

HRVATSKO GEOTEHNIČKO DRUŠTVO (HGD)  
CROATIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (CGS)  
SOCIÉTÉ CROATE DE LA GÉOTECHNIQUE

**Radionica HRVATSKE VODE  
veljača 2015.**

# GEOTEHNIČKI ASPEKTI PROJEKTIRANJA MELIORACIJSKIH KANALA

mr.sc. Ninoslav Tomljanović  
Institut IGH, Zavod za geotehniku

# SADRŽAJ

1. UVOD
2. PRIPREMNA FAZA - PROJEKTNI ZADATAK
3. GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI
4. PROJEKTNNA DOKUMENTACIJA
5. ZAKLJUČAK



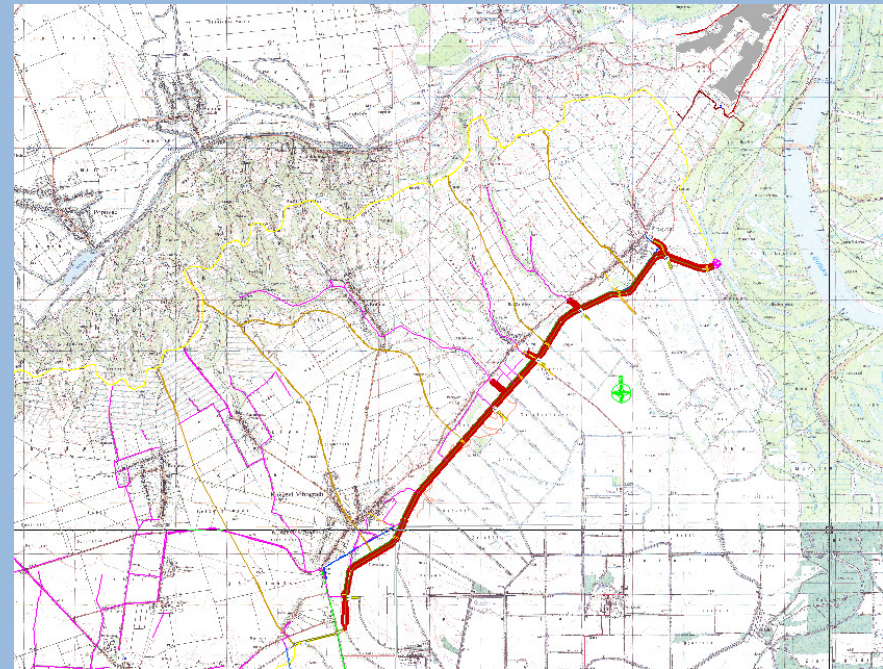
# 1. UVOD

## CILJ PREDAVANJA:

- predstavljanje procedura i postupaka u geotehnici koji su bitan preduvjet za uspješno projektiranje melioracijskih kanala,
- predlaganje smjernica za izradu projektnih zadataka s ciljem boljeg definiranja obveza i odgovornosti sudionika u pojedinim fazama izrade projektne dokumentacije,
- prijenos iskustava - malo izvedenih melioracijskih kanala proteklih desetljeća; veliki planovi navodnavanja do 2020,
- osvrt na projekte navodnjavanja:
  - lateralni kanal Kneževi Vinogradi - Zmajevac
  - dovodni melioracijski kanal za navodnjavanje Biđ-bosutskog polja.

# 1. UVOD

- specifičnosti melioracijskih kanala:
  - prolaze kroz različite geološke sredine,
  - nužnost izgradnje objekata na mjestima križanja s postojećom infrastrukturom,
  - *iskop uz prisutnosti podzemne vode,*
  - problem deponiranja viška materijala.



