

PROVODNICI VODE (hirotehničke građevine za transport vode)

- Voda se od mesta zahvata u prirodi do mesta korištenja dovodi provodnicima, koji se koriste i za distribuciju (raspodjelu) vode na mjestu korištenja, te za odvod vode natrag u prirodu. Provodnici se prvenstveno razlikuju prema konstrukciji, te ih u tom slučaju dijelimo na **kanale, tunele i cijevi (cjevovodi)**. Na provodnicima izvode se odgovarajuće građevine i ugrađuje prema potrebi oprema.

- Druga podjela prema kojoj se razlikuju provodnici odnosi se na uvjete tečenja te razlikujemo provodnike kod kojih je:
 - tečenje sa slobodnim vodnim licem i
 - tečenje pod tlakom.Kanali su u pravilu provodnici sa slobodnim vodnim licem a cjevovodi provodnici s tečenjem pod tlakom. Razlikujemo tunele s tečenjem sa slobodnim vodnim licem i tečenjem pod tlakom. U kanalizaciji (odvodnja naselja) koriste se cijevi s tečenjem sa slobodnim vodnim licem, kod kojih ovisno o rješenju povremeno nastupa i tečenje pod tlakom.

CJEVOVODI

Cjevovod je sustav povezanih cijevi i uređaja koji služe za provođenje i/ili raspadjelu (distribuciju) vode, plina, nafte i sl.

- CIJEV
 - Šuplji građevni ili strojarski proizvod, obično kružnog presjeka ali može biti, ovisno o namjeni i drugih presjeka (eliptičnih, jajolikih i sl)
 - Proizvodi se u različitim veličinama i od različitih materijala
 - Proizvodi se tvornički, te doprema i ugrađuje na mjestu korištenja (cijevi manjih dimenzija), ili se izvodi na licu mjesta (u cijelosti ili od dopremljenih dijelova – cijevi većih dimenzija).

Tvornički se cijevi proizvode u različitim veličinama i od različitih materijala.

Dimenzije cijevi (duljina, promjeri, debljina stijenki i dr) uglavnom su normirane.

Duljina cijevi je prilagođena transportnim uvjetima.

Na licu mesta se izvode armirano betonske i čelične cijevi većih dimenzija. Pri tome se limovi mogu savijati na gradilištu ili se dopremaju već savijeni, te se spajaju zavarivanjem na gradilištu.

- Cijevi u graditeljstvu služe
 - kao elementi za izradu cjevovoda, koji su namijenjeni za provođenje vode (transport vode)
 - za izradu metalnih konstrukcija kao i za izradu raznih vrsta građevinskih skela
 - za drenažu i navodnjavanje (posebne cijevi)

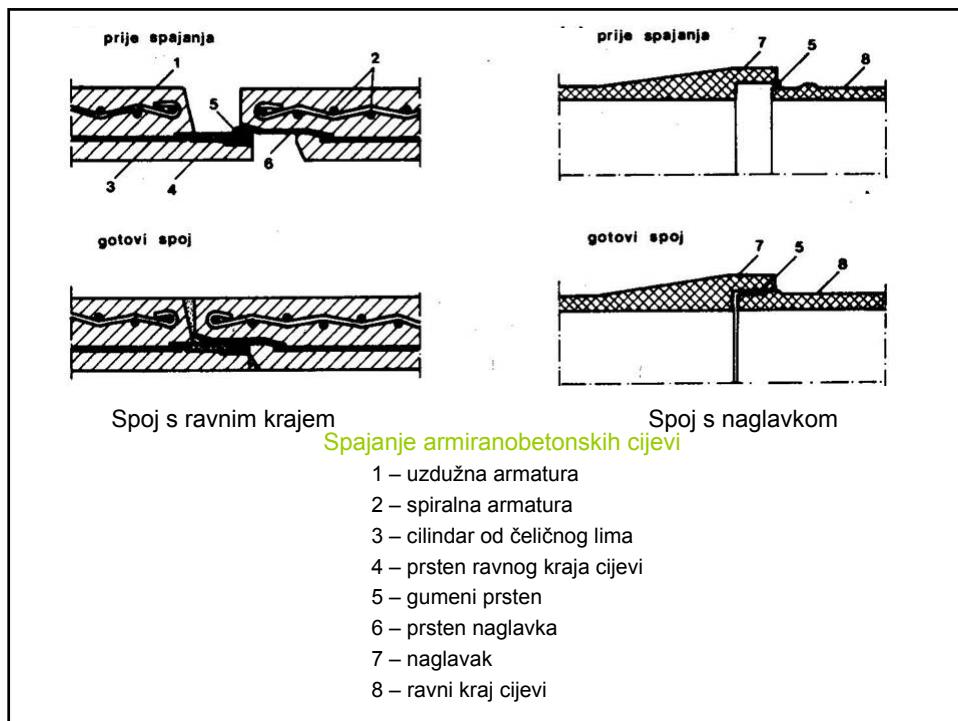
- U hidrotehničkoj se praksi cijevi koriste za izradu tlačnih cjevovoda za transport i distribuciju vode (vodoopskrba, navodnjavanje, hidroelektrane) te cjevovoda za odvod voda (odvodnja otpadnih i oborinskih voda), koji mogu biti s tečenjem sa slobodnim vodnim licem i povremeno pod tlakom.

- Cijevi se proizvode od različitih materijala:
 - armirano-betonske, prednapregnute armirano betonske,
 - čelične (šavne i bešavne)
 - lijevano željezne, nodularni lijev – duktilne
 - od umjetnih materijala raznih vrsta (plastika i drugi sintetički materijali)
 - keramičke i glinene
 - olovne,, bakrene i sl
 - gumene, cijevi od tkanine (vatrogasne)
 - drvene
 - (ranije i azbestcementne)

• ARMIRANOBETONSKE CIJEVI

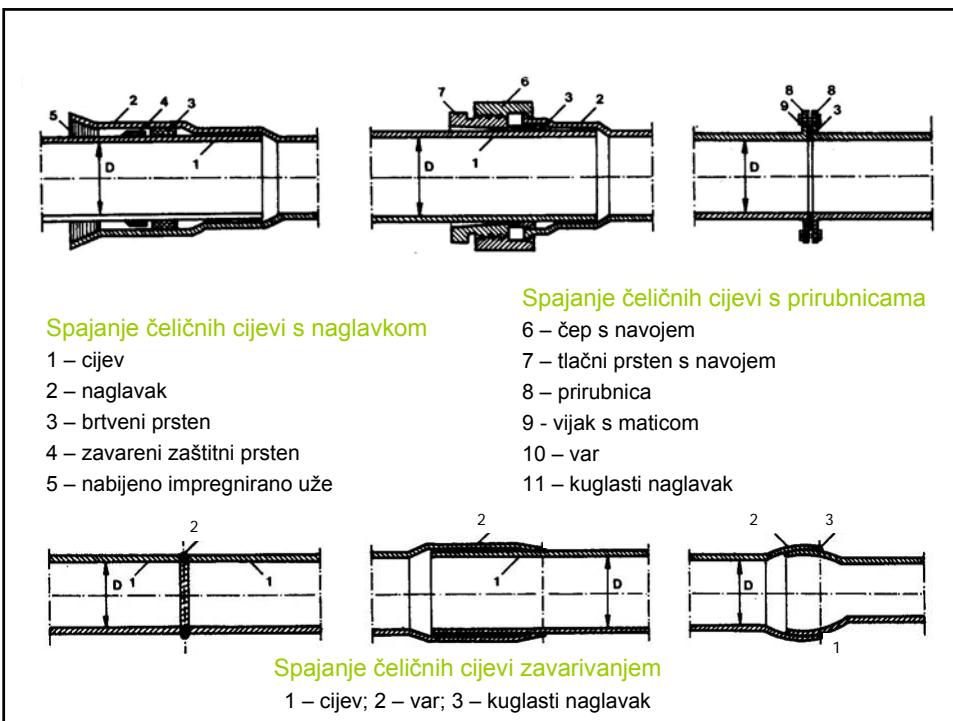
- Tvornički se izrađuju cijevi za tlak do 10 bara, unutarnjeg promjera od 300 do 3000 mm, duljine 4 - 6 m.
- Novim centrifugalnim postupcima omogućuje se proizvodnja cijevi tanjih stjenki i većih duljina.
- Prednosti u odnosu na čelične i lijevano željezne:
 - Postojanost na koroziju
 - Mala električna provodljivost
- Loše strane:
 - Velika težina cijevi
 - Velik broj spojeva (nedovoljna vodonepropusnost)
 - Velika hidraulička hraptavost
 - Osjetljivost betona na niz spojeva u agresivnim tlima (blizina mora), potrebno je provesti posebnu zaštitu cijevi
- Za izvođenje spojeva te ugradnju armatura koriste se čelični i lijevanoželjezni fazonski komadi s prirubnicama.





