

## 1 FORMÅL

Dette VA/Miljø-bladet gir planleggere et praktisk hjelpemiddel ved prosjektering av VA-ledninger med stort fall. Avhengig av om det gjelder trykkløse avløpsledninger, rørmaterialer, rør med muffeskjøter eller strekkfaste muffeskjøter, heltrukne eller helsveiste rørledninger, vil kravene til utførelse kunne være forskjellige.

## 2 BEGRENSNINGER

Det er i dette VA/Miljø-bladet ikke tatt hensyn til rørlegging i rasfarlige områder, ustabile grunnforhold, kvikkleire, og flomutsatte områder.

## 3 FUNKSJONSKRAV

Utførelsen av ledningsanlegget skal være slik at det ikke oppstår "sig" i rørledningen, grunnet utilstrekkelig friksjon mellom rørledningen og grøftmassene. Det er viktig at ikke grensene for tillatt avvinkling i eventuelle muffeskjøter overskrides, eller at spissendene trekker seg ut av muffene dersom ikke muffene er strekkfaste. Forankringene må også dimensjoneres for tyngdekomponenten av rør og vann minus friksjonskraften mellom røret og grøftmassene. I tillegg kommer trykk komponenten forårsaket av eventuell avvinkling i muffe og i bend, dimensjonsover ganger etc.

Vannhastigheten i røret skal ikke overstige verdier som kan gi uønsket innvendig slitasje i rørene. Dette gjelder vanligvis for trykkløse ledninger, med fritt vannspeil, som kan føre sand og grus; overvannsledninger, fellesledninger og i noen grad også for spillvannsledninger. Kan også gjelde for helfylte gravitasjons trykkledninger hvor det er muligheter for rask hastighetsforandring av vannstrømmen, ved hjelp av manuell eller automatisk ventilregulering, for eksempel ved bruk av rørbruddsventiler, eller ved raske variasjoner i vannhastigheten forårsaket av luftansamlinger, luftbobler. Dette vil forårsake trykkstøt, og må tas med i beregningene.

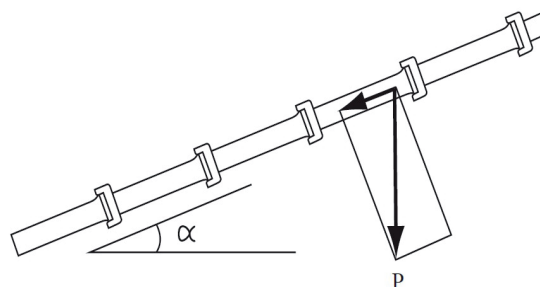
## 4 LØSNINGER

### 4.1 HVA MENES MED STORT FALL

I dette VA/Miljø-bladet defineres stort fall som følgende:

- For frittliggende rørledninger liggende ovenpå mark, defineres stort fall som fall større enn 20 %, tilsvarende en hellings vinkel,  $\alpha > 11$  grader.

- For nedgravde rørledninger med en overdekning, jordlast, på minst 1 meter defineres stort fall som fall større enn 25 %, tilsvarende en hellingsvinkel,  $\alpha > 14$  grader.



Figur 1.

Opp til disse grensene vurderes friksjonen mellom den utvendige røroverflaten og de omkringliggende massene i grøften, å være tilstrekkelig til å hindre at "sig" oppstår. Det forutsettes da at jordmassene i grøftetraseen har tilstrekkelig fasthet og at utførelsen av ledningsgrøften er i henhold til VA/Miljø-blad nr. 5, "Grøfteutførelse fleksible rør" og nr. 6, "Grøfteutførelse stive rør" eller etter NS 3420 Kap. F.

### 4.2 RØRMATERIALER

Generelt anbefales det, ved etablering av VA-ledninger med stort fall, å bruke heltrukne eller helsveiste rør, som for eksempel PE-rør, helsveiste stålrør eller mufførør i duktilt støpejern med strekkfaste muffeløsninger. For kravspesifikasjon på rørmaterialer, se VA/Miljø-blad 11 og 16.

