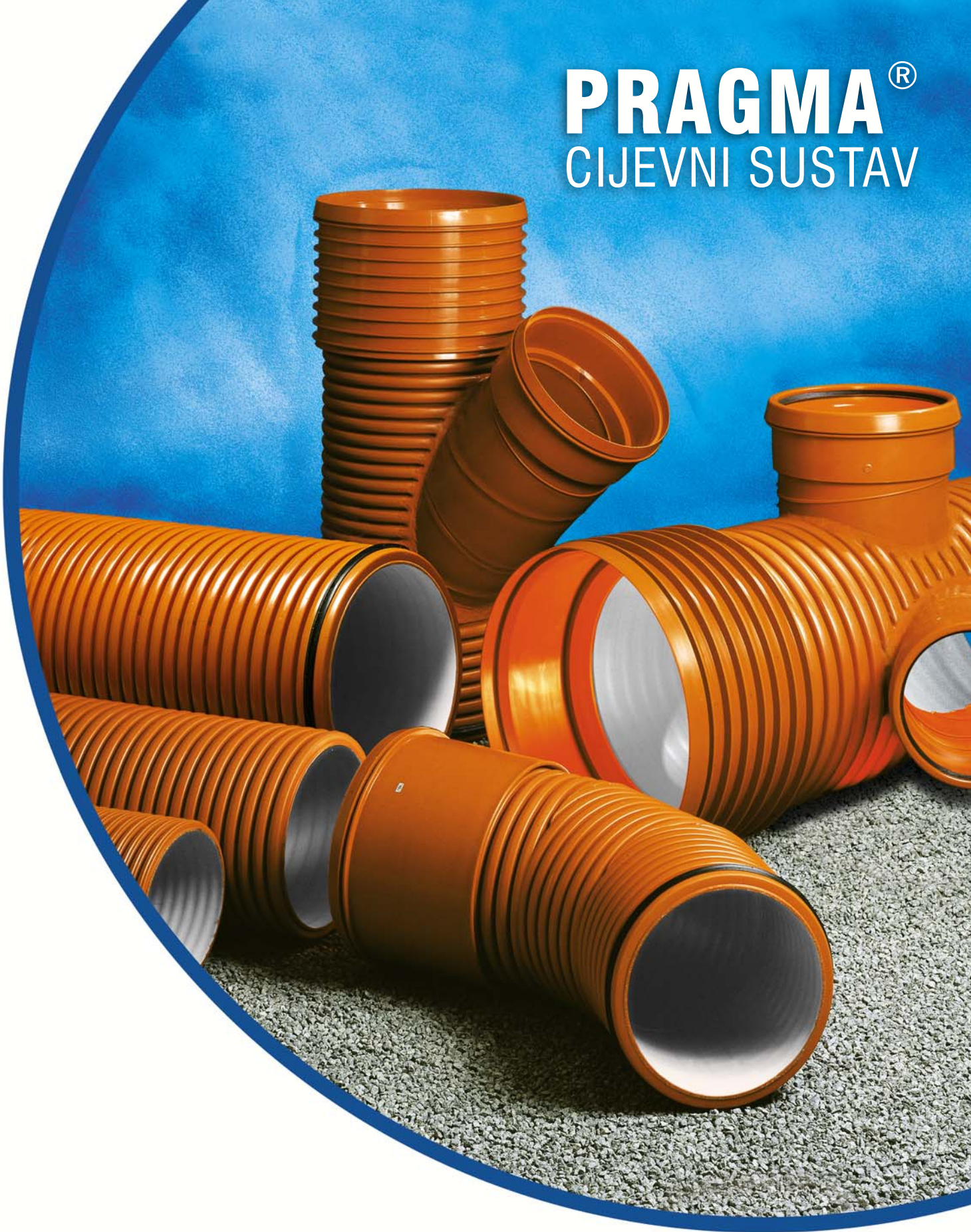


# PRAGMA<sup>®</sup>

CIJEVNI SUSTAV



PIPELIFE 





## 1. UVOD

- 1.1 PREDSTAVLJANJE KANALIZACIJSKOG PRAGMA® SUSTAVA
- 1.2 SVOJSTVA PRAGMA® SUSTAVA

## 2. HIDRAULIČKI PRORAČUN PRAGMA® SUSTAVA

- 2.1 OPĆE PRETPOSTAVKE
- 2.2 OSNOVNE JEDNADŽBE
- 2.3 NOMOGRAM 1
- 2.4 NOMOGRAM 2
- 2.5 NOMOGRAM 3

## 3. UZDUŽNI PADOVI I BRZINE U PRAGMA® CIJEVIMA

## 4. ANALIZA NAPREZANJA I ČVRSTOĆE UGRAĐENIH PRAGMA® CIJEVI

- 4.1 MEUDJELOVANJE CIJEVI I OKOLNOG TLA
- 4.2 POSTUPAK PRORAČUNA
- 4.3 OPTEREĆENJE
- 4.4 MODEL KRAJNJEG GRANIČNOG STANJA
- 4.5 MODEL KRAJNJEG GRANIČNOG STANJA – DEFORMACIJA
- 4.7 RELATIVNA DEFORMACIJA

## 5. ZEMLJANI RADOVI

- 5.1 OPĆENITO
- 5.2 POLAGANJE CIJEVI
- 5.3 BOČNO, IZNADTJEMENO I GLAVNO ZATRPAVANJE CIJEVI

## 6. UGRADNJA PRAGMA® CIJEVI

- 6.1 SPAJANJE PRAGMA®-PRAGMA® CIJEVI
- 6.2 SKRAĆIVANJE CIJEVI - POSTAVLJANJE BRTVENOG PRSTENA
- 6.3 SPAJANJE RAVNOG KRAJA PRAGMA® CIJEVI NA KOLČAK PVC CIJEVI
- 6.4 SPAJANJE PRAGMA® CIJEVI (KOLČAK) S RAVNIM KRAJEM PVC CIJEVI
- 6.5 PRIKLJUČENJE PRAGMA® CIJEVI NA BETONSKO OKNO

**PIPELIFE**



## 7. PROIZVODNI PROGRAM

## UVOD

### 1.1 PREDSTAVLJANJE KANALIZACIJSKOG PRAGMA® SUSTAVA

Pragma cijevi namijenjene su za gradnju sustava javne kanalizacije. Ove cijevi nalaze primjenu i u odvodnji industrijskih otpadnih voda, kao zaštitne cijevi za telekomunikacijske kablove, zatim kao drenažne cijevi kod izgradnje cesta i stovarišnih područja itd. Pragma cijevi proizvode se od kopolimera polipropilena.

- Pragma cijevi su rebraste (korugirane) cijevi s dvostrukom stijenkom: glatkom (svijetlijom) unutrašnjom i profiliranom (tamnijom) vanjskom stijenkom.
- Spojnice omogućavaju spajanje Pragma cijevi s glatkim PVC cijevima.

PP Pragma sustav sastoji se od:

- Cijevi s dvostrukom stijenkom duljina 3 i 6 metara, promjera  $D_n$  od 160 do 630 mm s prstenastom čvrstoćom od 8 kN/m<sup>2</sup>.
- Kompletnog sustava fasonskih (oblikovnih) komada.



### 1.2 SVOJSTVA PRAGMA® SUSTAVA

#### KEMIJSKA OTPORNOST

Pragma cijevi i fasonski komadi imaju veliku otpornost na utjecaj agresivnih spojeva iz otpadnih voda i iz zemlje.

#### OTPORNOST NA VISOKE TEMPERATURE

Pragma cijevi i fasonski komadi imaju otpornost na visoke temperature do 60°C kod stalnog protoka, te do 95-100°C u slučaju kratkotrajnih protoka.

#### UTJECAJ UDARACA

Pragma cijevi i fasonski komadi otporni

su na udarce i pri temperaturama ispod 0°C (do -20°C), što naročito olakšava transport i polaganje cijevi u zimskom periodu.

#### PRSTENASTA ČVRSTOĆA

Za cijeli raspon promjera cijevi prstenasta čvrstoća iznosi 8 kN/m<sup>2</sup> čime ovaj sustav spada u T klasu.

#### JEDNOSTAVAN TRANSPORT

Pragma cijevi i fasonski komadi izuzetno su lagani uz zadržavanje visoke prstenaste čvrstoće, što omogućava jednostavan

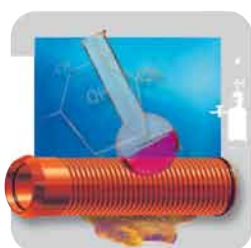
transport i polaganje cijevi te brže spajanje cijevi.

#### JEDNOSTAVNO SPAJANJE

Pragma cijevi i fasonske komade moguće je lako spojiti s glatkostjenim PP i PVC cijevima, a spajanje je moguće izvršiti u oba sustava naizmjenice.

#### JEDNOSTAVNO SKRAĆIVANJE

Pragma cijevi i fasonske komade moguće je skratiti na bilo koju duljinu koristeći najjednostavnije alate.



# HIDRAULIČKI PRORAČUN PRAGMA® SUSTAVA

## 2.1 OPĆE PRETPOSTAVKE

Hidraulički proračun podrazumijeva odabir parametara gravitacijskog tečenja u cijevima pri njihovom djelomičnom ispunjenju. Cilj hidrauličkog proračuna je odabir najekonomičnijeg promjera cijevi za mjerodavan protok. Praktičan proračun hidrauličkih parametara zasniva se na slijedećim pretpostavkama:

1. Pretpostavka jednolikog tečenja, što znači:

- dubina (h), proticajna površina (A) i brzina (v) su konstantne u svim poprečnim presjecima promatrane dionice;
- pad linije energije, pad vodnog lica i pad dna cijevi su jednaki.

