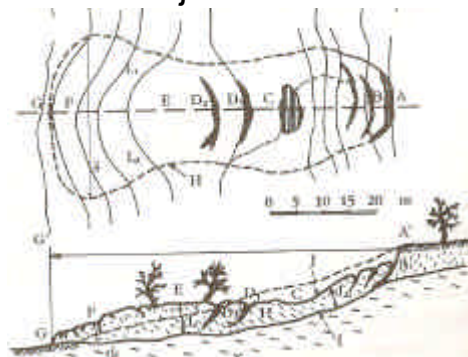
- GRAVITACIJA
- HIDRODINAMICKI PRITISCI P.V.
- POTRESI
- TEHNOGENE AKTIVNOSTI

## CIMBENICI KOJI DOVODE DO KLIZANJA MOGU UTJECATI NA:

- PROMJENE U SKLOPU I STRUKTURI
- PROMJENE FIZICKIH SVOJSTAVA
- PROMJENA NAPONSKOG STANJA
- IZMJENE U GEOMETRIJI KOSINE
- IZMJENE U VEGETACIJI
- KOMBINIRANO

## MORFOLOŠKI ELEMENTI KLIZIŠTA

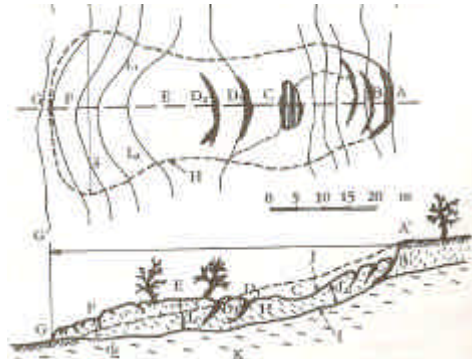
- TIJELO KLIZIŠTA je cjelokupna pokrenuta masa i može biti jedinstveno ili izdijeljeno.
- KLIZNA POVRŠINA je donja, bazna, jasno izdvojena granicna ploha između tijela i nepokretne podloge.
- POVRŠINA KLIZIŠTA je vidljiva površina u horizontalnoj projekciji ograničena nepravilnom konturom kliznog tijela.



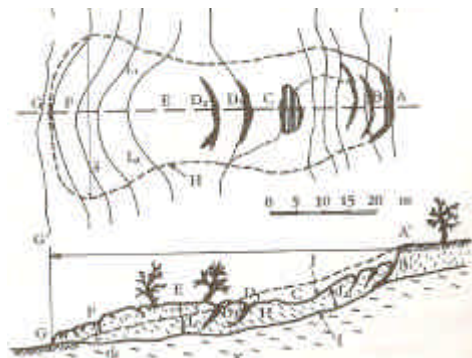
- **PODLOGA KLIZIŠTA** je stabilna masa po kojoj se kreće klizište.
- **NOŽICA ILI STOPALO KLIZIŠTA** je hipsometrijski najniži dio klizišta.
- **CEINI OŽILJAK KLIZIŠTA** je hipsometrijski najviša pukotina koja s gornje strane ograničava tijelo i duž koje je došlo do otkidanja i pokretanja masa.
- **UVALA ILI DEPRESIJA**

je udubljenje na površini klizišta koje se javlja ispod celnog ožiljka

- **TRBUH KLIZIŠTA** je ispupčenje koje se javlja iznad nožice klizišta.

