

SMJERNICE ZA PROJEKTOVANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I NADZOR NA PUTEVIMA

Knjiga I: PROJEKTOVANJE

Dio 3: PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA NA PUTEVIMA

PROJEKTANTSKA SMJERNICA (PS 1.3.2)

Poglavlje 2: PROPUSTI

U V O D

Propusti su objekti koji služe za prelaz saobraćajnica preko vodenih prepreka (jaraka, potoka, kanala). Upotrebljavaju se za prelaz životinja, pješaka i manjih vozila ispod saobraćajnica u pojedinačnoj ili kombinovanoj namjeri. Po definiciji se svrstavaju u manje objekte (mostove) otvora do 5,0m.

Putevi višeg ranga, posebno autoputevi, razdvajaju prirodne cjeline i urbane prostore radi čega se nameće veća upotreba propusta ispod saobraćajnica za različite namjene.

Propusti prestavljaju veliku grupu objekata koji, radi velike dužine (kada su ispod avtocesta) i činjenice da prekidaju trup puta, imaju uticaj na izbor tehnologije građenja, stabilnost trupa puta i uslove upotrebe. Iz navedenih razloga treba ovim objektima posvetiti dužnu pažnju kod konstruisanja temeljenja i izgradnje.

Propusti su u prošlosti građeni ispod javnih cesta kao kratki objekti sa manjim otvorima, a njihova namjena je isključivo bila za proticanje vode. Prvenstveno su se izvodili kao cjevasti, pločati ili u obliku svoda. Radili su se iz različitih materiala, drveni, kameni, betonski, čelični i armiranobetonski. Sada se propusti grade izključivo kao armiranobetonske konstrukcije u monolitnoj ili polumontažnoj izvedbi.

S A D R Ž A J

1. PREDMET PROJEKTANTSKE SMJERNICE	5
2. REFERENTNI NORMATIVI	5
3. TUMAČENJE IZRAZA	5
4. PODJELA PROPUSTA PREMA NAMJENI I HIDRAULIČKIM KARAKTERISTIKAMA	6
5. HIDROLOŠKO-HIDRAULIČKO DIMENZIONIRANJE PROPUSTA	6
5.1 Hidrologija-određivanje količine vode.....	6
5.2 Hidrauličko dimenzioniranje propusta	7
5.3 Smjernice za projektovanje propusta koje utiču na hidrauličke i hidrodinamičke uslove..	10
6. TIPOVI I KONSTRUKCIJE PROPUSTA	11
6.1 Uvodni dio	11
6.2 Cjevasti propusti.....	12
6.3 Sandučasti propusti.....	16
6.4 Zasvedeni propusti.....	16
7. KONSTRUKTIVNA RJEŠENJA NA KONSTRUKCIJI PROPUSTA	21
7.1 Temeljenje.....	21
7.2 Poprečno dilatiranje	21
7.3 Admiranje	22
7.4 Prelazne ploče.....	23
7.5 Odvodnjavanje i izolacija.....	23
7.6 Obloga za zaštitu dna	24
7.7 Ulagali i izlazni dio.....	24
8. STATIČKI RAČUN PROPUSTA	25
9. USLOVI ZA IZGRADNJU PROPUSTA.....	26

1. PREDMET PROJEKTANTSKE SMJERNICE

Propusti su značajni i često upotrebljavani elementi puteva i autoputeva.

Osnovna namjena smjernice je pružanje osnovnih smjernica i detalja za izbor pravilnog koncepta, konstruisanja, projektovanja i izgradnje propusta.

Sa grupisanjem po tipovima, otvorima, dimenzijama i načinom konstruisanja, smjernica pruža korisna upustva stručnjacima iz vodoprivrede, projektantima i izvođačima propusta. Sa ograničavanjem minimalnih svjetlih otvora, u zavisnosti od dužine, olakšava se pregled i održavanje propusta.

Posebno je obrađen dio koji se odnosi na pravilnu pripremu podloga za projektovanje propusta. U poglavlju konstruisanja propusta obrađeni su svi detalji koji se odnose na temeljenje, poprečno dilatiranje, armiranje, odvodnjavanje i izolaciju. Data su i upustva za oblikovanje dna kao i ulaznog i izlaznog dijela propusta.

Projektovanje propusta kao i projektovanje ostalih objekata na putevima oslanja se na putne, geodetske i geološko-geomehanične podloge. Sadržaj podloga koje su potrebne za kvalitetno projektovanje propusta mora biti u skladu sa zahtijevama PS 1.2.1.

2. REFERENTNI NORMATIVI

Projektovanje, građenje i održavanje propusta oslanja se na većem broju propisa, standarda i smjernica.

- Zakon o javnim putevima
- Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton (Sl. list SFRJ br. 11/87)
- Pravilnik o tehničkim mjerama i uslovima za projektovanje i izvođenje betonskih i armiranobetonskih konstrukcija u sredinama izloženim agresivnom dejstvu vode (Sl. list SFRJ št. 32/70)
- Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje i izvođenje radova kod temeljenja građevinskih objekata (Sl. list SFRJ br. 15/90).
- Pravilnik o tehničkim normativima i temeljnim uslovima koje moraju ispunjavati javni putevi i njihovi elementi izvan naselja u pogledu sigurnosti prometa (Sl. list SFRJ br. 35/81 i 45/81).

- Pravilnik o tehničkim normativima za određivanje opterećenja na mostovima (Sl. list SFRJ br. 1/91)

3. TUMAČENJE IZRAZA

Propusti su objekti otvora do 5,00m (pravokutni razmak notranjih površina zidova) za protok vodenih tokova (potoka, kanala, melioracionih jaraka kroz trup ceste).

Sigurnosna visina je najmanja razdalja između najviše moguće kote nivoa vode i najniže kote donje ivice konstrukcije.

Hidraulička propusnost je najveća moguća količina vode koja može proteći kroz propust u jedinici vremena.

Otvor propusta – svjetla širina je horizontalni razmak između zidova propusta.

Svjetla visina je vertikalni razmak između obloge dna propusta i gornje ploče ili svoda propusta.

Pokrivač je debljina nasipa i gornjeg stroja kolovoza puta iznad gornje ploče ili svoda propusta.

Poprečno dilatiranje znači prekid konstrukcije u poprečnom smjeru tako da se omogućavaju nezavisna pomjeranja i zaokretanja oba dijela konstrukcije.

Nelinearna diferenčna slijeganja su različita slijeganja po uzdužnoj osi propusta.

Prelazna ploča je armiranobetonska ploča izrađena na spoju nasipa sa objektom koja sprječava pojavu visinske razlike između kolovoza na objektu i kolovoza na nasipu.

Ugao unutrašnjeg trenja prestavlja omjer napona na smicanje i efektivnih normalnih napona.

4. PODJELA PROPUSTA PREMA NAMJENI I HIDRAULIČKIM KARAKTERISTIKAMA

U odnosu na funkcionalnost i karakteristike razlikuju se slijedeće vrste propusta:

- 4.1 Propusti za proticanje meteornih voda sa područja ceste i kosina usjeka.
- 4.2 Propusti za odvodnjavanje depresija sa privremenom tekućom vodom. Veličina propusta zavisi od veličine područja koga cesta križa sa nasipom.
- 4.3 Propusti na kanalima za melioraciju sa privremenom stoećom ili sporo tekućom vodom u smjeru odvoda.
- 4.4 Propusti na poplavljjenim područjima sa stajaćom vodom čija je osnovna funkcija da obezbijede komunikaciju visokih voda i odvodnjavanje po završnjoj poplavi (u primjerima kada cesta prolazi preko većih poplavljениh površina, u unutrašnjosti suhih bazena ili u kraškim poljima).
- 4.5 Propusti na plavljenim područjima sa sporom tekućom vodom (inundacijski propusti) na plavljenim područjima riječnih dolina.
- 4.6 Propusti na potocima manjeg nagiba kod kojih je mirniji hidraulički režim (dubina toka vode u koritu veća je od kritične dubine; $h_v > h_{cr}$). Podužni nagib potoka manji je od 0,5%.
- 4.7 Propusti na strmim potocima i bujicama kod kojih je tok vode u prelaznom ili bujičnom hidrauličkom režimu (dubina toka vode u koritu približno je jednaka ili manja od kritične dubine; $h_v > h_{cr}$). Podužni nagib potoka veći od 0,5%.

5. HIDROLOŠKO-HIDRAULIČKO DIMENZIONIRANJE PROPUSTA

5.1 Hidrologija-određivanje količine vode

Za hidrauličko dimenzioniranje propusta potrebno je odrediti mjerodavne količine vode (protok) koji kroz propust mora proći. Mjerodavni protok određuje se, za različite vrste propusta, po različitim metodama.

Za propuste iz tačke 4.1 i 4.2 koji su prije svega namijenjeni za proticanje meteorne vode, količina protoka određuje se po metodama koje se primjenjuju u kanalizaciji gdje se uzima u obzir mjerodavni intenzitet kiše sa odgovarajućim povratnim periodom ($n=1$ do $n=0,01$). Izbor povratnog perioda kiše zavisi od izbora zaštite ceste protiv poplavljenja.

Trajanje intenziteta kiše je relativno kratko (5 minutni intenzitet). Podatke o intenzitetu mogu se dobiti u hidrometeorološkom zavodu, a dobivaju se na osnovu statičkih analiza i mjerena u ombrografskih stanicama. Koeficijenti oticanja zavise od pripadajućih površina.

Za površine cesta iznose od $\alpha=0,1$ do $\alpha=0,3$.

Protok vode na kanalima za melioraciju (tačka 4.3) određuje se na osnovu analize područja koji pripada kanalu. Količine vode mogu se odrediti po metodama za proračun kanalizacije, empirijskim hidrološkim metodama ili na osnovu inžinjerske analize. Kod određivanja količine protoka po pravilu se upotrebljavaju mali koeficijenti oticanja ($\alpha=0,1$).

Kod propusta sa stajaćom vodom za poplavljivanje (tačka 4.4) mjerodavni protok određuje se u odnosu za zapreminu vode koja protiče kroz propust i trajanja protoka (oticanja). Zbog dužeg vremena, količine proticanja su relativno male.

Inundacijski propusti (tačka 4.5) su sastavni dio premoščavanja većeg poplavljjenog područja (uz veće potoke i rijeke sa širokim područjima poplavljenja). Obzirom da pripadaju ukupnom sistemu premoščavanja, njihov pripadajući protok zavisi od hidrauličkih karakteristika vodotoka sa poplavljениh područja i sistema premoščivanja. Količine vode za veće vodotoke, po pravilu se određuju na osnovu hidroloških analiza slivnog područja.

Propusti na prirodnim vodotocima (tačka 4.6 i 4.7). Pošto se propusti po pravilu planiraju na manjim podvodnim područjima sa pripadajućom površinom $F < 1 \text{ km}^2$ (uslovno do 5 km^2), tada se za grubo određivanje mjerodavnog protoka Q_{100} mogu upotrijebiti empirijske hidrološke jednačine prema autorima:

$$\text{Pinter: } Q_{100} = q_{100} \cdot F^k$$

gdje su označke i vrijednosti:

- Q_{100} protok sa stogodišnjim povratnim periodom [m^3/s];
- q_{100} specifični protok sa stogodišnjim povratnim periodom [$\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$] sa slivnog područja veličine 1 km^2 ;
- F veličina pripadajućeg područja [km^2];

k koeficijent sливног подручја који зависи од облика сливног подручја, нагiba i геолошке подлоге sa vrednostima od 0,65 do 0,85.

$$\text{Kresnik: } Q_{\max} = \alpha \cdot F \cdot \frac{30}{0,5 + \sqrt{F}}$$

F veličina pripadajućeg područja [km^2];
 α koeficijent hrapavosti (obično $\alpha=1$, u slučaju veće retencije može biti α do 0,6)

Ako je $F < 1 \text{ km}^2$, tada se uzima $\sqrt{F} = 1$
 Za određivanje mjerodavnog protoka Q100 moraju se koristiti provjereni obrasci i drugih autora kao napr. Iskovsky, Daerling, Kreps.