2. Pretpostavka turbulentnog tečenja u cijevnom sustavu.

## 2.2 OSNOVNE JEDNADŽBE

Za proračun na računalu koriste se slijedeće jednadžbe:

$$1) \quad Q = v \cdot A; \quad A = \frac{D^2 \cdot \Pi}{4}$$

$$2) \quad Q = v \cdot \frac{D^2 \cdot \Pi}{4}$$

gdje su:

- Q - protok, [m<sup>3</sup>/s]
- v - srednja brzina toka, [m/s]
- A - protjecajna površina, [m<sup>2</sup>]
- D - unutarnji promjer cijevi, [m]

Otpori trenja po duljini cijevi računaju se na osnovu jednolikog pada linije energije prema Darcy-Weisbachovoj jednadžbi:

$$3) \quad I = \lambda \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

gdje su:

- I - pad linije energije (hidraulički pad) radi otpora trenja, jednak padu dna cijevi, [1]
- D - unutarnji promjer cijevi, [m]
- v - srednja brzina toka, [m/s]
- g - ubrzanje sile gravitacije, [m/s<sup>2</sup>]
- λ - koeficijent otpora trenja, [1]
- Re - Reynoldsov broj, [1]
- ν - kinematički koeficijent viskoznosti, [m<sup>2</sup>/s] (pri temperaturi vode od 10°C, ν = 1.308 · 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s)
- ε<sub>k</sub> - vrijednost apsolutne pogonske hrapavosti, [m]

Koeficijent otpora trenja (λ) računa se prema Colebrook-Whiteovoj jednadžbi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon_k}{3,71 \cdot D} \right)$$

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Brettingova jednadžba kod tečenja u cijevima pri djelomičnom ispunjenju:

$$4) \quad \frac{Q_d}{Q_p} = 0,46 - 0,5 \cdot \cos \left( \Pi \cdot \frac{h_d}{D} \right) + 0,04 \cdot \cos \left( 2\Pi \cdot \frac{h_d}{D} \right)$$

gdje su:

- Q<sub>p</sub> - protok kod potpunog ispunjenja, [m<sup>3</sup>/s]
- Q<sub>d</sub> - protok kod djelomičnog ispunjenja, [m<sup>3</sup>/s]
- D - unutarnji promjer cijevi, [m]
- h - dubina vode, [m]

Pipelife preporuča korištenje slijedećih vrijednosti pogonske hrapavosti ε<sub>k</sub> za Pragma cijevi:

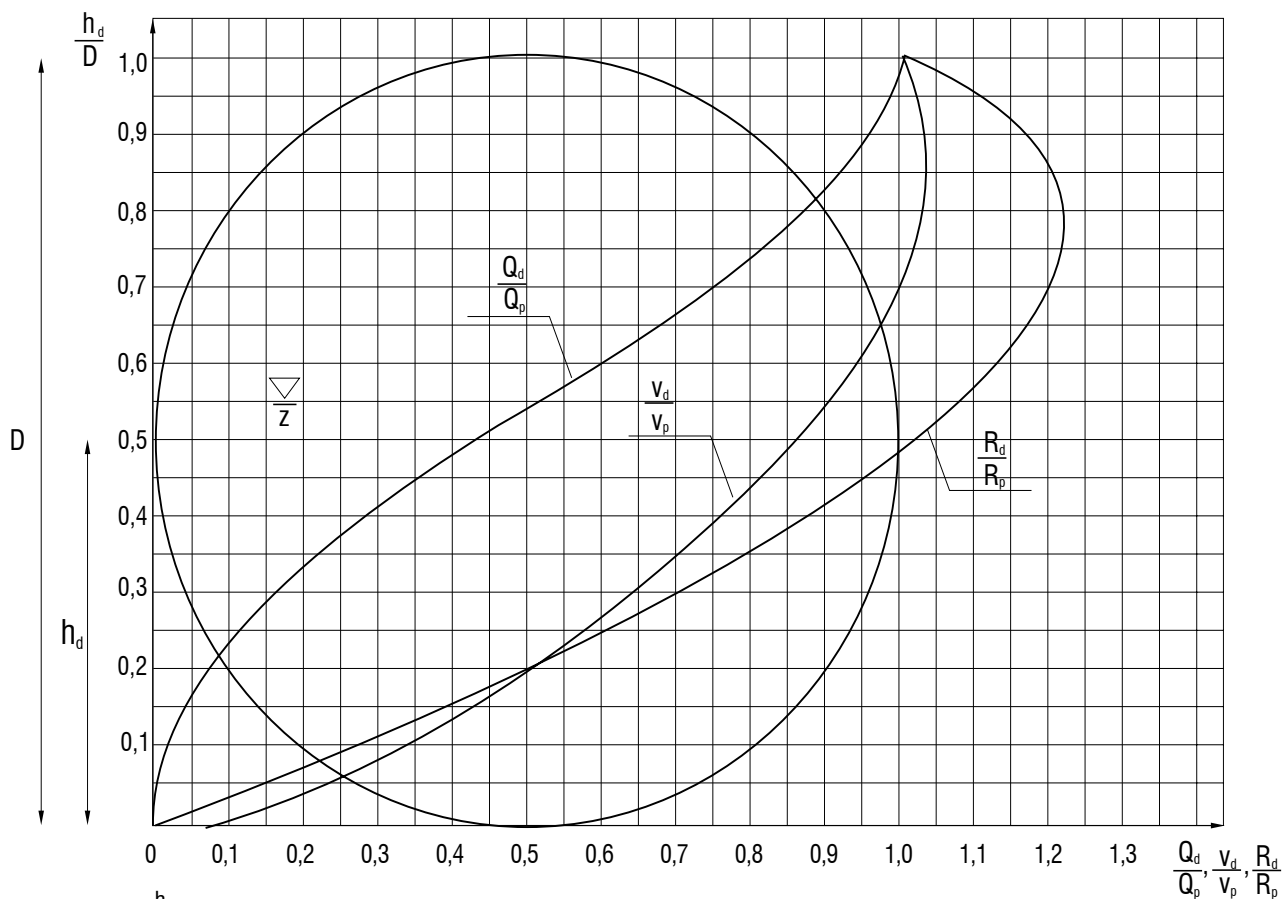
ε<sub>k</sub> = 0.00025 m, za ravne dionice bez posebnih objekata, opreme, i bez ili sa zanemarivim brojem spojnih priključaka;

ε<sub>k</sub> = 0.0004 m, kod kanalizacija s velikim brojem spojnih priključaka i objekata (gdje je potrebno uključiti i manje lokalne hidrauličke gubitke na spojevima).

## 2.3 NOMOGRAM HIDRAULIČKIH PARAMETARA

## NOMOGRAM 1

## ZAVISNOST PARAMETARA O RELATIVNOJ DUBINI ZA OKRUGLE CIJEVI PRI DJELOMIČNOM ISPUNJENJU



$\frac{h_d}{D}$  - odnos dubine vode kod djelomičnog ispunjenja ( $h_d$ ) i unutarnjeg promjera cijevi ( $D$ )

$\frac{Q_d}{Q_p}$  - odnos protoka pri djelomičnom ( $Q_d$ ) i potpunom ( $Q_p$ ) ispunjenju cijevi

$\frac{v_d}{v_p}$  - odnos brzina pri djelomičnom ( $v_d$ ) i potpunom ( $v_p$ ) ispunjenju cijevi

$\frac{R_d}{R_p}$  - odnos hidrauličkih radijusa pri djelomičnom ( $R_d$ ) i potpunom ( $R_p$ ) ispunjenju cijevi