# Lateralni kanal Kneževi Vinogradi - Zmajevac, L=13,2 km



uljevna građevina, crpna stanica  $Q=5 \text{ m}^3/\text{s}$   
mikrotuneliranje  $L=60 \text{ m}$   
4 mosta, 6 ustava, 5 sifona



# Dovodni melioracijski kanal za navodnjavanje Biđbosutskog polja - dionica 0+435 - 8+650



crpna stanica  $Q=10 \text{ m}^3/\text{s}$

mikrotuneliranje  $L=56 \text{ m}$  i  $L=76 \text{ m}$

8 propusta  $L=60-90 \text{ m}$



## 2. PRIPREMNA FAZA PROJEKTA

- Projektni zadatak - namjena i uvjeti korištenja budućeg objekta
- Program istražnih radova - sastavni dio projektnog zadatka
  - Plan s položajem točaka istraživanja i vrstu istraživanja
  - Dubina istraživanja
  - Vrsta uzoraka (kategorija), količina i dubine s kojih će se uzorkovati
  - Način mjerenja podzemne vode
  - Vrsta opreme koja će se upotrijebiti
  - Norme u skladu s kojima se pojedini radovi trebaju izvoditi
  - Atesti, akreditacije, stručni kadar
- Dobro definiran program IR - ujednačenije ponude u natjecajima
- Preporučljivo angažirati projektanta/revidenta/konzultanta za definiranje programa istražnih radova



## Osvrt na projektne zadatke LK i DMK

- LK zadatak: GIR, elaborat i geotehnički projekt glavne trase kanala
- podloge: glavni i izvedbeni hidrograđevinski projekt kanala  
geotehnički elaborati za objekte na trasi  
geotehnički projekti objekata na trasi
- DMK zadatak: izmjene i dopune građevinskog projekta kanala (0+435 - 8+650)
- podloge: hidraulički modeli toka podzemnih voda  
geotehnički elaborati (5 knjiga)  
glavni građevinski projekt  
geotehnički elaborat - dodatni istražni radovi  
idejno rješenje izvedbe probnih dionica  
recenzija elaborata dodatnih istr. radova i idejnog rješenja

### 3. GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI

- prikupljanje i obrada podataka o temeljnom tlu, podzemnoj vodi i drugim bitnim podacima nužnim za ispravno i ekonomično
  - projektiranje
  - izgradnju
  - korištenje
- cilj - izrada geotehničkog profila tla



pojednostavljeni model prostorne raspodjele onih svojstava tla koja bitno utječu na stabilnost, uporabivost i ekonomičnost građevine i njene okoline tijekom izvođenja i uporabnog vijeka

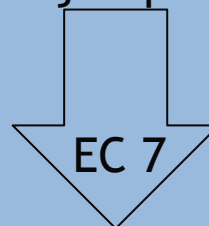
- faze GIR (prema EC 7):
  - preliminarna
  - projektna
  - kontrolna

KARAKTERISTIKE TEMELJNOG TLA

KARAKTERISTIKE BUDUĆEG OBJEKTA

TEHNOLOGIJA IZVOĐENJA

} sadržaj i opseg GIR



- preporuke ovisno o geotehničkoj kategoriji objekta
- racionalizacija opsega istražnih radova

-geotehnička kategorija 1 – temelji jednokatnica, niski potporni zidovi, niski nasipi

GIR - pregled terena, istražni raskopi, primjena iskustava sa susjednih objekata i sl.

- **geotehnička kategorija 2 – uobičajeni geotehnički zahvati**

GIR - istražni raskopi, istražno bušenje, sondiranje

- geotehnička kategorija 3 – vrlo složeni zahvati i zahvati velikog rizika;

temeljenje na mekom tlu, građevne jame u blizini postojećih građevina, klizišta, tuneli, visoke brane

GIR - istražno bušenje, sondiranje, geofizička ispitivanja, hidrogeološka ispitivanja

# Provedba istražnih radova

## 1. ISTRAŽNO BUŠENJE I ISTRAŽNI RASKOPI

### Istražno bušenje

- udarno bušenje, bušenje ispiranjem, svrdlanje i rotacijsko bušenje-bušenje s kontinuiranim jezgrovanjem
- utvrđivanje dubina rasprostiranja slojeva tla
- poremećeni i neporemećeni uzorci za laboratorijska ispitivanja
- provođenje drugih in-situ ispitivanja (SPP, CPT, DMT, MPMT, FVT)