### 4.3 Helsveiste ledninger av polyetylen

Sveiste ledninger av polyetylen har vært mye brukt som rørmateriale i traseer med stort fall. Det anses som en fordel at alle skjøter gjøres strekkfaste. Dagens PE 100 materiale vil normalt tåle de belastninger som oppstår som en konsekvens av det bratte terrenget, dvs. egenvekt rør samt vekt av vann. Reaksjonskrefter i polyetylenrøret som følge av temperaturforskjeller må også vurderes. Se også VA/Miljø-blad 11, kravspesifikasjon for rør av PE materiale. Behovet for forankring må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Ved behov for forankring: se VA/Miljø-blad 96, forankring av trykkledninger. Ved gunstige grunnforhold, samt dersom det ikke er for store avvinklinger, vil det normalt ikke være nødvendig å forankre ledningen, unntatt i endepunktene. Øvrige funksjonskrav som stilles til ledningen, f.eks. trykk, ringstivhet, dimensjon må vurderes eksplisitt.

## 4.4 Strekkfaste muffeskjøter

Ved bruk av strekkfaste muffeløsninger følges rørprodusentens anbefalinger for montasje. Rørledningen forankres øverst i en trasè med stort fall. Se fig. 2 A. Helst skal ledninger også forankres i bunnen av traseen.

Ønsker man ikke å bruke forankringskloss på toppen av et ledningstrekk med stort fall, for eksempel der det ikke er mulig å få etablert forankring til fjell, kan man bruke et strekkfast muffebend. Men man må da bruke strekkfaste mufferør videre innover i det overforliggende ledningstrekket, uten stort fall, i en lengde, L, til man oppnår tilstrekkelig friksjon mellom rørledningen og omfyllingsmassene til å oppta sigekraften som forårsakes av et ledningstrekk med stort fall. Se fig. 2 B. I tillegg kommer de hydrauliske trykkreftene avhengig av avvinklingen i muffene og muffebendet og det stedlige vanntrykket inkludert trykkstøt, eller prøvetrykket, hva som enn er størst. For forankring med strekkfaste muffeskjøter: se VA/Miljø-blad 96, forankring av trykkledninger, kap. 4.7.

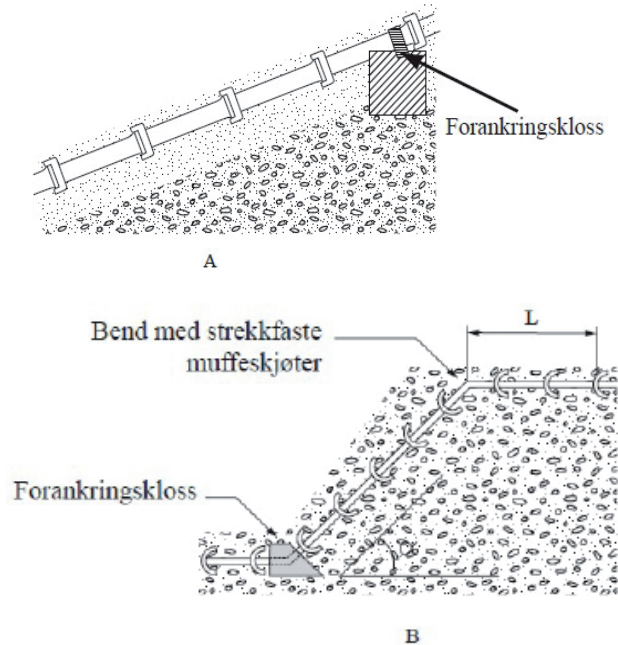


Fig. 2 A og B.

Vekten av røret og vannet i røret, den termiske utvidelsen, og kreftene forårsaket av retningsendring i muffe og bend, avgjør behovet for mellomliggende forankringer. Dette gjelder også for heltrukne eller helsveiste plastledninger og helsveiste stålledninger.

## 4.5 Ikke strekkfaste muffeskjøter

I ledningstraseer med stort fall må nederste muffe- eller muffeørdel, muffebend, forankres og spissenden til røret oppstrøms føres helt ned i muffebunnen. Rørmaterialet, rørdimensjonen, det enkelte rørs byggelengde, termisk utvidelse og vekt av rør og vann, avgjør hvor mange rørlengder man kan tillate før neste rør eller muffeørdel må forankres. Dette rørets eller rørdelens spissende, må da gis den nødvendige klaring i

nedenforliggende muffe for å kunne oppta rørestrekkets maksimale termiske ekspansjon. Denne klaringen må ikke være større enn det rørprodusenten anbefaler som maksimalt tillatt uttrekk i muffeskjøten. Dersom ikke maksimalt tillatt uttrekk er oppgitt, kan rørprodusentens anbefalte normale klaring i muffeskjøten brukes.

