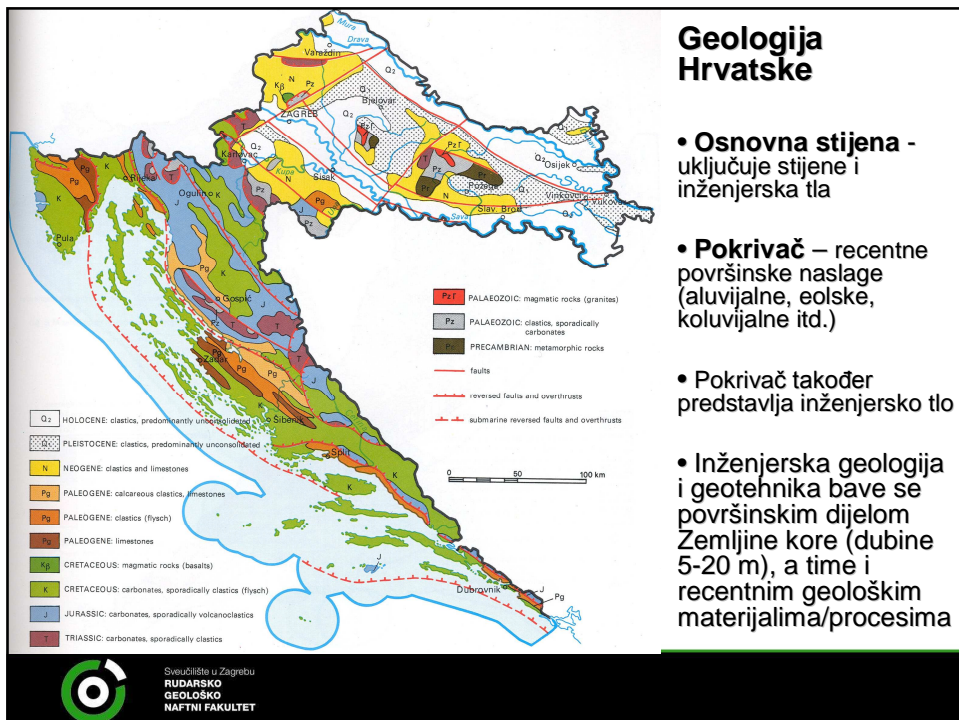




# Inženjerskogeološki opis tla

Snježana Mihalić



# Kratko upoznavanje s inženjerskom geologijom

## Dva glavna objekta inženjerske geologije ?

- **Inženjersko tlo** - "Slabi materijal koji se može iskopati bez pneumatskog bušenja, ripovanja ili miniranja, te stoga uključuje tlo, pokrivač, slabe stijene i trošnu stijenu"

**Inženjersko tlo podrazumijeva čitav spektar materijala, pri čemu se neki od njih ne smatraju onim što se tradicionalno naziva tlom.**

- **Stijene** - sedimentne, magmatske, ili metamorfne



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# Inženjerskogeološki opis stijena i tala

- **Britanski standard BS5930 (1999)**: Preporučena praksa za istraživanje pojedinačnih lokacija (*eng. Code of practice for site investigation*)
- **USBR (eng. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation) priručnik (2001)**: Inženjerskogeološki priručnik za terenska istraživanja



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## The British Standard BS5930 (1999)

- Poglavlje 1 - preliminarna razmatranja (Preliminary considerations)
- Poglavlje 2 - istraživanje podzemlja (Ground investigation)
- Poglavlje 3 - Terenska istraživanja (Field investigations)
- Poglavlje 4 - Terenska ispitivanja (Field tests)
- Poglavlje 5 - Laboratorijska ispitivanja na uzorcima (Laboratory testing on samples)
- **Poglavlje 6 - Opis tla i stijena (Description of soils and rocks)**
- Poglavlje 7 - Izvještaji i interpretacija (Reports and interpretation)
- Poglavlje 8 - dodaci (Annexes)



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## USBR priručnik (2001) – koristi ASTM standarde

