Forankring av trykkledninger

1 FORMÅL

Dette VA/Miljø-bladet viser ulike forankringsløsninger for nedgravde trykkledninger, og trykkledninger i kummer.

Bladet har til hensikt å forebygge lekkasjer og evt. skader som følger av at ledninger og armatur ikke er tilstrekkelig forankret for dimensjonerende vanntrykk. Ulike forankringsløsninger blir gjennomgått med utgangspunkt i tilgjengelig rørmateriell og armatur

2 BEGRENSNINGER

Bladet omhandler ikke forankring på terreng (i luft), i vann, og heller ikke spesielle problemstillinger knyttet mot renovering av eksisterende vannledninger.

3 FUNKSJONSKRAV

Alle nye ledningsanlegg skal trykkprøves med prøvetrykk som er større enn normalt driftstrykk. Ledningsanlegget må derfor ha forankringsløsninger som er dimensjonert for å tåle prøvetrykket med god (standardisert) sikkerhetsmargin.

Til alle forankringskonstruksjoner skal det bare anvendes materialer som er minst like aldringsbestandig som selve rørsystemet for angjeldende ledningsanlegg. Forankringen skal også være dimensjonert for å tåle dimensjonerende belastning i anleggets definerte levetid; dvs > 100 år.

4 LØSNINGER

Utførende entreprenør har hovedansvaret for at utførelsen av forankringer for trykkledninger blir tilfredsstilende utført og dokumentert. Utførelsen skal være i samsvar med gjeldende retningslinjer og de eventuelle tilleggskrav som er stilt fra konsulent eller byggherre.

4.1 OPPTREDENDE KREFTER

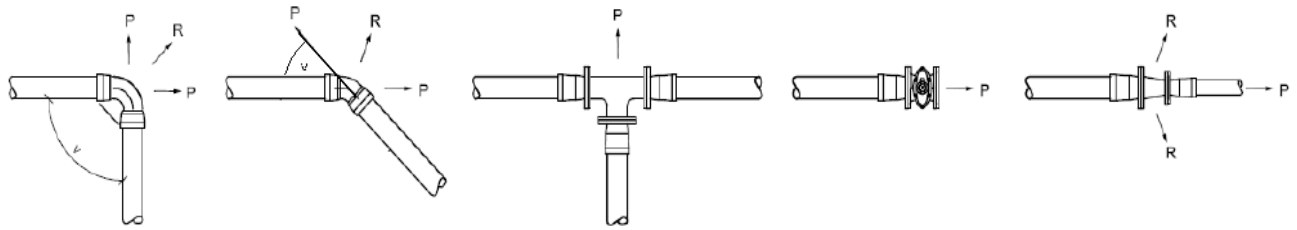
Hydrauliske skyvekrefter oppstår ved bend, T-rør, dimensjonsoverganger og endepunkter på ledninger som vist i figur 1. Aksialkraften i endepunktet av en ledning er lik produktet av vanntrykket og arealet som det virker på; P (N) = Vanntrykk (N/mm^2) x Areal (mm^2).

Vertikal og horisontal forankring av bend i åpen grøft utføres i henhold til nedenstående figurer og tabell. Tallene i tabellen gjelder for væsketrykk = 100 mVS.

Tabell 1: Resultatkraft ved bend

Ø mm	P kN	R i kN ved forskjellige bend				
		11 ¼ °	22 ½ °	30 °	45 °	90 °
100	11,0	2,2	4,3	5,7	8,4	15,5
150	22,7	4,5	8,9	11,8	17,4	32,1
200	38,8	7,6	15,1	20,2	29,7	54,8
250	59,0	11,6	23,0	30,5	45,1	83,5
300	83,5	16,4	32,6	43,2	63,9	118,1
400	144,6	28,4	56,4	74,8	110,7	204,5
500	222,3	43,6	86,8	115,0	170,7	314,5
600	316,7	62,1	123,6	174,0	242,2	448,0

Måleenheter:
Kraft er angitt i kN.
Mpa for spenning og flatetrykk, mVS alternativt.
1Mpa=1 N/mm^2. 1 Pa er per definisjon 1 N/m^2.
1bar = 10,197 mVS = 1,0197kp/cm^2 = 0,1 MPa



Figur 1: Aksialkrefter og resultatkrefter

a. Aksialkraft P og resultant R i kN ved 100 mVS. R = 2 • P • sin(v/2).

b. Ved andre trykk enn 100 mVS må tabellens tall omregnes forholdsvis.

c. Ved beregning og konstruksjon av forankringer skal det regnes maksimalt forekommende statisk trykk pluss et tillegg på 50 mVS (NB: Ta også hensyn til max. prøvetrykk i forbindelse med tetthetsprøvingen).

