

Ledningsbyggande med plaströrsystem



Förord

Det moderna samhället med sina alltmer utbyggda och komplicerade tekniska försörjningsanläggningar kräver systemlösningar som kan motsvara de förväntningar på kvalitet och livslängd som ställs på de produkter som installeras.

Plaströr har i Sverige använts för ledningsbyggande sedan mitten av 1950-talet. Under de mer än 40 år som plaströr har använts har en betydande kunskapsutveckling skett, vilket har resulterat i en ökad kvalitet och livslängd i ledningsbyggande med plaströrssystem. Utvecklingen inom plaströrsområdet pågår emellertid fortfarande och nya material och produkter utvecklas hela tiden. Driftserfarenheterna ökar, forsknings- och utvecklingsprojekt ger nya lärdomar och Sverige EU-anpassar sig genom att följa de nya CEN-standarderna som kommer.

Drifts- och underhållsaspekterna får i dag en allt större tyngd samtidigt som kretsloppstankegångarna har fått ökande uppmärksamhet i dagens samhälle.

Behovet föreligger emellertid av en mera samlad presentation av dagens plaströrssystem och dess användning, samt den kunskap som behövs för att kunna projektera och bygga med dagens plaströrssystem på ett riktigt sätt.

Förutsättningarna för att föreliggande utgåva av "Ledningsbyggande med plaströrssystem" skall fylla detta behov av kunskapssammanställning i handboksformat synes goda.

Bokens innehåll har på ett förhoppningsvis lättfattligt sätt beskrivit dels de många och varierande användningsområden där plaströrssystem används, dels belyst de tekniska aspekterna på de olika plaströrssystemen.

Det är vår förhoppning att handboken kommer till användning både hos projektörer och installatörer och framför allt att den blir ett bra tillskott i kurslitteraturen vid tekniska skolor på alla nivåer för att höja kunskapsnivån hos framtida ingenjörer, tekniker och installatörer.

Plaströrssystemen har en viktig funktion att fylla i dagens samhälle och kommer att bli än mer betydelsefull i framtiden tack vare dess långa livslängd.

Stockholm i mars 1999
NORDISKA PLASTRÖRGRUPPEN

Holger Malmsten
VD

Ledningsbyggande med plaströrssystem

Nordiska Plaströrgruppen

- Borealis
- Davinyl
- Hydro Polymers
- Mabo
- Uponor
- Wavin

Redaktionskommitté:

Ingemar Björklund

Gösta Kallin

Per Jansson

Pär Liljestränd

Holger Malmsten

Jens Martin Storheil

INNEHÅLL

1. PLASTRÖR TEKNISKA DATA	
1.1 HISTORIK	7
1.2 PLASTMATERIAL, ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN	8
Vad är plast	
Termoplaster	
Termoplaster för rörtillverkning	
Härdplaster	
Tillverkning av plaströr	
Tillverkning av rördelar och brunnar	
1.3 PLASTRÖRSEGENSKAPER VID OLIKA TYPER AV PÅVERKAN	13
Allmänt	
Töjning i plastmaterial vid mekanisk belastning	
Dimensioneringskriterier för plaströr vid mekanisk belastning	
Plaströrs hållfasthet vid mekanisk belastning	
Temperaturpåverkan	
Längdutvidgning	
Isolerförmåga	
Kemikalieresistens	
Smak- och luktpåverkan. Utlösning av kemiska ämnen	
Mikrobiell påväxt	
Diffusion	
Nötning	
Strålning	
1.4 HANTERING	22
Allmänt	
Lagring	
1.5 FOGNING	22
Allmänt	
Fogtyper för självfallsledningar	
Fogtyper för tryckledningar	
Gummiringsmuff	
Limfog	
1.6 FOGMETODER FÖR PE- OCH PP-LEDNINGAR	25
Stumsvetsning, allmänt	
Stumsvetsning, utrustning	
Svetsparametrar för stumsvetsning	
Flänskoppling	
Elektromuffsvetsning	
Mekaniska kopplingar	
Muffsvetsning	
1.7 ÅTERVINNING	29
Återvinningsbarhet	
Återvinnningssystem	
Energiinnehåll	
1.8 LIVSCYKELANALYS	30
Allmänt	
Riktlinjer för en LCA	
LCA för plaströr	

2. MARKFÖRLAGDA PLASTRÖRSYSTEM	
2.1 FLEXIBLA RÖRS DEFORMATION I MARK	31
Styva - flexibla rör	
Beräkningsmetoder	
Rördeformation i mark, praktiska erfarenheter	
Tillåten ovalitet	
Buckling	
2.2 LÄGGNINGSFÖRESKRIFTER	38
Allmänt	
Gravbredd	
Gravbotten	
Ledningsbädd	
Kringfyllning	
Resterande återfyllning	
2.3 TRYCKLEDNINGAR	42
Allmänt	
2.3.1 Hydraulisk dimensionering	42
Rörströmning, allmänt	
Råhetstal	
Friktionsförluster i en rak ledning	
Tilläggsförluster	
Tryckledningars kapacitet	
Tryckslag	
Undertryck	
2.3.2 Hållfasthetsdimensionering	46
Invändigt tryck	
Undertryck (utvändigt tryck)	
Jord- och trafiklast	
2.3.3 Utförande	47
Åtgärder för att begränsa tryckslag	
Förankring	
Läggningsdjup	
Rörläggning	
Täthetsprovning	
2.3.4 Rörsortiment	51
Allmänt	
Tryckrör av PVC	
Tryckrör av PE	
2.4 SJÄLVFALLSLEDNINGAR	53
Allmänt	
2.4.1 Hydraulisk dimensionering	53
Självfallsledningars kapacitet	
Kapacitetsreduktion i oval ledning	
Råhetstal	
Tilläggsförluster	
Självrengningsförmåga	
2.4.2 Hållfasthetsdimensionering	56
Allmänt	
Val av styvhetsklass	

2.4.3 Utförandepraxis	57
Brunnsavstånd	
Läggningsdjup	
Rörläggning	
Täthetsprovning	
Ovalitetskontroll	
2.4.4 Rörsortiment	58
Allmänt	
Släta PVC-rör	
Släta PE-rör	
Släta PP-rör	
Strukturväggsrör	
Brunnar	
2.5 DRÄNERINGSLEDNINGAR	65
2.5.1 Hydraulisk dimensionering	65
Husgrundsdränering	
Jordbruksdränering	
2.5.2 Husgrundsdränering, utförandepraxis	65
Allmänt	
Läge och lutning	
Kringfyllningsmaterial	
Brunnar	
2.5.3 Täckdikning, utförandepraxis	67
Allmänt	
Läge och lutning	
Läggning	
Kringfyllningsmaterial	
2.5.4 Rörsortiment	69
Allmänt	
2.6 KABELSKYDDSRÖR	71
Allmänt	
Utförandepraxis	
Rörsortiment	
2.7 GASLEDNINGAR	73
Allmänt	
Utförandepraxis	
Rörsortiment	
2.8 MARKYTUPPVÄRMNING	74
Allmänt	
Konstruktionsprinciper för markytuppvärmning	
Utförandepraxis	
Rörsortiment	
2.9 VÄRMEKULVERTSYSTEM	76
Allmänt	
Rörsortiment	

3.	PLASTRÖRSYSTEM I BYGGNADER	
3.1	ALLMÄNNA KONSTRUKTIONSSYNPUNKTER	77
	Användningsområden för plaströr	
	Expansionsupptagning, allmänt	
	Expansionsupptagning i ingjutna ledningar	
	Expansionsupptagning i muffar	
	Expansionsupptagning via skänkelrörelse	
	Klamring	
	Brandspridning i byggnad	
	Ljudalstring i rörledningar	
3.2	INOMHUSAVLOPPSSYSTEM	83
	Allmänt	
	Dimensionering	
	Utförandepraxis	
	Rörsortiment	
3.3	TAPPVATTENSYSTEM	87
	Allmänt	
	Dimensionering	
	Utförandepraxis	
	Rörsortiment PEX	
	Rörsortiment PP-r	
3.4	VÄRMESYSTEM	92
	Allmänt	
	Dimensionering av golvvärmesystem	
	Utförandepraxis	
	Rörsortiment	
4.	SJÖFÖRLAGDA LEDNINGAR	95
	Allmänt	
	Dimensionering av sjöledning	
	Belastningsvikter	
	Installation	
5.	LEDNINGSRENOVERING MED PLASTRÖRSYSTEM	
5.1	KLASSIFICERING OCH DIMENSIONERING	101
	Allmänt	
	Metodnormering enligt ISO	
	Dimensionering	
5.2	UTFÖRANDEPRAXIS	102
	Allmänt	
	Renovering med kontinuerliga rör	
	Renovering med kortrör	
	Renovering med passformade rör	
	Renovering med rörsegment	
	Renovering med flexibla foder	
	Renovering med spirallindade rör	
	Rörspräckning	

6.	KVALITETSSÄKRING	
6.1	KVALITETSSÄKRING I BYGGPROCESSEN	107
	Allmänt	
	Felmöjligheter vid ledningsbyggande	
	Mottagningskontroll på arbetsplatsen	
	Kontroll av installationsarbetet	
	Täthetsprovning	
	Täthetsprovningssnormer för självfallsledningar av plast	
6.2	KVALITETSSÄKRING AV RÖRPRODUKTER	109
	Allmänt	
6.3	NATIONELL KVALITETSMÄRKNING FÖR STANDARDISERADE PRODUKTER	109
	Allmänt	
6.4	NATIONELL KVALITETSMÄRKNING FÖR ICKE STANDARDISERADE PRODUKTER	110
	KP-märkning	
	Typgodkännanden	
	P-märkning	
	Europeisk kvalitetsmärkning	
6.5	SKADESTATISTIK	111
	NOMOGRAM	112
	REFERENSER	114

1. PLASTRÖR TEKNISKA DATA

1.1 Historik

I jämförelse med traditionella rörmaterial som stål, gjutjärn och betong kan plaströren betraktas som relativt unga material. Utvecklingen av plastmaterial har huvudsakligen skett under 1900-talet och av det stora antalet plastmaterial som idag finns används ca ett 10-tal för rörtillverkning. De hittills i särklass mest använda plaströrsmaterialen är PVC (polyvinylklorid) samt PE (polyeten). Under de senaste 15 åren har även polypropen (PP) fått en ökad användning som rörmaterial.

Vinylklorid, som PVC är uppbyggt av, framställdes för första gången år 1860. PVC framställdes första gången 1872, men kommersiell rörframställning påbörjades först på 1930-talet. Polyeten framställdes för första gången i början på 1930-talet och rörtillverkning kom igång i mitten på 1940-talet. Den första standarden för PVC-rör utgavs år 1942 i Tyskland medan den första standarden för polyetenrör kom först år 1953 i England. PP-rör har använts sedan mitten på 1950-talet.

I Skandinavien började PVC- och PE-rör att användas i mitten på 1950-talet. Nordisk standard för tryckrör av PVC och PE har funnits sedan början på 1960-talet.

Det var i Tyskland och Holland, som man först började använda plaströr till markförlagda självfallsledningar. PVC- och PE-rör för självfallsledningar i mark har använts i Norden sedan slutet av 60-talet och PP-rör sedan slutet av 70-talet.

Under de cirka 40 år som plaströren hittills använts i Norden har materialen undan för undan fått ökad användning. Plaströr används idag inom en mängd vitt skilda områden som:

- markförlagda vatten- och tryckavloppsledningar
- markförlagda självfallsledningar för spill-, dagvatten och dräneringsledningar
- markförlagda skyddsror för el- och telekablar
- vägtrummor
- mantelrör för fjärrvärmeledningar
- gasledningar
- varm- och kallvattenledningar i byggnader
- inomhusavloppsledningar
- kabelskyddsror i byggnader
- golvvärme- och radiatorrörssystem i byggnader samt markytuppvärmning
- industriella processledningar
- sjöförlagda överförings- och utloppsledningar
- lågtemperaturfjärrvärme
- fjärrkyla
- berg- och jordvärmekollektorer

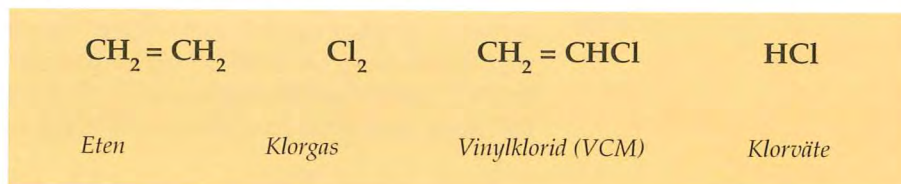
Inom de flesta användningsområden har plaströren i dag en dominerande marknadsandel.

1.2 Plastmaterial, användningsområden

Vad är plast?

Basråvaran för all plasttillverkning är olja eller naturgas. Vid tillverkning av PVC eller PE är utgångsmaterialet eten, och vid tillverkning av PP är utgångsmaterialet propen. Eten respektive propen utvinns ur etan- respektive propangas genom crackning.

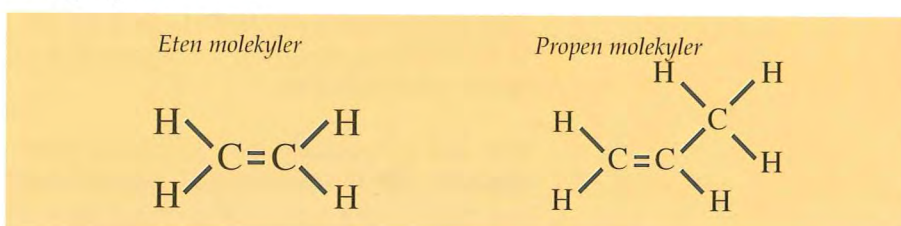
PVC framställs genom att eten får reagera med klorgas varvid erhålls vinylklorid och klorväte (saltsyra).



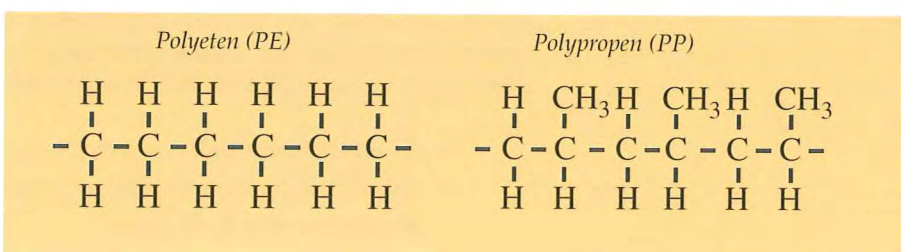
Vinylkloriden polymeriseras sedan till PVC:

Genom ett polymerisations-förfarande fås eten respektive propen-molekylerna att bindas samman till polyeten- respektive polypropen-molekyler.

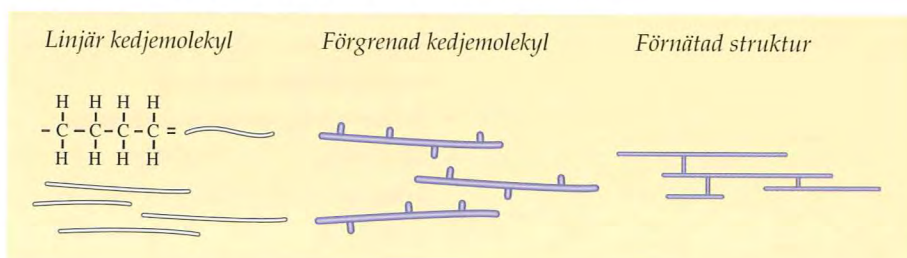
Före polymerisation:



Efter polymerisation:



Plastmaterialen är således uppbyggda av stora molekyler vilka utgörs av långa kolkedjor. Molekylerna kan ha olika längd, grenantal etc. Den enklaste formen är en linjär kedjemolekyl, mer eller mindre utan sidogrenar. Plastmolekyler kan även vara mer eller mindre förgrenade. Det är också möjligt att genom tvärbindingar få molekylkedjorna att sammanbindas till ett tredimensionellt nätverk.



Plastmaterialen kan, med avseende på uppbyggnad och verkningsätt, indelas i två grupper: termoplaster och härdplaster.

Termoplaster

Plaster uppbyggda av linjära eller förgrenade molekyllkedjor kallas termoplaster. Termoplaster mjuknar under uppvärmning och kan i smält tillstånd formas. För de flesta termoplastmaterial som används för rörtillverkning startar mjukningen av materialet redan vid relativt låg temperatur (60-120°C), vilket gör att temperaturbegränsningar kan behöva införas för termoplaströr för vissa tillämpningsområden.

Termoplaster som används för rörtillverkning innehåller förutom polymeren (molekyllkedjor) även mindre mängder tillsatser. De vanligaste tillsatserna är:

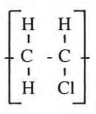
- stabilisatorer
- smörjmedel
- färgämnen
- fyllmedel
- slagseghetstillsatser

För en närmare beskrivning av plastmaterials uppbyggnad och egenskaper, se /1, 2/.

Termoplaster för rörtillverkning

Av termoplasterna är det tre material som har en dominerande ställning vad gäller röranvändning, nämligen PVC, PE och PP.

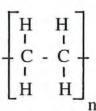
PVC (polyvinylklorid)



Strukturformel

PVC är det i dag mest använda plaströrmaterialet. I och med att PVC innehåller klor åtgår en mindre mängd eten vid tillverkning av materialet, vilket gör PVC relativt sett billigare än PE och PP. PVC-rör används till alla typer av tryck- och självfallsledningar. PVC-rör används även som skyddsror för el- och telekablar, dräneringsrör samt för industriella processledningar där temperaturen ej överstiger ca + 45°C.

PE (polyeten)

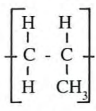


Strukturformel

PE-rör har tidigare betecknats PEL, PEM eller PEH-rör där sista bokstaven refererar till materialets densitet: L=låg, M=medium, H=hög. Detta klassificeringssätt ger emellertid inga upplysningar om polyetenmaterialets långtidshållfasthet. I det pågående europeiska standardiseringsarbetet (CEN) har man därför övergått till ett nytt klassificeringssystem som bygger på materialstyrka: "Minimum Required Strength", förkortat MRS och som betecknar den spänning rörmaterialet kan uppta utan brott i minst 50 år. PE 100 rör enligt sistnämnda klassificeringssystem motsvaras densitetsmässigt av PEH-rör, medan PE 80 rör omfattas av såväl PEM- som PEH-rör enligt tidigare beteckningar. PEL-rör enligt det gamla klassificeringssystemet klassificeras i dag som PE 40 rör.

PE-rör har samma användningsområden som angivits för PVC-rör. Dessutom används PE-rör även till gasledningar och sjöförlagda ledningar.

PP (polypropen)

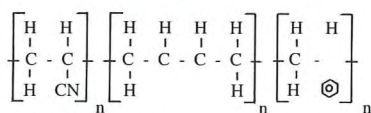


Strukturformel

PP-rör finns som homopolymer eller som sampolymer PP-PE (copolymer; en liten tillsats av PE har gjorts för att göra materialet segare). PP-rör används främst som inomhusavloppsrör, markavloppsrör, tappvattenrör samt för industriella processledningar.

Övriga plastmaterial som i betydligt mindre utsträckning än de ovan nämnda materialen används för rörtillverkning är:

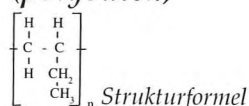
ABS
(akrylnitril-butadien-styren)



Strukturformel

ABS är ett sampolymerisat av akrylnitril, butadien och styren där butadienet föreligger i form av gummipartiklar. ABS-rör liknar i utseende PVC-rör, men har en bättre slagseghet och temperaturbeständighet. ABS-rör används huvudsakligen som inomhusavloppsledningar (ofta på fartyg, tåg m m).

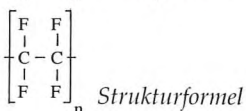
PB
(polybuten)



Strukturformel

PB tillverkas utgående från buten-1. PB-rör används främst som golvvärmerör, varmvattenledningar samt till industriapplikationer.

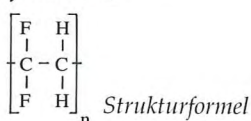
PTFE
(polytetrafluoreten)



Strukturformel

PTFE är en fluorplast, mer känd under varubeteckningen "teflon". PTFE-slang används för industriella processledningar där mycket hög kemikalieresistens erfordras och vid höga temperatur

PVDF
(polyvinylidenfluorid)



Strukturformel

PVDF är i likhet med PTFE en fluorplast som huvudsakligen används för industriella processledningar.

PEX
(tvärbunden polyeten)

PE-rör kan även förnätas och betecknas då PEX-rör. Dessa används främst till transport av vatten såsom tappvatten, golv- och markytuppvärmning, radiatorrörssystem och som mediarör i lågtempererade fjärrvärmesystem.

Härdplaster

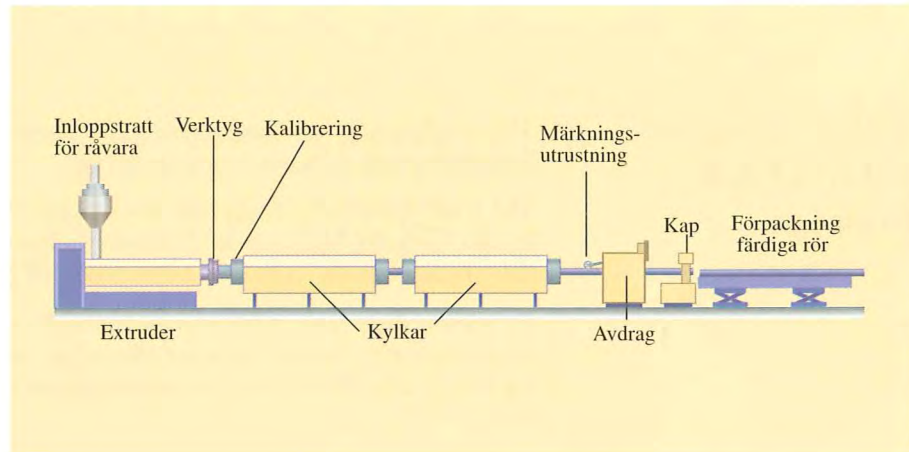
Härdplasterna genomgår under en fas av tillverkningen en sk härdning vilken medför att molekylerna tvärbinds till ett tredimensionellt nätverk. Värmer man materialet efter härdningen mjuknar det något men kan inte smältas eller formas om till en ny produkt. Härdplaster har därför generellt sett en bättre förmåga att uppta mekanisk belastning vid förhöjd temperatur än termoplast. Till skillnad från termoplaströr, vilka alla är av homogent material, är härdplaströren ofta en kompositprodukt vanligtvis innehållande en glasfiberarmering.

GAP
(glasfiberarmerad polyester)

GAP-rör tillverkas av olika polyester- och epoxikvaliteter. GAP-rör används huvudsakligen för industriella processledningar i alla dimensioner samt till större markförlagda tryck- och självfallsledningar.

Tillverkning av plaströr

Extrudern är den maskin som används vid strängsprutning av plaströr. I extrudern finns en eller flera skruvar som kontinuerligt matar fram och under uppvärmning bearbetar plastgranulat eller -pulver till en formbar massa. Den varma plastmassan pressas genom ett munstycke som formar röret. Från munstycket går röret genom en kalibrator, som ger röret dess ytterdiameter. Därefter kyles röret i ett kylbad.



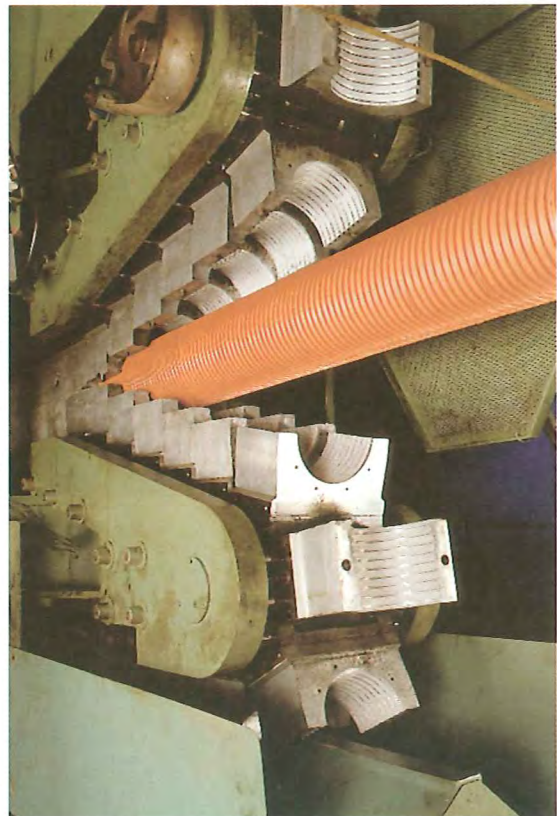
Exempel på extruderingslinje

Vid tillverkning genom strängsprutning fås en kontinuerlig rörlängd som kapas till praktiskt hanterbara längder.

För tillverkning av korrugerade och flänsade rör har kedjor med olika profiler monterats efter munstycket. Kedjorna består av ett stort antal "gjutformar" som formar rörväggen till önskat tvärsnitt innan plastmassan stelnar.

Förutom genom kapning i lämpliga rörlängder bearbetas många plaströr i efterhand för att förse dem med muffar, flänsar, slitsar m m. Genom t. ex. att periodvis minska rörets utmatningshastighet vid extruderingen kan en lokal godsfortjockning erhållas i röret. Dessa partier uppvärms och utdornas till muffar i ett senare moment. Hårdplaströr tillverkas främst genom centrifugaljutning, lindning eller krysslindning.

Vid centrifugaljutning sprutas bindemedel (polyester), eventuell ballast (sand) och armeringsmaterial (glasfiber) in i en snabbt roterande form. Hårdningen påskyndas genom cirkulation av varmluft.



Vid lindning lindas en impregnerad glasfiberoving kontinuerligt på en roterande stålbandskärna. Ett kontinuerligt GAP-rör erhålles vilket kapas i varierande längder. Under processen tillförs polyester och sand i en varierande mängd till rörväggen och laminatet varmhärdas kontinuerligt under uppbyggnaden.

Vid krysslindning lindas den impregnerade glasfiberväven korsvis runt en roterande stålform. Varje GAP-rör byggs upp kring en bestämd form med en viss längd.

Tillverkning av rördelar och brunnar

För rördelar är de vanligaste tillverkningsmetoderna formsprutning, formblåsning och rotationsgjutning.

Vid formsprutning matas en smält plastmassa in i en form under högt tryck. Genom kylning av formen stelnar plastmaterialet, varefter avformning kan ske. De flesta rördelar till plaströr är formsprutade.

Brunnar tillverkas genom rotationsgjutning, formsprutning eller från ämnen av rör. Större rördelar tillverkas av ämnen från rör och rördelar, som manuellt bearbetas och sammansätts. Även formblåsning förekommer.



Rotationsgjutning

1.3 Plaströrs egenskaper vid olika typer av påverkan

Allmänt

I detta avsnitt har kortfattat beskrivits några olika egenskaper som är utmärkande för plaströr. I avsnittet finns redogjort för:

- Töjning i plastmaterial vid mekanisk belastning
- Plaströrs hållfasthet vid mekanisk belastning
- Temperaturpåverkan
- Längdutvidgning
- Isolerförmåga
- Kemikalieresistens
- Smak- och luktpåverkan. Utlösning av kemiska ämnen
- Mikrobiell påväxt
- Diffusion
- Nötning
- Strålning

Töjning i plastmaterial vid mekanisk belastning

Generellt gäller att plastmaterial är viskoelastiska och att plaster därför skiljer sig i sitt verkningssätt från elastiska material som t ex stål. Skillnaden mellan ett elastiskt och viskoelastiskt materials verkningssätt framgår tydligt om man jämför sambandet mellan spänning och töjning i materialen i ett σ - ϵ diagram, se fig 1.