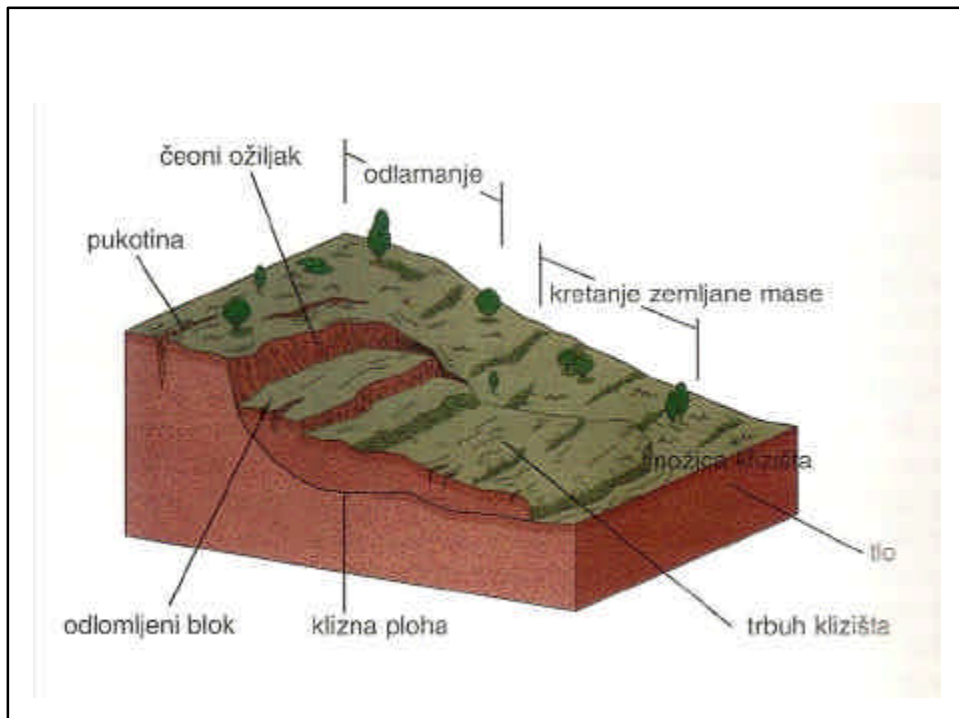
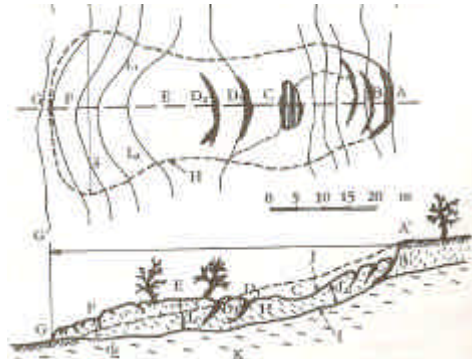


- **OS KLIZIŠTA** je zamišljeni pravac od celnog ožiljka do kraja nožice.
- **KRILA KLIZIŠTA** su lijevo i desno od osi klizišta
- **SEKUNDARNI OŽILJCI** su pukotine koje se javljaju na površini klizišta ispod celnog ožiljka, sub-paralelno s njim.
- **GRANICA KLIZIŠTA** je nepravilna crta kojom se može okonturirati klizište.

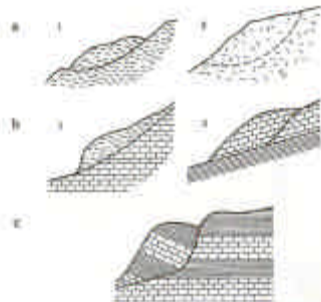


# MORFOMETRIJA KLIZIŠTA

- DUŽINA KLIZIŠTA se računa kao hipsometrijsko rastojanje najviše točke ceonog ožiljaka i najniže točke nožice.
- ŠIRINA KLIZIŠTA je rastojanje najudaljenijih tocaka po obodu klizišta upravno na smjer klizanja.
- DEBLJINA KLIZIŠTA je okomito rastojanje od površine do podloge, a iskazuje se kao maksimalna i prosječna.
- DUBINA KLIZANJA je vertikalno rastojanje od površine do podloge. Poznavanje i definiranje dubine klizanja bitno je za odabir i efikasnost mjera sanacije klizišta



# VRSTE KLIZIŠTA



Slika 3.4. Vrste klizišta.