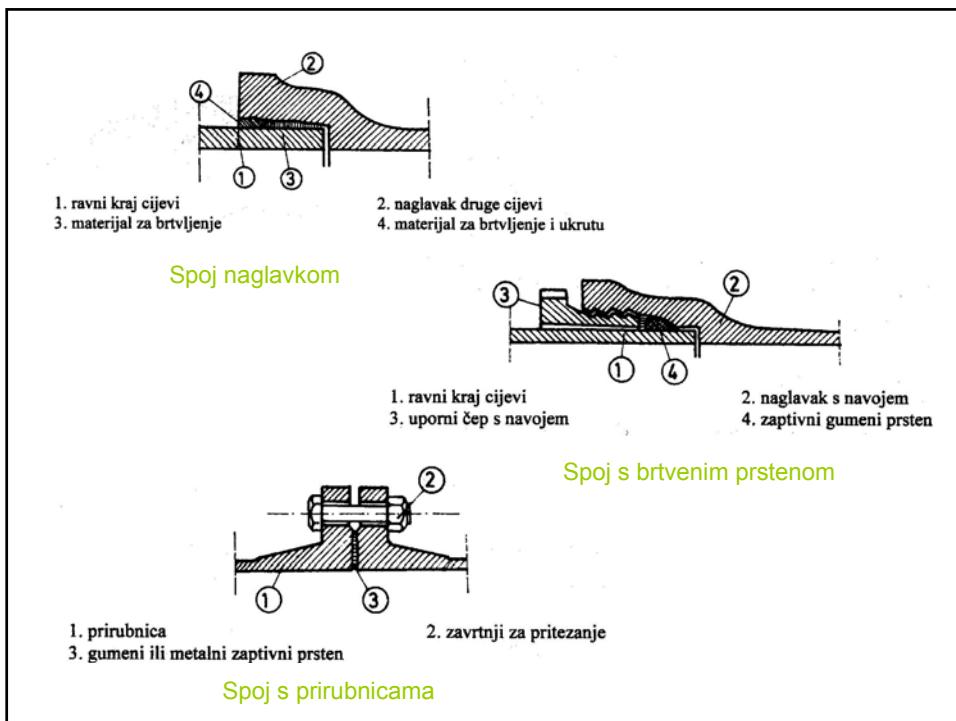
• ČELIČNE CIJEVI

- Ove cijevi imaju značajne prednosti u odnosu na lijevanoželjezne jer su čvršće i elastičnije te otpornije na lom, zato se koriste za dionice s velikim tlakovima i u uvjetima koji zahtijevaju otpor dinamičkim utjecajima i savijanjima.
- Izrađuju se od čeličnog lima s uzdužnim ili spiralnim varenjem (šavne cijevi) i valjanjem (bešavne cijevi).
- Bešavne su skuplje pa se koriste za dionice manjih profila (do 600 mm), dok se šavne koriste za profile veće od 600 mm sve do 1600 mm.
- Proizvode se u duljinama 4 - 12 m, za tlakove 10, 15, 25, 40, 60, 80 i 100 bara.
- Prednosti čeličnih cijevi:
 - Lagane su (jednostavne za transport i manipulaciju, tanje od ljev.želj.)
 - Mogu izdržati velike unutrašnje tlakove
 - Fleksibilne i otporne na udarce
 - Imaju dobra hidraulička svojstva (glatkoča stjenki)
- Nedostaci čeličnih cijevi:
 - Osjetljivost na koroziju (posebni zaštitni premazi bitumenom)
 - Visoka cijena
 - Potrebna zaštita od električne struje (tzv. katodna zaštita)
- Spajanje cijevi se izvodi kao spoj s naglavkom, spoj s prirubnicama i spoj zavarivanjem krajeva.



• CIJEVI OD LIJEVANOG ŽELJEZA

- Ove su cijevi najrasprostranjenije kod izvedbe vodovodnih mreža i svoj primat drže posljednjih 200 godina.
- Vijek trajanja im je preko 100 godina.
- Cijevi se proizvode:
 - Lijevanjem u kalupe
 - Centrifugalnim lijevanjem (tanje, čvršće i otpornije na udarce)
- Proizvode se za tlakove 10, 15 i 20 bara, unutarnjeg promjera 50 - 600 (700) mm i duljina 3 - 6 m.
- Lijevanoželjezne cijevi su neotporne na agresivne vode i sredine (more) pa zahtijevaju dodatnu zaštitu asfaltnim, bitumenskim i drugim premazima.
- Lijevanoželjezne cijevi spajaju se:
 - Spojem s naglavkom (kolčak)- manja vodonepropusnost
 - Spojem s prirubnicom (pelešom, flanšom) – veća nepropusnost
- Spajanje im je loša strana s obzirom na težinu i neelastičnost spojeva kod slijegavanja tla.
- U pogonu se javlja inkrustacija – taloženje vapnenca na stijenke.



• CIJEVI NODULARNOG LIJAVA – DUKTILNE

- Lijevanoželjezne cijevi proizvode se i tzv. **duktilnim lijevom**, dodaju se lijevu male količine magnezija.
- Novom tehnologijom uklanjuju se žarišta mogućih napuklina i lomova cijevi.
- Proizvode se u promjerima 60 – 1800 mm, duljine 6 m i za tlakove od 30 do 40 bara.
- Takve cijevi imaju unutrašnju i vanjsku zaštitu-izolaciju.

| Vrsta tla | Z a š t i t a | |
|----------------|---|---|
| | Vanjska zaštita | Unutarnja zaštita |
| Lako korozivna | standardna obloga od metaliziranog cinka + premaz bitumenom | centrifugalno primijenjen cementni mort |
| Vrlo korozivna | standardna + polietilenska obloga | aluminijev cementni mort |
| Jako korozivna | posebna poliuretanska obloga | |

Postupci zaštite cijevi

• PLASTIČNE CIJEVI ILI CIJEVI OD SINTETIČKIH MATERIJALA

- Počele su se koristiti u novije vrijeme (unazad 50-tak godina).
- Osnovne podjela je na:
 - Cijevi od PVC materijala
 - Cijevi od poliesterskih materijala
 - Cijevi od tvrdog polietilena (PE)
- Dobre strane plastičnih cijevi:
 - Velika otpornost prema koroziji (agresivna tla i vode)
 - Mala težina (lakši transport i ugradnja)
 - Otpornost na mraz
 - Otpornost na lutajuće struje
 - Mala toplinska provodljivost
 - Dobre hidrauličke osobine (glatkoča)
 - Laka obrada (rezanje, kraćenje)
- Loše strane plastičnih cijevi:
 - Znatno istezanje na visokim temperaturama
 - Zapaljivost
 - Opadanje čvrstoće kod temperatura većih od 20°C
 - Krutost PVC cijevi na temperaturama manjim od 0°C



PVC cijevi



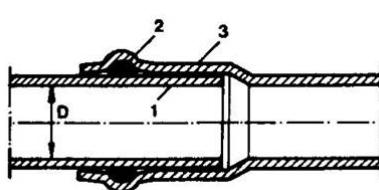
Poliesterske cijevi



Polietilenske cijevi



- Cijevi od PVC proizvode se od umjetne mase izrađene sintetičkom polimerizacijom vinil-klorida. Ugrijani granulat polivinilklorida potiskuje se kroz mlaznicu i potom hlađi.
 - Cijevi se proizvode za tlakove 6 i 10 bara, unutarnjeg promjera 60 - 450 mm, duljine 6 m.

