

Bosna i Hercegovina



**DIREKCIJA CESTA
FEDERACIJE BiH
Sarajevo**



**Javno preduzeće
"PUTEVI REPUBLIKE SRPSKE"
Banja Luka**

SMJERNICE ZA PROJEKTOVANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I NADZOR NA PUTEVIMA

KNJIGA I: PROJEKTOVANJE

DIO 1: PROJEKTOVANJE PUTEVA

Poglavlje 2: INŽENJERSKO-GEOLOŠKA I GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA

Sarajevo/Banja Luka
2005

Univerza
v Ljubljani



Fakulteta za
*gradbeništvo
in geodeziju*



DDC Consulting & Engineering Ltd.
DDC svetovanje inženiring,
Družba za svetovanje in inženiring, d.o.o.

SADRŽAJ

2.1	UVOD	3
2.2	SVRHA PREPORUKA	3
2.2.1	SASTAV PREPORUKA	3
2.2.2	FAZNOST GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA I RAZINE PROJEKTNE DOKUMENTACIJE	3
2.3	PRISTUP IZVOĐENJU GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA	5
2.3.1	KABINETSKI RAD– PRIKUPLJANJE POSTOJEĆIH PODATAKA	5
2.3.2	TERENSKI ISTRAŽIVAČKI RAD	5
2.3.3	LABORATORIJSKA ISPITIVANJA	6
2.3.4	RAČUNSKE ANALIZE	6
2.4	TIJEK GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA	7
2.4.1	PRETPRIPREME NA ISTRAŽIVANJA	7
2.4.2	PRETHODNA ISTRAŽIVANJA	7
2.4.3	GLAVNA ISTRAŽIVANJA	8
2.4.4	DOPUNSKA ISTRAŽIVANJA	9
2.4.5	GEOTEHNIČKA PRATNJA STANJA OBJEKATA NAKON IZGRADNJE	10
2.5	SADRŽAJ GEOTEHNIČKIH IZVJEŠTAJA	10
2.5.1	SADRŽAJ IZVJEŠTAJA - OPŠTE	10
2.6	VRSTE I OPISI ISTRAŽIVANJA	12
2.6.1	PREDVIĐEN OBIM GLAVNIH GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA	12
2.6.2	GEOMEHANIČKA ISTRAŽIVANJA	16
2.6.3	OBEZBJEĐIVANJE KVALITETA IZVOĐENJA GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA	19
2.7	DODATAK	21
2.7.1	ISTRAŽNO BUŠENJE	21
2.7.2	METODE I POSTUPCI ZA IZVOĐENJE GEOMEHANIČKIH LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA	26
2.7.3	IZVJEŠTAVANJE O GEOTEHNIČKIM ISTRAŽIVANJIMA	33
2.7.4	SADRŽAJ GEOTEHNIČKOG ELABORATA	34

2.1 UVOD

Preduslov za izradu dobrog projekta su uz precizan geodetski snimak terena kvalitetna geotehnička istraživanja. Za oblikovnu i sadržajnu uniformnost izvođenja i dokumentiranja spomenutih istraživanja grupa iskusnih geologa i geotehničara pripremila je opis pojedinih radova, koji su kod geotehničkih istraživanja nužno potrebni. Na taj način pripremljen je i pismeni dokument koji pojedinim izvođačima omogućava ravnopravna polazišta, kvalitetniji rad i pouzdanije rezultate. Uz spomenuti pripremljeni dokument investitoru omogućava i pripremu kvalitetne konkursne dokumentacije za razmatrana istraživanja.

V Preporukama su između ostalog smisleno uvažavani standardi Eurocode, koji se u posljednje vrijeme uvode u građevinsku i geotehničku praksu.

2.2 SVRHA PREPORUKA

Preporuke su zamišljene na način da u prvom redu služe kao pomoć i vodilo onome koji priprema projekt geotehničkih istraživanja kako u fazi konkursa tako i u fazi izvođenja, a kasnije su pomoć prije svega izvođaču spomenutih istraživanja.

Osnovna svrha preporuka je definirati vrstu, obim i način izvođenja pojedinih istraživanja u ovisnosti o:

- geotehničkim uslovima terena gdje će se raditi trasa ceste sa pripadajućim objektima i
- faze geotehničkih istraživanja odnosno razine izrade projektne dokumentacije.

Međutim, "inženjerska presuda" u pogledu vrste i količine istraživanja u osnovu je pravo i obaveza odgovornog geologa i geotehničara, pri čemu ova presuda ne smije odstupati od bitnih zahtjeva, postavljenih u ovom i ostalim sličnim dokumentima. Na kraju, ali ne i posljednji cilj ovih preporuka je i ograničavanje subjektivnog uticanja onoga tko priprema projekt istraživanja na količinu i vrstu istraživanja. Odgovorni geolog i odgovorni geotehničar su članovi projektne grupe, koji pod vodstvom u skladu sa zakonom imenovanog odgovornog projektanta određenog objekta (ili koordinatora projekta) pripremaju geotehničke uslove za gradnju objekata.

2.2.1 SASTAV PREPORUKA

Preporuke su sastavljene od glavnog (sadržajnog) dijela i dopunskog dijela (dodaci).

Sadržajni dio predstavljen je u pet poglavlja koja sadrže:

- **osnovnu svrhu** za pripremu dokumenata
- **pristup** izvođenju geotehničkih istraživanja, koji obuhvata početni kabinetski rad, terensko istraživački rad, laboratorijska ispitivanja i računске analize
- **tijek geotehničkih istraživanja**, koji ovisi o fazi odnosno projektnom nivou za koje se izvode geotehnička istraživanja
- **sadržaj geotehničkih izvještaja i elaborata**
- **opis pojedine vrste istraživanja** i predviđeni postupak izvedbe.

Preporuke su dopunjene sa dodacima (poglavlje 6), koji sadrže sa važećim propisima usklađeni način izvedbe pojedine vrste istraživanja. Dodatke treba usputno dopunjavati i prilagođavati stručnim potrebama.

2.2.2 FAZNOST GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA I RAZINE PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Racionalan pristup kod dobivanja podataka o sastavu tla i uslovima predviđene gradnje formirao je pravila geotehničke struke, koja su našla svoje mjesto u suvremenim evropskim i ostalim standardima. Tako formulirana pravila dijele istraživanja u tri faze, koje si slijede na sljedeći način:

Tabela I:

FAZA ISTRAŽIVANJA	SVRHA
prethodna istraživanja	<p>generalno upoznati geološku građu terena, što bi nam trebalo omogućiti:</p> <ul style="list-style-type: none"> – odabir najadekvatnije vrste gradnje – odluku o adekvatnosti lokacije planirane gradnje – odrediti prethodni plan za temeljenja objekta odnosno načina gradnje geotehničkih objekata – definirati vrstu i obim istraživanja u sljedećoj fazi uz poštovanje idejnog plana objekta
glavna istraživanja	<p>dobiti sve potrebne geološke i geotehničke podatke za cjelovito planiranje trase AC i temeljenja objekata</p>
dopunska istraživanja	<p>dopuniti fond podataka iz prethodnih faza, npr. u slijedećim slučajevima:</p> <ul style="list-style-type: none"> – kada analiza do tada stečenih podataka ukazuje na njihovu nepouzdanosti ili nedostatke – promijenio se plan ili lokacija objekta – promijenili su se odnosi na terenu

Uz te tri faze poznajemo i:

- *Pretpripreme* za istraživanja, koje su potrebne za izradu konkursa za prethodne faze istraživanja. U pravilu ih izvodi stručna služba naručioca.
- *Tekuća (prateća) istraživanja* koja se vrše u skladu sa izvođenjem geotehničkih građenja (karakteristično kod tunela i dubokih usjeka, uslovno i kod izvođenja iskopa za temelje i slično).
- *Kontrolna istraživanja*, sa kojima potvrđujemo projektne pretpostavke i kontrolišemo kvalitetu izvršenih radova.

Interpretacija svake više faze istraživanja mora uključivati i sve spoznaje prethodnih faza.

Važeće zakonodavstvo i praksa kod planiranja autoputova predviđaju projektiranje u više faza (studije varijanata, idejni projekt, projekt za građevinsku dozvolu, projekt za konkurs, projekt za izvedbu, projekt izvršenih radova). Povezanost faza projektiranja sa fazama geotehničkih istraživanja je kod planiranja kolnika slijedeća:

Tabela II.

FAZA PROJEKTA	FAZA GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA
studija varijanata	prethodna istraživanja
idejni projekt	glavna istraživanja
projekt za građevinsku dozvolu	dopunska istraživanja
projekt za konkurs	
projekt za izvedbu izvođenje	
projekt izvršenih radova	usputna (prateća) i kontrolna istraživanja

2.3 PRISTUP IZVOĐENJU GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA

Geotehnička istraživanja preporučljivo je izvoditi u navedenom redoslijedu i sa opisanim sadržajem:

2.3.1 KABINETSKI RAD– PRIKUPLJANJE POSTOJEĆIH PODATAKA

- Kabinetski pregled tijeka trase ili/i plan a objekta
- Pregled postojećih geoloških i morfoloških karata i geodetske temelje
- Pregled moguće već postojeće geotehničke dokumentacije (npr. izvještaja o prethodnim fazama istraživanja)
- Dobivanje i pregled dokumentacije o mogućim proteklim radovima u blizini
- Pregled podataka o ponašanju postojećih relevantnih objekata u blizini
- Dobivanje i pregled stereoskopskih parova aero snimaka i ostalih daljinskih podataka
- Dobivanje i pregled geotehničkih podataka iz postojećih digitalnih baza podataka

2.3.2 TERENSKI ISTRAŽIVAČKI RAD

- Pregled i rekognosciranje terena (cjeloviti terenski pregled uticajnog područja tijekom trase u odgovarajućoj širini; detekcija karakterističnih morfoloških, geoloških, inženjersko geoloških, hidrogeoloških i ostalih pojava)
- Geološko kartiranje u uticajnom području trase (strukturno-geološko, hidrogeološko i inženjerskogeološko kartiranje)
- Detaljno geološko kartiranje užeg područja trase (strukturno-geološko, hidrogeološko i inženjerskogeološko kartiranje)
- Istražni iskopi i (iskop, popis, uzimanje uzoraka, izvođenje geotehnička mjerenja u jamama)
- Istražno bušenje (izvođenje, praćenje parametara bušenja, popis jezgri, RQD, uzimanje intaktnih i oštećenih uzoraka, izvođenje geotehničkih istraživanja u bušotinama (SPT, KS, presiometar, karotaža, geofizička mjerenja), oprema bušotine za daljnja praćenja – piezometar, inklinometar)
- Geomehanička ispitivanja (izvođenje mjerenja i vrednovanje rezultata):
 - *Standardno penetraciono sondiranje - SPT*
 - *Terenski opit smicanja krilnom sondom - KS*
 - *Sondiranje dinamičkom penetracijom - DP*
 - *Sondiranje statičkom penetracijom - CPT*
 - *Presiometar*
 - *Dilatometar*
 - *Mjerenja deformabilnosti sa kružnom pločom*
- Hidrogeološka ispitivanja (izvođenje mjerenja i vrednovanje rezultata):
 - *Mjerenja piezometričkih razina i određivanje struje podzemne vode*
 - *Izvođenje i vrednovanje mjerenja pumpanjem i naljevanjem*
 - *Uzimanje uzoraka podzemne vode za hemijske i bakteriološke analize*
 - *Ispitivanja obzirom na tip vodonosnika i potrebne zaštite podzemne vode*
- Geofizička ispitivanja (izvođenje mjerenja i vrednovanje rezultata):
 - *Izvođenje i vrednovanje mjerenja na terenu (geoelektrika, geoseizmika, georadar i prema potrebi i ostale)*

- *Izvođenje i vrednovanje mjerenja u bušotinama (karotaža, između bušotina, između površine i terena)*
- o Druga terenska ispitivanja (izvođenje mjerenja i vrednovanje rezultata):
 - *Geodetska mjerenja*
 - *Inklinometarska mjerenja*
 - *Piezometarska mjerenja*
 - *Ekstenziometrička mjerenja*
 - *Statička i dinamička probna opterećenja šipova, probno pobijanje šipova*
 - *Druga posebna geotehnička mjerenja (mjerenja napona u tlu, mjerenja napredovanja pukotina, mjerenja vibracija i drugo)*
 - *Izvođenje iskopa za sonde i testnih polja neposredno prije gradnje nasipa (potreba za poboljšanjem osnovnih materijala, upotreba specifičnih materijala, upotreba novih tehnologija ...)*
 - *Ispitivanja geotehničkih sidara (test djelomičnog i potpunog opterećenja sidara, određivanje električnog otpora)*