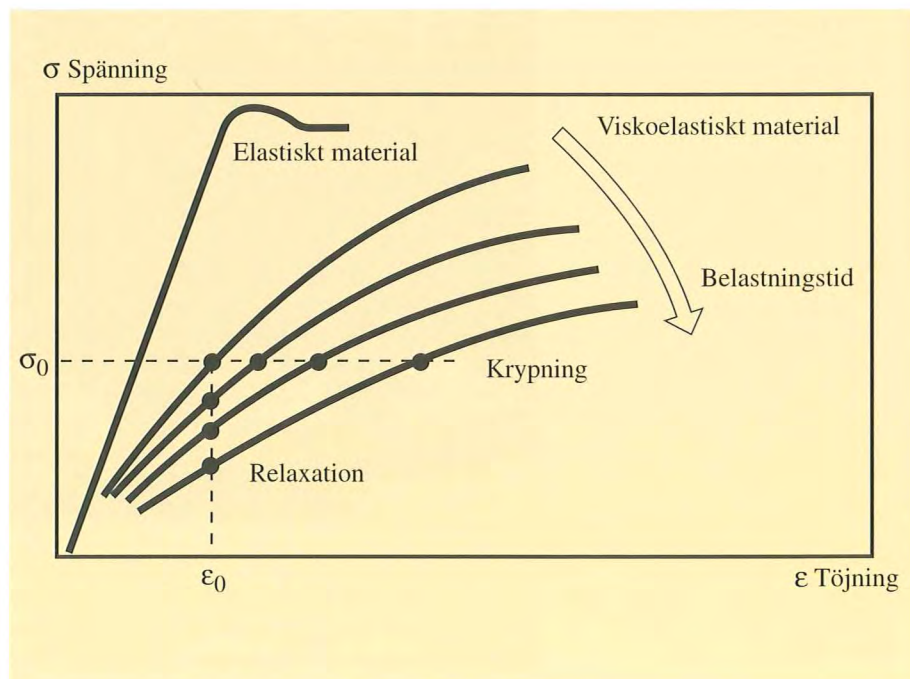


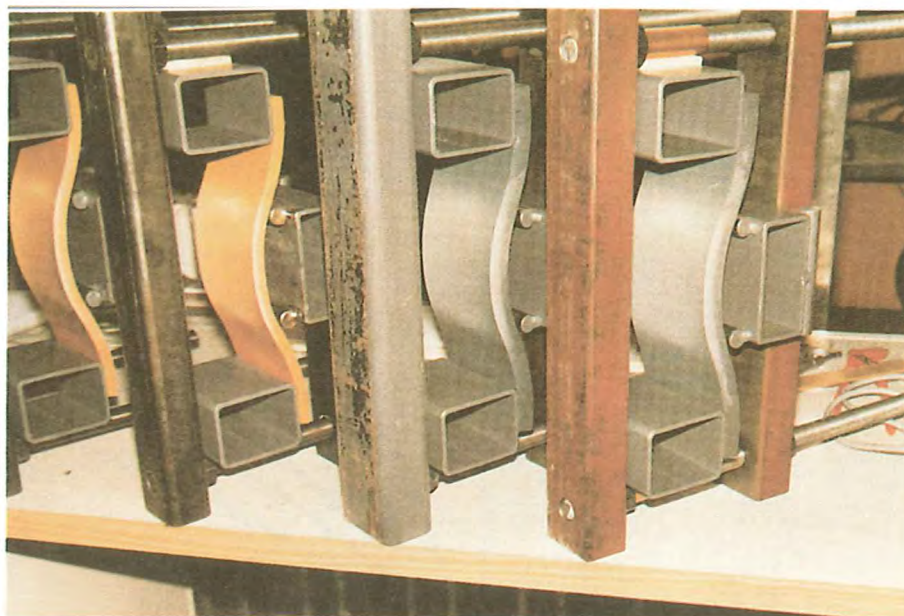
Fig 1: Samband mellan spänning och töjning i plastmaterial

För ett elastiskt material, t ex stål, gäller ett rätlinjigt samband mellan σ och ϵ huvudsakligen upp till materialets sträckgräns. Sambandet mellan σ och ϵ är vidare oberoende av belastningstidens längd. För viskoelastiska material, typ plaster, erhålls sambandet mellan σ och ϵ som ett antal kurvor där varje kurva representerar en viss belastningstid. Av fig. 1 kan två egenskaper utläsas, vilka är typiska för plastmaterial:

- Om ett plastmaterial utsätts för en konstant spänning (σ_0) erhålls en med tiden ökande töjning i materialet. Detta kallas krypning.
- Om ett plastmaterial däremot utsätts för en konstant töjning (ϵ_0) erhålls en med tiden sjunkande spänning i materialet. Detta kallas relaxation.

De flesta formler som används vid dimensionering av mekaniskt belastade konstruktioner förutsätter att Hooke's lag gäller samt att uppträdande deformationer är små. Formlerna kan därför inte utan vidare tillämpas för viskoelastiska material. Beräkningsmodeller för töjningen i plastmaterial som funktion av spänning och belastningstid har redovisats på olika håll i litteraturen. Dyliga beräkningar är emellertid komplicerade och används därför normalt ej vid praktisk dimensionering av mekaniskt belastade plastkonstruktioner. I praktiken används vanligen samma formler som vid dimensionering av elastiska material med konstgreppet att E-modulen för det viskoelastiska materialen ej betraktas som en konstant utan som en funktion av spänning, belastningstid och temperatur. För närmare beskrivning av töjning i plastmaterial se / 3 /.

Termoplastmaterial utmärks av en god flexibilitet och en mycket hög brotttöjning (ofta > 100%). Flexibiliteten gör att plaströr i mark ovaliseras och delvis avlastas från jord- och trafiklast långt innan töjningarna kommit upp i närheten av brotttöjningen. Markförlagda termoplaströr får därför en mycket stor säkerhet mot överbelastningar.



Långtidsprovning av PVC-rör utförd av SP (Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut) T.v. markavloppsrör klass T, t.h. PN 10 tryckrör. Den exponerade sidan av rörsegmenten är rörväggens insida. Proverna har varit deformade i 9 år utan att någon sprickbildning har uppstått.

Plaströrs hållfasthet vid mekanisk belastning

Ett utmärkande drag för plaströr är att rörens långtidshållfasthet är spänningsberoende och att sambandet mellan hållfasthet och belastningstid principiellt kan beskrivas som angivits i fig 2.

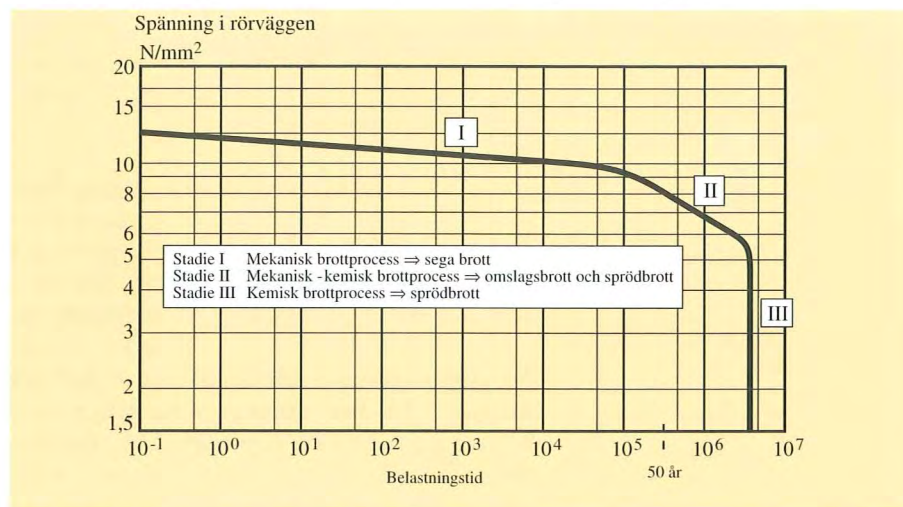


Fig 2: Principiell beskrivning av plaströrs hållfasthet som funktion av belastningstid .

På den första delen av brottkurvan (stadium I) är brottet av mekanisk karaktär och föregånget av en stor brottöjning. Inom stadium II är brottet delvis av mekanisk delvis av kemisk karaktär och brotten inträffar vanligen vid relativt måttliga brottöjningar (storleksordningen 1-10 %). Inom stadium III slutligen är brotten av renodlad kemisk karaktär (materialet nedbryts). Detta brottstadium ligger dock så långt fram i tiden (storleksordningen 300-500 år) att det vanligen ej beaktas vid normalt ingenjörsarbete.

Brottkurvornas läge och lutning liksom brottöjningens storlek varierar för olika plaströrsmaterial.

Vanligen väljs tillåten spänning i plaströr så att tillåtet värde motsvarar ungefär halva hållfasthetsvärdet vid 50-100 års belastningstid. Säkerhetsfaktorn vid korttidsbelastning blir härigenom vanligen av storleksordningen 4. Skillnader kan dock förekomma mellan olika plaströrsmaterial.

Dimensioneringskriterier för plaströr vid mekanisk belastning

Vid dimensionering av plaströr förekommer två typer av dimensioneringskriterier:

- * tillåten spänning σ_{till}
- * tillåten töjning ϵ_{till}

Termoplastledningar som PVC, PE och PP dimensioneras oftast med hänsyn till tillåten spänning (vid temperaturen +20°C) vilken vanligen är:

Material	σ_{till} (MPa/m ²)
PVC	10 -12,5
PE	5 -8
PP	5 -6,3

Ovannämnda spänningsvärden motsvarar den belastning som materialen är kapabla att långvarigt (100 år) utsättas för utan risk för brott (säkerhetsfaktor inkluderad i värdena). Kortvarigt kan materialen uppta större belastningar.

Brottöjningen för samtliga ovannämnda material är mycket hög (>100%). Höga töjningar ger ej upphov till sprickbildning i materialet vid relaxerande spänning.

Tack vare plaströrens stora töjningsförmåga blir vanligen tillåten töjning för dessa rör systemberoende och inte materialberoende. D.v.s. det är den praktiska användningen av ett ledningssystem som sätter gränser för hur stor ovalitet som skall tillåtas markförlagda PVC, PE och PP-ledningar och inte risken för framtida skador i rören.

Brottöjningen för hårdplaströr (GAP-rör) är vanligen av storleksordningen 1-5% beroende på vilken typ av hårdplast som använts i rören. Microsprickor kan dessförinnan uppstå i laminatet om materialet utsätts för töjningar i närheten av brottöjningen. Hårdplastledningar dimensioneras därför vanligen med hänsyn till tillåten töjning (ϵ_{till}), vilken vanligen är av storleksordningen 0,3-0,5%. Närmare information kan erhållas från rörtillverkarna.

Temperatur- påverkan

Samtliga plastmaterial uppvisar en minskad brotthållfasthet vid ökad temperatur. Normalt dimensioneras plaströr med hänsyn till den hållfasthet materialet uppvisar vid temperaturen +20°C. Om temperaturen är lägre erhålls en ökad hållfasthet hos materialet. Normalt utnyttjas inte denna hållfasthetsökning vid dimensionering av plastledningar utan hållfasthetsökningen bidrar i stället till en ökad säkerhetsfaktor för rören.

För hårdplastmaterial och tvärbundna termoplaster är brotthållfastheten mindre temperaturberoende än för termoplaster. PEX och GAP-rör kan därför användas för något högre temperaturer än termoplaströr, se fig 3.

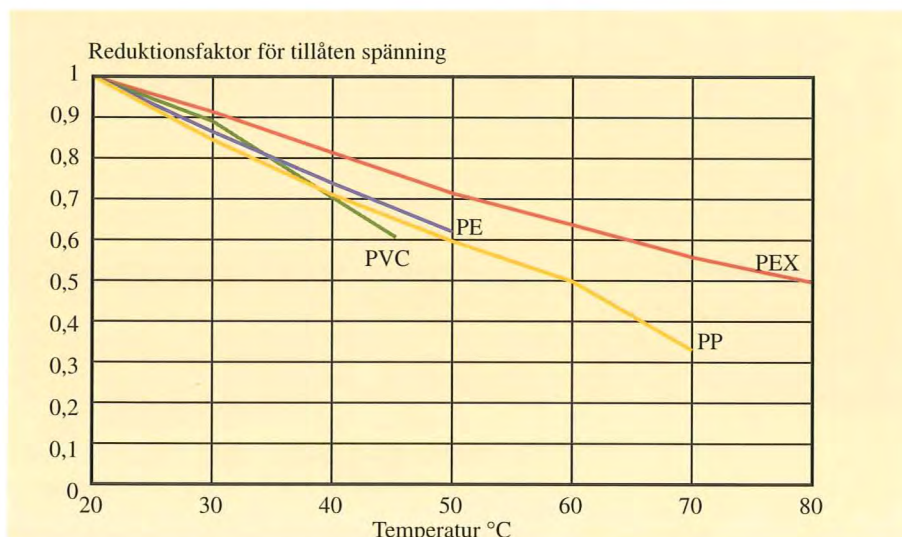


Fig 3: Hållfasthetsreduktion vid ökad temperatur för några vanliga plaströrsmaterial

Generellt gäller att högsta rekommenderade temperaturer för vilka ett plaströr bör användas dels beror på om ledningen är en tryck- eller självfallsledning dels om temperaturbelastningen är kontinuerlig eller tillfällig. I tabell 1 har angivits riktvärden för högsta rekommenderade användningstemperaturer för plaströr. Närmare upplysningar kan erhållas från respektive rörtillverkare.

Tabell 1: Högsta rekommenderade användningstemperatur för plaströr

Rörmaterial	Riktvärden för högsta användningstemperatur (°C)		
	Tryckledningar Kontinuerlig temperatur- belastning	Självfallsledningar Kontinuerlig temperatur- belastning	Tillfällig, kortvarig temperatur- belastning
PVC	45*	45	95
PE	50*	45	95
PP	70*	45	100
PEX	90*	-	-

* Vid temperaturer över 20°C krävs tryckreducering enligt rörtillverkarnas anvisning

Ovan har beskrivits hur temperaturen påverkar plaströrens draghållfasthet. Slagsegheten hos plastmaterial minskar däremot med fallande temperatur. Plaströr har vid temperaturer över 0°C en mycket god slagseghet. Minskningen av slagsegheten med fallande temperatur är olika stor för olika plaströrsmaterial. PE-rör och PP-rör av copolymertyp har t ex fortfarande en god slagseghet vid en så låg temperatur som -40°C respektive -30°C, medan t ex PVC-rör och PP-rör av homopolymertyp får en reducerad slagseghet vid temperaturer under 0°C. För plaströr kan dock där så erfordras slagseghetshöjande tillsatssämnen inblandas i plastmaterialet. För närmare upplysningar om olika rörmaterials slagseghetsegenskaper hänvisas till respektive rörtillverkare.

Längdutvidgning

Termoplaströr har vanligen 6-20 gånger större längdutvidgning än stål, medan längdutvidgningskoefficienten för GAP-rör är betydligt lägre (ca 2-3 gånger större än stålets). Riktvärden för längdutvidgningskoefficienter för olika plastmaterial har redovisats i tabell 2.

Tabell 2: Riktvärden för längdutvidgningskoefficienter för olika plaströrsmaterial

Material	Längdutvidgningskoefficient mm/m/°C
PVC	0,06 - 0,08
PE	0,15 - 0,20
PP	0,11 - 0,18
ABS	0,09
PB	0,12
PVDF	0,12
PEX	0,14 - 0,20
GAP	0,02 - 0,03
(Stål)	0,011

Eftersom plastmaterialen har relativt stor längdutvidning måste effekterna av rörens längdutvidning beaktas vid sådana rörinstallationer där stora temperaturvariationer kan förekomma (t ex inomhusavloppsledningar). Åtgärder för att uppta expansion i sådana system har närmare beskrivits i avsnitt 3.

Isolerförmåga

Plastmaterial har en god värmeisolerande effekt. För markförlagda ledningar har emellertid ofta jordens värmeisolerande förmåga större betydelse än rörets. I vissa fall kan dock för tjockväggiga plaströr rörets isoleringsförmåga bli märkbar.

För plaströr kan nedanstående värmeledningstal användas.

Rörmaterial	Värmeledningstal W/m ⁰ K
PVC	0,16
PE	0,36 - 0,43
PP	0,14 - 0,22

Kemikalieresistens

Generellt gäller att plaströr har en mycket god kemikalibeständighet. Olika kemikalier kan dock påverka ett plaströrs brotthållfasthet. Miljöns principiella inverkan på brottkurvan för ett plaströr framgår av fig. 4.

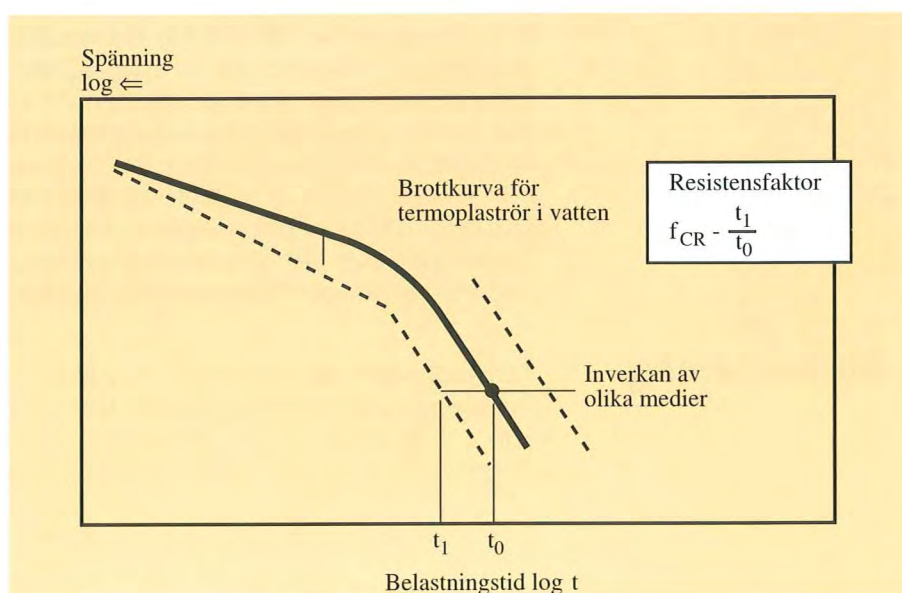


Fig 4: Kemisk påverkan på plaströr

Såväl den flacka som den branta delen av kurvan kan förskjutas eller ändra lutning beroende på vilken vätska som plastledningen är i kontakt med.

Olika plaströrs beständighet mot olika vätskor finns angivna i resistens-tabeller t.ex. ISO/TR 10358. Härvid bör dock observeras att beständigheten mot en viss vätska ofta kan variera med temperatur, koncentration och blandning med kemikalier och även bero på i vilken utsträckning plastmaterialet är utsatt för spänningar. För närmare uppgifter om olika plaströrs kemikalieresistens hänvisas till respektive rörtillverkare.

Smak- och lukt- påverkan. Utlös- ning av kemiska ämnen

Plaströr avsedda för dricksvattenledningar ger ingen lukt- eller smak-
påverkan på vattnet.

Svensk standard för såväl PVC- som PE-rör anger:

”Materialet får inte avge lukt, smak eller färg till vatten som leds i rören. Det får inte heller innehålla hälsofarliga ämnen som kan lösas i vatten i sådan mängd att vattnets användbarhet som dricksvatten minskas i något avseende. Materialet skall även uppfylla nationella myndighetskrav för material i kontakt med dricksvatten.”

För PVC-rör anges i standarden att rören ”skall vara tillverkade av polyvinylklorid utan mjukningsmedel och med små mängder tillsatsmedel. Som tillsatsmedel får endast stabilisatorer, smörjmedel, pigment och krita användas. Kadmiumbaserade och bariumbaserade tillsatsmedel får inte användas.”

I standarden finns angivet gränsvärden för hur små mängder av tillsatsmedel som får lösas i vattnet. Vid tillverkning av PVC-rör fås vanligen en anrikning av tillsatsmedel i en ytfilm på rörens insida. Denna ytfilm försvinner då ledningen spolas.

PE-rör innehåller förutom polyeten endast små mängder antioxidanter (stabilisatorer) ($\leq 0,3\%$) samt färgpigment.

Nationella myndighetskrav avseende smak- och lukttester samt toxikologiska krav på rörmaterial till vattenledningar finns bl a i följande länder:

- Danmark
- Finland
- Tyskland
- Holland
- England
- Frankrike
- Italien
- USA

PVC- och PE-rör uppfyller samtliga myndighetskrav i ovannämnda länder. Arbete med framtagning av gemensamma europeiska krav för material i kontakt med dricksvatten pågår inom CEN.

Mikrobiell påväxt

I vatten- och avloppsledningar kommer med tiden en biofilm att utvecklas på ledningarnas insida. Biofilmen utvecklas på alla typer av rörmaterial (betong-, koppar-, plast- och stålrör) och hämtar sin näring från den i ledningen strömmande vätskan.

Omfattande undersökningar / 4,5 / visar entydigt att PVC-, PE-, PP- och GAP-rör inte ger upphov till någon ökad mikrobiell påväxt i rören. Tvärtom antyder vissa undersökningsresultat på att biofilmen i plaströr kan bli mindre än i andra rörmaterial, sannolikt beroende på att den släta ytan i plaströren gör det svårare för biofilmen att få fäste.

En omfattande litteraturundersökning / 6 / som utförts för att kartlägga problem med mikrobiell påväxt i dricksvattennät, visar att mikrobiell påväxt orsakad av olämpliga material kunnat konstateras i följande fall:

- Vid användning av mjukgjord PVC (t ex vid infodring av vattenreservoarer med mjukgjord PVC-duk eller vid felaktig anslutning av maskinell utrustning med mjukgjord PVC-slang). (PVC-rör innehåller inga mjukgörare).
- Vid användning av olämpligt gummimaterial i packningar och gummiringar (naturgummi).
- Vid användning av olämpliga smörjmedel i fogar.
- Vid användning av plasttillsatser i cementbruk.
- Vid användning av olämpliga epoxi- och polyestermaterial.
- I inget fall har rapporterats några problem med mikrobiell påväxt i vattenledningar av PVC-, PE-, PP- och GAP-rör.

Diffusion

Plastmaterial är inte helt diffusionstäta. Permeabiliteten varierar för olika material och ökar med stigande temperatur.

För vattenledningar har i några sällsynta fall lukt och smakpåverkan på vattnet orsakad av diffusion kunnat konstateras för en äldre typ av PE-ledningar (PEL-rör). Känt är att metangas i kärr kunnat ge smakpåverkan på vatten i PEL-ledningar. I kraftig förorenad jord har i några fall petroleumprodukter även visat sig ge smakpåverkan. De nämnda fallen gäller samtliga PEL-rör.

Nötning

Generellt gäller att plastmaterial har en mycket god nötningsbeständighet, vilket t ex gör PE- och PP-rör mycket lämpade för pumpning av slurries (vätskor blandade med fasta partiklar). Nötning vid pumpning av slurries äger i första hand rum i krökar. Den nötning som sker i plastmaterialet blir ofta en bråkdel av den nötning som erhålls i stålrörskrökar.

I självfallsledningar blir nötningen helt försumbar även om vattnet innehåller betydande sandmängder. I termoplastör kan nötningen under en 100 - årig livscykel förväntas med god marginal understiga 0,5 mm, vilket gör att nötningen i praktiken saknar betydelse även för tunnväggiga rörkonstruktioner / 7 /.

När det gäller nötning förorsakad av sand i avloppsvattnet har ett flertal undersökningar utförts. Vanligen utförs slitageundersökningar i rör med Darmstadt/Kirschmer-metoden där röret fylls med sand (grus) och vatten och därefter vippas fram och tillbaka 22,5° åt båda håll, se figur. Varje cykel tar 4-4,5 sek och omfattar transport av 3 kg sand. Efter 10000 cykler byts sand/vattenblandningen (för att sandkornen inte skall slipas runda).



Slitageförsök

Före provningen vägs rören och godstjockleken uppmäts i det förväntade slitageområdet. Efter provningen vägs rören på nytt och godstjockleken mäts om.

Teknologisk Institut i Danmark har utfört ovanstående typ av mätningar på Ø 200 mm strukturväggsrör av PVC och PP. Efter 130 000 cykler (390 tons sandtransport), vilket kan antas motsvara ca 195 års sandtransport i en normal avloppsledning, har ett slitage på ca 0,1 mm uppmäts för bägge rörtyperna. Slitaget är således helt försumbart och saknar i praktiken betydelse även för strukturväggsrör med relativt liten väggstjocklek.

Strålning

UV-strålning påskyndar åldrandet av de flesta plaströr. Långvarig solbestrålning kan t ex ge upphov till färgförändringar samt en försämrad slagseghet. För att skydda plastmaterialen från att nedbrytas av UV-strålning tillsätts pigment eller UV-stabilisator i plastmaterialet. PVC-, PE- och PP-rör klarar minst 1 års utomhuslagring utan problem. Plaströr bör dock normalt installeras så att de skyddas från varaktig solbestrålning. Plastmaterialen är olika känsliga för UV-strålning och individuella skillnader finns därför i vilken utsträckning materialen kan tillåtas vara exponerade för solljus. Närmare information om i vilken omfattning olika plaströr och tillhörande tättningsringar kan tillåtas exponerade för solljus kan erhållas från respektive rörtillverkare.

1.4 Hantering

Allmänt

Plaströr är generellt sett lätta och kräver sällan särskild utrustning för transport och hantering. Normal försiktighet bör iakttas vid hantering av plaströr.

Lagring

Plaströr bör lagras på plant underlag och ej staplas alltför högt. Kontakt med skarpa föremål skall undvikas eftersom dessa kan förorsaka skador på rören. Långvarig lagring på ojämnt underlag kan medföra att rörens raket inte bibehålls. Om rören staplas högt finns risk för att de understiggande rören kan bli ovala. Olika rörmaterial är olika känsliga för hur rören lagras.

Flerårig utomhuslagring bör undvikas, för att undvika att rörens material-egenskaper försämras, se pkt 1.3 strålning. I länder med varmt klimat kan särskilda lagringsföreskrifter erfordras.

Rörtillverkarna har hanterings- och lagringsanvisningar, vilka skall följas.

1.5 Fogning

Allmänt

Fogning av plastledningar kan utföras med ett flertal metoder. I detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av de vanligaste förekommande fogtyperna för ledningar av PVC, PE och PP. Observera att vissa fogtyper medger överföring av krafter i ledningens längdriktning medan andra fogar, t ex gummiringsmuffar, ej klarar att överföra dragkrafter. Vid övergång från en plastledning med dragsäkra fogar till en muffad ledning måste övergången förankras annars riskeras att muffarna dras isär, när ledningen tas i drift, se vidare avsnitt 2.3.3. För närmare beskrivning av fogningsutförande samt fogegenskaper hänvisas till tillverkarnas produktkataloger.