Normalt er det vanlig å tillate 5-6 rør stående i muffebunnen før neste forankring. Ved byggelengde  $L = 6$  m, gir dette ca. 30-36 m mellom forankringene. Står ikke spissendene i muffebunnen, men monteres med den anbefalte klaring, kan summen av klaring i hver rørmuffe ved "sig" tilslutt ende opp i en av muffene. Vanligvis i siste muffe før neste overforliggende forankrede rør, eller rørdel. Dette vil da kunne forårsake lekkasje dersom klaringen blir for stor. Dette må kontrolleres dersom en slik løsning ønskes. Generelt sett anbefales derfor ikke en slik løsning for ledningstrekk ved stort fall.

### 4.5.1 Forankringsklosser

Dimensjonering av forankringsklosser for en nedgravd rørledning ved stort fall er gitt ved følgende betraktninger: Se fig. 3.

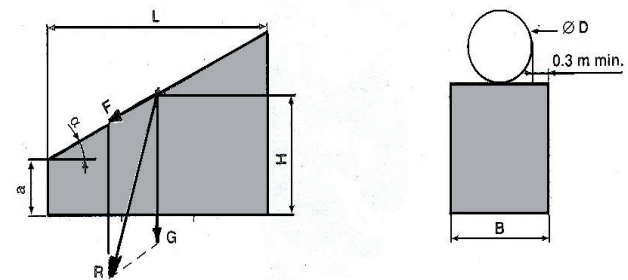


Fig. 3.

Hvor:

- $a$  = Forankringsklossens minste nederste høyde (m)
- $\alpha$  = Gradient. Rørets helningsvinkel (grader)
- $F$  = Sigekraften. Det vannfylte rørets vekt-komponent langs senterlinjen (N)
- $L$  = Forankringsklossens horisontale, største lengde (m)
- $B$  = Forankringsklossens bredde (m)
- $H$  = Forankringsklossens midlere høyde (m)
- $W$  = Masse, vekt, av vannfylt rør. Rør + vann (N)
- $S$  = Tverrsnittsarealet for røret, basert på utvendig rørdiameter ( $\text{m}^2$ )
- $P_{\text{max}}$  = Maksimalt driftstrykk inkludert trykkstøt på forankringsstedet ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )
- $f$  = Friksjonskoeffisienten mellom rørets utvendige overflate og grøftmassene
- $\Phi$  = Rasvinkelen for grøftmassene. Se tabell 1.

$G$  = Forankringsklossens masse, vekt ( N )

$\gamma$  = Egenvekt betong (22 kN/m<sup>3</sup>)

$D$  = Rørets utvendige diameter, DN (m)

Forutsetninger:

- Resultantkraften,  $R$ , passerer gjennom 1/3 punktet for forankringsklossens horisontale lengde.
- Den hydrauliske trykkraften på et eventuelt bend, eller rørdel, på toppen av ledningstrekket ved "stort fall" er ikke tatt i betraktning, og må beregnes ut fra de stedlige forhold, som trykk, avvinkling (retningsforandring), dimensjonsovergang etc.

Forankringsklossens lengde:

$$L = \frac{6 \cdot F \cdot \cos \alpha}{\gamma \cdot B}$$

Forankringsklossens høyde:

$$H = 0,5 \cdot \tan \alpha + a$$

hvor  $a$  skal velges  $\geq 0,1$  m.

Forankringsklossens masse, vekt, er gitt ved:

$$G = \gamma \cdot L \cdot B \cdot H \quad (\text{Se fig. 3.})$$

Det vannfylte rørets vekt komponent parallell med rørets senterlinje og fratrukket friksjonskraften er lik sige kraften, " $F$ ". Friksjonskoeffisienten " $f$ " mellom rør og omfyllingsmasser er avhengig av rørmaterialet, eller det utvendig korrosjon beskyttende overflatebelegget, og rasvinkelen,  $\Phi$ , for rørets omfyllingsmasse og er gitt ved:  $f = \alpha_2 \cdot \tan(0,8 \cdot \Phi)$

hvor:  $\alpha_2 = 1$  for stål og duktile støpejernsrør med utvendig zink og bitumen belegg, epoksybelegg eller tilsvarende belegg. For stål og duktile støpejernsrør med et utvendig korrosjonsbeskyttende belegg av PVC-U, PE eller PP er  $\alpha_2 = 2/3$  (eller 0,67). Disse verdiene gjelder selvsagt også for glattekstruderte plastrør i samme mate-

riale.