Empirijski obrasci su se razvili na pojedinim područjima. Radi toga je njihova upotrebljivost ograničena na takva ili slična područja (meteorološko i geografsko). U praksi treba upotrebljavati obrazac koji se razvio u sličnim područjima koja su predmet projekta.

Na ovakvim područjima i područjima sa tlom velike propustnosti, količine vode su po pravilu manje od izračunatih. Obično se određuju kroz analizu propustnosti šireg područja, morfologiju korita i prikupljenih podataka u prethodnom periodu.

5.2 Hidrauličko dimenzioniranje propusta

Propusti su relativno jednostavne konstrukcije, ali dosta zahtjevni objekti sa hidrauličkog stanovišta. Radi promjene proticajnog presjeka, nagiba i hrapavosti, na kratkim razmacima se mijenjaju hidrauličke osobine toka vode (dubina, širina i brzina).

Kapacitet proticanja propusta zavisi od razlike energije (hidrauličkih gubitaka) koji se pojavljuju između ulaza i izlaza propusta. U suštini se na području propusta javljaju 3 tipa hidrauličkih gubitaka, a te su:

- lokalni gubici na ulazu, koji su posljedica sužavanja poprečnog presjeka, promjene nagiba, hrapavosti, a u nekim slučajevima i od potapanja ulaza;
- linijski gubici u unutrašnjosti propusta sa konstantnim presjekom koji najviše zavise od hrapavosti zidova propusta;
- lokalni gubici na izlazu, koji su posljedica proširenja, promjene dubine i hrapavosti.

U odnosu na hidrauličke prilike (razmjere) razlikujemo 6 vrsta hidrauličkih razmjera koje zavise:

- Hidrauličke razmjere na izlazu iz propusta

Izlaz može biti potopljen ili nepotopljen. Kod nepotopljenog izlaza može biti mirni režim toka ili bujični režim toka. Kod potopljenog izlaza sa mirnim režimom nepotopljenog izlaza, nivo vode ispod izlaza ("donja voda") utiče na provodnost propusta. Kod nepotopljenog izlaza sa kritičnom dubinom ili bujičnim tokom, donja voda ne utiče na propust – provodnost propusta.

- Hidraulične razmjere u unutrašnjosti propusta

Tok u unutrašnjosti propusta može biti u punom presjeku – profilu (pod pritiskom) ili sa slobodnim nivojem vode. Tok sa slobodnim nivojem može biti sa mirnim i bujičnim tokom. Režim toka zavisi od hidrauličkih prilika na izlazu te geometrije i nagiba propusta. Bujični tok u unutrašnjosti propusta ne utiče na provodnost na ulazu.

- Hidrauličke razmjere na ulazu u propust

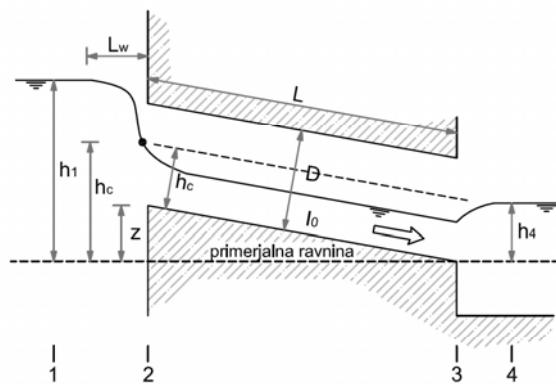
Ulaz u propust može biti potopljen i nepotopljen. Nepotopljen ulaz dijeli se na mirni i bujični, što zavisi od režima toka.

U nastavku su navedeni primjeri pojedinih vrsta toka kroz propust, uslovi za određivanje vrste toka, jednačine za određivanje protoka kroz propust te obrazloženje promjenljivih parametara. Jednačine i obrazloženje promjenljivih parametara su informativnog značaja.

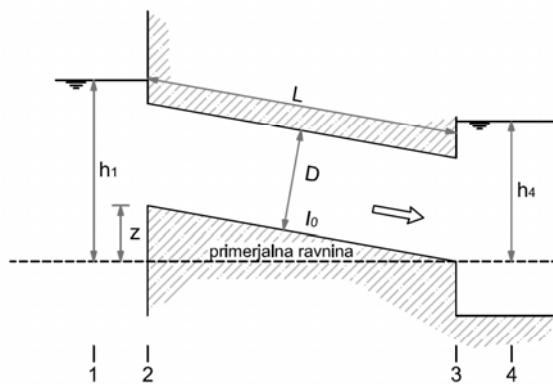
Na tržištu može se nabaviti programska oprema za hidrauličko dimenzioniranje propusta i premoščavanja u kojima su uzeta u obzir nevedena hidraulička ishodišća. Kod kompleksnih programa za konstantni ili promjenljivi tok u prirodnim koritim, dodati su moduli koji omogućavaju propracun propusta različitog oblika i propusta sa više otvora – baterija uz mogućnost propracuna prelijevanja preko nasipa (ceste).

Kod propusta većih dimenzija koji imaju osnovnu namjenu potoka vode, a istovremeno su i prohodni, računaju se po metodi za otvorena riječna korita. Okvirni-približni rezultati mogu se dobiti i sa jednostavnim jednačinama za stalni ravnomjerni tok (Manning-ova jednačina).

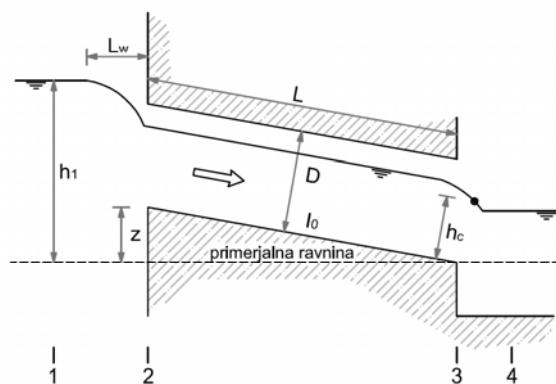
TIP 1



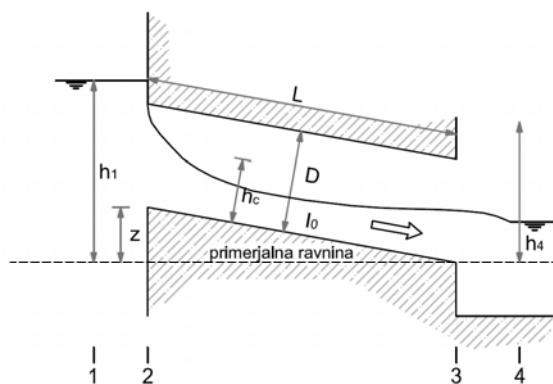
TIP 4



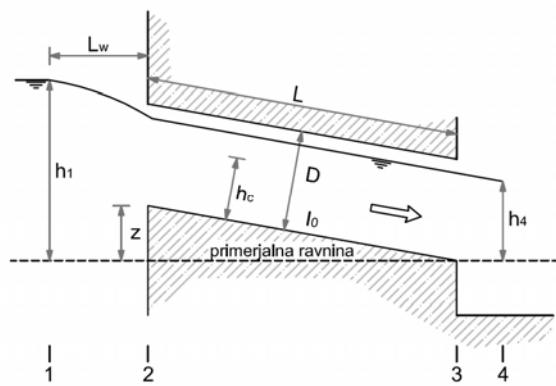
TIP 2



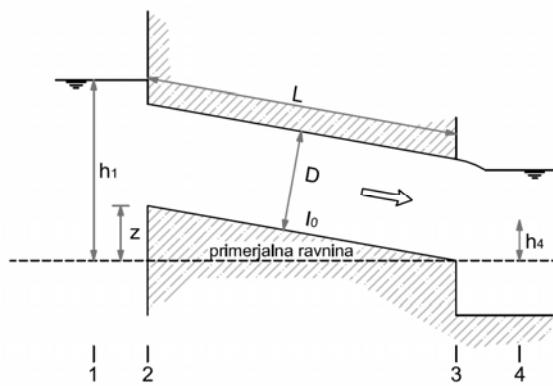
TIP 5



TIP 3



TIP 6



Vrsta toka	Jednačina
TIP 1 Kritična dubina na ulazu $(h_1 - z) / D < 1.5, l_0 > l_c, h_4 / h_c < 1.0$	$Q = C_D \cdot S_c \cdot \sqrt{2g \cdot (h_1 - z + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2g} - h_c - \Delta h_{1-2})}$
TIP 2 Kritična dubina na izlazu $(h_1 - z) / D < 1.5, l_0 < l_c, h_4 / h_c < 1.0$	$Q = C_D \cdot S_c \cdot \sqrt{2g \cdot (h_1 + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2g} - h_c - \Delta h_{1-2} - \Delta h_{2-3})}$
TIP 3 Mirni tok kroz cijeli propust $(h_1 - z) / D < 1.5, h_4 / D < 1.0, h_4 / h_c < 1.0$	$Q = C_D \cdot S_c \cdot \sqrt{2g \cdot (h_1 + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2g} - h_3 - \Delta h_{1-2} - \Delta h_{2-3})}$
TIP 4 Potopljen izlaz $(h_1 - z) / D > 1.0, h_4 / D > 1.0$	$Q = C_D \cdot S_0 \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot (h_1 - h_4)}{1 + (18.08 \cdot C_D^2 \cdot n_g^2 \cdot \frac{L}{R_0^{4/3}})}}$
TIP 5 Razarajući tok u unutrašnjosti $(h_1 - z) / D > 1.5, h_4 / D < 1.0$	$Q = C_D \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot (h_1 - z)}$
TIP 6 Slobodan izlaz iz propusta, pun presjek $(h_1 - z) / D > 1.5, h_4 / D > 1.0$	$Q = C_D \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot (h_1 - h_3 - \Delta h_{2-3})}$

Značenje oznaka:

Q	protok	N_g	Manningov koeficijent hraptavosti
H_1	kota nivoa vode u uzvodnom profilu br.1 (mjereno od prim.ravnine)	Δh_{2-3}	Gubici kroz propust
z	kota ulaza u propust (od prim.ravnine)	$\Delta h_{2-3} = \frac{L \cdot Q^2}{K_2 \cdot K_3}$	
C_D	koeficijent protoka (opisano u nastavku)	L	dužina propusta
S_c	presjek toka na mjestu nastanka kritične dubine (u propustu)	$K_2 = K_3 = \frac{1}{n_g} \cdot S \cdot R^{2/3}$	provodnost propusta
$\alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2g}$	kinetična energija pri ulazu	Provodnost je u bistvu modificirana Manningova jednačina iz koje je uzet nagib energijske crte odnosno razlika energije radi linijskih gubitaka:	
v_1	brzina pri ulazu	$\frac{Q^2}{K^2} = \left(\frac{\frac{1}{n_g} \cdot \sqrt{I \cdot S \cdot R^{2/3}}}{\frac{1}{n_g} S \cdot R^{2/3}} \right)^2 = I_E$	
α	korekcijski faktor kinetične energije	S_3	presjek pri izlazu iz propusta
g	ubrzanje	h_3	dubina vode pri izlazu iz propusta
h_c	kritična dubina	S_0	površina poprečnog presjeka
Δh_{1-2}	gubici pri ulazu	h_4	dubina vode pri izlazu
	$\Delta h_{1-2} = \frac{L_w \cdot Q^2}{K_1 \cdot K_c}$	R_0	hidraulički radij pri punom presjeku
L_w	razdalja između ulaza i slobodnim nivojem vode		
$K_1 = \frac{1}{n_g} \cdot S_1 \cdot R_2^{2/3}$	provodnost u uzvodnom profilu		
$K_C = \frac{1}{n_g} \cdot S_c \cdot R_c^{2/3}$	provodnost u kritičnom profilu		

5.3 Smjernice za projektovanje propusta koje utiču na hidrauličke i hidrodinamičke uslove

U pogledu na hidrauličke i hidrodinamičke zakonitosti i vrste propusta potrebno je, pri projektovanju uzeti u obzir slijedeća usmjerenja:

5.3.1 Nagib propusta

Kod propusta za meteornu vodu (tačka 4.1) nagib treba biti sličan ili malo veći od kritičnog nagiba ($I_0 \geq I_c$) sa čime se obezbeđuje dovoljna brzina. Nagib kod propusta iz tačke 4.2, 4.3 i 4.4 treba odrediti u odnosu na terenske karakteristike, ali uvijek u smjeru izlaza vode.

