

# **SMJERNICE ZA PROJEKTOVANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I NADZOR NA PUTEVIMA**

**Knjiga I: PROJEKTOVANJE**

**Dio 3: PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA NA PUTEVIMA**

**PROJEKTANTSKA SMJERNICA (PS 1.3.5)**

**Poglavlje 5: OBJEKTI U POKRIVENIM USJECIMA I  
GALERIJE**



## U V O D

Objekti (građevine) u pokrivenim usjecima i galerije su armirano betonske inžinjerske konstrukcije izgrađene sa namjerom da štite trup puta u dubokim usjecima, koji se po izgradnji konstrukcije zatravljaju ili da štite trup puta u prirodnim ili vještačkim zasjecima.

Projektovanje i izgradnja ovih objekata nastaje u usjecima dubine 10-30 m kada su ti usjeci za trup puta samostalni objekti ili predusjedi na ulazima u tunele sa blagim nagibom ulazne kosine. Razlozi za izgradnju konstrukcije u usjeku mogu biti slaba geološka građa tla, teško i skupo uspostavljanje stabilnosti kosina usjeka i skupo održavanje. Duboki usjeci zahtjevaju širok pojas terena i prestavljaju vještačku duboku prepreku za prirodno kretanje ljudi i životinja na tom prostoru. Duboki usjeci su gruba intervencija u prirodni ambijent.

Na ulaznim dijelovima tunela sa blagim nagibom u geološko slabim tlima objekti u dubokim usjecima omogućuju da dosegnemo nadsloj nad kalotom tunela dovoljne debljine, koji zavisno od geološke građe tla, omogućuje iskop za tunelsku cijev i betoniranje obloge po poznatim metodama tunelogradnje.

Galerije su inžinjerske konstrukcije koje štite sigurnost i stabilnost saobraćaja na putu i trup puta od zasipanja materijalom sa prirodnih ili vještačkih kosina ili od zasipanja snjegom u planinskim predjelima. Vanjska površina galerija je potpuno ili djelimično otvorena radi prirodne rasvjete i ozračenja i boljih uslova eksploatacije.

**S A D R Ž A J**

1. PREDMET PROJEKTANTSKE SMJERNICE .....	5
2. REFERENTNI NORMATIVI .....	5
3. TUMAČENJE IZRAZA .....	6
4. KONCEPCIJE I PROJEKTOVANJE OBJEKATA U POKRIVENIM USJECIMA I GALERIJA.....	6
4.1    Uvod .....	6
4.2    Podloge za projektovanje objekata u pokrivenim usjecima i galerija.....	6
4.3    Geotehnička zahtjevnost lokacije objekta .....	7
4.4    Projektovanje objekata u pokrivenim usjecima i galerija.....	8
4.5    Geostatična analiza objektov u pokrivenim usjecima i galerija.....	8
4.6    Slobodni profili u pokrivenim usjecima i galerijama .....	9
5. OBJEKTI U POKRIVENIM USJECIMA NA PORTALIMA ILI CIJELOJ DUŽINI KRATKIH TUNELA .....	10
6. KRATKI TUNELI SA MALIM NADSLOJEM IZVEDENI U DUBOKIM USJECIMA U POVOLJNIM GEOLOŠKIM USLOVIMA.....	12
7. ARMIRANO BETONSKE KONSTRUKCIJE U PLITKIM USJECIMA .....	13
8. ARMIRANO BETONSKE KONSTRUKCIJE U DUBOKIM USJECIMA .....	16
9. KONSTRUKCIJE ZA ZAŠTITU PRIRODNIH ILI VJEŠTAČKIH KOSINA ZASJEKA - GALERIJE	18

## 1. PREDMET PROJEKTANTSKE SMJERNICE

Smjernica je namjenjena učesnicima u planiranju projektovanju i održavanju puteva i inžinjerskih konstrukcija na putevima.

Smjernica ima za cilj da analizira i ukaže na morfološke i geološke karakteristike terena, uslove zaštite prirodnog ambijenta, ljudi i životinja te načine osiguranja stabilnosti trupa puta i zaštite saobraćaja na putu.

Inžinjerske konstrukcije u dubokim pokrivenim usjecima i galerije su relativno noviji objekti koji nastaju na putevima višega ranga koji se grade u brdovitim ili planinskim predjelima.

U literaturi koja je nama poznata i dostupna ne postoje udžbenici, priručnici ili smjernice koje cijelovito obrađuju predmet naše smjernice. Smjernica za objekte u otvorenim iskopima i galerije se zasniva na iskustvima i saznanjima projektovanja u Sloveniji u poslednjih desetak godina i na nekim podacima iz stručnih članaka.

U poglavlju 4 Koncepcija i projektovanje objekata u pokrivenim usjecima i galerija data je konceptualna podjela u pet skupina sa smjernicama za projektovanje.

U poglavlju 5 su obrađeni primjeri specifičnih a.b. konstrukcija na ulaznim portalnim djelovima tunela u teškim i specifičnim geološko morfološkim uslovima.

U poglavlju 6 su date smjernice za projektovanje i građenje kratkih tunela sa nedovoljnom visinom nadsloja, koji se grade u dubokim usjecima i po izgradnji zasipaju materijalom iz iskopa.

U poglavlju 7 su obrađene smjernice za armirano betonske konstrukcije u plitkim usjecima koje mogu imati višestruku namjenu (zaštita prirode, prolazi ispod postojećih saobraćajnih površina itd.).

U poglavlju 8 su pokazani primjeri djelimičnih ili cijelovitih prekrivanja dubokih usjeka sa smjernicama za projektovanje i građenje.

Poglavlje 9 obrađuje konstrukcije – galerije za zaštitu prirodnih i vještačkih kosina zasječka od zasipanja puta i ugrožavanja saobraćaja.

Izgradnja inžinjerskih konstrukcija u otvorenim iskopima i njihovo zatrpanjanje kao

i izgradnja galerija imaju neke specifičnosti koje su smjernicama obrađene.

Nadzor u toku izgradnje i održavanja ovih konstrukcija ima sličnosti sa mostovima i drugim inžinjerskim konstrukcijama pa u ovoj smjernici nisu ponovno obrađeni.

## 2. REFERENTNI NORMATIVI

Projektovanje i građenje armirano betonskih konstrukcija izgrađenih u otvorenim iskopima i galerija temelji na odredbama različitih pravilnika, propisa i standarda slično kao i kod armirano betonskih mostova i drugih inžinjerskih konstrukcija:

- Pravilnik o tehničkim normativima za određivanje veličine opterećenja na mostovima od 4.1.1991 godine;
- Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata, Službeni list SFRJ br. 15-195/90;
- Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton pripremljen sa prirodnim i vještačkim lakis agregatima, Službeni list SFRJ, br. 15-296/90;
- Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje, proizvodnju i izvođenje konstrukcija od prefabrikovanih elemenata iz nearmiranog i armiranog betona, Službeni list SFRJ br. 14-146/89;
- Pravilnik o jugoslovenskim standardima za drvene konstrukcije, Službeni list SFRJ br. 48-497/84;
- Pravilnik o tehničkim normativima za čelične žice i užad za prednapenjanje konstrukcija, Službeni list SFRJ br. 41-530/85 i 21-276/88;
- Pravilnik o jugoslovenskim standardima za osnove projektovanja građevinskih konstrukcija, Službeni list SFRJ, br. 49-667/88;
- EN 1990:2002 Eurocode 0 Osnove projektovanja konstrukcija;
- PrEN 1991 Eurocode 1 Uticaji na konstrukcije;
- PRen 1992 Eurocode 2 Projektovanje betonskih konstrukcija;
- prDEN 1997 Eurocode 7 Geotehničko projektovanje;
- EN 1537:2002 Izvođenje posebnih geotehničkih radova – Geotehnička sidra;
- EN 206-1:2003 Beton – 1. dio – Specifikacija, osobine, proizvodnja i skladnost;
- Projektantska smjernica 1.2.1 Opšta smjernica za objekte na cestama (mostovi);
- Projektantska smjernica 1.2.9 Spojnice na betonskim konstrukcijama;

- Projektantska smjernica 1.3.1 duboko temeljenje na šipovima i bunarima;
- Projektantska smjernica 1.3.3 Gravitacioni zidovi;
- Projektantska smjernica 1.3.4 Sidrene potporne zidove i konstrukcije.

### 3. TUMAČENJE IZRAZA

**Objekti u pokrivenim usjecima** su inženjerske konstrukcije koje se grade da štite trup puta u usjecima koji se po izgradnji objekta zatrpa materijalom iz iskopa.

**Galerije** su inženjerske konstrukcije koje štite trup puta i saobraćaj od zatrpanja materijalom ili snjegom sa prirodnih ili vještačkih kosina zasjeka.

**Tuneli** su zatvoreni objekti koji služe za prolaz saobraćajnice kroz brdo sa iskopom u objektu površine cijevi.

**Portali** su ulazni i izlazni dijelovi objekta oblikovani skladno sa morfološko geološkim uslovima lokacije i prelaza sa ceste na objekat.

**Duboki usjek** je usjek za trup puta dubine veće od 10 m u prirodno ravnom ili kosom terenu odozgo prema dole sa istovremenom zaštitom.

**Zasip-nasip** sa bočnih strana i nad gornjom pločom ili svodom a.b. konstrukcije izgrađene u usjeku je zemljani ili kameniti materijal iskapan u useku koji se nasipa u slojevima uz propisno zbijanje.

**Odvodnju objekata** čine odvodnja površinske vode, odvodnja podzemnih voda i odvodnja vozne površine.

**Zaštita kosina usjeka** su sve tehničke mjere koje imaju za cilj da osiguraju prirodnu stabilnost kosina usjeka do izgradnje objekta i zasipanja.

**Kampada** je dio konstrukcije objekta između dva radna ili dilataciona spoja.

## 4. KONCEPCIJE I PROJEKTOVANJE OBJEKATA U POKRIVENIM USJECIMA I GALERIJA

### 4.1 Uvod

Da bi se investitor i projektant opredjelili za projektovanje i izgradnju objekata u pokrivenim usjecima ili galerija postoji više razloga koji se mogu razvrstati u pet skupina.