Det må kontrolleres at forankringsklossen er tilstrekkelig stor eller at forankringen til fjell er beregnet og dimensjonert slik at den kan oppta kreftene både fra "sig" på grunn av stort fall og hydrodynamiske krefter forårsaket av retningsforandring og avvinkling i muffe og bend. Se VA/Miljø-blad nr. 96, Forankring av trykkledninger.

De hydrauliske kreftene som skyldes det på forankringsstedet maksimale trykket, " $p$ ", i rørløpningen, og eventuelt trykkstøt eller prøvetrykk, hva som enn er størst, er gitt ved formelen:

$$P = p \cdot S \cdot \tan \beta$$

Hvor  $\beta$ , gitt i grader, er den samlede avvinklingen, retningsforandringen, tatt i bendets muffe og i selve bendet, vanligvis angitt på bendets utvendige overflate, eller avvinklingen tatt i rørmuffen.

Er ikke forankringsklossen forankret til fjell skal det kontrolleres at forankringsklossens masse er tilstrekkelig slik at den ikke flytter på seg:

$$\frac{F \cdot \cos \alpha}{G} \leq 0,9 \cdot \tan \Phi$$

Hvis ikke, økes forankringsklossens midlere høyde  $H$ . Se fig. 3.

## 4.6 ANDRE FORHOLD Å TA HENSYN TIL

### 4.6.1 OVERVANN, GRUNNVANN

Uansett valg av rørtipe er det svært viktig i bratt terreng, å ta hånd om overvannet slik at ikke rørraseen ved kraftig nedbør fungerer som et bekeleie. Dette kan oppnås ved å etablere stengsler av leirpropper eller betongklosser i ledningsgrøften. Man må da ta hånd om vannet som demmes opp bak leirproppene eller betongklossene, ellers vil vannet finne sine egne veier. Dette må man vurdere i hvert enkelt tilfelle etter hva man kan tillate av ukontrollert avrenning. Gjør man ikke det kan man få ubehagelige overraskelser ved at vannet dukker opp på helt nye steder. Ved bruk av leirpropper, og dersom det er stor forskjell i et fleksibelt plastrørs ringstivhet og rørmuff-

Rasvinkel for omfyllingsmasser i ledningsgrøften:

Omfyllingsmasser i ledningsgrøften	Tørr/våt men over grunnvannsstand		Våt, og under grunnvannsstand.	
	Rasvinkel, $\Phi$ gitt i grader	Egenvekt tonn/m <sup>3</sup> .	Rasvinkel, $\Phi$ gitt i grader.	Egenvekt tonn/m <sup>3</sup> .
Knuste masser.	40°	2,0	35°	1,1
Naturgrus og sand.	35°	1,9	30°	1,1
Sand, naturgrus, silt og leire.	30°	2,0	25°	1,1
Silt og leire.	25°	1,9	15°	1,0
Humus, leire og silt.	15°	1,8	Ingen gjennomsnittlige verdier gitt.	

Tabell 1. Rasvinkel for omfyllingsmasser i ledningsgrøften  
Utdrag av anbefalte verdier.

fens ringstivhet, må ikke leirproppen plasseres for nær muffen. Ulike deformasjoner i rør og muffe vil da kunne oppstå og det kan være fare for lekkasje. Dette er noe man må være spesielt oppmerksom på ved bruk av glassfiberrør med dobbeltmuffer som i forhold til røret har tykk rørvegg og høy ringstivhet. Likeledes kan bruk av leirpropper rundt duktile støpejernsrør føre til at "luftningsceller" oppstår på røroverflaten, noe som vil føre til korrosjon. Det anbefales derfor å bruke en minimum 200 µm tykk plastfolie, PE (polyetylen), som korrosjonsbeskyttelse mellom røroverflaten og leiren, dersom ikke rørene har et godt korrosjonsbeskyttende spesialbelegg beregnet for korrosiv grunn. Dessuten må man være oppmerksom på at ved bruk av betongklosser i stedet for leirpropper, og dersom disse ikke er forankret til fjell, vil det ved utvasking av grøftmassene føre til "sig" i betongklossen. Dette kan igjen føre til uttrekking av spissene i muffene, og lekkasjer dersom ikke muffene er strekkfaste.