2.3.3 LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

- o Pregled dostavljenih uzoraka i izrada detaljnog programa geomehaničkih laboratorijskih ispitivanja
- o Ispitivanja zemljanih materijala
 - *Identifikaciona (klasifikovanje) ispitivanja*
 - *Određivanje volumenske težine*
 - *Ispitivanja parametara čvrstoće*
 - *Ispitivanja deformabilnosti*
 - *Ispitivanja propusnosti*
 - *Ispitivanja upotrebljivost za nasipe*
 - *Osnovna kemijska ispitivanja zemljanih materijala*
- o Ispitivanja stijena
 - *Priprema uzoraka za ispitivanje*
 - *Klasifikovanja i identifikacija stijena (petrografska i mineraloška ispitivanja)*
 - *Ispitivanja parametara čvrstoće*
 - *Ispitivanja sposobnosti bubrenja*
 - *Ispitivanja deformabilnosti*
 - *Ispitivanja upotrebljivosti stjenovitih materijala za preradu u kameni agregat*
 - *Ispitivanja upotrebljivost za nasipe*
- o Laboratorijska geološka ispitivanja
 - *Paleontološka*
 - *Stratigrafska*
 - *Sedimentološka*
 - *Rendgenska*
 - *Druga*

2.3.4 RAČUNSKÉ ANALIZE

- o Povratne analize za verifikovanje dobivenih karakteristika
 - *Povratne analize stabilnosti područja puzanja*
 - *Povratne analize dokumentiranog ponašanja relevantnih objekata u blizini lokacije planirane gradnje*
- o Računske analize za geotehničke izvještaje
 - *Analize globalne stabilnosti*
 - *Račun nosivosti tla*

- *Račun slijeganja i njihov vremenski razvoj*
- *Numeričko modeliranje (MKE, MRE, DM ...)*
- *Druge kompjutorske analize zavisno od prirode projekta*

2.4 TIJEK GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA

U nastavku je detaljno opisan adekvatan tijek pojedinih faza geotehničkih istraživanja.

2.4.1 PRETPRIPREME NA ISTRAŽIVANJA

2.4.1.1 Svrha

- *Prethodno vrednovanje projekta i geotehničkih uslova sa stajališta planiranih geotehničkih istraživanja*
- *Cilj ove faze je priprema konkursne prethodne faze geotehničkih istraživanja*

2.4.1.2 Izvođač

- *Stručna služba naručioca*
- *Istraživačka institucija (naručuje naručilac - po potrebi)*

2.4.1.3 Potrebne podloge

- *Posljednja verzija projekta (situacija, uzdužni prorez, poprečni prorezi)*
- *Arhivski geotehnički podaci (ako su na raspolaganje).*

2.4.1.4 Faze i metode istraživanja

- *Odabir metode kabinetskog rada (vidi 2.3.1)*
- *Pregled i rekognosciranje terena (vidi 2.3.2)*

2.4.1.5 Završni dokument

- *Projekt prethodne faze geotehničkih istraživanja.*

2.4.1.6 Revizija

- *Kod posebno zahtjevnih (geološko, morfološko, geotehničko) trasa AC treba izvršiti stručni pregled projekta prethodne faze geotehničkih istraživanja.*

2.4.2 PRETHODNA ISTRAŽIVANJA

2.4.2.1 Svrha

- *Dobiti osnovne podatke o sastavu i karakteristikama tla (vidi tabelu I)*
- *Dobiti odgovarajuće podatke za izradu projekta glavnih istraživanja*

2.4.2.2 Izvođač

- *Istraživačka institucija sa odgovarajućim referencama sa područja geotehničkih istraživanja*

2.4.2.3 Potrebne podloge

- *Zadnja verzija projekta (situacija 1:1000, uzdužni prorez 1:1000/100, poprečni prorez i)*
- *Arhivski geotehnički podaci (ako su na raspolaganje).*

2.4.2.4 Faznost i metode istraživanja

- *Odabir metoda kabinetskog rada (vidi 2.3.1)*
- *Geološko kartiranje (vidi 2.3.2)*
- *[Odabir ostalih terenskih istraživačkih radova i laboratorijskih ispitivanja]*

2.4.2.5 Završni dokument

U ovisnosti o predmetu prethodnih istraživanja dokument može biti:

- *Izveštaj o prethodnim geotehničkim ispitivanjima za trasu ili objekte ili*
- *Komparativna geotehnička studija tijeka trase.*

2.4.2.6 Revizija

Završni izvještaj je predmet recenzije stručne službe naručioca i/ili vanjske revizije.

2.4.3 GLAVNA ISTRAŽIVANJA

2.4.3.1 Svrha

- *Dobiti sve potrebne podatke o objektu i karakteristikama tla (vidi tabelu I)*

2.4.3.2 Izvođač

- *Istraživačka institucija sa u konkursu traženim referencama*

Potrebne podloge i postojeća dokumentacija

- *Zadnja verzija projekta (situacija, uzdužni prorez , poprečni prorez i, plan objekta)*
- *Izvještaji o prethodnim geotehničkim ispitivanjima*
- *Drug podaci, koji mogu uticati na projekt istraživanja i uslove gradnje odnosno temeljenje objekata, kao na primjer:*
 - *u slučaju objekata: opterećenja temelja,*
 - *u slučaju nasipa: podaci, koji mogu uticati na odabir materijala za nasipavanje (poplavljanje područja, raspoloživost materijala iz ka, prioritet odabira bočnih oduzimanja,...), raspoloživo vrijeme konsolidacije*
 - *posebni zahtjevi odgovornog vođe projekta ili odgovornog projektanta*

2.4.3.3 Faze i metode istraživanja

Glavna istraživanja u pravilu obuhvataju vrlo različite aktivnosti, koje su vremenski suovisne, međutim, tekući rezultati mogu uticati na korekcije u detaljima projekta istraživanja.

Predviđene su tri jasno određene faze, čije graničnike odvojeno predstavljaju završni dokumenti. Napuštanje predviđene faznosti moguće je u slučajevima jednostavnih objekata ili kod geotehničko nezahitljivih lokacija, što mora biti posebno navedeno i u konkurs za istraživanje.

- *Prva faza:*
 - *Cilj: upoznati geološku građu terena i geotehničke karakteristike tla do te mjere, da je moguća izrada detaljnog projekta terenskih i laboratorijskih istraživačkih radova i računskih analiza.*
 - *Metode:*
 - *Metode kabinetskog rada (vidi 2.3.1)*
 - *Detaljno geološko kartiranje (vidi 2.3.2)*
 - *[Odabir drugih terenskih istraživačkih radova]*
 - *[Odabir laboratorijskih ispitivanja (vidi 2.3.3)]*
 - *[Odabir računskih analiza (vidi 2.3.4)]*
 - *Završni dokument: Prijedlog projekta glavnih geotehničkih istraživanja*
 - *Revizija: Prijedlog projekta ocjeni stručna služba naručioca.*
- *Druga faza:*
 - *Cilj: upoznati detaljnu strukturu prostora i fizičke karakteristike svih karakterističnih materijala na osnovu izvođenja svih istraživačkih radova, predviđenih sa potvrđenim programima. Rezultati ove faze, zajedno sa prethodnim, moraju omogućiti kvalitetan projekt planiranog objekta.*
 - *Metode (dodatno k 1. fazi):*
 - *Odabir terenskih istraživačkih radova s obzirom na vrstu objekta i tip tla(vidi 2.3.2)*
 - *Odabir laboratorijskih ispitivanja u pogledu vrste objekta i tipa tla(vidi 2.3.3)*
 - *[Odabir računskih analiza u pogledu prirode projekta (vidi 2.3.4)]*
 - *Završni dokument: Izvještaj o rezultatima glavnih geotehničkih istraživanja*
 - *Revizija: Izvještaj ocjeni stručna služba naručioca.*

- *Treća faza:*
 - *Cilj: Analizirati rezultate svih izvršenih istraživanja i odrediti uslove izvedbe geotehničkog objekta odnosno uslove temeljenja objekta. Završni dokument predstavlja vezni element između rezultata istraživanja i projektanta.*
 - *Metode:*
 - Odabir računskih analiza ili empiričkih metoda u pogledu prirodu projekta (vidi 2.3.4)*
 - *Završni dokument: Izveštaj o uslovima gradnje odnosno o uslovima temeljenja objekta*
 - *Revizija: Izveštaj ocjeni stručna služba naručioca.*
- *Završni dokument*

Završne izvještaje čine dva dijela. Za traso su to:

 - *Izveštaji o rezultatima glavnih geotehničkih istraživanja za trasu*
 - *Izveštaji o uslovima gradnje autoputa*

Završne izvještaje za objekt čine:

 - *Izveštaji o rezultatima glavnih geotehničkih istraživanja za objekt*
 - *Izveštaji o uslovima temeljenja objekta*
- *Revizija*

Završni izvještaj je predmet recenzije stručne službe naručioca i/ili vanjske revizije.

2.4.4 DOPUNSKA ISTRAŽIVANJA

2.4.4.1 Svrha

- *Dopuniti fond podataka iz prethodnih faza istraživanja (vidi tabelu I)*

2.4.4.2 Izvođač

- *Istraživačka institucija sa odgovarajućim referencama (prema mogućnosti ista institucija koja je vršila glavna istraživanja)*

Potrebne podloge i postojeća dokumentacija

- *Zadnja verzija projekta (situacija, uzdužni prorez , poprečni prorez i)*
- *Izveštaj o prethodnim i glavnim geotehničkim ispitivanjima*
- *Podaci o promjenama projekta i ostali razlozi, zbog kojih se izvode dopunska istraživanja*
- *Posebni zahtjevi odgovornog vođe projekta ili odgovornog projektanta*

2.4.4.3 Faznost i metode istraživanja

- *[Odabir metoda kabinetskog rada (vidi 2.3.1)]*
- *[Detaljno geološko kartiranje (vidi 2.3.2)]*
- *[Odabir ostalih terenskih istraživačkih radova]*
- *[Odabir laboratorijskih ispitivanja (vidi 2.3.3)]*
- *[Odabir računskih analiza (vidi (2.3.4)]*

2.4.4.4 Završni dokument

U ovisnosti o predmetu dopunskih istraživanja dokument može biti:

- *Izveštaj o dopunskim geotehničkim ispitivanjima za trasu*
- *Izveštaj o dopunskim geotehničkim ispitivanjima za objekt*

2.4.4.5 Revizija

Geotehnički izvještaji moraju biti stručno pregledani. Način pregleda odredi stručna služba naručioca.

2.4.5 GEOTEHNIČKA PRATNJA STANJA OBJEKATA NAKON IZGRADNJE

2.4.5.1 Svrha

Kada govorimo o geotehničkom praćenju stanja objekata, imamo u mislima kako zemljane objekte kao što su usjeci i nasipi tako i sve armiranobetonske potporne ili potporne konstrukcije (gravitacioni zidovi, sidreni zidovi, zidovi na šipovima, različiti zidovi od montažnih elemenata i stjenovitih gravitacionih zidova) i temelje premostivih i ostalih zahtjevnijih objekata.

Osnovna svrha geotehničkog praćenja je provjeravanje funkcionalnih sposobnosti objekta. U slučaju promjene stanja treba pravovremeno poduzimanje mjera sa dodatnim geotehničkim zahvatima u duhu dobrog gospodara i obezbjeđivanja prometne bezbjednosti.

2.4.5.2 Izvođač

Izvođač može biti poduzeće ili društvo, koje sa pozitivnim referencama dokaže osposobljenost za izvođenje i interpretaciju odgovarajućih geotehničkih, geodetskih i/ili ostalih potrebnih vrsta mjerenja i na temelju rezultata mjerenja izradu odgovarajućih analiza i geotehničkih izvještaja o stanju objekta.

2.4.5.3 Potrebne podloge

- *Projekt za izvođenje objekta (PZI) i projekt izvršenih radova na objektu (PID)*
- *Izveštaje o glavnim geotehničkim ispitivanjima*
- *Geotehničko izvještaje za objekt (nivo PZI)*
- *Projektni zadatak za izvođenje geotehničkog praćenja*

2.4.5.4 Faznost i metode istraživanja

- *Pregled postojeće projektno-tehničke dokumentacije*
- *Izvođenje zahtjevnih mjerenja na objektu*
- *Interpretacija rezultata mjerenja*
- *Izrada izvještaja sa prijedlogom mjera i/ili daljnijega praćenja*

2.4.5.5 Završni dokument

- *Završni izvještaj o geotehničkom praćenju stanja objekta u periodu sa prijedlogom mjera i daljnjih mjerenja*

2.4.5.6 Revizija

Izveštaj o geotehničkom praćenju stanja objekta nakon izgradnje mora biti stručno pregledan. Način pregleda odredi stručna služba naručioca.