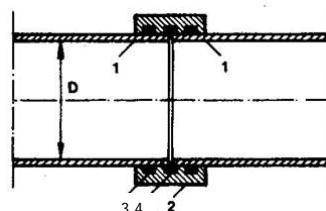


Spajanje PVC cijevi

1 - PVC cijev

2 – naglavak

2 = hrajívat
3 = hrávání prsten



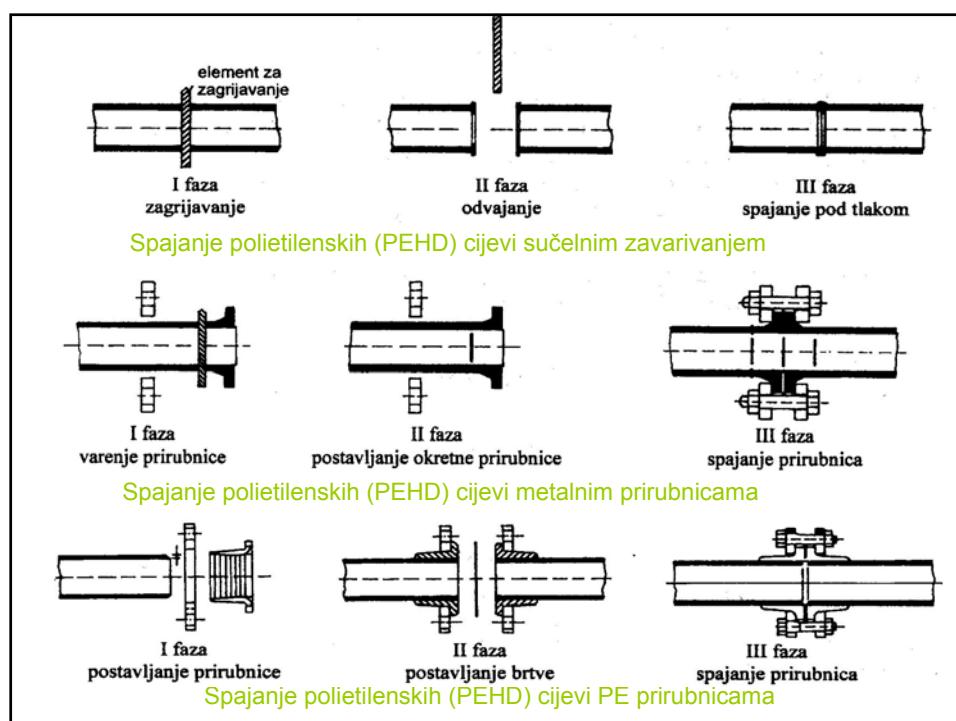
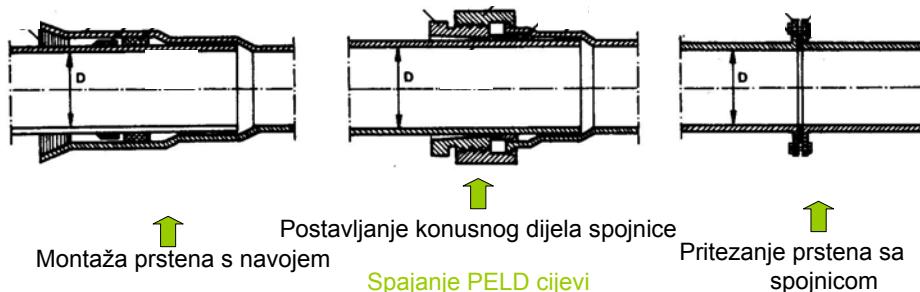
Spajanje poliesterskih cijevi

1 – poliesterska cijev 3 – brtveni prstenovi

2 – prstenasta spojnica 4 – srednji gumeni prsterni za razmak

- Cijevi od poliestera proizvode se ljevanjem (profili do 1000 mm) ili lijepljenjem (veći profili). Proizvode se iz smjese kvarcnog pijeska, staklenih vlakana i poliesterske smole.
 - Proizvode se za tlakove 4, 6, 10, 16, 20 i 25 bara, profila 200 - 1600 mm, dužine 6 m.
 - Spojevi se izvode prstenovima izrađenim također od poliestera, a vodopropusnost se osigurava brtvenim prstenovima ili lijepljenjem.

- Cijevi od **polietilena PE** proizvode se polimerizacijom etilena (slično kao PVC).
- Spojevi se izvode varenjem što ih čini potpuno vodonepropusnim.
- Postoje dvije vrste polietilenskih cijevi:
 - Cijevi od polietilena niske gustoće (PELD)
 - Cijevi od polietilena visoke gustoće (PEHD)
- PELD cijevi se proizvode za tlakove 2,5; 6 i 10 bara, promjera 10 – 130 mm, a isporučuju u namotajima do 400 m duljine.
- PEHD cijevi se proizvode za tlakove 2,5; 3,2; 4, 6 i 10 bara unutarnjeg promjera 15 – 1150 mm, duljina 6 i 12 m.
- Zbog savitljivosti cijevi nisu potrebni posebni komadi za izvođenje krivina.



- Cijevi se spajaju u cjevovodu cjevnim spojevima
- Cjevni spojevi su kod industrijske proizvodnje različiti patentirani tipovi spojeva, što ovisi o vrsti materijala, proizvođača i veličini tlaka (opterećenja).
- Najpoznatiji tipovi spojeva su
 - Spoj na naglavak (kolčak)
 - Spoj s prirubnicom (flanša)
 - Zavareni spoj

- U cjevovode se ovisno o svrsi i veličini cjevovoda ugrađuju zatvarači (zasuni, ventili), muljni ispusti, zračni ventili, povratni, reduksijski i sigurnosni ventili.
- Ugrađena oprema osigurava pouzdano korištenja cjevovoda, doziranje vode te otvaranje i zatvaranje cjevovoda u slučajevima kvarova, pregleda, dogradnje i sl.

- Cjevovodi se izvode iznad terena, u rovu, u tunelu i u građevinama.
- Većina cjevovoda se izvodi ispod površine terena (zatrpanjem u rovu), a ostala se rješenja primjenjuju u zavisnosti od veličine, svrhe, terenskih uvjeta (konfiguracija terena i njegova svojstva).

- Na tlačnim se cjevovodima prije korištenje odnosno nakon popravka i uklanjanja kvarova na postojećim dionicama provodi tačna proba cjevovoda – provjera pogonske upotrebljivosti cjevovoda.
- Tlačno se ispitivanje provodi prema propisanim postupcima uspostavom potrebnih ispitnih tlakova na ispitnoj dionici.
- Preproba se provodi na maksimalni pogonski tlak.
- Glavna se tlačna proba provodi na propisani povećani tlak, a
- Zajednička tlačna proba provjerava uz pogonski tlak ispravnosti povezivanja pojedinih ispitanih dionica (ogranaka).