### Istražni raskopi

- za jednostavnije objekte ili kako kontrolna istražna mjesta između položaja sondiranja
- omogućuje vađenje neporemećenih uzoraka (blokova) u osjetljivim tlima
- ograničen dubinom iskopa i pojavom podzemne vode

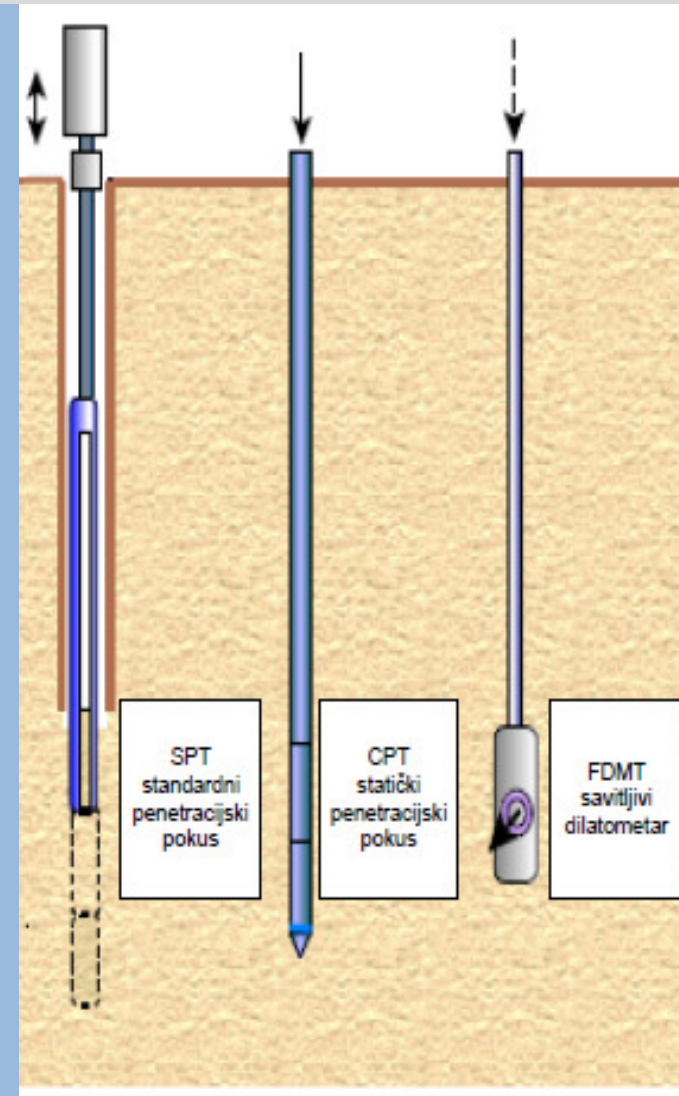
# Provedba istražnih radova

## 2. IN-SITU ISPITIVANJA

Planiraju se tako da se uzmu u obzir:

- geološki uvjeti (uslojenost tla)
- vrsta konstrukcije, moguće temeljenje i predviđeni radovi tijekom gradnje
- vrsta zahtjevanih geotehničkih parametara
- metoda proračuna koja će se usvojiti

- SPT - standardni penetracijski pokus
  - mjerenje dubine prodiranja uslijed pada utega sa standardne visine
- CPT - statički penetracijski pokus
  - određivanje otpornost tla prodiranju šiljka i lokalnog trenja na plaštu
- DMT - plosnati dilatometar (Marchetti)
  - određivanje čvrstoće i deformabilnosti tla širenjem tanke čelične opne