#### 4.6.2 Fare for korrosjon på duktile støpejernsrør

Vanligvis anbefales det ikke fra produsentene av duktile støpejernsrør å føre rørets spissende helt inn i bunnen av foregående muffe, og dermed etablere en elektrisk ledende muffeskjøt. En vanlig og korrekt montert muffeskjøt med gummiringstetning, skal ha 10-15 mm klaring i muffebunnen og er, dersom ikke maksimalt tillatt avvinkling er overskredet, ikke elektrisk ledende. Dette sikrer at ikke rørledningene plukker opp vagabonderende strømmen i grunnen og bli strømførende, hvilket kan initiere et korrosjonsangrep på rørledningen. På grunn av begrensede ledningstrekk mellom forankringene på rørledning ved stort fall, ca. 30-36 m, kan man vanligvis se bort fra dette. Men dersom de stedlige forhold korrosjonsteknisk sett er vanskelige, som for eksempel ved nærføringer med høyspentledninger og kabler, likestrøms anlegg, anlegg med påtrykt spenning (katodisk beskyttelse) og nærføringer med strømførende anlegg med lav frekvens, som jernbane, kan det anbefales å forbinde hvert rør ved hjelp av en kobbertråd og en termittsveis til en parallell liggende kobbertråd som er godt jordet i hver ende, helst ned i fuktig grunn.

#### 4.6.3 Luftproblematikk

Ledninger med stort fall legges ofte som inntaks ledninger ned til vannbehandlingsanlegg eller fra vannbehandlingsanlegg ned til vanddistribusjonsnett eller som turbinledninger ned til kraftstasjoner. Ofte, selv om dette ikke anbefales, er det ved slike anlegg eneste fornuftige løsningen å fylle ledningen fra inntaket, dammen. For å minimalisere medrivningen av luft må ledningen i slike tilfeller fylles opp meget sakte og forsiktig. Helst ved hjelp av en rørdimensjon vesentlig mindre enn det røret som skal fylles. Luften som rives med av vannet vil skilles ut, og stige mot toppen. Ettersom vanntrykket synker og luftboblene øker i volum vil vannhastigheten forbi boblene øke. Enhver forandring i hastighet fører til trykkstøt og lokale belastninger på rørveggen ettersom luftboblene stiger oppover. Synkende

vannforbruk om natten i vannforsyningsanlegg kan også føre til at luft vandrer oppover mot kilden og vi vil få samme effekt. Lokale svakheter i rørveggen eller svake rør kan da føre til brudd. Ledningsbrudd ved laveste vannforbruk, vanligvis ved 3-4 tiden om natten eller noe senere, er ikke et ukjent fenomen.

#### 4.6.4 Lufteventiler

På ledningstrekk ved stort fall kan det være nødvendig å installere lufteventiler. Disse plasseres da rett nedstrøms manuelle lukkeventiler eller rørbruddsventiler og skal være av 3-funksjonstypen egnet for fylling, tømning og fjerning av luft under drift. Plasser alltid en avstengningsventil under lufteventilen som muliggjør vedlikeholdsarbeid uten driftsstop. Nødvendige dimensjoner for flensavstikker (luftoppsamler) og lufteventil se diagram 1.

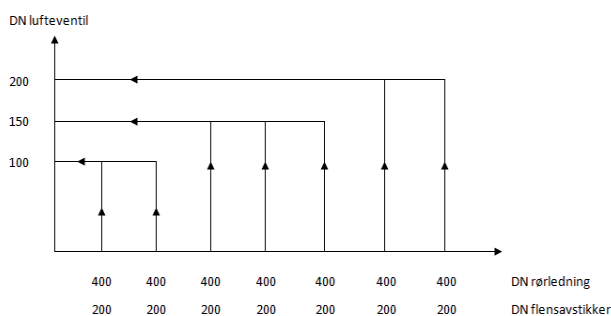


Diagram 1.

For mindre rørdimensjoner (DN<400) anbefales DN 100 flensavstikker med tilsvarende lufteventil.