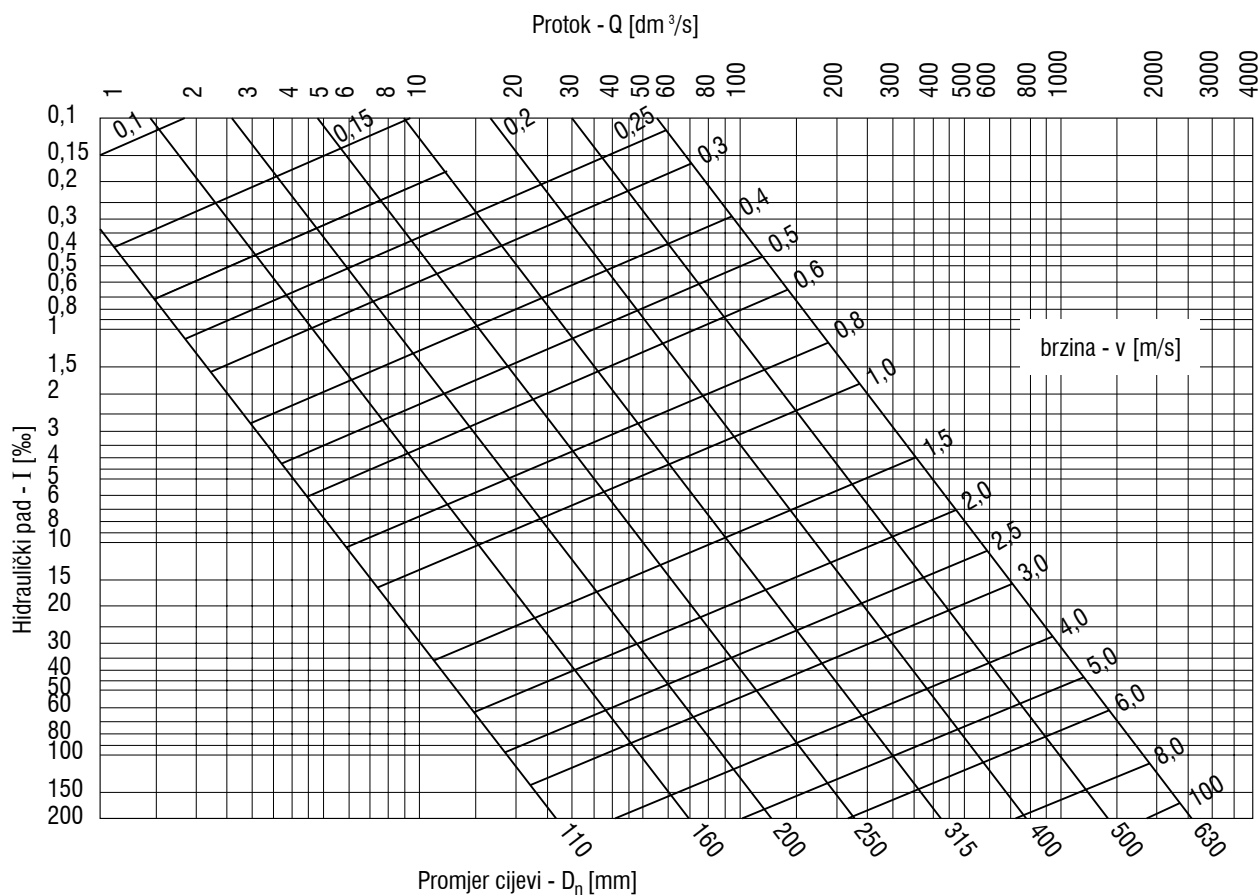
# HIDRAULIČKI PRORAČUN PRAGMA® SUSTAVA

## 2.4 NOMOGRAM HIDRAULIČKIH PARAMETARA

### NOMOGRAM 2

**DARCY-WEISBACHOVA / COLEBROOK-WHITEOVA JEDNADŽBA ZA GRAVITACIJSKO TEČENJE U PRAGMA® CIJEVIMA**

**Za  $\varepsilon_k = 0,40$  mm, temp.  $T = 100$  °C, protok potpunog ispunjenja**





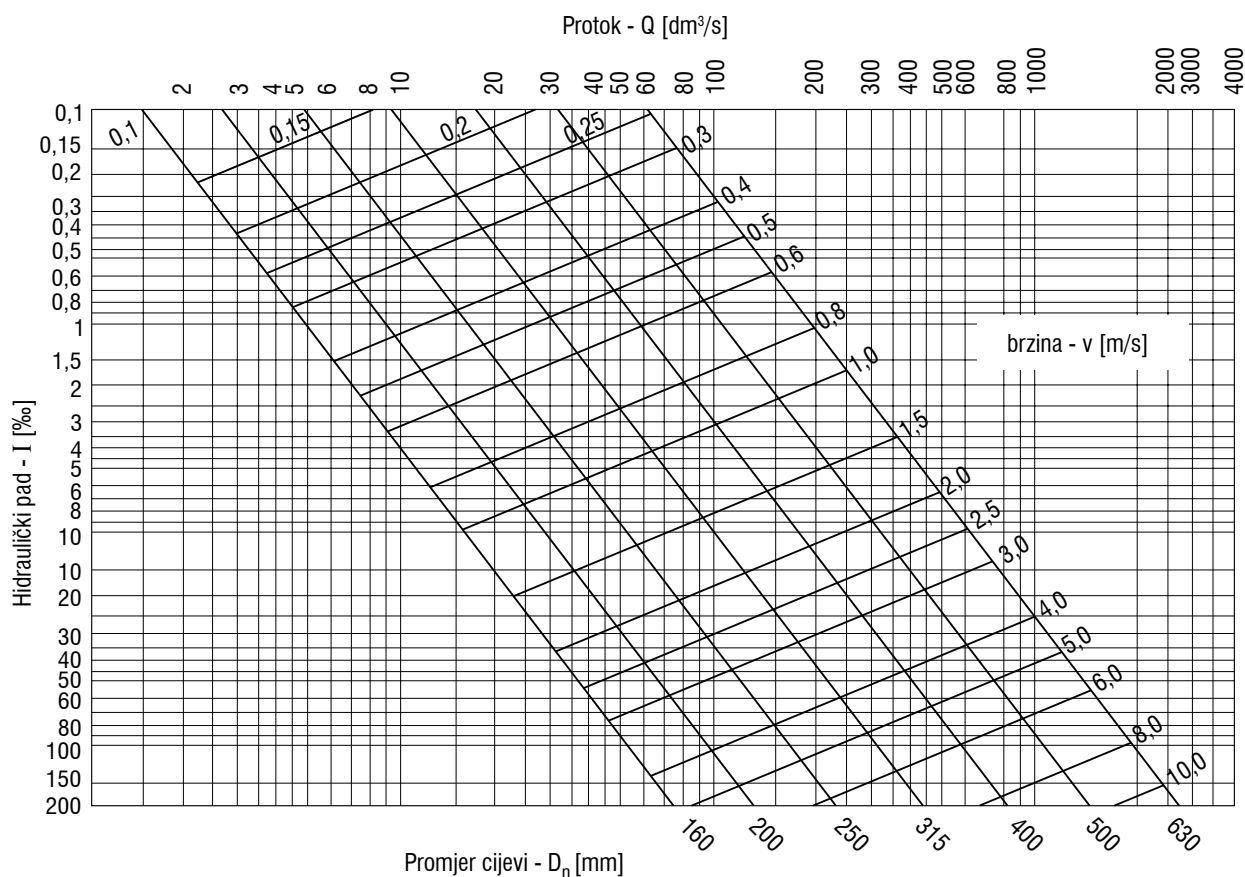
# HIDRAULIČKI PRORAČUN PRAGMA® SUSTAVA

## 2.5 NOMOGRAM HIDRAULIČKIH PARAMETARA

### NOMOGRAM 3

**DARCY-WEISBACHOVA / COLEBROOK-WHITEOVA JEDNADŽBA ZA GRAVITACIJSKO TEČENJE U PRAGMA® CIJEVIMA**

Za  $\varepsilon_k = 0,25$  mm, temp.  $T = 100$  °C, protok potpunog ispunjenja



## UZDUŽNI PADovi I BRZINE U PRAGMA<sup>®</sup> CIJEVIMA

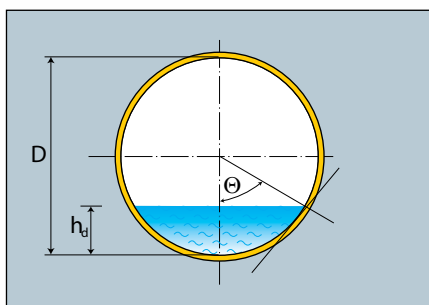
Kod polaganja Pragma cijevi pažnju treba posvetiti i uzdužnom padu cijevi.

Minimalni uzdužni pad potreban je kako bi se postigle najmanje brzine koje sprečavaju taloženje suspendiranih čestica i začepljivanje cijevi.

Općenito, čvrste čestice (pijesak), talože se na dnu cijevi do dubine koja odgovara kutu unutarnjeg trenja čestice (slika 3.1), izraženom kao:

$$5) \quad \frac{h_d}{D} = \frac{1}{2} \cdot (1 - \cos \Theta)$$

Moguće je dopustiti relativno malu površinu taloženja na dnu cijevi.



Slika 3.1 Taloženje na dnu cijevi

gdje su:

$h_d$  - dubina vode, [m]  
 $D$  - unutarnji promjer cijevi, [m]  
 $\Phi$  - kut unutarnjeg trenja, [°]  
 Ako je  $\Phi = 35^\circ$ , tada je:  
 $h_d/D = 0.1$

Najmanja brzina koja onemogućava taloženje u ovisnosti je o svojstvima čestica. Obično je minimalna dopuštena brzina ( $v_{dop}$ ) koja osigurava

samopročišćavanje cijevi, pri njihovom potpunom ispunjenju, manja od:  
 $v_{dop} = 0.8$  m/s za kanalizaciju kućanskih otpadnih voda

$v_{dop} = 0.6$  m/s za oborinsku kanalizaciju  
 $v_{dop} = 1.0$  m/s za mješovitu kanalizaciju

Osim prema dopuštenim brzinama, najmanji uzdužni pad cijevi može se u preliminarnim proračunima odrediti i iz promjera cijevi, koristeći jednostavnu empirijsku jednadžbu:

$$6) \quad I_{min} = \frac{1}{D}$$

gdje je:

$I_{min}$  - minimalni uzdužni pad, [m/m]  
 $D$  - unutarnji promjer cijevi, [mm]

Minimalni uzdužni pad cijevi moguće je izraziti i preko vučne sile ( $\tau$ ), prema izrazu:

$$7) \quad \tau = \rho \cdot g \cdot R \cdot I$$

gdje je:

$\rho$  - gustoća otpadne vode, [kg/m<sup>3</sup>]  
 $g$  - ubrzanje sile gravitacije, [m/s<sup>2</sup>]  
 $R$  - hidraulički radijus, [m]  
 $I$  - hidraulički pad, [m/m]

Stvarna vučna sila je:

$$8) \quad \tau_0 = \rho \cdot g \cdot R_p \cdot I \cdot k_1$$

gdje je:

$R_p = D/4$  - hidraulički radijus potpuno ispunjene cijevi, [m]  
 $k_1$  - korekcijski koeficijent, [1]  
 $k_1 = f(h_d/D)$ , odnos  $R_d/R_p$  sa slike 2.1

Iz navedenog, izraz za kritičnu vučnu silu pri dubini djelomičnog ispunjenja ( $h_d$ ) glasi:

$$9) \quad \tau_0 = \rho \cdot g \cdot I \cdot \frac{D}{4} \cdot \frac{R_d}{R_p}$$

Kritična vučna sila koja zadovoljava uvjete samopročišćavanja cijevi iznosi:

$$\tau_0 \geq 1.5 \text{ [Pa]} \text{ (za oborinsku kanalizaciju)}$$

$$\tau_0 \geq 2.0 \text{ [Pa]} \text{ (za kućnu kanalizaciju)}$$

Prema jednadžbi 9, odbivamo izraz za minimalni uzdužni nagib cijevi kao:

$$10a) \quad I_{min} = \frac{0.612 \cdot 10^{-3}}{D \cdot \frac{R_d}{R_p}} \text{ (za oborinsku kanalizaciju)}$$

$$10b) \quad I_{min} = \frac{0.815 \cdot 10^{-3}}{D \cdot \frac{R_d}{R_p}} \text{ (za kućnu kanalizaciju)}$$

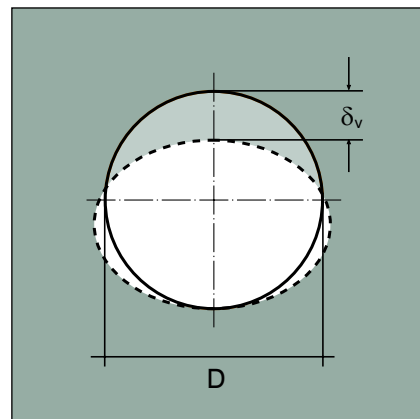


# ANALIZA NAPREZANJA I ČVRSTOĆE UGRAĐENIH PRAGMA® CIJEVI

## 4.1 MEĐUDJELOVANJE CIJEVI I OKOLNOG TLA

Pragma cijevi od polipropilena predstavljaju deformabilnu strukturu odnosno preuzimaju naprezanja bez pojave loma. Uvriježene metode proračuna čvrstoće građevnog elementa daju stvaran odnos između naprezanja i deformacija kada je element pod opterećenjem.

Vertikalno opterećenje na cijev uzrokuje njenu deformaciju ( $\delta_v$ ), smanjenje njene vertikalne visine, a cijev poprima eliptičan oblik (slika 4.1).