- Ako su ulazni – portalni dijelovi tunela locirani na blagim padinama sa slabom geološkom građom, tada je potrebno posebnim projektima sa specifičnim rješenjima omogućiti konstruktivno i tehnološko sigurnu izgradnju.
- Izgradnja kratkih tunela sa nedovoljnom visinom nadsloja može biti ekonomičnija ako se primjeni postupak iskopa usjeka, izgradnja jedne ili dvije tunelske cjevi i zatrpanje tunelskih cjevi po izgradnji sa materijalom iz iskopa.
- Izgradnja armirano betonskih konstrukcija u relativno plitkim usjecima sa ciljem da prolaz ceste ili autoceste najmanje poremeti i prekine urbanizirani (izgrađeni) ili prirodni (ruralni) prostor (ambijent).
- Prekrivanje dijelova dubokih usjeka i izgradnja armirano betonskih konstrukcija sa nasipom nad njima sa ciljem da se umanje posljedice prekida terena i omogući kontinuitet prirode i kretanja ljudi i životinja.
- Za zaštitu trupa puta i saobraćaja na putu od aktivnog ili potencijalnog zatrpanja sa materijalom iz prirodnih ili vještačkih kosina zasjeka planiraju se, projektuju i grade specifične armirano betonske ili čelične konstrukcije koje nazivamo **galerije**.

### 4.2 Podloge za projektovanje objekata u pokrivenim usjecima i galerija

Osnovu za projektovanje objekata u pokrivenim usjecima i galerija, slično kao i kod mostova, prestavlja cjelina geodetskih, geološko-geomehaničkih, hidroloških, vodoprivrednih, putnih, saobraćajnih, meteoroloških, prostorskih i urbanističkih podataka lokacije za čitavo uticajno područje obrađivanog objekta i podloge za zaštitu prirodnog ili izgrađenog ambijenta

Za projektovanje objekata u pokrivenim usjecima i galerija posebno su važne geološko-geomehaničke podloge koje su obrađene u posebnim smjernicama.

Prije projektovanja investitor mora pripremiti projektni zadatak u kome su navedeni razpoloživi podaci, geotehničke kategorije, podaci koje mora pribaviti projektant i drugi uslovi za projektovanje i izradu objekta.

Prikladnost, pouzdanost i ekonomičnost projektnog rješenja neposredno zavisi od znanja, iskustva i sposobljenosti projektanta, tačnosti i razumjevanja terenskih podataka, koje mogu pribaviti samo ovlašteni stručnjaci za pojedina područja u stalnoj saradnji sa projektantom, koji mora imati određeno znanje i iskustva iz svih gore navedenih interdisciplinarnih područja sa naglaskom na geologiju, geomehaniku i građevinske konstrukcije.

Detaljniji prikaz podloga za projektovanje je obrađen u poglavju 4 Opšte smjernice za projektovanje objekata na cestama (mostova) PS 1.2.1.

#### **4.3 Geotehnička zahtjevnost lokacije objekta**

Kategorija geotehničke zahtjevnosti je značajna za određivanje obsega istraživanja, ocjenu prikladnosti konstrukcije i predviđene tehnologije izvođenja, procjenu troškova, izbor projektanata i izvođača objekata. Zahtjevnost zavisi od stepena rizika pri izvođenju radova, vrste tla te posljedica, grešaka kod projektovanja i izvođenja.

Kategorija geotehničke zahtjevnosti mora se odrediti prije početka projektovanja. U slijedećim fazama investiranog procesa može se promijeniti najviše za jednu kategoriju.

Eurocode 7: Geotehničko projektovanje predviđa tri kategorije geotehničke zahtjevnosti:

##### **4.3.1 Geotehnička kategorija 1**

U prvu geotehničku kategoriju ubrajaju se male i jednostavne konstrukcije kada iskopi u plitkim stabilnim usjecima ne ugrožavaju stabilnost kosina usjeka dodatnih deformacija i prekoračenja graničnih stanja susjednih objekata, infrastrukture, pojave globalne nestabilnosti padine itd.

Kategorizacija potpornih konstrukcija u prvu kategoriju dozvoljava se samo kada za stvarna temeljna tla postoje dokumentovana iskustva, koja dokazuju da su potrebni postupci za projektovanje i izvođenje predviđenih radova toliko jednostavni da se dozvoljava upotreba iskustvenih metoda.

U ovu kategoriju ne mogu se uvrstiti iskopi usjeka i objekti u zonama aktivnih, mirujućih i potencijalnih klizišta.

##### **4.3.2 Geotehnička kategorija 2**

U drugu geotehničku kategoriju ubrajaju se konstrukcije kod kojih nisu prisutni veliki rizici, izuzetno veliki i zahtjevni geotehnički uslovi i primjeri opterećenja.

Objekti konstrukcije, uvrštane u ovu kategoriju zahtjevaju tačnost u priklupljanju kvalitativnih i kvantitativnih geotehničkih podataka i rezultata geotehničkih analiza. Za uvrštavanje ovih specifičnih objekata u višu geotehničku kategoriju većinom su presudni geotehnički, a manje konstrukcijski razlozi.

U ovu kategoriju ubrajaju se konstrukcije u usjecima dubine 15-20 m sa sidrima ili bez njih na ravninskim ili padinskim lokacijama bez izrazitih diskontinuiteta na kojima nema aktivnih, mirujućih, fosilnih i potencijalnih klizišta većih dimenzija i dubina iznad 5 m. Za dokazivanje stabilnosti i graničnih stanja upotrebljavaju se odgovarajući standardni postupci i računski programi.

##### **4.3.3 Geotehnička kategorija 3**

U geotehničko najzahtjevnu kategoriju konstrukcija spadaju projekti, koji prestavljaju objekte sa izrazito velikim rizikom i posebnim zahtjevima. Ova kategorija najčešće se primjenjuje u izrazito teškim terenskim i geološko-geomehanskim prilikama.

Kod raspoređivanja objekata u ovu kategoriju mora se uzeti u obzir:

- rizike povezane sa ugroženošću sigurnosti ljudi i života,
- rizike povezane sa velikim privrednim posljedicama,
- rizike radi smanjenja pouzdanosti geološko geomehaničkih projektnih podataka,
- rizike povezane sa pouzdanosti projektog rješenja kada pouzdanost konstrukcije zavisi od djelovanja drenažnih sistema i kada se pouzdanost rješenja ne može u potpunosti dokazati sa geomehaničkim analizama i proračunima,
- rizike radi izrazitog stepena seizmičke ugroženosti.

U poređenju sa 1. in 2. kategorijom, objekti iz 3. kategorije se razlikuju po obimu, kvalitetu i kvantitetu ispitivanja te po primjenjenim metodama za geotehničke analize kao što su nelinearne i vremenski zavisne računske modelle, te sa osmatranjem izgradnje i sa sprovodenjem unaprijed planiranih mjera.

Kod konstrukcija, koje su uključene u najvišu kategoriju geotehničke zahtjevnosti treba organizovati praćenje (monitoring) konstrukcije i tla u uticajnom području u toku i nakon završetka radova.

#### **4.4 Projektovanje objekata u pokrivenim usjecima i galerija**

Investitor skupa sa projektantom učestvuje u programiranju, izradi i interpretaciji podloga za projektovanje prilagođenih fazi projekta. Zavisno od prirode objekta ističemo posebnau važnost geološko-geomehaničkih podloga.

Projektna dokumentacija za objekte u pokrivenim usjecima i galerije obuhvata isto kao i kod mostova:

- idejne dispozicije
- idejni projekt (IP)
- projekt za dobivanje građevinske dozvole (PGD)
- projekt za licitaciju – raspis (PZR)
- projekt za izvođenje (izgradnju) (PZI).

Idejna dispozicija definira bistvene dispozicione karakteristike namjeravane izgradnje u više varijanti.

Idejni projekti su osnovni nacrti na osnovu kojih je investitoru omogućeno donošenje odluke za prihvatanje najbolje varijante objekta koji namjerava graditi.

Projekat za dobivanje građevinske dozvole (PGD) je sistematično uređen sadržaj takvih nacrta, na osnovi kojih nadležni organ može donijeti odluku o izdavanju građevinske dozvole.

Projekat za licitaciju – raspis (PZR) je sistematično uređen sadržaj na osnovu kojih ponuđač može ponuditi realnu cijenu i rok a investitor može odabrati najpovoljnijeg izvođača.

Projekat za izvođenje (PZI) je projekt dopunjeno sa detaljnim (armaturnim, kablovskim i radioničkim) nacrtima i nacrtima opreme objekata na osnovu kojih se mogu izvoditi radovi prema uslovima iz građevinske dozvole.

Za objekte u pokrivenim usjecima i galerije isto kao i za mostove i druge inženjerske konstrukcije izrađuje se tehnička dokumentacija koju čine:

- projekt izvedenih radova (PIR),
- projekt za održavanje i eksploraciju (PO).

Projekat izvedenih radova (PIR) je projekt za izvođenje dopunjeno sa prikazom svih radova na eventualnim promjenama u svim dijelovima projekta za izvođenje koje su nastale u toku izgradnje.

Projekat za održavanje i eksploraciju je skup materijala, nacrta i teksta u obliku garancija, potvrda, sadržaja, šema, upustava i dr. Koji omogućava pravilnu eksploraciju i održavanje izgrađenog objekta.

#### **4.5 Geostatična analiza objektov u pokrivenim usjecima i galerija.**

Geostatička analiza armirano betonskih konstrukcija u pokrivenim usjecima i galerija je vrlo specifična i zavisi od oblika i dimenzija konstrukcija, odnosa konstrukcije prema morfologiji prirodnog ili uveštačkog terena, geološko geotehničkih osobina terena i tehnologije i faza izgradnje.

Dokaz pouzdanosti konstrukcije je samostalni dio sadržaja idejnog projekta i projekta za dobivanje građevinske dozvole.

Dokaz se oslanja na rezultate geološko-geomehanička ispitivanja geomehaničkih osobina tla, te prostorsko-urbanističke, saobraćajne, geodetske, putne, hidrološko-hidrotehničke, meteorološko-klimatske i seizmološke podatke.

Pojam pouzdanosti uključuje sigurnost, upotrebljivost i trajnost konstrukcija.

Potrebna pouzdanost konstrukcija mora se dokazati za privremene, stalne i izvanredne projektne situacije, koje nastaju u toku izgradnje i upotrebe konstrukcije.

Kod geostatičke analize konstrukcija treba obraditi slijedeće projektne situacije:

- projektna situacija početnog stanja padine, postojećih objekata i infrastrukture u uticajnom području prije izvođenja građevinskih radova;
- tehnološke projektne situacije koje mogu sadržavati: izgradnju prilaznih puteva, radnih platoa, iskope građevinskih jama i radne faze izvođenja sidrenog zida;
- projektne situacije trajne eksploracije objekta u predviđenom životnom trajanju,
- seizmičke i izvanredne projektne situacije.