Fogtyper för självfallsledningar av PVC, PE och PP

De vanligaste fogtyperna är:

Fogtyp	Självfallsledningar av			Överföring av dragkraft
	PVC	PE	PP	
Gummiringsmuff	x	x	x	Nej
Limfog	x			Ja
Stumsvetsning		x	x	Ja
Elektromuffsvetsning		x	x	Ja
Mekanisk koppling		x	x	Ja
Krympmuff	x	x	x	Nej

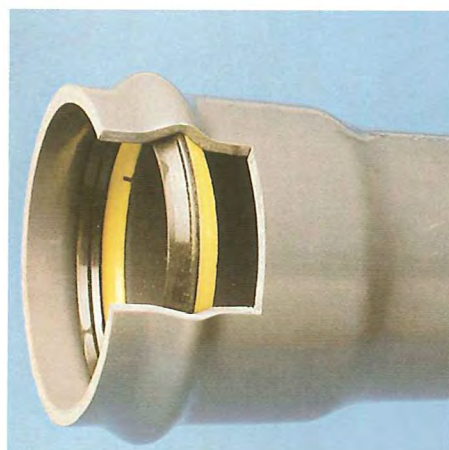
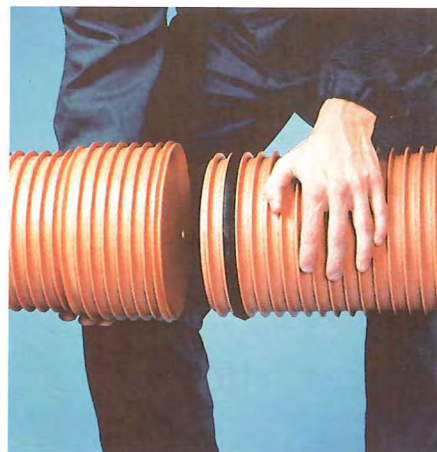
**Fogtyper för tryck-
ledningar av PVC,
PE och PP**

De vanligaste fogtyperna är:

Fogtyp	Tryckledningar av			Överföring av dragkraft
	PVC	PE	PP	
Gummiringsmuff	x			Nej
Bojförankrad gummi- ringsmuff	x			Ja
Limfog	x			Ja
Stumsvetsning		x	x	Ja
Elektromuffsvetsning		x	x	Ja
Muffsvetsning		x	x	Ja
Flänskoppling	x	x	x	Ja
Mekanisk koppling		x	x	Ja

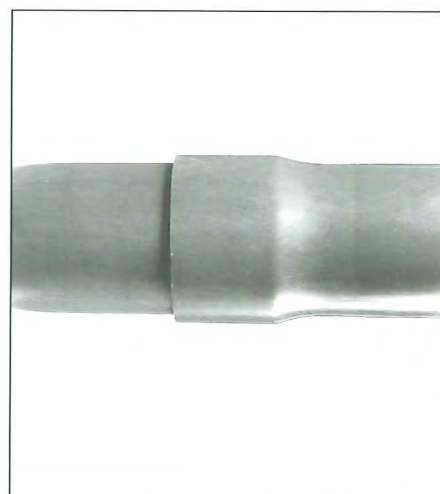
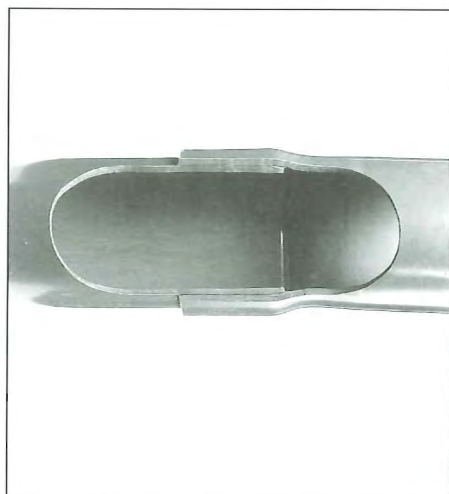
Gummiringmuff

Gummiringmuff är den vanligaste fogmetoden för PVC-rör. Gummiringarna är vanligen av syntetgummi. Olika gummikvaliteter finns. Valet av gummiring görs beroende vilket medium som skall transporteras i röret. Gummiringfogar kan ej uppta längsgående dragkrafter i ledningen. Skall dragkrafter upptas måste en särskild bojförankring monteras.



Limfog

Limfog används huvudsakligen för processledningar av PVC. PVC-lim kan innehålla lösningsmedel som bör undvikas att inandas. Arbetarskyddsstyrelsens anvisningar skall följas vid all limning av PVC-rör. Observera att PE- och PP-ledningar inte kan limmas.



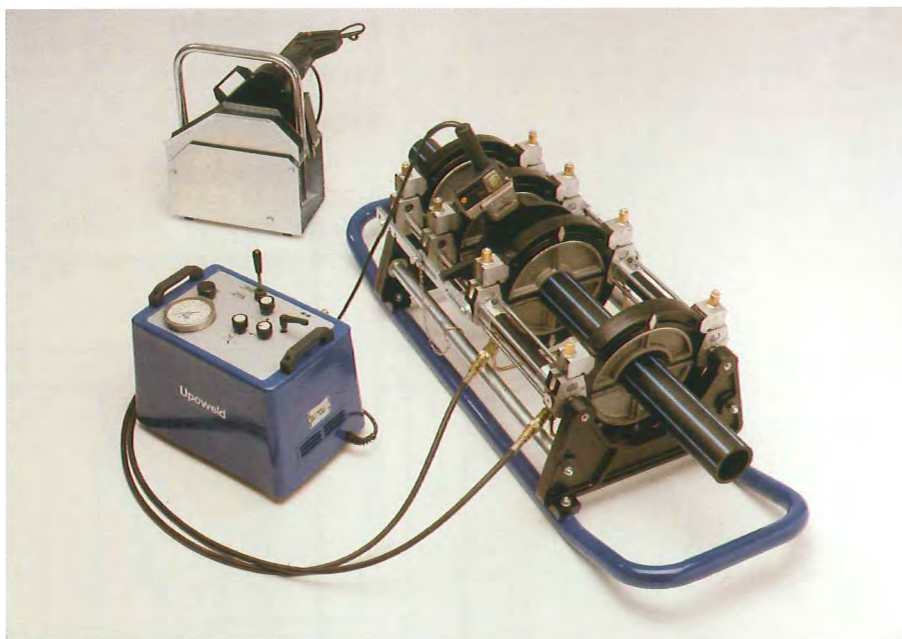
1.6 Fogmetoder för PE- och PP-ledningar

Stumsvetsning, allmänt

Stumsvetsning är en vanlig fogmetod för PE- och PP-ledningar. Svetsningsarbete bör endast utföras av kunnig personal med dokumenterad erfarenhet. Rörleverantörens svetsinstruktioner skall noggrant följas.

Stumsvetsning, utrustning

Stumsvetsning kan utföras för rör upp till och med dimension $\text{Ø } 1600$ mm. Stumsvetsning utförs med hjälp av en stumsvetsmaskin se figur.



Rörändarna som skall svetsas samman inspänns och centreras i maskinen varefter rörändarna hyvlas plana och rena från oxid. Genom att trycka rörändarna mot en uppvärmd metallplatta smälts plastmaterialet närmast rörändarna. När tillräcklig smältning skett avlägsnas värmeplattan och rörändarna trycks samman. Härvid kommer en del av det uppsmälta materialet att pressas ut i form av en vulst, se figur.



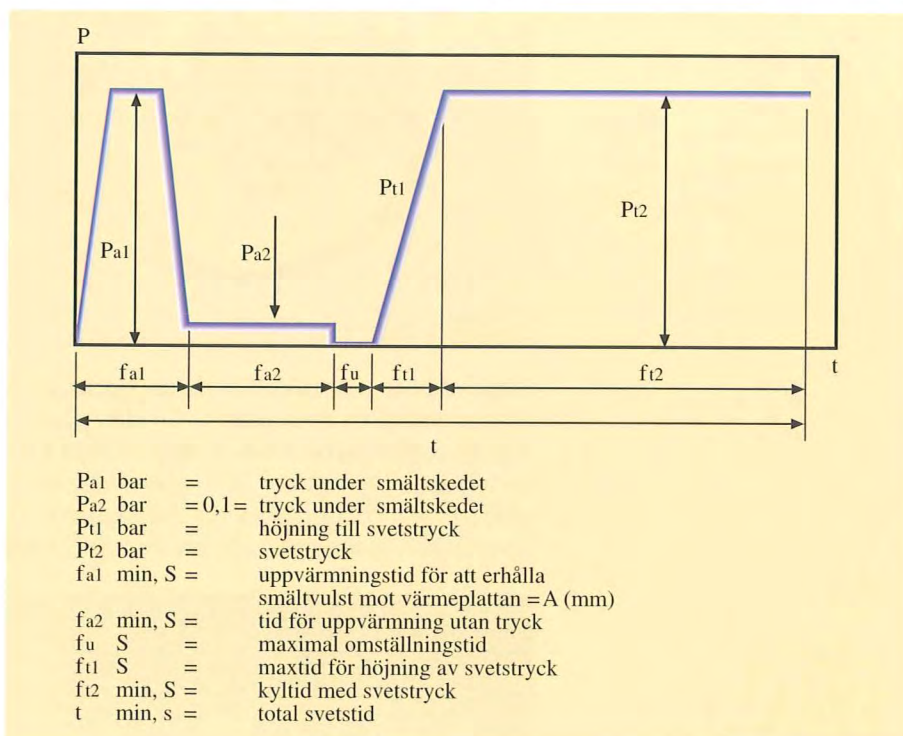
Fogen får avsvälva under tryck. Vanligen låter man svetsvulsterna sitta kvar på fogen.

Svetsparametrar för stumsvetsning

Hållfastheten hos svetsfogen är beroende av hur svetsningen utförts. Renheten hos svetsytorna är viktig liksom att korrekta svetsparametrar använts vid svetsningen. De viktigaste svetsparametrarna är:

- Svetspegeltemperatur
- Anliggningsstryck
- Uppvärmningstid
- Omställningstid (den tid som åtgår för avlägsnandet av svetspegeln)
- Svetstryck
- Avkylningstid

Parametervärdena varierar beroende på materialtyp, dimension och utetemperatur. Svetsparametrarna uppges normalt av rörleverantören.



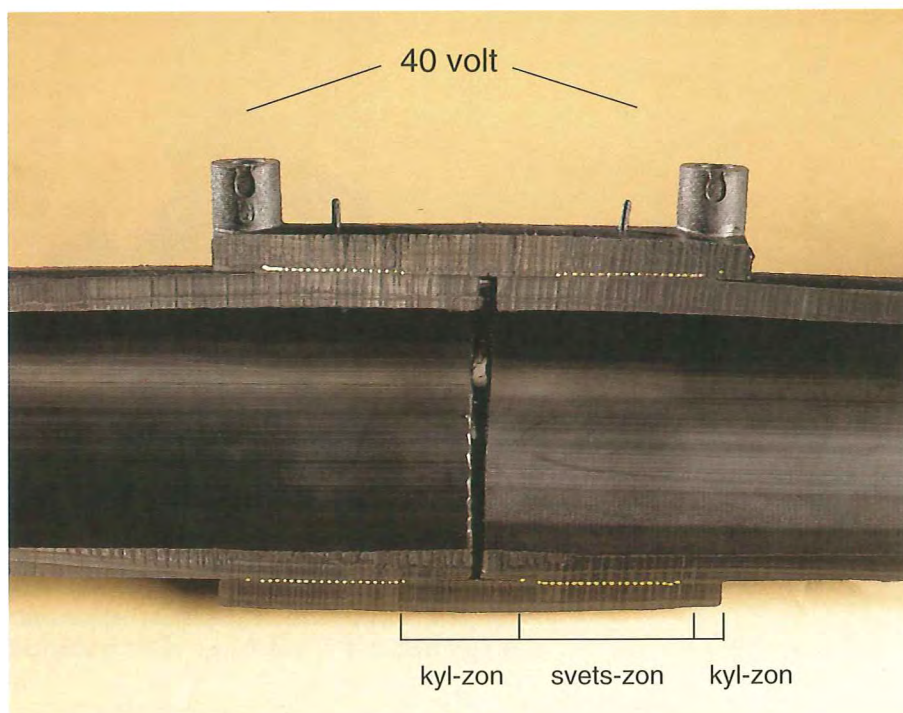
Flänskoppling

Flänsförband på PE- och PP-ledningar åstadkoms genom att en svarvad eller formgjuten plastfläns, s k bordring, stumsvetsas mot röret, se figur



Elektromuff- svetsning

Elektromuffsvetsning kan användas för PE- och PP-ledningar upp till och med dimension \varnothing 630 mm. För svetsningen används speciella rördelar i vilka metalltråd inlagts på insidan, se figur.



Genom att ansluta metalltråden till en strömkälla upphettas rör och rördel så mycket att materialet på rörets utsida och rördelens insida smältes. Genom att rördelen krymper något när den upphettas erhålls god kontakt mellan rör och rördel och en sammansmältning åstadkoms härvid. En riktigt utförd elektrosvets (renligheten är mycket viktig) har i det närmaste lika god hållfasthet som en stumsvetsfog.

Ett stort sortiment av elektrosvetsrördelar finns tillgängligt. Svetsning utförs enkelt med automatiserade svetsmaskiner.

Mekaniska kopplingar

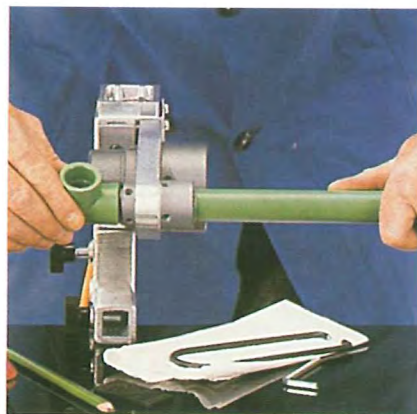
Mekaniska kopplingar används huvudsakligen för PE-rör upp till dimension $\text{\O} 75$ mm. Ett flertal olika kopplingsfabrikat finns på marknaden. Kopplingarna är vanligen tillverkade av mässing eller plast. Vissa kopplingsfabrikat har en invändig stödhylsa.



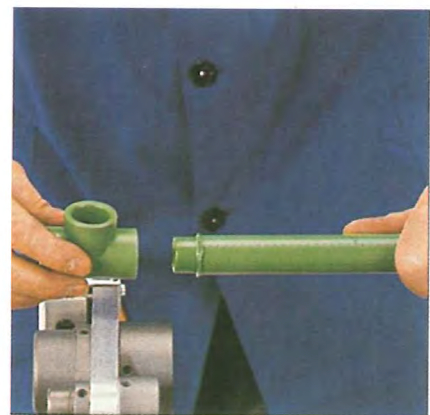
När kopplingen åtdrages låses röret i kopplingen genom friktion. Det är viktigt att kopplingsmontaget utförs noggrant. Bristfälligt montage kan ge upphov till läckage eller framtida skador.

Muffsvetsning

Muffsvetsning kan användas för PE- och PP-rör upp till dimension $\text{\O} 110$ mm. Muff och rörände uppvärms med hjälp av en speciell svetsplatta. Efter att erforderlig uppvärmning skett avlägsnas svetsplattan och sammanfogning sker. Muffsvetsning har i allt större omfattning ersatts av elektromuffsvetsning som är enklare att utföra.



Värmning av rör och rördel



Sammanfogning av rör och rördel

1.7 Återvinning

Återvinningsbarhet

Samtliga termoplastmaterial kan återvinnas. Det är därför fullt möjligt att mala ner termoplaströr och rördelar, smälta plasten och tillverka nya produkter. För att erhålla en bra produkt måste dels de använda rören vara så rena som möjligt, dels får olika plastmaterial ej blandas med varandra.

Hårdplaster kan ej smältas och formas om på nytt. Hårdplaströr är därför ej återvinningsbara i samma utsträckning som termoplaströr.

Återvinningssystem för plaströr

Rörtillverkarna har sedan lång tid tillbaka återvunnit sitt eget produktionsspill. För att även möjliggöra återvinning av rörspill vid nybyggnation och gamla ledningar vid ombyggnader introducerade Nordiska Plaströrgruppen (NPG) år 1996 ett återvinningssystem för PVC, PE och PP-rör i Sverige. De insamlade rören sorteras och mals och går därefter tillbaka till rörtillverkaren för tillverkning av nya produkter (s.k. closed loop recycling). I Holland och Tyskland finns sedan några år återvinningsanläggningar för termoplaströr. Där insamlas huvudsakligen PVC-rör, vilka används till mellanskikt i nya rör.

Energiinnehåll

Jämfört med den mängd olja som årligen förbränns i Sverige är den mängd olja som används för plaströrtillverkning ytterligt liten (<0,5%). En stor del av den energi som åtgår vid rörtillverkningen (25-55%) finns också kvar i rormaterialet. Eftersom plaströr har ett högt energiinnehåll är det även möjligt att tillvarata detta energiinnehåll vid förbränning. PE- och PP-rör har i princip lika högt energivärde per kg som olja, medan energiinnehållet/kg i PVC-rör motsvarar knappt hälften av energivärdet/kg i oljan. I tabell 3-5 har några energidata för olika typer av PVC, PE och PP-rör angivits.

Tabell 3. Energidata för PVC, PE och PP. Energiåtgång (MJ/kg)			
Mtrl	Framst. ¹⁾	Rörtillverkn.	Förbr.värm ²⁾
PVC	65	1,5 - 2	18
PE	81	2 - 3	43
PP	80	2,2 - 3,5	44

1) Materialframställning enl. APME 1993 - 1994

2) Förbränningsvärme, enl. Reiman, Müll & Abfall 6/88

Tabell 4. Relativ energiåtgång resp. förbr.-värde i olika markavloppsrör av styvhetsklass T8 med lika invändig diameter		
Rörtyp	Energiåtg.	Förbr.v.
Släta rör av PVC	1,0	0,3
Strukturväggsrör av PVC	0,6	0,2
Strukturväggsrör av PP	0,7	0,4
Släta rör av PE, PP	1,6	0,8

Tabell 5. Relativ energiåtgång resp. förbränningsvärde för tryckrör PN 10 med lika invändig diameter		
Rörmaterial	Rel. energiåtg.	Därav förbr.v.
PVC	1,0	0,3
PE - 80	1,9	1,0
PE - 100	1,1	0,6

1.8 Livscykelanalys (LCA)

Allmänt

Kretsloppstankegångarna har fått ökande uppmärksamhet i dagens samhälle, där man är mer upptagen av den totala miljöpåverkan av en produkt (inkluderat användning och avfallshantering av produkten) än av miljöpåverkan från produktionen. För att sätta in insatser på ett riktigt sätt, måste produktens miljöpåverkan från "vaggan till graven" kunna beskrivas och helst kvantifieras. Detta görs med hjälp av livscykelanalyser (LCA) som är ett samlingsbegrepp för många framgångssätt för att kartlägga en produkts totala miljöpåverkan. LCA är först och främst användbar för att identifiera möjligheter för miljöförbättringar. Det finns inte något i LCA-begreppet som bestämmer dess detaljnivå och framgångssätt. Analysen kan mycket väl vara översiktlig och helt och hållet kvalitativ. Det är analysens målsättning som avgör hur den skall göras. För att hjälpa till med sådana avgöranden finns en del riktlinjer, t.ex. Nordiska riktlinjer för LCA. Det viktigaste är dock att den i princip tar med allt, från råvaruuttag till sluthantering annars är den inte en livscykelanalys. Inom Internationella Standardiseringskommissionen (ISO) pågår arbete med att ta fram internationella standarder för utförande av livscykelanalyser.

Riktlinjer för en LCA

En livscykelanalys delas ofta upp i fem faser.

1. **Målsättning:** Här beskrivs målet med studien.
2. **Avgränsning:** Fastställer avgränsningar knutna till omfånget av studien.
3. **Inventering:** Uppställning av processer som visar sammanhang mellan de väsentliga processer under produktens livscykel.
4. **Miljöeffektvärdering:** I denna fas värderas miljöeffekterna av de utsläpp och belastningar som identifieras i inventeringsfasen.
5. **Känslighetsanalys:** I känslighetsanalysen undersöks vilken betydelse ändringar i data och beräkningsunderlag har på livscykelanalysens slutsatser.

LCA för plaströr

Större delen av ett plaströrs miljöbelastning och energiåtgång (ca. 85%) föregår under lägnings- och drifttiden. Det framgår av en omfattande studie som Nordiska Plaströrgruppen låtit utföra /24/. Rapporten behandlar teknik för miljövärdering med hjälp av LCA och inbegriper även arbetsmiljöfrågor, vilket är sällsynt i miljövärderingsstudier. Man har studerat hur rören belastar miljön vad avser drivhusgaser, försurning, näringsämnesbelastning, bildandet av fotokemiskt ozon, smog, toxiska effekter på människors hälsa och ekologiska systemet från "vaggan till graven". Rapporten har granskats och godkänts av internationellt välkända experter på livscykelanalyser.

2. MARKFÖRLAGDA PLASTRÖRSYSTEM

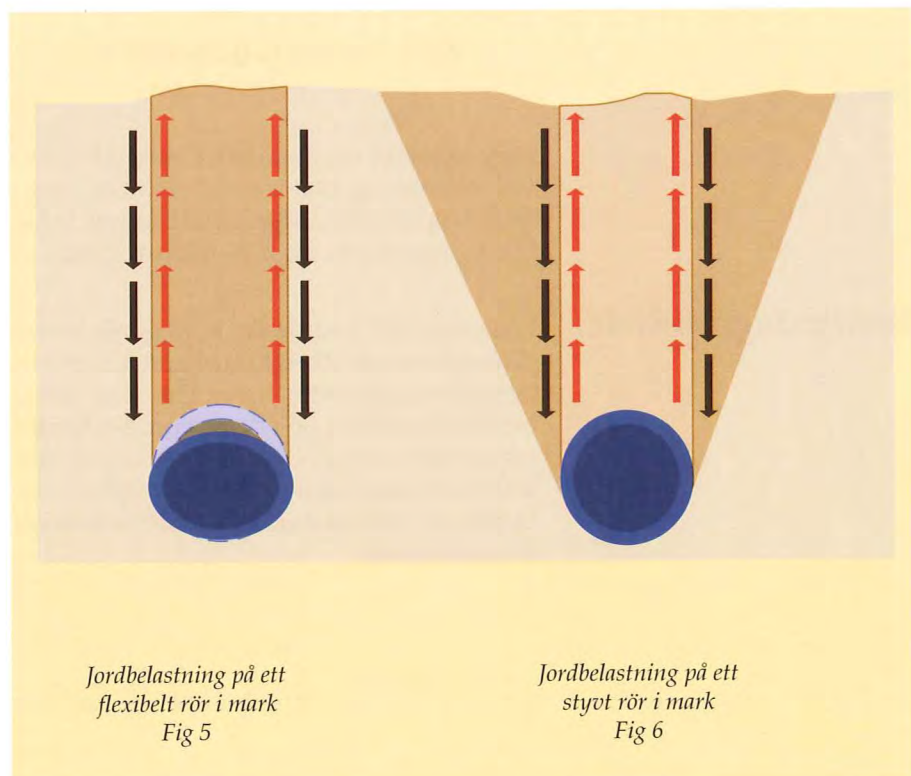
2.1 Flexibla rörs deformation i mark

Styva - flexibla rör En markförlagd ledning skall förutom att kunna uppta belastningar av ett eventuellt invändigt övertryck i ledningen också kunna uppta utvändiga belastningar av jord, trafik och eventuellt grundvattentryck. Storleken av jord- och trafikbelastningen på ledningen kommer att bero på i vilken utsträckning ledningen ovaliseras vid belastning. På grund av rörets förmåga att ovaliseras vid belastning klassar man rör som styva eller flexibla.

Ett styvt rör är ett rör som upptar yttre belastningar utan att rörets ringtvärsnitt märkbart förändras.

Hos ett flexibelt rör medför en ökad yttre belastning en ökad ovalisering hos rörtvärsnittet, se fig. 5.

En flexibel ledning som ovaliseras vid belastning kommer att få en mindre belastning än en styv ledning vars tvärsnitt ej förändras vid belastning, se fig 6.



Förklaringen till detta är att om röret ovaliseras mer än omkringliggande fyllning kommer en del av jordlasten ovanför röret att genom friktionskrafter överföras till jorden på ömse sidor av ledningen. Man brukar därför räkna med att jordbelastningen på ett flexibelt rör begränsas till vikten av jordpelaren ovanför röret.

För ett styvt rör kommer vertikallasten att öka, när sättningar erhålls i omkringliggande fyllning, genom att friktionskrafter överförs till jordpelaren ovanför röret. Belastningen kan härigenom bli avsevärt större än vikten av enbart jordpelaren ovanför röret.

Eftersom belastningen på ett flexibelt rör i mark i stor utsträckning påverkas av rörets förmåga att ovaliseras under belastning är det viktigt att kunna definiera rörets flexibilitet. Rörets deformationsförmåga vid belastning definieras därför med begreppet rörstyvhet, som beräknas med ekvationen:

$$S = \frac{EI}{D^3} \quad (\text{Ekv 1})$$

där S = Rörets styvhet (N/m^2)

E = Rörets elasticitetsmodul (N/m^2)

I = Rörväggens tröghetsmoment (m^3)

D = Rörets medeldiameter (m)

För rör med homogen rörvägg kan ekv 1 skrivas:

$$S = \frac{E}{12} \left(\frac{s}{D} \right)^3 \quad (\text{Ekv 1a})$$

där s = rörets godstjocklek (m)

Styvhetstalet utgör således ett mått på rörets deformationsegenskaper vid belastning och för självfallsledning i mark som huvudsakligen skall uppta utvändiga belastningar klassificeras plaströr normalt med hänsyn på rörstyvhet, se vidare 2.4.2.

Beräkningsmetoder

I normala fall kan de flesta plaströr betraktas som flexibla rör och rören dimensioneras därför vanligen för en jordlast som motsvarar vikten av jordpelaren ovanför röret. Den ovalitet som härvid uppkommer i röret beror till stor del på vilket stöd det flexibla röret kan få från omgivande jordmassor, dvs i vilken utsträckning packning av kringfyllningsmassor utförts. Konstruktivt sett samverkar röret med omgivande jord för att uppta de yttre lasterna. För rördeformationen gäller följande principiella samband:

$$\text{Ovalitet} = \frac{\text{Last}}{\text{Rörstyvhet} + \text{Jordstyvhet}}$$

Flera olika beräkningsmetoder finns för att uppskatta ovaliteten hos ett flexibelt rör i jord. Beräkningsmetoderna bygger emellertid huvudsakligen på samma grundprinciper, varför skillnaden mellan de olika metoderna ofta blir relativt betydelslös. I verkligheten erhålls ofta på grund av variation i packningen av fyllnadsmassorna kring röret en större skillnad mellan uppmätta ovaliteter på en ledningssträcka än vad som erhålls om ovaliteten teoretiskt beräknas med olika beräknings-

metoder. För en mer ingående beskrivning av beräkningsmetoder för flexibla rör i mark se /8,9/. Kortfattat har nedan angivits den vanligaste beräkningsmetoden.

Vid beräkning av flexibla rörs ovalitet i mark förutsätts en jordtrycksfördelning i enlighet med fig 7.

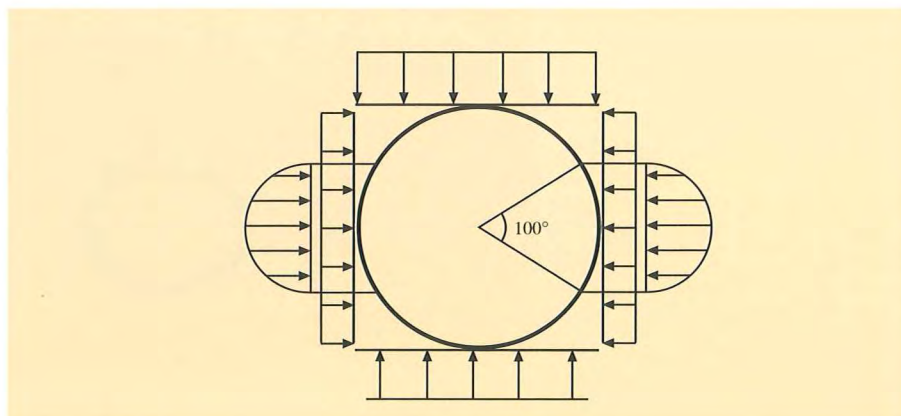


Fig.7. Jordtrycksfördelning runt ett flexibelt rör i mark.