Kod propusta iz tačke 4.5 nagib treba odrediti tako da bude paralelan sa nivojem vode koja izaziva poplavu.

Nagib propusta kod prirodnih vodotoka treba da bude jednak nagibu struge (tačka 4.6 i 4.7). Kod jako strmih nagiba korita u bujičnom režimu (bujice – tačka 4.7), nagib treba da bude veći od kritičnog ($I_0 > I_c$).

5.3.2 Oblikovanje ulaza

Iz hidrauličkih uslova se vidi, da provodnost propusta najviše zavisi od prilika na ulazu i lokalnih gubitaka na ulazu koji su u većim slučajevima odlučujući.

U odnosu na vrstu propusta treba uzeti u obzir slijedeće preporuke:

Kod propusta iz tačke 4.1, odnosno propusta za meteorne vode, ulazni dio je obično oblikovan u obliku talažnika sa produbljenim dnom. Radi ulijevanja kroz ždrijelo, slobodnog pada u tolažnik i ulaza u propust, tok vode u više navrata prelazi preko kritične dubine radi čega su hidraulički gubici na ulaznom dijelu po pravilu veliki, a pojavljaju se kod propusta odnosno proticanja iz tačke 4.1 i 4.5. Veoma je važno, da su podslapovi u taložnicima što veći. Ako se ulaz ne izvodi sa taložnikom, onda ga treba oblikovati u što boljem i povezanom obliku.

Kod propusta iz tačke 4.2, 4.3 i 4.4 oblik ulaznog dijela nema veliki značaj zbog malih brzina toka vode. Gubici na ulazu zavise od oblika ulazne glave i krila. Kontinuirano oblikovani prelaz i kosa krila smanjuju gubitke na ulazu. Nagla suženja i ispostavljene glave propusta na ulazu povećavaju hidrauličke gubitke.

Kod propusta iz tačke 4.5 (propusti na inundaciju) kod kojih su brzine toka vode veće, ulazni dio treba oblikovati sa kosim krilima i povezanim prelazima.

Ulagani dio propusta kod prirodnih vodotoka (propusti iz tačke 4.6 i 4.7) treba oblikovati povezano sa dužim prelazima iz otvorenog profila u profil propusta. Na ulazu u propust treba sačuvati ili povećati brzinu i usmjeravanje toka vode. Kod propusta na bujičnim potocima, $I_0 > I_c$ (propusti iz tačke 4.7) treba spriječiti prelaz toka preko kritične dubine (vodni skok). Brzina i sile koje se pojavljuju na području ulaza u propust i samom propustu moraju biti veće od brzina odnosno sila koje se pojavljuju u normalnom profilu. Sa ispunjenjem ovog uslova sprečava se odlaganje erozivnog materijala. Brzina toka vode se izravnava sa nagibom i širinom. Na bujičnim potocima na kojima se očekuje velik priliv pivajućeg materijala (grane, lišće) treba izpred ulaza, izgraditi objekat odnosno pregradu sa grabljama koja zadržava i lovi plivajući materijal.

5.3.3 Izlaz iz propusta

Veća brzina i veća kinetička energija na izlazu iz propusta stvara mogućnost pojave veće erozije. Ovo se naročito odnosi na propuste sa razornim tokom unutar propusta i prirodnim neutvrđenim koritima kod kojih treba predvidjeti objekte za neutralisanje energije (npr. gruba kamena obloga).

5.3.4 Oblikovanje unutrašnjosti propusta

Kod propusta na prirodnim vodotocima i bujičnim potocima treba predvidjeti oblogu dna koja je odpora na abraziju, a zavisi od brzine toka vode i udjela tvrdih predmeta (naplavina) koji putuju sa vodom. Sa dubinom propusta treba povećavati širinu potopljenog presjeka.

Širina dna unutar propusta treba da bude manja od širine dna u prirodnoj strugi – potoku ($b_{prep} \leq 0,8 b_{np}$). Ako su propusti prohodni tada treba predvidjeti najmanje 0,6m širok pojas 20cm iznad normalnog nivoa srednje vode (Q_{sn}).

Kod propusta sa velikim nagibom $I_0 > I_c$ treba predvidjeti hrapavo dno (lomljeni kamen u betonu).

Kod dugih propusta sa velikim nagibom treba uzeti u obzir mogućnost pojave oscilacija toka vode (radi različitih brzina graničnog sloja i nivoa nastanu valovi sa dubinom koja je bistveno veća od normalne dubine). U ovakvim slučajevima treba predvidjeti veće protočne presjeke, veću hrapavost dna i kosina te po potrebi dodatno ozračavanje propusta. Na ovaj način sprečava se puzanje i pojava valovitosti podloge.

5.3.5 Sigurnosna visina

Kod propusta za meteornu vodu (propust iz tačke 4.1) maksimalna popunjenošć na ulazu treba da je 2/3 visine protočnog presjeka.

Kod propusta iz tačke 4.2, 4.3 i 4.4 reda sigurnosna visina nije uslov, ali je poželjna.

Kod propusta na inundaciji (propust iz tačke 4.5) sigurnosna visina na ulazu treba da je jednaka energetskom potencijalu toka vode ($v^2/2g$). Ako je sigurnosna visina na glavnom premošćavanju, a udaljenost nije velika, onda propust može biti bez sigurnosne visine. U tom primjeru je vjerovatnoća smanjena protočnog profila veća.

Kod propusta na prirodnim potocima i bujicama (propust iz tačke 4.6 i 4.7) sigurnosna visina treba da je 0,5m ili energetski potencijal ($v^2/2g$). Kod okruglih propusta sigurnosna visina mora biti veća ili jednaka radijusu propusta.

6. TIPOVI I KONSTRUKCIJE PROPUSTA

6.1 Uvodni dio

Kod projektovanja cesta i propusta treba težiti ka rješavanju kod kojih je propust okomit na cestu ili pod manjim uglom ukrštanja i pod uslovom da je potrebna i korekcija vodotoka koji prolazi kroz propust.

Prema obliku poprečnog presjeka propusti se dijele na:

- cjevaste
- sandučaste
- zasvedeni propusti

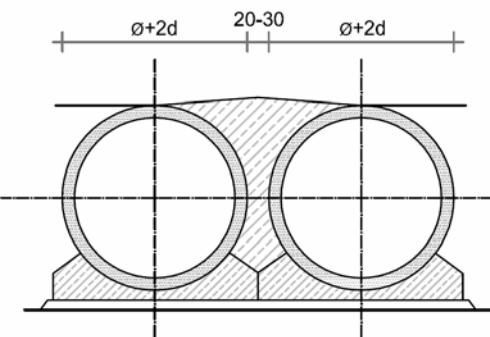
Izbor tipa ovisi prije svega od visine nasipa u profilu u kome se nalazi propust i od količine vode koja treba da otiče. Ako propust ima druge namjene, onda je izbor tipa zavisan od saobraćajnih zahtjeva.

Svjetli otvor propusta (širina i visina) zavisi od količine vode koja treba da prođe kroz propust i od uzdužnog pada dna propusta. Količina proticanja vode se određuje prema tačkama 4 i 5.

Cjevasti propusti se upotrebljavaju kao melioracijski kanali za odvod meteornih voda te za odvodnjavanje prirodnih vodotoka kroz nasipe čija je visina veća od 3,0m (u izuzetnim slučajevima veća od 1,0m) gdje to dopuštaju hidraulički uslovi.

Sandučasti propusti se upotrebljavaju kod vodotoka kod kojih treba obezbijediti proticanje većih količina vode sa sorazmerno malim visinama nasipa iznad propusta koji se kreće od 0,40 do 5,0m. Upotrebljava se i u slučajevima kada je mala visinska razlika između nivelete puta i niveleta vodotoka.

Kada su u pitanju veće količine vode i veće debeline nasipa iznad propusta, obično veće od 3,0m, mogu se upotrebljavati zasvedeni propusti. Zbog pritisaka zemlje, ovakav oblik propust je ekonomičniji.



Slika 6.1: Primjer rješenja propusta sa dvije cijevi

U slučajevima kada treba obezbijediti proticanje većih količina vode, a razlika između nivelete ceste i vodotoka je mala i ne dozvoljava upotrebu propusta većih otvora, mogu se upotrijebiti dvije ili više paralelno ugrađenih okruglih cijevi (slika 6.1).

Visinski položaj propusta može biti sa većom ili manjom debljinom nasipa iznad njega. U principu treba izbjegavati visinski položaj propusta kod kojih konstrukcija dolazi u nivou kolovoza ili se preko konstrukcije ugrađuje sloj asfalta. Minimalna debljina pokrivača (kolovoz puta) iznad propusta je 40 cm.

Svjetla visina propusta treba da je tolika da, pored već navedenog, omogučava njegovo održavanje i čišćenje. Radi toga prečnik cjevastoga propusta ne smije biti manji od 100cm, ako su u pitanju propusti do 15,0m dužine. Ako je dužina propusta od 15,00 do 30,00m onda prečnik ne smije biti manji od 150cm. Propusti čija dužina prelazi 30,00m moraju imati minimalni prečnik od 200cm. Svjetla visina i širina sandučastih i paraboličnih propusta ne smiju biti manji od 200cm. Samo sandučasti propusti kraći od 15,0m mogu imati svjetlu visinu i širinu 150cm.

6.2 Cjevasti propusti

Samo ime kaže da su cjevasti propusti sastavljeni od cijevi, sa poprečnim presjekom u obliku kruga.

Okrugli presjek i glatka unutrašnja površina utiču na veću propusnost radi čega su cjevasti propusti sa hidrauličkog stanovišta jako povoljni.

Kod propusta sa velikim uzdužnim nagibom i većim teoretskim brzinama vode, potrebno je izvesti oblogu dna od lomljenog kamena u betonu ili drugom materijalu (beton sa vlaknima) sa čime se spriječava pojava abrazije dna. Ovakve obloge mogu se izvesti samo kod propusta čiji je promjer veći od 150 cm.

Cjevasti propusti se obično izrađuju iz prefabrikovanih tipskih cijevi koje mogu biti sa ili bez armature, ali beton mora biti vodonepropustan.

Obično se izrađuju sa promjerom 100, 150 i 200cm, ali su u opticaju i međudimenzije sa promjerom 110, 140, 180, 210 i 240cm.

Da li će tipske prefabrikovane cijevi (armirane ili nearmirane) biti obložene sa betonom zavisi od visine pokrivača nasipa iznad propusta, položaja ugrađivanja u nasipu, širokom odkopu (širina odkopa pri dnu je veća od 3 Ø cijevi) ili rovu (širina odkopa pri dnu je manja od 3 Ø cijevi) te od saobraćajnog opterećenja na kolovozu.

