



UDRUŽENJE INŽENJERA
GEOTEHNIČARA U BIH

Sarajevo, 14/03/2023.

TUNELOGRADNJA U BIH KORIDOR Vc

GEOTEHNIČKO PROJEKTIRANJE U TUNELOGRADNJI

BRANKO STOJKOVIĆ

dr **Branko Stojković**, dipl. ing. građ.
Intergeo d.o.o. Zagreb
Hrvatska



Ovaj projekat finansira
Evropska unija



Osnovna postavka tunelogradnje

Tunelogradnja se u biti zasniva na prirodnom fenomenu aktiviranja funkcije nosivosti stijenske mase ili tla u kojem se tunel izvodi. Ukoliko u nekom mediju koji se nalazi u primarnom stanju naprezanja izvedemo otvor, doći će do preraspodjele naprezanja u zoni otvora i medij će u predmetnoj zoni preuzeti opterećenja nastojeći održati stabilnost otvora.

Razlike između geotehničkih konstrukcija u tunelogradnji i ostalih konstrukcija u graditeljstvu

- - nemogućnost izbora osnovnog strukturnog materijala
- - tuneli su linijske građevine (problemi s ograničenim podacima)
- - složenost problema
- - rizične za izvođenje

C. J. Kirkland dopredsjednik ITA i voditelj radne grupe za istraživanja (1988)

Mi moramo približiti geologe i geotehničare inženjerima jer geotehničari još uvijek proizvode informacije u vakuumu. Osjećam da nismo dovoljno povezali ono što geotehničari otkrivaju i parametre tla i stijenske mase koje mjere, s onim što mi inženjeri zapravo pokušavamo učiniti. U ovom trenutku imamo pomutnju.

Interview with Colin Kirkland. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 1988, Vol. 3, No. 1, 5-7.

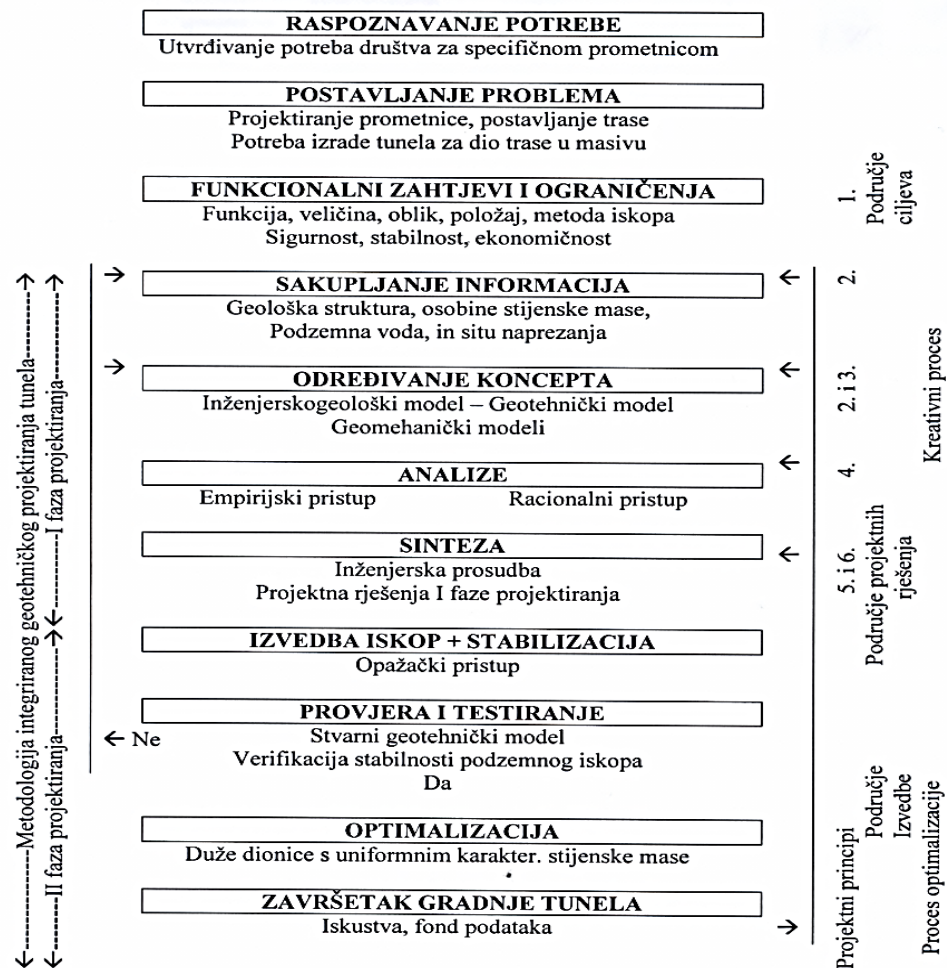
Ciljevi metodologije geotehničkog projektiranja u tunelogradnji