Med den antagna jordtrycksfördelningen kan ovaliteten hos ledningen beräknas med formeln

$$\frac{\delta_v}{D} = \frac{Q}{D} \cdot \frac{0.042}{8S + 0.061E_s} \quad (\text{Ekv 2})$$

- där
- δ_y/D = rörets ovalitet, se fig.8
 - Q = vertikal belastning på röret (N/m^2)
 - S = rörets styvhetstal (N/m^2)
 - E_s = kringfyllningens sekantmodul (N/m^2) se fig. 9.
(1 MPa = $10^6 \text{ N}/\text{m}^2$)
 - D = ledningens medeldiameter (m)

Ekvation 2 avser medelovaliteten på en ledningssträcka, kort efter att ledningen lagts.

Erfarenhetsmässigt har man dock funnit att medelovaliteten på ledningssträckan ofta blir ca 1 - 2 procentenheter högre än vad som beräkningsmässigt erhålls i nedanstående fall:

- Om ledningen förlagts på hylla utan noggrant utfört och kontrollerat packningsarbete
- Om ledningen utsatts för trafik under byggnadstiden och läggningsdjupet varit mindre än ca 1,5 m
- Om packning av kringfyllning över ledningen skett med redskap tyngre än 60 kg.

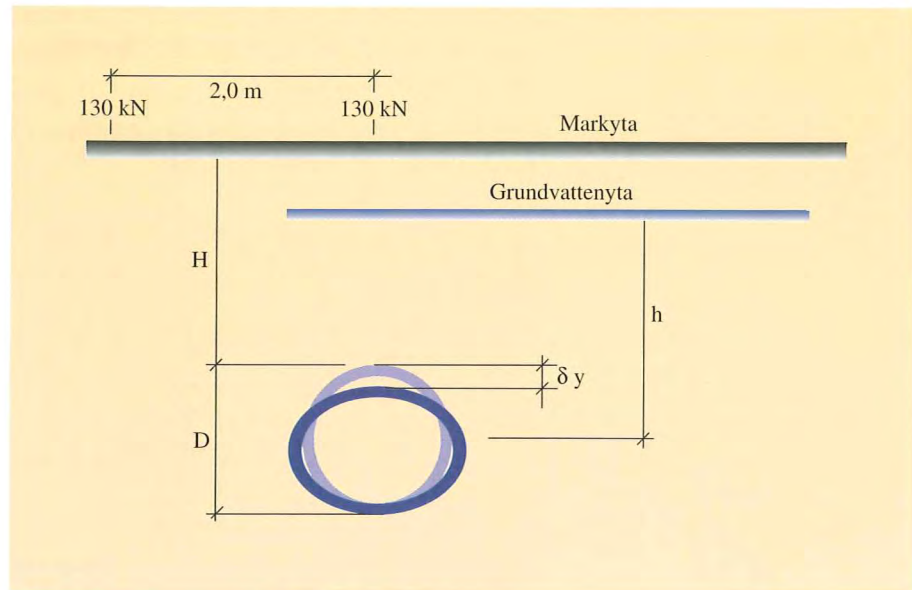


Fig. 8 Belastning på plaströr av jord- och trafiklast

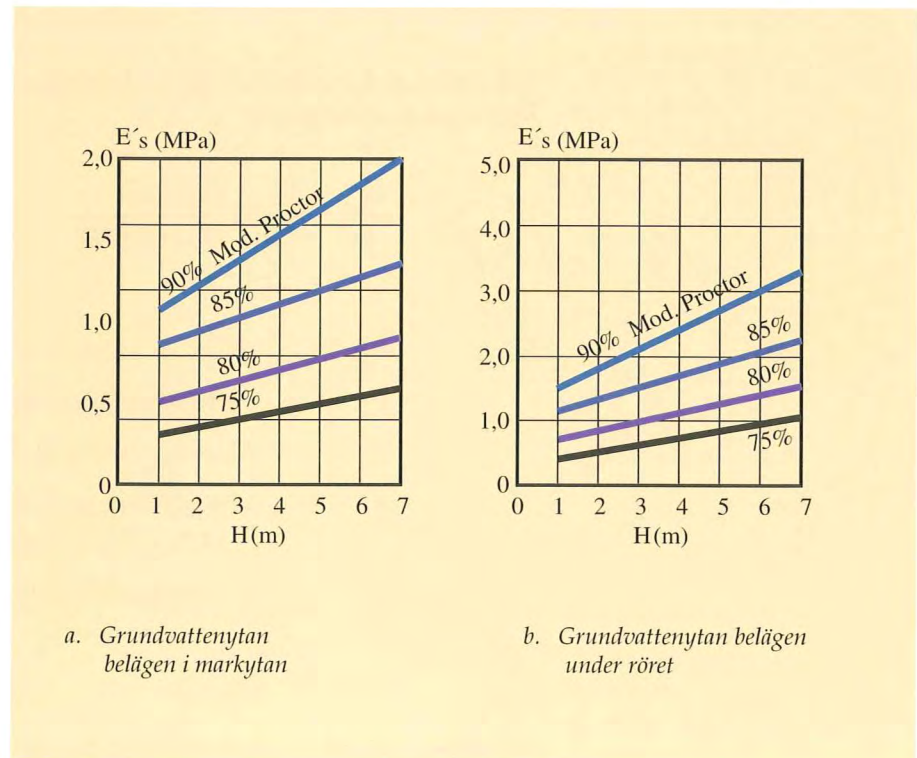


Fig 9: Sekantmodulen $E's$ för fyllning av friktionsmaterial

Rördeformation i mark, praktiska erfarenheter

Även om rörläggning skett på ett noggrant och omsorgsfullt sätt finner man ofta i praktiken att rörets ovalitet inte är konstant utmed hela ledningssträckan. På grund av mindre ojämnheter i ledningsbädden och variationer i packningsgrad hos omgivande kringfyllningsmassor kommer även rörets ovalitet att variera i viss utsträckning utmed ledningssträckan. Förhållandet kan principiellt beskrivas som visats i fig. 10.

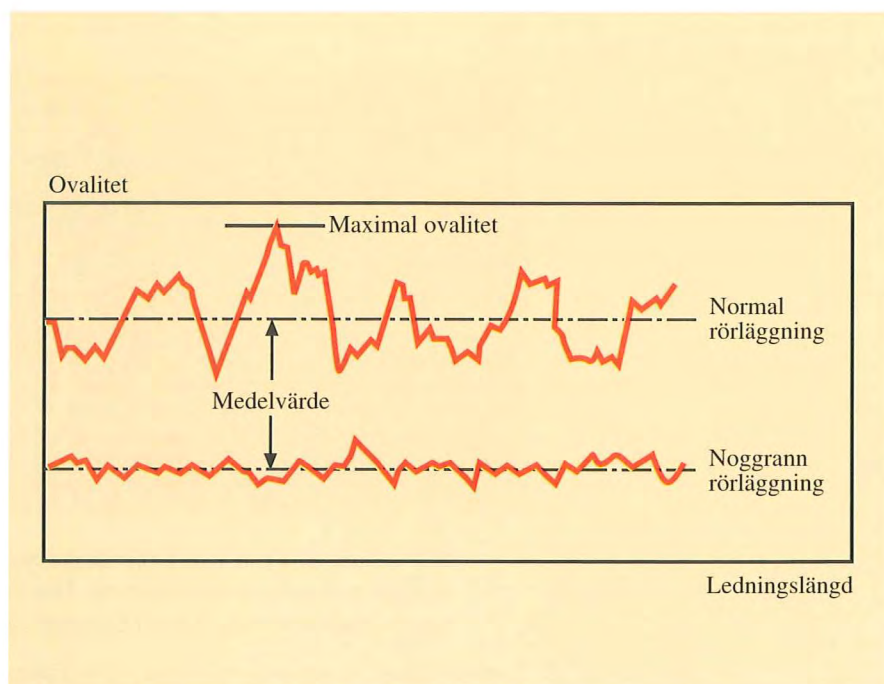


Fig. 10: Uppmätt ovalitet utmed en ledningssträcka

Det är också känt att rörets ovalitet kan öka något under de första 1 - 2 åren efter läggningen, se fig.11.

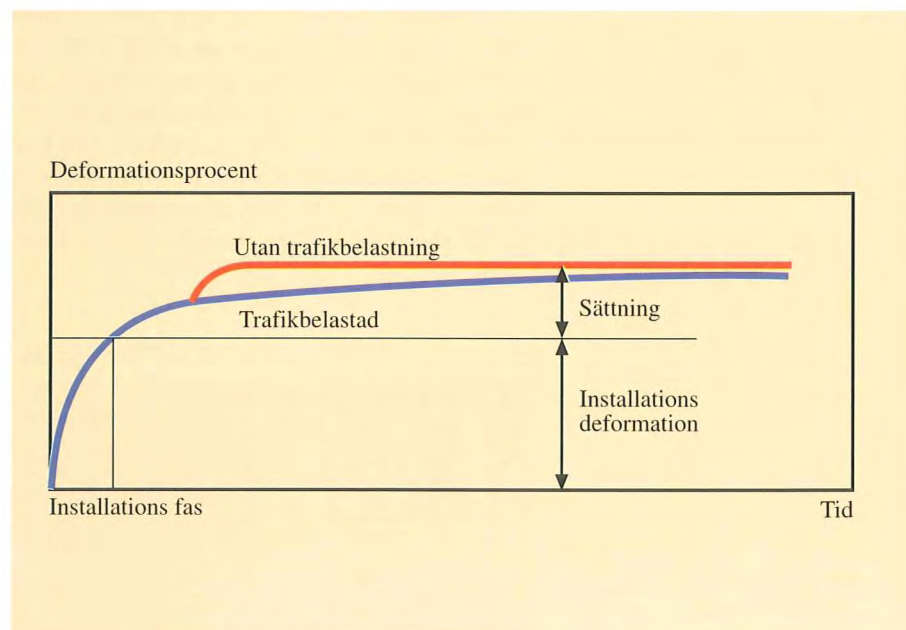


Fig.11: Ovalitetsökning med tiden

Ledningens slutliga ovalitet nås snabbare om ledningen utsatts för trafikbelastning än om ledningen enbart haft jordbelastning. För en mer ingående redogörelse för flexibla rörs ovalitet i mark se /9,10/.

För att beräkningsmässigt uppskatta en lednings maxdeformation efter läggning, bör ett tillägg till den beräknade deformationen göras i enlighet med tabell 6.

Tabell 6: Tillägg för beräkning av en lednings maxovalitet

	Ovalitetstillägg ¹⁾ (%)	
	Noggrannt utförd och kontrollerad rörläggning	Ej kontrollerad rörläggning
Stenfri schaktbotten	1 - 2	2 - 4
Stenig schaktbotten eller bergschakt	2 - 3	3 - 5

1) Riktvärde för rör med styvhet lägre än ca 8 kN/m² och rördiameter mindre än ca 400 mm. För rör med större diameter eller styvhetstal blir ovalitetstillägget lägre.

Ledningens långtidsovalitet kan beräknas på samma sätt som redovisats för korttidsovalitet med skillnaden att medelovaliteten enligt ekvation 2 multipliceras med en faktor ca 1,5 - 2,0.

Tillåten ovalitet

Rörens förmåga att tåla ovalitet beror i stor utsträckning på rörmaterialet. Markavloppsrör av PVC, PP och PE har som ett standardkrav att rören skall klara 15 % ovalitet med bibehållen täthet. Något brott i rören kan ej heller förväntas under en 100-års period på grund av ovan nämnda ovalitet, se /11/. Eftersom såväl PVC-, PP- som PE-rörs deformationsförmåga är mycket stor är det således i första hand inte risken för skador på ledningar som sätter ovalitetskravet. Av praktiska skäl önskar man vanligen att ovaliteten i markförlagda ledningar skall understiga ca 10%. Värdet på största tillåtna ovalitet efter läggning varierar i olika länder och bestäms normalt av nationella standarder. För de nordiska länderna gäller de i tabell 7 angivna värdena på tillåten ovalitet.

Tabell 7: Tillåten maximal ovalitet kort efter läggning

Material	Maximal ovalitet kort efter läggning (%)				
	SPF 01	VAV P50	DS 430	NS 3420	RIL 77
PVC	8	8 ¹⁾	8	8	8
PEL	9	-	10	10	9
PEM	9	9 ²⁾	9	9	9
PEH	9	9 ²⁾	9	9	9
PP	-	-	9	9	8
ABS	-	-	8	8	-

1) Värdeinskningsavdrag om ovaliteten överstiger 6%

2) Värdeinskningsavdrag om ovaliteten överstiger 7%

För AP-rör gäller betydligt strängare ovalitetskrav än för termoplaströr. Tillåten ovalitet är beroende av rörens laminatuppbbyggnad och styvhetsklass. Tillåten maxovalitet kort efter läggning ligger vanligen inom området 2-4 %. För närmare uppgifter hänvisas till tillverkarnas produktkataloger.

Buckling

Om ett flexibelt rör med låg styvhet utsätts för stora utvändiga belastningar av t ex jord- och grundvattentryck finns en risk för att en buckling (kollaps) av rörtvärsnittet kan ske. Bucklingsrisken beror dels på rörets styvhet dels på fastheten hos det omgivande jordmaterialet. Rørets bucklingsform beror helt på kringfyllningsmaterialets fasthet, se fig 12.

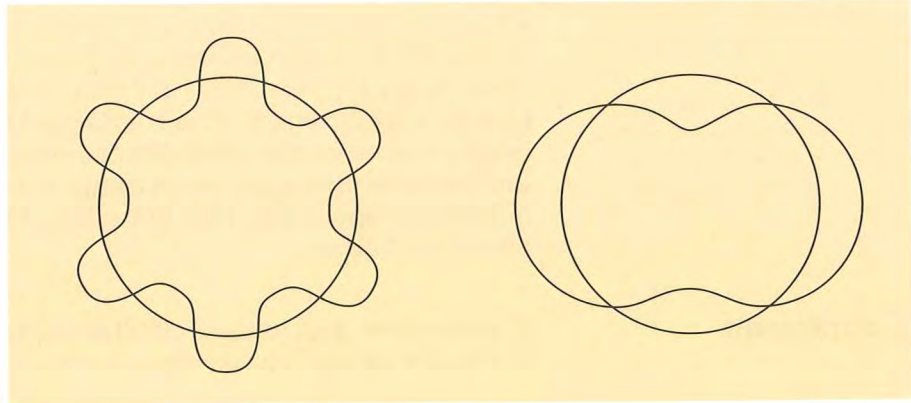


Fig. 12: Exempel på bucklingsformer

Bucklingslasten för ett flexibelt rör i mark beräknas vanligen med formeln:

$$q_{\text{buckling}} = 5,63 \sqrt{S \times \dot{E}_t} \quad (\text{Ekv 3})$$

där

S = Rørets styvhet (se avsnitt 2.1)

\dot{E}_t = kringfyllningens tangent modul = $2 \times \dot{E}_s$ se fig 9.

För beräkning av tillåten belastning brukar normalt bucklingslasten divideras med en säkerhetsfaktor 2. För närmare redogörelse för beräkning av bucklingslast för flexibla rör i mark hänvisas till /9/.

Allmänt kan sägas att buckling sällan blir dimensionerande för flexibla rör i mark. Normalt föreligger bucklingsrisk endast vid användning av flexibla rör med mycket låg styvhet (mindre än 4 kN/m^2) som förlagts på stort djup i lösa jordar med högt grundvattenstånd.

För rör med styvhet lägst 4 kN/m^2 som kringfyllts med friktionsmaterial behöver kontroll av bucklingsrisk endast utföras om läggningsdjupet överstiger 6 m.

För rör med styvhet lägst 8 kN/m^2 som kringfyllts med opackad lera bör kontroll av bucklingsrisk utföras om läggningsdjupet överstiger ca 2,5 m.

2.2 Läggningsföreskrifter

Allmänt

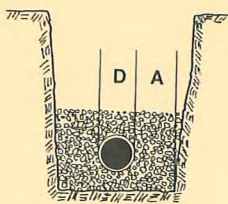
Som framgått av pkt 2.1 bestäms i första hand rörens deformation av hur installationsarbetet utförts. Ett riktigt läggningsförfarande är också viktigt för att undvika framtida sättningar och installationsarbetet påverkar därför i hög grad kvaliteten på den färdiga ledningen. Läggningsanvisningar för plastledningar finns redovisade i /12, 13, 25 och 26/. Oavsett vilket rörmaterial som används kommer installationsarbetet att betyda mest för vilka påkänningar, som ledningen i framtiden utsätts för. Värdet av ett noggrant och riktigt installationsförfarande kan därför inte nog understrykas. I det följande har kortfattat beskrivits hur plast-rör bör installeras.

Gravbredd

Gravbredden skall väljas så att tillräckligt arbetsutrymme erhålls. Minsta avståndet mellan schaktvägg och rör väljs enligt tabell 8.

Tabell 8: Minsta rekommenderade gravbredd

Rördiamter D (mm)	A min (cm)
DN ≤ 225	20 ¹⁾
225 ≤ DN ≤ 350	25 ¹⁾
350 ≤ DN ≤ 700	35
700 ≤ DN ≤ 1200	42,5
1200 < DN	50



¹⁾ 30 cm om packning av kringfyllning skall ske

Gravbotten

Gravbotten skall vara avjämnad, frostfri och fri från sten och lösa block. I mycket lösa jordar kan bottenförstärkning behöva utföras. I flytbenägna jordar eller om risk för urspolning föreligger bör geotextilduk användas för materialskiljning. Vid urschaktning av block eller lokala partier av lös jord skall återfyllning ske med material som kan packas till samma fasthet som gravbotten i övrigt, se figur 13.

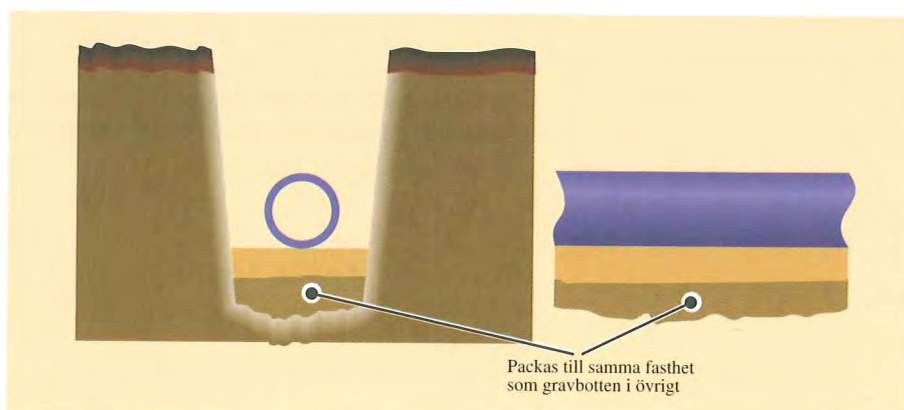


Fig. 13: Packning vid urschaktning

Ledningsbädd

Ledningsbädd skall normalt utföras i alla jordarter. Bädden utförs av sand eller grus (max stenstorlek 20 mm) och skall normalt ha en tjocklek av minst 10 cm högst 15 cm. Ledningsbädden packas ej utom på en sträcka av 2 m närmast brunn eller murgenomförning. Bädden avjämnas noggrant. Vid rörläggningen görs lokal utgrävning för muffarna, se fig. 14. Om ledningsbädden utförs tjockare än 15 cm skall bädden packas och därefter uppluckras på ytan.

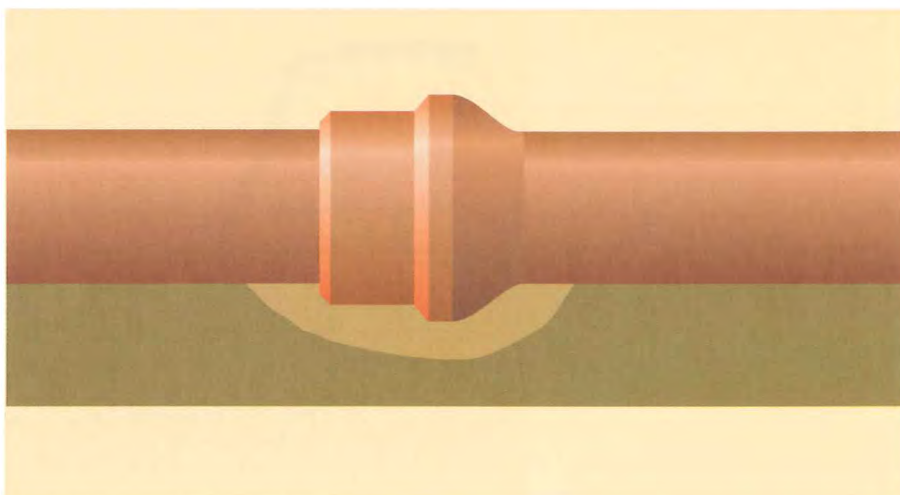


Fig. 14: Utgrävning för muffar

Om schaktbotten är jämn och har sådana egenskaper att det inte är nödvändigt att utföra en ledningsbädd (t ex i vissa friktionsjordar) kan som ett alternativ en mindre utgrävning och uppmjukning av schaktbotten utföras under röret, se figur 15.

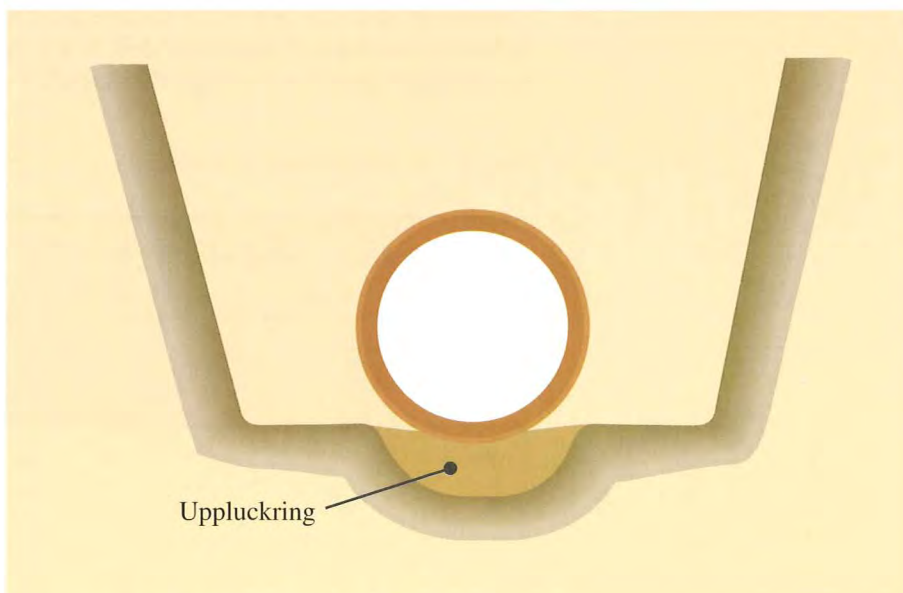


Fig. 15: Justering av schaktbotten

Kringfyllning

Uppschaftat material kan användas för kringfyllningen förutsatt att materialet är stenfritt. (Max stenstorlek 20 mm. Enstaka stenar upp till 60 mm får dock förekomma). Om packning av kringfyllning skall ske måste materialet vara kompakterbart. Om befintliga massor är olämpliga för kringfyllning används lämpligen sand eller grus i fraktionen 0 -22 mm eller makadam i fraktionen 4 - 22 mm, se vidare /12/

Kringfyllningen skall utföras inom ledningsgravens hela bredd och upp till min 0,15 m över översta rörledningens hjässa. Packning av kringfyllningsmaterialet skall där så erfordras normalt ske i lagertjocklekar om 0,15 - 0,20 m. Första lagret upp till halva rörets diameter dock ej större än 0,20 m. Andra lagret upp till rörets hjässa, dock ej större än 0,20 m. Ingen packning omedelbart över röret, se fig 16 och tabell 10.

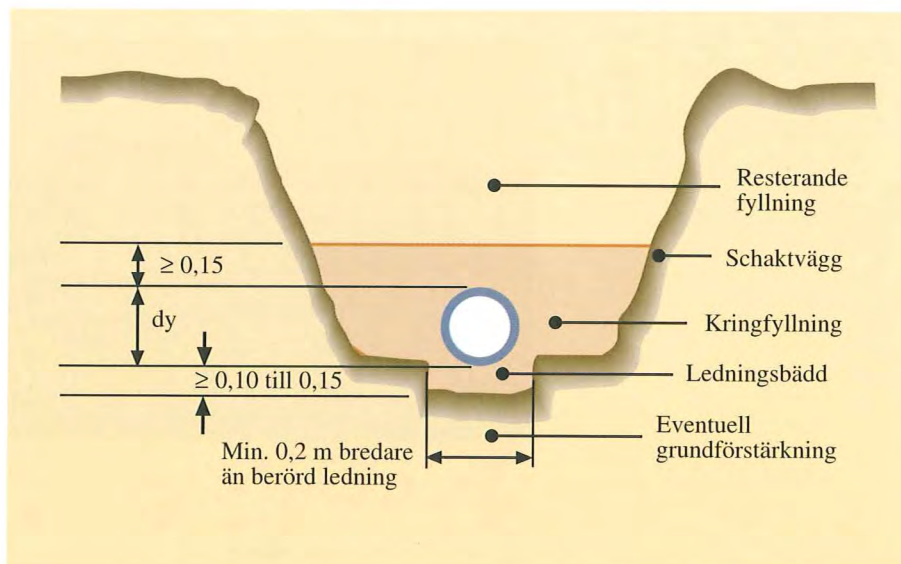


Fig. 16: Kringfyllning

Det sidostöd som en flexibel ledning får från omgivande kringfyllning beror dels på materialet dels på i vilken utsträckning materialet packats. Packningsgraden beror på vilken packningsutrustning som använts, antal överfarter och lagertjocklek. För flexibla rör tillämpas vanligen de packningsklasser som angivits i tabell 9.

Tabell 9: Packningsklasser för flexibla rör

Packningskl.	Benämning	Stand. proctor densitet (%)	Mod. Proctor densitet (%)
Lätt packning	L	≥ 88	≥ 85
Tung packning	T	≥ 93	≥ 90

Av tabell 10 framgår det antal överfarter och största lagertjocklekar som normalt erfordras vid användande av olika packningsredskap.

Tabell 10: Lagertjocklekar och antal överfarter.

Packnings- utrustning	Antal överfarter för erhållande av packningskl.		Största lagertj. lek för packning av			Minsta över- fyllnad över rörhjässa före packning(m)
	T	L	Grus sand	Silt fast lera	Lös lera	
Fottrampn.	-	3	0,15	0,10	0,10	0,20
Handstamp						
min 15 kg	3	1	0,15	0,10	0,10	0,20
Vibratorstamp						
min 70 kg	3	1	0,30	0,20	-	0,30
Vibratorplatta						
min 50 kg	4	1	0,10	-	-	0,15
min 100 kg	4	1	0,15	-	-	0,15
min 200 kg	4	1	0,20	0,10	-	0,20
min 400 kg	4	1	0,30	0,15	-	0,30
min 600 kg	4	1	0,40	0,15	-	0,50

Grovkorniga material som makadam 8 - 12 mm, 8 - 16 mm eller natursingel 8 - 22 mm är självkompakterande och uppfyller vanligen packning klass T genom att endast utfyllas i lagertjocklekar om 0,15 - 0,20 m.

Resterande återfyllning

Resterande återfyllning kan göras med uppschaktat material under förutsättning att största stenstorlek uppgår till högst 300 mm. Stenstorleken får dock ej överstiga 60 mm inom den del av resterande fyllning som ligger närmare röret än 0,3 m.