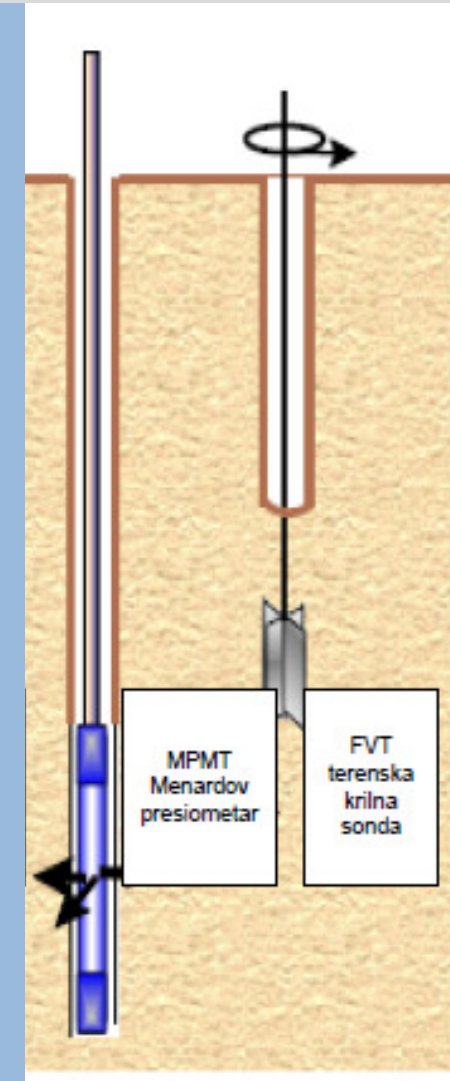
- PMT - presiometar (Menardov)
  - mjerenje in-situ deformacije tla uzrokovane širenjem savitljive opne pod tlakom
- FVT - terenska krilna sonda
  - određivanje nedrenirane čvrstoće mekog tla mjerenjem otpora zakretanju sonde
- PLT - ispitivanje pokusnom pločom
- DP - dinamička sonda
- WST - ispitivanje pomoću utega

### 3. GEOFIZIČKA ISPITIVANJA

- geoelektrična ispitivanja
- geoseizmička ispitivanja - seizmička refrakcija
- elektromagnetska
- prirodna i inducirana radioaktivnosti u tlu - karotaža

### 4. HIDROLOŠKA ISPITIVANJA

- mjerenje NPV u piezometrima
- mjerenje vodopropusnosti u bušotini pokusnim crpljenjem



## Opseg GIR za kanale (prema EC 7)

- - razmak između ispitnih mjesta  $\leq 200$  m
- - dubina - 0.4 dubine iskopa mjereno od dna iskopa (NPV ispod kote iskopa)  
H+2 m ispod kote iskopa, H=visina NPV iznad kote iskopa