Kod upotrebe zahtjevnijih mehaničkih modela tla i konstrukcija može se, sa simuliranjem pojedinih faza građenja, postepeno analizirati više projektnih situacija uz istovremeno dokazivanje svih graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti.

Po prEN 1997-1:2001 razlikuju se slijedeća granična stanja:

- gubitak globalne stabilnosti mase temeljnog tla zajedno sa potporama konstrukcije, koja prouzrokuje znatna pomjeranja tla radi djelovanja napona na smicanje, slijeganja, vibracije ili podizanja, oštećenja ili smanjenja upotrebljivosti susjednih ili postojećih objekata, saobraćajnica i druge infrastrukture;
- unutrašnje rušenje ili prekoračene deformacije pojedinih elemenata konstrukcije (STR);
- rušenje ili prekoračenje deformacija tla kod primjera kod kojih je odpornost tla odnosno stijenske mase najvažnija kod uspostavljanja potrebnih otpora (GEO);
- gubitak ravnoteže geotehničkih konstrukcija ili tla radi podizanja koga prouzrokuju pritisci vode (UPL);

Kod izbora odgovarajućih metoda za dokazivanje graničnih stanja globalne stabilnosti potrebno je uzeti u obzir: slojevitost padine, pojavljivanje i smjerove diskontinuiteta, procjeđivanja podzemne vode, porne pritiske.

Granično stanje GEO obrađuje opasnost rušenja ili prekomjernih deformacija tla kod kojih je, pri obezbjeđivanju otpora, najvažnija odpornost tla i stijenske mase.

Kod konstrukcija granično stanje GEO po pravilu obrađuje: nosivost temeljnog tla, određivanje pritiska tla (pritisaka i aktivnih otpora na konstrukcije).

Granično stanje STR obrađuje unutrašnje rušenje ili prekomjerne deformacije elementa konstrukcije zajedno sa temeljima, šipovima i zidovima kod kojih za dokazivanje nosivosti preovlađuje odpornost materijala konstrukcija.

Kod potpornih konstrukcija sa graničnim stanjem STR dokazuje se dovoljna nosivost presjeka konstruktivnih elemenata na djelovanje opterećenja zatezanja pritiska, savijanja i torzije te kombinacije navedenih uticaja.

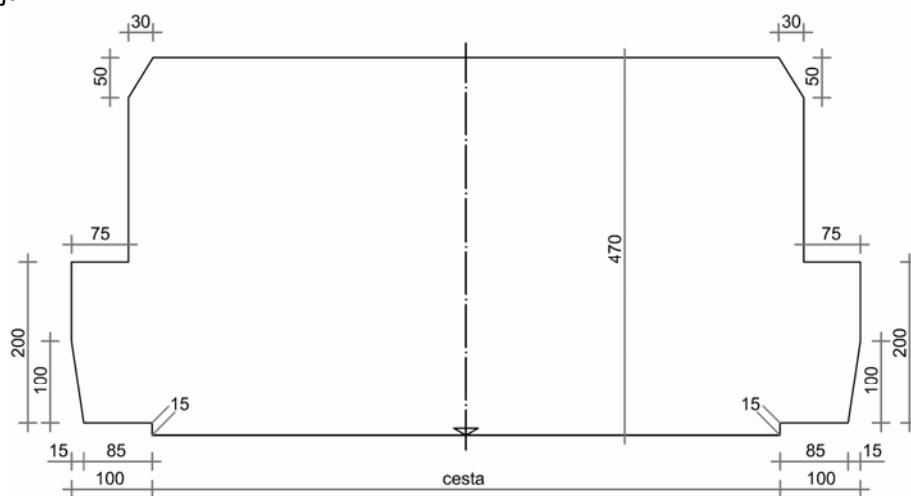
Granično stanje UPL obrađuje rušenje tla i/ili konstrukcije radi narušene ravnoteže vertikalnih sila u slučajevima kod kojih odpornost tla ima mali uticaj.

Kod AB konstrukcija u pokrivenim usjecima i galerija treba obraditi granično stanje upotrebljivosti za privremene i trajne projektne situacije. Granična stanja se, prije svega odnose, na deformacije konstrukcije i tla, te drugih objekata i infrastrukture na uticajnom području konstrukcije.

Za zahtjevnije elemente betonskih konstrukcija treba dokazati granična stanja pukotina sa posebnim utemeljenjem očekivanih događaja na nedostupnim mjestima te na području predviđenih radnih spojnica.

#### 4.6 Slobodni profili u pokrivenim usjecima i galerijama

Slobodni profil ceste u pokrivenim usjecima i galerijama je prostor iznad saobraćajnog profila i uz njega tj. saobraćajni profil uvećan za sigurnosnu visinu i širinu. Slobodni profil u pokrivenim usjecima i galerijama je identičan slobodnom profilu u tunelima i prikazan je na slici 4.1.



Slika 4.1: Slobodni profil u pokritim usjecima i galerijama

Visina slobodnog profila je 4,70. Širina je jednaka širini kolovoza sa dodatkom staza za održavanje širine 0,85 m na visini 2,0 m koji

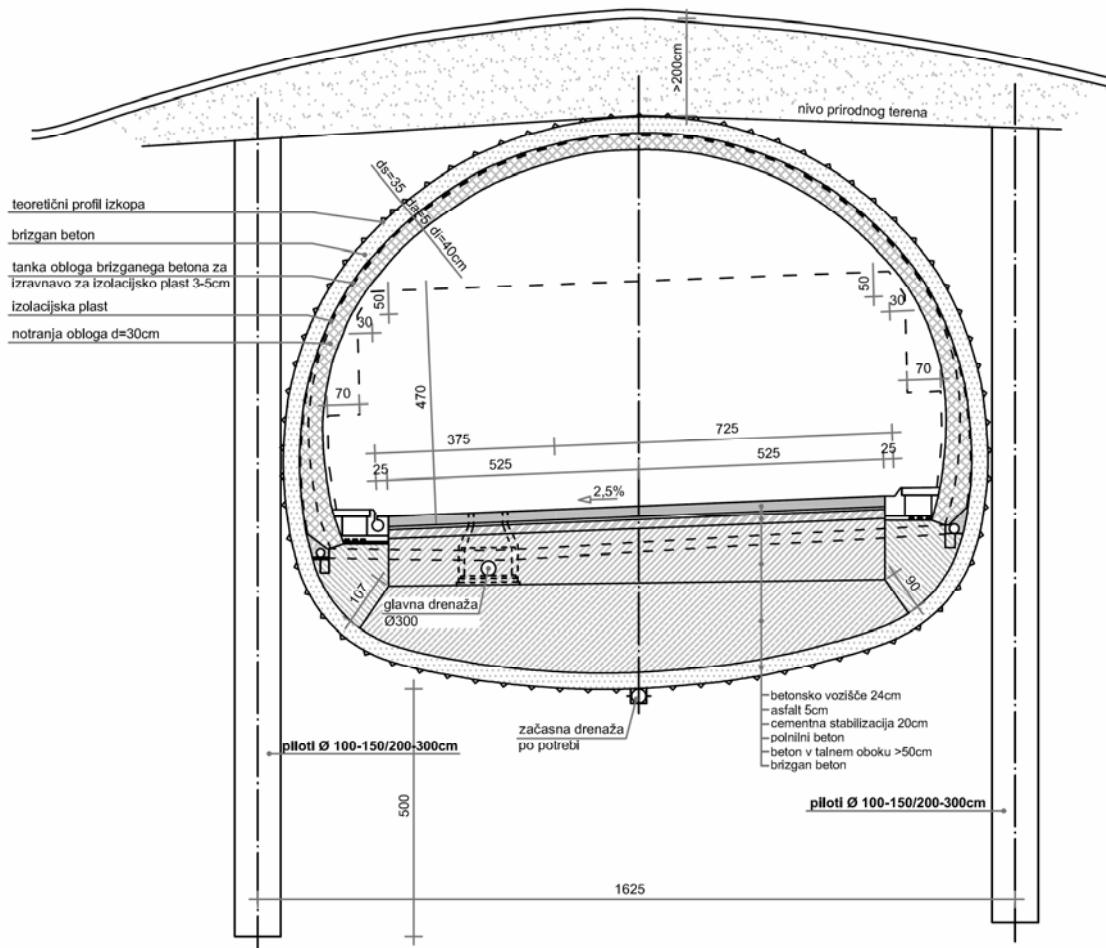
su denivelisani za 15 cm iznad kolovoza ceste.

## 5. OBJEKTI U POKRIVENIM USJECIMA NA PORTALIMA ILI CIJELOJ DUŽINI KRATKIH TUNELA

- Kada su ulazni dijelovi tunela na čeonim stranama masivnih brda koji su izgrađeni od kamenitih materijala sa tanjim površinskim slojem nevezanih materijala iskop za tunelsku cijev i betoniranje počinje odmah od portala. Projektovanje i izgradnja tunela je obrađena u posebnoj smjernici, koja samo u jednoj kratkoj tački 7.5.3 govori o objektima u pokrivenim usjecima.
- Ako su ulazni dijelovi tunela na relativno blagim padinama sa slabijom geološkom građom sa čeone ili bočnih strana tada nije moguće odmah od početka tunela vršiti iskop i graditi tunelsku cijev po tehnologiji predviđenoj za ostali dio tunela.
- Zavisno od prirodnog ili urbanog ambijenta i od geološke građe terena veliki broj usjeka posebno u kamenitim vezanim materijalima pred ulazima u tunele ostaje trajno nepokriven pod uslovom da je to prihvatljivo u pogledu zaštite prirode i

estetskog oblikovanja ceste. Kosine takvih usjeka moraju biti globalno i lokalno stabilne i zaštićene od padanja materijala na cestu i moraju biti stvoreni uslovi za njihovo održavanje.