2.5 SADRŽAJ GEOTEHNIČKIH IZVJEŠTAJA

S obzirom na to, da je geotehničko izvještaje završni čin cjelokupnog istraživačkog rada, njegov cjeloviti i pojednostavljen sadržaj važan je za sve daljnje korisnike izvještaja (projektante, naručioce, nadzorne inženjere i izvođače). U tu svrhu su u nastavku zapisane preporuke o sadržajnom dijelu geotehničkog izvještaja.

2.5.1 SADRŽAJ IZVJEŠTAJA - OPŠTE

Generalno uzevši, geotehnički elaborat mora imati bar tri sveske: za trasu, mostove i tunele, ako ih ima. U specifičnim slučajevima rade se zasebne sveske elaborata za pozajmišta lokalnih materijala, za dijelove trase sa dubokim usjecima, visokim nasipima, klizištima i slično.

Za postizanje odgovarajuće kvalitete geotehničkih istraživanja i njihovo predstavljanje u » Geotehničkom izvještaju (elaboratu) o sastavu tla i uslovima gradnje ...«, treba uvažavati sljedeće upute:

- U izvještajima je treba dosljedno odvojiti podatke dobivene sa istraživanjima od interpretacije. Rezultati istraživanja neka se daju u odvojenim poglavljima u početnom dijelu izvještaja, a interpretacija u završnim poglavljima. Na istim činjenicama je moguće izraditi različite interpretacije uslova, a od toga su ovisni prijedlozi izvođenja razmatranog objekta.
- Za zaključke, koji se temelje na rezultatima istraživanja, treba izraditi pouzdanost istih. Općenito pouzdanost prognoze ovisi o kompleksnosti terenskog objekta, broju i kvaliteti istraživanja. Pojedini zaključci mogu se oslanjati na čvrstim dokazima ili samo na hipotezama. Svaka faza istraživanja zahtjeva potrebnu pouzdanost prognoze. U fazi glavnih istraživanja mora biti pouzdanost dovoljna za cjelovito planiranje gradnje AC i temeljenja objekata.
- Treba uvoditi nove metode istraživanja, statističke metode za obradu i interpretaciju podataka, nove kompjutorske programe za izračune i grafička predstavljanja i slijediti propise (prije svega EUROCODE) i standarde za pojedina istraživanja (CEN, ISO..)
- Rješenje, prijedloge i prognoze u izvještaju je treba podnijeti u obliku, koji je razumljiv projektantu, a prema mogućnostima više u grafičkom obliku. Tako na primjer kod odabira trase koja najbolje odgovara za AC teren treba kategorizirati prema primjernosti za gradnju (od adekvatnog do neadekvatnog). Stručni podaci užih struka, koje su razumljivi samo stručnjacima te struke moraju biti obrađeni samo kao pozadina i ne smiju biti u prvom planu u završnoj prognozi.

Detaljno određivanje sadržaja nema smisla, jer bi u tom slučaju podnosiocu izvještaja oduzeli potrebnu slobodu, odnosno, obzirom na različite geotehničke terenske uslove određene bi tačke izvještaja bile previše naglašene, a druge premalo. Definiranje odgovarajućeg sadržaja sa naglaskom na najvažnije utvrđene karakteristike terena je važna komponenta izvještaja, koji određuje kvalitetu pristupa ispitivanjima, njihovu interpretaciju i zaključke.

Općenito svako izvještaje mora sadržavati sljedeća poglavlja:

- UVOD: (naručioc, broj ugovora, datum ugovora narudžbe, opšti podaci o objektu, faza istraživanja, cilj izvještaja)
- PODACI O DOSADAŠNJIM ISPITIVANJIMA I LITERATURNI PODACI NA RAZMATRANOM TERENU I OBJEKTU: (podnijeti dosadašnja istraživanja i njihovu interpretaciju obzirom na sadašnja istraživanja i dosadašnja iskustva kod gradnja za slične objekte na ovom prostoru ili istim stijenama)
- PODACI O IZVRŠENIM TERENSKIM I LABORATORIJSKIM ISTRAŽIVANJIMA (podaci moraju biti navedeni u što razumljivijem obliku, a prije svega u tabelama, grafikonima i kartama, laboratorijski rezultati su u prilogima)
- INTERPRETACIJA ISTRAŽIVANJA: (sadrži izradu geotehničkog modela terena sa ocjenom njegove pouzdanosti)
- GEOTEHNIČKI USLOVI IZVEDBE: (detaljno su određeni geotehnički uslovi izvedbe trase ili objekata)
- ZAKLJUČAK: (naglasak glavnih zaključaka u izvještaju i prijedlogu za daljnja istraživanja i mjere)

U dodatku ovim preporukama je prikazan uzorak sadržaja geotehničkog izvještaja. Navedena su pojedina poglavlja i prilozi, koje obično sadrži pojedino izvještaje. Obzirom na fazu i cilj istraživanja i kompleksnost geotehničkog objekta i zahtjevanosti objekta treba u geotehničko izvještaje uključiti i ona poglavlja, sa kojima se mogu zadovoljivo odrediti uslovi gradnje.

2.6 VRSTE I OPISI ISTRAŽIVANJA

Za lakše razumijevanje, planiranje i vođenje projekta geotehničkih istraživanja u nastavku su napisane pojedine vrste geotehničkih istraživanja sa kratkim opisom.

2.6.1 PREDVIĐEN OBIM GLAVNIH GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA

2.6.1.1 Terenska istraživanja

Na osnovu spoznaja prethodnih istraživanja treba pripremiti projekt glavnih istraživanja.

Obim istraživanja ovisi o:

- stupnju prethodne istraženosti terena,
- vrsti tla
- planu, veličini i važnosti objekta,
- predviđenih opterećenja materijala,

Kod planiranja istraživanja treba uvažavati važeće tehničke standarde i vlastitu stručnu ocjenu i iskustva.

Obim istraživanja treba prilagoditi tekućim saznanjima.

Minimalni zahtjevi za obim terenskih istraživanja prema EC-7 za geotehničku kategoriju 2 (najraširenija kategorija) su sljedeći:

- Za veće objekte predvidi se mreža istraživanja, običajno na međusobnoj udaljenosti 20 – 40 m. Kod toga je dio bušotina ili usjeka za sonde moguće nadomjestiti sa penetracijskim ispitivanjima i geofizičkim mjerenjima.
- Za tačkaste i trakaste temelje treba ispitati tla barem do dubine, koja iznosi 1 do 3 puta širinu temelja ispod kote temeljenja. Barem dio istraživanja treba izvesti i dublje, kako bi bio moguć precizan račun slijeganja i prognoza mogućih problema u vezi sa podzemnom vodom.
- Za temeljnu ploču je dubina istraživanja jednaka barem širini ploče, ako nismo prije naletjeli na stijensku osnovu.
- Kod temeljenja na šipovima treba ispitati tla barem do dubine pet promjera ispod dna šipa.
- Kod grupe šipova treba ispitati tla ispod kote temeljenja barem do dubine manje od obje dimenzije pravougaonika, kojeg tvore šipovi u grupi.
- Za nasipe i deponije treba ispitati tla sve do dubine, koje značajno doprinose slijeganjima (do dubine, ispod koje bi dobili manje od 10 % ukupnog očekivanog slijeganja). Kod nasipa tipičan razmak između istraživačkim mjestima je od 100 do 200 m.
- Za usjeka treba je tla ispitati barem do 40 % dubine usjeka ispod dna usjeka ili minimalno 2 m ispod dna usjeka.

Minimalni zahtjevi obzirom na istraživanja podzemne vode prema EC-7 su sljedeći:

- promatranje nivo podzemne vode u bušotinama i piezometarima u redovnim vremenskim razmacima,
- utvrđivanje mogućih arteških pritisaka podzemne vode i posebnosti, kao što su zatvoreni vodonosnici i njihanja zbog plimovanja,
- kod planiranja dubokih usjeka (građevinskih jama) treba u slučaju opasnosti od hidrauličkog loma tla ispitati tlo barem do dvostruke dubine usjeka, a kod tla sa malom volumenskom težinom i dublje.

2.6.1.2 Laboratorijska ispitivanja

Kod planiranja laboratorijskih ispitivanja treba uvažavati vrstu konstrukcije, stratigrafiju

osnovnog tla i karakteristike zemljanog materijala i stijenskih masa.

Vrsta i obim ispitivanja se moraju uvijek prilagođavati zaključcima terenskih istraživanja i iste nadograđivati i dopunjavati. Prije nego se započne sa s izvođenjem laboratorijskih ispitivanja, treba okvirno poznavati karakteristični profil tla - stratigrafiju terena i one slojeve, koje su relevantni za danu konstrukciju.

Ispitivanja moraju biti planirana u tolikom obimu, da je moguće odrediti karakteristike svih karakterističnih slojeva, koji nastupe u tlu.

Laboratorijska ispitivanja se moraju sadržajno i količinski tekuće prilagođavati rezultatima prethodnih ispitivanja. obzirom na prethodne rezultate treba ispitivanja dopunjavati ili nadograđivati sa preciznijim metodama.

2.6.1.3 Geološka istraživanja

Strukturno geološka istraživanja:

Zadatak strukturno geoloških istraživanja je rješavanje i objašnjavanje geološke strukture terena, kojeg prelazi autoput sa pripadajućim objektima. U tu svrhu treba uvrstiti utvrđene litološke jedinice u grupe prema osnovnim karakteristikama i utvrditi odnose između različitih litoloških jedinica/grupa (normalne, tektonske,...). Ti podaci služe hidrogeološkoj i inženjersko geološkoj interpretaciji proučavanog terena.

Završni cilj strukturno geoloških istraživanja je naznačiti moguće uticaje strukturnih uslova i procesa na težinu ili ugroženost gradnje (npr. mogućnost globalne nestabilnosti na tektonskom kontaktu).

Inženjerskogeološka (IG) istraživanja:

Osnovna svrha IG istraživanja:

- interpretacija utvrđene geološke strukture (sastava tla) za određivanje uslova izvođenja objekata u različitim fazama istraživanja,
- interpretacija (u laboratoriju ili i SITU) utvrđenih geomehaničkih karakteristika, geofizičkih i ostalih podataka iz lokalnih tačkastih vrijednosti u cjelokupni istraživački prostor odnosno u pojedine litološke jedinice.

Osnovni pristup radu:

Utvrđene stručne geološke podatke treba predstaviti na način, da su direktno upotrebljivi i jasno razumljivi za geomehaničare, projektante, investitore, ..., to jest bez suvišnih geoloških, strukturnih, IG, HG stručnih podataka.

Podaci, koje trebaju obuhvatati IG istraživanja:

IG karakteristike:

- oblik terena
- morfološka karakterističnost pokrajine
- nagib prirodnih padina
- rastlinje (obraslost terena)
- osjetljivost na djelovanje eksogenih pojava:
 - raspadanje
 - prosječna raspucanost
 - erozija
 - klizljivost
- karakter pukotina
- prosječne debljine degradiranog sloja degradiranog materijala i
- vrste degradiranih slojeva degradiranih materijala
- načini raspadanja i degradiranja
- ocjena stabilnosti terena
- vrste pojava narušavanja prirodne ravnoteže

- hidrogeološki uslovi (detaljnije u sljedećem poglavlju)
- propusnost za vodu (detaljnije u sljedećem poglavlju)
- zaštita okoline (uticaj površinske odvodnje sa kolnika na kvalitetu podzemne vode)

Ocjene geotehničkih karakteristika inženjerskogeoloških jedinica:

- klasifikovanje stijenskih masa (opisno i u jednoj od numeričkih oblika, npr. RMR, GSI,...)
- klasifikovanje zemljanog materijala
- čvrstoća (jednoosna tlačna čvrstoća)
- vlažnost
- elastičnost
- plastičnost
- čvrstoća na smicanje

Uslove gradnje i ostalih zahvata u stijene: (ocjena uslova gradnje pojedinih kolničkih objekata):

- kategorija iskopa (za degradirani sloj, za stijensku osnovu)
- nosivost tla
- osjetljivost na slijeganja
- uslovi izvođenja dubokih usjeka
- uslovi izvođenja visokih nasipa
- upotrebljivost iskopanih materijala za ugradnju u nasipe

Seizmičke karakteristike:

- uvrštavanje tla prema propisima BiH
- uvrštavanje tla prema Eurocode 8

2.6.1.4 Hidrogeološka istraživanja

Svrha hidrogeoloških istraživanja usmjerena je u rješavanje dva područja i to:

Zaštitu ceste od podzemne vode

Pravovremena i kvalitetna prognoza hidrogeoloških prilika potrebna je za ispravna projektna tehnička rješenja pri gradnji u uslovima uticaja podzemnih voda na konstrukciju kolnika.