Slika 4.1 Deformacija okrugle cijevi pod vertikalnim opterećenjem

Deformacija cijevi uzrokuje naprezanje u stijenkama cijevi kao i tlak na okolno tlo, dok pasivni tlak tla smanjuje naprezanje u stijenkama cijevi. Naprezanje uslijed deformacije u ravnoteži je s tlakom tla koji djeluje na stijenkama s vanjske strane. Sila tla koja se suprotstavlja tlaku cijevi ovisi o vertikalnom opterećenju, vrsti

i elastičnosti tla (zbijenosti) u području cijevi te o čvrstoći same cijevi.

Kod krutih cijevi, poput betonskih itd., sama cijev preuzima gotovo cjelokupno vertikalno opterećenje. Kod deformabilnih (fleksibilnih) cijevi, kao rezultat deformacija cijevi, dolazi do iskorištavanja horizontalne sile tla. Sukladno tome,

utjecaj međudjelovanja između tla i cijevi potrebno je uključiti znatno više kod deformabilnih nego kod krutih cijevi.

Način proračuna fleksibilnih cijevi može se predložiti klasičnom Spanglerovom jednačinom:

$$^{11)} \frac{\delta_v}{D} = \frac{f(q)}{SN + S_s}$$

gdje je:

$\delta_v$  - deformacija cijevi, [m]  
 $D$  - unutarnji promjer cijevi, [m]  
 $q$  - vertikalno opterećenje, [kN/m<sup>2</sup>]  
 $SN$  - prstenasta čvrstoća, [kN/m<sup>2</sup>]  
 $S_s$  - čvrstoća tla, [kN/m<sup>2</sup>]

Jednačina (11) opisuje relativnu deformaciju cijevi pod vertikalnim opterećenjem ( $q_v$ ) kojem se suprotstavlja prstenasta čvrstoća cijevi i čvrstoća tla.

Ova jednačina jasno pokazuje da se deformacije cijevi mogu ograničiti do određene veličine ili povećanjem prste-

naste čvrstoće cijevi ili povećanjem čvrstoće tla.

Može se reći kako je cijev veće prstenaste čvrstoće u manjoj interakciji s okolnim tlom i manje je ovisna o zbijenosti tla oko cijevi.

Budući da se izvedbom prikladne posteljice i iznadtjemnog zasipa odgovarajuće

zbijenim materijalom (veći trošak ugradnje) omogućava uporabu cijevi manje prstenaste čvrstoće (manji trošak nabave), u donošenju odluke potrebno je sagledati i tehničke i ekonomske prednosti pojedinog rješenja.

## 4.2 POSTUPAK PRORAČUNA

Ugrađene (ukopane) Pragma cijevi mogu se proračunati preko krajnjeg graničnog stanja:

- granično stanje uporabivosti može se provjeriti usporedbom deformacija uslijed opterećenja s dozvoljenim deformacijama;
- granično stanje nosivosti može se provjeriti usporedbom naprezanja izvijanja s tlačnim naprezanjima kao i usporedbom stvarnih i dopuštenih deformacija.

U nastavku je opisan proračun deformabilnih cijevi prema metodi koja se naziva *skandinavska metoda* [Janson, Molin 1991] (SM). To je analitička metoda bazirana na raspodjeli tlaka tla u području cijevi prikazana na slici 4.2. Metoda uključuje međuzavisnost cijevi i okolnog tla.

Maksimalno očekivano opterećenje na cijev odabire se prema važećim propisima.

Veličina prometnog opterećenja može se proračunati preko raspodjele naprezanja sukladno Boussinesqueovoj teoriji [PN-81/B-03020].

# ANALIZA NAPREZANJA I ČVRSTOĆE UGRAĐENIH PRAGMA® CIJEVI

## SIMBOLI KORIŠTENI U JEDNADŽBAMA

$q_v$  - vertikalno opterećenje  
 $q_h$  - horizontalno opterećenje  
 $q_z$  - opterećenje tla iznad cijevi  
 $q_t$  - prometno opterećenje  
 $q_w$  - tlak vode  
 $\gamma_z$  - specifična težina tla  
 $\gamma_{zw}$  - specifična težina saturiranog tla  
 $\gamma_w$  - specifična težina vode  
 $P$  - opterećenje kotačem vozila  
 $C$  - koeficijent prometnog opterećenja  
 $H$  - visina zatrpavanja iznad tjemena cijevi

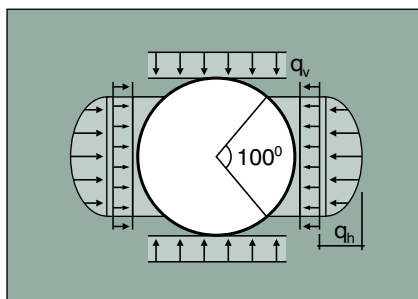
$h$  - dubina podzemne vode iznad osi cijevi  
 $D$  - unutarnji nedeformirani promjer cijevi  
 $D_n$  - promjer cijevi  
 $r$  - polumjer cijevi  
 $\delta_v$  - vertikalna deformacija (progib) cijevi  
 $SN$  - prstenasta čvrstoća cijevi  
 $I$  - moment tromosti poprečnog presjeka cijevi  
 $E$  - modul elastičnosti cijevi - također se naziva i modul puzanja koji opisuje puzanje (povećanje

deformacije) materijala pod konstantnim opterećenjem  
 $E'_s$  - sekantni modul elastičnosti tla  
 $E'_t$  - tangenti modul elastičnosti tla  
 $F$  - faktor sigurnosti na izvijanje,  $F = 2$   
 $\varepsilon$  - deformacija stijenke cijevi

Ovi simboli dani su bez numeričkih oznaka, a u tablicama i grafikonima koriste se SI jedinice simbola.

## 4.3 OPTEREĆENJE

Raspodjela opterećenja i naprezanja u tlu prema *skandinavskoj metodi* [Janson, Molin 1991] prikazana je na slici 4.2. Ugrađena cijev opterećena je vertikalnim opterećenjem ( $q_v$ ), koje uzrokuje naprezanja i deformacije, te horizontalnim opterećenjem ( $q_h$ ) obrnutog smjera djelovanja.



Slika 4.2 Skandinavski model raspodjele opterećenja i naprezanja u tlu

### VERTIKALNO OPTEREĆENJE

1. Opterećenje od tla iznad cijevi:

$$12) \quad q_z = \gamma_z \cdot H$$

gdje je:

$$\gamma_z = 18 \text{ do } 20 \text{ kN/m}^3 \text{ za cijevi iznad nivoa podzemne vode}$$

Za cijevi ispod nivoa podzemne vode, ukupno opterećenje povećava se hidrostatičkim opterećenjem:

$$13) \quad q_w = \gamma_w \cdot h$$

U tom slučaju, vertikalno opterećenje dano je izrazom:

$$14) \quad q_z = \gamma_z(H-h) + (\gamma_{zw} \cdot h) + (\gamma_w \cdot h)$$

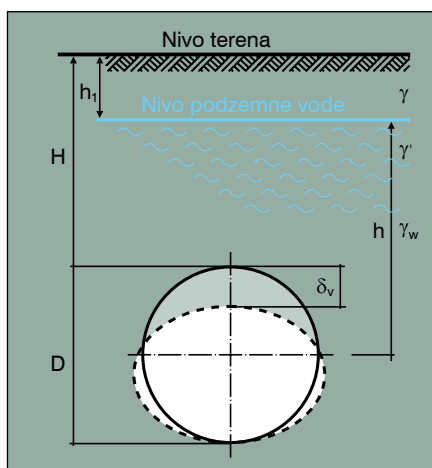
gdje je:

$$\gamma_{zw} = 11 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

Kod uobičajenih uvjeta ugradnje cijevi, vertikalno opterećenje ( $q_v$ ) veće je od horizontalnog opterećenja ( $q_h$ ). Razlika opterećenja ( $q_v - q_h$ ) uzrokuje smanjenje vertikalnog i povećanje horizontalnog promjera cijevi. Prilikom deformacije stijenke cijevi, uključuje se pasivni tlak tla u veličini koja ovisi o veličini vertikalnog opterećenja i o odnosu krutosti tla i krutosti cijevi (prstenasta čvrstoća  $SN$ ). U vertikalno opterećenje moguće je ubrojiti:

- utjecaj tla iznad tjemena cijevi
- dodatno opterećenje na površini tla, kao što je opterećenje od zgrada, prometno opterećenja, itd.



Slika 4.3 Geometrija ugrađene cijevi

# ANALIZA NAPREZANJA I ČVRSTOĆE UGRAĐENIH PRAGMA® CIJEVI

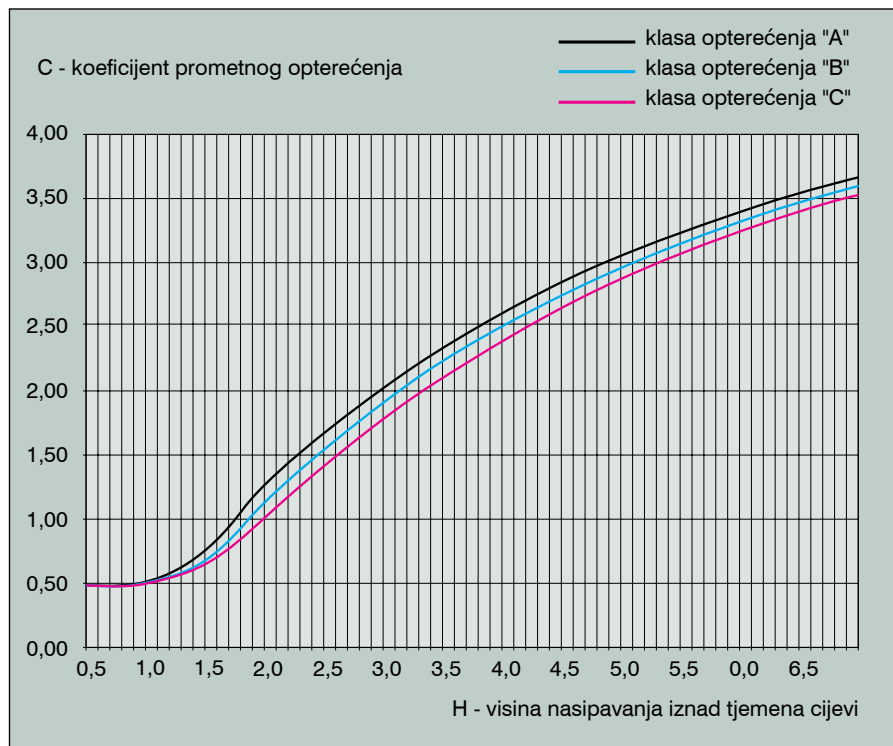
## PROMETNO OPTEREĆENJE

$$15) \quad q_t = \frac{C \cdot P}{H^2} \quad [\text{kPa}]$$

PROMETNO OPTEREĆENJE			
Klasa opterećenja	Opterećenje kotačem vozila		
	P <sub>1</sub> [kN]	P <sub>2</sub> [kN]	P <sub>3</sub> [kN]
A	60	120	120
B	60	120	120
C	60	120	120
D	80	120	-
E	50	100	-

- za ceste I i II razreda - klasa opterećenja A
- za ceste III, IV i V razreda - klasa opterećenja B
- za niže cestovne razrede - klasa opterećenja C

Slika 4.4 Veličina koeficijenta prometnog opterećenja



## 4.4 MODEL KRAJNJEG GRANIČNOG STANJA

### GRANIČNO STANJE UPORABIVOSTI - PROGIB

Progib ugrađene cijevi u ovisnosti je o veličini vanjskog opterećenja, prstenastoj čvrstoći cijevi, specifičnoj težini tla, vrsti i zbijenosti nasipnog materijala i načinu ugradnje.