Utarbeidet:	Juni 2010	Sweco Norge AS	Revidert:	

Ved all graving inntil kummer, forankringsklosser og VA-ledninger under trykk må det tas hensyn til de krefter som oppstår. Det kan i mange tilfeller være nødvendig å gjøre ledningsstrekk trykkløse ved arbeider i nærheten av ledningsanlegget.

4.2 FORANKRING AV TRYKKLEDNINGER I GRØFTER

Kreftene som virker på ledningen på grunn av det indre vanntrykket må tas opp og overføres til grøfteside eller annen konstruksjon ved hjelp av forankringsklosser. Det kan også være aktuelt å forankre mot grøftebunn direkte eller i friksjonskreftene mot underlaget.

Det er viktig å vite hvilke type jordmasser som finnes i området der trykkledningens forankringskloss skal etableres. Dersom det ikke finnes analyseresultater, må det legges inn tilstrekkelig sikkerhet for jordtrykket bak klossene. Se pkt 4.3.

Bakkant forankring støpes **mot urørt terreng (hvis det er mulig).** Denne anleggsflaten er dimensjonerende for forankringen. Anleggsflate = b • h. 1 cm^2 anleggsflate opptar 10 N (Jfr. Tabell 1).

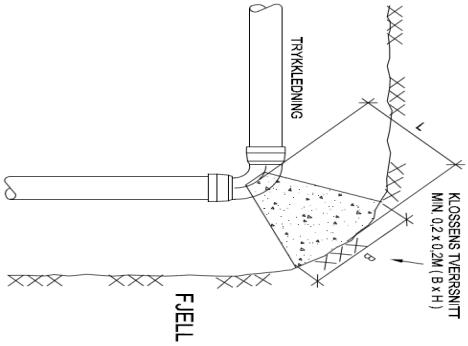
Det presiseres at urørt grøfteside er sjelden, og at løsninger angitt under pkt. 4.4 da må vurderes.

4.2.1 FORANKRING I FJELLGRØFT

I fjell er fastheten normalt høyere enn i vanlig konstruksjonsbetong (C35 armert med B500). Er fjellkvaliteten dårlig og fjellet sterkt sprukket opp, må kvaliteten på fjellet vurderes/beregnes før endelig utforming av avstempling mot fjell kan skje.

Andre støpte konstruksjoner vil også normalt ha fasthet minst på nivå med klossen. Normalt vil derfor klossens tverrsnitt være dimensjonerende, se figur 2.

Anbefalt minste tverrsnitt på kloss 0,2x0,2 m opptar uproblematisk reaksjonskraft >400 kN med normal betong- og stålkvalitet i klossen som er forannevnt. Se figur 2 og pkt 4.3.



Figur 2: Forankring i fjellgrøft

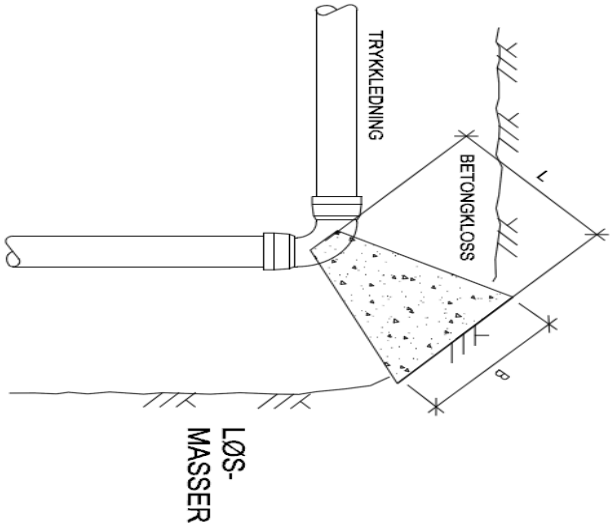
4.2.2 FORANKRING I LØSMASSEGRØFT

Avstempling skal skje mot grøfteside (urørte masser).