TLAČNI CJEVOVODI

Tlačni cjevovodi izvode se

- nadzemno
- podzemno
- podvodno i
- u građevinama (branama).

- Nadzemno se u pravilu izvode čelični cjevovodi većih promjera i u sklopu hidroenergetski postrojenja (veći tlakovi).

Prednost: - jednostavnija i jeftinija izvedba
- dostupnost (kontrola)

Mane: - izloženost vremenskim prilikama
- izloženost ljudima.

- Podzemni se cjevovodi izvode:
- - zasipani u rovu
- - u tunelu (kao dio obloge ili kao slobodno položen cjevovod unutar tunela)
- Prednost:
 - - zaštićen od vanjskih utjecaja
 - - održavanje konstantne temperature (vodoop skrba)
- Mana: teže održavanje i otkrivanje kvarova

- Podvodni cjevovodi uglavnom su vezani na ispuste otpadnih voda u recipijent i dopremu vode na otoke (vodoopskrba).
- U građevinama se izvode zbog razvoda vode, odvodnje otpadnih voda, pražnjenja akumulacija (u brani), preljeva i sl.

- Tečenje je pod tlakom i u redovitom radu uspostavlja se stacionarno tečenje, te se računaju hidraulički gubici poznatim izrazima (lokalni i linijski gubici).
- Prilikom promjene tečenja (otvaranje, zatvaranje, promjena protoka) dolazi do nestacionarnih pojava (vodni udar) koje treba uzeti u obzir pri dimenzioniranju cjevovoda.
- Povećanje tlaka pri zatvaranju
- $\Delta p_{\max} = 2 \rho L v / T_z [Nm^{-2}]$
- gdje je $\rho [kgm^{-3}]$; L duljina cjevovoda na kojem djeluje vodni udar (m)
- $v (ms^{-1})$ promjena brzine; $T_z (s)$ vrijeme zatvaranja (promjene).

- U nastavku ovog poglavlja težište se stavlja na čelične nadzemne i armiranobetonske cjevovode u rovu koji se najčešće koriste kod hidroenergetskih postrojenja.
- Trasa se cjevovoda postavlja sa stajališta topografije, geoloških i geomehaničkih svojstava zemljišta, funkcionalnosti, sigurnosti i ekonomičnosti – što vodi ka najkraćoj trasi.
- Niveleta cjevovoda prati teren i postavlja se čitavom dužinom najmanje 1 – 2 m ispod najnižeg pijezometarskog nivoa.

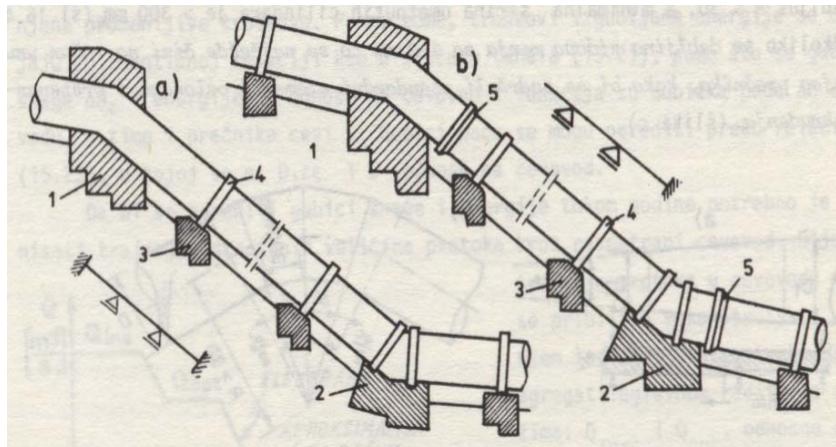
ČELIČNI CJEVOVODI

(nadzemni)

- Izvode se od čeličnih bešavnih cijevi (promjer do 600 mm, duljine 6-8 m) ili zavarivanjem čeličnih limova kod većih profila.
- Tvornički se izrađuju cilindri koji se poprečnim varenjem spajaju na gradilištu.
- Kod većih promjera (≥ 3 m) zbog transporta se polucilindri dopremaju na gradilište gdje se obavlja uzdužno i poprečno zavarivanje.

- Izvode se iznad tla, fiksiraju se čvrstim točkama (sidrenim blokovima) i oslanjaju na sedla. Na svakom lomu (vertikalni i horizontalni) postavlja se siderni blok a između je cijev u pravcu. Udaljenost sidrenih blokova ne prelazi 150 – 200 m.
- Cijev se između blokova oslanja na sedla (pomični ležajevi) postavljena na 6 – 15 m razmaka.
- Na isti se način izvodi i cjevovod slobodno položen u tunelu.

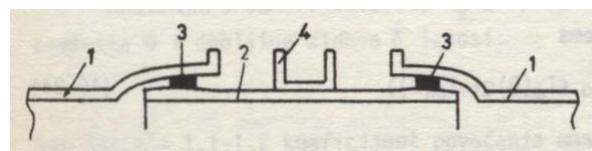
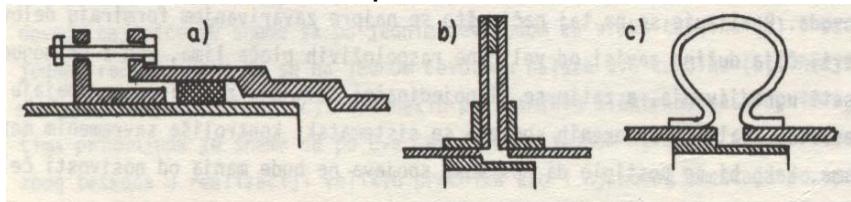
Tlačni cjevovod – izvedba iznad tla – osnovne sheme



- 1 i 2 - sidreni blok (čvrsta točka)
- 3 - sedlo
- 4 – obujmica (prsten)
- 5 – toplinski kompenzator

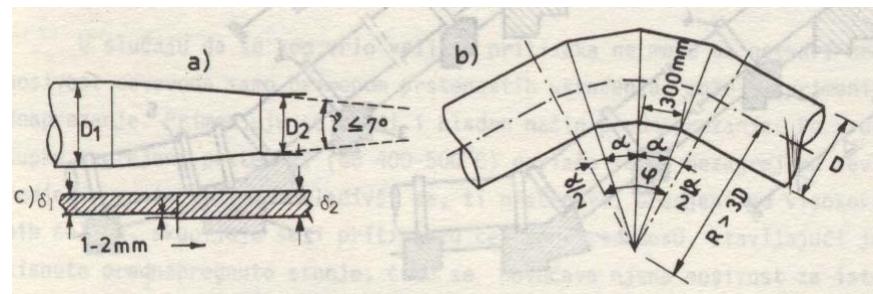
Toplinski kompenzator
omogućuje uzdužne pomake (aksijalne pomake)

kombinirani kompenzator omogućuje i manje kutne
pomake

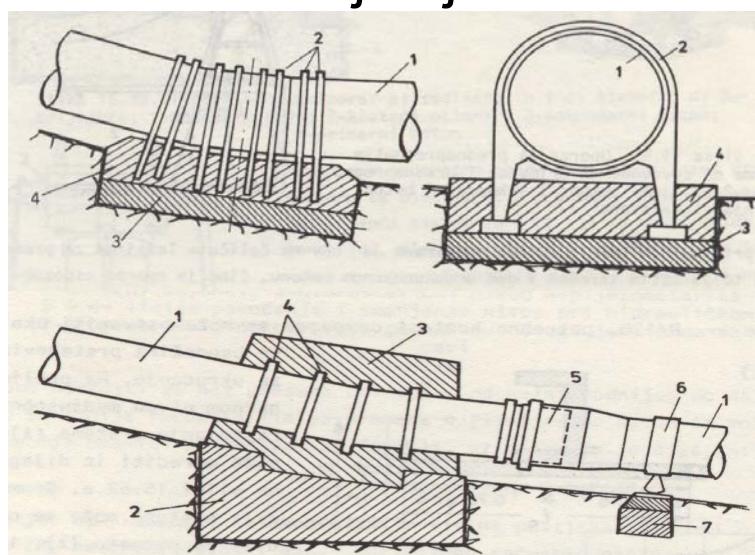


Koljeno cjevovoda se izvodi umetanjem cilindričnih elemenata ($R>3D$)