2.3 Tryckledningar

Allmänt

I detta avsnitt beskrivs kortfattat:

- grunderna för hydraulisk dimensionering av tryckledningar med speciell inriktning på i vilken utsträckning plastmaterialets egenskaper påverkar den hydrauliska dimensioneringen (avsnitt 2.3.1).
- vilka belastningsfall som det kan vara aktuellt att dimensionera tryckledningar av plast för (avsnitt 2.3.2).
- praktiska synpunkter på dimensionering och utförande av tryckledningar av plast (avsnitt 2.3.3).
- existerande rörsortiment för tryckledningar av PVC, PE och PP (avsnitt 2.3.4).

2.3.1 Hydraulisk dimensionering

Rörströmning, allmänt

För vätskeströmning i en fylld ledning gäller sambandet:

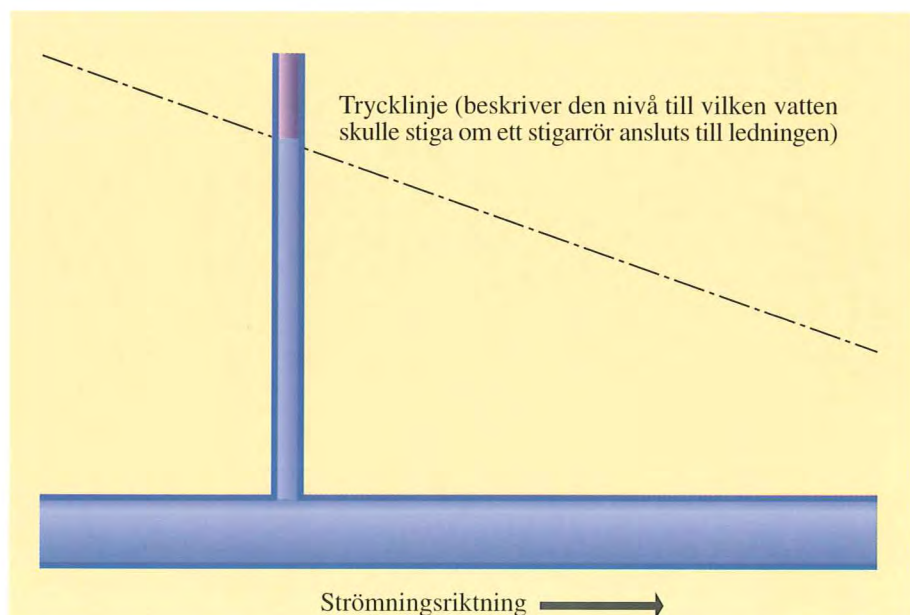
$$Q = V \times A \quad (\text{Ekv 4})$$

där Q = flöde (m/s)

V = strömningshastighet (m/s)

A = ledningens invändiga tvärsnittsarea (m²)

Vid vätskeströmning uppkommer friktionsförluster i ledningen, vilket innebär att trycket i ledningen sjunker i strömningsriktningen.



Råhetstal

Friktionsförlusterna i en ledning påverkas av strömningshastigheten, ledningens diameter och rörens invändiga släthet (ekvivalent sandråhet, k).

För plastledningar gäller generellt att dessa har mycket släta innerytter och därmed mycket låga värden på ekvivalent sandråhet, k . Nedanstående värden på k används vanligen beräkningsmässigt för olika plastledningar:

Rör	k (mm)
PE, PP, PVC med $DN \leq 200$ mm	0,01
PE, PP, PVC med $DN > 200$ mm	0,05
GAP	0,1

I äldre avloppsledningar kan förekomma att en avloppshud bildas som med tiden kan ge något ökat råhetstal. Det är dock sällsynt att högre råhetstal än 0,2 mm uppmätts för plastledningar. Normalt är verkliga råhetstal för nya plastledningar betydligt lägre än ovan angivna värden, se /14/.

Friktionsförluster i en rak ledning

Friktionsförluster i en ledning beräknas vanligen med Colebrook-Prandtl-Nikuradse formeln:

$$\frac{v}{v_f} = -2,5 \ln \left[\frac{k}{3,3d} + \frac{v}{dv_f} \right] \quad (\text{Ekv 5})$$

där

$$v = \text{medelhastighet i rör}$$
$$v_f = \text{friktionshastighet} = \sqrt{g \cdot \frac{d}{4} \cdot i}$$
$$i = \text{trycklinjens lutning}$$
$$d = \text{rörets innerdiameter}$$
$$\nu = \text{kinematisk viskositet}$$
$$k = \text{ekvivalent sandråhet}$$
$$g = \text{tyngdaccelerationen } 9.81 \text{ m/s}^2$$
$$\ln = \text{är den naturliga logaritmfunktionen}$$

Nomogram för beräkning av friktionsförluster finns redovisade på sid. 112 - 113.

Friktionsförluster kan även uppskattas med hjälp av Mannings formel:

$$v = M \left(\frac{d}{4} \right)^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (\text{Ekv 6})$$

där

v = medelhastigheten i röret

M = Mannings tal = $\frac{25}{6k}$

k = ekvivalent sandråhet (m)

d = rörets innerdiameter

i = trycklinjens lutning

Tilläggsförluster

De flesta ledningssystem består inte bara av raka ledningar utan kan även innehålla sektionförändringar, krökar, ventiler m.m. Detta leder till olikformad strömning i ledningen vilket medför extra energiförluster i form av tilläggsförluster vilka skall adderas till friktionsförlusterna. Tilläggsförlusterna beskrivs enligt ekvationen:

$$h_t = \frac{k \cdot v^2}{2g} \quad (\text{Ekv 7})$$

Koefficienten k anger förlustens storlek och bestäms i huvudsak av rörgeometrin. Tilläggsförluster uppkommer vid:

- * Sektionsökning (k_r) (vanligen 0,20 - 0,75)
- * Sektionsminskning (k_a) (vanligen 0,02 - 0,07)
- * Rörkrökar (k_k) (vanligen 0,1 - 0,5)
- * Ventiler (k_v)
- * Förgreningar (k_g)

Tilläggsförlusterna för skarpkantade inlopp kan vara upp till 10 gånger större än för mjukt rundade inlopp.

Tryckledningars kapacitet

I tryckledningar har det transporterade vattnet ett övertryck. Transportkapaciteten blir en funktion av tryckfallet längs ledningen. Tryckfallet förorsakas av energiförluster i form av friktionsförluster längs rörväggen och tilläggsförluster som uppstår vid rörkrökar, ventiler, förgreningar m m.

Tryckförhållandet i en ledning bestäms av pump- och ledningskarakteristiken, se fig.17. Pumpkarakteristiken anger det tryck i meter vattenpelare som pumpen kan leverera vid olika flöden, Q . Ledningskarakteristiken anger friktionsförlusten i ledningen vid olika flöden.

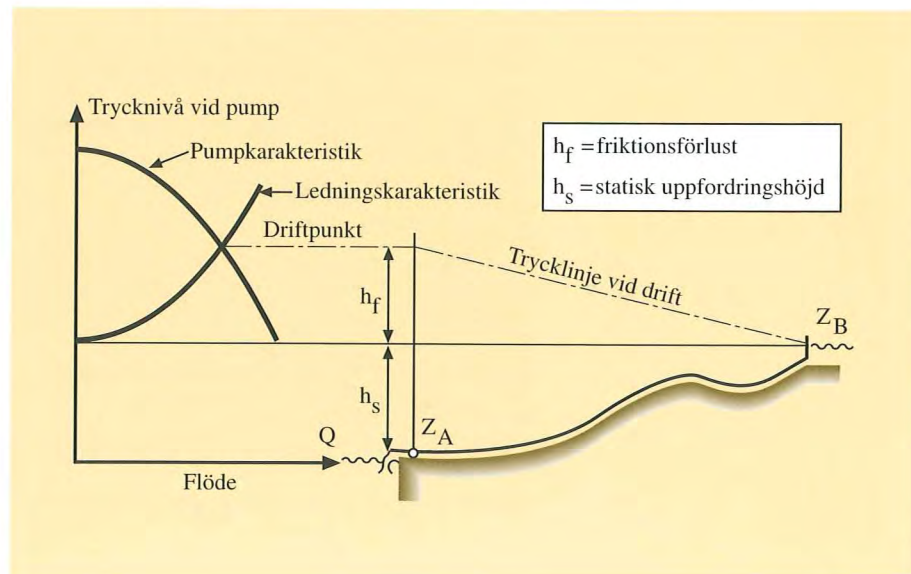


Fig. 17: Trycknivå i ledningssystem

Tryckslag

Vid varje flödesändring i ett rör uppkommer en tryckförändring. Vid snabba flödesändringar i ett rörsystem uppstår så kallade tryckslag. Tryckslagen är till sin storlek och fortplantning också beroende av vätskans kompressibilitet och rörväggens elasticitet. Vid snabba öppningar eller stängningar av ventiler eller vid start och stopp av pumpar, uppstår i långa tryckledningar så kallade tryckstötter.

Det är ofta relativt komplicerat att beräkna tryckslagens storlek. Beräkningsmetoder finns angivna i handböcker som t ex /14/ och /15/. Ofta används datorprogram för tryckslagsberäkningar.

Vad gäller plaströrs förmåga att klara tryckslag bör noteras:

- Att tryckvågens hastighet i termoplaströr av PE, PP och PVC blir betydligt lägre än i segjärns- och stålledningar (vanligen 250-450 m/s mot ≥ 1000 m/s). Tryckslagens storlek är direkt proportionell mot tryckvågens hastighet, vilket gör att tryckslag i plastledningar blir lägre än i motsvarande ledningar av stål och segjärn.
- Att korttidshållfastheten för termoplastledningar ofta är ca 4 gånger större än vad som motsvaras av rörets tryckklass. Plaströr har därför möjlighet att tåla kortvariga belastningar som är högre än rörets tryckklass utan att risken för skador ökar. Normalt tillämpas tumregeln att termoplaströr (PE-, PP- och PVC-rör) ej behöver dimensioneras för tryckslag om maximala trycket i ledningen vid tryckslaget understiger $1,5 \times$ rörets nominella tryckklass och antalet tryckslag under ledningens livslängd understiger 10^7 , se /3/.

Undertryck

I samband med tryckförändringarna vid tryckslag uppstår även undertryck i ledningen, se fig 18. Om undertrycket blir tillräckligt stort (ca 10 mvp) delar sig vattenpelaren i röret och vakuum uppstår.

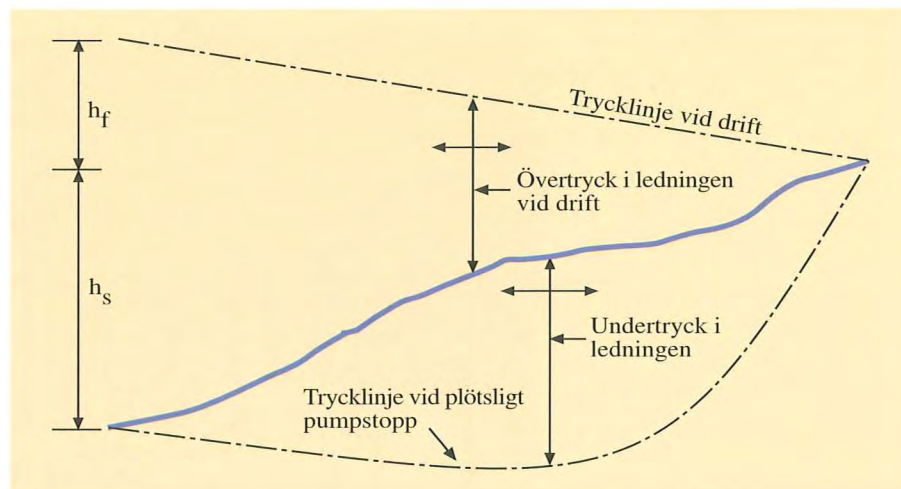


Fig. 18 : Exempel på olika tryckförhållanden i en ledning

Tryckledningar bör dimensioneras så att undertrycken i desamma aldrig kan bli så stora att vacuum uppstår. Kontroll bör även ske att fogsystemen uppfyller täthetskraven vid förekommande undertryck och att rörens bucklings säkerhet är tillräcklig, se avsnitt 2.1.

2.3.2 Hållfasthetsdimensionering

Invändigt tryck

Den spänning som erhålls i rörväggen av invändigt tryck i rören kan beräknas med hjälp av formeln:

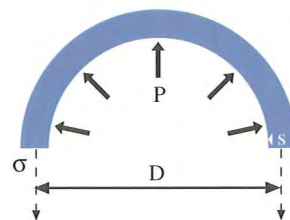
$$\sigma = P \times \frac{D}{2s} \quad (\text{Ekv 8})$$

där

P = Invändigt tryck

D = Rörets medeldiameter

s = Rörets vägg tjocklek



Tillåten spänning varierar för olika plastmaterial vilket gör att olika rörmaterial kan ha olika vägg tjocklekar. Normalt tillverkas plaströr i standardiserade tryckklasser (vanligen PN 4, PN 6, PN 6,3, PN 10 och PN 16), där tryckklassen betecknar tillåtet (kontinuerligt) arbetstryck i ledningen under ledningens brukstid vid temperaturen + 20° C.

Kortvarigt kan högre tryck accepteras i rör, som t ex vid tryckslag, se avsnitt 2.3.1 tryckslag. Om temperaturen är högre måste tillåtet arbetstryck reduceras. Reduktionsfaktorn är olika för olika plaströrs-material, se avsnitt 1.3.

Undertryck (utvändigt tryck)

Bucklingstrycket för ett fritt plaströr (ej omgivet av jord) kan beräknas med formeln:

$$P_{\text{buckl}} = 24 \cdot \frac{EI}{D^3} \cdot \left(\frac{100 - \frac{\delta}{D}}{100 + \frac{\delta}{D}} \right)^{4.62} \quad (\text{Ekv 9})$$

där

E = rörets elastitetsmodul

I = rörväggens tröghetsmoment

D = rörets medeldiameter

δ/D = rörets ovalitet i %

Jord- och trafiklast

Beräkning av jord- och trafikbelastning på rör i mark har redovisats i avsnitt 2.2. För termoplaströr av tryckklass PN 10 och högre kan, om läggningföreskrifterna i avsnitt 2.3 följs, rören uppta förekommande jord- och trafikbelastningar utan att tillåtet arbetstryck behöver reduceras. För termoplaströr av tryckklass PN 6 och lägre kan ibland vid stort läggningsdjup eller höga trafiklaster tillåtet arbetstryck i ledningen ibland behöva reduceras. Om läggningföreskrifterna följs blir dock i dessa fall tillåtet arbetstryck normalt minst 70 % av rörets tryckklass.

För GAP-rör bör kontrolleras med beräkningar att rören kan uppta jord- och trafiklaster samt invändiga tryck utan att tillåten töjning i rörväggen överskrider, se avsnitt 1.3 Dimensioneringskriterier för plaströr vid mekanisk belastning.

2.3.3 Utförande

Åtgärder för att begränsa tryckslag

Med hjälp av beräkningar konstateras om risk för tryckslag föreligger. Det finns olika möjligheter att begränsa tryckslagen. Som exempel kan nämnas:

- styrning av pumptillslag
- luftklockor
- svalltorn

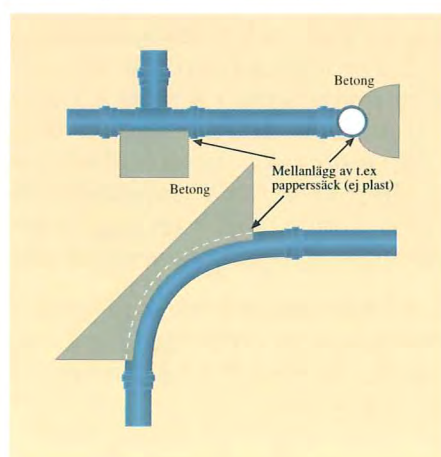
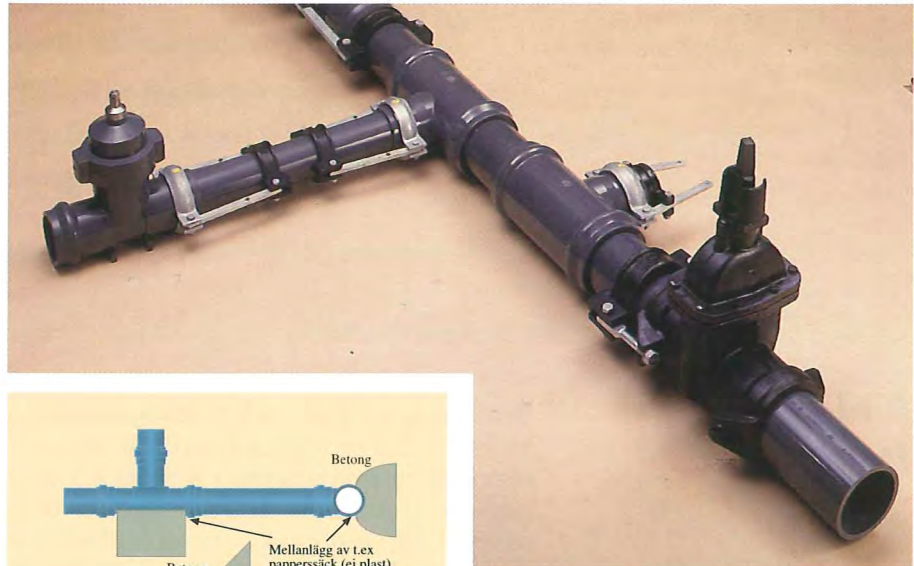
Materialvalet till ledningen påverkar även tryckslagens storlek. Med minskad E-modul hos ledningsmaterialet erhålls minskade tryckslag.

Förankring

Tryckledning med ej dragsäkra fogar (t ex gummiringfogade ledningar) skall normalt förankras vid:

- böjar
- grenanslutningar
- dimensionsändringar
- anslutningar mot ventiler och brandposter
- ändförslutningar (proppningar)

Förankring kan ske med förankringsbojor eller stödblock, se fig 19.



a) Förankring med stödblock

b) Bojförankring

Fig. 19: Exempel på förankring av plaströr

Helsvetsade rörsystem behöver normalt inga förankringar eller stödblock. För helsvetsade PE- och PP-rörsystem kan det i bland vara önskvärdt att gjuta in segmentsvetsade krökar och grenanslutningar för att undvika spänningskoncentrationer i rören. För utformning av dylika stöd hänvisas till respektive rörtillverkare.

Vid övergångar mellan plaströrssystem med dragsäkra fogar (t ex svetsade PE- eller PP-ledningar) och andra rörsystem (t ex muffade PVC-rör) är det viktigt att det dragsäkra rörsystemets ändpunkter fixeras. Speciellt viktigt är att sådan fixering sker om det dragsäkra rörsystemet är förlagt i skydds rör. Orsaken till detta är att det invändiga vattentrycket i ledningen ger upphov till en mindre diameterökning i plastledningen och att en motsvarande förkortning av ledningen kan ske om ledningen ej är förankrad.

Läggningsdjup

Ledningar läggs normalt på djup som minst motsvarar frostfritt djup. Det frostfria djupet beror dels på ortens geografiska läge dels på jordarten. Ledningar som läggs på mindre djup än frostfritt djup måste normalt isoleras. Isolering av rörgravar utförs vanligen med skivor av extruderad styrencellplast. Exempel på isoleringsutförande se fig 21.

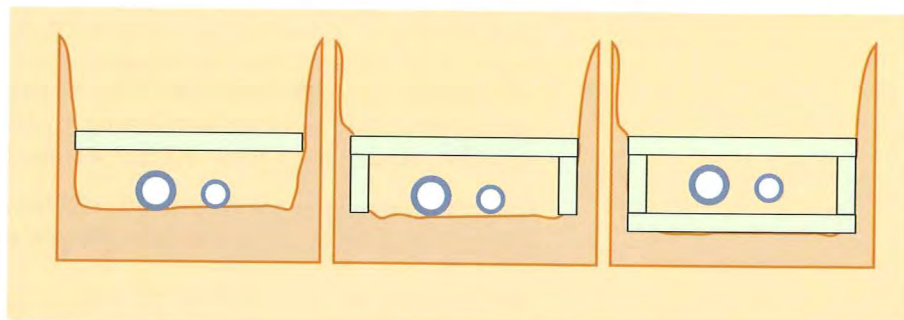


Fig. 21: Exempel på isolerade rörgravar

Alternativt kan plastledningar även förläggas i speciella isoleringsrör vilka även kan förses med elkabel för uppvärmning se fig 22.



Fig. 22: Exempel på isoleringsrör och förläggning

Med hänsyn till jord- och trafikbelastningar på rören tillämpas vanligen följande begränsningar vad gäller läggningsdjup för plastledningar:

	Normalt läggningsdjup (m)
Inom områden där trafikbelastning helt kan uteslutas	0,3 - 6 ¹⁾
Inom områden där begränsad trafik kan förekomma (t ex gårdar, parkeringsplatser)	0,6 - 6 ¹⁾
Inom tungt trafikbelastade områden	1,0 - 6 ¹⁾

¹⁾ Större läggningsdjup är möjligt efter utredning av belastningsförutsättningar.

Rörläggning

Se avsnitt 2.2.

Tätthetsprovning

Efter att ledningen installerats och återfyllts utförs normalt en täthetsprovning, där ledningen sätts under tryck. Tätthetsprovningen utförs efter gällande nationella bestämmelser, se avsnitt 6.1. Vanligen utförs provningen av plastledningen först efter att ledningen varit satt under tryck en tid (oftast minst 24 timmar vid ett tryck som motsvarar ledningens nominella tryckklass). Orsaken till detta är att det invändiga trycket ger upphov till en diameterökning i plastledningen, vilken är främst märkbar under det första dygnet ledningen är i drift.

Den tryckminskning som uppstår vid ledningens expansion kan därför misstolkas som läckage om provningen utförs för tidigt.

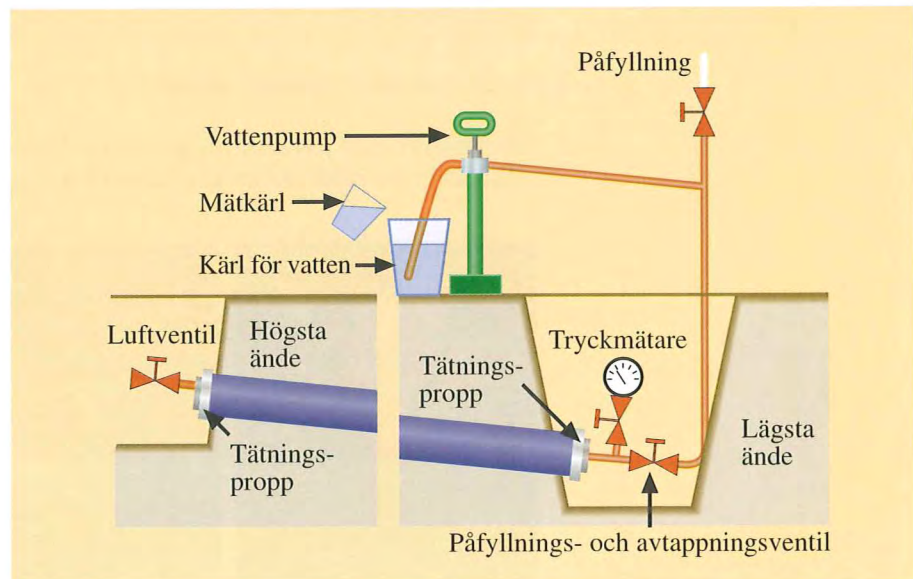


Fig. 23 Provningsutrustning för tryckledning, monterad provningsutrustning

2.3.4 Rörsortiment

Allmänt

De i särklass vanligaste plastmaterialen för tryckledningar är PVC och PE.

För industriapplikationer används även PP-, GAP- och PVDF-rör.

Tryckrör av PVC

Tryckrör av PVC är normalt grå (blå rör förekommer även) och tillverkas i 6 m längd. Rören fogas vanligen med gummiringsmuff. Limfog användes även för processledningar.

PVC-rör tillverkas i tryckklasserna PN 6, PN 10 och PN 16 inom dimensionsområdena:

Gummiringsfogade rör: 63 - 710 mm

Limfogade rör: 12 - 400 mm

För närmare uppgifter hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.



Tryckrör av PE

Tryckrör av PE är svarta, blå eller svarta med blå ränder.

PE-rör tillverkas i tryckklasserna: PN 2,5, 3, (3.2), 4, 6, (6.3), 10, 16.

PE-rör tillverkas inom dimensionsområdet: 16-1600 mm. Rören levereras på trummor i varierande längder upp till dimension 110 mm eller som raka rör (vanligen i 6, 12 och 18 m längder). Längre ledningar kan levereras enligt beställarens önskemål.

PE-rör kan fogas med nedastående metoder:

Fogtyp	Vanligt dimensionsområde (mm)
Stumsvetsning	90 - 1600
Elektrosvetsmuffar	16 - 630
Flänsförband	63 - 1600
Mekaniska kopplingar	16 - 90

För närmare uppgifter hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.



2.4 Självfallsledningar

Allmänt

I detta avsnitt beskrivs kortfattat:

- grunderna för hydraulisk dimensionering av självfallsledningar med speciell inriktning på i vilken utsträckning plastmaterialets egenskaper påverkar den hydrauliska dimensioneringen (avsnitt 2.1).
- hållfasthetsdimensionering av självfallsledningar av plast.
- praktiska synpunkter på dimensionering och utförande.
- existerande rörsortiment för självfallsledningar av PVC, PE och PP.

2.4.1 Hydraulisk dimensionering

Självfallsledningars kapacitet

En självfallslednings kapacitet bestäms av dess lutning. Colebrooks diagram, se sid 112-113, ger kapaciteten för en fylld självfallsledning om trycklinjens lutning sätts lika med ledningens lutning. Om verkliga flödet i ledningen är mindre än vad som erhålls vid avläsning i Colebrooks diagram är ledningen delvis fylld. Samband mellan fyllningshöjd och flöde i delvis fylld ledning framgår av fig 24.

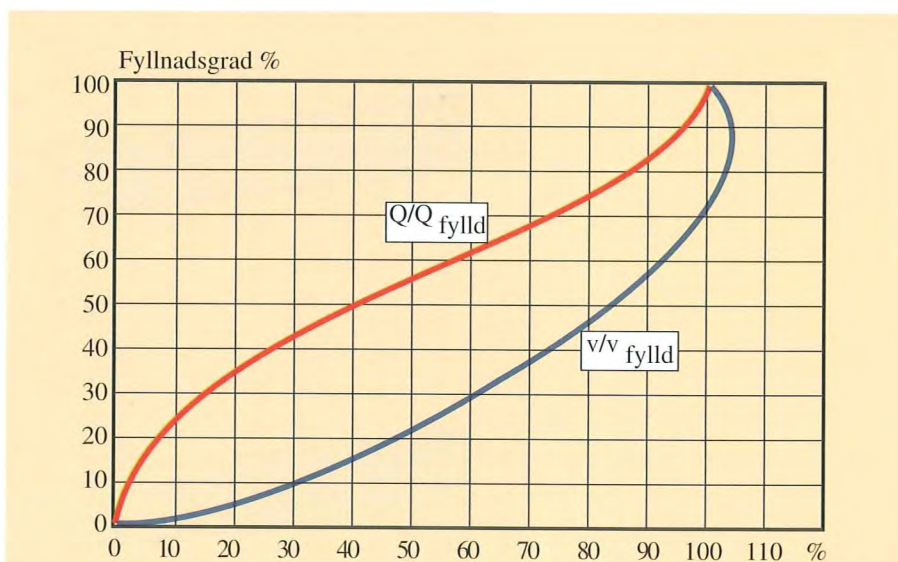


Fig. 24: Kapacitet hos delvis fylld ledning

Kapacitetsreduktion i oval ledning

En plastledning i mark har vanligen en mindre ovalitet som huvudsakligen beror på hur väl packning av jordmassorna kring ledningen utförts, se avsnitt 2.1. En oval ledning får teoretiskt en något lägre kapacitet än en rund, se fig 25.