Forankringsklossen må armeres.

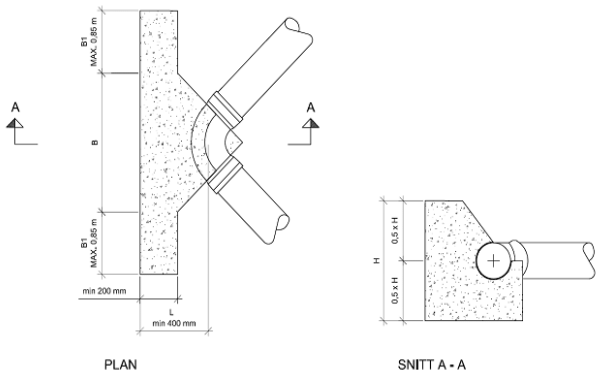
Ved avstempling mot omrørte masser må det utføres spesielle tiltak (spunt, tyngde på forankringskloss, aktsomt komprimeringsarbeid bak forankringskloss, strekkfaste løsninger). Se også diverse løsningsforslag under pkt 4.4.

Nødvendig areal på forankringsklossen avhenger av jordmassen ved avstempling mot grøfteveggen. Se figur 3 og pkt 4.3.



Figur 3: Forankring i løsmassegrøft, prinsipp

Forankringsklosser i løsmasser bør prosjekteres og bygges som vist i figur 4 (og etter anbefalingene gitt foran) hvis det er mulig.



Figur 4: Eksempel på forankring i løsmassegrøft

Om man skal benytte papp mellom rør og betong eller om godset skal innstøpes, er avhengig av om man ønsker en senere mulighet for demontering av bendet. I de fleste tilfeller vil det likevel bli nødvendig å bygge en ny forankringskloss.

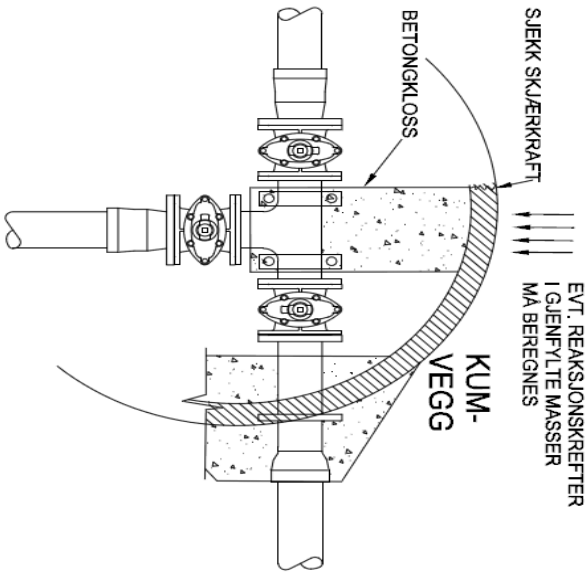
4.2.3 FORANKRING I KUMMER OG ANDRE STØPTE KONSTRUKSJONER

Ved forankring i kummer kan det enten benyttes prefabrikerte konsoller/ konstruksjoner beregnet på dette, eller det bygges forankringsklosser dimensjonert for å ta opp kreftene.

Her vil normalt avstemplingsklossens tverrsnitt bli dimensjonerende. Tynnveggede kummer og andre støttevegger bak klossen må kontrolleres for skjærspenning og fare for gjennomlokking. God komprimering på utside av kum/bakside av annen konstruksjonsdel må forutsettes, slik at aksjonskreftene fra ledningen eventuelt kan videreføres til omfyllingen av kummen/ konstruksjonen.

I figur 5 er det vist en situasjon med ventiler i 3 retninger. Det kan da oppstå krefter i flere retninger avhengig av hvilke ventiler som er åpne/ stengte. Krefter kan enten tas opp vha. innfesting i konsoll/ betongkloss som støpes mot kumvegg, vha. innfesting i konsoll som festes i kumbunn eller ved innstøping av rør i kumvegg.