Zaštitu podzemne vode od uticaja sa kolnika

Podzemna voda je komponenta okolina koju je potrebno kvalitetno obezbjediti prije svega na onim područjima gdje autoput indirektno ili direktno utiče na kvalitet podzemnih voda. Ova područja određena su propisima kao bezbednosni pojasevi i kao potencijalni vodeni izvori.

Osnovni pristup radu

Hidrogeološka istraživanja moraju biti izvršena i interpretirana na način, da za potrebe odgovornog projektanta i/ili geomehanika jasno, razumljivo i nedvojbeno prikažu kvalitativno stanje vodonosnika, nivo podzemne vode u dužem hidrološkom periodu, pravac i brzinu toka podzemne vode, ranjivost, osjetljivost i izloženost vodonosnika i ostale hidrogeološke karakteristike, koje utiču na odnos između podzemne vode i autocesto kao građevinskog zahvata i kao stalnog izvora zagađenja.

Predloženi program hidrogeoloških istraživanja i sadržaj elaborata o HG ispitivanjima:

- *Regionalni pregled geoloških uslova*
Izvede se kratak pregled geoloških uslova, koji se nadovezuju prije svega na hidrogeološku problematiku.
- *Regionalni hidrogeološki pregled*
U toj fazi istraživanja provjeri se regionalne hidrogeološke uslove , to je pravac struje podzemne vode, debljina nakvašenog i nenakvašenog sloja u prostoru. Pregledaju se

rasprostiranja hidrogeoloških karakteristika (koeficijent propusnosti, transmisije, poroznost), podnesu se i osnovne karakteristike bilance vodonosnika.

○ *Hidrogeološka mjerenja*

Hidrogeološka mjerenja izvode se u skladu sa odredbama projektnog zadatka i u ovisnosti od hidrogeoloških činjenica (propusnost, transmisije). Mjerenja obuhvataju prije svega:

- *provjere crpljenjem,*
- *provjere nalijevanjem,*
- *mjerenja nivoa podzemne vode u piezometrima.*

○ *Pregled sigurnosnih pojaseva i druge vodoopskrbe iz podzemne vode:*

U okviru ove faze istraživanja izvede se pregled svih odlukama prihvaćenih sigurnosnih pojaseva i ostalih nezaštićenih izvora vode. Uz to se podnesu i hidrogeološke činjenice koje određuju pojedini izvori vode (izdašnost bunara, zaliha podzemne vode itd.). Sa hidrogeološkog stajališta upozori se i na problematiku zaštite kako je zahtjeva pojedina odluka.

○ *Pregledni opis / prognoza hidrogeoloških prilika uz trasu:*

U elaboratu o hidrogeološkim ispitivanjima prikažu se hidrogeološki odnosi, koji će vladati uzduž trase. Pregled se podnese sa pripadajućim intervalima stacionaže ceste.

○ *Klasifikovanje hidrogeoloških prilika uz trasu*

Pregledan opis hidrogeoloških uslova važan je kod projektiranja tehničkih mjera za zaštitu podzemne vode i ostalih tehničkih rješenja za zaštitu od podzemne vode. Klasifikovanje se izvede na temelju smjernica i uputa, koje su u upotrebi za tu svrhu.

2.6.1.5 Geofizička ispitivanja

Svrha geofizičkih ispitivanja

Osnovna svrha geofizičkih ispitivanja za potrebe geotehničkih elaborata i ostale projektne dokumentacije je između ostalog:

- steći osnovne informacije o geološkom objektu područja, gdje će se graditi put
- ispitati adekvatnost geoloških profila, koje su stečeni na osnovu površinskih i/ili lokalnih podataka iz bušotina/raskopa
- dobiti kvantitativne podatke o fizikalnim karakteristikama stijenske mase i zemljanih materijala
- odrediti optimalna mjesta bušotina za dobivanje ostalih reprezentativnih podataka (inženjersko-geoloških, geotehničkih i sl.)
- odrediti mjesta bušotina za provjeravanje određenih anomalija
- steći osnovne podatke za prihvaćanje stručnih i/ili ekonomskih odluka

Pristup geofizikalnim istraživanjima

Pristup planu geofizikalnih ispitivanja treba ići prema sljedećem redoslijedu:

- definisanje problema od strane naručioca (projektant, građevinar, geomehaničar, hidrogeolog, inženjerski geolog i dr.)
- pregled postojeće dokumentacije o istraživanoj lokaciji (lokacija, topografija terena, stanje u prirodi, podaci o bušotinama, geološki profili i sl.)
- definisanje zahtjeva naručioca (najbolje u optimalnom i minimalnom obimu)
- okviran dogovor o mogućnostima izvođenja geofizičkih ispitivanja i rješavanja problema (koje podatke će geofizička ispitivanja pouzdano obezbjediti, koje će obezbjediti uslovno a koje neće moći steći, predviđeni kvalitet geofizikalnih podataka i sl.).

U ovom dijelu obavezno sarađuju naručilac odnosno korisnik(ci) i izvođač geofizičkih ispitivanja.

Odabir geofizičkih metoda:

- Geoelektričke metode
- Seizmičke metode
- Elektromagnetske metode
- Karotažna mjerenja
- Utvrđivanje tehničkog stanja bušotina

2.6.2 GEOMEHANIČKA ISTRAŽIVANJA

2.6.2.1 Terenska ispitivanja

U ovom poglavlju dajemo pregled i karakteristike terenskih geomehaničkih ispitivanja. Navedena ispitivanja predstavljaju odabir široko korištenih ispitivanja, međutim, ovaj prikaz nikako ne obuhvata sve poznate metode. Moguća je upotreba i ostalih metoda obzirom na karakteristike projekta i opremljenost istraživača i slaganje sa naručiocem ispitivanja.

Za svako istraživanje je navedeno: cilj, oprema, izvođenje (s referencom na standard), vrednovanje rezultata, način izvještavanja o rezultatima, vrsta tla za koje je ispitivanja primjereno, primjeri tipičnih projekata za koje se koristi metoda i eventualne napomene.

Uzimanje uzoraka

Cilj:	Izvođenje laboratorijskih ispitivanja
Oprema:	Odgovarajući uređaj za vađenje jezgre (vidi dodatak 6.1), cilindar za spremanje i transport uzoraka, oprema za hermetičko zatvaranje cilindra
Izvođenje:	Eurocode 7-3 (poglavlja 12 i 13)
Vrsta tla:	Sve vrste tla
Vrsta projekta:	Sve vrste projekta
Vrednovanje rezultata:	(laboratorij)
Izveštaj o istraživanjima:	Popis uzoraka sa osnovnim podacima (vidi dodatak 6.1), oznaka u popisu bušotine
Standard:	EC 7-3, EC 7-2
Napomene:	Postupci uzimanja, transporta i pohranjivanja moraju odgovarati važećim standardima obzirom na kategoriju uzoraka odnosno vrstu ispitivanja, koja želimo izvoditi na uzorku

Terenski opit smicanja krilnom sondom

Cilj:	Određivanje nedrenirane čvrstoće smicanja i osjetljivosti koherentnih slojeva u osnovnom tlu–
Oprema:	krilna sonda, poluge, oprema za rotaciju i mjerač poluga
Izvođenje:	Eurocode 7-3 (poglavlje 8), JUS?
Vrsta materijala:	koherentne zemlje u žitkoj do kruto-plastičnoj konsistenciji
Vrsta projekta:	nosivost tla u nedreniranim uslovima (stabilnost nasipa, nosivost osnovnih materijala), bezbjednost privremenih usjeka
Rezultati:	Nedrenirana čvrstoća smicanja, osjetljivost
Vrednovanje rezultata:	Eurocode 7-3 (poglavlje 8, dodatak G)
Standard:	EC 7-3 (poglavlje 8), BS 1377: Part 9
Napomene:	Rezultati ovise o vrsti tla. Treba izvesti niz uzastopnih mjerenja na različitim dubinama, kako bi dobili profil nedrenirane čvrstoće smicanja sa dubinom.

Sondiranje standardnom penetracijom (SPT)

Cilj:	Određivanje relativne gustoće, čvrstoće smicanja i deformabilnosti, prije svega nekoherentnih osnovnih materijala, uslovno i ocjena nedrenirane čvrstoće smicanja i prikupljanja koherentnih materijala, ocjena kvalitete stijena
Oprema:	Oprema za bušenje, nož, grede, standardni uteg na vodilici
Izvođenje:	Eurocode 7-3 (poglavlje 5), BS 1377: Part 9
Vrsta materijala:	Nekoherentna tla (uslovno koherentne zemlje i meke stijene)
Vrsta projekta:	Nosivost i slijeganje plitkih temelja na nekoherentnim materijalima ocjena nosivosti tem.ploča u nekoherentnim materijalima, gradnja usjeka i nasipa na nekoherentnim materijalima, likvefakcijski potencijal
Rezultati:	Relativna gustoća, ugao smicanja, slijeganja temelja, (ocjena nedrenirane čvrstoće smicanja, elastičnog modula),
Vrednovanje rezultata:	Eurocode 7-3 (poglavlje 5, dodacima D)
Standard:	EC 7-3 (poglavlje 5), BS 1377: Part 9
Napomene:	Oprema mora biti umjerena obzirom na prijenos energije u grede. Oprema mora osiguravati barem jednaku visinu pada zabijala (automatski okidač). Upotreba konusa nije standardna i nije pouzdane korekcije. Upotreba na dnu iskopa za šipove (promjer >15 cm) nije standardna.

Sondiranje statičkom penetracijom (CPT)

Cilj:	Klasifikovanja tla, određivanje relativne gustoće, čvrstoće smicanja i deformabilnosti koherentnih i nekoherentnih tla
Oprema:	Instrumentirani šiljak i plašt, oprema za utiskivanje i oprema za komunikaciju i registrovanje/čuvanje podataka Uz otpor ispod šiljka i otpor uz plašt često mjerimo i porni tlak (CPTU test): postoje i uređaji sa mjeracima seizmičkog valovanja, parametara okoline (temperatura, pH,...)
Izvođenje:	Eurocode 7-3 (poglavlje 3), BS 1377: Part 9
Vrsta materijala:	koherentna i nekoherentna tla
Vrsta projekta:	nosivost i slijeganje plitkih temelja na nekoherentnim materijalima, nosivost plitkih temelja u koherentnim alama (nedrenirano stanje), nosivost greda, gradnja ka i nasipa, vremenski razvoj slijeganja (konsolidacija) – CPTU test likvefakcijski potencijal
Rezultati:	klasifikovanja tla, relativna gustoća, ugao smicanja, nedrenirana čvrstoća smicanja, osjetljivost, elastični modul, koeficijent konsolidacije odnosno propusnosti, slijeganja temelja, nosivost greda
Vrednovanje rezultata:	Eurocode 7-3 (poglavlje 3, dodacima B)
Standard:	Eurocode 7-3 (poglavlje 4), BS 1377: Part 9
Napomene:	Oprema mora biti odgovarajuće umjerena. Prednost ispitivanja je kontinuirani profil (dubina, vrijeme) mjerenih veličina

Sondiranje dinamičkom penetracijom

Cilj:	Vezni profil otpornosti tla protiv dinamičkog penetriranja konusa.
--------------	--

Oprema:	Konus, grede, oprema za utiskivanje (uteg na vodilici)
Izvođenje:	Eurocode 7-3 (poglavlje 6), BS 1377: Part 9
Vrsta materijala:	nekoherentna tla (uslovno koherentna tla i meke stijene)
Vrsta projekta:	nosivost i slijeganje plitkih temelja na nekoherentnim materijalima, ocjena nosivost greda u nekoherentnim materijalima, gradnja usjeka i nasipa na nekoherentnim materijalima, potencijal likvifikacije
Rezultati:	relativna gustoća, ugao smicanja, modul sakupljanja (sve na osnovu lokalno utvrđenih korelacija)
Vrednovanje rezultata:	Eurocode 7-3 (poglavlje 6, dodacima E)
Standard:	EC 7-3 (poglavlje 6), BS 1377: Part 9
Napomene:	Postoje brojne inačice opreme (oblik i veličine konusa, masa i visina pada utega). Oprema mora biti umjerena obzirom na prijenos energije u grede. Oprema mora osiguravati barem jednaku visinu pada zabijala (automatski okidač).