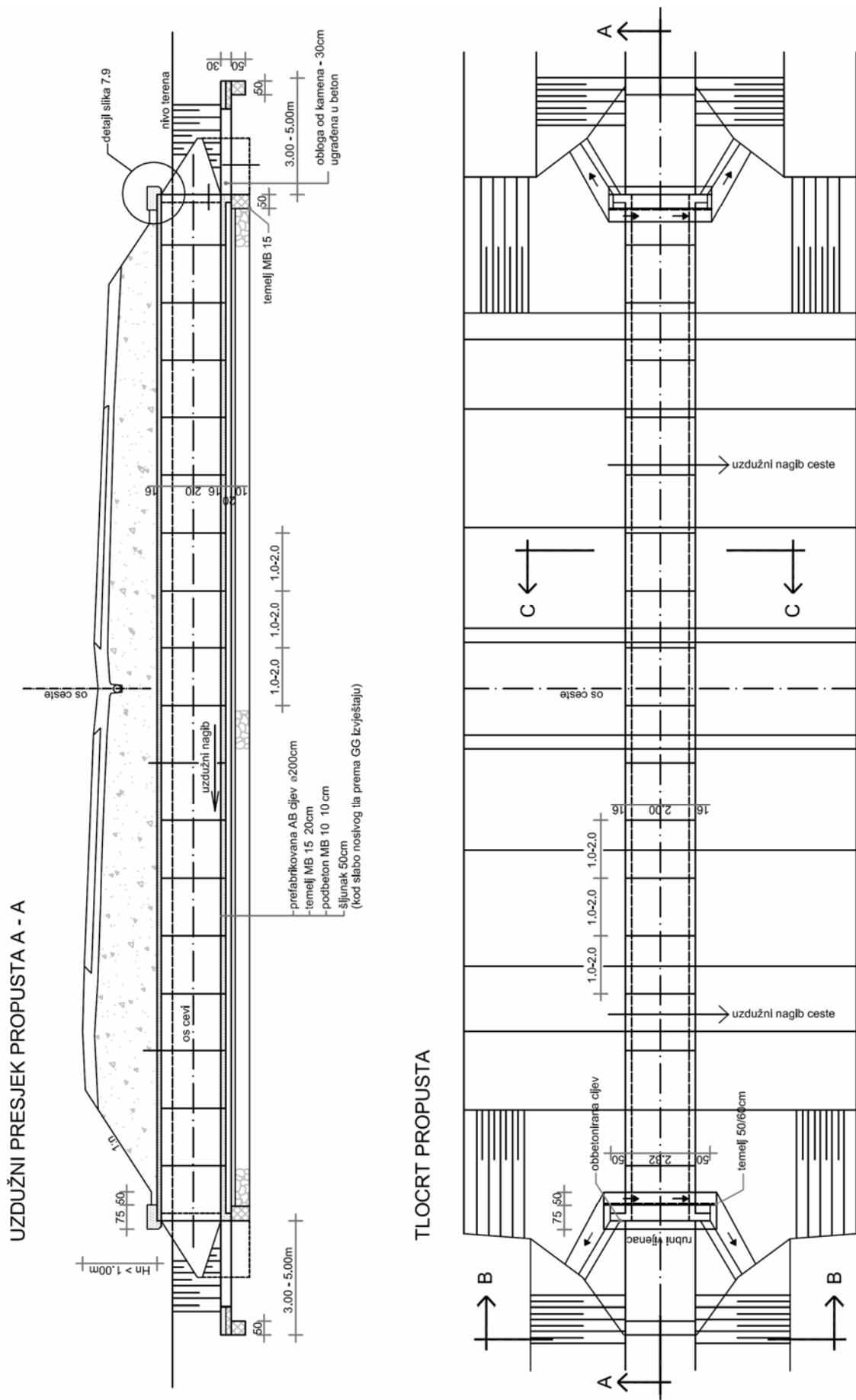
Minimalna visina pokrivača iznad cjevastih propusta je 100cm. Manje debljine nisu dozvoljene, pošto je raznos saobraćajnih opterećenja mali pa su ova opterećenja previše koncentrisana.

U tabeli 1 su pregledno prikazani tipovi cjevastih, sandučastih i zasvedenih propusta sa osnovnim dimenzijama (otvor, visina, debljina nosivog elementa), podacima o materijalima, namjeni i načinu izgradnje

Na slikama 6.2 i 6.3 prikazani su primjeri dispozicije cjevastog propusta Ø 200cm. U poprečnim presjecima prikazana je varijanta sa betonom ojačanom (obloženim) i neobloženim cijevima.

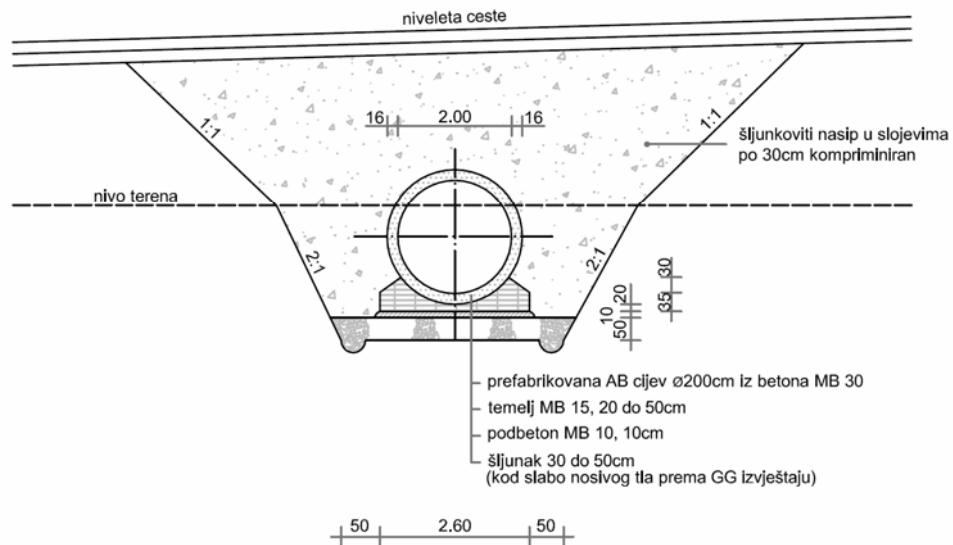
Pošto se cjevasti propusti upotrebljavaju za manje vodotoke, onda su i njihovi otvori manji što ima za posljedicu teže održavanje i čišćenje. Uvijek treba nastojati da su poprečni presjeci tako veliki da se normalno mogu izvoditi radovi na održavanju i čišćenju. Radi toga cjevasti propusti moraju imati odgovarajući promjer koji u mnogome zavisi i od same dužine objekta što je posebno dato u tački 6.1.

TABELARNI PRIKAZ TIPOVA PROPUSTA					TABELA 1
TIP	DIMENZIJE visina nasipa Hn otvor O visina H debljina d	MATERIJAL	POPREČNI PRESJEK	NAMJENA	• Način izrade • Zaštita dna
CJEVASTI PROPUSTI	Hn > 1.00m Ø100 (110) d ≥ 10cm	cev MB 30 obbetonir.MB 20 armatura RA 400/500-2		- za vodu	- montažni - bez obloge
	Hn > 1.00m Ø150 (140,180) d ≥ 13cm	cev MB 30 obbetonir.MB 20 armatura RA 400/500-2		- za vodu	- montažni - obloga pri Vteor.>10m/s
	Hn > 1.00m Ø200 (210,240) d ≥ 10cm	cev MB 30 obbetonir.MB 20 armatura RA 400/500-2		- za vodu	- montažni - obloga pri Vteor.>10m/s
SANDUČASTI PROPUSTI	Hn=0.40-5.00m O = 2.00m H = 1.50-3.50m d ≥ 25cm (30)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za manje životinje	- monolitni - obloga
	Hn=0.40-5.00m O = 3.00m H = 2.00-5.00m d ≥ 30cm (35)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za pješake - za životinje	- monolitni - obloga
	Hn=0.40-4.00m O = 4.00m H = 2.50-6.00m d ≥ 35cm (40)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za pješake - za životinje - za manja vozila	- monolitni - obloga
	Hn=0.40-3.00m O = 5.00m H = 3.00-7.00m d ≥ 40cm (45)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za pješake - za životinje - za manja vozila	- monolitni - obloga
ZASVEDENI PROPUSTI	Hn > 1.00m O = 2.00m (220) H = 2.00m d ≥ 20cm (25)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za manje životinje	- monolitni ili montažni - obloga
	Hn > 1.00m O = 3.00m H = 3.00m d ≥ 20cm (25)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za pješake - za životinje	- monolitni ili montažni - obloga
	Hn > 1.00m O = 4.00m H = 4.00m d ≥ 25cm (30)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za pješake - za životinje - za manja vozila	- monolitni - obloga
	Hn > 1.00m O = 5.00m H = 5.00m d ≥ 30cm (35)	beton MB 30 RA 400/500-2 MGA 500/560		- za vodu - za pješake - za životinje - za manja vozila	- monolitni - obloga

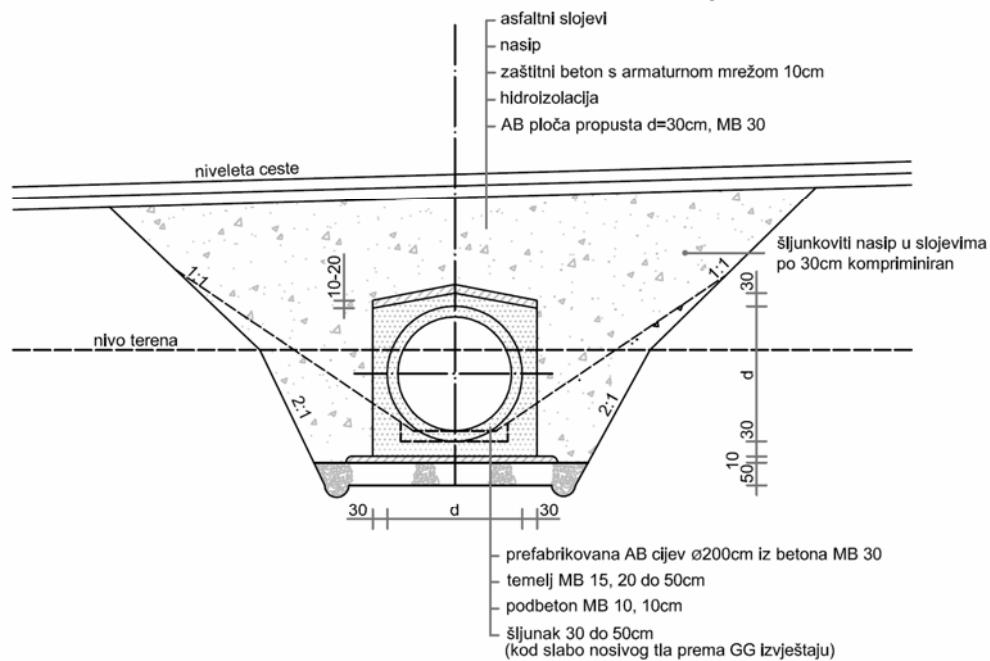


Slika 6.2: Tlocrt i uzdužni presjek cjevastog propusta otvora $\varnothing 200\text{cm}$.

