



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET



# Poboljšanje tla i stijena

Prof. dr. sc. Biljana Kovačević Zelić



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

## Englesko nazivlje

- *ground (soil) improvement*
- *engineering treatment*
- *ground (soil) modifications*



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

### Što se iza toga krije?

- razne tehnike koje se provode radi poboljšanja geotehničkih osobina kako bi se omogućila izgradnja različitih objekata

### Zašto to trebamo raditi?

- tzv. 'dobre' lokacije za izgradnju već su iskorištene, javila se potreba za korištenjem lokacija koje nisu povoljne



Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEOLOŠKO  
 NAFTNI FAKULTET

### Koji su inženjerski problemi prisutni na nepovoljnim lokacijama?

- nedovoljna čvrstoća
- nedopušteno velike deformacije
- slom materijala
- hidraulički slom
- bujajuća tla
- kolapsibilna tla
- . . . .



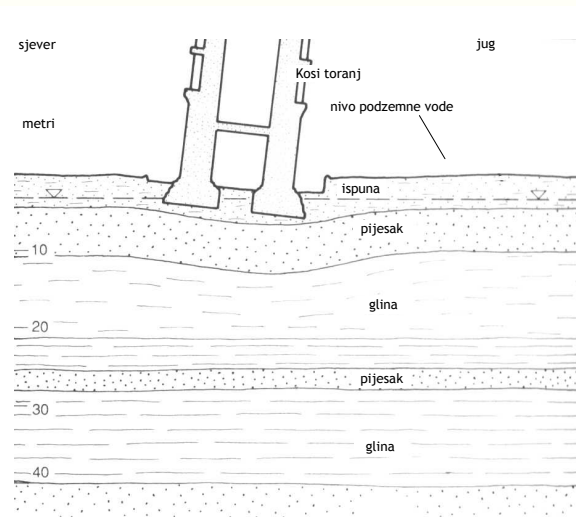
Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEOLOŠKO  
 NAFTNI FAKULTET

## PRIMJER: Kosi toranj u Pisi



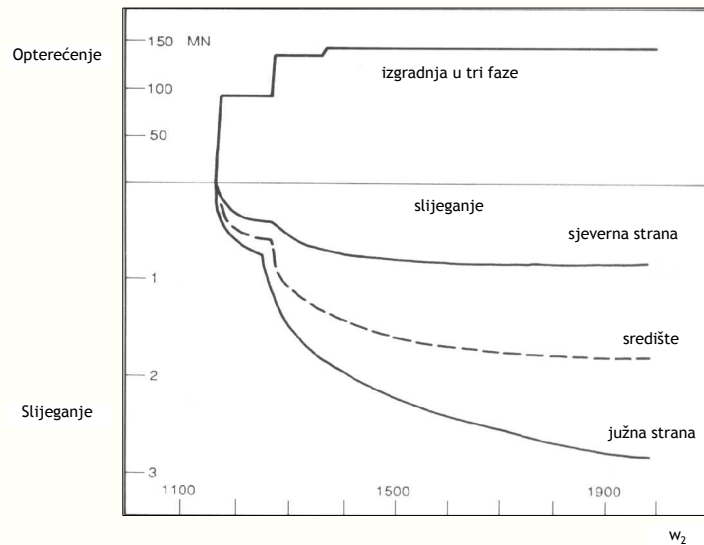
Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEOLÓŠKO  
 NAFTNI FAKULTET

## PRIMJER: Kosi toranj u Pisi



Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEOLÓŠKO  
 NAFTNI FAKULTET

## PRIMJER: Kosi toranj u Pisi



## Privremene i trajne mjere poboljšanja

- **Privremene:** efekti poboljšanja svojstava traju relativno kratko - obično samo u fazi izgradnje objekata
  - zamrzavanje tla
  - sniženje RPV
- **Trajne:** efekti se zadržavaju kroz dulji vremenski period
  - Injektiranje
  - Armiranje
  - Zbijanje

## Koncepti poboljšanja svojstava

- Dreniranje
- Zbijanje (povećanje gustoće)
- Cementiranje (povezivanje čestica npr. kod injektiranja)
- Armiranje (geosintetici, sidra)
- Sušenje
- Promjene temperature



Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEOLOŠKO  
 NAFTNI FAKULTET

## Sadržaj predmeta - I

### Metode poboljšanja svojstava tla

- Mehaničko poboljšanje
- Hidrauličko poboljšanje
- Predopterećenje
- Fizičko i kemijsko poboljšanje
- Poboljšanje upotrebom dodataka



Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEOLOŠKO  
 NAFTNI FAKULTET

## Mehaničko poboljšanje – metode zbijanja tla

- Plitko zbijanje
- Duboko zbijanje
- Hidrominiranje
- Dinamička konsolidacija
- Vibracijsko zbijanje
- Predopterećenje



Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEOLÓŠKO  
 NAFTNI FAKULTET

## Hidrauličko poboljšanje

- Površinsko odvodnjavanje
- Gravitacijski i vakuum bunari
- Unutrašnja drenaža
- Upotreba geosintetika za dreniranje
- Elektroosmoza
- Predopterećenje



Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEOLÓŠKO  
 NAFTNI FAKULTET

## Fizičko i kemijsko poboljšanje

- Stabilizacija uz upotrebu smjesa
- Injektiranje
- Mlazno injektiranje
- Tehnike smrzavanja

## Poboljšanje upotrebom dodataka

- Prednapregnuta geotehnička sidra
- Armirano tlo
- Čavljano tlo
- Primjena geosintetika za armiranje tla





## Sadržaj predmeta - IV

### Metode naknadnih mjerenja i opažanja

Svrha: procjene uspješnosti primjene tehnika poboljšanja.