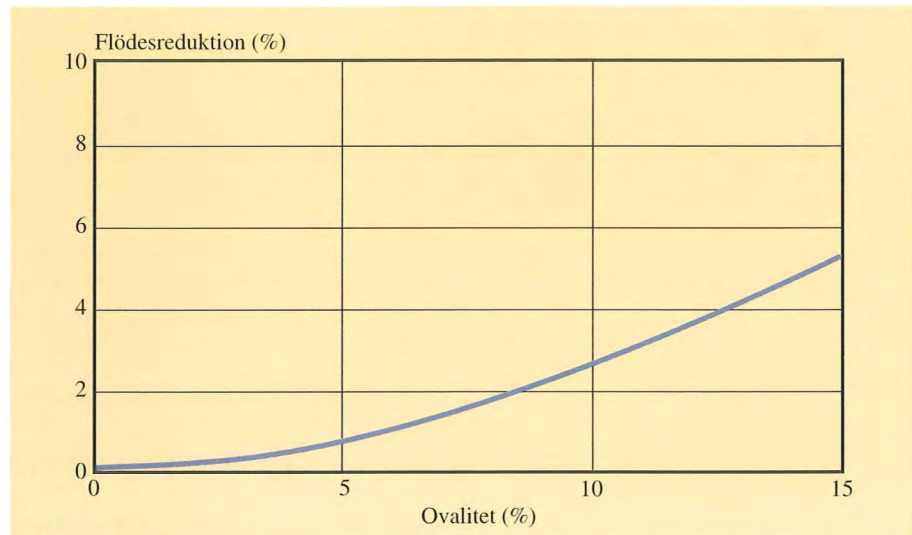


Fig. 25: Kapacitetsreduktion för oval ledning

Eftersom medelovaliteten i plastledningar vanligen väl understiger 5 % blir kapacitetsreduktionen i praktiken helt försumbar.

Råhetstal

Se avsnitt 2.3.

Tilläggsförluster

I ett avloppssystem kan ojämnheter vid fogar samt framförallt brunnarnas utformning ge tilläggsförluster i systemet. Så länge ledningen inte är helt fylld ger dylika störningar endast upphov till en ökad uppdämning i ledningen, vilken dock ej påverkar ledningens kapacitet, se fig. 26.

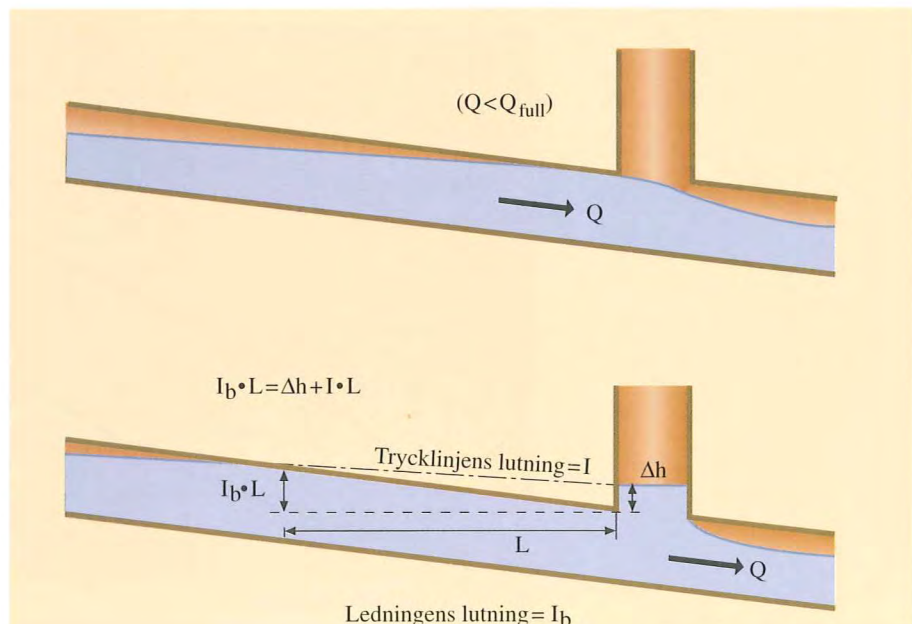


Fig. 26: Vattenytteprofiler vid delvis fylld ledning

För helt fylld ledning kommer dock dessa tilläggsförluster att adderas till friktionsförlusten i ledningen, se fig 27. En närmare redogörelse för beräkning av dylika tilläggsförluster finns redovisade i /16/.

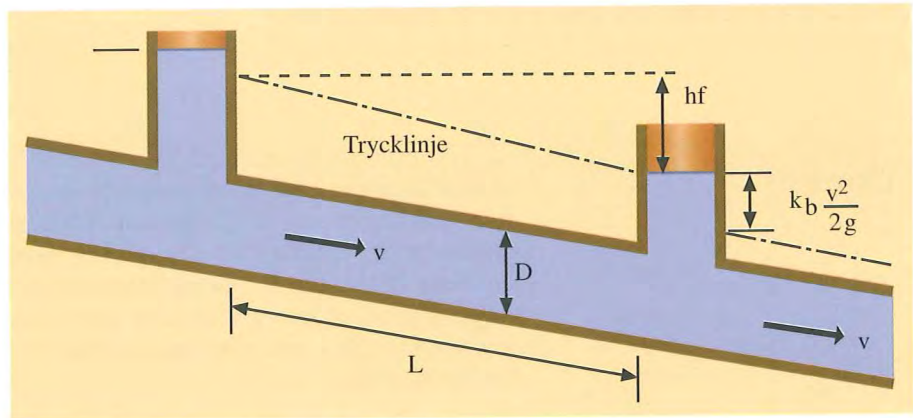


Fig. 27: Trycknivåer vid flöde i helt fylld ledning

Generellt gäller att tilläggförlusterna i plaströrssystem vanligen blir mycket små. Största inflytandet på förlusternas storlek har brunnarnas hydrauliska utformning samt brunnens avstånd.

Ett avloppssystem får genom de tilläggförluster som uppstår i systemet ett något högre rårhetstal än det som anges för rörmaterialiet. I praktiken har detta ingen större betydelse eftersom systemet vid dämning kommer att fungera som ett trycksatt system och därmed normalt få en ökad kapacitet.

Självreningensförmåga

För att undvika sedimentation av fasta partiklar bör självfallsledningar läggas i sådan lutning att de blir självrensande. En ledning anses självrensande om skjuvspänningen i vattnet vid ledningens botten överstiger $1,5 \text{ N/m}^2$. Om skjuvspänningen understiger $1,0 \text{ N/m}^2$ anses ledningen ej vara självrensande. Nomogram ur vilket ledningens självrensningensförmåga kan uppskattas finns redovisat i fig. 28.

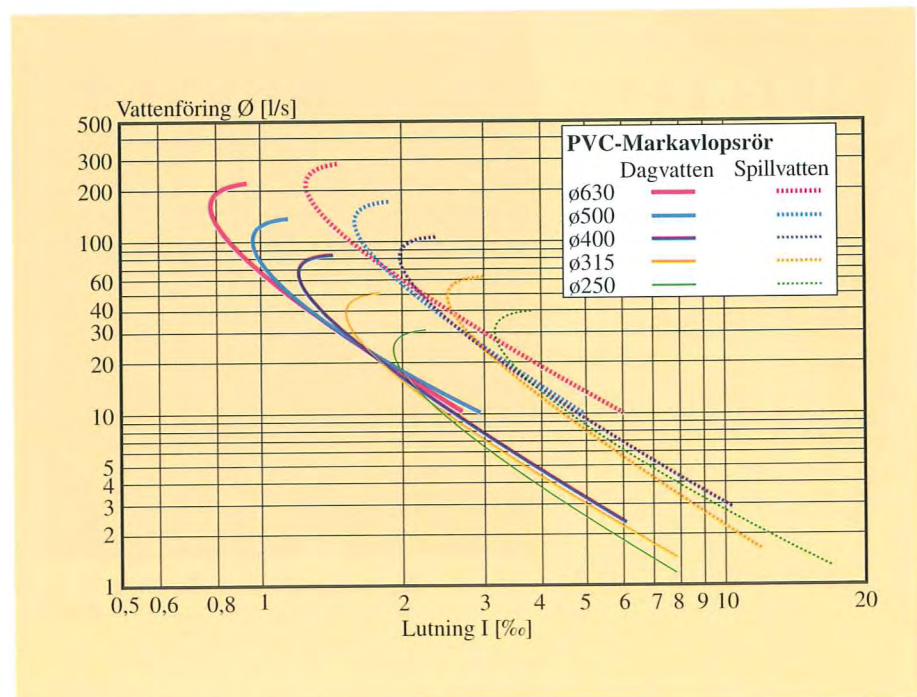


Fig. 28: Gravitationsledningars självrensningensförmåga

För att undvika sedimentering och risk för gasbildning i dykarledningar och sjöförlagda ledningar (vilket kan leda till uppflytning) bör hastigheten minst uppgå till 0,6 å 0,7 m/s, helst ännu högre.

2.4.2 Hållfasthetsdimensionering

Allmänt

En självfallsledning i mark skall dimensioneras för förekommande jord- och trafiklaster så att tillåten ovalitet ej överskrids och att tillräcklig säkerhet mot buckling föreligger. För beräkning av ovalitet samt risk för buckling, se avsnitt 2.1. Dimensioneringsberäkningar behöver emellertid ej utföras för termoplastledningar om styvhetsklass och installationsförfarande väljs i enlighet med tabell 11 samt läggningsföreskrifterna i avsnitt 2.2 följs.

Val av styvhetsklass

Om rörstyvhetsklass väljs i enlighet med tabell 8 och läggningsföreskrifterna i avsnitt 2.2 följs kan ledningens medelovalitet efter läggning förväntas understiga 4 %. För termoplastledningar innebär detta att maxovaliteten med god marginal kan förväntas understiga tillåtna värden, se avsnitt 2.1.

Tabell 11: Val av styvhetsklass

Ledning i	Kringfyllningsmaterial	Minsta packningsklass enligt tabell 6	Rekommenderad minsta rörstyvhets (kN/m)					
			Läggingsdjup ¹⁾ ≤ 3 m			Läggingsdjup > 3 m		
			Ledning lagd i			Ledning lagd i		
			Fast friktionsjord	Silt, fast lera	Lös lera	Fast friktionsjord	Silt, fast lera	Lös lera
Naturmark (ej trafikbelastad yta)	Befintliga massor	Ingen	2	-	-	4 ²⁾	-	-
		L	2	4	8	4 ²⁾	8 ²⁾	16 ³⁾
	Sand, grus 0 - 22 mm	L	2	4	8	4 ²⁾	4 ²⁾	8 ³⁾
	Singel, makadam 4 - 22 mm	L	2	-	-	4 ²⁾	-	-
Lokalgator med lätt trafik	Befintliga massor	T	4	4	8	4	8	16 ³⁾
		T	4	4	4	4	4	8 ³⁾
	Singel, makadam 4 - 22 mm	T	4	-	-	4	-	-
Huvudgator med tung trafik	Befintliga massor	T	8	-	-	8	-	-
		T	8	8	8	8	8	8 ³⁾
	Singel, makadam	T	8	-	-	8	-	-

- ¹⁾ Läggingsdjup i trafikbelastad yta skall ej understiga 1,0 m
²⁾ Vid läggingsdjup större än 4,0 m skall packningsklass T väljas.
³⁾ För läggingsdjup upp till 4,0 m.

Om lägre styvhetsklass används bör dimensioneringsberäkningar utföras i varje enskilt fall.

Vissa GAP-ledningar kan ibland kräva särskilda installationsföreskrifter för att säkerställa att tillåten ovalitet ej överskrids. För information härom bör respektive rörtillverkare kontaktas, eller alternativt beräkning av maxovalitet och bucklingssäkerhet utföras.

2.4.3 Utförandepraxis

Brunnsavstånd

Brunnar används på självfallsledningar för att möjliggöra inspektion och rensning. Brunnar placeras normalt där flera ledningar löper samman, vid riktningssändringar på en ledning samt vid regelbundna avstånd utefter ledningens längd. Nedstigningsbrunnar utförs normalt med minst \varnothing 1000 mm invändig dimension. Eftersom rensnings- och inspektionsarbeten numera sällan kräver att arbete behöver utföras i brunnarna ifrågasätts ibland behovet av nedstigningsbrunnar på ledningar. Normal praxis är att rensning av avloppsledningar sker med hjälp av högtrycksspolning och att inspektion utförs med hjälp av TV-kamera eller brunnskikare. TV-kameror och högtrycksspolningsaggregat kan idag införas via 315 mm brunnar. Det finns även utrustningar som kan föras ned genom ännu mindre brunnar. Ytterst är det inspektions- och rensningsutrustningarna som sätter gränser för brunnsavstånden. En ökning av brunnsavstånden från tidigare vanliga ca 60 m mot numera vanliga ca 80 m har skett.

Läggningsdjup

Se avsnitt 2.3.

Rörläggning

Se avsnitt 2.2

Täthetsprovning

Täthetsprovning utförs för att kontrollera att en ledning uppfyller angivna täthetskrav. Provnigen kan utföras med luft eller vatten. I praktiken är luftprovningen den i särklass vanligaste metoden. Vattenprovning utförs normalt endast om luftprovning av säkerhetsskäl ej kan utföras eller om luftprovningen givit tvivelaktigt resultat. Resultatet från vattenprovningen är i sistnämnda fall utslagsgivande. Täthetsprovning utförs i enlighet med nationella bestämmelser, se avsnitt 6.1.

Ovalitetskontroll

Ovalitetskontroll utförs där så bedöms erforderligt för att kontrollera läggnings- och återfyllningsarbetet. Vid mätningen kontrolleras att ledningens maximala ovalitet ej överstiger tillåtet värde (se avsnitt 2.1) genom att föra en fast tolk eller indikerande ovalitetsmätare genom ledningen, se fig 29.

Om en plastledning lagts i enlighet med föreskrifterna i avsnitt 2.2 kommer dess ovalitet efter läggning att vida understiga tillåten maxovalitet för termoplaströren. Med anledning härav kontrolleras inte alltid ovaliteten i termoplastledningar. Det bör dock noteras att man för plaströr genom ovalitetsmätning faktiskt har en möjlighet att enkelt kontrollera hur installationsarbetet utförts. En motsvarande kontroll av läggningsarbetet genom uppmätning av kringfyllningens packningsgrad är betydligt svårare och dessutom mer osäker.



Kollapsbar korstolk



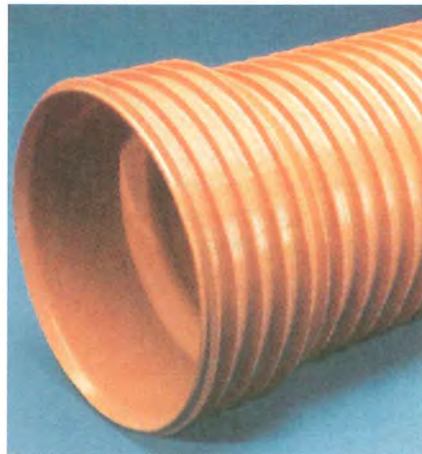
Exempel på registrerande ovalitetsmätare

Fig. 29: Utrustning för mätning av ovalitet i rör

2.4.4 Rörsortiment

Allmänt

De vanligaste plastmaterialen för markförlagda självfallsledningar är PVC, PE, PP och GAP. Släta rör med homogen rörvägg har funnits sedan 1960-talet för markförlagda självfallsledningar. Under 1970- och 1980-talet har emellertid en mångfald nya rörkonstruktioner utvecklats med varierande väggprofiler.



Syftet med de nya plaströrskonstruktionerna har varit att effektivare utnyttja plastmaterialets hållfasthetsegenskaper. De nya rörkonstruktionerna har utvecklats alltefter att nya tillverkningsmetoder medgivit framtagning av alltmer komplicerade väggprofiler. Dylika (structured walled pipes) tillverkas numera i såväl PVC som PE och PP.

I det homogena markavloppsröret erhålls ett dåligt materialutnyttjande på grund av att vägg tjockleken enbart har valts med tanke på att åstadkomma en tillräcklig rörstyvhet. Som ett exempel på det låga materialutnyttjandet kan nämnas att ett markavloppsrör av PVC klass T har exakt samma vägg tjocklek som ett PVC PN6 tryckrör i Sverige (PVC PN7,5 tryckrör i Europa). Släta markavloppsrör av termoplast är således överdimensionerade om man ser till den spänning i rörväggen, som uppstår vid normal användning. Om man därtill

lägger att PVC-, PP- och PE-rör har en mycket stor brotttöjning och att den begränsade ovalitet som rören får i marken aldrig kan leda till att brott uppstår i rören, (se avsnitt 1.3 dimensioneringskriterier) inses att en rörväggskonstruktion med ett effektivare materialutnyttjande är möjlig utan att säkerheten i något avseende äventyras.

Rören bygger på olika konstruktionsprinciper. Förutom korrugerade rör med ribbor, hålrumskonstruktioner och sandwichkärna, se fig. 30.

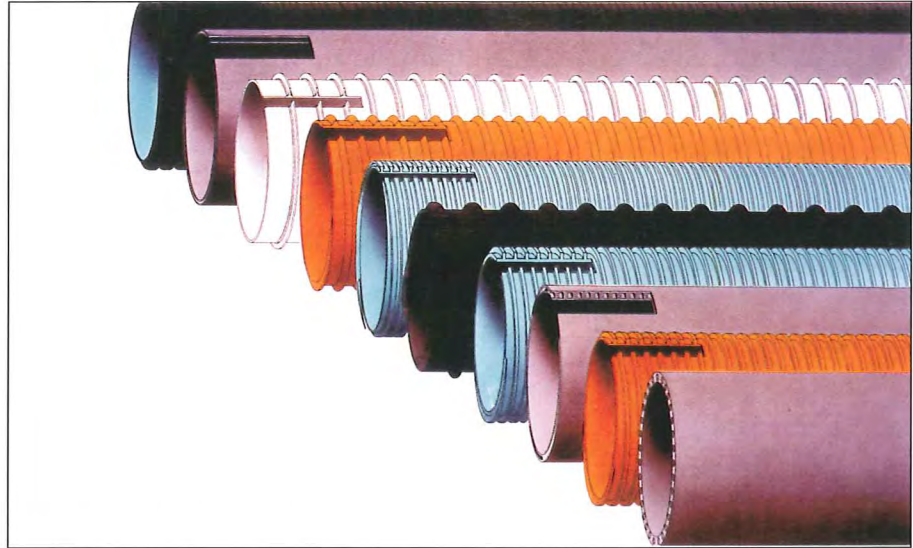
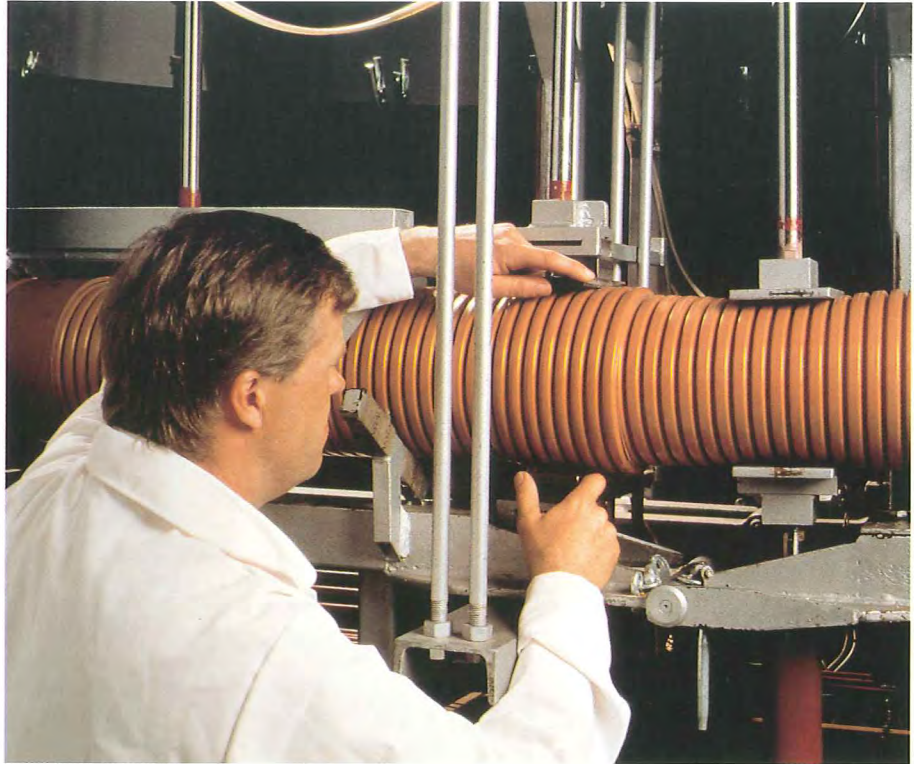


Fig. 30. Exempel på strukturväggsrör

För samtliga plaströr gäller att ett omfattande rördels- och brunnsortiment finns att tillgå.





Tätthetsprovning vid avvinkling och deformation

Med plaströrssystem erhålles avloppsledningar med extremt god korrosionsbeständighet och täthet. Rören fogas vanligen med gummiringsmuffar. Generellt gäller stränga täthetskrav på muffkonstruktionen. I nordisk standard för termoplaströr anges att rören skall klara 5 % deformation av muffen och 10 % deformation av spetsändan samt 1-2° avvinkling i fogen, beroende på rördimension och med bibehållen täthet.



Med PE- och PP-rör är det även möjligt att utföra helsvetsade avloppssystem.

Släta PVC-rör

Markavloppsrör av PVC är normalt rödbruna och tillverkas i 6 m längder. Rören fogas med gummiringsmuff.

Markavloppsrör av PVC tillverkas i styvhetsklasserna:

Nominell ringstyvhets	SN 2	SN 4	SN 8
Styvhet (kN/m ²)	2	4	8

För närmare uppgifter hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.



Släta PE-rör

Markavloppsrör av PE är normalt svarta och tillverkas i 6 eller 12 m rörlängd. Rören svetsas vanligen (stumsvets eller elektromuffsvets). Muffog kan även förekomma.

Markavloppsrör av PE tillverkas i styvhetsklasserna:

Nominell ringstyvhet	SN 2	SN 4	SN 8
Styvhet (kN/m ²)	2	4	8

För närmare uppgifter hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.

Släta PP-rör

Markavloppsrör av PP är normalt rödbruna. Rören svetsas eller fogas med muff.

Markavloppsrör av PP tillverkas i styvhetsklasserna:

Nominell ringstyvhet	SN 2	SN 4	SN 8
Styvhet (kN/m ²)	2	4	8

För närmare uppgifter hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.

Strukturväggsrör

I Sverige finns idag fyra olika KP-märkta strukturväggsrör avsedda för va-ledningar, Ultra, Terra och Pragma.

Rörfabrikat	Tillverkas av	Rörmaterial	Dimensions- område Ø (mm)	Rörstyvhet (kN/m ²)
Ultra	Uponor, Wavin	PVC+ PP	160-560	8
Terra	Davinyl	PVC	200-400	8
Pragma	Mabo	PP	160-630	8

Strukturväggsrör



Hantering och läggning utförs på samma sätt som för släta markavloppsrör. Vid normal rörläggning, dvs för en ledning lagd på en jämn ledningsbädd av sand och grus och kringfylld med friktionsmassor som packats enligt gällande läggningsanvisningar kommer medelovaliteten i rören normalt att understiga 3%.

För fogsystemen gäller samma stränga täthetskrav som för släta markavloppsrör av plast. Rören skall klara 5 % deformation av muffen och 10 % deformation av spetsänden samt 1-2° avvinkling i fogen med bibehållen täthet. Därtill krävs att för strukturväggsrören skall kunna deformeras till 30 % ovalitet utan att sprickbildning uppkommer i rörväggen, (s.k. bucklingsprov).

Utöver ovannämnda rör finns ett betydande antal strukturväggsrör huvudsakligen avsedda för dagvattenledningar och vägtrummor.

För närmare uppgifter om de olika rörsystemen hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.

Brunnar

Till de flesta plaströrssystem finns ett omfattande brunnssortiment. Plastbrunnarna består normalt av två delar: en bottendel samt ett ståndarrör. Bottendelen tillverkas vanligen av PE, PP eller PVC och är vanligen formsprutad eller rotationsgjuten. Ståndarröret utgörs normalt av ett slätt eller korrugerat rör.

Plastbrunnar används till:

- Rensbrunnar
- Tillsyns- och inspektionsbrunnar
- Nedstigningsbrunnar
- Dagvattenbrunnar
- Samlings- och fördelningsbrunnar
- Perkolations- och infiltrationsbrunnar



Tack vare sina egenskaper har plastbrunnar många fördelar jämfört med konventionella brunnar. Utmärkande egenskaper för plastbrunnar är bl.a.:

- Hög täthet
- Lätta att hantera och installera
- Justerbara i höjdlängd
- Inga trafiklaster på brunnskonstruktionen, teleskopisk överbyggnad
- Låga in- och utströmningskoefficienter (se avsnitt 2.4.1)
- God beständighet

2.5 DRÄNERINGSLEDNINGAR

2.5.1 Hydraulisk dimensionering

Husgrundsdränering

För mindre byggnader (mindre än ca 200m²) blir dräneringsledningens hydrauliska kapacitet sällan dimensionerande.

Dräneringsledning för husgrundsdränering utförs normalt med inre diameter 100 mm. För uppgifter om vattenintagningsförmåga och transportkapacitet hänvisas till respektive tillverkare.

Jordbruksdränering

Täckdikning bör utföras efter upprättad plan där en hydraulisk dimensionering gjorts av projektören. Vanligen används dräneringsrör med invändig diameter 50 mm till grenledningar. För stamledningar används normalt 80 mm invändig diameter eller större.

2.5.2 Husgrundsdränering, utförandepraxis

Allmänt

Dräneringsröret utgör endast en del av dräneringskonstruktionen. Kringfyllning och dräneringsskikt är lika viktiga. För ett gott resultat måste hela konstruktionen utföras riktigt. Dräneringskonstruktionens olika delar visas i fig.31a.