Teoretski progib uslijed opterećenja može se proračunati prema slijedećoj jednadžbi [Janson, 1995]:

$$16) \quad \left(\frac{\delta_v}{D}\right)_{q_v} = \frac{0.083 \cdot q_v}{16SN + 0.122E'_s}$$

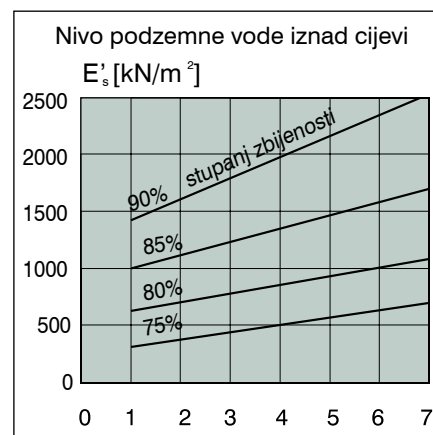
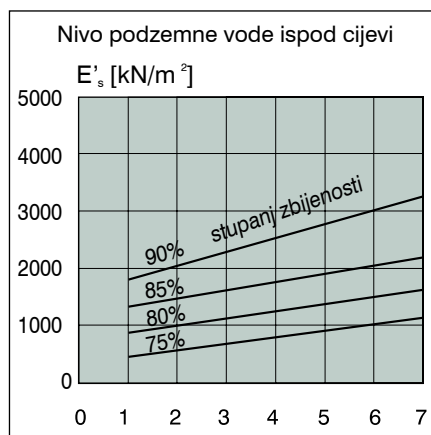
$$17) \quad \text{gdje je:} \quad q_v = q_z + q_t$$

$$SN = \frac{E \cdot I}{D^3}$$

Sekantni modul elastičnosti ( $E'_s$ ) tla ovisan je o zbijenosti tla i efektivnom tlaku tla.

Vrijednosti sekantnog modula ( $E'_s$ ) za zrnate materijale određene su laboratorijskim mjerenjima u žljebastim cilindrima.

Slika 4.5 Minimalne vrijednosti sekantnog modula elastičnosti ( $E'_s$ ) znatih materijala u ovisnosti o visini nasipavanja (H) pri raznim nivoima zbijenosti



## ANALIZA NAPREZANJA I ČVRSTOĆE UGRAĐENIH PRAGMA® CIJEVI

Početni progib uslijed vanjskog opterećenja za cijevi položene na nekoherentnim materijalima (pijesak, šljunak) u rasponu je od 2 do 4%.

Maksimalni početni progib može se procijeniti prema izrazu:

$$^{18)} \left( \frac{\delta_v}{D} \right)_m = \left( \frac{\delta_v}{D} \right)_{qv} \cdot 100\% + U_I + U_B$$

sloja (posteljice). Stoga se u jednadžbu 16 za izračun teoretskog progiba dodaju faktori ugradnje i posteljice.

gdje su:

$\left( \frac{\delta_v}{D} \right)_m$  = maksimalni početni progib

$\left( \frac{\delta_v}{D} \right)_{qv}$  = teoretski progib

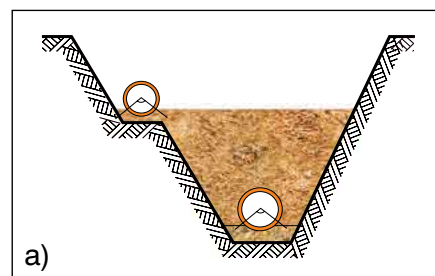
$U_I$  = faktor ugradnje

$U_B$  = faktor posteljice

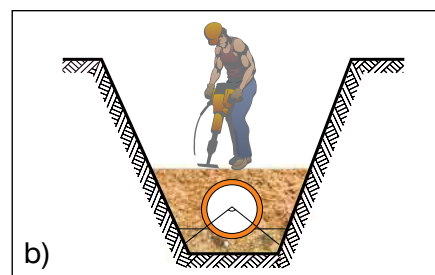
Vrijednost faktora ugradnje ( $U_I$ ) u ovisnosti je od:

- oblika rova (slika 4.6);
- opreme i načina zbijanja tla (slika 4.7);
- prometnog opterećenja za vrijeme ugradnje (slika 4.8).

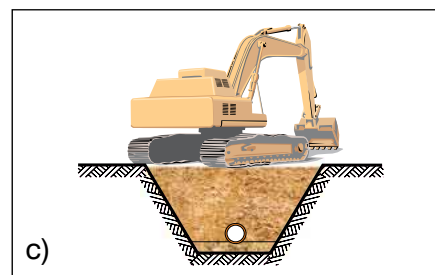
Slika 4.6 Raščlanjeni (stepenasti) rov



Slika 4.7 Zbijanje tla teškom opremom (korisno opterećenje > 0.6 kN)



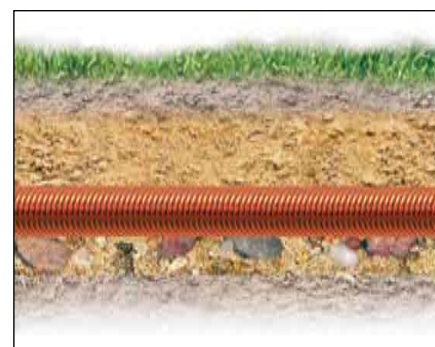
Slika 4.8 Teško opterećenje pri maloj ugradbenoj dubini



Vrijednost faktora posteljice ( $U_B$ ) u ovisnosti je od:

- neravnomjerno izvedene posteljice;
- oblika nazdora (kontrole) prilikom ugradnje;
- uvježbanosti osoblja na ugradnji.

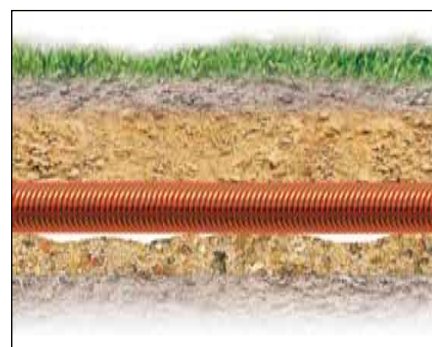
Slika 4.9 Uvjeti posteljice



a) neravnomjeran materijal posteljice (s velikim kamenjem)



# ANALIZA NAPREZANJA I ČVRSTOĆE UGRAĐENIH PRAGMA® CIJEVI



Slika 4.10 Uvjeti posteljice

b) neravnomjeran raspored materijala

Preporučene vrijednosti faktora  $U_1$  i  $U_B$  dane su u tablicama 4.1 i 4.2, ako se za zatrpavanje koriste pijesak i šljunak. Srednji početni progib moguće je proračunati bez faktora  $U_B$  u jednadžbi 18.

Stručnom ugradnjom cijevi, srednja početna vrijednost progiba ne bi trebala prijeći vrijednost od 5%.

Maksimalni početni progib PP kanalizacijskih cijevi ne bi trebao prijeći vrijednost od 9%.

VRIJEDNOSTI FAKTORA UGRADNJE ( $U_1$ )	
Način ugradnje	$U_1$ [%]
Cijev u stepenastom rovu: • bez nadzora • s nadzorom	1-2 0
Zbijanje tla s teškom opremom > 0.6 kN	0-1
Teško opterećenje pri ugradnji $H < 1.5$ m	1-2

Tablica 4.1 Vrijednosti faktora ugradnje ( $U_1$ )

VRIJEDNOSTI FAKTORA POSTELJICE ( $U_B$ )		
Izvedba posteljice	$U_B$ [%]	
	Izvedba	
	Pažljiva	Normalna
Bez nadzora: • bez kamenja • tlo s kamenjem	2 3	4 5
S nadzorom: • bez kamenja • tlo s kamenjem	1 2	2 3

Tablica 4.2 Vrijednosti faktora posteljice ( $U_B$ )

Poznato je da su ugrađene plastične cijevi sklone deformaciji tokom vremena. Krajnji progib cijevi u ovisnosti je od promjena u krutosti tla tokom vremena, koja se mijenja radi slijeganja materijala rova i ispiranja materijala iz posteljice.

Obzirom na navedeno, da bi odredili konačni progib cijevi nakon 1 do 3 godine, potrebno je jednadžbu 16 zamijeniti izrazom:

$$^{19)} \left(\frac{\delta_v}{D}\right)_{kon} = k \cdot \left(\frac{\delta_v}{D}\right)_{qv}$$

gdje je:

$k$  = koeficijent vremena, prema terenskim istraživanjima iznosi 1.5 do 2.0

Maksimalni konačni progib PP kanalizacijske cijevi dan je izrazom:

$$^{20)} \left(\frac{\delta_v}{D}\right)_{kon,max} = k \cdot \left(\frac{\delta_v}{D}\right)_{qv} + U_1 + U_B$$

Uvjeti dugotrajne uporabivosti s obzirom na progib cijevi su vodonepropunost i zanemarivo smanjenje protočnosti cijevi. To je dovelo do uvjeta dozvoljenog maksimalnog dugotrajnog progiba od 15%.