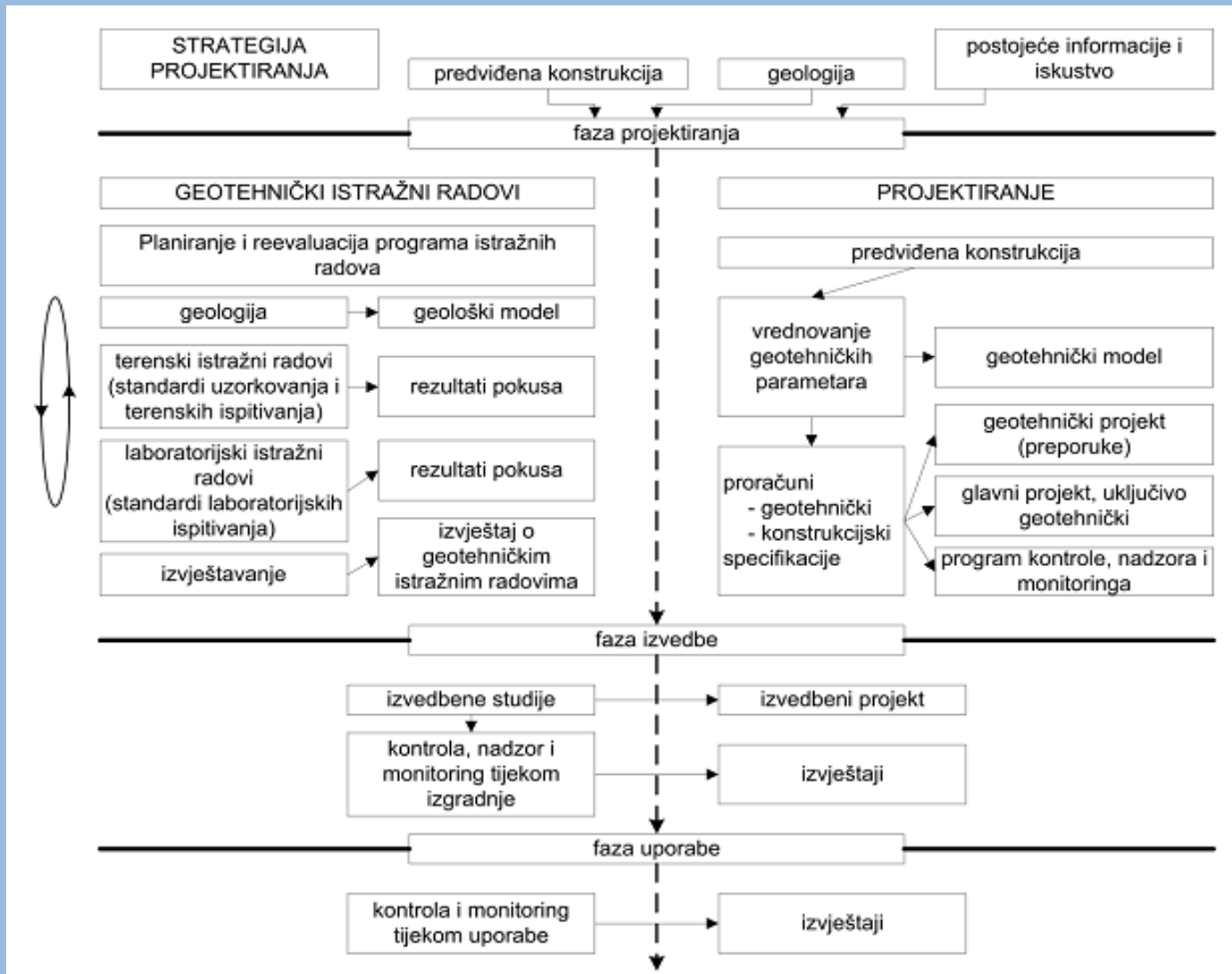
## GIR za LK

idejni projekt - 9 bušotina  
glavni projekt - 8 bušotina  
dodatni - 4 bušotine (prije izvođenja)  
izmjene i dopune - 31 bušotina (trasa kanala)

## GIR za DMK

idejni projekt - faza I - 2000 m (varijantna rješenja)  
faze II i III - 1000 m  
glavni projekt - 81 bušotina, 172 CPT, 24 DMT  
dodatni - 15 bušotina, 15 CPT, 30 sondažnih jama

# 4. PROJEKTNJA DOKUMENTACIJA



## Određivanje parametara tla

karakteristična vrijednost geotehničkog parametra



*oprezna procjena vrijednosti kojom taj parametar utječe na pojavu graničnog stanja (EN 1997-1)*

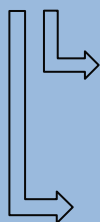
- usvaja se na temelju rezultata i izvedenih veličina laboratorijskih i terenskih pokusa, uzimajući u obzir dobro utemeljeno iskustvo

Prilikom izbora karakteristične vrijednosti parametra potrebno je uvažiti:

- geološke informacije i podatke iz drugih projekata;
- varijabilnost mjerenih veličina;
- opseg terenskih i laboratorijskih pokusa;
- vrsta i broj uzoraka;
- veličinu zone tla koja bitno utječe na ponašanje geotehničke konstrukcije za razmatrano granično stanje;
- sposobnost geotehničke konstrukcije da prenese opterećenje iz slabije u jaču zonu u tlu.