- ... zaklonjena (1) - s obilježjem uspinjanja, 2-u izvornoj (izvornoj) klanjanoj
- ... zaklonjena (1)-oblikovane terena s izmješanim položaj, 2-u izvornoj klanjanoj
- ... zaklonjena

Uzrok aktivnosti nepredviđeno promjena klizne ravnine:

- prirodna klizišta, aktivna, sa slabije masom koja se na prama klizom lako u stabiliziraju;
- umjetna klizišta, nastala u nepredviđenoj masi koja se na prama klizom lako u stabiliziraju;

U slučaju da se u slučaju klizne ravnine:

- oblikovane ili prirodne klizišta, koje se formiraju na izvornoj kliznoj ravnini, a masu klizne mase "tam" prema kliznoj ravnini;
- prirodne ili prirodne klizišta, koje nastaju na izvornoj kliznoj ravnini, a masu klizne mase "tam" prema kliznoj ravnini;

Prima klizna površina klizišta je najčešće:

- ravna ili blago zaklonjena, s nagibom između od 10° i 30°;
- zaklonjena, s nagibom od od 10° do 15°;
- zaklonjena, s nagibom od 15° do 45°;
- zaklonjena, s nagibom od od 10°.

Klizišta su najčešće formirana u području s nagibom između 10° i 30°.

Klizišta su, u općenitijem smislu, najčešće od 1 prema kliznoj kliznoj ravnini i kliznoj ravnini. Prama kliznoj kliznoj ravnini su:

- prirodna klizišta, s kliznom površinom između od 1 m;
- prirodna klizišta, s kliznom površinom između od 1 m do 2 m;
- prirodna klizišta, s kliznom površinom između od 5 m do 20 m;
- prirodna klizišta, s kliznom površinom između od 20 m.

Klizišta su najčešće:

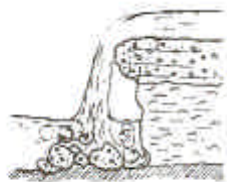
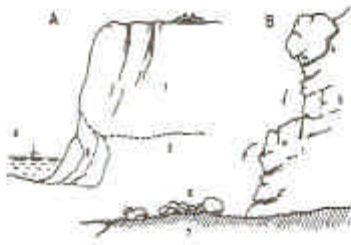
Umjetna klizišta, prema kliznoj ravnini, prema 3.4.

# SANACIJA KLIZIŠTA

- promjenom oblika padine, što je efikasno ako se klizanje masa događa po plohli približno cilindričnog oblika, i to opterećenjem nožice klizišta materijalom koji se dobije rasterećenjem gornjeg dijela klizišta;
- drenažom podzemne vode, kopanim drenovima i bušenim cijevnim drenovima kojima se smanjuje uzgon, porazni tlak i hidrodinamični utjecaj podzemne vode u terenu;
- reguliranjem otjecanja površinskih voda;
- potpornim konstrukcijama, za sprečavanje erozije nožice klizišta uz obale voda tekućica, jezera ili mora, te za opterećenje nožice klizišta u zasjedenim i usjedenim dijelovima terena;
- povećanjem čvrstoće materijala, metodama injektiranja, elektroosmozom i elektrokemijskim očvršćenjem terena, te toplinskom, mehaničkom, kemijskom i vakuumskom stabilizacijom;
- pošumljavanjem terena.

# ODRONI

- TO SU KOLUVIJALNI PROCESI OTKIDANJA I PADANJA DIJELOVA STIJENA SA STRMIH PADINA ILI VISOKIH KOSINA, ILI U OBALAMA RIJEKA, JEZERA I MORA. UZROCI MOGU BITI DISKONTINUITETI NAGNUTI NIZ KOSINU, STRMO PODSJECENE ILI PODLOKANE KOSINE, ZAMRZAVANJE, BUBRENJE, HIDRAULICKI PRITISAK, RAST KORJENJA, ZEMLJOTRESI I SLICNO.