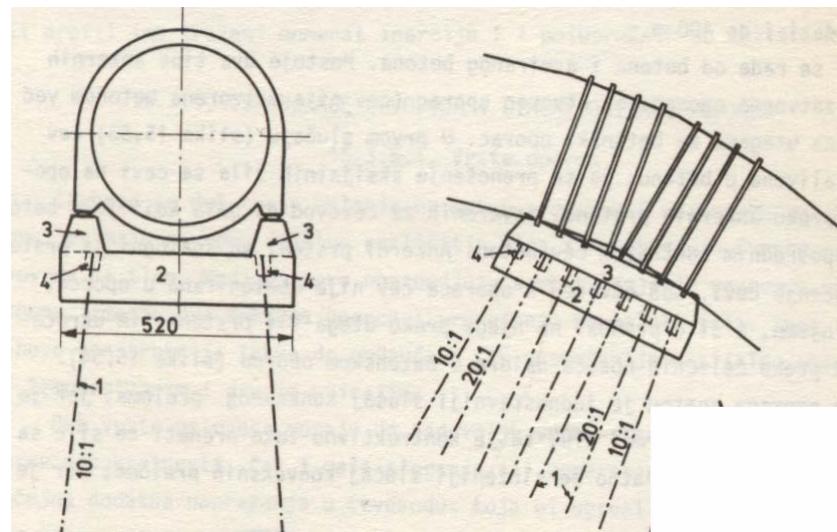
- Dijametar i debljina stjenke se po potrebi mijenjaju duž trase



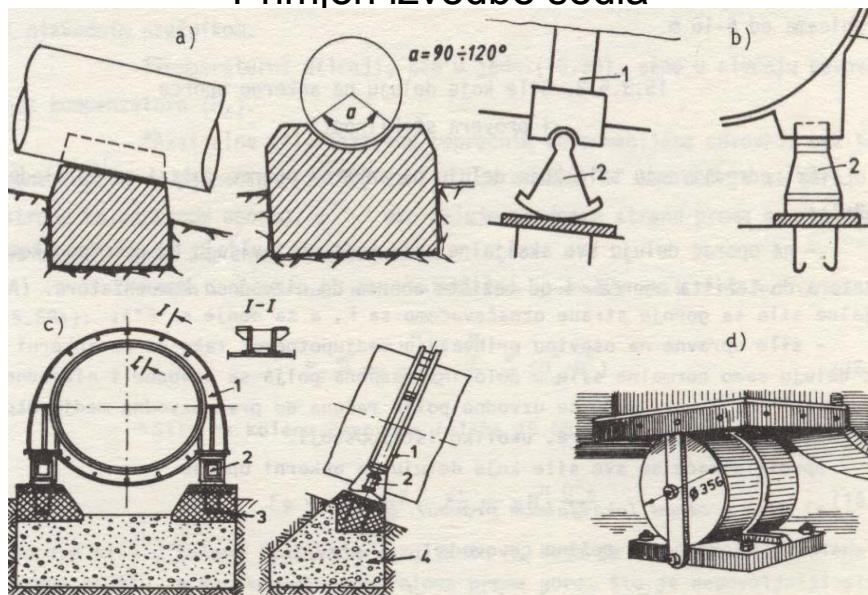
Sidrenje cjevovoda



Primjer sidrenja čvrste točke prednapregnutim sidrima



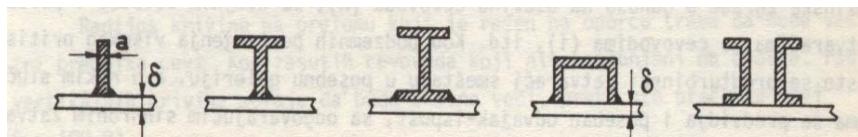
Primjeri izvedbe sedla



- Projektiranje se čeličnih cjevovoda provodi na osnovi Tehničkih propisa za čelične konstrukcije (NN 112/2008)
- Konstrukcija se definira kao cjelina, a zatim se provodi kontrola elemenata konstrukcije (presjeci, spojevi, blokovi, ležajevi)
- Glavna djelovanja su: vlastita težina i težina vode, promjena temperature, vjetar, snijeg, led, hidrostatski i hidrodinamički tlakovi, potres, tlo (temelj, nadsloj), valovi,..
- Podzemni se cjevovod oslanja po cijeloj svojoj dužini na posteljicu (elastična podloga) dok se nadzemni cjevovod oslanja na niz nosača (sedala) i fiksiran je čvrstim točkama (sidrenim blokovima)

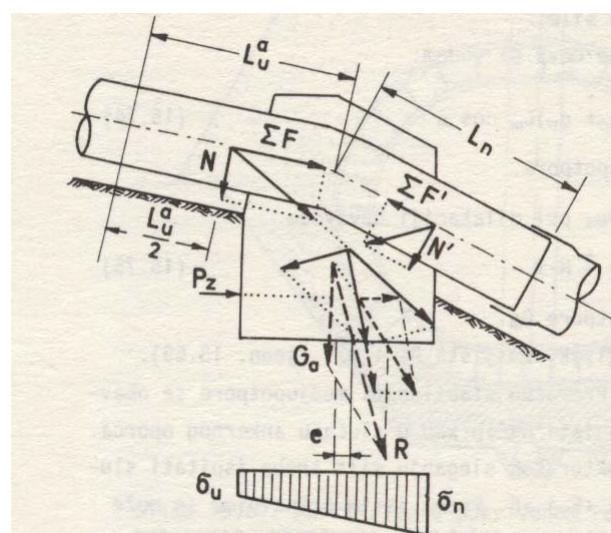
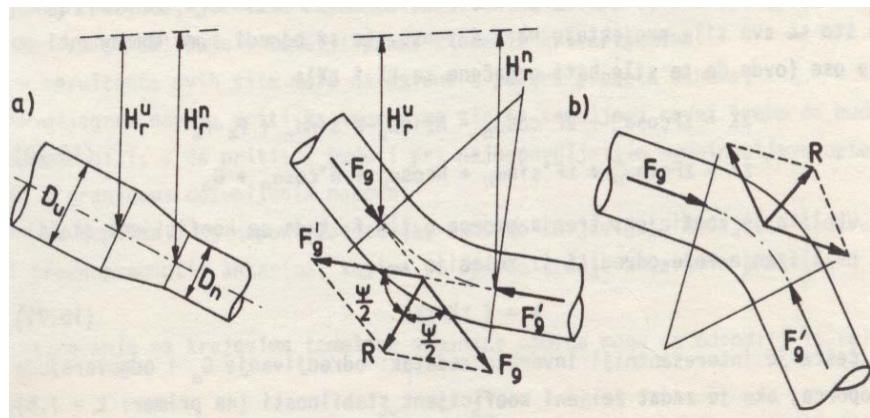
- Djelovanja se nadzemnog cjevovoda mogu podijeliti na uzdužna (aksijalna), normalna i radijalna.
- Preliminarno se potrebna debljina stijenke može odrediti prema kotlovskoj formuli:
- $\delta = pd/2\sigma_{dop} = pr/\sigma_{dop}$ (p-unutrašnji pritisak vode, d/r – dijametar/radius, σ_{dop} – dopuštena naprezanja) ili po nekom drugom iskustvenom izrazu (odnosno prema propisu ako je definiran)
- Kritični tlak se može odrediti iz
- $p_{kr} = (\delta/d)^3 \cdot 2E\ddot{c}/F_s$
- (F_s – faktor sigurnosti); za $F_s = 2$ i uz pretpostavku nastanka vakuma u cjevovodu ($p = 0,1$ /MPa/ slijedi
- $\delta/d = 1/130$