Chapter 1 Introduction .....	1
Chapter 2 Geologic Terminology and Classifications for Geologic Materials .....	3
• Established References for Geological Terminology .....	3
• Geologic Classification of Materials .....	4
• Engineering Classification of Geologic Materials .....	5
• Application and Use of Standard Indexes, Terminology, and Descriptors .....	9
• Units of Measurements for Geologic Logs of Exploration, Drawings, and Reports .....	12
• Bibliography .....	15

<http://www.usbr.gov/pmts/geology/geolman/cont.pdf>

Chapter 3 Engineering Classification and Description of Soil .....	17
• General .....	17
• Classifications of Soils .....	21
• Abbreviated Soil Classification Symbols .....	39
• Description of the Physical Properties of Soil .....	40
• Narrative Descriptions and Examples .....	48
• Use of Soil Classification as Secondary Identification Method for Materials Other Than Natural Soils .....	51
• Bibliography .....	56
Chapter 4 Classification of Rocks and Description of Physical Properties of Rock .....	57
• Introduction .....	57
• Rock Classification .....	57
• Chapter 4 Classification of Rocks and Description of Physical Properties of Rock (continued)	
• Page	
• Description of Rock .....	59
• Example Descriptions .....	86
• Bibliography .....	90
• Chapter 5 Terminology and Descriptions for Discontinuities .....	91
• General .....	91
• Indexes for Describing Fracturing .....	94
• Description of Fractures .....	98
• Descriptions of Shears and Shear Zones .....	114
• Bibliography .....	126



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# The British Standard BS5930 (1999)

## Cilj

- prijenos znanja i iskustva stručnjaka te uspostavljanje standarda
- očuvanje minimalne uniformnosti posla, posao obavljen ispod te razine se smatra loše obavljenim
- određuje terminologiju za što bolju komunikaciju među korisnicima

**Britanski standard sam po sebi nije zakon,  
već predstavlja najbolju moguću praksu**



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# The British Standard BS5930 (1999)

## Korištenje standarda pri istraživanju i prikupljanju podataka

- standard koristi termine koji trebaju biti razumljivi korisniku
- riječi (termini) imaju određeno značenje - koje uvijek treba biti isto
- ZAPAMTITE - drugi donose odluke pri projektiranju temeljene na vašem izboru riječi!
- standard se ne smije koristiti bez razmišljanja; **NE TREBA GA RAZMATRATI KAO SKRIPTU ZA UČENJE**



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# OPIS JEZGRE BUŠOTINE (TLO)

## Što je opis jezgre (LOG BUŠOTINE)?

- kontinuirani zapis vertikalnog profila stijene dobivene bušenjem odnosno jezgrovanjem
- jezgrovanje je postupak dobivanje uzorka stijene (jezgra)
- dužina jezgre varira ovisno o geološkoj građi, opremi i zahtjevima klijenta



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Oprema za istraživanje - bušenje



bušenje provode  
specijalizirani  
timovi bušača;  
oni vade jezgru i  
slažu je u  
sanduke, a  
inženjerski  
geolog radi opis  
stijene/tla



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



## LOG JEZGRE BUŠOTINE

### Konačan rezultat

- informacije s bušenja zabilježene na logu
- vrlo vrijedan izvor podataka za sve buduće radove
- zapis gotovo svih važnih informacija
- informacije koje se mogu zabilježiti samo jednom, npr. erupcija podzemne vode



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## LOG JEZGRE BUŠOTINE

**Prilikom opisa jezgre bušotine potrebno je obratiti pažnju na 4 važna faktora:**

- količina materijala
- tip materija
- stanje materijala dobiveno jezgrovanjem
- zapise bušača ili drugog kvalificiranog osoblje tijekom bušenja



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## LOG JEZGRE BUŠOTINE

Cjelokupna procedura za opis materijala iz sanduka treba slijediti osnovne korake.....

- pregled cijele jezgre
- identifikacija glavnih promjena u materijalu, npr. boja, veličina klasta, ili minerala
- identifikacija manjih promjena unutar glavnih promjena (slojeva ili geoloških razdoblja)
- stanje materijala dobivenog bušenjem



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA

- osnovne karakteristike tla
- podrijetlo tla
- opis tla



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



## OPIS TLA

Svojstva tla važna za inženjerskogeološka istraživanja:

- čvrstoća
- stišljivost
- propusnost
- kemijski sastav



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA

Što je inženjersko tlo?