# ANALIZA NAPREZANJA I ČVRSTOĆE UGRAĐENIH PRAGMA® CIJEVI

## 4.5 MODEL KRAJNJEG GRANIČNOG STANJA - DEFORMACIJA

Vanjsko opterećenje uzrokuje naprezanja u stijenkama cijevi i kod iznimno velikih sila moguća je pojava oštećenja radi izvijanja stijenki cijevi.

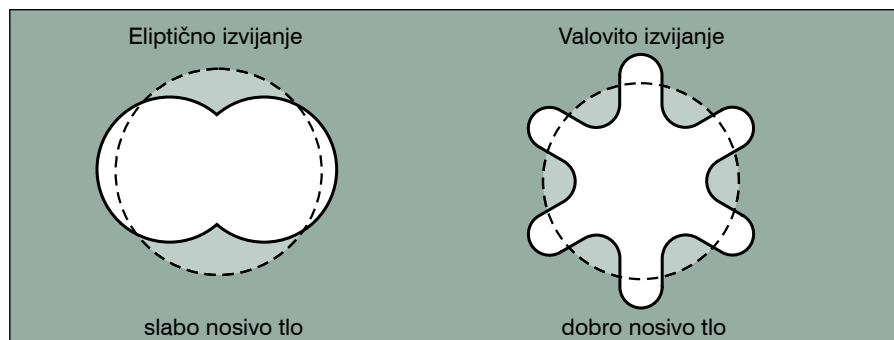
U kružnom smjeru, mogućnost izvijanja događa se kod združenog djelovanja

velikog vanjskog tlaka (ili unutanjeg podtlaka) i niske čvrstoće cijevi.

U dobro nosivim tlima, temeljni sloj daje dodatnu otpornost cijevi na izvijanje, a izvijanje će se desiti u obliku laganih valova. U suprotnom, u slabo nosivim

tlima koja daju malen doprinos otpornosti cijevi na izvijanje, ono će se desiti u više-manje eliptičnom obliku, slika 4.10. (Jonson, Molin, 1991).

Slika 4.11 Načini izvijanja



U dobro nosivim tlima, dopušteno vanjsko opterećenje kod izvijanja može se proračunati prema slijedećem izrazu (Jonson, Molin, 1991):

$$^{21)} \quad q_{dop} = \frac{5.63}{F} \cdot \sqrt{SN \cdot E'_t}$$

U slučaju kada se cijev nalazi u slabo nosivom tlu (na pr. prašina ili glina), dopušteno vanjsko opterećenje može se proračunati prema izrazu koji uključuje eliptično izvijanje kao:

$$^{22)} \quad q_{dop} = \frac{24 \cdot SN}{F} + \frac{2 \cdot E'_t}{3 \cdot F}$$

pod uvjetom da je:

$$^{23)} \quad SN > 0,0275 \cdot E'_t$$

gdje su:

F = 2 (faktor sigurnosti)

E't = dvostruka vrijednost E's

SN = prstenasta čvrstoća

## 4.6 RELATIVNA DEFORMACIJA

Kada se cijev progibne za  $\delta_v/D$  javlja se deformacija (i naprezanje) u kružnom smjeru u stijenci cijevi. Veličina ove deformacije može se izraziti kao:

$$^{24)} \quad \varepsilon = 6 \cdot \frac{\delta_v}{D} \cdot \frac{e}{D}$$

## ZEMLJANI RADOVİ

### 5.1 OPĆENITO

Najvažniji uvijet postizanja zadovoljavajuće ugradnje fleksibilnih cijevnih sustava je međudjelovanje cijevi i okolnog tla. Najveću potporu ugrađenoj cijevi daje tlo oko donje polovice cijevi u oba smjera. Stoga je od iznimne važnosti vrsta tla i postupak dobivene zbijenosti tla u području oko cijevi. Obzirom na navedeno, kod bilo koje ugradnje cijevnih sustava, projektant je dužan

odrediti uvjete za polaganje cijevi kao što su:

1. svojstva tla i prikladnost primjene lokalnog tla za posteljicu;
2. geotehnička svojstva tla za posteljicu, bočni i iznadtjemeni zasip, kao i način njihove ugradnje;
3. prikladnu klasu čvrstoće cijevi.

Prvi korak pri projektiranju kanalizacijskih sustava su geotehnički istražni

radovi duž cijele trase cjevovoda. Preliminarna terenska i laboratorijska ispitivanja potrebna su kako bi se dobili potrebni parametri tla, poput vrste tla i njegove strukture, granulometrijski sastav, stišljivost i razina podzemne vode.

### 5.2 POLAGANJE CIJEVI

Polaganje cijevi u ovisnosti je o geotehničkim karakteristikama tla u području ugradnje cijevi.

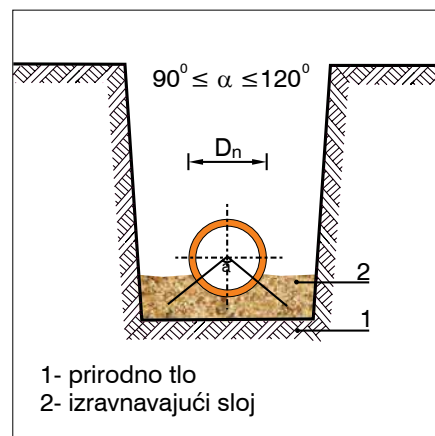
Općenito, postoje dva načina polaganja cijevi:

- polaganje na prirodnom, neporemećenom tlu;
- polaganje na temeljnom sloju (posteljici) od posebnog materijala, zbijenog do potrebne razine.

#### POLAGANJE NA PRIRODNOM TLU

U nekim je slučajevima moguće polaganje Pragma cijevi na dno rova, ali samo kod nekoherentnih suhih tala koja ne sadrže veće kamenje (> 20mm), kao što je šljunak, krupnozni prijesak, sitni pijesak i pješčana glina. Kod takvih tala cijev se polaže neposredno na tanki (10 to 15 cm) nezbijeni izravnavajući sloj. Svrha izravnavajućeg sloja je da podigne dno rova na potrebnu kotu i potreban pad te da osigura stabilno i jednoliko nalijeganje cijevi pod kutem od  $90^\circ$  (slika 5.1).

Slika 5.1 Polaganje na prirodnom tlu



#### POLAGANJE NA POSTELJICI

Polaganje na posteljici potrebno je izvršiti u slučaju:

1. kada je u prihvatljivim prirodnim uvjetima dno rova greškom iskopano dublje od projektom predviđene dubine ugradnje cijevi;
2. stjenovitih, kohezivnih (glina) i zamuljenih tala;
3. slabo nosivih tala, poput organskog mulja i treseta;
4. u svim ostalim slučajevima gdje je to projektom nužno.

Primjer slučajeva iz točaka 1 i 2 prikazani su na slici 5.2. Cjevovod se polaže

na dva sloja načinjena od pjeskovitog i šljunkovitog materijala s maksimalnim zrnem od 20 mm.

- Temeljni sloj izrađen je od dobro zbijenog materijala u debljini od 25 cm (minimalno 15 cm).
- Izravnavajući sloj je debljine 10 do 15 cm, nezbijen.

Kod slabo nosivih tala, ovisno o debljini slabo nosivog sloja ispod projektirane razine cjevovoda, moguća je primjena dva rješenja:

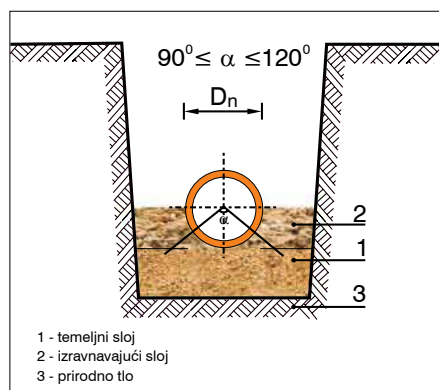
1. Gdje je debljina slabo nosivog sloja  $\leq 1.0$  m (slika 5.3).

U ovom slučaju, slabo nosivo tlo se iskapa i rov se ispunjava s dobro zbijenim slojem mješavine lomljenog kamena i pijeska (omjer 1:0.3). Temeljni sloj se postavlja na geotekstil.

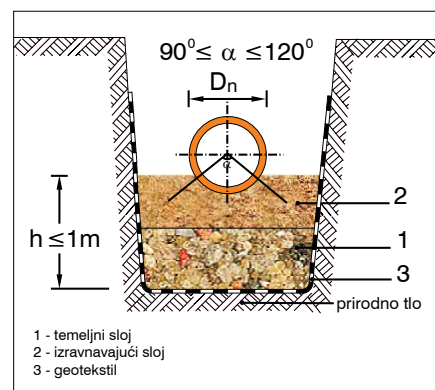
2. Gdje je debljina slabo nosivog sloja > 1.0 m (slika 5.4).

U ovom slučaju izrađuje se temeljni sloj od 25 cm dobro zbijene mješavine lomljenog kamena i pijeska (omjera 1:3). Poželjno je postavljanje geotekstila.

## ZEMLJANI RADOVI



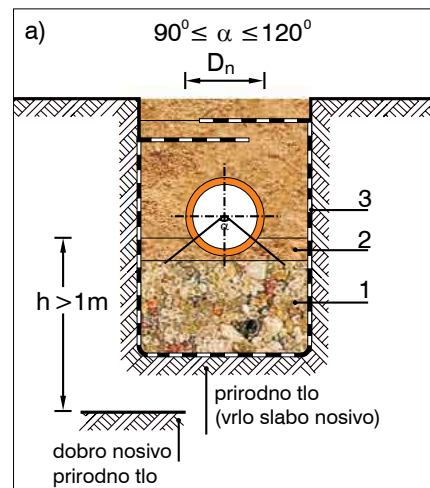
Slika 5.2 Primjer polaganja na dobro nosivom tlu



Slika 5.3 Primjer polaganja na slabom nosivom tlu debljine  $\leq 1.0$  m

U svim slučajevima za temeljni je sloj potrebno izvršiti zbijanje od 85 do 90% prema modificiranom Proctorovom testu gustoće.