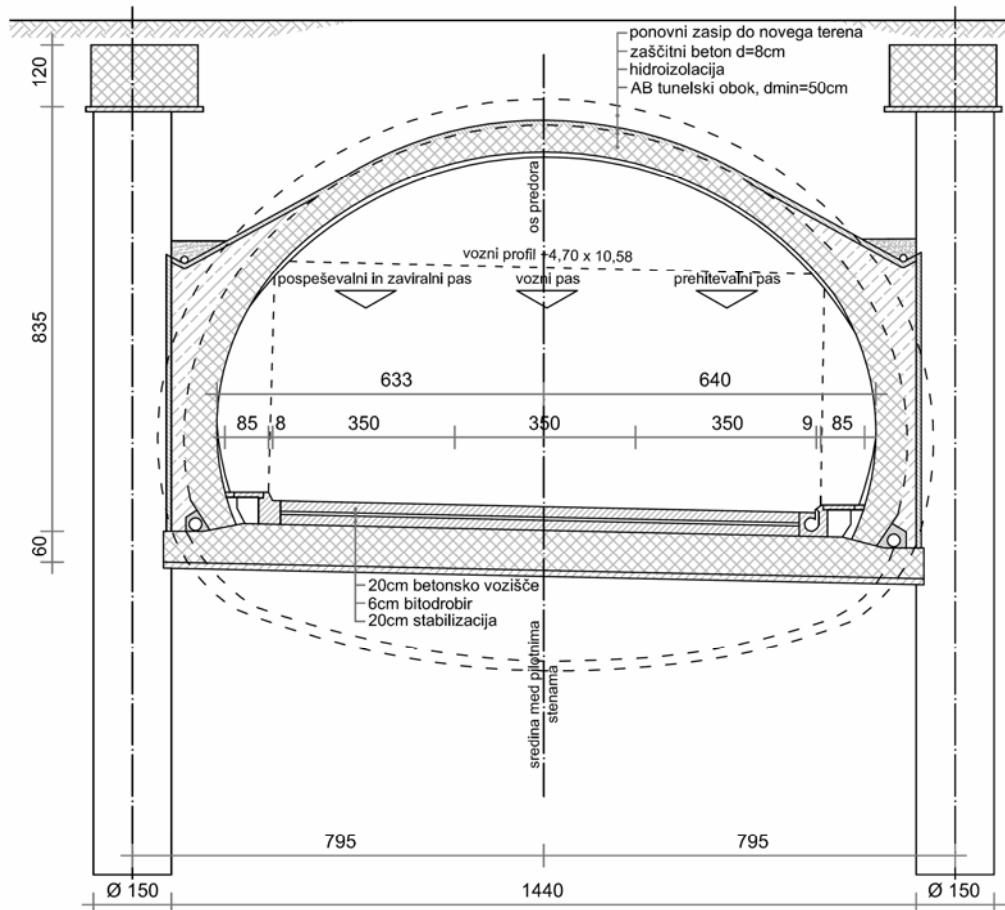
- Ako se usjeci za pristup tunelu grade u geološki slabim tlima gdje je sa potpornim zidovima teško i neekonomično a često i neizvodljivo na ručevitim tlima obezbjediti potrebnu stabilnost tada se moraju prije izrade usjeka izvesti zaštitne konstrukcije po principima gradnje metroa.
- Zaštitne konstrukcije su obično zaštitne pune ili diskontinualne armirano betonske stijene u vidu dijafragmi ili diskontinualne stijene izvedene od šipova  $\Phi 100 - \Phi 150$  sa ili bez sidranja u zaleđe ili razupiranja u vidu greda ili u vidu svodova.
- Na slici 5.1 prikazan je relativno jednostavan način zaštite usjeka za tunelsku cijev sa bušenim šipovima dijametra 100-150 cm razmaka od 2,0-3,0 m sidranih 5,0 m pod podnožnim svodom bez vezne grede i sidara na vrhu. Konzolni šipovi sidrani u tlo preuzimaju sile od potiska tla.



Slika 5.1

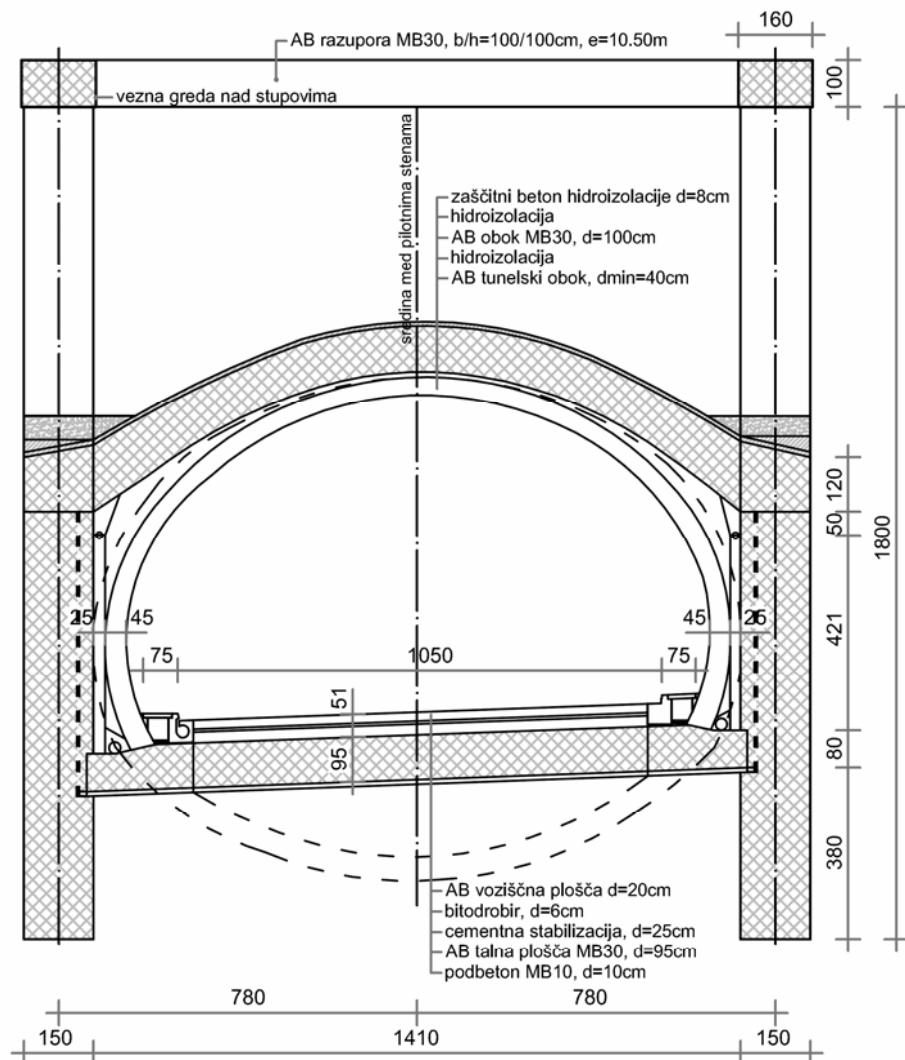
Pri dubljim usjecima u lošijim tlima sa većim potiscima kada šipovi  $\Phi 150$  (slika 5.2) nisu sposobni da preuzmu horizontalne sile bez povezivanja sa veznom gredom presjeka 150-200/120-150.

Pod zaštitom pilotnih stena vrši se iskup i izgradnja tunelske cijevi u kampadama dužine 8-10 m.



Slika 5.2

Sa povećanjem dubine usjeka posebno u geološko-geomehanički nepovoljnim uslovima povečavaju se potisci tla pa je za zaštitu iskopa za tunelsku cijev neophodno razupiranje pilotnih zidova na vrhu sa razoporama i razupiranje sa armirano betonskim svodom nad kalotom tunela. Tek po dvojnom razupiranju moguće je pristupiti tunelskom iskopu za tunelsku cijev, betoniranje podnožne razuporne ploče (ili svoda) i betoniranje unutrašnje oblogte.



Slika 5.3

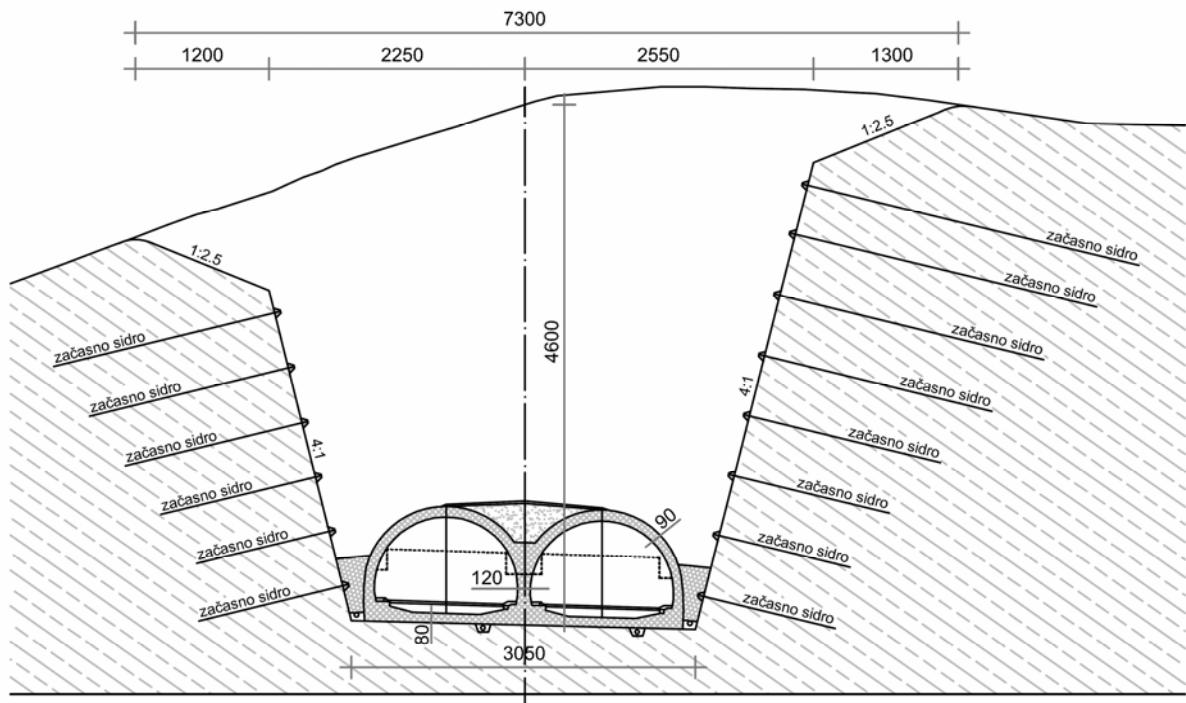
## **6. KRATKI TUNELI SA MALIM NADSLOJEM IZVEDENI U DUBOKIM USJECIMA U POVOLJNIM GEOLOŠKIM USLOVIMA**

Kod izgradnje kratkih tunela, posebno za dvocjevne tunele na autoputevima sa niveletom na dubini do 50 m od površine terena u povoljnim geološkim uslovima je često konkurentno rješenje izgradnje tunela u dubokom usjeku što je potrebno dokazati sa izradom projekta varijantnog rješenja. Na racionalnost izgradnje tunela u dubokim usjecima pored ostalog bitno utiče obim i način privremene zaštite kosina usjeka.