- - pružiti geotehničarima najbolju moguću osnovu za projektiranje
- - omogućiti geotehničarima preuzimanje odgovornosti za projektna rješenja
- - definirati interakciju i odgovornost svih učesnika na projektiranju i gradnji tunela

Osnovni geotehnički pristupi pri projektiranju konstrukcija u tunelogradnji

- - empirijski pristup
- - racionalni ili rigorozni pristup
- - opažajući pristup

Metodologija integriranog geotehničkog projektiranja u tunelogradnji



Empirijski pristup temelji se na inženjerskim klasifikacijama stijenskih masa

- - Geomehanička klasifikacija RMR (Bieniawski 1973, 1989)
- - Q sustav (Barton, Lien, Lunde 1974, Grimstad, Barton 1993)

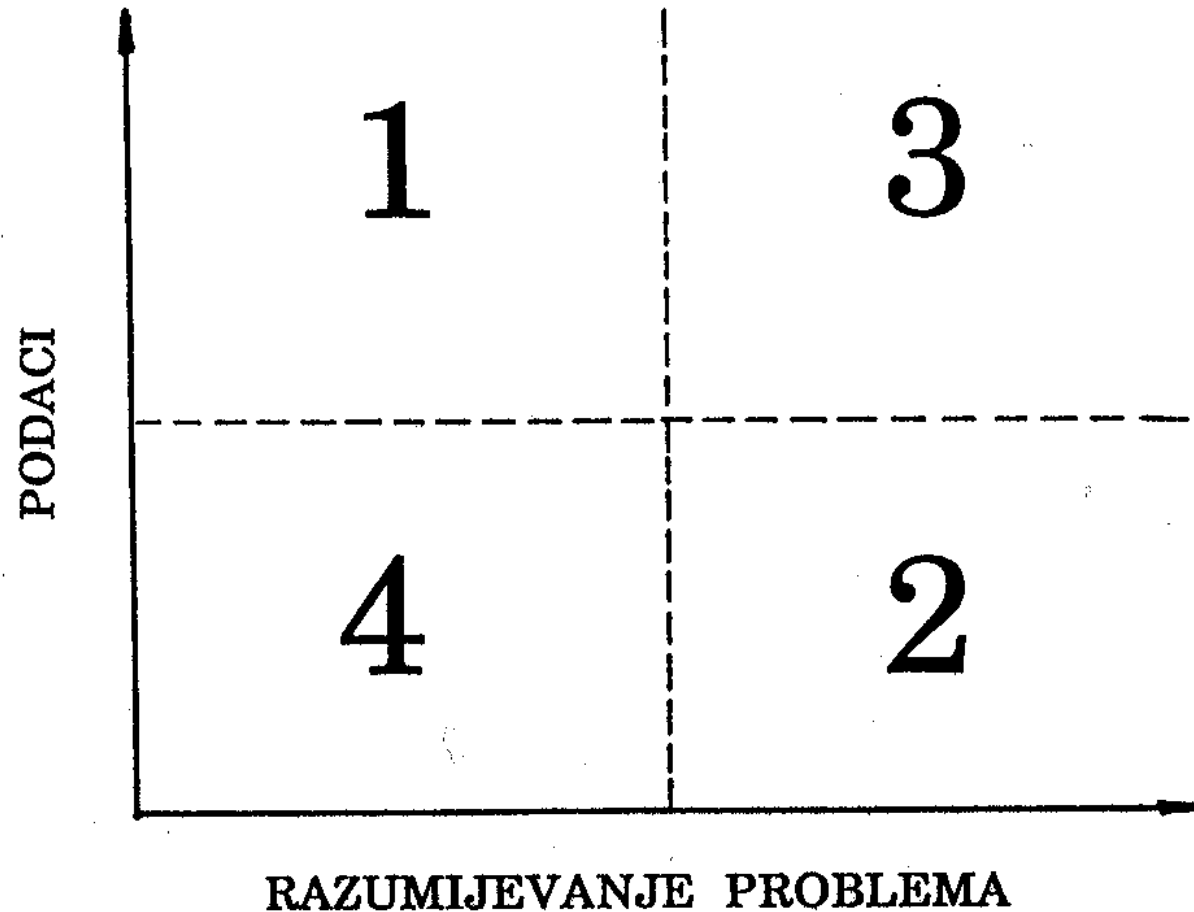
I faza projektiranja

- Zoniranje stijenskih masa na geotehničke jedinice
- Polazna osnova za kvalitativno i kvantitativno određivanje podgradnih mjera