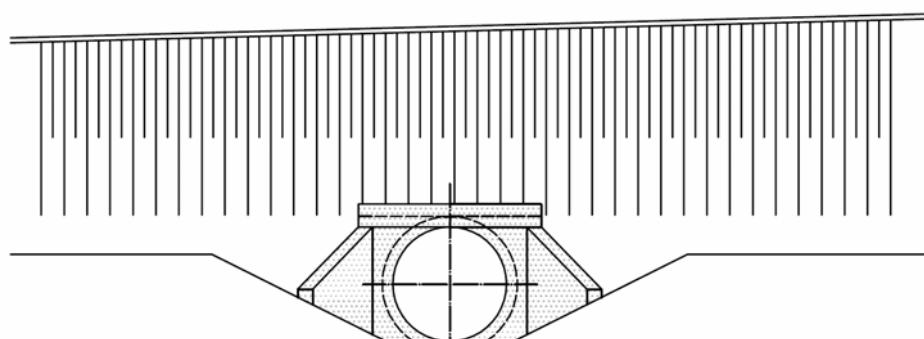
POPREČNI PRESJEK PROPUSTA C - C - neobetonirana cijev



POPREČNI PRESJEK PROPUSTA C - C - obetonirana cijev



POGLED B - B



Slika 6.3: Poprečni presjeci i pogled cjevastog propusta sa neobetoniranim i obetoniranim cijevima

6.3 Sandučasti propusti

Nosiva konstrukcija je zatvoreni sanduk-armirano-betonski okvir sa svijetlim otvorom od 2,00 do 5,00m sa betoniranjem na licu mjesta u monolitnoj izradi.

Slike br. 6.4 i 6.5 prikazuju primjere dispozicije sandučastih propusta otvora 3,00 / 2,50m sa paralelnim krilnim zidovima.

I kod ovoga tipa propusta treba obezbijediti normalan pregled i čišćenje objekta radi čega minimalni svjetli otvor iznosi 1,5m. U zavisnosti od situacije i potrebe, sandučasti propusti mogu imati visinu i do 7,00m.

Treba izbjegavati situacije kod kojih se kolovoz nalazi neposredno na ploči propusta. Ovakav visinski položaj propusta se dozvoljava samo u izuzetnim slučajevima. Minimalna visina pokrivača (nasip i tampon) iznad ploče je 40cm.

Kod sandučastih propusta širine 2,0m, visina se kreće od 1,50 do 3,50m. Debljina zidova i ploče mora biti jednaka ili veća od 25cm. U slučajevima kod kojih se vodonepropusnost obezbijeđuje sa ugrađivanjem vodonepropusnog betona, po principu »bijelih kada« onda debljina zidova i ploče mora biti 30cm. Visina pokrivača može varirati od 0,40 do 5,0m.

Sandučasti propusti sa širinom 3,0m imaju visinu od 2,00 do 5,00m. Debljine zidova i ploče moraju biti jednakе ili veće od 30cm. Pri ovakvim propustima pokrivač iznad ploče varira od 0,40 – 5,00m.

Propusti širine 4,00m mogu imati visinu od 2,50 do 6,00m. Debljina zidova i ploče treba da je veća od 35cm. Visina pokrivača iznad propusta kreće se u granicama između 0,40 i 4,00m.

Ako je objekat temeljen u tlu dobre nosivosti bez slijeganja, koji omogućava manju širinu temelja, onda je u ovakvim slučajevima opravdana primjena trakastog temeljenja.

Kod propusta širine 5,00m i visine od 3,00 do 7,00, debljina zidova i ploče mora biti jednaka ili veća od 40cm. Visina pokrivača varira od 0,40 do 3,00m. Ako su visine nasipa veće, bolje je upotrijebiti parabolične propuste. I kod propusta ove širine, temeljenje je na donjoj ploči ili na trakastim temeljima pod uslovom da su nosiva tla dobra i bez slijeganja.

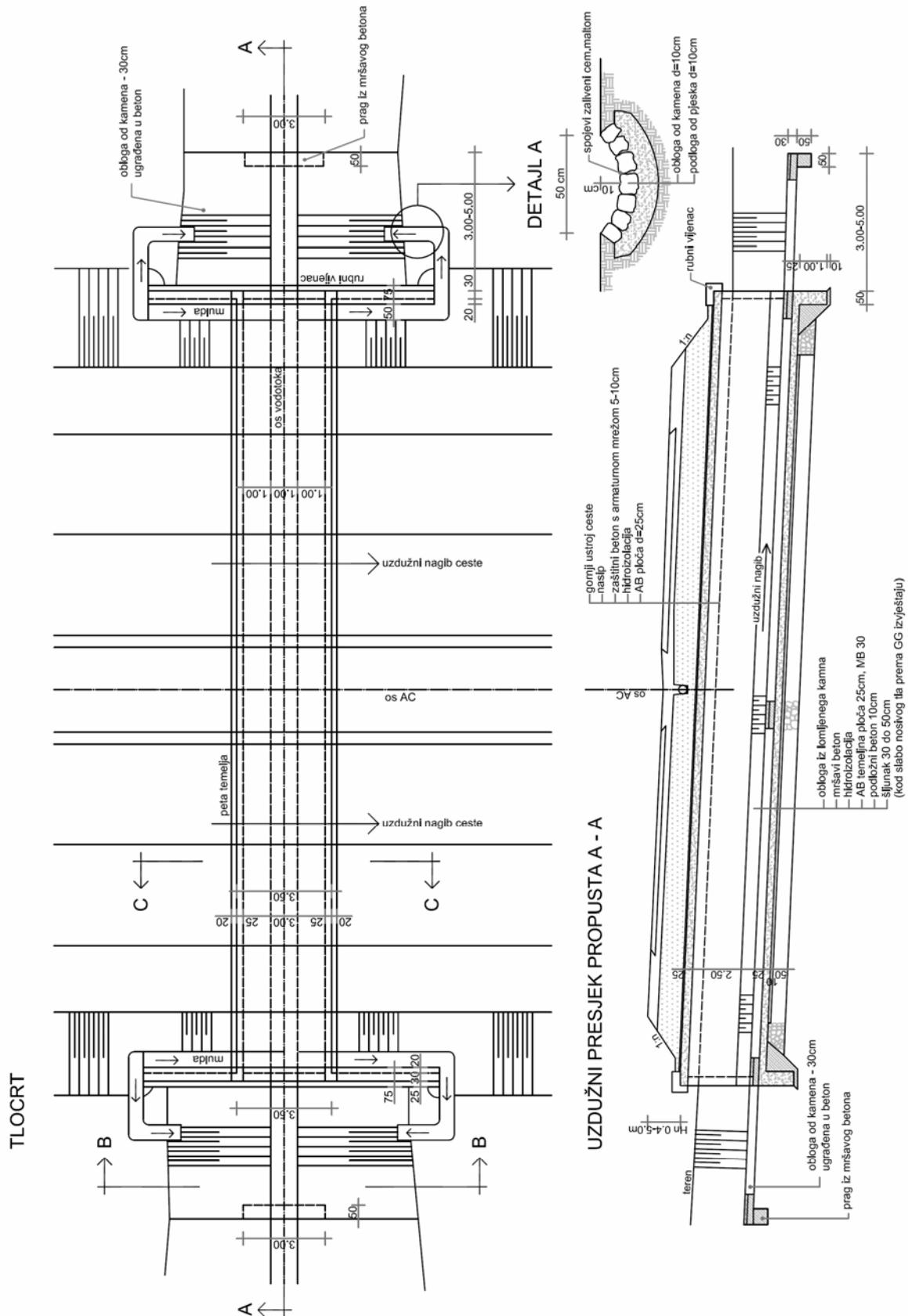
6.4 Zasvedeni propusti

Kod ovih propusta nosiva konstrukcija je sastavljena iz temeljne ploče i gornjeg dijela u obliku svoda. Gornji dio može imati oblik dijela kruga, parabole ili kombinacije više krivulja. Veza temeljne ploče i svoda može biti čvrsta – upeta ili zglobna. Koja će se veza primijeniti zavisi od izabrane tehnologije izgradnje objekta (montažna ili monolitna).

Na slikama br. 6.6 i 6.7 su date dispozicije propusta u obliku svoda sa otvorom 2,00 / 2,00m.

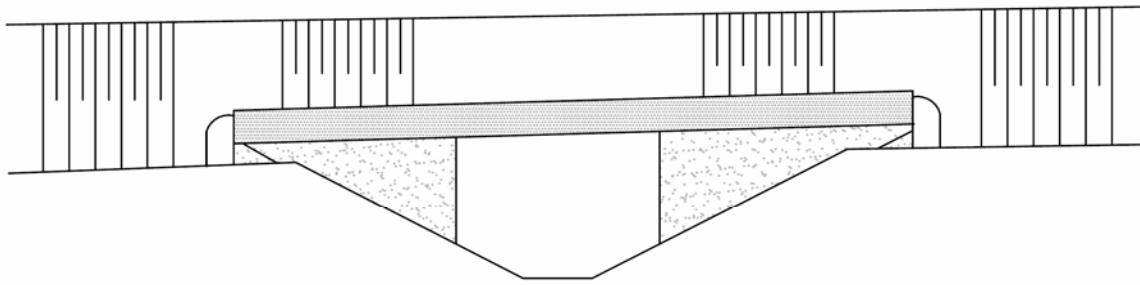
Svjetla širina i visina propusta u obliku svoda, varira između 2,00 i 5,00m.

Debljina svoda treba da je jednaka ili veća od 20cm, ako propusti u obliku svoda imaju visinu i širinu 2,0 odnosno 3,0m. Kod propusta sa svjetlom širinom i visinom od 4,0m, debljina svoda mora biti jednaka ili veća od 25cm. Minimalnu debljinu svoda od 30cm imaju propusti širine i visine od 5,0m.

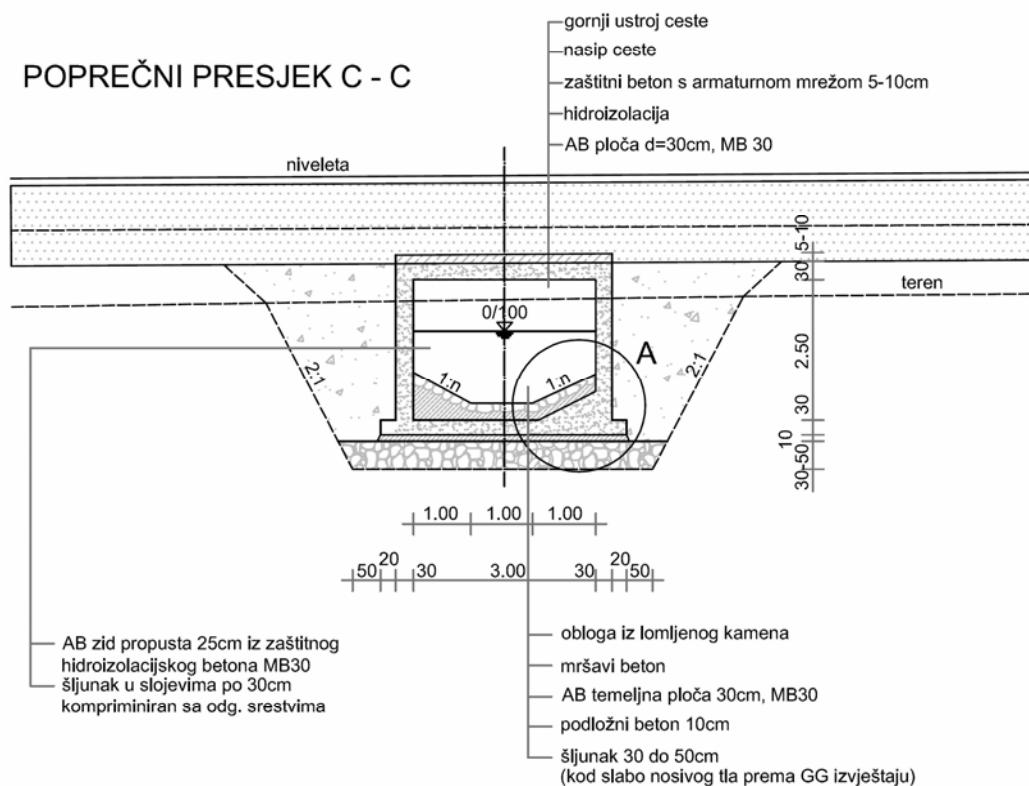


Slika 6.4: Primjer dispozicije sandučastog propusta otvora 3,00 / 2,50 m sa paralelnim krilima