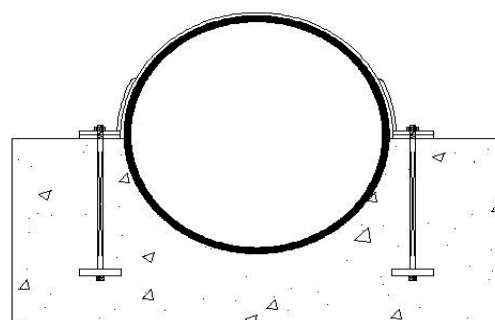
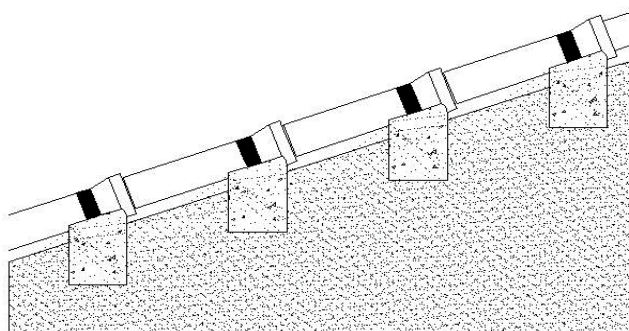
#### 4.6.5 Maksimalt fall i trykløse ledninger

Erfaringer og forsøk viser at slitasje på grunn av vannhastighet og grus- og sandtransport, ikke er noe problem på rette rør ved de hastigheter som i praksis opptrer i avløpsledninger. Men ved retningsforandring er slitasjen vesentlig større enn i rette rørledninger. Tas retningsforandring i rørbend utenom kum, i stedet for i kumbunnen, må maksimal hastighet vurderes ut fra retningsforandringen og kurve radius. Vannhastigheter opp til 8-10 m/s er sjelden noe problem for dagens rørmateriale. Ser da bort fra DV-rør, altså rør av termoplast med konstruert rørvegg med sine ekstreme lave krav til innvendig rørveggtykkelse. Se NS-EN 13476 – 1, 2 og 3. For DV-rør med glatt inn- og utvendig rørvegg er kravet minimum 0,6 mm for DN / OD 200 og for rør med innvendig glatt og utvendig korrigeret rørvegg, 1,1 til 1,5 mm for DN / OD 200. DV-rør bør derfor ikke brukes på ledningstrekk ved "stort fall". Generelt er det i de fleste tilfelle unødvendig å bygge kostbare fallkummer. Ønsker man å bygge fallkum bør man vurdere å bygge en kum med en fritthengende "vegg" i form av en slitgummiplate mellom den tørre og våte delen av kummen. I stedet for å velge kostbar granittstein i kumbunnen mot slitasje, kan man oppnå det samme med en "overtykk" betong bunn.

#### 4.6.6 Rørklammer

Rørklammer brukes til å spenne fast og "låse" røret til forankringsklossen dersom røret ikke omstøpes. Klammeret bør omslutte halve røret, 180°, altså et halvklammer. Klammeret plasseres bak rørmuffen og har festeører med hull for en gjengestang som henger ned i forankringsklossen når denne støpes. Ett flattstål med hull for gjengestangen og hvilende på en gjengemutter sørger for forankringen i betongklossen. Avstanden mellom underkant av halvklammeret og forankringsklossen bør være maksimalt 40 mm. Forankringsklossens anbefalte bredde, vinkelrett på røraksen, er gitt ved avstanden mellom gjengestengene på hver side + 2 x 200 mm. Forankringsklossens minste lengde, langs røraksen, settes til 200 mm eller DN, hva som enn er størst. Se fig. 4.

Ståldeler som ikke skal innstøpes korrosjonsbeskyttes ved varmforsinking, etter NS 1970 og NS 1976, stål kvalitet S235 JRG 2, (St. 37-2), eller bedre. For plastrør og for duktile støpejernsrør og stålrør med utvendig korrosjonsbeskyttelse, skal halvklammeret på innsiden ha pålimt en minimum 3 mm tykk NBR - gummi (Nitril - Butadien - Rubber). Samme type gummi og tykkelse anbefales også brukt mellom røret og forankringsklossen. Gjengemuttere som ikke skal innstøpes, leveres i varmforsinket utførelse og som låsemuttere.



Figur 4.

Henvisninger:		Utarbeidet:	Okt. 2012	JEO Consulting
		Revidert:		