- trošna stijena
- materijal transportiran i taložen u vodotocima (aluvijalne naslage)
- materijal taložen vjetrom (eolske naslage)
- materijal taložen u moru (marinske gline, obalne naslage)

Različite vrste tla imaju različita inženjerska svojstva.



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA

Kako utječe geološka prošlost tla na njegovo inženjersko ponašanje...

- transportirana tla - raznoliko
- in-situ tla (nastala trošenjem) - ovisi o prirodi originalne stijene
- povijest naprezanja - utječe na čvrstoću i stišljivost
- prekonsolidirane - npr. glacijalne gline, normalno konsolidirane - gline estuarija



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA (1)

### (1.1) Naziv tla

### (1.2) Karakteristike materijala



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# OPIS TLA

## Proces opisa tla

Prvo, tlo je:

- KRUPNOZRNATO - pjesak / šljunak
- SITNOZRNATO - glina / prah

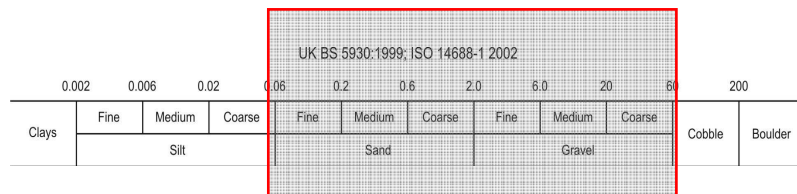
Ova razlika određuje kako će se tlo ponašati.



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: Krupnozranto tlo

- sastoji se od pijeska i šljunka
- kad je saturirano i neograničeno nema nedrenirane čvrstoće
- nema prividne kohezije; čestice nisu međusobno slijepljene



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: Krupnozrnato tlo

>65% šljunka i pijeska  
ili  
<35% sitnozrnatog materijala

Ovi omjeri su relativni i ovise o ...

- plastičnosti sitnozrnate frakcije
- graduiranosti krupnozrnate frakcije
  
- graduiranost se općenito može ocijeniti na terenu
- čestice sitnozrnatog pijeska su vidljive golim okom
- čestice krupnozrnatog praha mogu se vidjeti lupom
- mogu sadržavati i sitnozrnati materijal (>35%)



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: Krupnozrnato tlo

- kod krupnozrnatih tala se opisuje RELATIVNA GUSTOĆA
  
- gustoća ovisi od graduiranosti čestica i njihovom slaganju (pakiranju)
  
- gustoća se ocjenjuje na temelju in-situ pokusa, npr. SPP, CPP



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA

### Graduiranost

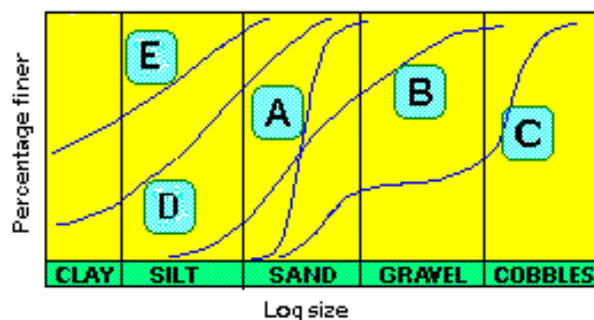
- opisuje distribuciju veličina čestica u tlu
- gustoća tla ovisi o pakiranju čestica i njihovoj graduiranosti
- gustoća se ocjenjuje na temelju in-situ pokusa, npr. SPP, CPP



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA

### Neki primjeri graduiranosti



A - loše graduirani srednjezrnati PIJESAK (materijal estuarija ili aluvija poplavne ravnice)

B - dobro graduirani ŠLJUNAK - PIJESAK (npr. jednaki udjeli šljunka i pijeska)

C - slabo (neujednačeno) graduirani VALUTICE - PIJESAK

D - pjeskoviti PRAH (možda prah delte, ili estuarija)