Mjerenje deformabilnosti presiometrom

Cilj:	Terenska mjerenja odnosa između naponima i deformacijama, dimenzionisanje plitkog i dubokog temeljenja
Oprema:	presiometarska sonda, grede, kablovi, kontrolna i mjerna jedinica, izvor tlaka
Izvođenje:	Eurocode 7-3 (poglavlje 4), NF P 94-110-1-N
Vrsta materijala:	koherentna i nekoherentna tla, meke do srednje čvrste stijene
Vrsta projekta:	nosivost i slijeganje plitkih temelja, nosivost i slijeganje greda, gradnja tunela
Rezultati:	granični tlak, presiometarski modul za opterećenje i rasterećenje, nosivost i slijeganje plitkih temelja, nosivost i slijeganje greda
Vrednovanje rezultata:	Eurocode 7-3 (poglavlje 4, dodacima C)
Standard:	Eurocode 7-3 (poglavlje 4), NF P 94-110-1-N
Napomene:	Izmjereni presiometarski modul zbog kompleksnog naponskog stanja u okolini sonde (radijalni tlak, tangencijalno natezanje) nije elastični (Youngov) modul. Broj i raspored ispitivanja sa dubine mora biti takav, da odgovara metodologiji za analizu predviđenog načina temeljenja.

Mjerenje deformabilnosti dilatometrom

Cilj:	Terenska mjerenja čvrstoće i deformabilnosti glinenih tla i tla od sitnog pijeska; mjerenja stanja napona u materijalima
Oprema:	pločasta dilatometarska sonda, grede, oprema za utiskivanje sonde, kontrolna i mjerna jedinica, izvor tlaka
Izvođenje:	Eurocode 7-3 (poglavlje 9)
Vrsta materijala:	koherentne i pješčane zemlje (postoji i cilindrični dilatometar za stijene)
Vrsta projekta:	nosivost i slijeganje plitkih temelja, nosivost i slijeganje greda, gradnja tunela
Rezultati:	stratigrafija materijala, nedrenirana čvrstoća smicanja, edometarski modul

Vrednovanje rezultata:	Eurocode 7-3 (poglavlje 9, dodatak H)
Standard:	Eurocode 7-3 (poglavlje 9)
Napomene:	

2.6.2.2 Laboratorijska ispitivanja

Detalji metoda i postupaka vidljivi su iz priloga br. 2.7.2. Rezultati geotehničkih laboratorijskih ispitivanja moraju biti navedeni u »Izveštaju o laboratorijskim istraživanjima« sa detaljno opisanim principom ispitivanja, postupkom izvedbe pojedinog ispitivanja, moraju biti navedeni mogući izvori, prema kojima se ispitivanja obavljaju i korelacije, odn. usporedba vrijednosti sa drugim klasičnim metodama.

2.6.3 OBEZBJEĐIVANJE KVALITETA IZVOĐENJA GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA

Kod izvođenja terenskih i laboratorijskih istraživanja/ispitivanja moraju biti ispunjeni osnovni zahtjevi obezbjeđivanja i kontrole kvaliteta i jednakosti izvedbe. Osnovni kriteriji u sistemu kvaliteta koje izvođač terenskih i laboratorijskih ispitivanja mora ispunjavati, su sljedeći:

1. Jasno mora biti određena linija vođenja projekta geotehničkih istraživanja i odgovornosti svih pojedinih izvođača u projektu istraživanja.
2. Istraživanja mogu izvoditi samo odgovarajuće osposobljeni kadrovi.
3. Kod izvođenja istraživanja može se koristiti samo tehničko besprijekorna oprema, koja ispunjava zahtjeve referentnih standarda i propisa.
4. Sva mjerna oprema mora biti umjerena i redovito kontrolisana kod za to ovlaštene institucije.
5. Podaci o opremi, tehničkim karakteristikama opreme, potvrde o umjeravanjima i uputstva za rad sa opremom moraju biti dostupni i na raspolaganje Naručiocu, ako isti to traži.
6. Za sva istraživanja, kako terenska tako i laboratorijska, treba voditi Zapisnike o istraživanju. Obavezan sadržaj zapisnika u pravilu je određen sa relevantnim standardima, odn. uputama za rad. Svi zapisnici moraju biti tekuće ispunjavani i pohranjivani u originalnom obliku u okviru dokumentacije o istraživanjima.
7. Svi zapisi moraju biti vođeni i pohranjivani na način, da je iz njih moguće bez sumnje preuzeti podatke o izvođaču istraživanja, o cjelokupnom tijeku istraživanja, o mogućim smetnjama i vanjskim faktorima, koji mogu uticati na rezultat i podatke o tome, da li se je istraživanje izvodilo u skladu sa zahtjevima standarda.
8. Istraživanja se može izvoditi samo u takvim vremenskim uslovima, odn. laboratorijskim uslovima, da isti ne utiču na rezultat istraživanja. Iz radnih zapisnika moraju biti jasno vidljivi podaci o vremenskim uslovima i temperaturi prilikom izvođenja terenskih istraživanja, odn. podaci o mikroklimi u laboratoriju prilikom izvođenja laboratorijskih ispitivanja.
9. Svako terensko ili laboratorijsko istraživanje mora imati tačan identifikacioni broj, koji omogućava praćenje cjelokupnog radnog postupka od početka do kraja.
10. Kada naručioc tako traži svi uzorci moraju biti šifrovani.

2.7 DODATAK

2.7.1 ISTRAŽNO BUŠENJE

2.7.1.1 Ciljevi bušenja

Ciljevi bušenja za istraživanje tla i/ili stijene su:

- dobivanje uzoraka tla za vizuelni (geološki i geotehnički) popis i klasifikovanje i laboratorijska ispitivanja za identifikaciju i klasifikovanje
- dobivanje uzoraka tla za laboratorijska ispitivanja geotehničkih karakteristika
- određivanje nivoa podzemnih voda
- priprema bušotina za mjerenja u bušotini i
- priprema bušotina za ugradnju opreme za promatranje.

2.7.1.2 Tehnologije bušenja

Najčešći način bušenja kod geotehničkih istraživanja je rotaciono bušenje sa alatima za vađenje uzoraka različitih dužina. Taj tip bušenja je relativno brzo i široko upotrebljiv.

Rijeđe se kod geotehničkog istraživanja upotrebljava bušenje sa nabijanjem. Spomenuto bušenje se upotrebljava jedino za pliće bušotine i u slučaju koherentnih tla. Dobivanje uzorka je brzo i jednostavno.

Kod geotehničkih istraživanja, gdje se javlja čvrsta stijenska masa i u slučajevima gdje je potrebno intaktno uzorkovanje (tuneli, zasjeci, usjeci), se upotrebljava tako zvano „strukturno bušenje“. U tehnološkom pogledu se radi o rotacionom bušenju sa wire-line ili više-stijenskim alatom za vađenje uzorka uz upotrebu isplake. Dobiveni uzorak je vrhunskog kvaliteta. Slabost strukturnog bušenja je u dugotrajnosti bušenja, što utica na cijenu, koja je obično dvostruko viša od cijene klasičnog rotacionog bušenja.

Osim spomenutog se za geotehnička istraživanja upotrebljavaju i sistemi bez dobivanja jezgre sa rotacionima i udarno-rotacionim dlijetima. Navedeni način bušenja se upotrebljava u slučaju poznatog geološkog sastava i služi za ugrađivanje cijevi inklinometara i piezometara. Prednost bušenja je u brzini i time niski cijeni. Taj način bušenja omogućava i orijentaciono određivanje geološkog sastava tla.

2.7.1.3 Oprema za dobivanje uzoraka

Uzorke je moguće dobiti prilikom svakog bušenja, dok kvalitet uzoraka i njihova upotrebljivost ovisi o tehnologiji bušenja i opremi za uzimanje uzoraka. Za istraživanja tla u pravilu se upotrebljavaju uzorci, dobiveni sa cilindrima ili alatima za vađenje jezgre.

Cilindri sa tankim stijenama

Cilindri sa tankim stijenama su cilindri od tankih cijevi sa glatkom (obrađenom) unutarnjom materijalom. Na donjem dijelu imaju cipelu sa rezačem, a dijele se na otvorene cilindre i cilindre sa batom. Oblikovani su na način, da je oštećenje stijene kod uzimanja što manje.

Dimenzije su standardizirane i najbolje je upotrebljavati iste standarde kao i za laboratorijska istraživanja.

Uzorci se uzimanju sa dna bušotine na način, da se cilindar sa statičkom silom, t.j. bez trzaja, utisne u stijenu. Uzimanje uzoraka sa cilindrom je moguće u kombinaciji sa bilo kojom metodom bušenja. Prije uzimanja dna bušotine mora biti očišćeno, a eventualne nestabilne stijenske osigurane. Osiguranje stijenka bušotine (zaštitna kolona ili sredstvo za ispiranje) ovisi o tehnologiji bušenja i stijeni u nestabilnom dijelu.

Cilindri sa debelom stijenom

Debelostijeni cilindri su od cijevi bez posebne obrade unutarnje materijale. Na donjem kraju je cipela sa oštricom. Uzorci se uzimaju sa dna bušotine tako da se cilindar zabije u

stijenu. Bušotina mora biti izrađena isto kao i za uzimanje uzoraka sa tankostijenskim cilindrima. Kod uzorkovanja sa debelostijenim cilindrima struktura stijena u pravilu se promijeni

Alat za vađenje jezgre sa jednom stijenom

Alat za vađenje jezgre sa jednom stijenom je cijev sa hvatačem jezgre, krunom i glavom. Tečnost za bušenje teče između jezgre i unutarnje stijene alata za vađenje jezgre i prolazi uz unutarnju stijenu krune. Jezgra je izložena eroziji tečnosti za bušenje i mehaničkim učincima rotacije alata za vađenje jezgre.

Alat za vađenje jezgre sa dvije stijene

Alat za vađenje jezgre sa dvije stijene ima dvije koncentrične cijevi, hvatač jezgre, krunu i glavu. Alati za vađenje jezgre sa dvije stijene se dijele na:

- alat za vađenje jezgre sa rotirajućom unutarnjom cijevi i
- alat za vađenje jezgre sa nerotirajućom unutarnjom cijevi.

Kod prvih unutarnja cijev rotira zajedno sa vanjskom, dok kod ostalih ne rotira. Tečnost za bušenje teče između obje cijevi i izlazi kroz kanale u kruni. Kod alata za vađenje jezgra sa rotirajućom unutarnjom cijevi jezgra je zaštićena od erozije tečnosti za bušenje, a kod nerotirajućih unutarnjih cijevi i protiv mehaničkih učinaka pri rotaciji alata za vađenje jezgre. Za istraživanja tla u pravilu se koriste alati za vađenje jezgre sa nerotirajućom unutarnjom cijevi.

Alat za vađenje jezgre sa tri stijene

Alati za vađenje jezgre sa tri stijene su analogni alatima za vađenje jezgre sa dvije stijene time da imaju u unutarnjoj cijevi uložak (cilindar) za jezgru, t.j. treću cijev. Uložak predstavlja zaštitu jezgre i služi kao ambalaža kod skladištenja i transporta. Ulošci su u pravilu od prozirne plastike kako bi bio omogućen pregled jezgre da se spriječi mogućnost bilo kakve promjene.

Alat za vađenje jezgre sa gumenom cijevi

Alati za vađenje jezgre sa gumenom cijevi analogni su alatima za vađenje jezgre sa dvije stijene time da imaju na posebnom tuljku još mekanu i elastičnu cijev. Cijev se napne oko jezgre odmah kada ista uđe u alat za vađenje jezgre. Cijev se produžuje na način da se skine sa tuljca. Elastična cijev, napeta oko jezgre obezbjeđuje da su komadi jezgre u jednakom međusobnom položaju kao što su bili prilikom ulaska u alat za vađenje jezgre.

Alat za vađenje jezgre Denison

Denisonov alat za vađenje jezgre je alat za vađenje jezgre sa tri stijene sa produžetkom na unutarnjoj cijevi i ulošcima (cilindrom) za jezgru. Produžetak ima rezač, koji je ispred krune. Unutarnja cijev se utiskuje u stijenu, prije nego što na nju djeluje kruna i tečnost za bušenje. Dobivena jezgra je slična uzorku, dobivenim sa cilindrima sa tankim stijenama. U slučaju, da su u odsjeku vađenja jezgri ulošci od krutih stijena, treba prekinuti vađenje jezgre i probušiti kruti dio sa drugim alatima za vađenje jezgre.

Alat za vađenje jezgre sa unutarnjom cijevi za dodavanje

Alati za vađenje jezgre sa unutarnjom cijevi za dodavanje imaju slično kao i Denisonov alat za vađenje jezgre na unutarnjoj cijevi produžetak sa rezačem i uložak (cilindar) za jezgru. U glavi alata za vađenje jezgre je opruga koja omogućava podešavanje sile na unutarnju cijev i time pritišće nož na stijenu. Kada otpor (krutost) stijene premaši odabranu vrijednost, unutarnja cijev se pomakne u alat za vađenje jezgre i nakon prelaska u mekšu stijenu opet izađe. Kod ovih alata za vađenje jezgre nije potrebno prekidati bušenje zbog promjene krutosti stijena. Dobivena jezgra je slična uzorku, dobivenim sa cilindrima sa tankim stijenama. Poznati alati za vađenje jezgre sa unutarnjom cijevi za dodavanje su: Mazier i Triefus.