Iskop usjeka je stepenast po visini i dužini. Visina etaža je 6-8 m a dužina kampada 10-15 m. Povoljnim rasporedom etaža ili bez etaža i kampada moguće je smanjiti obim transporta u privremene deponije.

Izgradnja dvocjevnih tunela u dubokim usjecima na trasama autoputeva ne zahtjeva razmicanje osa cijevi za cca 40 m što je uslov pri tunelskom iskopu. Spojene cijevi omogućuju kontinuitet geometrije trase autoputa i u zonama kraćih tunela.

Na slici 6.1 je prikazan primjer izgradnje dvocjevnog tunela za autocestu u usjeku iz fliša dubine 46 m bez stepenica po visini usjeka.



Slika 6.1

## 7. ARMIRANO BETONSKE KONSTRUKCIJE U PLITKIM USJECIMA

Najčešći razlozi za izgradnju armirano betonskih konstrukcija u plitkim usjecima su:

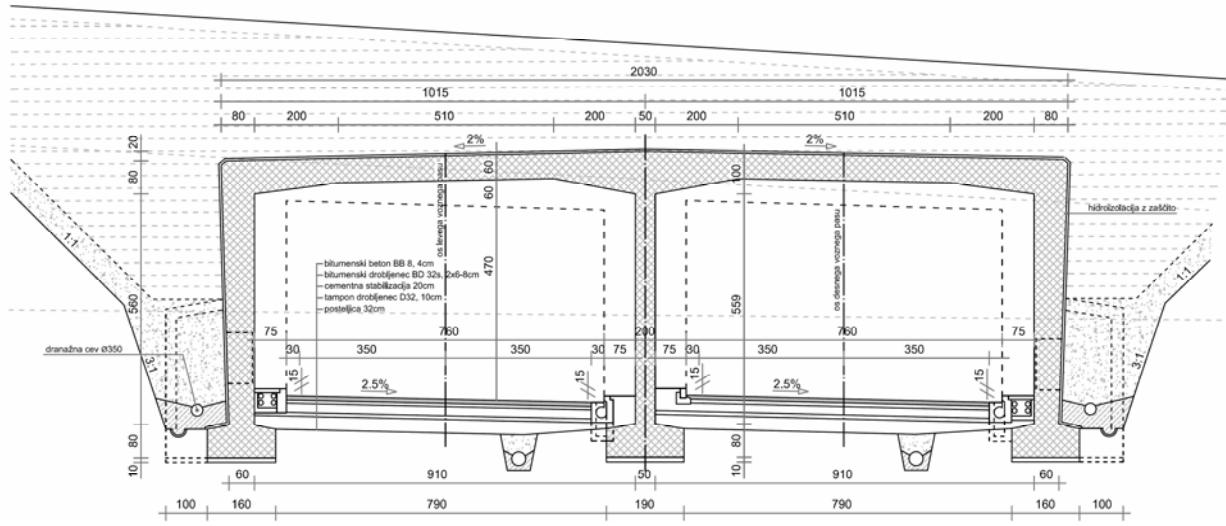
- zaštita prirodnog ili urbanog prostora i ambijenta
- prolazi i denivelisano ukrštanje, ispod postojećih ili budućih saobraćajnica
- za rješavanje stabilnosti trupa saobraćajnice u nestabilnim tlima.

Armirano betonske konstrukcije za autoputeve se koncipiraju i grade kao dvočelijske otvorene ili zatvorene okvirne konstrukcije otvora  $2 \times (10-12)/(5,50-6,50)$  m. Za ostale ceste a.b. konstrukcije su jednočelijski zatvoreni ili otvoreni okviri otvora  $(10-12)/(5,50-6,50)$  m.

Temeljenje okvirnih konstrukcija može biti na trakastim temeljima na ploči ispod cijele površine konstrukcije ili na bušenim šipovima. Način temeljenja je ovisan od geološke građe tla i od tehnologije građenja.

Pored projektovanja konstrukcije u plitkim usjecima projektom treba rješiti odvodnju – dreniranje terena izvan objekta i odvodnju kolovozne konstrukcije ceste u objektu. Obje odvodnje moraju biti povezane sa odvodnjom ceste odnosno autoseste. Za objekte veće dužine potrebno je dati i rješenje rasvjete i prometne signalizacije.

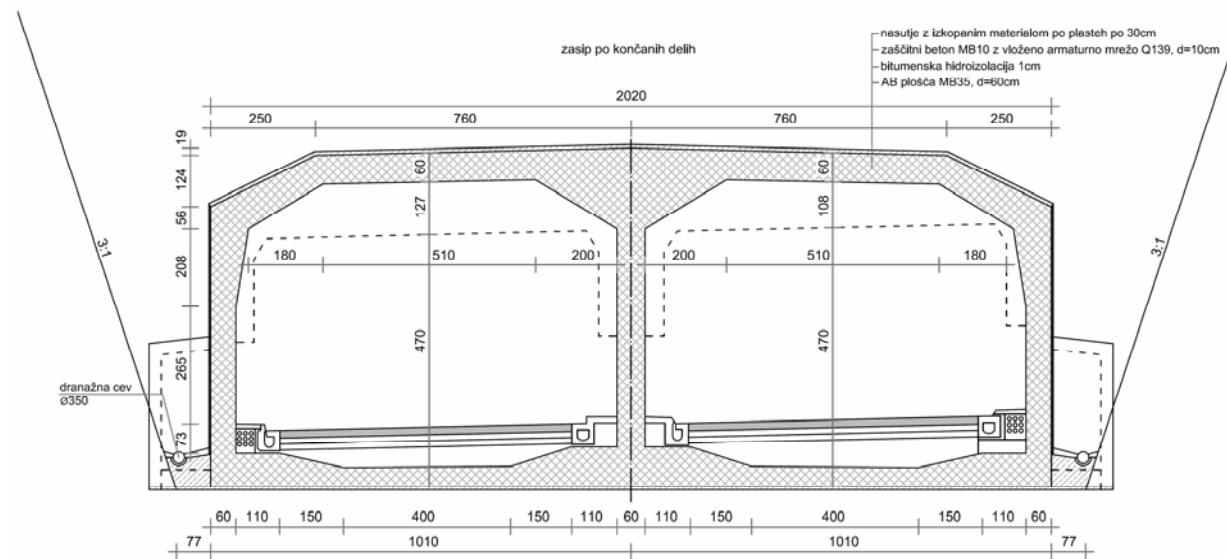
Na slici 7.1 dat je primjer poprečnog presjeka dvopoljne okvirne armirano betonske konstrukcije u usjeku dubine 8-10 m. Ravni presjeci konstrukcija sa vutama su racionalni za nasipe nad konstrukcijom visine 2-4 m. Nagibi kosina usjeka se usklađuju sa karakteristikama slojeva terena. Zatrpanjanje konstrukcije je u slojevima simetrično uz potrebno zbijanje tla mehanizacijom.



Slika 7.1

Na slici 7.2 je prikazan primjer poprečnog presjeka a.b. dvočelične zatvorene konstrukcije sa modificiranim oblikom gornje ploče i naglašenim vutama. Ovakav ili sličan tip konstrukcije je preporučljiv za usjeke dubine 10-12 m sa visinom nasipa nad konstrukcijom 4-6 m.

Po iskopu usjeka i zaštiti kosina. Konstrukcija se grade u kampadama dužine 8-12 m sa radnim spojnicama na kontaktu kampada. Vanjska površina konstrukcije se izolira. Izolacija se štiti sa slojem betona debljine 8-10 cm koji se armira sa mrežama ili sa montažnim pločama za vertikalne površine.



Slika 7.2

Na slici 7.3 je prikazan način izgradnje i konstrukcija poprečnog presjeka a.b. dvopoljne okvirne konstrukcije na kosom terenu sa nestabilnim gornjim slojevima u zasječku dubine 9-14 m. Konstrukcija ima višestruku namjenu. Trajno štiti nestabilnu padinu i omogućuje iskop usjeka (zasjeka), omogućuje uspostavu prirodnog terena i štiti obližnje naselje od buke.

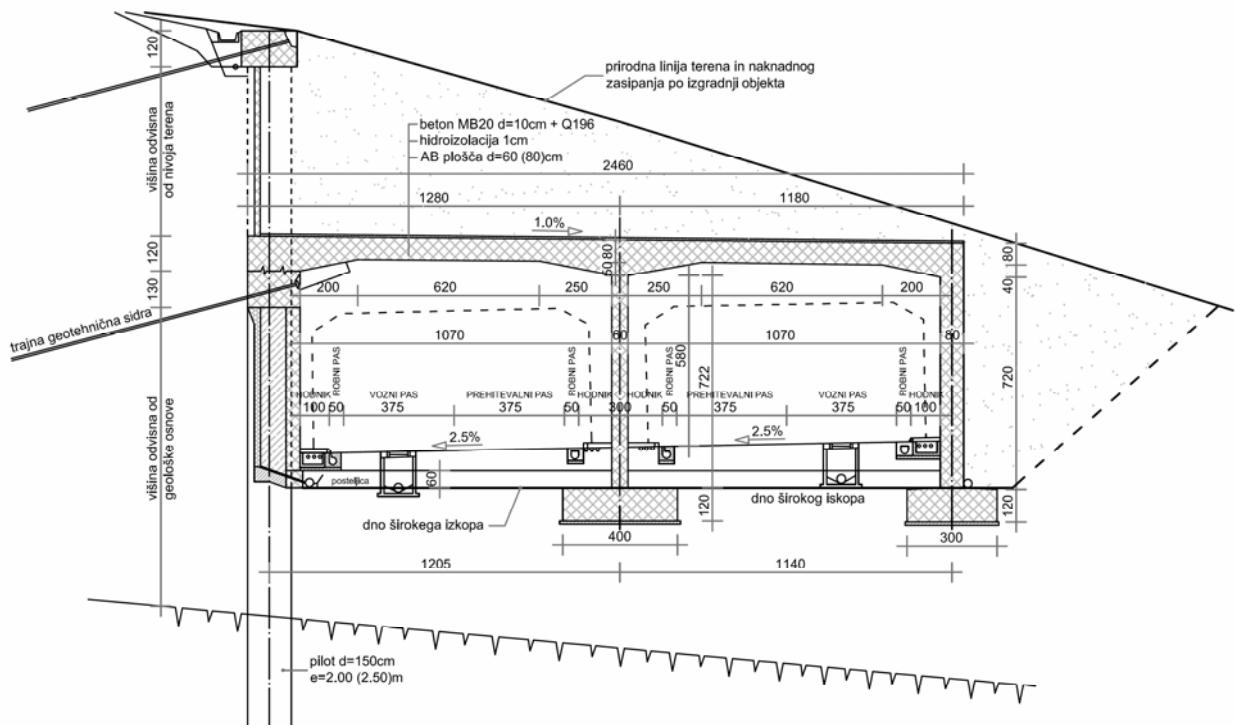
Sidrani zid od šipova  $\Phi 150$  cm na razmaku 2,0 do 2,5 m izvede se sa nivoa prirodnog terena visine do 25 m i sidra se u laporovitu geološku osnovu. Svaki drugi šip se završava pod nivoom ploče okvira, a svaki drugi na

nivou terena. Na vrhu šipova je vezna a.b. greda preko koje se zid od šipova sa trajnim geomehaničkim sidrima sidri u nosivo tlo. Konstrukcija, tehnologija izrade i postupak statičke analize detaljno su obrađeni u projektnoj smjernici 2.2.16.