Slika 36 Odrnavanje pad slapon vode



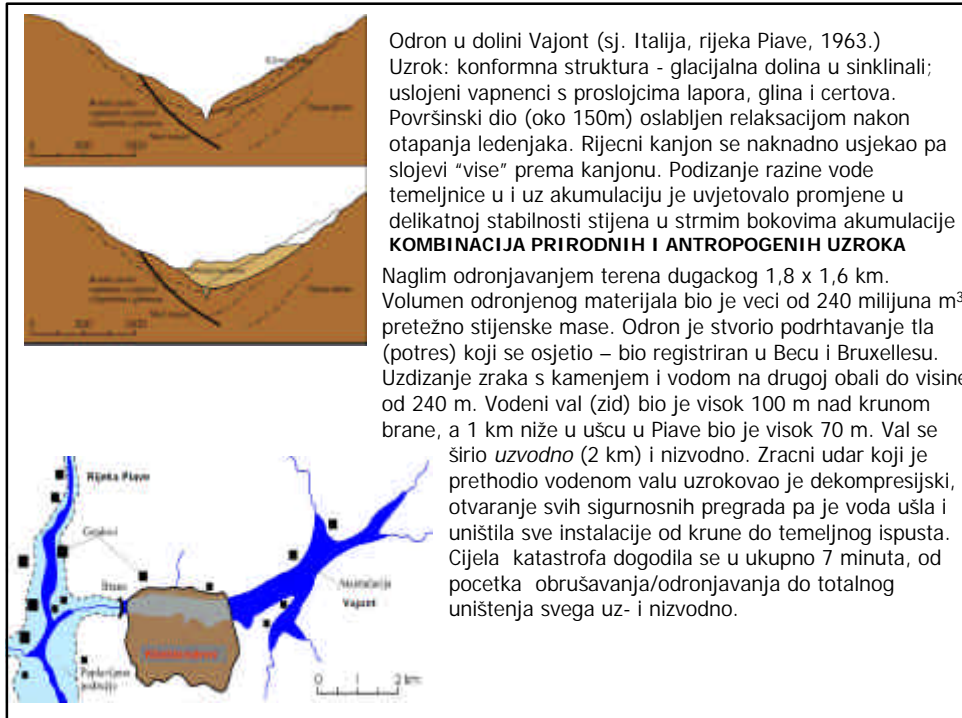
- U MORFOLOGIJI ODRONA RAZLIKUJEMO TRI ZONE:
  1. ZONA ODRONJAVANJA je dio padine u kojem se dešava otkidanje i padanje, tu obično uočavamo **ožiljak odrona** koji se razlikuje po boji jer nema patine ni lišaja.
  2. ZONA TRANSPORTA je dio po kojem se materijal kreće, kotrlja i pada sve do mjesta zaustavljanja .
  3. ZONA DEPONIRANJA je mjesto nakupljanja materijala i tu se nalazi **tijelo odrona** za koji je potrebno pri analizi odrediti dužinu, širinu, debljinu i granice

PREMA LITOLOŠKOM SASTAVU RAZLIKUJEMO

- **Homogene ili jednorodne** odrone od blokova ili kršja iste litologije i
- **Heterogene ili raznorodne** odrone od blokova ili kršja različitih vrsta stijena.

TIJELO ODRONA JE NEPRAVILNOG GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA, POROZNO I VODOPROPUSNO.

INŽENJERSKOGEOLOŠKA IZUCAVANJA ODRONA ZASNIVAJU SE NA MOGUĆNOSTI PREDVIĐANJA BUDUĆIH I SANACIJI POSTOJEĆIH ODRONA KOJI UGROŽAVAJU POSTOJEĆE OBJEKTE I LJUDE.



Odron u dolini Vajont (sj. Italija, rijeka Piave, 1963.)  
 Uzrok: konformna struktura - glacijalna dolina u sinklinali;  
 uslojeni vapnenci s proslojcima lapora, glina i certova.  
 Površinski dio (oko 150m) oslabljen relaksacijom nakon  
 otapanja ledenjaka. Rijecni kanjon se naknadno usjekao pa  
 slojevi "više" prema kanjonu. Podizanje razine vode  
 temeljnice u i uz akumulaciju je uvjetovalo promjene u  
 delikatnoj stabilnosti stijena u strmim bokovima akumulacije  
**KOMBINACIJA PRIRODNIH I ANTROPOGENIH UZROKA**