E - tipična prašinstava GLINA

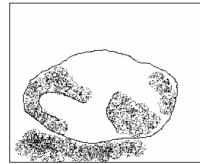


Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

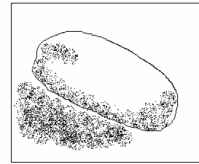
## OPIS TLA: Krupnozrnato tlo

### Oblik čestica

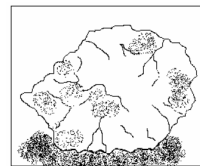
- zaobljene / poluzaoobljene
- ugate / poluuglate
- plosnate / izduljene



Rounded



Subrounded



Angular



Subangular



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA

### Opis krupnozrnatog tla

- primarna komponenta mora biti označena velikim slovima
- treba procijeniti na terenu sadržaj sekundarnih komponenti

TERMIN	OSNOVNO IME TLA	PROCIJENJENI UDIO SEKUNDARNE KOMPONENTE	
		KRUPNOZRNATO	SITNOZRNATO
blago glinovito, ili prašinsto i/ili pjeskovito, ili šljunkovito glinovito, ili prašinsto i/ili pjeskovito, ili šljunkovito vrlo glinovito, ili prašinsto i/ili pjeskovito, ili šljunkovito	ŠLJUNAK i/ili PIJESAK		> 5% 5% - 20% < 20% <sup>a</sup>
vrlo pjeskovito, ili šljunkovito blago pjeskovito, ili šljunkovito	PRAH i/ili GLINA	> 65% <sup>b</sup> 35% - 65% < 35%	

<sup>a</sup> ili opisano kao sitnozrnato tlo, ovisno o inženjerskom ponašanju  
<sup>b</sup> ili opisano kao krupnozrnato tlo, ovisno o inženjerskom ponašanju



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: Sitnozrnato tlo

- sastavljeno je od gline i praha
- može sadržavati i krupnozrnate čestice (pijesak, šljunak)
- kad je saturirano: ima nedreniranu čvrstoću; ima prividnu koheziju

UK BS 5930:1999; ISO 14688-1 2002

	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2.0	6.0	20	60	200	
Clays	Fine	Medium	Coarse		Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse		
	Silt				Sand			Gravel			Cobble	Boulder



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: Sitnozrnato tlo

>35% gline i praha

ili

<65% krupnozrnate frakcije

Ovi odnosi su relativni i ovise o ...

plastičnosti sitnozrnate frakcije

- graduiranosti krupnozrnate frakcije



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# OPIS TLA

## Plastičnost

- sitnozrnata tla su generalno mješavina čestica veličine gline i praha
- čestice sitnije od pijeska ne mogu se vidjeti golim okom
- plastičnost sitnozrnatog tla određuje se pravljenjem (valjanjem) valjčića



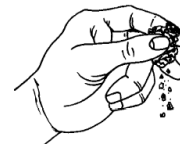
Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: Sitnozrnatih tala

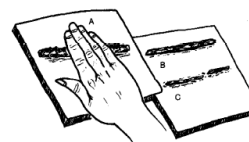
- obično su mješavine čestica veličine gline i praha
- koriste se terenski (vizualno-manualni) pokusi
- opisuju se kao GLINA, ili PRAH
- samo kad su rezultati terenskih pokusa dvosmisleni koriste se izrazi GLINA/PRAH, ili PRAH/GLINA



Method of shaking  
Distancy test



Strength test



Toughness test



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



## OPIS TLA: sitnozrnato tlo

### Aktivnost

- glinovito tlo se ne sastoji 100% od minerala glina
- minerali glina mogu biti različitih vrsta
- minerali glina su skloni stezanju i bubrenju s promjenom sadržaja vlage
- aktivnost je stupanj plastičnosti glinovitog tla, koji ovisi o sadržaju minerala gline i njihovom kemijskom sastavu

Neke tipične vrijednosti su:

mineral gline	aktivnost	indeks plastičnosti (PI)	$\phi$
kaolinit	0.4	30	15
ilit	0.9	70	10
smektit	>2	400	5