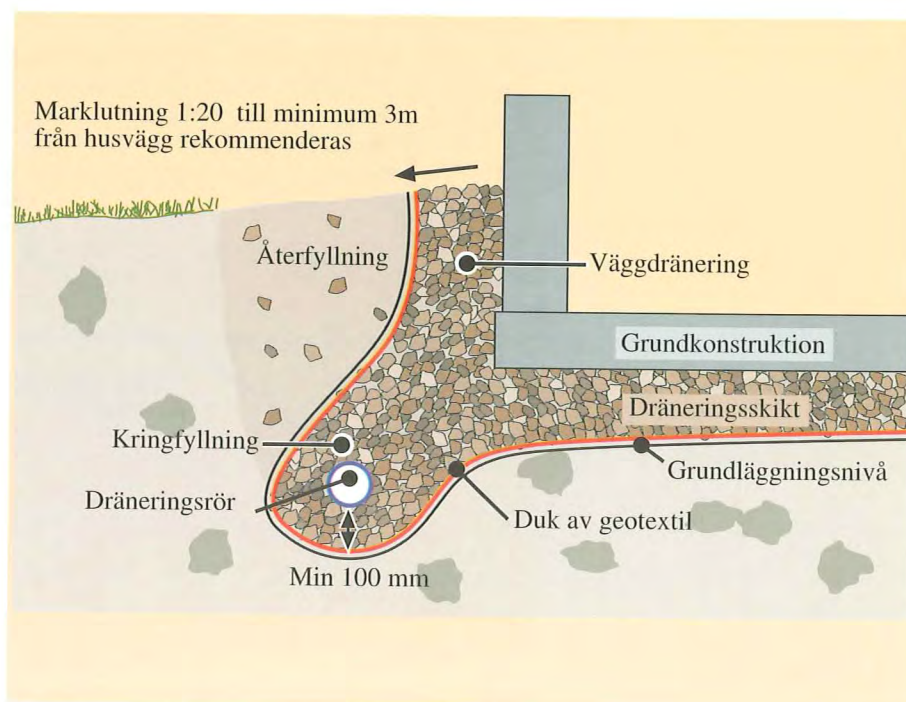


Fig. 31a: Utformning av husgrundsdränering

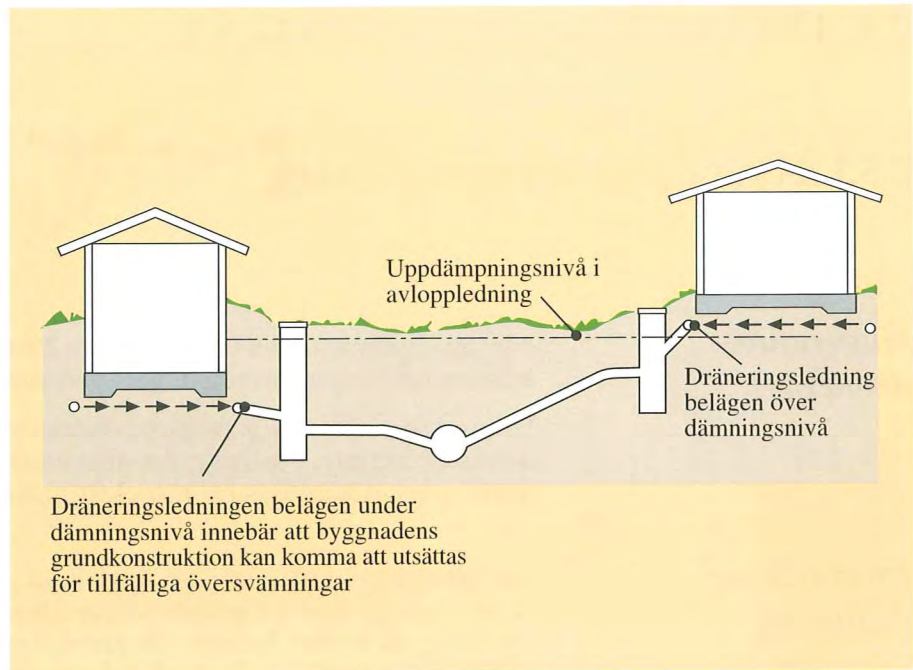


Fig. 31b: Uppdämpningsnivå

För mer detaljerade anvisningar beträffande husgrundsdränering se /17/.

Läge och lutning

Dräneringsledning för husgrundsdränering skall läggas invid byggnaden. Rörets hjässa får i ledningens högsta punkt inte ligga högre än underkanten hos anslutande dräneringsskikt, se fig.32.

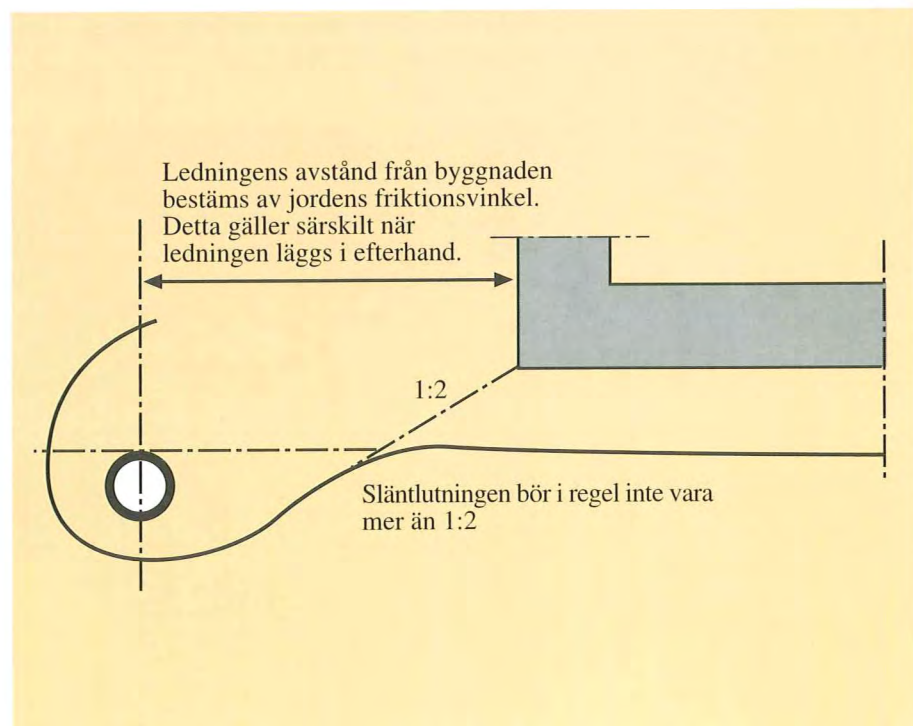


Fig. 32: Dräneringsledningens placering

Dräneringsledningen läggs i en lutning av minst 1:200. Detta motsvarar 5 cm:s lutning på en sträcka av 10 meter.

Kringfyllningsmaterial

Dräneringsledningen kringfylls normalt med tvättad singel eller tvättad makadam med fraktionen 8-16 mm. Större stenar får inte ligga direkt mot röret.

I det fall naturmaterial används får högst 5 % av materialet passera maskvidden 2 mm. Slitsstorleken hos rören måste vara anpassad så att materialet inte kan tränga in i rören.

Normalt skall kringfyllningen runt röret ha minst 100 mm tjocklek, se fig. 31.

För att hindra omgivande jord från att tränga in i kringfyllningen används vanligen en vattengenomsläpplig duk av geotextil runt fyllningen.

Brunnar

Tillsynsbrunn anordnas lämpligen i ledningens högsta punkt, se fig.33.

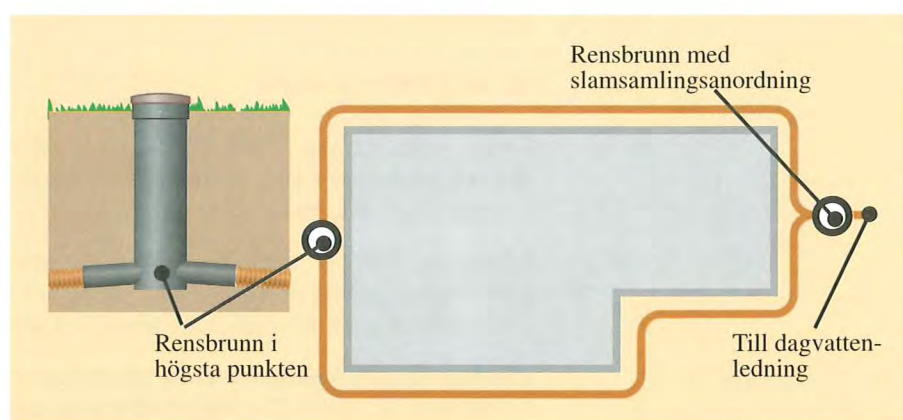


Fig. 33: Exempel på brunnsarrangemang

2.5.3 Täckdikning, utförandepraxis

Allmänt

Täckdikning bör normalt utföras efter upprättad plan. I fastmarksjord väljs normalt täckdikensavstånd 10-24 m beroende på nederbörd, genomsläpplighet och upptorkningskrav. Det kortare vid svärgenomsläppliga lerjordar. För närmare anvisningar om hur täckdikning bör utföras hänvisas till /18/.

Läge och lutning

Dräneringsledningens lutning får normalt inte understiga 2 ‰. Grenledningars lutning bör helst uppgå till minst 3 ‰. I slamsningsbenägna jordar bör inte lutningen understiga 5 ‰ om det är möjligt med hänsyn till dikesdjupet.

Läggning

Grenledningar skall normalt läggas på ett djup av minst 0,90 m. Stamledningarna bör ligga minst 5 cm djupare.

Kringfyllningsmaterial

Vid täckdikning skall dräneringsfilter användas. Filtervalet bestäms främst utifrån kraven på vattengenomsläpplighet och skydd mot inslamning.

På svårgenomsläppliga jordar är filtret till för att öka intagsytan omkring röret så att vattnet lättare rinner in i ledningen.

På slammingsbenägna jordar är filtret även till för att hindra mindre jordpartiklar från att komma in i dräneringsröret och förkorta dräneringens livslängd.

Normalt skall grus (kross- eller naturgrus), sågspån eller tjocka lindade filter användas, se fig. 34.

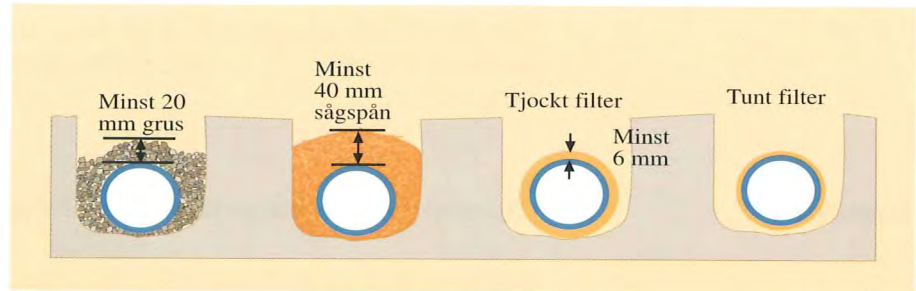


Fig. 34: Filterkonstruktioner

Grus. Täckningen skall vara minst 20 mm över rörets hjässa. Goda filteregenskaper uppnås endast om fördelningskurvan ligger inom det skuggade fältet, se fig 35.

Sågspån. För att uppnå erforderlig genomsläpplighet skall det vara grova spån. Minst 50 % av sågspånen bör vara större än 1 mm. Täckningen skall vara minst 40 mm över rörets hjässa.

Lindade filter skall ha en vid porstorleksfördelning och en genomsläpplighet som är minst 15 gånger större än marken som dräneringsröret ska ligga i.

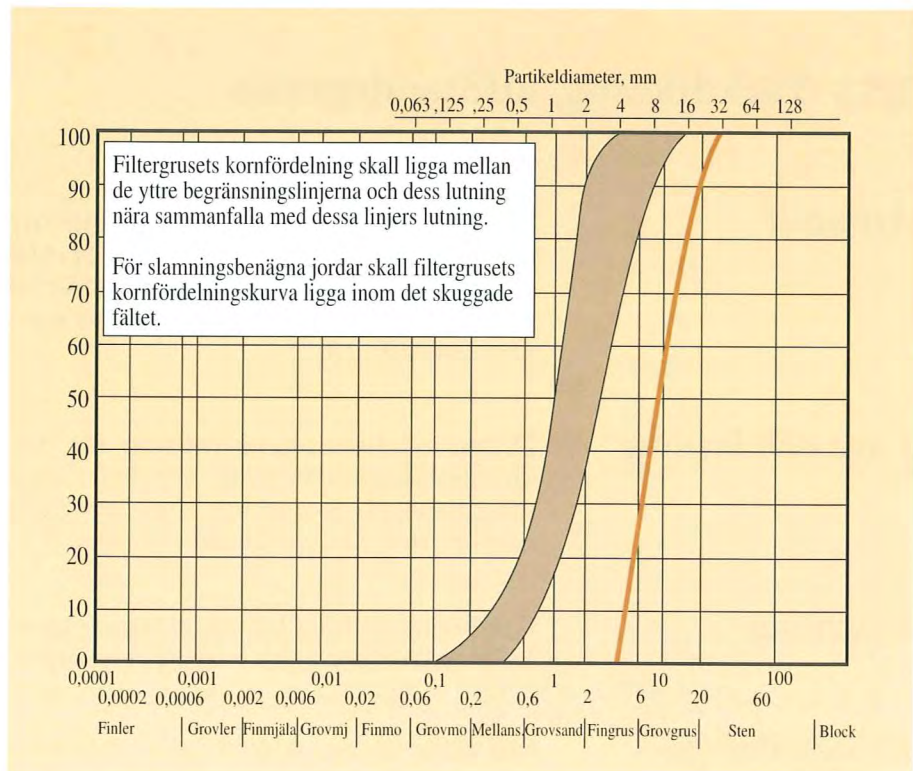


Fig. 35: Kornfördelningskurva för filtergrus

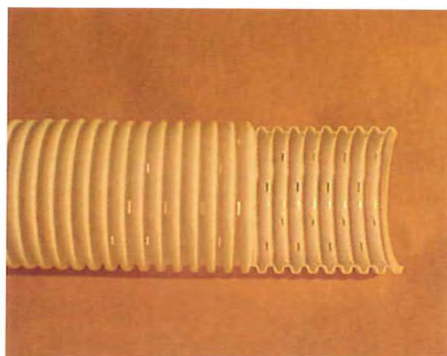
2.5.4 Rörsortiment

Allmänt

Ett stort antal olika plastprodukter används för dräneringsändamål. Dräneringsrör finns i såväl PVC, PP och PE i både raka längder (vanligen 6 m) samt i rullar av varierande längd.



Dräneringsrör i plast kan fås med såväl korrugerad som slät insida.



Rör invändigt korrugerade



Rör invändigt släta

Rör i rullar kan levereras med utvändiga filter av kokos eller geotextil.



Ett omfattande sortiment av rördelar och brunnar finns. För närmare uppgifter om rörsortiment och röregenskaper hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.



Installation med täckdiktningssmaskin

2.6 Kabelskyddsror

Allmänt

Kabelskyddsror av plast används för el- och telekablar. För att kunna identifiera kabeltypen används gula plaströr som skyddsror för elkablar och orange plaströr som skyddsror för telekablar. Under senare år har även en omfattande utbyggnad av kabel TV-nätet skett. Som skyddsror för sistnämnda typ av kablar har grönfärgade plaströr kommit att användas. Kabelskyddsror tillverkas av såväl PVC, PE och PP. Mått och fogsystém skiljer mellan olika rörtyper.

Utförandepraxis

El- och telekablar läggs vanligen grunt förlagda i måttligt trafikerade ytor, typ trottoarer, cykelbanor etc. Skyddsroren klarar lättare trafikbelastning (personbilar, lättare snöröjningsfordon) om läggningsdjupet uppgår till 0,5 m eller mera. Vid grunt förlagda kablar i trafikytor med tung trafik kan tjockare skyddsror erfordras. Skyddsror för elkablar tillverkas av denna anledning i två styvhetsklasser. Skyddsror för el- och telekablar tillverkas också i rörhalvor att användas vid uppgrävning av gator där kabeln friläggs och måste skyddas före återfyllning, se fig. 36.

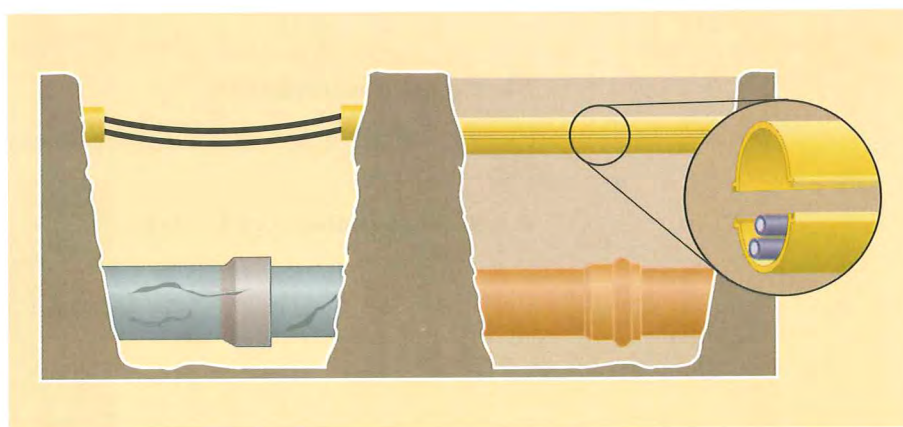


Fig 36: Användning av halvror

Rörsortiment

Skyddsror för elkablar

Skyddsror tillverkas inom dimensionsområdet 32 - 160 mm. Rören är vanliga gula.

För mer detaljerad information hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.



Skyddsror för telekablar

Skyddsror tillverkas inom dimensionsområdet 28 - 104 mm i orange färg.

Även dragbrunnar av PE finns.



2.7 Gasledningar

Allmänt

Användning av PE-ledningar till gasdistribution startade i England i slutet av 1960-talet. Under 1970- och 1980-talet har PE-80 rör i allt större utsträckning kommit att användas som distributionsledningar för gas upp till 4 bars tryck i de flesta länder på grund av PE-rörens goda korrosionsegenskaper och höga brottsäkerhet. De goda erfarenheter man haft av PE-rör som gasledningar och den utveckling av PE-materialen som skett under den ovannämnda perioden har också lett till att PE-100 rör i England under senare år börjat användas för gasledningar upp till 7 bars drifttryck. I England, Frankrike och Holland som alla har stora gasnät har PE-rören helt kommit att ta över marknaden för gasdistributionsledningar. Även i de nordiska länderna har PE-rören helt kommit att dominera marknaden för gasledningar upp till 4 bars tryck.

Utförandepraxis

Gasledningar byggs och kontrolleras i enlighet med gällande nationella bestämmelser. Gasledningar dimensioneras med en högre säkerhetsfaktor än andra tryckledningar. En gasledning av PE tryckklass PN4 har till exempel samma vägg tjocklek som en vattenledning av PE, PN10. Mekaniska kopplingar tillåts av säkerhetsskäl normalt ej på gasledningar av PE. All fogning utförs normalt med någon typ av svetsningsförfarande (vanligen stumsvetsning eller elektromuffsvetsning, se sid 24-26). Ett komplett rördelssystem av PE finns, vilket gör att helsvetsade PE-rörssystem helt utan metalldelar kan användas. Av säkerhetsmässiga skäl tillämpas dock vanligen en något strängare svetskontroll för gasledningar än för andra PE-tryckledningar. I Danmark tillämpas dessutom ett system med licensiering av svetsare för svetsningsarbeten på gasledningar.

Rörsortiment

PE-rör för gasledningar är normalt gula (även svarta rör med gula ränder förekommer).

PE-gasrör tillverkas i tryckklasserna PN 2.5 och PN 4 upp till dimension 315 mm. För närmare uppgifter hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.



2.8 Markytuppvärmning

Allmänt

Plaströr har använts för markytuppvärmning sedan slutet på 60-talet. I första hand har PEX-rör eller värmefärdiga PE-rör använts, i mindre omfattning dock även vanliga PE-rör. Värmeanläggningar av denna typ omfattar uppvärmning av gågator, uppfartsramper till parkeringshus, landningsbanor på flygplatser m m för att förhindra snöbeläggning. På idrottsplatser och fotbollsplaner används värmesystemen för att förlänga idrottssäsongen.



I andra system med omvänd funktion som t ex kollektorer till värmepumpanläggningar har även plaströr funnit ett stort användningsområde. I värmepumpsystem där man arbetar med lägre temperaturer än vid markytuppvärmning används vanligen PE-rör.

Konstruktionsprinciper för markytuppvärmning

Markytuppvärmningssystem arbetar vanligen med vattentemperaturer på + 35 till + 45°C. Som värmekällor används t ex fjärrvärmeretur, spillvärme från olika processer, värmepumpar etc. Via en värmeväxlare överförs värmen till det slutna markytuppvärmningssystemet, se fig 37. Temperaturgivare strax under markytan håller yttemperaturen på önskad nivå. En grundprincip är att alla slingor från ett och samma fördelningsrör i systemet skall vara lika långa, vilket ger en bra värmefördelning utan användning av strypventiler. Vid större objekt där det finns flera fördelningsrör balanseras systemet med beräknat tryckfall i slingor, fördelare och matarrör. Markytuppvärmningssystem kan dimensioneras för effekter från några W/m² till 500 W/m². Erforderlig effekt beror dels på anläggningens geografiska läge dels på användningsändamålet.

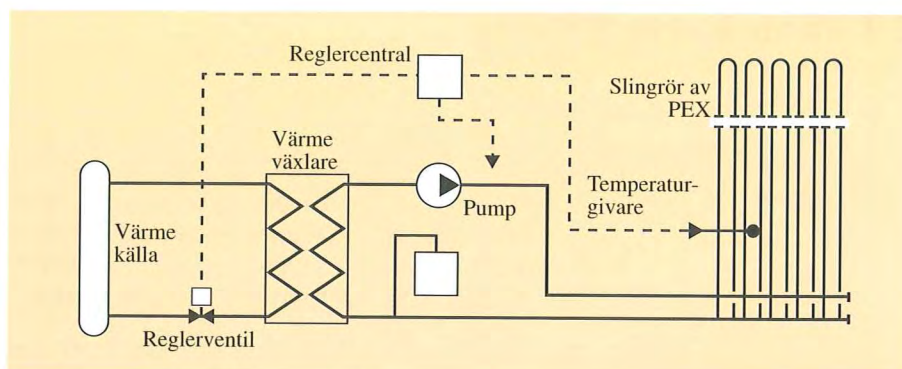


Fig. 37: Princip för markytuppvärmning

Utförandepraxis

Läggingsdjup och c/c-mått på slingor anpassas efter det aktuella objektets effektbehov. Vanligen läggs de värmetaliga PE-rören 10-15 cm under marylitan, se fig. 38.

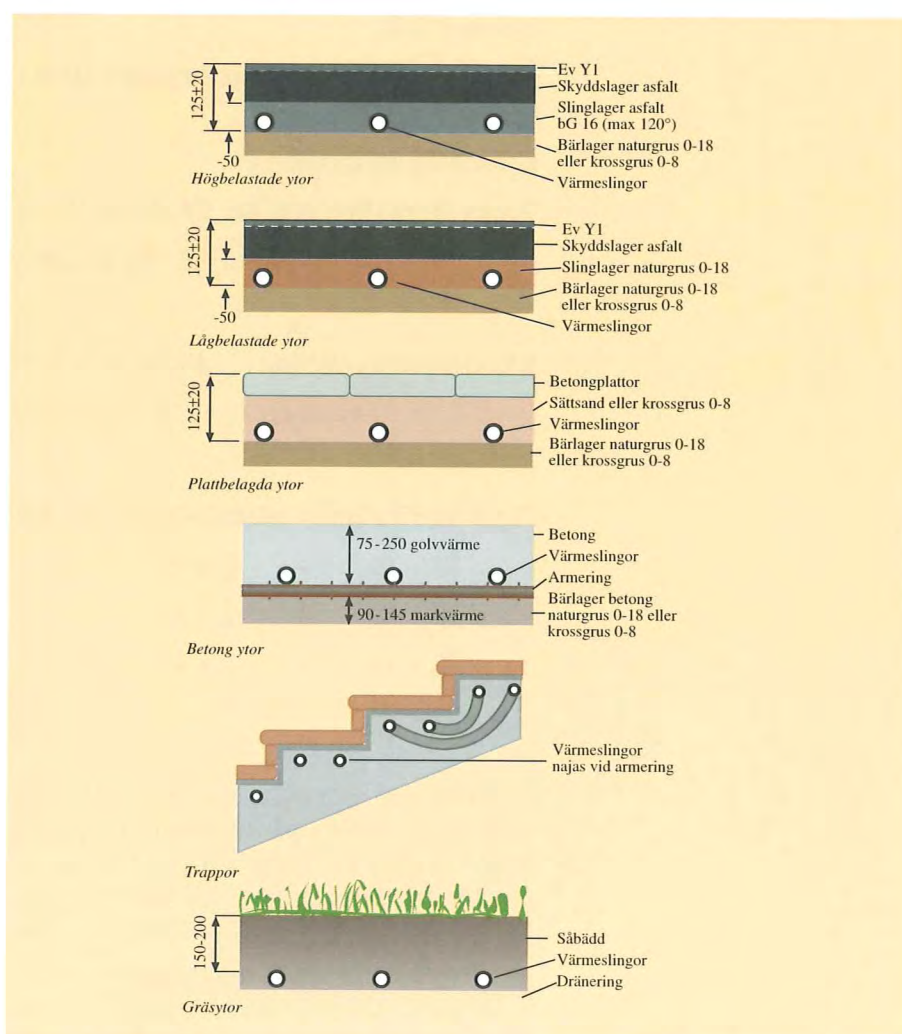


Fig. 38: Exempel på förläggning av slingrör vid olika typer ytbeläggningar.

Rörsortiment

Slingrör av PEX eller värmetaliga PE-rör tillverkas normalt i dimensionerna 20 - 32 mm.

Fördelningsrör av PE (svarta) finns i dimensionerna 75 - 160 mm.

Prefabricerade undercentraler kompletta med värmeväxlare, reglerutrustning, ventiler och expansionskärl finns för effekter upp till 120 kW.

2.9 Värmekulverts-system

Allmänt

Plaströr har använts som mantelrör (ytterrör) för fjärrvärmerör sedan 1970-talet på såväl primär- som sekundärsidan. Fullplastkonstruktioner med mediarör av förnätad polyeten (PEX), introducerades på 1980-talet på sekundär- och tappvarmvattensidan.

Flexibla plaströrskulverts-system levereras i långa längder vilket ger hög driftsäkerhet samt en enkel och snabb installation.

Expansionskrafter upptas som inre spänningar och expansionsupptagande anordningar och fixturer erfordras därför inte.

Rörsortiment

Plaströrkulvert tillverkas med mediarör av förnätad polyeten med isolering av expanderad förnätad polyeten och mantelrör av korrugerad polyeten (PE).

Rören tillverkas i utföranden som såväl ettrörs-, tvårörs-, och fyrrörers-system.

Dimensioner mediarör:

Tappvarmvatten ettrörs: 28, 32, 40, 50 och 63

tvårörs: 28+18, 32+18, 40+28 och 50+32 mm.

Värmesystem ettrörs: 40, 50, 63, 75, 90 och 110 mm

tvårörs: 2x25, 2x32, 2x40 och 2x50 mm.

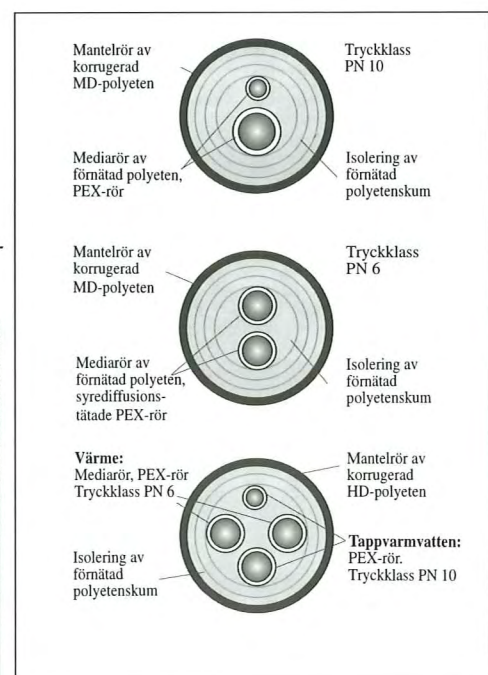
Tappvarmvatten + värmesystem (s.k. Quattrör)

28 + 18 + 2 x 25

28 + 18 + 2 x 32

32 + 18 + 2 x 32

Mantelrördimensioner är, beroende på storlek på mediarör, 128, 160 eller 200 mm. Till systemen finns ett stort rördelsortiment samt kopplingsbrunnar.



3. PLASTRÖRSYSTEM I BYGGNADER

3.1 Allmänna konstruktionssynpunkter

Användningsområden för plaströr

Plaströrssystem används för många ändamål i byggnader. Plaströr har sedan lång tid tillbaka i stor omfattning använts för avloppssystem i byggnader. Under 70-talet har även kompletta system för kall- och varmvatteninstallationer utvecklats i plast. Kompletta golvvärmesystem med PEX-rör har likaså använts i stor omfattning. Vad gäller industriledning har plaströr funnit användningsområden som processledning främst för korrosiva vätskor.