Poslije pobijanja i sidrenja šipova na vrhu omogućen je širok iskop do donje ivice donje vezne grede. Po sidrenju sidrenoga zida na donjem nivou omogućen je bezbjedan široki mehanizovan iskop usjeka (zasjeka) do nivoa terena.

Konstrukcija objekta je vidljiva na slici 7.3. Okvirna konstrukcija i sidrani zid od šipova su kruto povezani u konstruktivnu cjelinu tako da zajednički osiguravaju stabilnost autoceste na nestabilnoj padini.

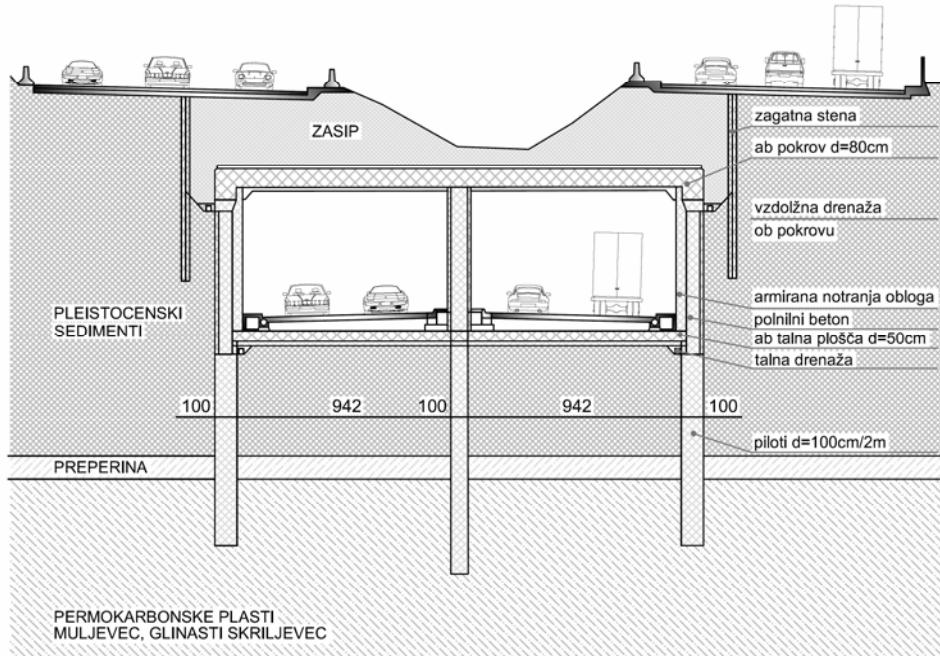
Nad izoliranim gornjom pločom izvodi se nasip od deponiranog materijala iz iskopa i teren dovodi u prvobitno prirodno stanje.



Slika 7.3

Konstruktivno tehnološka rješenja armirano betonskih konstrukcija objekata u plitkim usjecima su vrlo specifična i različita. Zavisna su prvenstveno od geološke građe terena u usjeku i od okupiranosti terena drugim saobraćajnicama ili objektima.

Na slici 7.4 je prikazan karakterističan poprečni presjek a.b. konstrukcije u usjeku dubine cca 10 m u urbaniziranom izgrađenom prostoru sa putevima na obje strane usjeka.



Slika 7.4

U teškim saobraćajnim uslovima moguće je projektovati i izgraditi a.b. okvirne konstrukcije sa dva otvora gabarita  $2 \times 9,42/6,16$  m. Zidovi okvirne konstrukcije su iz šipova  $\Phi 100$  cm na razmaku 2,00 m. Gornja ploča debljine 90 cm je betonirana na terenu poslije iskopa dubine do 4,00 m u zaštiti zagatnih stijena iz čeličnih Larsen talpi. Materijal iz otvora objekta je iskopan naknadno po principu iskopa u tunelima. Donja ploča je betonirana po završenom iskopu iz objekta. Konstruktivno je karakterističan uklješteni spoj donje i gornje ploče sa šipovima i ispunja betonom prostora između šipova.

Poslije betoniranja gornje ploče i njene izolacije izradi se nasip, vade talpe iz zagatnih stijena i uspostavlja prvobitno stanje.

## 8. ARMIRANO BETONSKE KONSTRUKCIJE U DUBOKIM USJECIMA

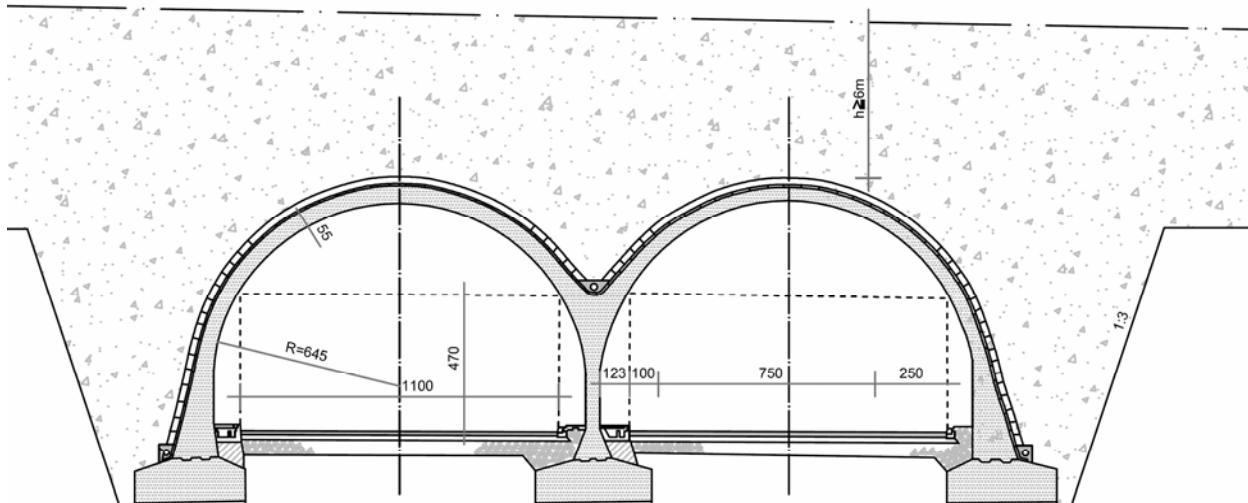
Razlozi za izgradnju objekata na dijelovima ili cijeloj dužini dubokih usjeka su:

- prelazi preko dubokih usjeka za druge saobraćajnice, domaće i šumske životinje
- zaštita prirode
- trajna zaštita i postizanje potrebne stabilnosti kosina usjeka

Kod izgradnje ovih objekata često se mogu istovremeno zadovoljiti sva tri navedena razloga.

Armirano betonske konstrukcije u usjecima dubine preko 14 m sa nasipom iznad konstrukcije većim od 6 m se koncipiraju i grade kao zasvedene zatvorene ili otvorene okvirne konstrukcije. Objekti se većinom primjenjuju kod izgradnje autoputeva sa dva odvojena kolovoza sa po dvije ili tri saobraćajne trake. Projekt objekta treba da sadrži i projekt privremenog osiguranja kosina usjeka i privremene i trajne odvodnje iz usjeka i iz objekta.

Za objekte koji se grade u usjecima iz nevezanih materijala preporučuju se zasvedene okvirne konstrukcije sa dva otvora. Veličina otvora, oblik svodova prilagođava se širini i gabaritu autoceste.



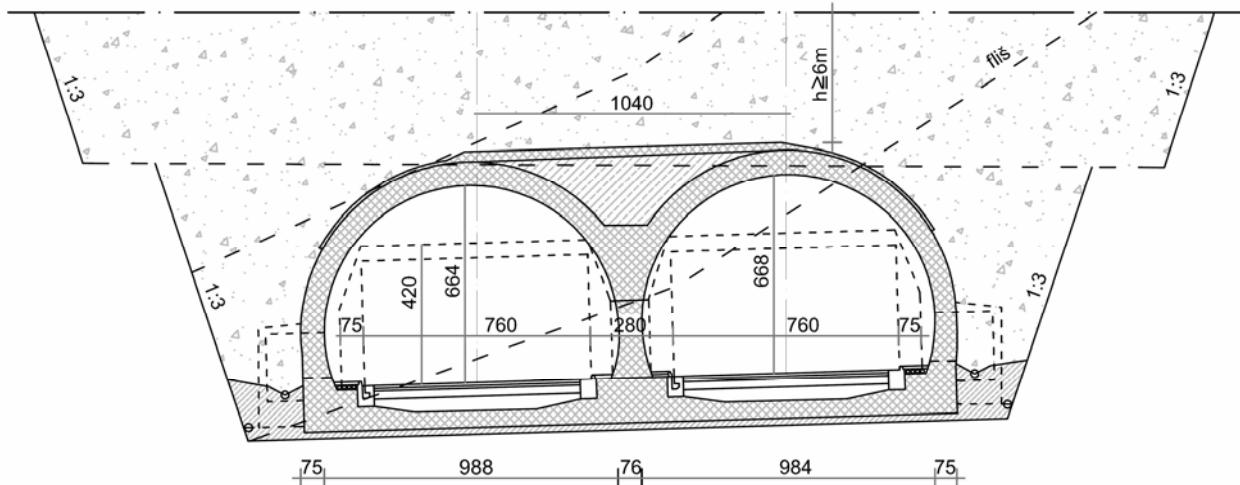
Slika 8.1

Na slici 8.1 je primjer karakterističnog poprečnog presjeka a.b. konstrukcije sa dva otvora. Uslovi za temeljenje su relativno povoljni pa se konstrukcija temelji na trakastim temeljima. Slaba strana ovakvog rješenja je nemogućnost kontrole i održavanja odvodnje iz prostora između svodova.