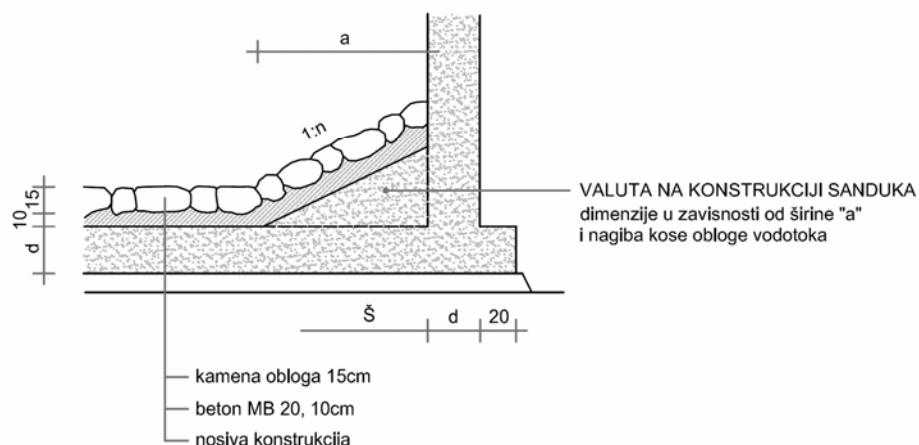
POGLED B - B



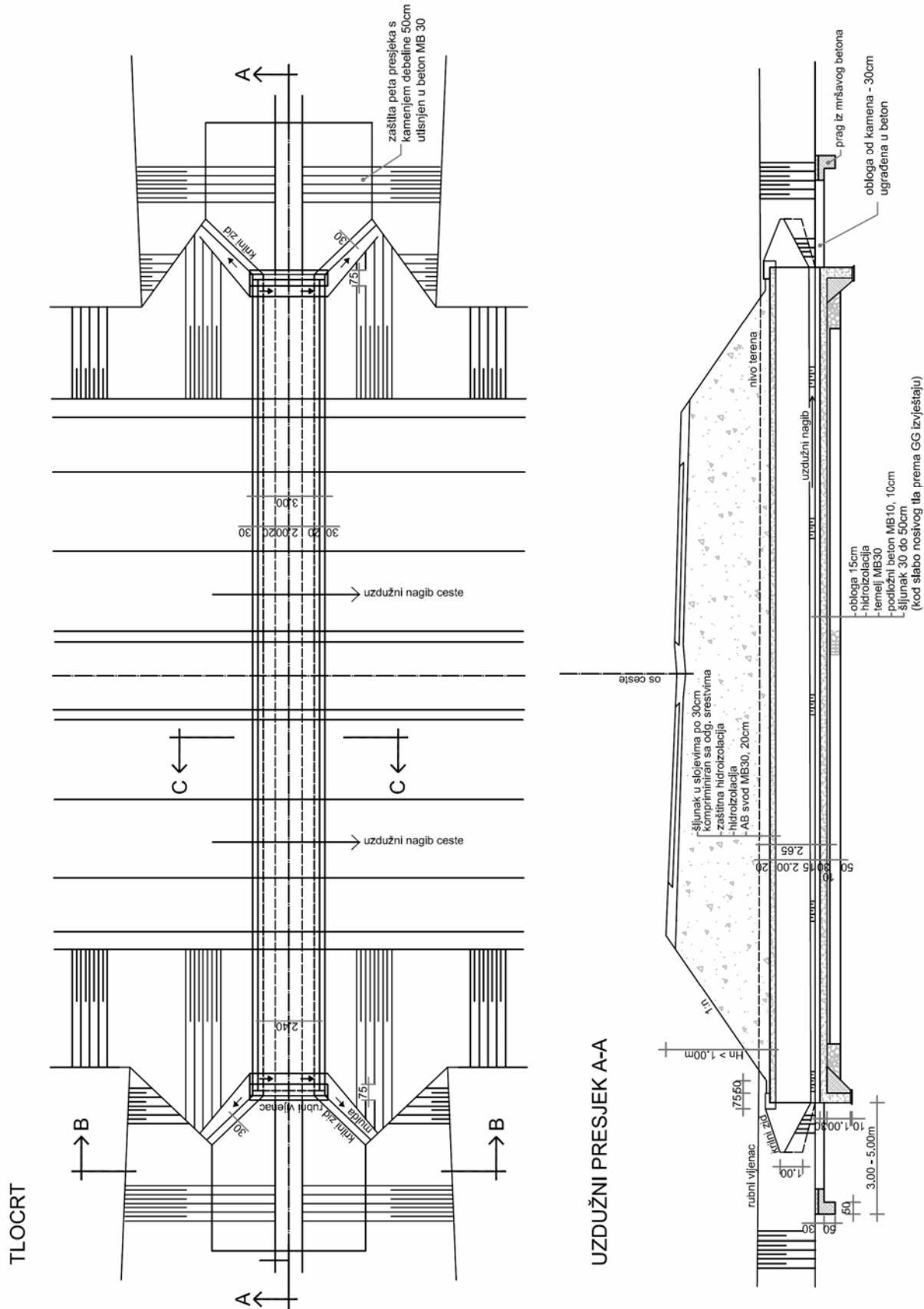
POPREČNI PRESJEK C - C



DETAJL A

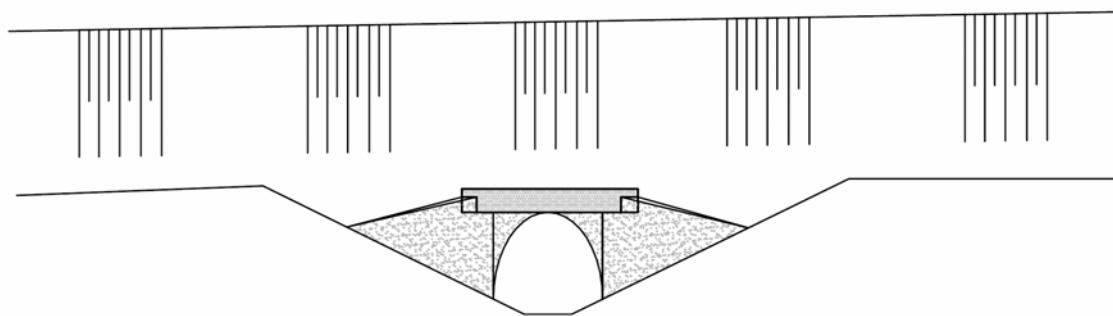


Slika 6.5: Pogled B-B, poprečni presjek C-C sandučastog propusta iz slike 6.4 sa detaljom obloge dna sandučastog propusta



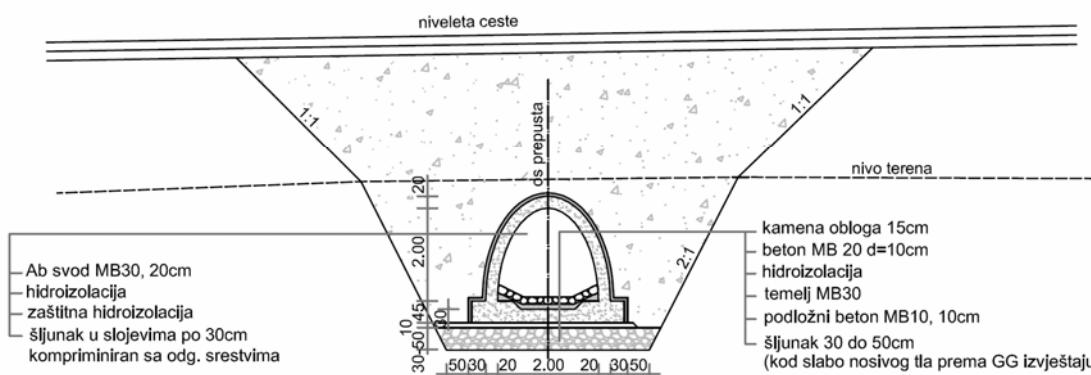
Slika 6.6: Primjer dispozicije propusta u obliku svoda otvora 2,00 / 2,00 m

POGLED B - B



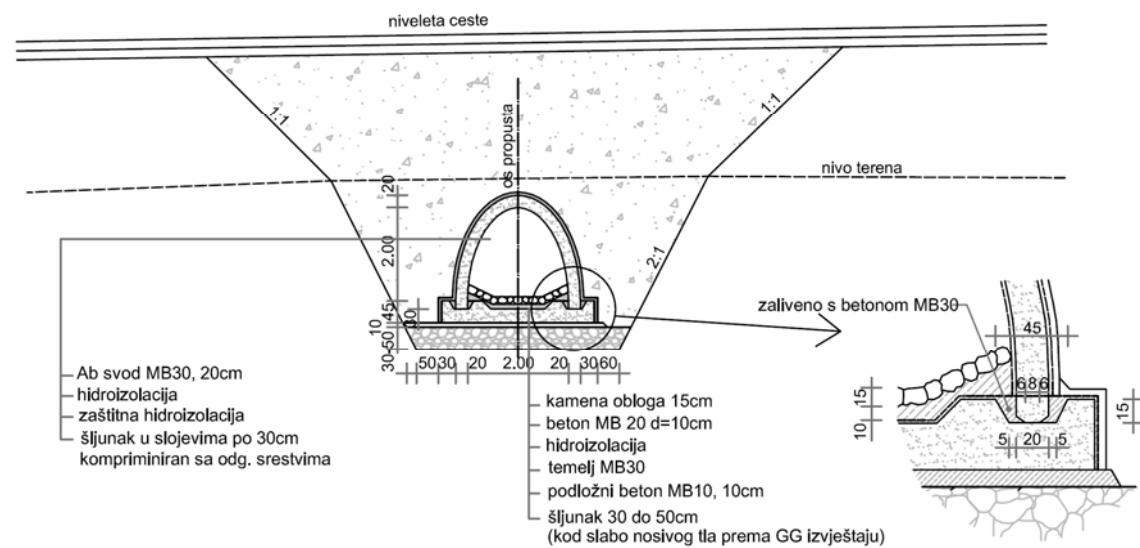
POPREČNI PRESJEK C - C

MONOLITNA IZVEDBA



POPREČNI PRESJEK C - C

MONTAŽNA IZVEDBA



Slika 6.7: Pogled B-B, poprečni presjek C-C za monolitnu izvedbu i C-C za izvedbu montažne izgradnje propusta iz slike 6.6 sa detaljem spoja montažnog svoda i temeljne ploče

7. KONSTRUKTIVNA RJEŠENJA NA KONSTRUKCIJI PROPUSTA

7.1 Temeljenje

Dno temelja odnosno temeljne ploče obično je određeno sa niveletom vodotoka, niveletom puta ili pješačke staze koje prolaze kroz propust.

Propusti po pravilu imaju plitko temeljenje. Ako se uzme u obzir, da su propusti u većini slučajeva ugrađeni ispod nasipa, onda se propust sliježe zajedno sa nasipom, radi čega se njihovo plitko temeljenje u potpunosti opravdava.

Propust se po pravilu ne smije temeljiti u nasip. Temelji moraju biti u prirodnom terenu. Posebno su nepoželjni primjeri kod kojih se dio propusta temelji u nasipu, a dio u prirodnom terenu. Ako se takvi slučajevi ne mogu izbjegići, onda treba preduzeti neophodne mjere u nasipu i konstrukciji radi sprečavanja različitih slijeganja.