## Određivanje parametara tla

Izbor i pouzdanost karakterističnih parametara tla



često VAŽNIJE od samog računskog modela i izbora parcijalnih koeficijenata djelovanja i materijala

zahtijeva od projektanta dobro poznavanje suvremenih saznanja struke

Prema Eurokodu 7 - treba biti dokumentiran i obrazložen način odabira karakterističnih vrijednosti parametara tla

Izvještaj o geoteh. istr. radovima - rezultati svih geotehničkih ispitivanja

Geotehnički projekt - dobivanje izvedenih veličina

- obrazloženje izbora karakterističnih vrijednosti
- izbor projektnih situacija i graničnih stanja
- dokaz stabilnosti i uporabivosti, nacrti, proračuni, popis kontrola, opažanja i održavanja

## Princip projektiranja

Opći princip projektiranja - prema graničnim stanjima:

- granična stanja nosivosti - slom i rušenje konstrukcije
- granična stanja uporabivosti - normalna uporaba u projektiranom vijeku

Provjera dosezanja graničnih stanja konstrukcije ili njenog dijela:

izbor odgovarajuće projektne situacije - trajna, prolazna, slučajna, potresna

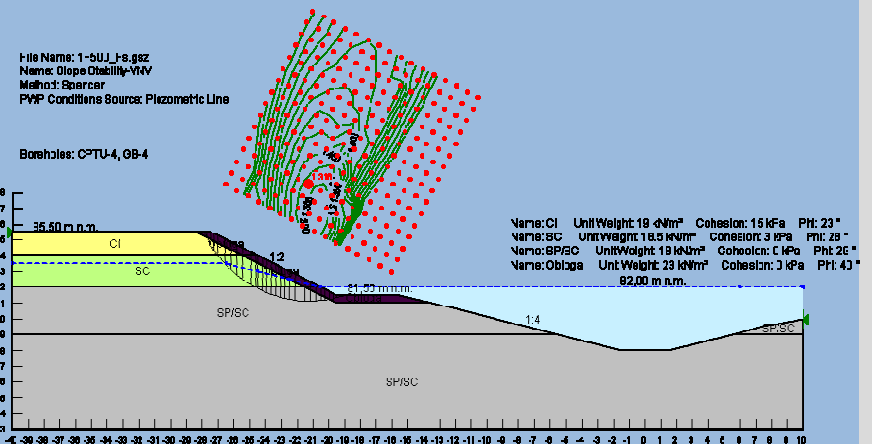
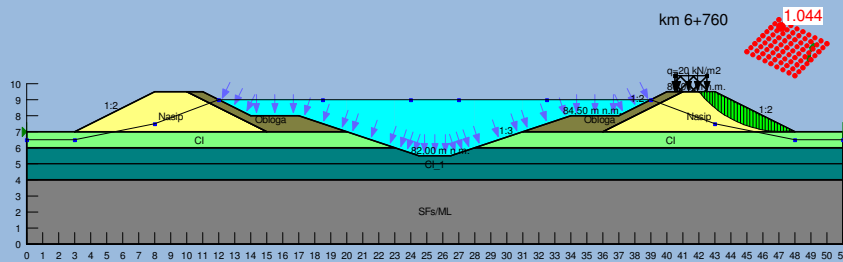
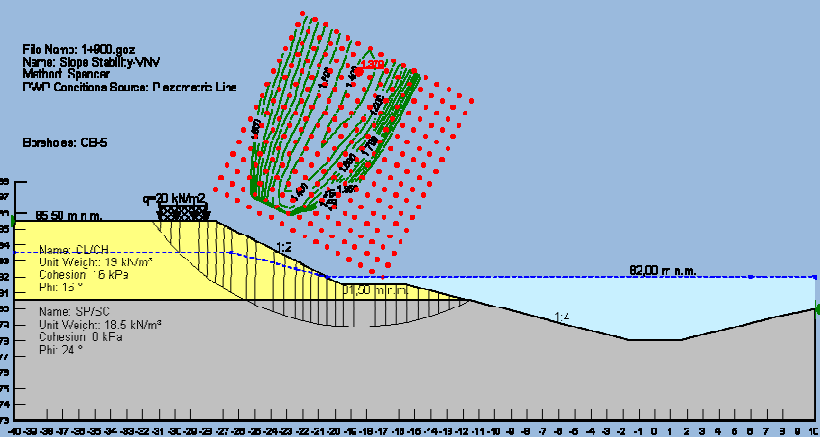
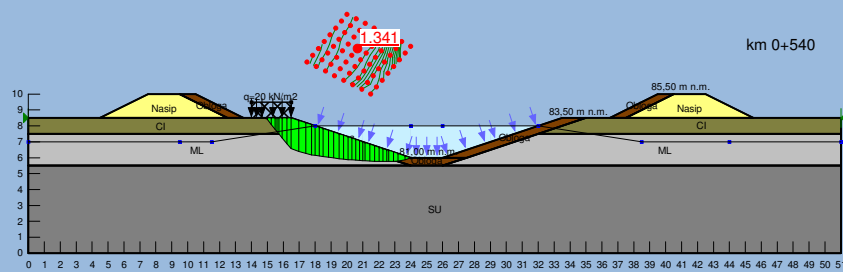
-projektnu situaciju definiraju - geometrijski podaci (oblik i smještaj u prostoru)  
- opterećenja i utjecaji (djelovanje i kombinacije)  
- svojstva materijala.