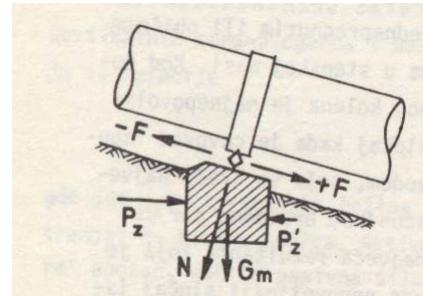
- Ako debljina stjenke ne zadovoljava ovaj uvjet cijevi se ojačavaju prednaprezanjem ili bandažama (prstenovi) (bez ojačanja se izvode cijevi do debljine 40-50mm , ali ne više od 80 mm.





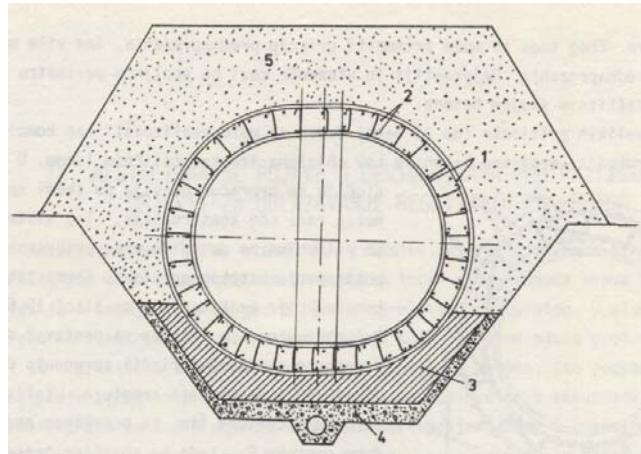
U slijedećem se koraku dimenzioniraju
sidreni blokovi i sedla





ARMIRANOBETONSKI CJEVOVODI

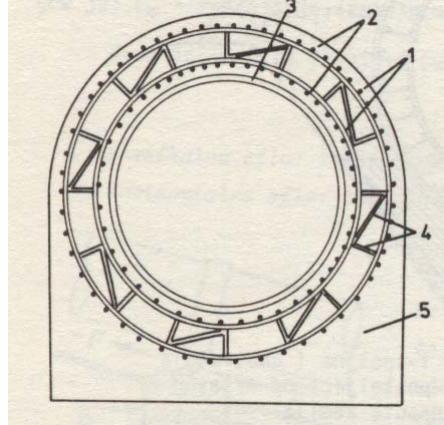
- Koriste se za manje tlakove i veće protoke. Klasično armirani primjenjuju se do tlakova 2 – 3 bara, a prednapregnuti i kombinirani (ab cijev obložena unutra čeličnim limom i do 30 bara).
- U pravilu se izvode podzemni (u rovu i zatrpani). Minimalni sloj zemlje iznad tjemena je kod nas 1m (zaštita od temperaturnih promjena).
- Cjevovod je kružnog presjeka, ali je kod većih promjera i manjih tlakova povoljnije izvesti spljošteni oblik.



- 1- vanjska i unutarnja prstenasta armatura; 2 – uzdžna armatura; 3 – posteljica; 4 - tampon, 5 nasuta zemlja

- Debljina stjenke AB cjevovoda može se procijeniti sa
 - $\delta \approx 0,06 D + 3$; δ , D [cm]
- AB cjevovodi do 1,5 m promjera izvode se od prefabriciranih cijevi, koje se spajaju na gradilištu (najčešće ogrlicom).
- Cjevovodi većih promjera izvode se na licu mjesta. Betoniranje se izvodi u kampadama, tako da se napreduje sa svakom drugom, kako bi se preostale dionice betonirale tek poslije završenog procesa skupljanja betona. Spajanje se pojedinih dionica obavlja obično elastičnim brtvama također nakon završetka procesa skupljanja betona.

AB cjevovod sa ojačan s čeličnom unutarnjom cijevi



- 1 i 2 - armatura; 3 - čelična cijev; 4- ukrućenja; 5- beton

HIDROTEHNIČKI TUNELI

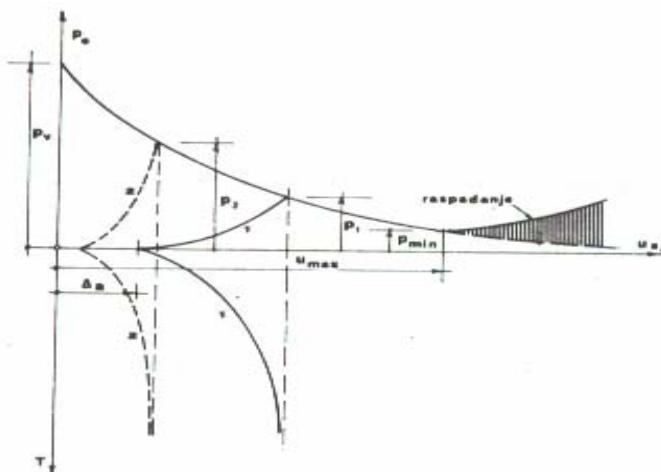
- Tunel je podzemni prolaz, koji je najmanje dvostruko dulji od širine, zatvoren je sa svih strana osim otvora na svakom kraju. Izvodi se iskopom u stijeni ili tlu i po potrebi se oblaže. Uz tunele se povezuju i podzemne prostorije koje se izvode istom ili sličnom tehnologijom.

- Tuneli i podzemne prostorije imaju vrlo široku primjenu u graditeljstvu pa tako i u hidrotehnici. U hidrotehnici se koriste kao provodnici vode, kao pristupni tuneli do podzemnih prostorija gdje su smještene strojarnice HE, kao energetski tuneli (vodovi, i sl). Poznata je i primjena tunela kao dijela plovнog puta. Minimalni promjer tunela je 2 m.
- U hidrauličkom smislu razlikuju se tuneli s tečenjem pod tlakom i sa slobodnim vodnim licem.

- Tuneli s tečenjem pod tlakom izvode se kružnog presjeka. Primjenjuju se u slučaju većih oscilacija vodnih razina u području ulaza u tunel. Hidraulički je proračun jednak proračunu cijevi pod tlakom. Tuneli se vode najkraćom trasom, odnosno prema geološkim i geomehaničkim karakteristikama stijene kroz koju prolaze. U cilju praznjenja tunel se izvodi s padom u smjeru tečenja barem 2-4 %. Obzirom na gubitke povoljno je da centralni kut u krivini bude veći od 60° a radius krivine od 5 promjera.
- Tuneli s tečenjem sa slobodnim vodnim licem izvode se izduženih poprečnih profila koji prvenstveno ovise o brdskim pritiscima. Dimenzije se određuju kao i kod kanala uz pretpostavku jednoliko stacionarnog režima tečenja. Iznad razine vode ostavlja se slobodni prostor visine oko 20% visine poprečnog profila tunela. Pad dna tunela definiran je hidrauličkim računom i gospodarskim razlozima, te je postavljanje trase ograničeno u odnosu na tunel s tečenjem pod tlakom.