Alat za vađenje jezgre Laskay

Alat za vađenje jezgre Laskay je alat za vađenje jezgre za spiralu na šupljoj gredi. Cijev za jezgru sa cipelom i ulošcima za jezgru je na gredi u šupljoj spirali i sa rotacijom spirale se utište u stijenu. Rezač cijevi za jezgru je ispred spirale, slično kao i kod Denison alata za vađenje jezgre ispred krune. Dobivena jezgra je slična uzorku, dobivenom sa cilindrima sa tankim stijenama.

Alat za vađenje jezgre Wire-line

Wire-line alat za vađenje jezgre je alat za vađenje jezgre sa dvije stijene, čija vanjska cijev je istovremeno i greda za bušenje, a unutarnja (cijev za jezgru) ima trn i zatvarač. Zatvarač je za povezanost cijevi za jezgru sa gredom, a trn za povezanost sa čeličnom sajlom i zatvaranje zatvarača. Krana za bušenje je na gredi za bušenje. Cijev za jezgru se spušta i podiže sa čeličnom sajlom na način, da za pražnjenje alata za vađenje jezgre ne treba izvući sav pribora. Wire-line alati za vađenje jezgre primjereni su za vađenje jezgri dužih odsjeka što bitno smanjuje vrijeme za manevre.

Alati za orijentaciono vađenje jezgre

Sa alatima za vađenje jezgre za orijentaciono vađenje moguće je dobiti orijentacionu jezgru. Alati imaju »multi-shot« uređaj za mjerenje pravca. Poznata su dva sistema takvih alata za vađenje jezgre i to:

- sa noževima i
- sa gumenom cijevi.

Kod alata za vađenje jezgre sa noževima ovi izgredbu (označavaju) uzorke po dužini, što u skladu sa podacima o pravcu uzorka i položaju bušotine omogućava orijentaciju svakog komada jezgre.

Kod alata za vađenje jezgre sa gumenom cijevi ista je povezana sa uređajem za mjerenje pravca. Gumena cijev se napne oko jezgre odmah kada jezgra uđe u alat za vađenje jezgre i ne može mijenjati položaj jezgre, odnosno pojedinih komada iste u cijevi. Na osnovu poznavanja pravca gumene cijevi poznat je i pravac jezgre prilikom ulaženja u alat za vađenje jezgre i obzirom na položaj bušotine i položaj u sloju prije uzimanja.

2.7.1.4 Uzorci zemljanih materijala

Uzorci tla dijele se na: neoštećene, oštećene i miješane. Osnova za podjelu su parametri tla u uzorku u usporedbi sa parametrima na mjestu uzimanja.

Neoštećeni uzorci

Tla u neoštećenom uzorku ima jednaki sastav, strukturu, poroznost i sadržaj vode kao zemljana tla na mjestu uzimanja. Uzorak je »neoštećen«, dok se neki od navedenih parametara ne promijeni. Neoštećeni uzorci zemlje su identični uzorcima klase A prema Eurocode 7.

Neoštećene uzorke dobiva se u koherentnim materijalima i iznimno u pjeskovima. Za uzimanje u pijesku često su potrebne posebne tehnologije i oprema. Neoštećene uzorke moguće je dobiti sa:

- cilindrima sa tankim stijenama
- alatom za vađenje jezgre Denison,
- alatom za vađenje jezgre sa unutarnju cijevi za dodavanje i
- alatom za vađenje jezgre Laskay.

Cilindar ili uložak sa uzorkom treba odmah hermetički zatvoriti, te ga odgovarajuće uskladištiti. Postupanje sa uzorcima mora biti takvo, da se spriječi oštećenje stijene, to znači bez vibracija i bez bitnih promjena temperature.

Oštećeni uzorci

Zemljana tla imaju u oštećenom uzorku jednaki sastav, redosljed slojeva i sadržaj vode kao i zemljana tla na mjestu uzimanja uzorka, međutim, promijenjeni su struktura i poroznost. Na oštećenom uzorku je moguće identifikovati »in-situ« redosljed slojeva ili sastav tla. Uzorak je »oštećen«, dok se neki od navedenih parametara ne promijeni. Oštećeni uzorci tla su identični uzorcima klase B prema Eurocode 7.

Dimenzije oštećenih uzoraka ovise o cilju ispitivanja, odnosno o potrebnoj količini uzoraka. U pravilu bi promjer uzorka trebao biti 5 do 10 puta veći od promjera maksimalnog zrna u tlu, iz kojeg se uzorak uzima. Oštećene uzorke zemljanih tla moguće je dobiti sa:

- - cilindrima sa debelim stijenama (zabijanje)
- - dvo i trostijenim alatima za vađenje jezgre
- - alatima za vađenje jezgre sa gumenom cijevi
- - Wire-line alatima za vađenje jezgre i
- - cijevima (bušenje zabijanjem)

U koherentnim zemljanim materijalima, a prije svega u glinama, moguće je dobiti oštećene uzorke i jednostijenim alatima za vađenje jezgre i bušenjem na »suvo« t. j. bez tečnosti za bušenje. Kod takvih uzoraka spoljni je dio jezgre jako oštećen, a može biti i osušen.

Kod pražnjenja opreme uzorke treba obezbjediti kako ne bi došlo do dodatnog oštećenja stijene, miješanja uzorka ili promjene dužine. Dijelove uzorka, predviđene za ispitivanja, kod čega je važan sadržaj vode, treba hermetički zatvoriti, najbolje sa parafiniranjem.

Kod bušenja sa alatima za vađenje jezgre u pravilu je potrebna 100 % količina jezgre (volumen), odnosno minimalno 80 % u svakom manevru.

Promiješani uzorci

Zemljani materijal u promiješanom uzorku ima potpuno drukčiju strukturu i drukčiji raspored slojeva i sastojke od zemljanog materijala na mjestu uzimanja. Promijenjen može biti i sadržaj vode. Iz promiješanih uzoraka nije moguće pouzdano identifikovati »in-situ« redosljed slojeva. Promiješani uzorci zemljanih materijala identični su uzorku klase C prema Eurocode 7.

Promjer bušotine za promiješane uzorke ovisi od cilja ispitivanja i potrebne količine uzorka. Promiješane uzorke je moguće dobiti sa:

- jednostijenim alatima za vađenje jezgre i bušenjem na suvo, t.j. bez tečnosti za bušenje
- spiralom (kratkom ili dugom) i/ili
- udarnim bušenjem.

2.7.1.5 Uzorci stijena

Važne geotehničke karakteristike određene stijenska mase su: stanje (raspucanost ili zdrobljenost i stanje degradacije), struktura (tekstura), čvrstoća i deformacione karakteristike. Ove karakteristike je moguće odrediti pregledom i laboratorijskim ispitivanjima odgovarajućih uzoraka.

Dobivanje uzoraka stijene ovisi o cilju ispitivanja i vrsti i stanju stijene. Uzorci stijene dijele se na neoštećene, oštećene, promiješane i orientisane. Osnova za podjelu su parametri stijene u uzorku i stijene na mjestu uzimanja.

Neoštećeni uzorci

Stijena u neoštećenom uzorku jednake je strukture i sadržaja vode kao stijena na mjestu uzimanja tako da su jednake karakteristike čvrstosti kao i deformacijske karakteristike. Neoštećeni uzorci stijene identični su uzorcima klase A prema Eurocode 7.

Iz zdrave i djelomično raspadnute i raspucane stijene moguće je dobiti neoštećene uzorke sa:

- dvo i trostijanim alatima za vađenje jezgre
- alatima za vađenje jezgre sa gumenom cijevi i
- wire-line alatima za vađenje jezgre.

U jako degradiranoj ili zdrobljenoj stijenskoj masi je osim sa navedenim alatima za vađenje jezgre neoštećene uzorke moguće dobiti i sa cilindrima.

Minimalni promjer uzorka ovisi o stanju i objektu stijene. Stijenama sa diskontinuitetima isti ne bi smeo biti manji od 76 mm.

Dijelove jezgre za neoštećene uzorke treba hermetički zatvoriti i sa njima postupati tako da ne dođe do promjena u uzorku.

Oštećeni uzorci

Stijena u oštećenom uzorku podijeljena je na pojedine komade prema glavnim diskontinuitetima, dok su udio i pojedini sastojci jednaki kao u stijeni na mjestu uzimanja. Na oštećenim uzorcima nije moguće utvrđivati parametre stijene kao cjeline, već samo parametre pojedinih komada. Na oštećenim uzorcima je moguće utvrditi glavni raspored diskontinuiteta. Oštećeni uzorci stijene su jednaki kao uzorci klase D prema Eurocode 7.

Oštećene uzorke je moguće dobiti istim metodama kao neoštećene (tč. 6.1). Iz zdravih stijena ih je moguće dobiti i sa jednostijanim alatima za vađenje jezgre, dok se iz jako raspadnutih ili zdrobljenih vade udarnim bušenjem.

Za ispitivanja kod kojih je važan sadržaj vode uzorke treba hermetički zatvoriti.

Promiješani uzorci

Stijena u promiješanom uzorku je zdrobljena i ima drukčiju strukturu od stijene na mjestu uzimanja. Iz promiješanih uzoraka je moguće utvrditi vrstu i teksturu stijene, međutim, nije moguće utvrditi diskontinuitet i granice između slojeva.

Promiješane uzorke je moguće dobiti sa:

- jednostijanim alatima za vađenje jezgre
- perkosionim bušenjem sa reversnom cirkulacijom i
- udarnim bušenjem.

Promjer bušotine za promiješane uzorke ovisi o potrebnoj količini uzoraka.

Orientisani uzorci

Uzorci ili jezgre su orijentisane ako je moguće odrediti njihov položaj u zemljanoj kori kao što su ga imali prije uzimanja. Iz orijentisanih uzoraka je moguće odrediti pravac i upad slojeva, kliznih ploha, pukotina i slično. Orijetisani uzorci su važni za određivanje geološkog objekta (strukture) na istraživanom teritoriju. Za interpretaciju potrebni su i podaci o pravcu i otklonu bušotine.

Orijentisane uzorke je moguće dobiti sa alatima za vađenje jezgre za orijentisano bušenje.

2.7.1.6 Stručna dokumentacija o bušotini

Stručna dokumentacija o bušotini za istraživanje tla obuhvaća dokumentaciju o:

- bušenju
- vizuelnim pregledima
- ispitivanjima u bušotinama
- laboratorijskim ispitivanjima za identifikaciju i klasifikovanje i
- geotehnički profil bušotine.

Dokumentaciju o bušenju vodi izvođač bušačkih radova. Dokumentacija mora sadržavati podatke o:

- lokaciji: objekt, oznaka i koordinate bušotine
- mašini za bušenje i alatu
- tečnosti za bušenje: vrsta, sastav, gustoća i viskoznost

- bušotini: promjer, dubina, zaštitne cijevi
- jezgri: interval uzimanja, % jezgre
- uzorcima: oznaka, dubina, način uzimanja
- mjerenjima u bušotini: vrste i mjesto mjerenja
- parametrima bušenja
- promatranjima između bušenja: gubitak tečnosti za bušenje, kaverne, pojave slojnih fluida i
- nivou podzemne vode, ako tehnologija bušenja to omogućava.

Parametri bušenja ovise o metodama bušenja. Kod rotacionom bušenju ti su parametri:

- opterećenje alata za bušenje
- brzina rotacije
- pritisak i protok tečnosti za bušenje i
- napredovanje bušenja.

Parametre bušenja je moguće steći samo za vrijeme bušenja i to zapisivanjem podataka iz instrumenata ili sa automatskim uređajima za registrovanje (MWD – Measurement while drilling).

Vizualne preglede jezgre, čestica i uzoraka moraju obaviti za te poslove osposobljeni radnici koji posjeduju odgovarajuća znanja iz geologije

Pri izradi geotehničkog profila bušotine treba koristiti podatke iz sve navedene dokumentacije.

2.7.2 METODE I POSTUPCI ZA IZVOĐENJE GEOMEHANIČKIH LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA

2.7.2.1 Uvod

Geomehanička laboratorijske ispitivanja se izvode sa ciljem da se njima dopune i nadgrade podaci terenskih istraživanja. Program laboratorijskih ispitivanja je plan ispitivanja kojeg zajedno izrade odgovorni nosioc ispitivanja i inženjer u geomehaničkom laboratoriju, pri čemu moraju uvažavati karakteristike tla i objekata s jedne strane i kvaliteta – klasu uzoraka i adekvatnosti uzorka za izvođenje pojedinih ispitivanja s druge strane.