-izbor projektne situacije: **sveobuhvatan** - ne smije postojati moguća nepovoljnija situacija od već izabranih

Projektiranje - za svaku projektnu situaciju određuju se moguća granična stanja te odgovarajući modeli konstrukcije i modeli djelovanja

# Princip projektiranja

## Primjeri proračuna (soft. paket Geostudio)



# ZAKLJUČAK

- definiranje opsega istražnih radova u okviru projektnog zadatka je vrlo odgovoran i često problematičan zadatak (poznate su samo karakteristike objekta koji je podložan promjenama);
- u fazi izrade projektog zadatka - angažirati konzultanta/revidenta za definiranje programa istražnih radova za potrebe idejnog projekta (PREPORUKA);
- sastavni dio idejnog projekta treba biti program istražnih radova za fazu izrade glavnog projekta (detaljno troškovnički opisano);
- u glavnom projektu se definira monitoring (praćenje pomaka tijekom izvođenja/uporabe) ili eventualni istražni radovi potrebni za potvrdu projektnih parametara;
- razumijevanje investitora za potrebu dodatnih istražnih radova ukoliko se prilikom izvođenja utvrde karakteristike temeljnog tla različite od onih usvojenih u projektu (dobra dosadašnja iskustva).

**“TEMELJI GRAĐEVINA UVIJEK SU BILI PASTORČAD ZATO ŠTO NEMA SLAVE U TEMELJENJU I ŠTO UZROCI USPJEHA ILI NEUSPJEHA LEŽE SKRIVENI DUBOKO U TLU; ALI DJELA OSVETE TEMELJA ZBOG POMANJKANJA BRIGE O NJIMA MOGU BITI VRLO ZBUNJUJUĆA ...”**

K. Terzaghi, London 1951.

... ali djela osvete temeljnog tla zbog nedovoljno opsežnih i/ili neadekvatnih istražnih radova mogu biti vrlo skupa ...

**HVALA NA POZORNOSTI !**





## Lateralni kanal - primjer heterogenosti



**N. Tomljanović**



HRVATSKO GEOTEHNIČKO DRUŠTVO (HGD)  
CROATIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (CGS)  
SOCIÉTÉ CROATE DE LA GÉOTECHNIQUE

**Radionica HRVATSKE VODE  
veljača 2015.**