II faza projektiranja

- Određivanje stvarnih kategorija stijenskih masa tijekom iskopa tunela
- Primjena podgrada danih I fazom projektiranja za pojedine kategorije

Holling-ova klasifikacija modeliranja problema



Način korištenja numeričkih modela u geotehničkom projektiranju u tunelogradnji

- Starfield i Cundall općenito drže da modeli u području problema s ograničenim podacima trebaju biti pojednostavljene realnosti, a ne imitacija realnosti. Upotreba više jednostavnih modela će biti korisnija od upotrebe jednog složenog modela jer će više jednostavnih modela biti vezani na različite aspekte problema ili postaviti isto pitanje iz različitih perspektiva. Svrha modeliranja je postizanje razumijevanja problema i istraživanja mogućih alternativa, a ne apsolutno predviđanje.
- Fairhurst je mišljenja da će pri korištenju numeričkog modeliranja kod gotovo svih pratičnih situacija razumjevanje ostati na fenomenološkoj, razini a ne na kvantitativnoj razini. Međutim ukoliko takva razina omogući inženjerima da ispravno predvide i odgovarajuće reagiraju na pojavu mogućih situacija u izvođenju, tada će inženjeri dobiti neprocjenjivo oruđe za projektiranje.

Bitne procedure koje treba definirati Glavni geotehnički projekt za potrebe uspješnog izvođenja tunela

Program geotehničkog praćenja tunela tijekom izvedbe

Procedura verifikacije stabilnosti podzemnog iskopa

Program geotehničkog praćenja tunela tijekom izvedbe

Određivanje kvalitete stijenskih masa duž trase tunela

- inženjerskogeološko kartiranje
- klasificiranje stijenskih masa
- određivanje svih relevantnih parametara stijenskih masa

Program geotehničkih opažanja i mjerenja

Procedura verifikacije stabilnosti podzemnog iskopa

Nadzorni inženjer je odgovoran za klasficiranje stijenskih masa i primjenu odgovarajućih mjera na stabilizaciji iskopa danih projektom.

Na osnovi geotehničkih opažanja i mjerenja Nadzorni inženjer treba ustanoviti da li je došlo do stabilizacije podzemnog iskopa te da li se podzemni iskopa ponaša u skladu s kriterijima danih projektom.

Ukoliko ponašanje podzemnog iskopa bitno odstupa od projektom postavljenih kriterija potrebno je da Projektant geotehničar na osnovi ispitivanja materijala iz iskopa, korigira ulazne parametre ili primijeni adekvatniji računski model, te na osnovi rezultata modificira sve potrebne mjere na stabilizaciji podzemnog iskopa.

Moguća poboljšanja procesa geotehničkog projektiranja u tunelogradnji BiH

Projektant geotehničkog projekta treba u suradnji s geologom definirati program istražnih radova i pratiti njegovu realizaciju.

Misija G31 je Izvedbeni geotehnički projekt tunela koji mora biti u skladu s Glavnim geotehničkim projektom tunela. Misija G32 je definirana Programom geotehničkog praćenja tunela tijekom izvedbe u Glavnom geotehničkom projektu i treba biti pod kontrolom Projektanta i Investitora. Modifikacija podgradnih sklopova i svih mjera na stabilizaciji podzemnog iskopa isključivo je u nadležnosti Projektanta. Svaki Glavni geotehnički projekt mora definirati Program kontrole i osiguranja kvalitete.

Za budućnost tunelogradnje u BiH poželjno je da se svi subjekti povezani s tunelogradnjom angažiraju na školovanju, specijalizaciji i praktičnoj obuci mladih geotehničara za područje tunelogradnje.

Pravilnik o geotehničkim istraživanjima i ispitivanjima te organizaciji i sadržaju misija geotehničkog inženjerstva II Organizacija misija geotehničkog inženjerstva (član 9)

(2) Izvođač je dužan osigurati, u skladu s ovim Pravilnikom, geotehničku izvedbenu studiju (u daljnjem tekstu misija G31) i praćenje geotehničkih radova (u daljnjem tekstu misija G32) koje su interaktivne i nerazdvojne, a omogućuju blagovremenu adaptaciju i/ili optimizaciju glavnog projekta stvarnim uslovima terena i metodologiji rada izvođača, te na taj način osiguravaju adekvatnu implementaciju plana upravljanja kvalitetom.

Hvala.

Dr.sc. Branko Stojković, dipl.ing.građ., Intergeo d.o.o., Zagreb