2.7.2.2 Glavne grupe ispitivanja

Laboratorijska ispitivanja se obzirom na plan i parametre, koji ih određuju, dijele na slijedeće glavne zaokružene grupe ispitivanja:

Ispitivanja za klasifikovanje i identifikaciju zemljanih materijala

Sa tim istraživanjima određujemo osnovne, tzv. elementarne ili indeksne karakteristike materijala, na osnovu kojih se može tačno opisati zemljani materijal ili stijena i na taj ih se način može učiniti prepoznatljivima korisniku. U tu grupu spada određivanje slijedećih parametara:

- vlažnost,
- volumenska težina,
- volumenska težina bez pora i šupljina,
- zrnatost strukture
- Atterbergove granice plastičnosti,
- druga specijalna ispitivanja, npr. osjetljivost za smrzavanje, indeks gustoće

Kemijska ispitivanja zemljanih materijala i podzemne vode

I ova ispitivanja spadaju u grupu klasifikovanih ispitivanja. Sa njima utvrđujemo karakteristike zemlje, koja bi mogla zbog svoje kemijske strukture uzrokovati nepoželjne učinke na betonu, čeliku ili na samu zemljanu materijalu kada ista predstavlja osnovno tlo za objekt ili je iz nje izrađen zemljani objekt. Među najkarakterističnija kemijska

ispitivanja, koja se vrše u geomehanici kod gradnje kolnika spada određivanje slijedećih parametara:

- sadržaj organskih tvari, karbonata i sulfata
- PH vrijednost,
- sadržaj hlorida,
- druga specijalna ispitivanja, npr. kationska izmjena, plavi test metilom i sl.

Ispitivanja stišljivosti i bubrenja zemljanih materijala

To su ispitivanja pomoću kojih određujemo stišljivost, bubrenje i opasnosti od pojava kolapsa uzorka tla u edometrija, gdje je testirani uzorak bočno ograničen a opterećenje se vrši vertikalno, prema stepenima i uz istovremeno omogućeno dreniranje vode u vertikalnom pravcu.

Cilj ispitivanja stišljivosti je određivanje deformacionih i konsolidacionih karakteristika tla i time ponašanja tla u uvjetima opterećivanja i rasterećivanja.

Cilj ispitivanja za određivanje kolapsa zbog bubrenja je ocjena kompresijskih parametara nesaturisanog tla i procjena dodatnih volumenskih promjena, do kojih dolazi prilikom saturiranja.

Ispitivanja parametara čvrstoće zemljanih materijala

To su ispitivanja sa kojima se određuje nedrenirana čvrstoća smicanja, efektivni parametri čvrstoće tla i porni tlaci za potrebe ocjene nosivosti i stabilnosti tla. Među najčešće korištene metode ispitivanja spadaju pored indeksnih opita (džepni penetrometar, laboratorijska krilna sonda, laboratorijski konus, jednoaksijalni opit pri nesprečenom bočnom širenju, nekonsolidisani, nedrenirani kompresioni opit):

- opit direktnog smicanja i
- opit triaksijalne kompresije.

Ispitivanja propusnost zemljanih materijala

Sa tim istraživanjima određujemo koeficijent propusnosti tla za potrebe ocjene zoka vode u tlu, za potrebe ocjene dotoka vode u građevinske jame ili za proračune vremenskog razvoja konsolidacije. Među najčešćim metodama ispitivanja su opiti u u permametri sa konstantnim ili padajućim pritiskom vode

Ispitivanja zgušnjavanja, odn. ugradivosti prirodnih materijala

Sa tim istraživanjima ocijenimo sposobnost zemljanog i stijenskog materijala za mehanička zgušnjavanja i karakteristike tla u zgusnutom stanju. Kada su karakteristike tla takve da mehaničko zgušnjavanje ni moguće, standardnim se metodama pridruže metode sa kojima istražujemo sposobnosti poboljšanja zemljanih tla sa aditivima – anorganskim ili organskim vezivima. Među najčešće korištene postupke ispitivanja spadaju:

- Određivanje optimalne vlažnosti i maksimalne gustoće prema Proctoru,
- Određivanje CBR indeksa nosivosti,
- Određivanje optimalne vlažnosti sa cementom ili drugim vezivima stabiliziranih zemljanih materijala,
- Određivanje tlačne čvrstoće sa cementom ili drugim vezivima stabiliziranih zemljanih materijala
- Određivanje vremenske otpornosti zemljanih materijala

Druga geomehanička laboratorijske ispitivanja zemljanih materijala

Među posebna geomehanička laboratorijske ispitivanja spadaju i ispitivanja koja nisu obuhvaćena u gore prikazanim opisima i sa kojima opisujemo karakteristike zemljanih tla sa specifičnim karakteristikama, kao što su npr. rastresita tla, jednolično graduiran pijesak, prekonsolidovane čvrste gline, dijatomejske zemlje ili karakteristike i ponašanje zemljanih tla u kombinacijama sa ostalim materijalima. U takvim slučajevima je odabir i

izvođenje postupka prepušten odluci geotehničkog projektanta, dok mora biti sam postupak detaljno opisan i dokumentisan.

Ispitivanja za identifikaciju i klasifikaciju stijena

Namjera: identifikacija i opis stijenskog materijala na osnovu mineraloškog sastava, geneze, strukture, sklonosti trošenju i osnovnih karakteristika (vlažnost, volumenska težina,...). Opis se može vršiti na uzorcima prirodne stijene sa jezgre bušotina ili drugog izvora ili na stijenskoj masi na terenu. Pre uzorkovanja je potrebno stijensku masu (prezentiranu u bušotini ili na terenu) zonirati u pojedine »kvazihomogene« zone i za iste odrediti karakterističke inženjerskogeološke parametre kao npr. RQD.

Ispitivanja stišljivosti i bubrenja stijena

Cilj ispitivanja stišljivosti je određivanje deformacionih i konsolidacionih karakteristika stijenske mase i time ponašanja tla u uvjetima opterećivanja i rasterećivanja.

Za potrebe projektovanja dubokih usjeka ili tunela je potrebno izvoditi opite za identifikovanje, potvrdu i kvantifikovanje eventualnih pojava bubrenja. Ispitivanja se obavlja u sklopu standardnih ili modifikovanih opita stišljivosti.

Ispitivanja za određivanje parametara čvrstoće stijena

Među najčešće korištene metode ispitivanja spadaju:

- Monoaksijalni opit deformabilnosti
- Point load test
- Direktno smicanje
- Brazilski opit
- Triaksijalni opit

2.7.2.3 Klase kvalitete uzoraka

Uzorci zemljanih materijala, koji su namijenjeni laboratorijskim istraživanjima, raspoređeni su u pet (5) kvalitativnih klasa obzirom na to koliko su njihove karakteristike ostale nepromijenjene. Klasa kvaliteta uzoraka i adekvatnost uzoraka za laboratorijske ispitivanja prikazani su u donjoj tabeli (prema Eurocode 7, dio 2):

Karakteristika tla/Klasa kvaliteta	1	2	3	4	5
<i>Nepromijenjene karakteristike zemljanih materijala</i>					
Veličina zrna	+	+	+	+	
Sadržaj vode	+	+	+		
Gustoća, relativna gustoća, propusnost	+	+			
Stezanje, čvrstoća smicanja	+				
<i>Karakteristike koje možemo odrediti</i>					
Redosljed slojeva	+	+	+	+	+
Granice između slojeva, grubo	+	+	+	+	
Granice između slojeva, detaljno	+	+			
Atterbergove granice, vol.težina zrna, sadržaj organskih tvari,	+	+	+	+	
Vlažnost	+				
Stišljivost, posmična čvrstoća					

2.7.2.4 Metode i postupci za izvođenje laboratorijskih ispitivanja

Radni postupci i oprema za izvođenje geomehaničkih laboratorijskih ispitivanja propisani su sa nacionalnim standardima i različitim preporukama, odn. smjericama. U pravilu se različiti nacionalni standardi međusobno nešto razlikuju što može uticati i na rezultate ispitivanja. Eurocode 7 se oslanja na britanske, BS standarde, ali ne u svemu.

U Izvještaju o laboratorijskim istraživanjima treba obavezno navesti metodu prema kojoj

je istraživanje izvršeno. Kada se istraživanje izvodi tačno prema propisanoj metodi, nije potrebno opisivanje ispitivanja. Kada je kod izvođenja ispitivanja došlo do odstupanja od standardnog postupka ili je istraživanje izvršeno postupkom koji nije općenito prihvaćen, treba precizno opisati način izvođenja ispitivanja.

U tabeli u nastavku je prikazan pregled standarda koji propisuju postupke laboratorijskih ispitivanja. U tabeli su kao upotrebljivi još uvijek navedeni i oni JUS standardi koji omogućuju izvođenje jednakih i sa suvremenim europskim standardima još usporedivim postupcima ispitivanja. Gdje JUS standarda nema ili su potpuno neprimjereni, u tabeli su navedeni standardi prema kojima se preporuča izvođenje laboratorijskih pretraga.

Tabela: Popis standardnih metoda za izvođenje glavnih laboratorijskih ispitivanja zemljanih materijala

Zap. br.	Oznaka standarda (potpuna ili djelomična, tačke, poglavlja) ili oznaka nestandardne metode ispitivanja	Naslov standardne ili nestandardne metode ispitivanja i eventualne veze sa drugim standardima ili metodama	Kalibracija opreme*	Napomene
1	JUS U.B1.001/90	Klasifikovanje zemljanih materijala		
2	JUS U.B1.003/90	Terenska identifikacija zemljanih materijala		
3	JUS U.B1.010/79	Uzimanje uzoraka zemljanih tla		
4	JUS U.B1.012/1980-02-21	Određivanje vlažnosti uzorka tla	DA vage, peći	
5	JUS U.B1.014/88	Određivanje volumenske mase tla bez pora	DA Vage, Peći Piknometari	
6	JUS U.B1.016/1-VII-1968	Određivanje volumenske težine tla	DA Vage, Peći, Cilindari	Izotopna sonda prema ASTM
7	JUS U.B1.018 / 1980-07-30	Određivanje granulometrijske strukture sa areometrisanjem sa Andreasenovom pipetom	DA Vage, Peći, Sita	
8	JUS U.B1.020 / 1980-07-30	Određivanje konsistencije zemljanih tla	DA Vage, peći, zdjelica Penetrometar	
9	DIN 18132 / Dezember 1995	Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens (Određivanje upijanje vode zemljanih tla) (determination of the water absorption)	DA Vage Peći Temperatura	
10	JUS B.B8.039 / 1982-08-07	Približno određivanje zagađenosti organskim materijama (Determination of organic impurities. Colorimetric method)		
11	BS 1377 / 1990 Part 3 tačka 3	Soils for civil engineering purposes Part 3. Chemical and electrochemical tests Determination of the		

Zap. br.	Oznaka standarda (potpuna ili djelomična, tačke, poglavlja) ili oznaka nestandardne metode ispitivanja	Naslov standardne ili nestandardne metode ispitivanja i eventualne veze sa drugim standardima ili metodama	Kalibracija opreme*	Napomene
		organic matter content		
12	BS 1377 / 1990 Part 3 tačka 9	Soils for civil engineering purposes Part 3. Chemical and electrochemical tests Determination of the pH value	Pufarne otopine	
13	BS 1377 / 1990 Part 3 tačka 6.3	Soils for civil engineering purposes Part 3. Chemical and electrochemical tests Determination of the carbonate content		
14	JUS U.B1.022/68	Određivanje promjene zapremine tla		SE NE IZVODI
15	JUS U.B1.024/68	Određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materijala u tlu	DA Vage, Peči	
16	JUS U.B1.026/68	Određivanje sadržaja karbonata u tlu		
17	JUS U.B1.028 / 1-I-1970	Ispitivanje direktnog smicanja u tlu	DA Dinamometar Mikrometar	BS standard ne poznaje nedreniranog ispitivanja.
18	JUS U.B1.029/71	Ispitivanje smicanja u triaksialnom aparatu		Nije upotrebljiv, odgovara BS
19	BS 1377 / 1990 Part 7 tačka 7 tačka 8 Part 8 tačka 7 tačka 8	Soils for civil engineering purposes Part 7. Shear strength tests (total stress) Determination of the unconfined compressive strength Determination of the undrained shear strength i triaxial compression without measurement of pore pressure (definitive method) Part 8. Shear strength tests (effective stress) Consolidatet-undrained triaxial compression test with measurement of pore pressure Consolidatet-drained triaxial compression test with measurement of volume change	DA Volumenometri Mjerači pomaka Mjerači tlaka	
		Soils for civil engineering	DA	