NB! Dette må beregnes i hvert enkelt tilfelle – figur 5 viser kun eksempler på innfesting/ forankring. Forankring må tåle alle trykkforhold som kan forekomme i kummen.



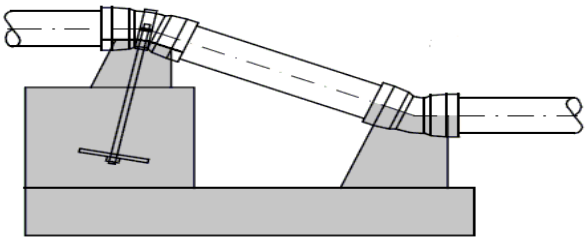
Figur 5: Forankring i kum

4.2.4 FORANKRING VERTIKALAVVINKLINGER

Ved vertikalavvinklinger må det også bygges forankringsklosser.

I "lavbrekk"/ avvinklinger som har resultant mot grøftebunn kan klossen bygges direkte mot urørt grøftebunn.

I "høybrekk"/ avvinklinger som har resultant oppover kan det for eksempel bygges en kloss under ledningen med stålstag og klamring oppover rundt bendet, se figur 6. En annen løsning er å bygge en armert betongplate over avvinklingen. Det er nødvendig å bygge plate for å fordele trykket i massene som legges over avvinklingen.



Figur 6: Eksempel på utførelse av vertikalavvinkling i høybrekk

Det må benyttes stålkvalitet og korrosjonsbeskyttelse som gir 100 års levetid.

4.3 AREAL FOR FORANKRINGSKLOSSER OG TILLATT (ANBEFALT) BELASTNING MOT GRØFTSIDE FRA AKSJONSKREFTENE I TRYKKLEDNINGSANLEGG

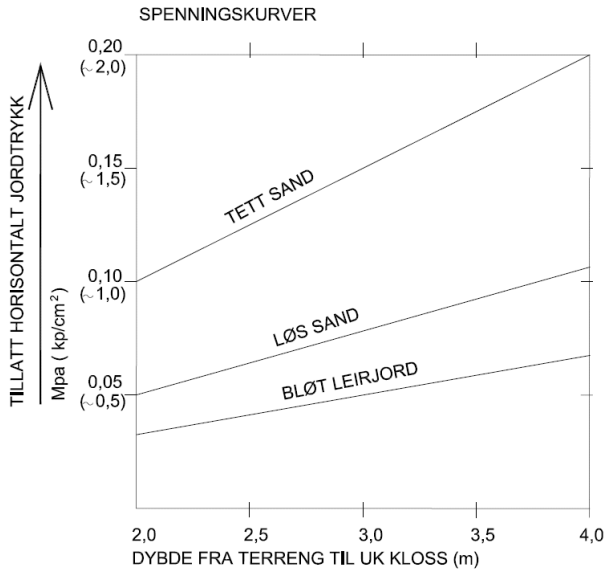
4.3.1 FASTHETSVERDIER/ BELASTNING FRA GRØFTESIDE

Er fasthetsanalyser av grøftemassene utført, anvendes disse.

Dersom analyser ikke finnes kan følgende fasthetsverdier benyttes:

Tabell 2: Fasthetsvurdering av grøftemasser (grøfteside)

Jordtype	Anbefalt tillatt jordtrykk; kN/m²	Anmerkninger
Bløt/kvikk leire og siltholdig leire	-	Geoteknisk vurdering/analyse er nødvendig Leira formes med et lett fingertrykk
Middels fast leire	100	Leira er fuktig og noe plastisk. Formes med moderat fingertrykk.
Fast leire	400	Leira er tørr og relativt fast. Kan ikke formes med fingertrykk.
Fin grus, sand	200	
Grov grus	300	
Deponerte ukonsoliderte masser	-	Geoteknisk vurdering/analyse er nødvendig