PI vrijedi za tla s više od 75% glinovite frakcije

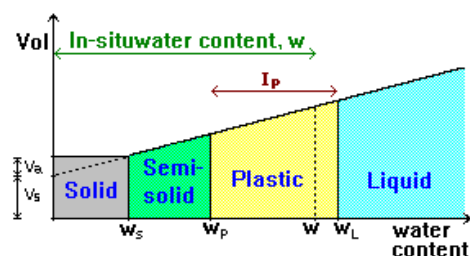


Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: sitnozrnata tla

### Granice plastičnosti

- utječu na ponašanje tla s obzirom na sadržaj vlage
- uglavnom se određuju se laboratorijskim pokusima



- Ws - granica stezanja
- Wp - granica plastičnosti
- Wl - granica tečenja
- W - prirodna vlažnost
- Ip - indeks plastičnosti

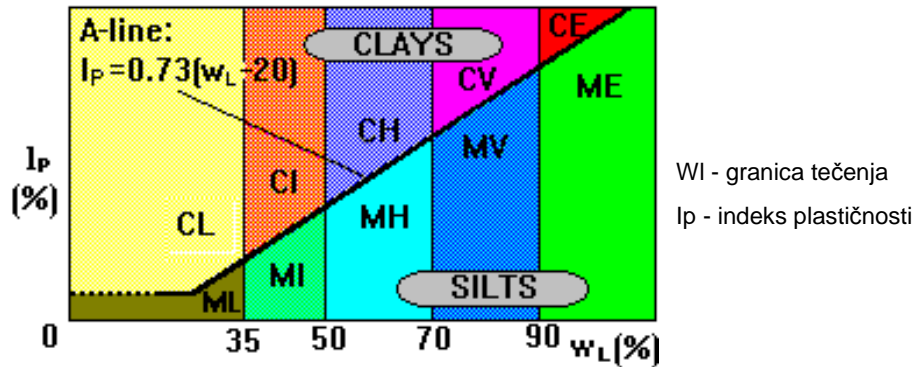


Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: sitnozrnata tla

### Klasifikacija plastičnosti

- određene iz laboratorijskih **indeksnih** pokusa

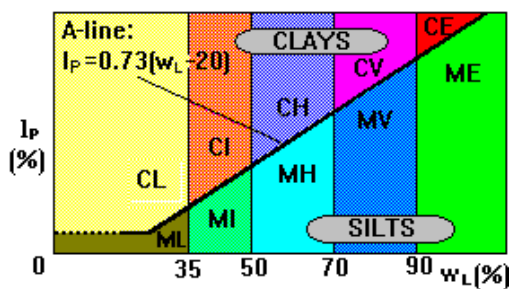


Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: sitnozrnata tla

### Praktični razlozi za razumijevanje plastičnosti

- utječe na obradivost tla (zemljani radovi) u mokrim uvjetima
- sadržaj vlage u odnosu na plastičnost utječe na čvrstoću tla
- plastičnost utječe na stišljivost i bubrenje



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: sitnozrnata tla

### Praktični razlozi za razumijevanje plastičnosti

- kod sitnozrnatih tala opisuje se ČVRSTOĆA, ili KONZISTENCIJA
- čvrstoća se može odrediti na terenu - ako je moguće pomoću krilne sonde
- terensko određivanje čvrstoće može dati više rezultate nego laboratorijsko određivanje



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA

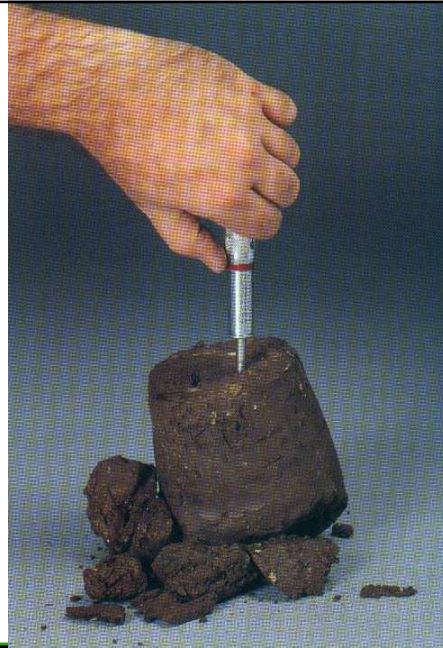
- čvrstoća, ili konzistencija je otpor prema deformaciji
- klasifikacija **konzistencije** - terenska:

izraz	Su (kPa)	terensko određivanje
Vrlo meko	0-20	prst se može lako ugurati 25 mm
Meko	20-40	prst se može ugurati do 10 mm
Čvrsto	40-75	lako se napravi otisak palcem
Kruto	75-150	teško se napravi otisak palcem
Tvrdo	150-300	može se napraviti otisak noktom
Vrlo tvrdo	>300	može se zagrebati noktom