Zap. br.	Oznaka standarda (potpuna ili djelomična, tačke, poglavlja) ili oznaka nestandardne metode ispitivanja	Naslov standardne ili nestandardne metode ispitivanja i eventualne veze sa drugim standardima ili metodama	Kalibracija opreme*	Napomene
20	BS 1377 / 1990 Part 7 tačka 6	purposes Part 7. Shear strength tests (total stress) Determination of residual strength using the small ring shear apparatus	Dinamometari, Mikrometari, Prijenosni omjeri	
21	JUS U.B1.030 / 1-VII-1968	Određivanje pritiscne čvrstoće u tlu (Determination of compressive strength of a soil)	DA Dinamometri Mikrometari	Što prije preći na BS
22	JUS U.B1.032 / 1-I-1970	Određivanje stezanja u tlu (Determination of the one-dimensional consolidation properties)	DA Prijenosni omjeri Mikrometri	PAŽNJA ! Oprez kod ispitivanja stišljivosti. Što prije preći na BS
23	BS 1377, PART 5, PART 6	ISPITIVANJA SKUPLJANJA I BUBRENJA MORALI BI USKLADITI SA BS	DA	
24	JUS U.B1.034 / 1-I-1970	Određivanje koeficijenta vodopropusnosti	DA Kapilare, Volumometri	PAŽNJA! VODOPROPUSNOST u EDOMETRU NIJE PREMA STANDARDU I VIŠE JE NEMA U BS. Što prije preći na BS
	JUS U.B1.036/68	Određivanje kapilarnog podizanja	DA kapilare	U SLOVENIJI SE NE IZVODI IAKO BI SE MORALO
26	JUS U.B1.038/68	Određivanje optimalne vlažnosti prema Proctorju		NEUPOTREBLJIV, zamjenjuje DIN
27	DIN 18127 / Februar 1993	Versuche und Versuchsgeräte (Proctorversuch) (Proctora provjera) (Determination of maximum dry density and optimum moisture content)		
28	JUS U.B1.042 / 1-I-1970	Određivanje kalifornijskog indeksa nosivosti (Determination of the California Bearing Ratio) Određivanje CBR vrijednosti u laboratoriju Određivanje CBR vrijednosti za nosive slojeve kolničkih konstrukcija za koje je propisana zbijenost 95 %, od optimalne zbijenosti prema modifikovanom Proktorovom opitu	DA Dinamometri, Mikrometri	PAŽNJA ! VIDI DIN 18127

Zap. br.	Oznaka standarda (potpuna ili djelomična, tačke, poglavlja) ili oznaka nestandardne metode ispitivanja	Naslov standardne ili nestandardne metode ispitivanja i eventualne veze sa drugim standardima ili metodama	Kalibracija opreme*	Napomene
29	JUS U.B1.044 / 69	Određivanje kapilarne vodopropusnosti i kapilarnog dizanja		NE IZVODI SE
32	JUS U.B1.048 / 1-VII-1969	Određivanje optimalnog sadržaja vode cementom stabilizovanog tla (Determination of optimal water content of a soil stabilized by cement)		PAŽNJA! VIDI DIN 18127
33	JUS U.B1.050 / 69	Određivanje otpornosti cementom stabilizovanog tla prema mrazu		NEADEKVATAN

Obavezna je kalibracija opreme. Uz obavezne početne kalibracije potreban je i periodični pregled i kontrola mjerila. Obim kontrole mjerila i opreme, kojeg određuje Eurocode 7, obiman je i znači veliki finansijski teret za male komercijalne laboratorije.

Do prijema odgovarajućeg BS standarda preporučujemo slijedeću minimalnu učestalost kontrole mjerila:

Vage: svake 2 godine

Dinamometri i el. mjerači sile: svake 2 godine

Mikrometri: početna, zatim vlastita svakih 6 mjeseci sa etalomom

Elektronski mjerači pomaka: svake 2 godine

Volumenometri: vlastita kontrola, svakih 6 mjeseci

Sušare: početna, zatim vlastita kontrola, svakih 6 mjeseci sa kalibriranim termometrom

Klasifikovanje i opisivanje uzoraka

Opis uzoraka i klasifikovanje zemlje osnovni su podaci laboratorijskih pretraga kojima se nadograđuju terenski opisi jezgri bušotina. Pri opisivanju uzoraka treba koristiti podatke obavljenih ispitivanja i zaključke makroskopskog pregleda.

Glavni opis uzorka obuhvata podatke:

Primjer:

Vrsta tla: Dobro graduisan šljunak, zaobljen

Stanje gustoće i konsistencije: Srednje gusto

Boja: Siva

Pomoćni opis obuhvata:

Važna opažanja: Zrna do 30 mm

Sastav zrna: Zrna od kvarcnog pješčara

Druge posebnosti: Zrna vidljivo isprana, glatka

Opis se može dopuniti i sa drugim podacima ako su isti važni za razmatrani materijal. Pri opisivanju zemljanih tla je potrebno izbjegavati specijalne nazive koji su inače poželjni kod drugih grana geo-nauke, npr. deluvijalni šljunak, argilitna glina isl.

2.7.3 IZVJEŠTAVANJE O GEOTEHNIČKIM ISTRAŽIVANJIMA

2.7.3.1 Općenito

U ovom dodatku navedeni su zahtjevi glede izvještavanja o pojedinim geotehničkim ispitivanjima. Prikazani su uzorci formulara za upisivanje važnih podataka za vrijeme ispitivanja.

Osnovni podaci koje treba navesti za svako istraživanje, su sljedeći:

- naziv poduzeća koje izvodi istraživanje
- naziv lokacije (gradilišta)
- broj pod kojim se vode istraživački radovi (radni nalog, br. ugovora,...)
- oznaka bušotine, sonde
- vrsta ispitivanja sa referencijom korištenog standarda
- datum ispitivanja
- koordinate bušotine (sonde)
- kote terena
- metoda bušenja i promjer bušotine (za ispitivanja koja se izvode u bušotinama)
- podaci o kalibraciji opreme (datum i broj certifikata, kalibracijske konstante)
- sva odstupanja od standardnog postupka, napomene operatera
- ime i potpis operatera *i rukovodioca istraživačkih radova*

2.7.3.2 Uzimanje uzoraka

Za svaki uzorak treba u duplikatu ispuniti donji obrazac. Jedan primjerak prilaže se uz uzorak dok se drugi spremi kao referencija za primjer oštećenja originala. Uz to treba uz uzorak priložiti još i jedan ili više listova sa brojem uzorka (ovisno od načina čuvanja, rukovanja i transporta, da se pouzdano sačuva barem jedna oznaka).

Prema donjem predlogu istraživačko preduzeće može izraditi blokove sa numerisanim listovima (duplikati imaju isti broj). Isprekidana linija označava mjesto perforacije.

<i>Br. 0001</i>	
PODACI O UZORKU	Br. 0001
Lokacija (gradilište).....	
Datum:.....Tip	
uzorka:.....	
Bušotina:.....Dubina:.....	Br. 0001
Br. uzorka:.....	
Napomena:	
	Br. 0001
Ime i potpis:	

2.7.4 SADRŽAJ GEOTEHNIČKOG ELABORATA

2.7.4.1 GEOTEHNIČKI ELABORAT ZA IDEJNI (GLAVNI) PROJEKT PUTA

SVESKA 1 – ELABORAT ZA TRASU:

1. UVOD

2. VRSTE I OBIM ISTRAŽNIH RADOVA

2.1. Pregled ranije izvedenih istraživanja

2.2. Istraživanja za projekt puta.

2.2.1. Terenska istraživanja

2.2.2. Laboratorijska ispitivanja

3. PRIKAZ OSNOVNIH REZULTATA ISTRAŽIVANJA

3.1. Geomorfološke karakteristike terena

3.2. Geološka građa terena

3.2.1. Litostratigrafski sastav

3.2.2. Tektonski sklop

3.3. Hidrogeološke karakteristike terena

3.4. Rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika uzoraka tla i stena sa prognozom svojstava stenskih masa u klopnu terena

3.5. Savremeni geološki procesi i pojave (klizišta, odroni, erozija idr.)

3.6. Seizmičnost terena

4. ANALIZA GEOTEHNIČKIH USLOVA ZA TRASU

4.1.1. Opis trase sa rejoniranjem i geotehničkim modelima za svaki rejon

4.2. Izbor parametara za geotehničke proračune

4.3. Uslovi izvođenja useka i zaseka

4.4. Uslovi izvođenja nasipa

4.5. Specifični problemi trase (zaštita od površinske i podzemne vode, deonice na malo nosivom tlu, na nestabilnom terenu)

4.6. Upotrebljivost lokalnih materijala

5. ZAKLJUČCI

6. PROGRAM ISTRAŽIVANJA ZA SLEDEĆU FAZU PROJEKTOVANJA

7. OSNOVNI GRAFIČKI PRILOZI:

- Geološka i inženjerskogeološka karta
- Pudužni inženjerskogeološki profil duž trase
- Karakteristični poprečni profili (obavezno na lokacijama svih useka i nasipa, svih klizišta i malonosivih tla)
- Rezultati laboratorijskih ispitivanja, terenskih mjerenja, bušenja, geofizičkih ispitivanja i sl.

SVESKA 2 – ELABORAT ZA MOST (MOSTOVE):

1. UVOD

2. VRSTE I OBIM ISTRAŽNIH RADOVA

3. PRIKAZ OSNOVNIH REZULTATA ISTRAŽIVANJA NA LOKACIJI MOSTA

3.1. Osnovne geološke karakteristike terena

3.2. Hidrogeološke karakteristike terena

3.3. Fizičko-mehanička svojstva tla i stena i izbor parametra za proračune

3.4. Savremeni geološki procesi – stabilnost terena

3.5. Parametri seizmičnosti za lokaciju mosta

4. ANALIZA GEOTEHNIČKIH USLOVA GRAĐENJA MOSTA

4.1. Osnovne konstruktivne karakteristike mosta

4.2. Geotehnički modeli terena na lokaciji – izbor načina fundiranja

4.3. Uslovi iskopa temeljnih jama

4.4. Stabilnost objekta

4.5. Specifični problemi trase (zaštita od površinske i podzemne vode, deonice na malo nosivom tlu, na nesatbilnom terenu)

4.6. Proračun sleganja

4.7. Preporuke za zaštitu i osmatranje objekta

5. ZAKLJUČCI

6. PROGRAM ISTRAŽIVANJA ZA SLEDEĆU FAZU PROJEKTOVANJA

7. PROGRAM OSMATRANJA TOKOM GRADNJE I U EKSPLOATACIJI

SVESKA 3 – ELABORAT ZA TUNEL (TUNELE):

1. UVOD

2. VRSTE I OBIM ISTRAŽNIH RADOVA U PODRUČJU TUNELA

3. PRIKAZ OSNOVNIH REZULTATA ISTRAŽIVANJA NA PODRUČJU TUNELA

3.1. Osnovne geološke karakteristike terena

3.2. Tektonski sklop, ispucalost, parametri ispucalosti

3.3. Hidrogeološke karakteristike terena

3.4. Fizičko-mehanička svojstva tla/stenskih masa i izbor paerametra za proračune

3.5. Savremeni geološki procesi – stabilnost terena

3.6. Parametri seizmičnosti za lokaciju tunela

4. ANALIZA GEOTEHNIČKIH USLOVA GRAĐENJA MOSTA

4.1. Prognozni profil terena duž trase sa geotehničkim zoniranjem

4.2. Geotehnička klasifikacija stenskih masa

4.3. Analiza uslova građenja po geotehničkim zonama

4.3.1. Uslovi iskopa

4.3.2. Razrada profila – fazni iskop tunela

4.3.3. Privremena stabilnost iskopa (analiza kinematskih mogućnosti pojave lokalnih blokova, naponsko-deformacijska analiza iskopa bez podgrađe i sa primarnom podgrađom)

4.3.4. Trajna stabilnost tunela

4.3.5. Prognoza dotoka podzemnih voda i predlog načina zaštite

4.3.6. Prognoza pojave štetnih gasova i predlog načina zaštite

4.3.7. Analiza uslova građenja portala i preduseka

4.4. Mogućnost korišćenja materiala is iskopa i upotrebljivost lokalnih materiala za gradnju tunela

4.5. Uticaj izgradnje na okolni teren i objekte (uticaj vibracija od miniranja i rada mašina, promene režima podzemnih voda, sleganje površine terena, uslovi deponovanja materiala iz iskopa)

5. ZAKLJUČCI

6. PROGRAM ISTRAŽIVANJA ZA SLEDEĆU FAZU PROJEKTOVANJA

7. PROGRAM KARTIRANJA I MERENJA TOKOM GRADNJE I U EKSPLOATACIJI