Konstrukcija se gradi u kampadama dužine cca 10 m sa pomicnim ili prenosnim skelama i oplatama. Izgrađen objekt se izolira. Izolacija se štiti montažnim a.b. pločama.

Izgrađena konstrukcija se zasipa simetrično u slojevima debljine 0,3-0,5 m materijalom iz iskopa uz odgovarajuće nabijanje.

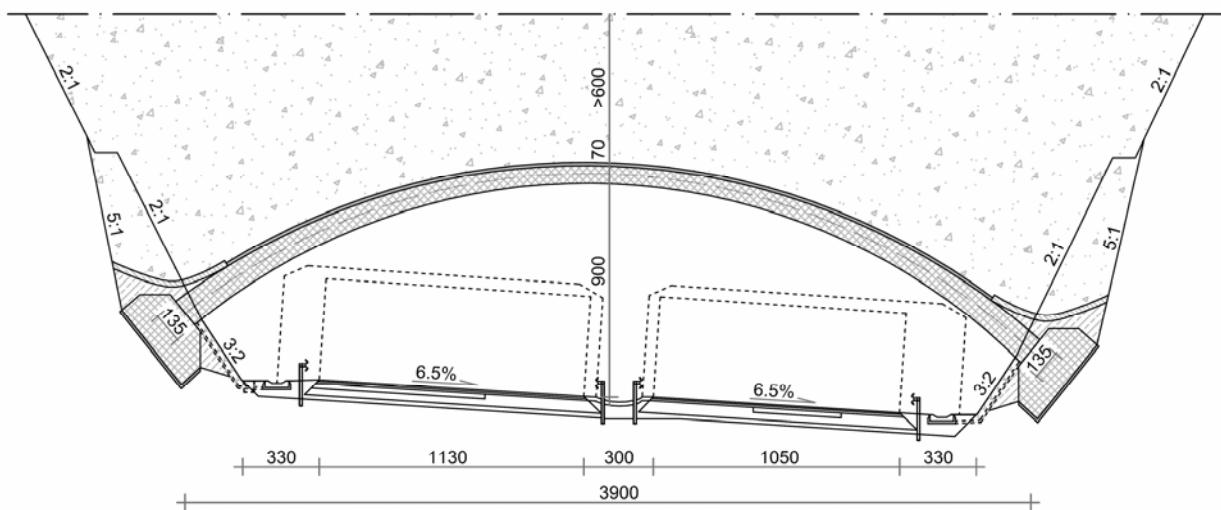
Na slici 8.2 je primjer poprečnog presjeka zatvorene a.b. zasvedene konstrukcije sa dva otvora. Rješenje se primjenjuje u primjeru nepovoljnih geoloških uslova za temeljenje. Prostor između svodova je zapunjeno nearmiranim betonom sa tankom a.b. pločom iznad tako da je pojednostavljena odvodnja i održavanje odvodnje.



Slika 8.2

Za objekte koji se grade u dubokim usjecima iz kamenitih materijala preporučuju se zasvedene konstrukcije sa jednim otvorom raspona od 30-40 m. Trakasti temelji zasvedene konstrukcije oblikovani skladno sa statickim uticajima koje iz konstrukcije

prenose na stjenku masu, su relativno manjih dimenzija. Privremena zaštita kosina usjeka u kamenitim materijalima je jednostavna, posebno ako je izvedba usjeka pravilna i skladna sa geološkim uslovima.



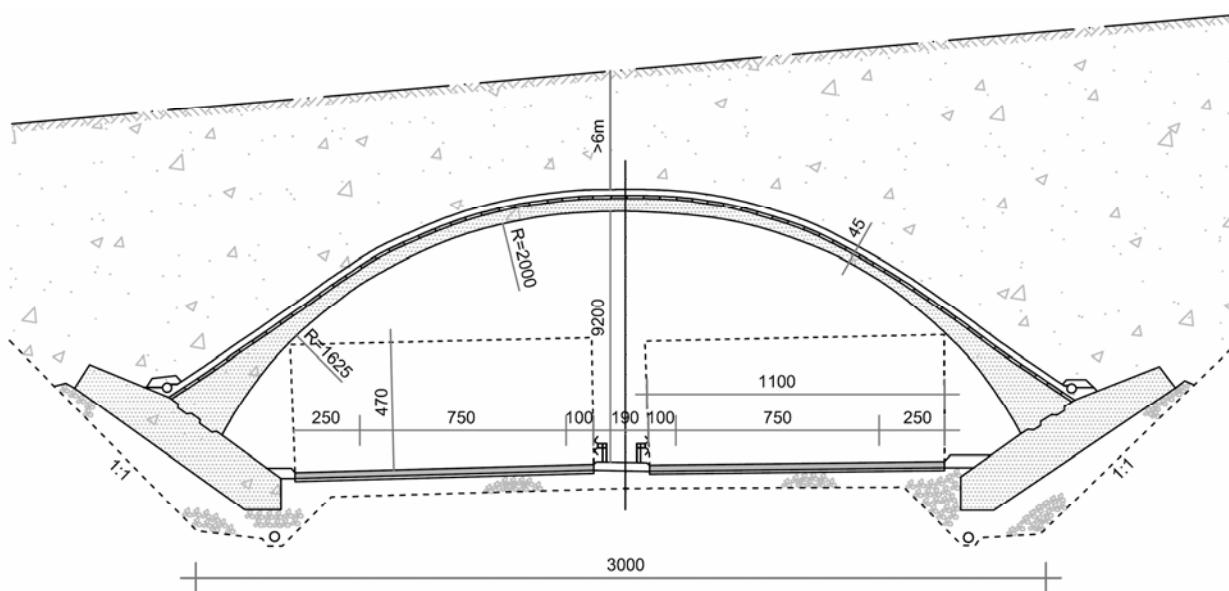
Slika 8.3

Na slici 8.3 je primjer zasvedene (lučne) konstrukcije za objekt u dubokom kamenitom usjeku raspona 39,00 m koji ostavlja mogućnost povećanja širine autoceste i za treće vozne trake. Konstrukcija je jednostavna za građenje, odvodnju i održavanje. Ulazni portalni dijelovi objekta se moraju skladno konstruisati i oblikovati tako da prelaz iz otvorene trase u objekat bude prirodan i ugodan.

Arimirano betonske konstrukcije manjih raspona i povećane zakrivljenosti je moguće primjeniti i u usjecima iz nevezanih materijala

(slika 8.4). Temeljne ploče su znatno šire i grade se na zbijenoj pripremljenoj podlozi.

Prostor nad konstrukcijama u pokrivenim usjecima nasipa se građevinskom mehanizacijom sa materijalom iz iskopa koji je bio privremeno deponiran u blizini objekata. Nasipanje je u slojevima debljine 0,50 m obostrano simetrično na osovinu konstrukcije uz ravnjanje i nabijanje. Na vrhu zasipa se nanosi sloj humusa debljine 0,3 - 0,5 m koji omogućavaju uspostavo vegetacije.



Slika 8.4

## 9. KONSTRUKCIJE ZA ZAŠTITU PRIRODNIH IЛИ VJEŠTAČKIH KOSINA ZASJEKA - GALERIJE

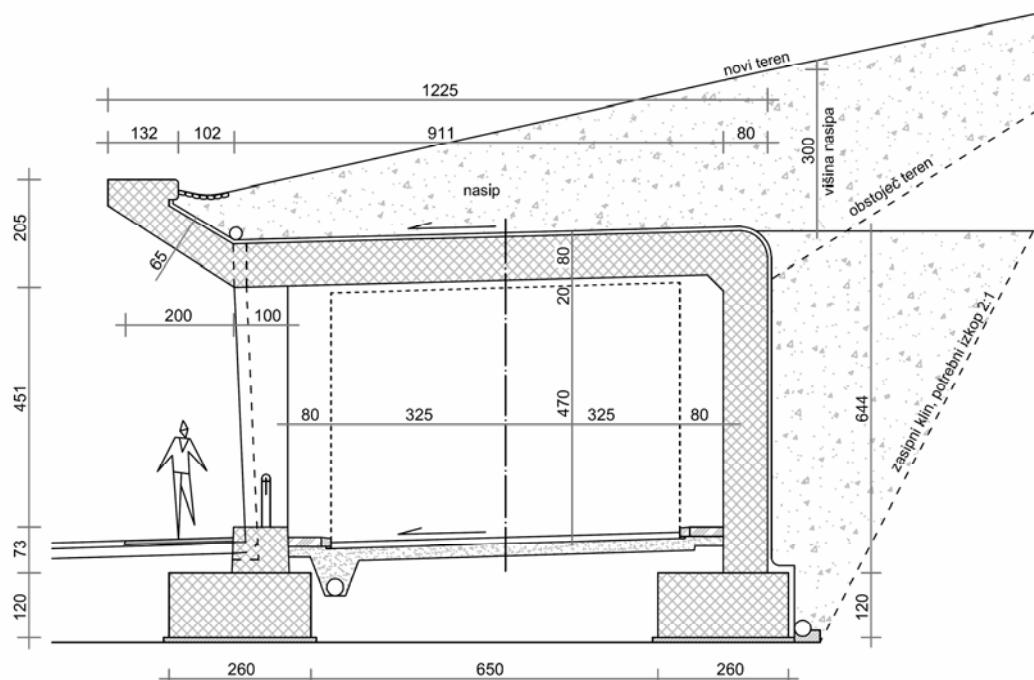
Za zaštitu trupa ceste ili autoceste i saobraćaja na njima od aktivnog ili potencijalnog zatrpanjavanja sa osulinskim materijalom grade se galerije.