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Džepni penetrometar



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Džepni penetrometar i krilna sonda



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: sitnozrnata tla

- primarna komponenta mora biti označena velikim slovima
- treba procijeniti na terenu sadržaj sekundarnih komponenti

TERMIN	OSNOVNO IME TLA	PROCIJENJENI UDIO SEKUNDARNE KOMPONENTE	
		KRUPNOZRNATO	SITNOZRNATO
blago glinovito, ili prašinsto i/ili pjeskovito, ili šljunkovito glinovito, ili prašinsto i/ili pjeskovito, ili šljunkovito vrlo glinovito, ili prašinsto i/ili pjeskovito, ili šljunkovito	ŠLJUNAK i/ili PIJESAK		> 5% 5% - 20% < 20% <sup>a</sup>
vrlo pjeskovito, ili šljunkovito blago pjeskovito, ili šljunkovito	PRAH i/ili GLINA	> 65% <sup>b</sup> 35% - 65% < 35%	

<sup>a</sup> ili opisano kao sitnozrnato tlo, ovisno o inženjerskom ponašanju

<sup>b</sup> ili opisano kao krupnozrnato tlo, ovisno o inženjerskom ponašanju



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## REKAPITULACIJA OPISA TLA

Osnovna svojstva su:

- **vrsta tla** - pijesak, prah, glina ....
- **stanje** - dobro zbijeno, rahlo, čvrsto, meko ....
- **struktura** - laminiranost, raspucanost ....



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: Vrsta tla

Tlo se dijeli na dvije glavne skupine - koje definiraju inženjersko ponašanje tla:

- krupnozrnata tla - čestice međusobno nisu slijepljene (pijesci i šljunci)
- sitnozrnata ili kohezivna tla - čestice su međusobno slijepljene (glina i prahovi)



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: Stanje tla

### KOHERENTNA (SITNOZRNATA) tla (prah, glina)

- čvrstoća - nedrenirana
- vlažnost
- plastičnost
- boja

### NEKOHERENTNA (KRUPNOZRNATA) tla

- relativna gustoća
- vlaga
- boja



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# OPIS TLA

## (1.3) Svojstva mase



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Sondažna jama



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA: Struktura tla

### (a) laminiranost / slojevitost

- primarno obilježje nastalo tijekom taloženja tla
- dozvoljava opis više vrsta tla
- važno svojstvo budući da ova obilježja utječe na ponašanje tla

### (b) raspucanost (pukotine / plohe smicanja)

### (c) plohe klizanja i posmičnog naprezanja

- sekundarna obilježja u koherentnim tlima
- posljedica stanja naprezanja
- mijenja građu tla - stvara plohe "slabosti"
- može smanjiti čvrstoću i povećati propusnost

### (d) šupljine



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA

Opis mora omogućavati procjenu vjerojatnog inženjerskog ponašanja tla:

- čvrstoće
- stišljivosti
- propusnosti



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



## OPIS TLA

**Opis mora odražavati način na koji će se tlo ponašati!!!**



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## OPIS TLA

### Primjer 1 - koheretna tla

Vrlo čvrsta vrlo blisko raspucana tanko laminirana tamno siva GLINA s čestim školjkama i fragmentima školjaka. Sitni kristali gipsa na površini pukotina. Pukotine su glatke, zaobljenih rubova. (London clay)



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

# OPIS TLA

## Primjer 2 - krupnozrnato tlo

Srednje zbijeni smeđi i sivi pjeskoviti ŠLJUNAK od poluzaobljenih do poluuglatih sitnih do srednjih čestica rožnjaka, pješčenjaka i kvrca. (riječna terasa)