Slika 5.4 Polaganje na slabom nosivom tlu debljine  $> 1.0$  m

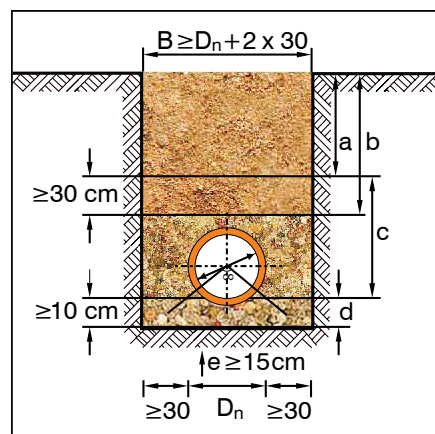


### 5.3

## BOČNO, IZNADTJEMENO I GLAVNO ZATRPAVANJE

Uz ispravno temeljenje i izravnavanje, za postizanje pravilne ugradnje fleksibilnih cijevi jednako su važni klasa i ugradbena gustoća materijala kod bočnog i iznadtjemeno zatrpavanja.

Slika 5.5 Poprečni presjek rova



- a - glavno zatrpavanje
- b - debljina nadsloja
- c - zona cjevovoda
- d - izravnavanje (ako je potrebno)
- e - temeljenje (ako je potrebno)

### BOČNO I IZNADTJEMENO ZATRPAVANJE

Kriterij po kojem se odabire prikladan materijal za bočno i iznadtjemeno zatrpavanje zasniva se na postizanju potrebne čvrstoće tla nakon zbijanja. Prikladni materijali uključuju široko graduirane, prirodno zrnate materijale, s najvećim zrnom koje ne prelazi 10% nominalnog promjera cijevi ili 60 mm, gdje je mjerdavna manja vrijednost.

Materijal za zasipavanje ne smije sadržavati snijeg, led ili zaleđene grude zemlje.

SVOJSTVA MATERIJALA ZATRPAVANJA		
Materijal	Promjer čestice [mm]	Napomena
šljunak, lomljeni kamen	8-22, 4-16 8-12, 4-8	najprikladniji materijal, najviše 5 do 20% čestica od $\phi$ 2 mm
šljunak	2-20	prikladan materijal, najviše 5 do 20% čestica od $\phi$ 0.2 mm
pijesak, sitni šljunak	0.2-20	djelomično prikladan materijal, najviše 5% čestica od $\phi$ 0.02 mm

Tablica 5.1 Svojstva materijala zatrpavanja



## ZEMLJANI RADOVI

### STUPANJ ZBIJENOSTI

Potrebna stupanj zbijenosti ispune zavisi o uvjetima opterećenja.

- Kod prometnih površina, minimalna zbijenost tla u zoni cijevi je 90% prema modificiranom Proctorovom testu gustoće.
- Izvan prometnih područja, potrebna je zbijenost ispune od:

- 85% prema Proctorovom testu ako je debljina nadsloja > 4.0 m;

- 90% prema Proctorovom testu ako je debljina nadsloja ≤ 4.0 m.

Materijal ispune mora se zbijati u slojevima debljine od 10 do 30 cm.

Potrebna debljina iznadnjemenog zatrpavanja iznosi:

- minimalno 15 cm za cijevi promjera  $D_n > 400$ ;
- minimalno 30 cm za cijevi promjera  $D_n \leq 400$ .

### GLAVNO ZATRPAVANJE

Za glavno zatrpavanje moguće je koristiti materijal iz iskopa ako je prikladan za postizanje potrebne zbijenosti i ako mu je maksimalno zrno 300 mm.

Kod cjevovoda promjera  $D_n < 400$  i s iznadnjemenim zatrpavanjem debljine 15 cm, materijal glavnog zatrpavanja ne smije sadržavati zrna veličine > 60 mm.

Kod prometnih površina potrebna je minimalna zbijenost glavnog zatrpavanja od 90% prema modificiranom Proctorovom testu gustoće.

### ZBIJANJE MATERIJALA

Stupanj zbijenosti materijala u ovisnosti je o uvjetima opterećenja i potrebno ih je predstaviti u projektnoj dokumentaciji. Zbijanje je moguće izvršiti na razne načine. Moguće je postići razne stupnjeve zbijenosti ovisno o opremi, debljini slojeva i stišljivosti materijala. U tablici 5.2 dane su vrijednosti zbijanja za šljunkovite i pjeskovite materijale.

Tablica 5.2 Metode zbijanja

METODA ZBIJANJA						
Oprema	Masa [kg]	Maksimalna debljina [m]		Najmanja debljina iznadnjemenog zatrpavanja* [m]	Broj prolaza za dobivanje zbijenosti	
		šljunak, pijesak	ilovača, glina, mulj		85% Proctorov test	90% Proctorov test
Gaženje	–	0.1	–	–	1	3
Ručno nabijanje	min. 15	0.15	0.10	0.30	1	3
Vibrirajući nabijač	50-100	0.30	0.20-0.25	0.50	1	3
Vibrirajuća ploča **	50-100	0.20	–	0.50	1	4
Vibrirajuća ploča	50-100	–	–	0.50	1	4
	100-200	–	–	0.40	1	4
	400-600	0.20	–	0.80	1	4

\* prije zbijanja

\*\* kod obostranog zbijanja u odnosu na cijev

### ŠIRINA ROVA

Širina rova treba omogućiti ispravno polaganje i zbijanje materijala ispune. Najmanja širina između cijevi i pokosa rova je  $b_{min} = 30$  cm. Najmanja širina rova (B) u tjemenu cijevi tada je:

$$B = D + (2 \cdot b_{min})$$

Ako je krutost tla u prirodnom stanju manja od krutosti projektne ispune, tada je potrebna širina rova (B) jednaka:

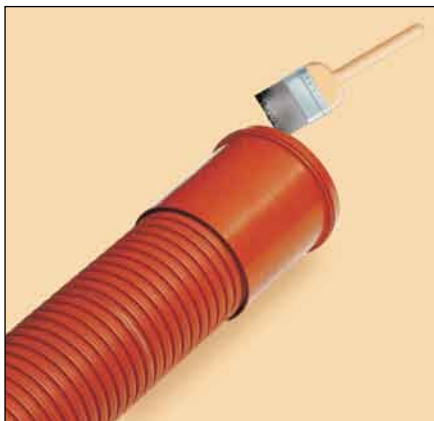
$$B \geq 4 \cdot D_n$$

(općenito, ovi uvjeti vrijede za cijevi promjera  $D_n > 250$ , jer za cijevi manjeg

promjera širina rova (B) zadovoljava ove uvjete)

## UGRADNJA PRAGMA® CIJEVI

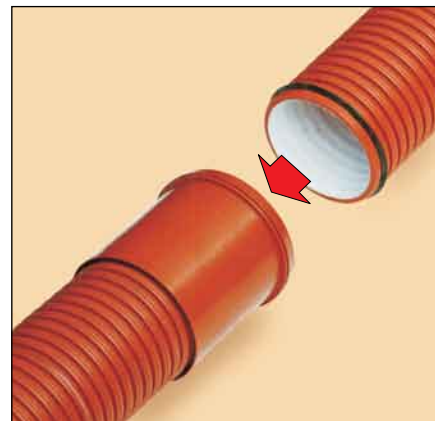
### 6.1 SPAJANJE PRAGMA® -PRAGMA® CIJEVI



1) Očistiti kolčak (naglavak), brtvu i ravan kraj druge cijevi.



2) Namazati brtvu i uložiti ju u prvu udolinu ravnog kraja druge cijevi



3) Ugurati ravan kraj druge cijevi u kolčak.

### 6.2 SKRAĆIVANJE CIJEVI - POSTAVLJANJE BRTVENOG PRSTENA

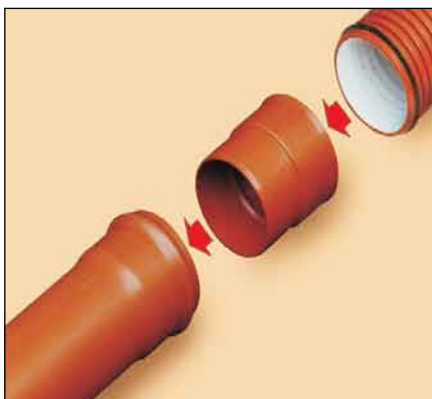
Odrezati cijev u udolini rebra koristeći sitnozubnu tesarsku pilu. Postaviti brtveni prsten u prvoj udolini rebra.



### 6.3 SPAJANJE RAVNOG KRAJA PRAGMA® CIJEVI NA KOLČAK PVC CIJEVI

1) Pregledati i očistiti kolčak i brtvu PVC cijevi, Pragma spojnicu, te ravan kraj Pragma cijevi s ugrađenom brtvom.

2) Namazati brtvu u kolčaku PVC cijevi i ravan kraj Pragma cijevi s brtvom. Ugurati Pragma spojnicu u kolčak PVC cijevi, a potom ravan kraj Pragma cijevi u Pragma spojnicu.

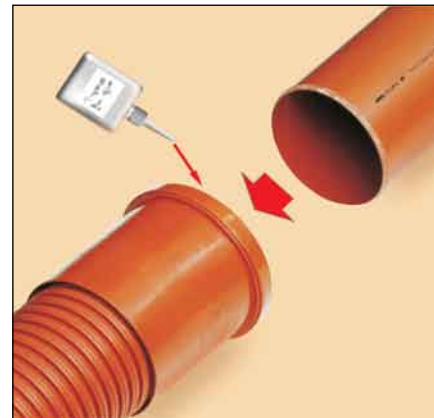
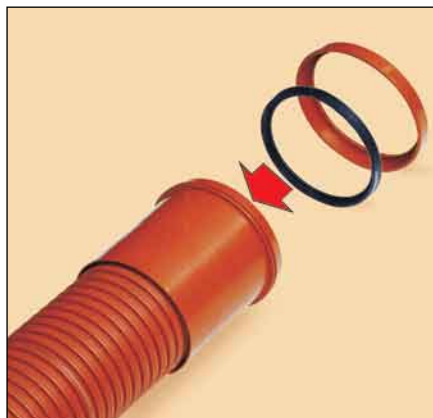


## UGRADNJA PRAGMA® CIJEVI

6.4

### SPAJANJE PRAGMA® CIJEVI (KOLČAK) S RAVNIM KRAJEM PVC CIJEVI

- 1) Postaviti brtvu u žlijeb na rubu kolčaka te postaviti rubni prsten.
- 2) Namjestiti presten (koristiti gumeni čekić).
- 3) Namazati brtvu.
- 4) Ugurati ravni kraj PVC cijevi u kolčak Pragma cijevi.