Na ulaznom i izlaznom dijelu propusta treba predvidjeti zaštitne pragove za sprečavanje erozije temelja.

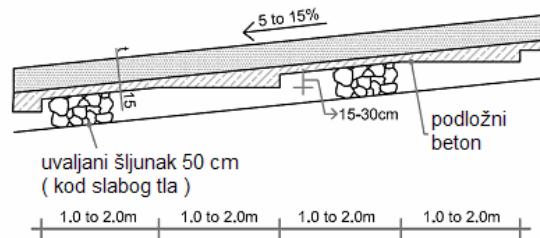
Kod cjevastih propusta, koji su fundirani na dobro nosivom tlu i kod kojih ne postoji opasnost erozije, nisu potrebni temelji po cijeloj dužini propusta nego ih izvodimo samo na ulaznom i izlaznom dijelu. Ako su u pitanju slabo nosiva tla, konstrukciju propusta oslonimo na deblji sloj betona, a cijevi se obetoniraju.

Propusti sandučastog presjeka, sa svjetlim otvorima 2,00 i 3,00m, uvijek se temelje na temeljnoj ploči bez obzira jesu li u pitanju slabo ili dobro nosiva tla. Propusti sandučastog presjeka, sa otvorima 4,00 i 5,00m, mogu se temeljiti na ploči ili trakastim temeljima što zavisi od nosivosti i slijeganja temeljnog tla.

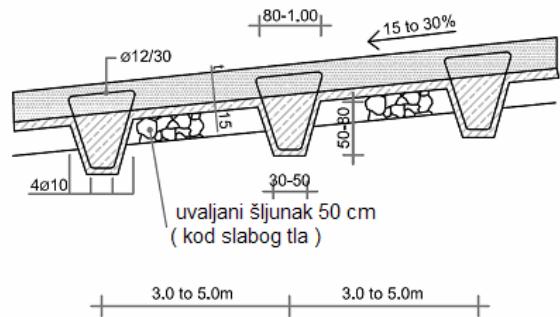
Propusti u obliku svoda moraju se uvijek temeljiti na ploči.

Dno propusta može imati manji ili veći uzdužni nagib koji je određen projektom uređenja vodotoka ili vodoprivrednim smjernicama, a isti su u skladu sa uslovima iz vodoprivredne saglasnosti. Uzdužni nagib ne smije biti manji od 0,5 %.

Temelji propusta su glatki, ako uzdužni nagib nije veći od 5 %. Ako je uzdužni nagib veći od 5% i manji od 15 % onda se mora donja površina temelja izvesti u obliku stepenica (slika 7.1). Ako je uzdužni nagib propusta između 15 i 30 % onda treba na svakih 2,0 do 3,0m izgraditi poprečne pragove za sidranje (slika 7.2).



Slika 7.1: Stepenasti temelji propusta za nagibe od 5 – 15 %



Slika 7.2: Temelji propusta za nagibe 15-30 %

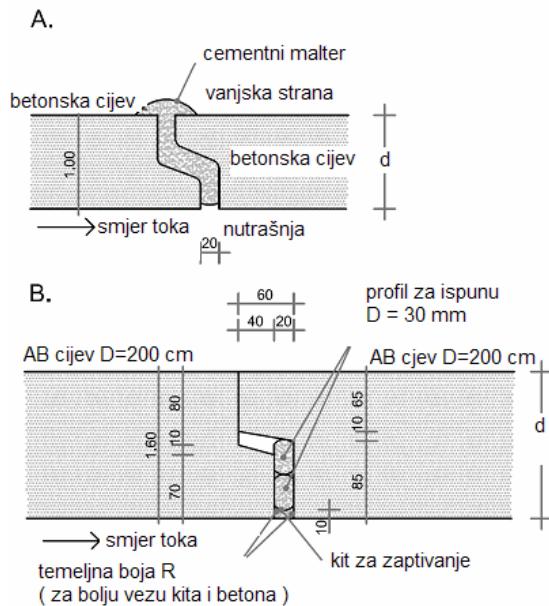
7.2 Poprečno dilatiranje

Izvođenje poprečnih spojnica zavisi od dužine objekta, visine nasipa iznad objekta i od karakteristika temeljnog tla (prije svega slijeganja).

Poprečne spojnice treba izvoditi kod propusta većih dužina koji su betonirani na licu mjesta. Treba nastojati da poprečnih spojnicima ima što manje. Sa statičkim proračunom treba odrediti uticaje i u poduznom smjeru i odrediti potrebnu poduznu armaturu.

Posebnu pažnju treba posvetiti poprečnim spojnicama kod cjevastih propusta koji se izrađuju iz prefabrikovanih cijevi.

Detalji obrade poprečnih spojeva za propuste izrađene iz montažnih cijevi prikazani su na slici 7.3.

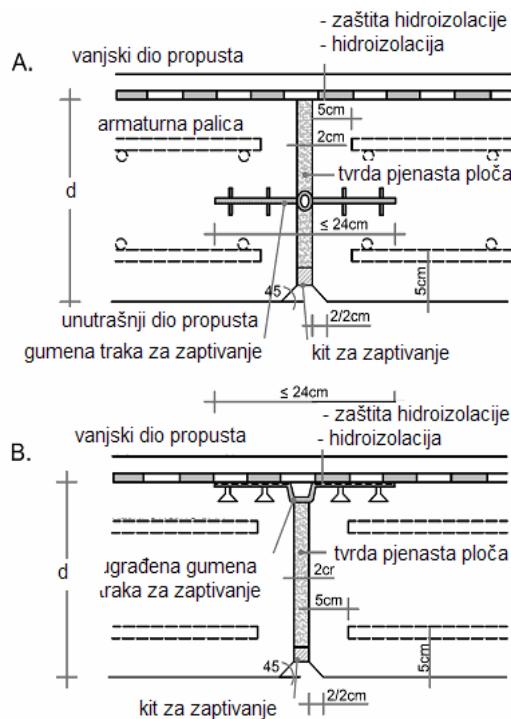


Slika 7.3: Detajl spoja kod propusta iz montažnih cijevi

A: za $\varnothing 100 \text{ cm}$ ($\varnothing 150 \text{ cm}$)
B: za $\varnothing 200 \text{ cm}$

Poprečne spojnica treba izvoditi i u slučajevima kada se radi o slojevima različitih debljina i vrijednosti slijeganja, odnosno kod svih slučajeva gdje se očekuju diferenčna slijeganja.

Detalj obrade poprečne spojnica, kod monolitno izvedenih sandučastih i zasvedenih propusta, prikazan je na slici 7.4. Pod A prikazan je slučaj, kada je trak za zaptivanje ugrađen u sredini zida koji je komplikovaniji za izvođenje, prije svega oplate i armature. Pod B prikazan je slučaj takozvane trake za opлатu.



Slika 7.4: Detajl izrade zaptivanja spojeva kod monolitno izvedenih sandučastih i zasvedenih

7.3 Armiranje

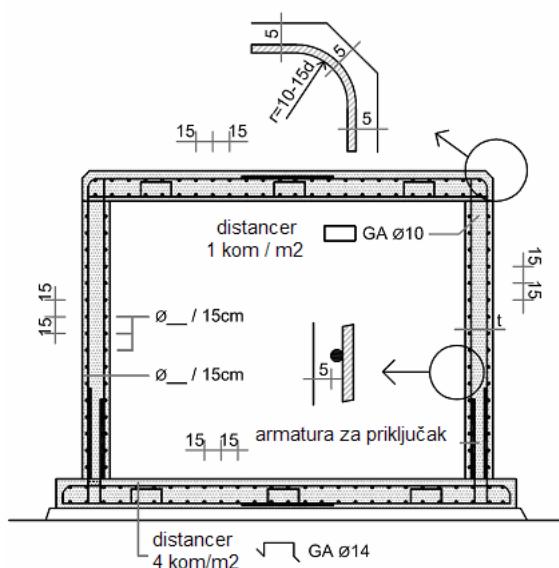
Armiranje treba izvoditi u skladu z PS 1.2.1.

Količinu i vrstu armature treba dokazati sa statičkim proračunom.

Posebnu pažnju treba posvetiti detaljima i zaštitnom sloju betona koji su najvažniji za dužinu trajanja objekta. Radi toga zaštitni sloj mora biti 5cm sa unutrašnje i vanjske strane.

Kod cjevastih propusta $\varnothing 100$ i 150cm armatura se ugrađuje u sredini debljine cijevi, a služi za preuzimanje opterećenja pri transportu i montaži, kao i za preuzimanje opterećenja od svježeg zaštitnog betona oko cijevi. Armatura obloženog betona mora preuzeti težinu nasipa i saobraćajno opterećenje.

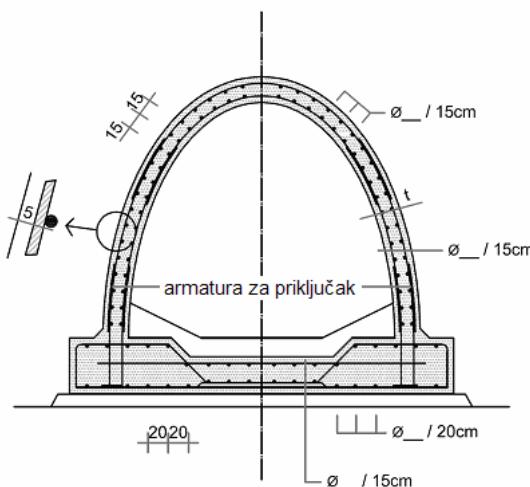
Prefabrikovane cijevi $\varnothing 200 \text{ cm}$ su armirane sa dvostrukom armaturom po čitavom obodu. Mogu biti armirane sa jednostrukom armaturom koja ima promjenljivi položaj uz ugrađivanje dodatne armature u suprotnoj zoni.



Slika 7.5: Princip armiranja sandučastog propusta

Ako se u prefabrikovanu cijev ne može ugraditi armatura pri njenoj izradi, onda takvu cijev treba obložiti sa betonom. U ovakvim slučajevima armatura se izvodi na isti način kao što je to opisano kod cijevi \varnothing 100 i 150 cm.

Slučaj armiranja sandučastih propusta prikazan je na slici 7.5, a armiranje propusta u obliku svoda prikazan je na slici 7.6.



Slika 7.6: Princip armiranja propusta u obliku svoda

7.4 Prelazne ploče

Kod propusta u obliku cijevi i svoda ne upotrebljavaju se prelazne ploče.

Kod sandučastih propusta prelazne ploče treba projektovati u skladu sa PS 1.2.8.

U izuzetnim slučajevima u kojima se završni sloj kolovozne konstrukcije nalazi odmah na konstrukciji, a preko objekta prolazi put nižeg reda onda se može prelaz sa kolovoza puta na kolovoz objekta izvesti na način koji je prikazan u PS 1.2.8, pod uslovom da je objekat temeljen na dobrom tlu i nasip nije visok.

U slučaju da preko objekta prelazi autoput (bez pokrivača), ako je objekat temeljen u slabo nosivom tlu, ili se iznad objekta nalazi nizak nasip onda treba izvesti prelazne ploče prema upustvima iz smjernice PS 1.2.8.

U običnim primjerima u kojima je debljina pokrivača 40cm i više, prelaz sa kolovoza propusta na kolovoz puta treba izvesti prema upustvima iz smjernice PS 1.2.8.

7.5 Odvodnjavanje i izolacija

Kod neobetoniranih cjevastih i propusta u obliku svoda, voda otiče sa konstrukcije veoma brzo radi samog oblika poprečnog presjeka. Kod obetoniranih cjevnih i sandučastih propusta potrebno je obezbijediti oticanje vode sa gornje površine pomoću primjernog podužnog i poprečnog nagiba. Obično se to obezbeđuje sa krovnim nagibom gornje ploče objekta (min. 2,5 %).