Galerije su specifične armirano betonske monolitne ili polumontažne konstrukcije. Rješenja konstrukcija galerije su vrlo specifična i različita jer zavise od više faktora a prvenstveno od:

- oblika, naklona prirodne ili vještačke kosine

- geološke građe materijala kosine i površina na kojoj se planira izgradnja galerije
- oblika i sastava osulinskog materijala
- obima i načina privremene zaštite kosina u toku radova na izgradnji galerije
- veličine objekta, tehnologije i rokova izgradnje.

Na slici 9.1 je prikazan primjer konstrukcije galerije za zaštitu magistralne ceste i saobraćaja od osulinskog kamenitog materijala, sa komadima većih volumena, od potresa, temperaturnih promjena i snježnih lavina.



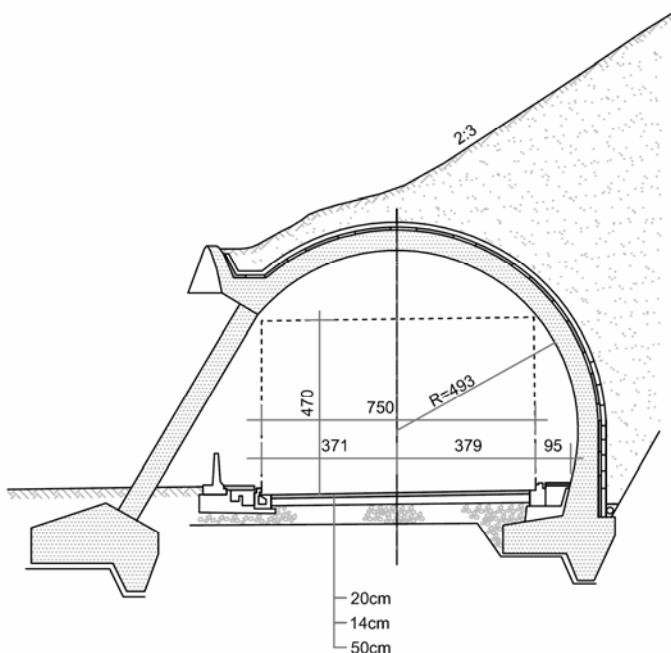
Slika 9.1

Okvirna monolitna armirano betonska konstrukcija galerije otvora 8,10/4,90 ima puni zid na strani kosine i gornju ploču debljine 80 cm. Sa stubovima presjeka 1,00 (0,70)/0,50 na razmaku 3,00 m na prednjoj otvorenoj strani. Konzolni dio gornje ploče omogućuje izradu nasipa iznad galerije i štiti pješake na pješačkoj stazi izvan galerije. Konstrukcija je u kontaktu sa zaleđem i nasipom izolirana. Nasip nad galerijom promjenljive debljine 1,00-3,00 m je od osulinskog kamenog materijala.

Na slici 9.2 je rješenje konstrukcije galerije za zaštitu magistralne ceste od snježnih i zemljano kamenih osulina na strmoj padini.

Monolitna zasvedena konstrukcija tunelskog oblika sa otvorenim prednjom stranom pogodna je za preuzimanje sila iz tla i lijepo se uklapa u prirodni ambijent.

Kose potpore galerije se priključuju na zatvorenu konstrukciju što više tangencijalno jer se time smanje momenti savijanja.

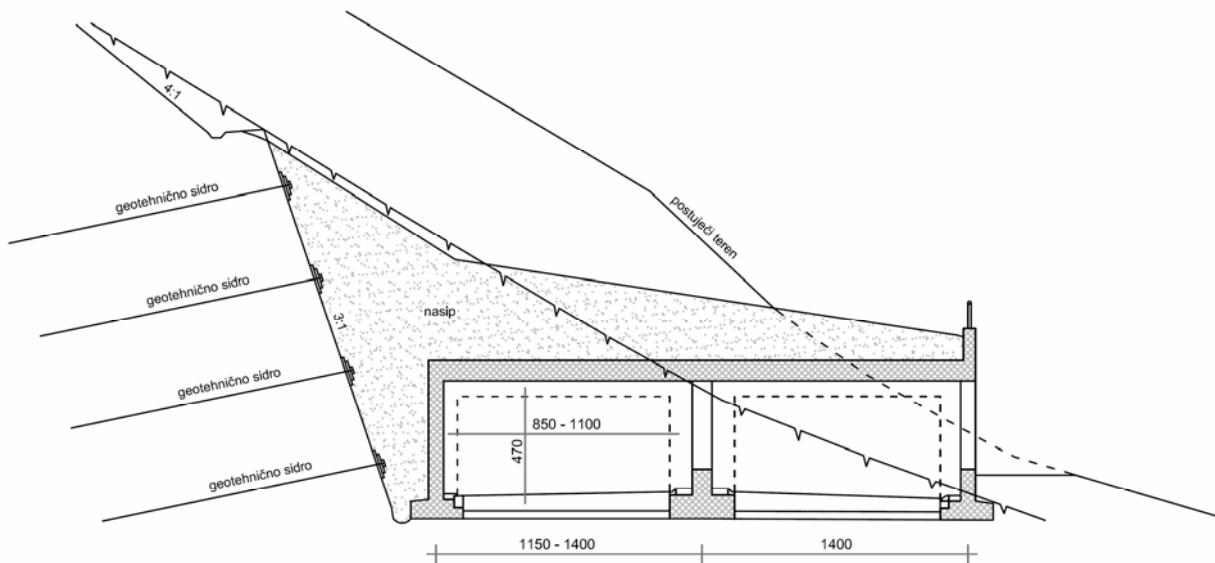


Slika 9.2

Galerije se grade u kampadama dužine 10-15 m uz prethodno privremeno osiguranje stabilnosti zasječka i sukcesivno zatrپavanje po lijepom i stabilnom vremenu. Zahvaljujući prednjoj otvorenoj strani nije potrebno vještačko osvjetljenje i provjetravanje.

Za osiguranje stabilnosti strmih padina i zaštitu autoputa od potencijalnih zarušavanja sa materijalom iz kosine zasječka ili strme nestabilne padine grade se armirano betonske okvirne konstrukcije sa dva polja otvora  $2 \times (10-14)/6,0$  m (veličina otvora zavisi od širine autoputa). Zid uz padinu je puni a druge dvije podpore su na stubovima na razmaku 3-5 m, da se osigura prirodna rasvjeta i zračenje. Temeljenje je ovisno od kvaliteta nosivog tla i može biti na temeljnim trakama kao na slici 9.3 gdje je geološka osnova fliš na šipovima ako je geološka osnova na većoj dubini ili na temeljnoj ploči u primjeru loših uslova za temeljenje.

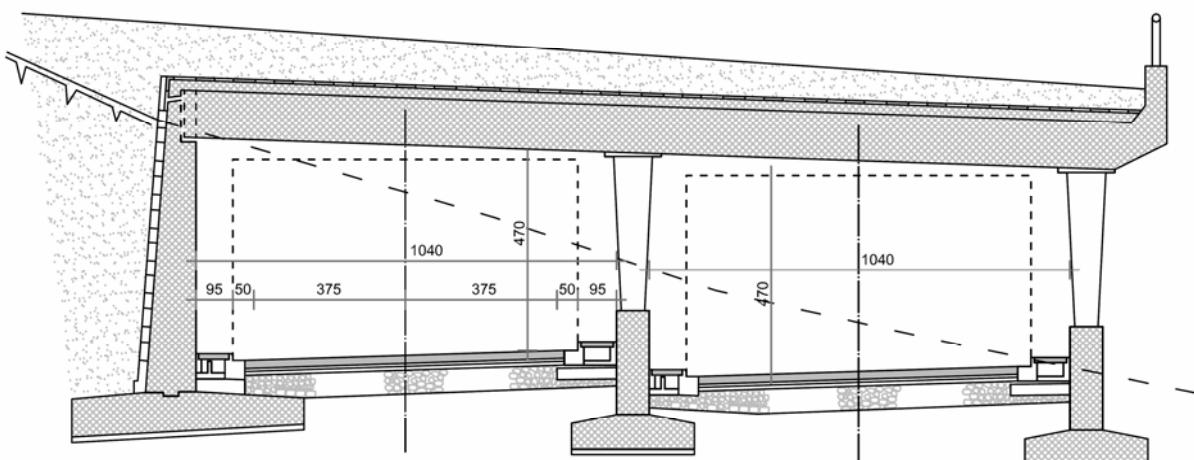
Pločaste konstrukcije galerije su dobre i preporučljive kada su horizontalne sile od potiska tla veće od vertikalnih sila konstrukcije i nasipa.



Slika 9.3

Na slici 9.4 je pokazana konstrukcija a.b. polumontažne galerije za zaštitu i sigurnost saobraćaja. Zid uz padinu je istovremeno i potporni zid koji se izgradi prvi i omogućuje dalju izgradnju galerije. Gornja konstrukcija galerije je rebrasta iz montažnih a.b. prednapetih nosača i a.b. ploče betonirane na licu mesta. Minimalna debljina nasipa za zaštitu konstrukcije galerije od dinamičkog udora stijena sa strme padine u zaledu

galerije je 1,00 m. Nasip nad galerijama se izvodi lakšom mehanizacijom od kamenitog osulinskog materijala bez dodatnog vibriranja i nabijanja. Ako se na krovu galerije želi uspostaviti vegetacija tada je završni sloj humus debljine 0,30m. Eksperimentima je potvrđeno da dinamička sila udara ne zavisi u većoj mjeri od debljine nasipa nad gornjom pločom pod uslovom da je ta debljina veća od 1,00 m.



Slika 9.4

Za pravilnu statičku analizu konstrukcije galerija bitan je pravilan izbor statičkog modela konstrukcije koji se najviše približava stvarnom ponašanju konstrukcije. Galerije su opterećene vlastitom težinom, potiskom tla sa zaleđa konstrukcije, težinom nasipa nad gornjom pločom i dinamičkom silom od kamena koji pada na galeriju.

Prema eksperimentalnim istraživanjima koja su obavljena u Japanu (H. Yoshida IABSE periodika 3/1988) sila udara kamena iznosi

$$P = 2,42 \times 10^{-3} (m/T_0) (2g H)^{1/2}$$

$m$  je masa stijene

$T_0$  je vrijeme pada stijene

$H$  je visina poda stijene

$g$  je zemljino ubrzanje.

Prema citiranim eksperimentima za kamen težine do 1000 kg dovoljan je nasip debljine 90 cm a za kamen težine 1000-3000 kg debljina nasipa je 120 cm. Uticaj oblika padajućih kamena je zanemarljiv.