- Danas se uglavnom pri izgradnji koristi "novi austrijski postupak" – pri kojem se iskop podzemnih prostorija (tunel) izvodi bez privremene podgrade, a nakon iskopa ako je potrebno osigurava se tjeme, bokovi prostorije i podnožni svod susatvom čeličnih sidara, prskanim betonom, a u najnepovoljnijim uvjetima i čeličnim lukovima (remenatima) i slojem armiranog betona.

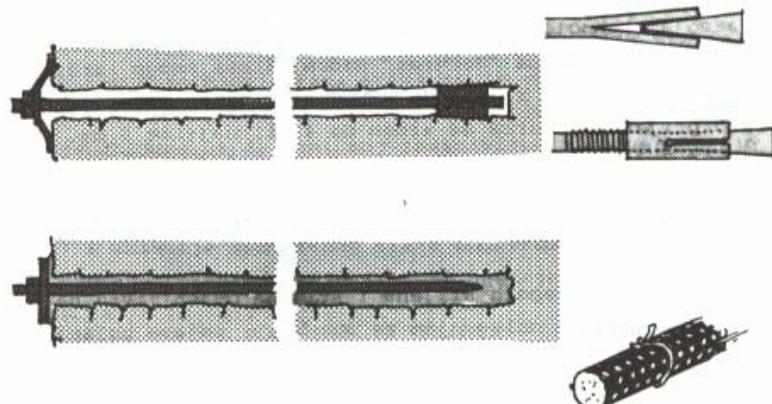
Skica uz novi austrijski postupak
u - deformacija iskovanog profila; p - neuravnoteženi dio tlaka; T - vrijeme



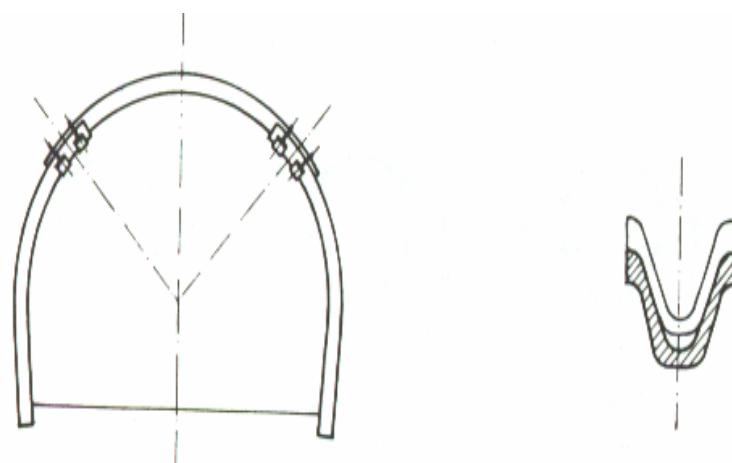


Sidra za ukrućenje iskopa

frikcijsko i adhezijsko sidro



Čelični limovi za osiguranje iskopa (remenati)



OBLOGE TUNELA

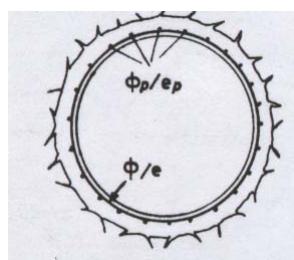
- Obloge se izvode zbog
 - preuzimanje brdskog pritiska
 - preuzimanje dijela pritiska vode
 - osiguranja od gubitaka vode
 - ostvarenja malih gubitaka pri tečenju.
- Obloga zajedno sa stjenskom masom kroz koju je izbušen tunel i geotehničke mjere čine spregnutu složenu konstrukciju.
- Tuneli sa slobodnim vodnim licem, ako nije potrebna obloga iz statickih razloga oblažu se djelomično iz hidrauličkih razloga, a ako ni to nije bitno ostavljaju se neobloženi (na pr. tunel za evakuaciju velikih voda Konavoskog polja).

- Izvode se obloge
- Betonske (jednoslojne)
- Armirnobetonske (jednoslojne, dvoslojne, prednapregnute) i
- kompozitne

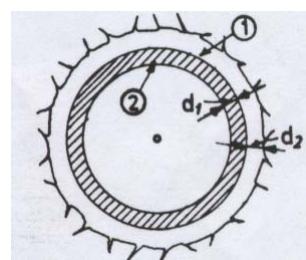
Betonske jednoslojne obloge

- - u kvalitetnoj stijeni
- - debljina od 25 – 50 cm
- - do tlaka od 10 bara
 - AB jednoslojne obloge
- - slabije deformacijske karakteristike stijene
- - do tlaka od 20 bara
- - armiraju se jednostruko (uz unutarnji rub) i dvostruko

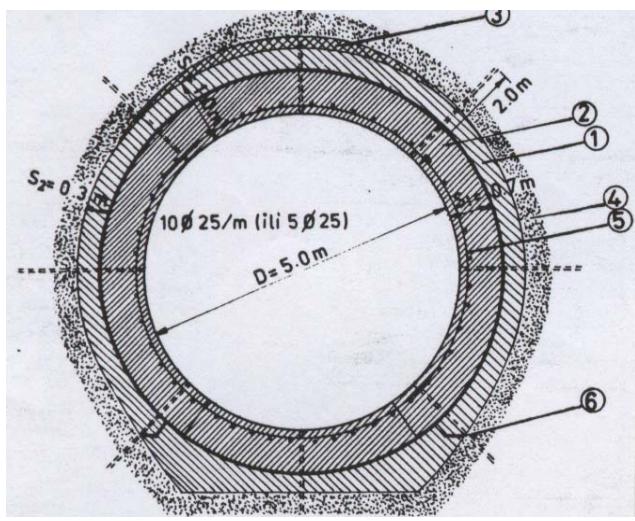
AB obloge



- Jednoslojna ab obloga
- obloga



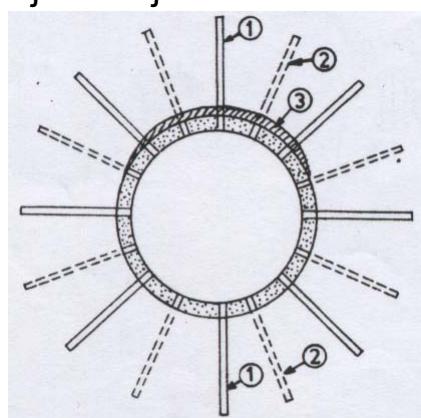
- Dvoslojna obloga
1- beton; 2 – armirani beton ili ar.prskani beton



- 1-primarna obloga – zaštitna; 2- ab obloga; 3-kontaktno injektiranje; 4- osnovna stijena – agresivna; 5- armatura; 6- obrada spoja oboga
- (primjer tunela HE Rama u BiH)

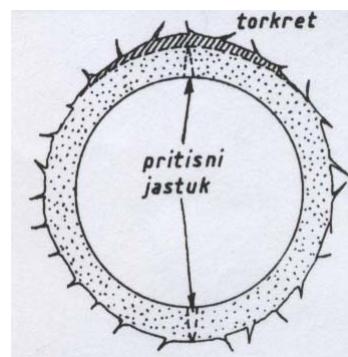
Prednapregnute oboge

Poboljšava se iskoristivost betona i vodopropusnost. Prednaprezanje se provodi mehanički i injektiranjem.