Figur 7: Spenningskurver

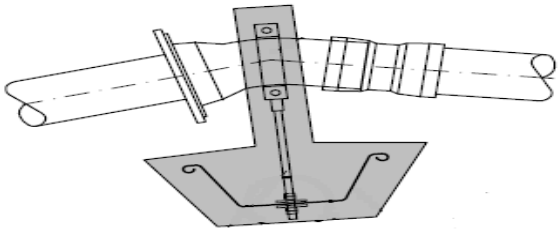
4.3.2 TABELL AREAL FOR FORANKRINGSKLOSS

Result-antkraft, R, kN	Jordtype	Kontakt-flate areal m²	Anmerk-ninger
-	Bløt/kvikk leire og siltholdig leire	-	Geote-knisk vurdering/ analyse er nødvendig
50 100 200 300 400 500	Middels fast leire	0,50 1,00 2,00 3,00 4,00 5,00	
50 100 200 300 400 500	Fast leire	0,125 0,25 0,50 0,75 1,00 1,50	
50 100 200 300 400 500	Fin grus, sand	0,25 0,50 1,00 1,50 2,00 2,50	
50 100 200 300 400 500	Grov grus	0,167 0,33 0,67 1,00 1,33 1,67	
-	Deponerte ukon-soliderte masser	-	Geote-knisk vurdering/ analyse er nødvendig

4.4 FORANKRING VED SPESIELLE FORHOLD

4.4.1 FORANKRING MED STREKKSTAG

Ofte kan det være vanskelig å få til klosser mot urørt grøfteside, eller ledningsanlegget kan ligge slik at trykkledningen ligger i innerkurve med andre ledninger som ikke behøver forankring på yttersiden. Da kan løsningen i figur 8 benyttes. Løsninger hvor en forankrer mot større steiner etc. anbefales ikke.



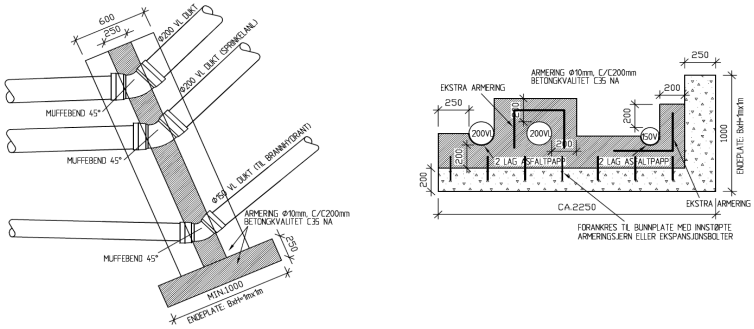
Figur 8: Eksempel på forankring med strekkstag i innerkurve

Dette er en løsning hvor det settes ned en spuntnål innenfor avvinklingen. Bendet forankres i spuntnålen med stålstag og bøyler. Dette omstøpes.

Det må benyttes stålkvalitet og korrosjonsbeskyttelse som gir 100 års levetid.

4.4.2 FORANKRING AV FLERE TRYKKLEDNINGER I SAMME GRØFT

Ved flere ledninger i samme grøft må det ofte støpes forankringsklosser som forankrer flere ledninger. Et eksempel på dette er vist i figur 9.



Figur 9: Eksempel på forankring av flere trykkledninger i samme grøft

I dette eksempelet er det tre trykkledninger som alle skal forankres. I tillegg er det ikke mulig å få til støp mot urørte masser. Det er derfor først støpt en bunnplate med sidevegg på det stedet forankringen skal utføres. Denne er dimensjonert for å ta opp kreftene som oppstår. Oppå denne er det støpt forankringskloss. Hvis den midterste eller innerste ledningen er en selvfallsledning bør det vurderes å legge denne igjennom forankringsklossen i varerør.

En enkel løsning ved ledninger i innerkurve (hvor trykkledningen går i samme grøft som selvfallsledninger) er å legge en betong nedstigningskum på selvfallsledningen slik at trykkledningen kan forankres mot utsiden av denne.

4.4.3 FORANKRING I BLØTE GRØFTETRASÈER

Ved forankring i bløte grøftetrasèer må det alltid utføres vurderinger av hvilket forankringsprinsipp som er det mest aktuelle stedet. I tillegg må det vurderes om etablering av en betongkonstruksjon medfører behov for masseutskifting, og om det da medfører problemer for etablering av forankringen.

Andre løsninger ved bløte grøftetrasèer er strekkfaste løsninger, eller evt. forankring mot spuntnål.