Laboratorijski i terenski postupci:

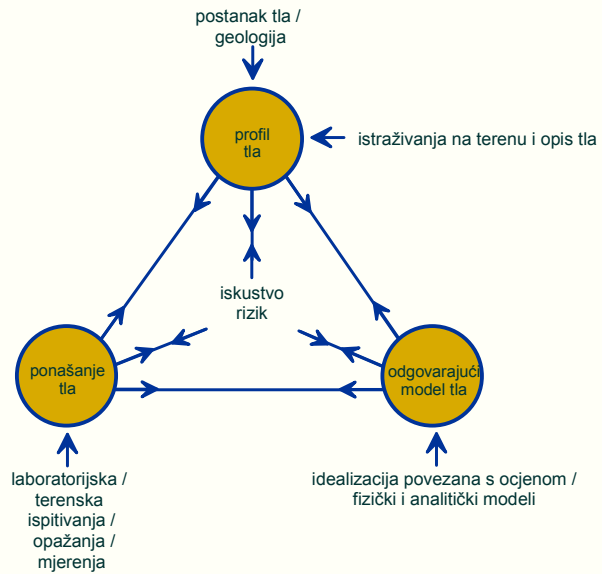
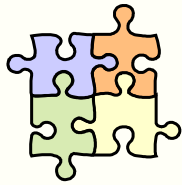
- Mjerenje gustoće kalibriranim pijeskom
- In-situ denzimetar
- Penetracijski pokusi
- Presiometar
- Dilatometar
- Praćenje pomaka
- Praćenje napreza



## Predznanje

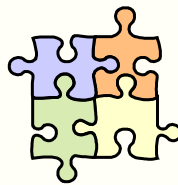
- Mehanika tla
- Mehanika stijena
- Hidrogeologija
- Inženjerska geologija

## Burland-ov trokut



## Metode rješavanja problema - Lambe, 1979

- ✓ MEHANIKA TLA
  - ✓ INŽENJERSKA GEOLOGIJA
  - ✓ ISTRAŽIVANJE +
  - ✓ ISKUSTVO
  - ✓ EKONOMIKA
- INŽENJERSKA PROCJENA = RJEŠENJE PROBLEMA**



## Literatura - obavezna

1. Kovačević Zelić, B.: Pобољшanje tla i stijena, Interna skripta, CD-ROM, RGNF, 2004.
2. Babić, B. (Ur.): Geosintetici u graditeljstvu, HDGI, Zagreb, 1995.
3. Čorko, D., Kovačić, D., Lovrenčić, D., Marić, B.: Mlazno injektiranje – prikaz tehnologije i primjene mlaznog injektiranja, CONEX, Zagreb, 1997.
4. Jašarević, I., Rupčić, J., Slunjski, E. (Ur.): Mehanika stijena-temeljenje-podzemni radovi, Knjiga 1, Poglavlje 4: Pобољшanje stijenskih masa, 405-527, DGIT, Zagreb, 1983.
5. Seminarski radovi iz prethodnih godina



Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEOLožKO  
 NAFTNI FAKULTET

## Literatura – neobavezna ali raspoloživa za ambicioznije

1. Bell, F.G.: Engineering treatment of soils, E&FN Spon, London, 2000.
2. Moseley, M.P. (Ed.): Ground improvement, Chapman & Hall, London, 1996.
3. Hausman, M.R.: Engineering principles of ground modification, McGraw-Hill, New York, 1990.
4. Mitchel, J.K.: Soil Improvement – State-of-the-Art-Report, X ICSMFE, Stockholm, p. 509-575, 1982.
5. E. Hoek, E.T. Brown: Underground excavations in rock, Inst. Min. and Metall., London, 1980.
6. Koerner, R.M.: Designing with geosynthetics – 4th ed., Prentice-Hall Int., New Jersey, 1998.



Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEOLožKO  
 NAFTNI FAKULTET

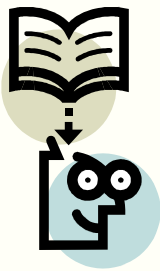
## Obaveze predavača

- Predavanja
- Laboratorij
- Teren
- Podjela seminarских radova i izbor odgovarajuće literature



Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEODIJSKO  
 NAFTNI FAKULTET

## Obaveze studenata



**KAKO ?**

- predavanja
- vježbe
- 1 seminarski rad
- 1 prezentacija seminara kao ppt-prezentacija
- 4 kolokvija
- laboratorijske i terenske vježbe
- ispit
- konzultacije



Sveučilište u Zagrebu  
 RUDARSKO  
 GEODIJSKO  
 NAFTNI FAKULTET

## Kako doći do ocjene?

- Ispit se na kraju semestra polaže samo usmeno
- OCJENA:
  - 1 seminarski rad nosi 10%
  - 4 pismena kolokvija nose 60%
  - Usmeni ispit 30% ukupne ocjene.