Da bi se spriječilo skupljanje vode uz objekat, radi čega mogu nastupiti dodatni hidrostatički pritisci, mora se izgraditi filterski sloj (ako nasip nije iz šljunkovitog materijala i omogućiti brzo oticanje vode iza zaleda objekta. Ako se dno temelja nalazi u vodopropusnom tlu dovoljno je da se filterski sloj direktno poveže sa vodopropusnim tlom. Ako se temelj nalazi u vodonepropusnom tlu onda treba, po dužini objekta, izvesti drenažu.

Radi sprečavanja uticaja vlage treba konstrukciju svakoga propusta zaštititi. Gornja površina se zaštiti sa "crnom" hidroizolacijom. Vodonepropusnost zidova, donje ploče i krila postiže se izradom vodonepropusnog betona.

Neobetonirane cjevaste propuste i propuste u obliku svoda u cjelini te gornju površinu sandučastih i obbetoniranih cjevastih propusta treba zaštiti na uticaj vlage sa hidroizoalcijom koja se sastoji iz jednoslojnih varenih bitumenskih traka koje se na odgovarajući način zaštite od mehaničkih oštećenja. Kod neobetoniranih cjevastih propusta i propusta u obliku svoda zaštita se izvodi sa čepastim plastičnim folijama ili drenažnim tkaninama. Kod sandučastih i obbetoniranih cjevastih propusta kod kojih je gornja površina izolirana zaštita izolacije se izvede sa zaštitnim betonom debljine 5-10cm armiranim sa mrežama Q 133 (\varnothing 4,6mm / 10cm).

Najvažnije mjere koje treba preduzeti za obezbijeđenje vodonepropusnosti su slijedeće:

- konstruktivne mjere: (radni spojevi, dilatacije, predviđena mesta pojave pukotina)
- namjenske tehnološke mjere za beton
- pažljiva izrada povezana sa odgovarajućim i dovoljno dugim periodom njegovanja svježeg betona
- ograničenje pukotina na 0,2mm sa ugrađivanjem odgovarajuće armature.

I pored obezbijeđenja vodonepropusnosti zidova po principu "bijelih kada" potrebno je, na mjestima vertikalnih radnih spojeva i dilatacija, izvesti dodatnu hidroizolaciju iz bitumenskih traka širine 1,0m (0,5m lijevo i desno od spoja).

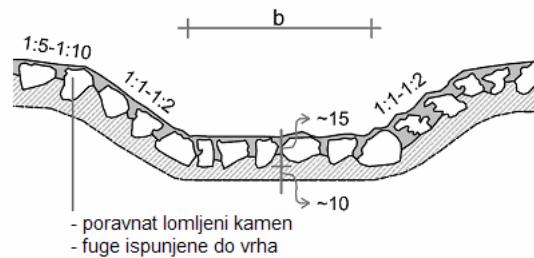
7.6 Obloga za zaštitu dna

Zaštitno oblaganje dna propusta izvodi se radi obezbijeđenja boljeg hidrauličnog profila kod manjih količina proticanja i radi zaštite od abrazije. Obloga može biti iz kamena u betonu ili samog betona koji je otporan na habanje (vlaknasti beton, agregat iz eruptivnog kamena).

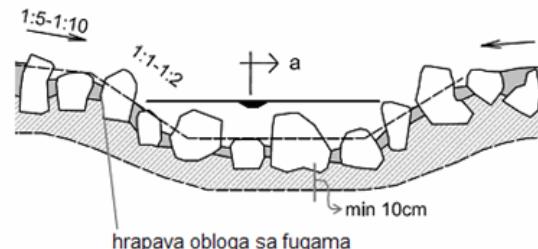
Hrapavost obloge zavisi od podužnog nagiba propusta. Kod nagiba do 5 % obloga može biti glatka, ili su fuge između kamenja ispunjene do vrha sa betonom (slika 7.7). Ako se nagib kreće između 5 i 15 % onda fuge, između pojedinih kamenja treba da budu duboke od 5 do 15cm (slika 7.8). Ako je podužni nagib između 15 i 30 % onda oblik i način izrade treba prilagoditi hidrauličko-hidrotehničkim uslovima odvojeno za svaki pojedini slučaj. Propusti sa nagibom većim od 30 % se ne izvode.

Obloga je obično u obliku trapeza čije stranice pri dну imaju nagib 1 : n.

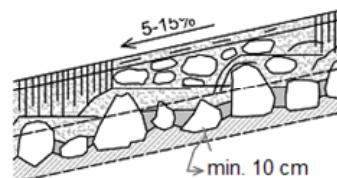
Zaštitna obloga propusta se produžava, na uzvodnoj i nizvodnoj strani za 3,0 - 5,0m radi postizanja dodatne sigurnosti protiv erozije. Ova obloga se zaključuje sa poprečnim pragom na isti način kao što je to opisano kod zaštite temelja propusta.



Slika 7.7: Zaštitna obloga dna propusta za nagibe do 5 %



PRESJEK A



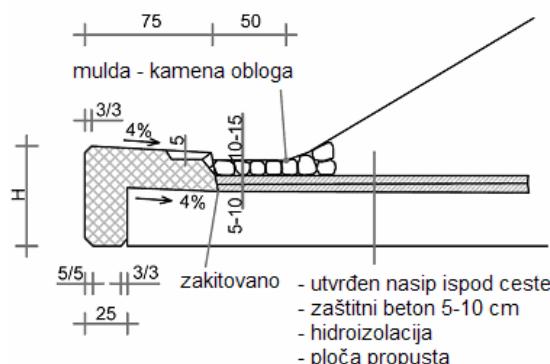
Slika 7.8: Zaštitna obloga dna propusta za nagibe 5-15 %

Kod cjevastih propusta obloga nije potrebna jer sam oblik propusta obezbjeđuje dodar protok vode i kod manjeg nivoa vode. Iz ovoga se izuzimaju slučajevi kod kojih nastupaju velike protočne brzine.

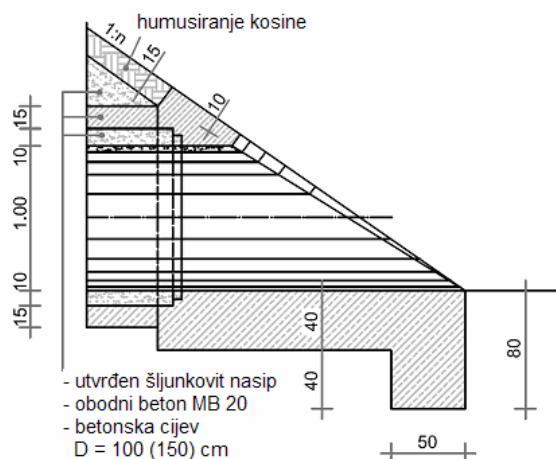
7.7 Ulagani i izlagani dio

Uzvodne (gornje) i nizvodne (donje) dijelove propusta treba zaključiti sa obadvije strane pomoću krila koja moraju biti konstruisana tako, da obezbijeđuju što bolje usmjeravanje vode u propust, što brže oticanje vode iz njega i kvalitetno sprečavanje osipanja pokosa u korito vodotoka.

Gornja ploča, odnosno čeoni zid završava se sa rubnim vijencem kod sandučastih, zasvedenih i cjevastih propusta $\varnothing 200$ cm. Ovaj vijenac obezbeđuje efikasno odvodnjavanje padine iznad objekta i istovremeno sprječava osipanje nasipa preko ruba objekta u korito rijeke. Na slici 7.9 prikazan je primjer rješenja rubnog – krajnjeg vijenca kada je visina pokrivača iznad ploče veća od cca 40cm.



Slika 7.9: Detajl izrade rubnog vijenca



Slika 7.10: Detajl završetka cjevastog propusta $\varnothing 100$ cm ($\varnothing 150$ cm)

Kod manjih cjevastih propusta krila zamjenjuje glava koja se izvede u nagibu kosine nasipa, kao što je prikazano na slici 7.10.

Ulagani i izlagani dijelovi propusta na strmom terenu se projektiraju za svaki propust posebno, zavisi od morfologije i geološke građe terena i upliva koje diktira karakter vodotoka.

8. STATIČKI RAČUN PROPUSTA

Opterećenja i uticaji su prema važećim propisima i prema smjernici PS 1.2.1.

Statički račun propusta izvodi se u skladu s načelima koji važe i za ostale objekte.

Kod izrade statičkog računa uzimaju se slijedeća opterećenja:

- vlastita težina
- vertikalni pritisak zemlje
- horizontalni pritisak zemlje
- saobraćajno opterećenje
- uticaj slijeganja

Vlastita težina se uzima u obzir na isti način kao i kod ostalih objekata. Kod propusta sa visokim zasipom, vlastita težina ima mali uticaj na unutrašnje količine.

Najvažnije i najteže je odrediti prave vrijednosti vertikalnih pritisaka zemlje. Oni zavise od visine nasipa, vrste materijala (specifična težina, ugla unutrašnjega trenja i modula stisljivosti), te od toga je li objekat ukopan u prirodni teren i kakav ima položaj u nasipu. Horizontalni pritisak zemlje zavisi od istih faktora kao i vertikalni.

Pri proračunu horizontalnih i vertikalnih pritisaka, kod propusta sa visokim nasipima, mogu nastupiti razlike veličina sa faktorom 2 u zavisnosti od metode proračuna (Terzaghi – Birbaummer). Zato treba sa puno pažnje izabrati metodu, a u svakom slučaju izvršiti kontrolu sa najmanje dvije metode.

Kod statičke analize propusta opterećenje od saobraćaja uzima se u obzir na isti način kao i kod drugih objekata, ali sa tom razlikom da se njegov uticaj na propust prenosi preko nasipa. Radi toga treba uzeti u obzir raznos opterećenja koji zavisi od karakteristika materijala i položaja propusta u nasipu.

Uticaj slijeganja treba provjeriti prije svega u poduznom smjeru objekta. U koliko su diferenčna slijeganja tako velika, da ih konstrukcija ne može preuzeti, onda treba predvidjeti poprečne spojnice – dilatacije po dužini objekta.

9. USLOVI ZA IZGRADNJU PROPUSTA

Cjevasti propusti se isključivo grade od prefabrikovanih cijevi, armiranih ili nearmiranih, sa ili bez betonske obloge.

Sandučasti i zasvedeni propusti mogu biti izgrađeni kao monolitni na licu mjesta ili sastavljeni iz montažnih elemenata. Izbor načina izgradnje zavisi od obima, organizacije izvođača te udaljenosti tvornice montažnih elemenata od lokacije objekta.

Izbor načina gradnje u mnogome zavisi i od veličine poprečnog presjeka propusta. Kod velikih presjeka montažna gradnja nije pogodna zbog otežanog transporta i montaže velikih i teških elemenata.

Način izbora gradnje umnogome zavisi od geoloških prilika. Ako geološke prilike zahtijevaju gustu primjenu poprečnih spojnica – dilatacija, onda je opravdana upotreba montažne gradnje pod uslovom da su ispunjeni uslovi navedeni u prethodnoj tački.

Posebnu brigu treba posvetiti obradi spojnica kod objekata koji se grade iz montažnih elemenata.

Propusti sa manjim otvorima i u niskim nasipima se grade na taj način da se izgrađeni nasip prokopa i ugradi propust. Ako su propusti većih otvora i ugrađuju se u visoke nasipe, onda se prvo izgrade objekti, a nakon toga nasipi.

Zatrpanjanje propusta se izvodi istovremeno sa obadvije strane u slojevima po 30cm koji se pažljivo komprimiraju sa lakim srestvima. Poželjeno je da se zasipni klinovi grade iz šlučanih ili kamenitih materiala.