4.5 PREFABRIKERTE LØSNINGER I GRØFTER

Det finnes også prefabrikerte forankringsklosser for forankring av trykkledninger som leveres av betongvareleverandørene. Disse må benyttes (dimensjoneres og monteres) i samråd med hver enkelt leverandør.

4.6 PREFABRIKERTE LØSNINGER I KUMMER

Flere leverandører av kummer og kumgods/ rørarmatur tilbyr forankringskonsoller som er innstøpt i bunnseksjonen.

Det er hovedsakelig 2 typer løsninger:
- Konsoll som krever bøyle over T-kryss/ ventilkryss
- Konsoll som festes med bolter i flens på rørarmatur

Dimensjoner opp til 300 mm dekkes av dette. Ved bruk av slike løsninger må leverandøren kunne dokumentere løsningen mhp. beregninger av hvilke krefter som tas opp. I utgangspunktet er disse konsollene ikke beregnet på avvinkling, kun på å ta opp krefter i kryss/T-kryss.

4.7 STREKKFASTE LØSNINGER

Strekkfaste løsninger for duktilt støpejern kan i mange tilfeller være hensiktsmessig fordi en slipper å etablere forankringskloss. Særlig ved grøftearbeider hvor det kan bli trangt om plassen, eller problemer med transport forbi anleggsstedet bør dette vurderes. Grunnforholdene kan også medføre at andre løsninger en forankringsklosser må velges.

Strekkfaste løsninger omtalt under gjelder for duktile støpejernsrør. Et annet alternativ er å velge PE-rør med sveiste skjøter (speilsveis/elektromuffer), som i seg selv er strekkfaste løsninger.

4.7.1 LØSNINGER FOR DUKTILT STØPEJERN

Her overføres kreftene fra et bend til friksjonskrefter langs røret. Antall meter med strekkfaste skjøter er basert på friksjonskrefter pga. rørvekt og vekt av tilbakefyllingsmasser.

Ved bruk av strekkfaste systemer må det beregnes hvor langt fra avvinklingen (antall strekkfaste skjøter) det skal benyttes strekkfaste muffer på hver side av avvinklingen/ krysset. Ved flere avvinklinger etter hverandre kan avstanden mellom avvinklingene være kortere enn avstanden beregnet over (forutsatt at alle muffer mellom avvinklingene er strekkfaste).

Det finnes flere systemer i markedet for strekkfaste løsninger;

- Buderus leverer løsningene Tyton SIT og BLS,
- Saint Gobain leverer Tyton SIT, Standard Vi, UNI VI

Generelt er det slik at BLS og UNI VI systemene tåler større krefter og høyere driftstrykk på ledningsanlegget.

Rørleverandørene har tabeller/ beregningsprogrammer hvor de oppgir nødvendige lengder med strekkfaste skjøter. Tabell 4 er et eksempel fra slike beregningsprogram.

Tabell 4 viser hvilken lengde som må innstalleres med strekkfaste skjøter på begge sider av bendet for et testtrykk på 10 bar. Tabellen gjelder for alle typer duktile strekkfaste skjøter.

4.7.2 LØSNINGER FOR PVC

Strekkfaste muffesikringer for PVC-rør bør ikke benyttes til forankring av slike krefter som er beskrevet i dette VA/Miljøbladet.