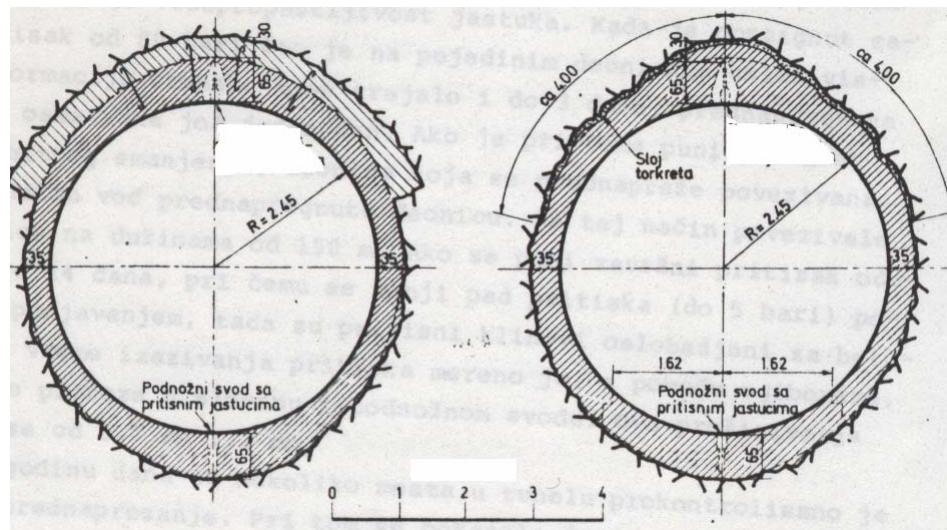


- Bušotine za naponsko injektiranje (1- neparni profil, 2 – parni profil); 3 – kontaktno injektiranje

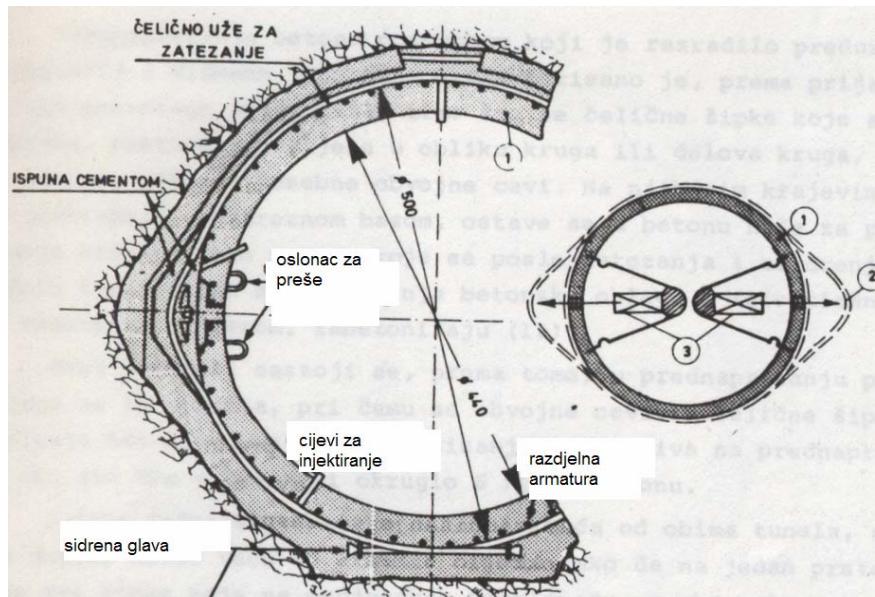
Prednaprezanje – sustav Kunz



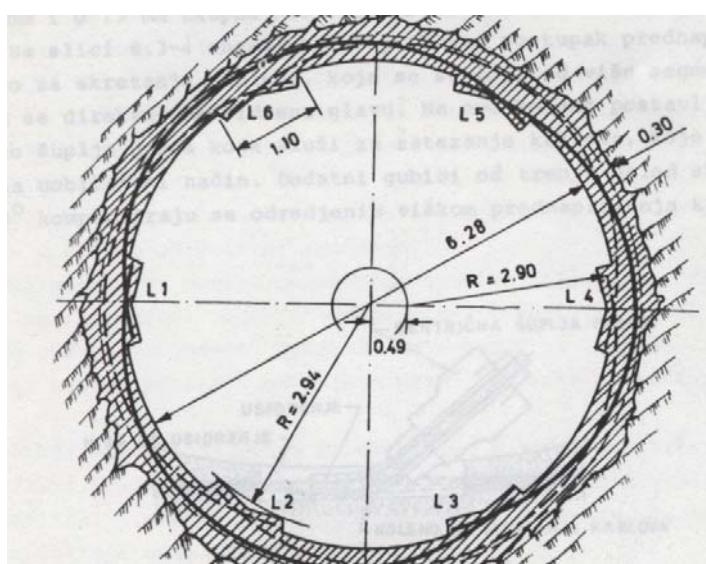
Prednaprezanje tlačnim jastucima – sustav Kunz



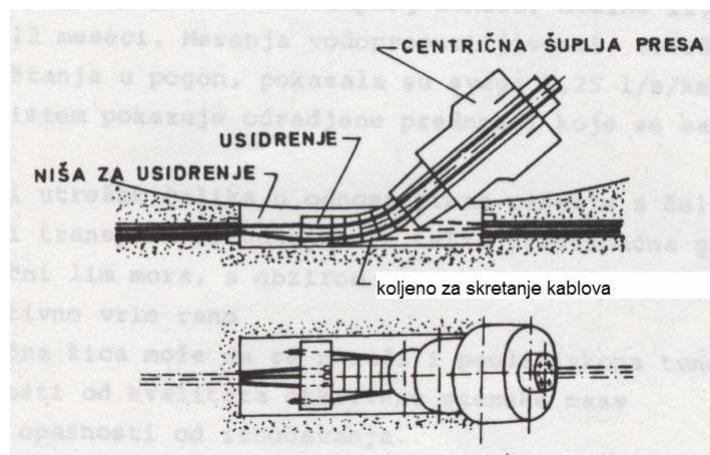
Prednaprezanje – sustav Mary



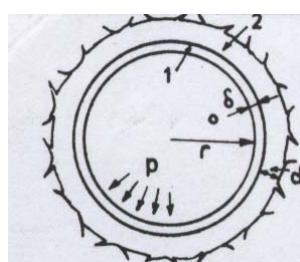
Prednaprezanje – sustav Dyckerhof & Widmann



Prednaprezanje – sustav VSL

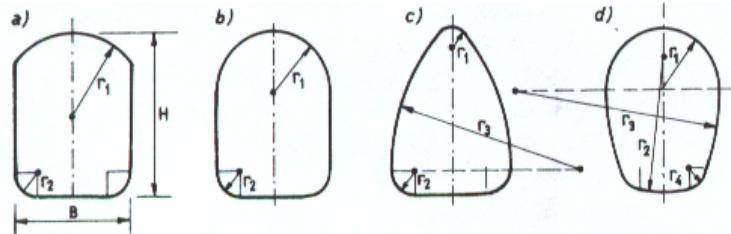


Kompozitna obloga – beton i
čelik
izvode se u najtežim uvjetima i za
velike unutarnje tlakove



- (tlačni cjevovod HE Senj)

Tuneli s tečenjem sa slobodnim vodnim licem



| Tip | | | | | |
|-----|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | H/B | r ₁ /B | r ₂ /B | r ₃ /B | r ₄ /B |
| a | 1 do 1,5 | 0,7 do 0,75 | 0,1 do 0,15 | | |
| b | 1 do 1,5 | 0,5 | 0,1 do 0,15 | | |
| c | 1 | 0,25 | 0,2 do 0,25 | 0,98 do 0,88 | |
| | 1,5 | 0,25 | 0,2 do 0,25 | 2,58 do 2,38 | |
| d | 1 | 0,5 | 0,1 do 0,15 | 1 do 1,5 | 1 do 1,5 |
| | 1,5 | 0,5 | 0,1 do 0,15 | 2 do 4 | 1 do 1,5 |

- Profil se puni do 0,8 H

Primjer tunela i cjevovoda u tunelu