6.5

### PRIKLJUČENJE PRAGMA® CIJEVI NA BETONSKO OKNO



1) Napraviti otvor u betonskom oknu.



2) Ugraditi Pragma umetak.

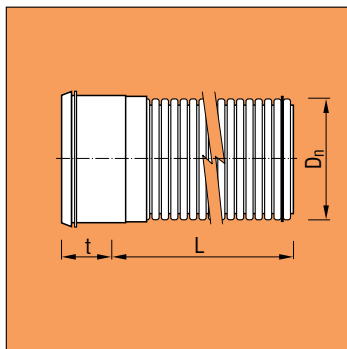
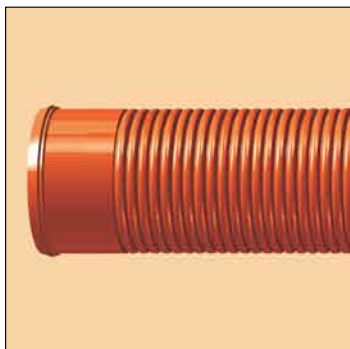


3) Spojiti cijev na umetak.

# PROIZVODNI PROGRAM

KANALIZACIJSKE CIJEVI I FASONSKI KOMADI Pragma® SUSTAVA

## CIJEVI

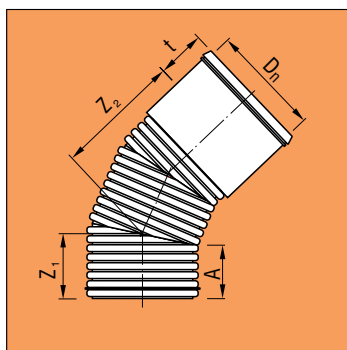


## PROIZVODNI PROGRAM

### Pragma® cijevi s dvostrukom stijenkom

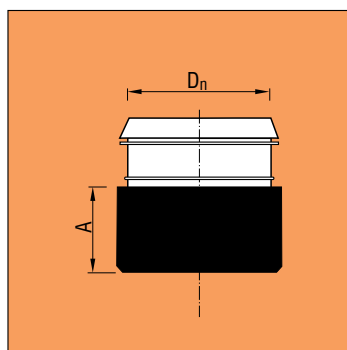
D <sub>n</sub> [mm]	L [m]	t [mm]
160	6.0	94
200	6.0	113
250	6.0	129
315	6.0	148
400	6.0	158
500	6.0	188
630	6.0	232
160	3.0	94
200	3.0	113
250	3.0	129
315	3.0	148
400	3.0	158
500	3.0	188
630	3.0	232

## FASONSKI KOMADI



### PP Pragma® luk

D <sub>n</sub> [mm]	[°]	Z <sub>1</sub> [mm]	Z <sub>2</sub> [mm]	t [mm]	A [mm]
160	15	110	21	97	110
160	30	121	31	97	108
160	45	149	41	97	116
200	15	134	23	116	119
200	30	159	176	113	132
200	45	158	48	116	119
200	90	442	459	113	132
250	15	186	161	129	170
250	30	203	178	129	170
250	45	287	261	129	170
250	90	459	434	129	170
315	15	197	169	148	176
315	30	218	217	148	176
315	45	320	320	148	176
315	90	533	533	148	176
400	15	222	220	158	196
400	30	250	248	158	196
400	45	366	363	158	196
400	90	615	613	158	196
500	15	241	238	188	208
500	30	275	272	188	208
500	45	399	396	188	208
500	90	679	679	188	208
630	15	285	284	232	244
630	30	328	327	232	244
630	45	477	476	232	244
630	90	818	817	232	244



### PP Pragma® umetak za priključenje na betonsko okno

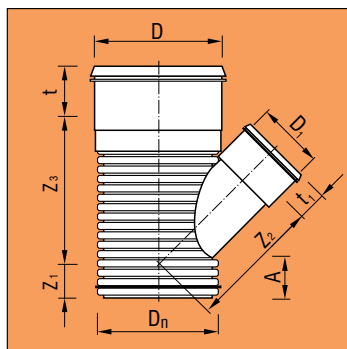
D <sub>n</sub> [mm]	A [mm]
160	80
200	80
250	80
315	80
400	80



# PROIZVODNI PROGRAM

KANALIZACIJSKE CIJEVI I FASONSKI KOMADI Pragma® SUSTAVA

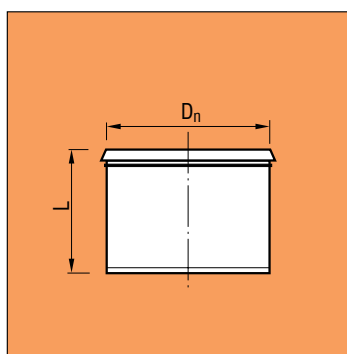
## FASONSKI KOMADI



## PROIZVODNI PROGRAM

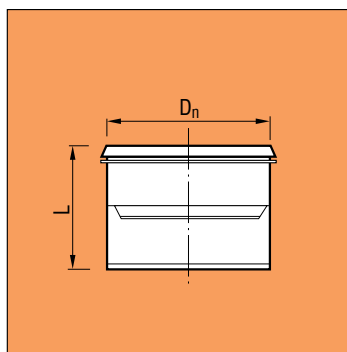
### Pragma® odvojak

D <sub>n</sub> [mm]	D <sub>1</sub> [mm]	Z <sub>1</sub> [mm]	Z <sub>2</sub> [mm]	Z <sub>3</sub> [mm]	t [mm]	t <sub>1</sub> [mm]	A [mm]
160	110	108	183	184	97	73	110
160	160	133	214	214	97	97	106
200	160	134	231	239	116	97	121
200	200	153	264	264	116	116	121
250	160	155	456	302	134	97	140
250	200	155	300	302	134	116	140
315	160	139	494	345	146	97	154
315	200	139	338	345	146	116	154
315	250	213	360	531	146	124	154
400	160	131	458	529	158	94	198
400	200	159	491	567	158	113	198
400	250	195	411	598	158	124	198
400	315	241	446	651	158	130	198
500	160	101	529	618	188	94	212
500	200	129	561	675	188	113	212
500	250	165	473	682	188	124	212
500	315	210	505	764	188	130	212
500	400	271	553	831	188	141	212
630	160	78	621	763	232	94	248
630	200	107	653	784	232	113	248
630	250	142	653	848	232	124	248
630	315	188	568	902	232	130	248
630	400	248	633	941	232	141	248
630	500	319	812	969	232	179	248



### Pragma® klizna spojnica

D <sub>n</sub> [mm]	L [mm]
160	190
200	230
250	261
315	303
400	325
500	375
630	458



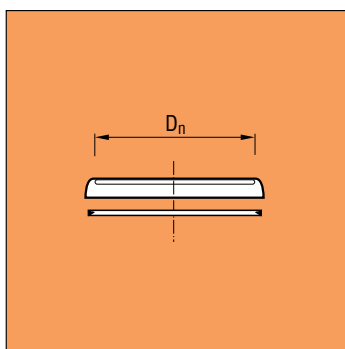
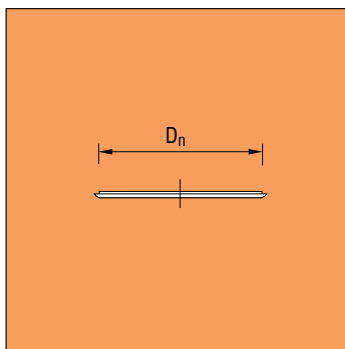
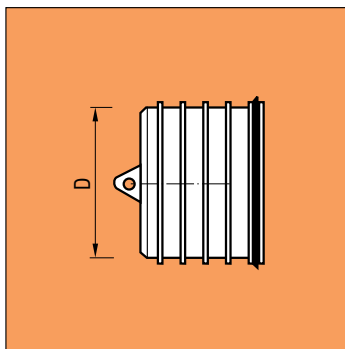
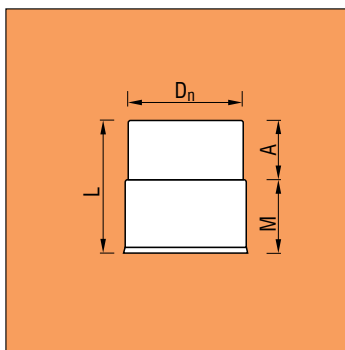
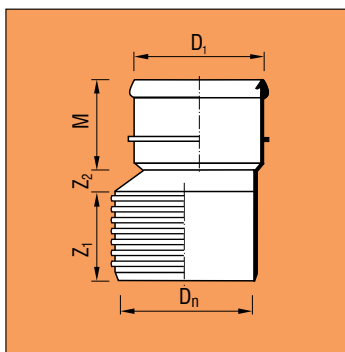
### Pragma® klizna spojnica

D <sub>n</sub> [mm]	L [mm]
160	190
200	230
250	261
315	303
400	325
500	375
630	458

# PROIZVODNI PROGRAM

KANALIZACIJSKE CIJEVI I FASONSKI KOMADI Pragma® SUSTAVA

## FASONSKI KOMADI



## PROIZVODNI PROGRAM

### Pragma® redukcija

D <sub>n</sub> [mm]	D <sub>1</sub> [mm]	Z <sub>1</sub> [mm]	Z <sub>2</sub> [mm]	M [mm]
200	160	123	30	97
250	200	176	49	188
315	200	180	144	203
315	250	180	57	124
400	250	199	165	124
400	315	199	71	130
500	315	255	232	130
500	400	255	128	141
630	400	298	288	141
630	500	298	135	179

### Pragma® spojnica za PVC kolčak

D <sub>n</sub> [mm]	M [mm]	A [mm]	L [mm]
160	80	84	168
200	102	100	208
250	124	145	326
315	130	163	361
400	141	184	409
500	179	226	505

### Pragma® čep

D [mm]
160
200
250
315
400
500
630

### Pragma® brtveni prsten

D <sub>n</sub> [mm]
160
200
250
315
400
500
630

### Pragma prsten kolčaka s brtvom

D <sub>n</sub> [mm]
160
200
250
315
400
500



**Pipelife Hrvatska d.o.o.**

Zagrebačka 19, 47000 Karlovac  
Tel: 047/637-663; Fax: 047/637-561  
[www.pipelife.hr](http://www.pipelife.hr)