Tabell 4: Forankringslengde ved testrykk 10 bar

DN	Forankringslengde ved testtrykk = 10 bar														
Over-fylling	90 ° bend			45 ° bend			22 ½ ° bend			11 ¼ ° bend			Blindflens		
	1,0m	1,5m	2,0m	1,0m	1,5m	2,0m	1,0m	1,5m	2,0m	1,0m	1,5m	2,0m	1,0m	1,5m	2,0m
80	4,5	3,1	2,3	2,8	1,9	1,5	1,6	1,1	0,8	0,8	0,6	0,5	5,7	3,9	3,0
100	5,4	3,7	2,8	3,4	2,3	1,8	1,9	1,3	1,0	1,0	0,7	0,5	6,9	4,7	3,6
125	6,6	4,5	3,4	4,1	2,8	2,1	2,3	1,6	1,2	1,2	0,8	0,6	8,4	5,7	4,4
150	7,7	5,3	4,0	4,8	3,3	2,5	2,7	1,8	1,4	1,4	1,0	0,7	9,8	6,7	5,1
200	9,9	6,8	5,2	6,1	4,2	3,2	3,4	2,4	1,8	1,8	1,3	1,0	12,6	8,7	6,6
250	12,0	8,3	6,4	7,5	5,2	4,0	4,2	2,9	2,2	2,2	1,5	1,2	15,3	10,6	8,1
300	14,1	9,8	7,5	8,7	6,1	4,7	4,9	3,4	2,6	2,6	1,8	1,4	17,9	12,5	9,6
350	16,0	11,2	8,6	9,9	7,0	5,4	5,6	3,9	3,0	2,9	2,1	1,6	20,3	14,3	11,0
400	17,9	12,6	9,7	11,1	7,8	6,0	6,2	4,4	3,4	3,3	2,3	1,8	22,8	16,0	12,4
450	19,7	14,0	10,8	12,3	8,7	6,7	6,9	4,9	3,8	3,6	2,6	2,0	25,1	17,8	13,8
500	21,5	15,3	11,9	13.4	9,5	7,4	7,5	5,3	4,1	4,0	2,8	2,2	27,4	19,5	15,1
600	25,0	17,9	14,0	15,5	11,1	8,7	8,7	6,2	4,9	4,6	3,3	2,6	31,8	22,8	17,8
700	28,2	20,4	16,0	17,5	12,7	9,9	9,8	7,1	5,6	5,2	3,8	2,9	35,8	25,9	20,3
800	31,2	22,8	17,9	19,4	14,1	11,1	10,9	7,9	6,2	5,8	4,2	3,3	39,8	29,0	22,8
900	34,1	25,0	19,8	21,2	15,6	12,3	11,9	8,7	6,9	6,3	4,6	3,7	43,4	31,9	25,2
1000	36,9	27,2	21,6	22,9	16,9	13,4	12,8	9,5	7,5	6,8	5,0	4,0	46,9	34,7	27,5
1100	39,4	29,4	23,4	24,5	18,2	14,5	13,7	10,2	8,1	7,3	5,4	4,3	50,2	37,4	29,8
1200	41,9	31,4	25,1	26,0	19,5	15,6	14,6	10,9	8,7	7,7	5,8	4,6	53,4	40,0	32,0
1400	46,2	35,1	28,3	28,7	21,8	17,6	16,1	12,2	9,8	8,5	6,5	5,2	58,9	44,7	36,0
1500	48,4	36,9	29,9	30,0	22,9	18,6	16,8	12,9	10,4	8,9	6,8	5,5	61,6	47,0	38,0
1600	50,4	38,7	31,4	31,3	24,0	19,5	17,5	13,5	10,9	9,3	7,1	5,8	54,2	19,3	40,0
1800	54,2	42,0	34,3	33,7	26,1	21,3	18,9	14,6	11,9	10,0	7,8	6,3	69,0	53,5	43,7

Ved andre trykk Px blir aktuell lengde Lx=Tabellverdi • P/10 bar

For rør med PE-belegg blir Lpe = Lx • 1,9

Beregningseksempel på et rett strekk med en avvinkling:

- 1 stk 45° bend
- Rør DN 500 / C 30
- PEA = 25 (prøvetrykk)
- Morenegrunn
- Over grunnvannsnivå
- Overdekning 1,5m

Fra tabell hentes og utledes rørlengder med strekkfaste skjøter: P = 10 bar / L = 9, 5 m

Korreksjon for 25 bar: L = 9,5 x 25/10 = 23,75 m.

Rørlengde = 6 m. Det legges fire rørlengder med strekkfaste skjøter på hver side av bendet.

I hvert enkelt tilfelle må det vurderes om en skal benytte lenger avstand enn den som er oppgitt i tabell eller formelverk. Bakgrunnen er at trykkprøving vil kunne bli utført uten at røret har fått nødvendig tilbakefylling (selv om det frarådes), og at graving langs ledningen vil kunne påvirke overføringen av krefter.

Henvisninger:		*Utarbeidet:*	*Juni 2010*	*Sweco Norge AS*
		Revidert:		