Naglim odronjavanjem terena dugackog 1,8 x 1,6 km.  
 Volumen odronjenog materijala bio je veci od 240 milijuna m<sup>3</sup>  
 pretežno stijenske mase. Odron je stvorio podrhtavanje tla  
 (potres) koji se osjetio – bio registriran u Becu i Bruxellesu.  
 Uzdizanje zraka s kamenjem i vodom na drugoj obali do visine  
 od 240 m. Vodeni val (zid) bio je visok 100 m nad krunom  
 brane, a 1 km niže u ušću u Piave bio je visok 70 m. Val se  
 širio *uzvodno* (2 km) i nizvodno. Zracni udar koji je  
 prethodio vodenom valu uzrokovao je dekompresijski,  
 otvaranje svih sigurnosnih pregrada pa je voda ušla i  
 uništila sve instalacije od krune do temeljnog ispusta.  
 Cijela katastrofa dogodila se u ukupno 7 minuta, od  
 početka obrušavanja/odronjavanja do totalnog  
 uništenja svega uz- i nizvodno.

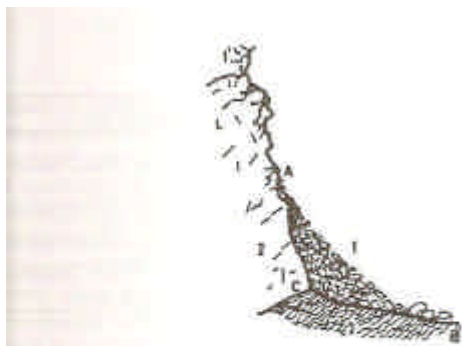
## SANACIJA ODRONA

- Preventivno mehanicko uklanjanje nestabilnih blokova prije izgradnje objekata, primjenom rucnog alata ili slabog miniranja.
- Sidrenje nestabilnih blokova
- Injektiranje pod slabim pritiskom
- Prskanje mlaznim betonom
- Razne vrste podgrada i zaštitnih zidova
- Kombinirane metode



# OSIPANJA

- TO SU PROCESI OSIPANJA RASTROŠENOG MATERIJALA KOJI SE NAGOMILAVA NA PADINAMA U OBLIKU SIPARA ILI TOCILA.
- NAJUČESTALIJI JE NA STRMINAMA KARBONATNIH STIJENA ALI SE NALAZI I NA STRMINAMA OD SERPENTINA, ŠKRILJAVACA, STIJENAMA VULKANOGENOSEDIMENTNOG KOMPLEKSA A RJEĐE U MAGMATSKIM STIJENAMA.
- VEĆI FRAGMENTI SE OBICNO NALAZE U NOŽICI SIPARA A SITNIJI PRI VRHU, ZATO ŠTO JE DULJINA KOTRLJANJA SRAZMJERNA VELICINI, TO JEST, MASI FRAGMENTA.
- SIPARIŠNI MATERIJAL JE SLABO KOSOLIDIRAN, A ČESTO I NESTABILAN PA SE IZBJEGAVA GRADNJA NA NJEMU



Slika 37: Presjek sipara

AC - pristona površina; BC - bazu sipara; AB - površina sipara

- SUFOZIJA je proces u koherentnim i nekoherentnim stijenama , gdje tijekom tecenja podzemnih voda dolazi do ispiranja sitnih cestica. Proces je sporiji u koherentnim stijenama nego u nekoherentnim jer voda u njima mora prvo kidati kohezijske sile.
- Posljedica je slijeganje terena, koje se povecava u slucaju dodatnog opterecenja izgradnjom objekata
- Sanacija se obicno radi injektiranjem stijena silikatnim masama

- LIKVEFAKCIJA je proces u nevezanim sedimentnim stijenama koji se manifestira njihovim prijelazom u tekuce koherentno stanje pod utjecajem dinamičkih faktora. Mogu ga prouzrociti potresi, miniranja ili vibracije od kretanja teških vozila, u sitnim ujednaceno graduiranim pijescima a ponekad i u koherentnim stijenama.
- Sanacija se obavlja snižavanjem razine podzemnih voda, povecanjem zbijenosti i promjenom granulometrijskog sastava.

- Korištena literatura:

[1] Bašagic,M., Inženjerska geologija, 2007.

[2] Panjukov,P.N., Inženjerska geologija,  
1956.

[3] Redžepagic,R, Kako živjeti na klizištu,

[4] Šestanovic,S., Osnove inženjerske  
geologije, 1993.

[5] Mihalic, S.,Uvod u inženjersku geologiju