Plastmaterial har generellt sett relativt låga E-modulsvärden och relativt höga längdutvidgningskoefficienter, vilket speciellt bör beaktas vid konstruktion av plaströrssystem i byggnader. Dessutom är alla plastmaterial brännbara, vilket också påverkar konstruktionsutformningen. Oavsett användningsområde inom byggnad bör dessa egenskaper tas hänsyn till. I det följande har därför kortfattat beskrivits vad som bör beaktas vad gäller:

- Expansionsupptagning
- Klamring
- Brandspridning
- Ljudalstring

för plaströrssystem i byggnader.

Expansionsupptagning, allmänt

Plastmaterial har relativt stora längdutvidgningskoefficienter, se avsn. 1.3, vilket gör att plastledningars expansion på grund av temperaturvariationer måste beaktas vid den konstruktiva utformningen av plaströrssystem i byggnader.

Expansionsupptagning i ingjutna ledningar

Då en plastledning ingjuts i betong blir ledningen effektivt fixerad i betongen kring varje muff och rördel även om betongen inte fäster mot plastytan. Ledningen kommer att ligga orörlig i betongen och kan ej expandera. Ledningar förlagda i lös eller cementstabiliserad Leca kommer emellertid ej att få samma goda fixering och skall därför betraktas som friliggande ledningar. För fritt förlagda ledningar kan temperaturrörelserna antingen upptas i muffarna eller genom rörelser i skänklar.

Expansionsupptagning i muffar

De flesta muffade plaströrssystem brukar konstrueras så att expansionen upptas i muffarna. För att styra expansionen fixeras vanligen varje muff. Expansionsutrymmet i muffen beror på mufftypen. För inomhusavloppsrör av termoplast gäller det i fig 39 angivna expansionsutrymmet i muffarna. Expansionsutrymmet är vanligen tillräckligt för att klara maximalt förekommande temperaturrörelser inom en våningshöjd (ca 2,6 m).

Speciella muffar med större expansionsmöjlighet finns även att tillgå. . Generellt gäller att det är viktigt att man vid montaget av expansionsmuffarna ser till att rätt insticksdjup erhålles så att full expansionsmöjlighet finns för framtida behov.

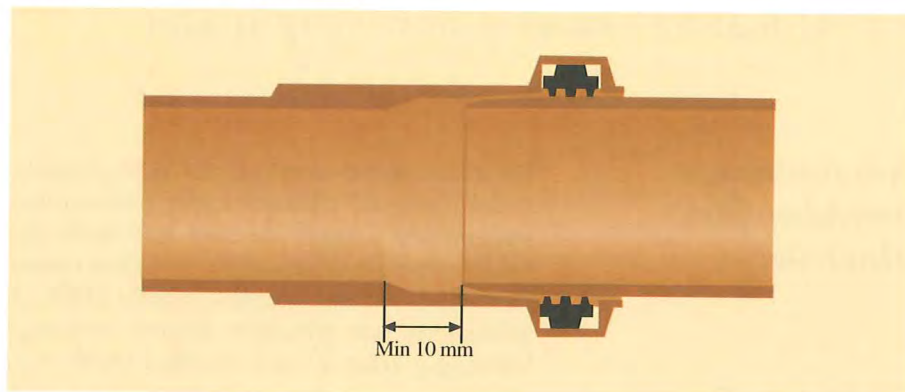


Fig. 39: Expansionsutrymme i muff till inomhusavloppsrör av termoplast

Expansionsupptagning via skänkelrörelse

Expansionsupptagning via skänkelrörelser tillämpas vanligen för helsvetsade PE- och PP-ledningar liksom för limfogade PVC-ledningar. Erforderlig skänkel längd kan beräknas om den totala expansionsrörelsen (Δl) bestäms. Se exempel fig. 40. I ledningssystem där man upptar expansion via skänkelrörelser är det viktigt att man låser ledningen i fixpunkter så att expansionsriktningen bestäms. För PE- och PP-ledningar kan detta göras genom att svetsa in elektrosvetsmuffar på ömse sidor om fixklammern.

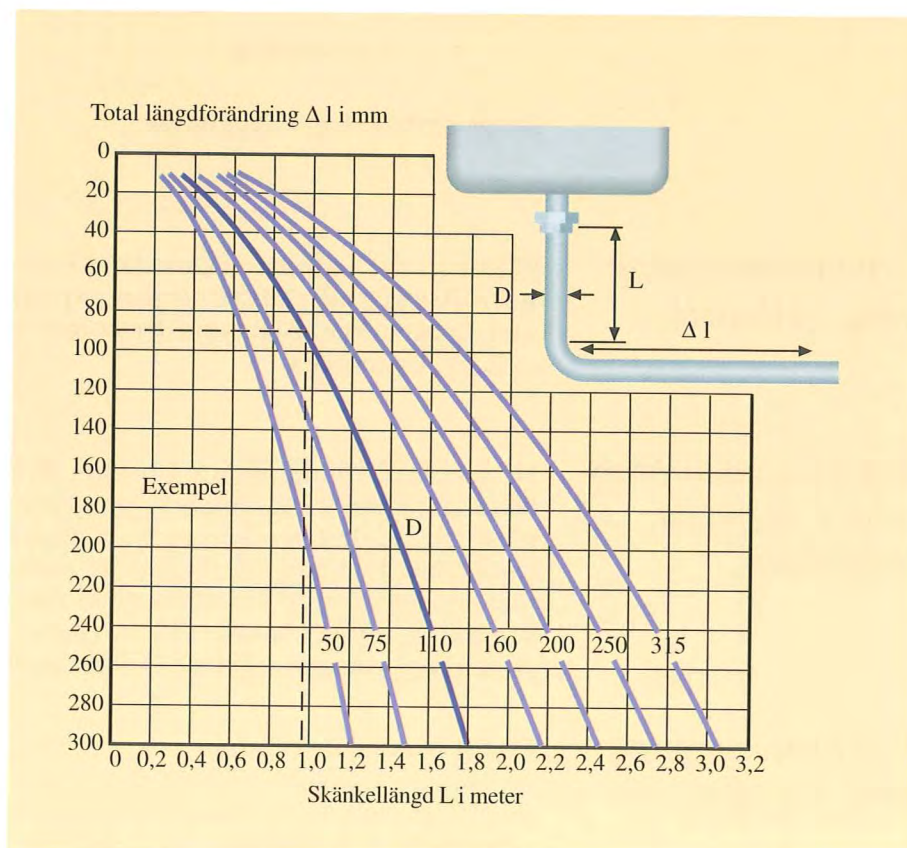


Fig. 40: Exempel på diagram för bestämning av erforderlig skänkel längd.

Klamring

Ändamålet med klamring är att bära, styra och fixera röret utan att förhindra dess rörelse vid längdutvidgning. Muffar skall fixeras. Systemet kan klamras med i handeln förekommande rörklammer som är avsedda för respektive rörtyp. Klammer skall ha slät yta.

Kanterna skall vara avrundade och dimensioneringen sådan, att klammern vid hopsättningen ej låser röret och därmed förhindrar dess rörelse i längdriktningen.

Friliggande ledningar skall klamras noggrant. Rekommenderat maximalt klamringsavstånd för respektive dimensioner är följande:

Dimension	Rekommenderat största klamringsavstånd (m)	
	Liggande ledning	Stående ledning
32	0,5	1,2
40	0,5	1,2
50	0,8	1,5
63	0,8	1,5
75	0,8	2,0
80	0,8	2,0
90	0,9	2,0
100	1,0	2,0
110	1,1	2,0
125	1,25	2,0
160	1,6	2,0
200	1,7	2,0

Ovannämnda värden skall ses som riktvärden som ej bör överskridas vid normala installationer. I speciella fall kan klamringsavståndet behöva minskas ytterligare.

För att undvika knäppningar skall röret gå fritt vid genomgång av trävägg eller dylikt. På träbjälklag läggs underlag av mjukt material.

Brandspridning i byggnad

Plaströr brinner vid de temperaturer som uppnås i samband med brand. Det är därför viktigt att rör genomföringar i brandcellsskiljande väggar utformas på så sätt att brandmotståndet inte försämras.

Brandskyddsregler kan variera i olika länder och krav finns fastlagda i nationella normer. I Sverige tillämpas krav på brandmotståndstider vid rör genomföringar i byggnadsdelar.

Principen för beräkning av brandmotståndet i en konstruktion är att man vid dimensionering får addera brandmotståndstider hos själva genomföringen eller genomföringarna och eventuella schaktväggar eller andra inklädnader (t ex mineralullskålar). Härvid måste alltid addition göras den "farligaste vägen" dvs t ex via påstick på en huvudstam se fig 41.

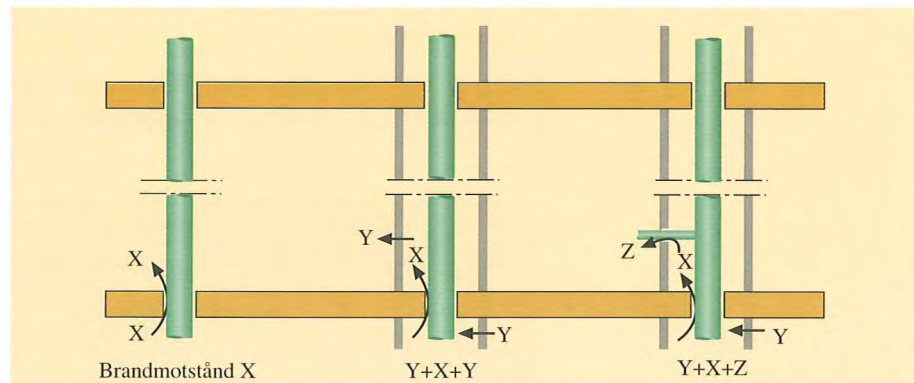


Fig. 41: Exempel på tillåten addering av brandmotståndstider

Brandmotståndstiden kan ökas genom lokal ökning av byggnadsdelens tjocklek vid genomföringen, eller genom att ledningen förses med brandstrypare (brandmanschett).

En brandstrypare till en plastledning består av en stålhylsa med en invändig beläggning som kraftigt expanderar vid värme, se fig. 42 - 43. Stryparen monteras på plastledningen i de punkter där ledningen går igenom brandskiljande byggnadsdelar. Redan vid ca 200°C börjar beläggningen expandera och inom loppet av några minuter har den expanderande massan tryckt fast en propp invändigt i röret som förhindrar rök- och eldspridning.



Fig. 42: Brandstryparens funktion



Enkelverkande brandstrypare
(Delbar; brandteknisk klass EI 60)



Dubbelverkande brandstrypare
(Delbar; brandteknisk klass EI 120)



Fig. 43: Ex. på brandstrypare för plaströr

Ljudalstringi rörledningar

Buller alstras vid omsättning av energi. Vid energiomsättningen, som t ex sker då vatten rinner i en vertikal ledning, sätts ledningsmaterialet i rörelse. Ljudet breder ut sig radiellt genom röret till omgivande luft (s k luftljud), men fortplantas även i ledningens längdriktning till byggnadsstommen och blir så kallat stomljud. Styva rör som stål- och gjutjärnrör leder ljud bra axiellt medan plaströr dämpar sådan ljudutbredning effektivt.

Radiell utbredning, dvs det ljud som överförs till omgivningen direkt vid bullerkällan, beror av rörmaterialets densitet. Tunga rör är svåra att sätta i vibration och dämpar luftljud effektivare än plaströr.

För att undvika ljudproblem i avloppsinstallationer i byggnader finns gränsvärden fastlagda av nationella myndigheter.

Följande gränsvärden gäller i Skandinavien:



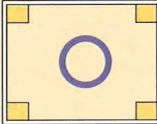
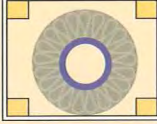
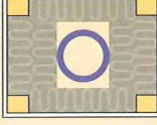
Sverige: Högst 35 dB (A) i bostadsrum. Högst 40 dB (A) i kök.
(Boverkets byggregler BBR)

Danmark: Högst 35 dB (A) i bostadsrum (Byggnadsreglementet BR82)

Norge: Högst 35 dB (A) i bostadsrum. Högst 40 dB (A) i kök
(Den norske kommitté for Byggningsbestemmelser)

För att uppfylla dessa krav och för att få en så liten ljudstörning som möjligt, kan det vara nödvändigt att isolera rören. Tabell 12 visar några exempel på vilken ljudreduktion som kan erhållas med olika isoleringsutföranden.

Tabell 12: Ljudreduktion vid olika inbyggnadssätt av \varnothing 110 mm vertikal PE-ledning med fyllnadsgrad 1 och vattenhastighet 0.16 m/s. Utan isolering var störningsnivån 56 dB A 0.6 m från röret.

Konstruktion typ	Ljudisoleringsåtgärd	Ljudreduktion
	a) Ingen isolering	0 dB (A)
	b) 50 mm rörskål av mineralull (densitet ≥ 125 kg/m ³)	12-14 dB (A)
	c) Låda av 13 mm gipsskiva	14 -18 dB (A)
	d) Låda av 13 mm gipsskiva 50 mm rörskål av mineralull (densitet ≥ 125 kg/m ³)	25-30 dB (A)
	e) Låda av 13 mm gipsskiva 50 mm mineralullsplator (densitet ≥ 75 kg/m ³)	24 -28 dB (A)

Emellertid kan man med en god ledningskonstruktion ofta undvika att behöva efterisolera rören.

Systemutformning, rörmaterial samt upphängningstyp har samtliga en stor inverkan på ljudalstringen i systemet. Generellt gäller att mjuka övergångar reducerar ljudnivån.

Vid utformningen av ledningssystemet bör man undvika att snabba hastighetsminskningar uppstår eftersom dessa alstrar buller. Det är t ex betydligt bättre att använda två st 45°-böjar eller tre st 30°-böjar enligt figur 44 än en 90°-böj på en vertikal ledning eftersom den mjukare övergång som flera böjar ger leder till att bulleralstringen minskar. Även 90° böj med stor radie reducerar ljudnivån.

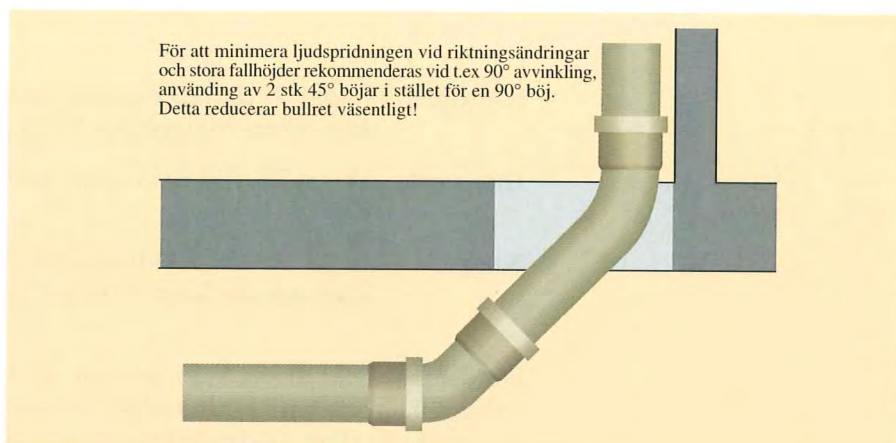


Fig. 44: Exempel på utformning av vertikala rörböjar för minskning av bulleralstring

Speciella plaströrskonstruktioner finns också utvecklade med avsikt att ge en god ljuddämpning. Ett exempel på sådana rör som ger en god ljudisolering är mineralfyllda PP-rör.

3.2 Inomhusavloppssystem

Allmänt

Inomhusavloppssystem finns i såväl PVC som PE och PP. Vanligen används muffade system. PE och PP-system kan även svetsas. Inomhusavloppssystem är ett stort användningsområde för plaströr och plaströr har använts för detta ändamål sedan mitten på 50-talet. Olika plaströrsmaterial har olika motståndsförmåga mot höga temperaturer, se avsnitt 1.3, vilket gör att avloppsvattnets temperatur kan påverka valet av rörmaterial.

Termoplaströr kan användas för inomhusavloppsledningar om den kontinuerliga spillvattentemperaturen är högst 45°C och där kortvariga utsläpp (60 sekunder) av 30 liter med högst 95°C temperatur kan förekomma. PVC-, PP- och PE-rörens temperaturegenskaper är tillräckligt höga för att uppfylla de krav som ställs på avloppsledningar i bostäder. För avlopp från t.ex. storkök och industrier måste speciell hänsyn tas till temperaturer och volymer vid materialvalet. Rörtillverkarna kan lämna uppgifter om lämpligt materialval i varje enskilt fall.

Dimensionering

Dimensionering av inomhusavloppssystem utförs i enlighet med nationella bestämmelser. I Sverige tillämpas de i tabell 13 angivna normflödena för olika avloppsenheter.

Tabell 13 Normflöden för olika avloppsenheter

Avloppsenhet	Normflöde (L/s)
Tvättställ	0,3
Diskbänk med avlopstratt och disklåda	0,6
Diskbänk i restaurang o d	1,2
Tvättmaskin ≤ 5 kg	0,6
Tvättmaskin ≥ 5 kg	1,2
Hushållsdiskmaskin	0,6
Diskmaskin för restauranger o d	1,2
Mindre utslagsback i städförråd o d	0,9
Större utslagsback o d	1,8
Vattenklosett	1,8
Badkar	0,9
Bidé	0,3
Urinal med automatisk spolning	0,3 per enhet dock högst 1,8
Golvbrunn	1,5
Tvättränna per meter	0,4

Spillvattenledningar skall dimensioneras så att de kontinuerligt kan avleda 150 % av det tillhörande tappställets normflöde.

Anslutningsledningar bör dimensioneras för avloppsenhetens normflöde och 50 % fyllnadsgrad (för stående ledningar dock högst 20 % fyllnadsgrad). Samlingsledningar bör dimensioneras för det sannolika spillvattenflödet i ledningen. Vid dimensionering av spillvattenledningar bör följande beaktas:

- a) ledningens dimension bör inte minska i strömningsriktningen,
- b) ledning från vattenklosett bör ha minst dimension 100 mm (rörbeteckning),
- c) vattenklosett bör ha minst 3 l spolmängd,
- d) ledning i mark bör ha minst dimension 75 mm (rörbeteckning).

Det sannolika flödet som funktion av samtliga anslutna avloppsenheters normflöden kan bestämmas i enlighet med fig 45.

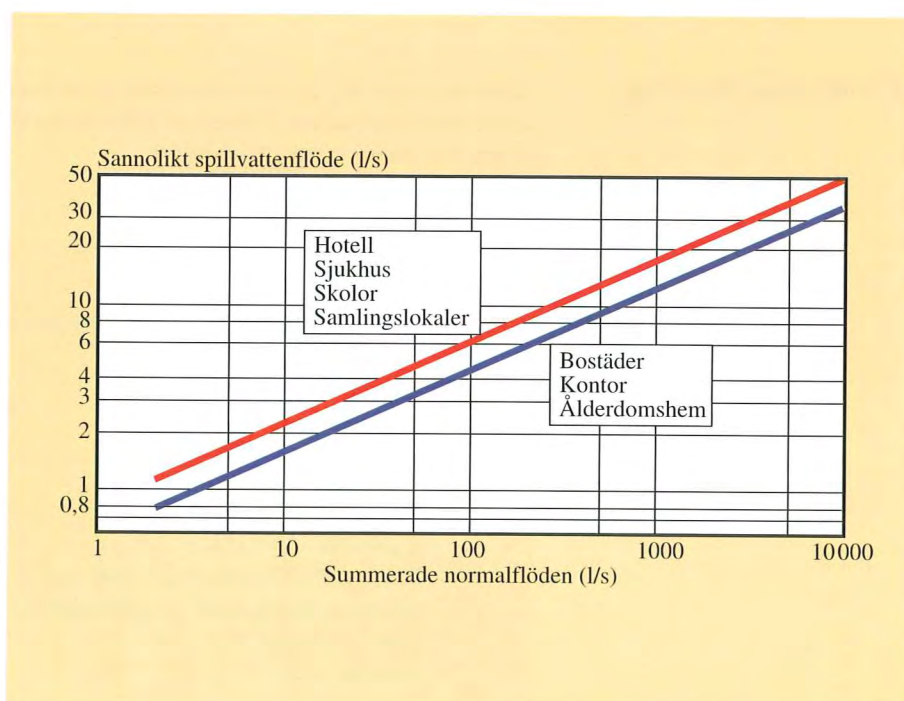


Fig. 45: Sannolikt spillvattenflöde i samlingsledningar.

Vid summerade normflöden mindre än 10 l/s kontrolleras att det sannolika flödet inte är mindre än det största enskilda normflödet. Spillvattenledningar för självfall skall anordnas så att de är luftade.

Utförandepraxis

Vad gäller åtgärder för upptagande av expansion, klamring, ljuddämpning och förhindrande av brandspridning se även avsnitt 3.1.

Godtagna anslutningar allmänt

Exempel på vanliga anslutningar har redovisats i fig 46.

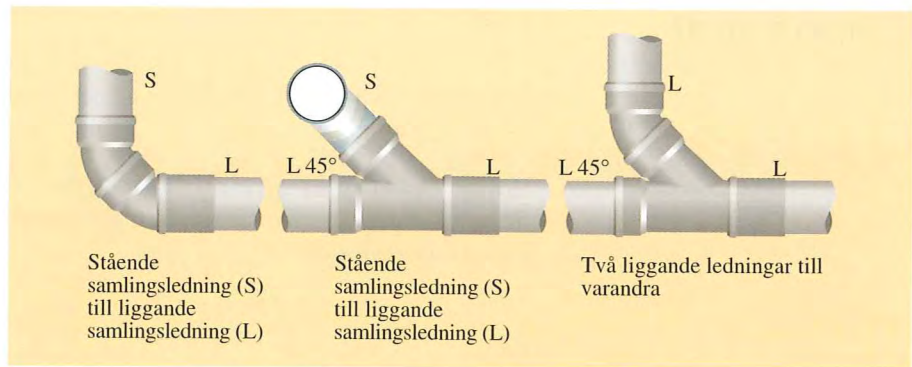


Fig. 46: Vanliga anslutningar för muffade inomhusavloppsledningar

Luftning

Luftningsledningar förläggs med oavbruten stigning utan tvära riktningssändringar.

Klamring

Exempel på klamringsutföranden har redovisats i fig. 47.

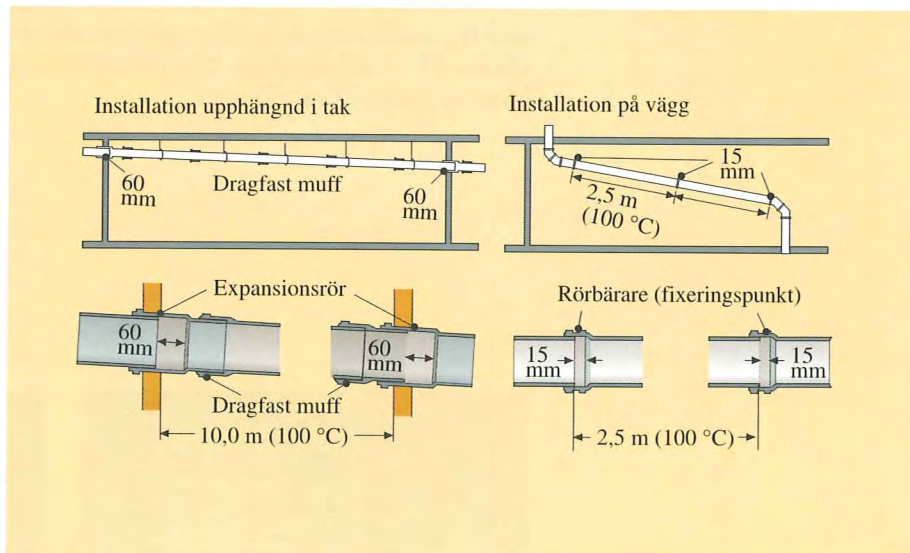


Fig 47: Exempel på olika klamringsutföranden

Ingjutning

Plaströr har ingen vidhäftning mot betong. Ingjutna muffar, grenrör och böjar kommer därför att fungera som fixpunkter på ledningen. Genom att t.ex. svetsa eller limma en ring på röret kan även rörelser hindras, se fig. 48.

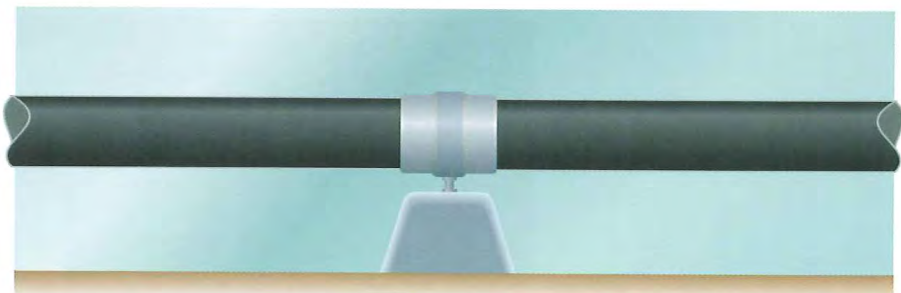


Fig. 48: Exempel på ingjuten fixeringspunkt

Rörsortiment

PVC

Inomhusavloppsrör av PVC är grå och tillverkas i dimensionerna 32 - 160 mm.

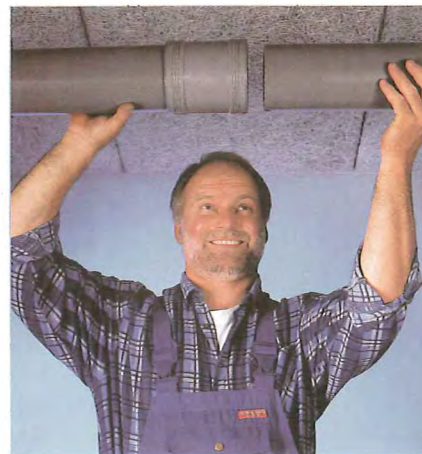
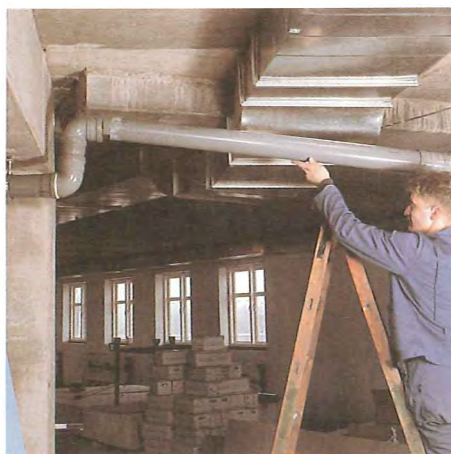
Rören fogas med gummiringsmuffar. Ett komplett rördelssortiment finns tillgängligt. För närmare information hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.

PE

Inomhusavloppsrör av PE är svarta och tillverkas i dimensionsområdet 32-315 mm. Rören fogas med gummiringsmuff eller svetsning. Svetsning utförs antingen genom stumsvetsning eller elektrosvetsning, se beskrivning i avsnitt 2.3.4. Ett omfattande rördelssortiment finns. För vidare information hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.

PP

Inomhusavloppsrör av PP är vita, grå eller svarta och tillverkas i dimensionsområdet 32 - 200 mm. Rören fogas med gummiringsmuff, elektromuffsvetsning eller genom stumsvetsning. Även mineralfyllda rör av PP förekommer. För vidare information hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.



3.3 Tappvattensystem

Allmänt

Kompleta tappvattensystem av PEX-rör för distribution av kallt och varmt vatten finns utvecklade sedan mitten av 70-talet. Rören kan förläggas i regelväggar eller gjutas in i betongbjälklag. Rören kan användas för upp till 1MPa (10 bars) drifttryck vid temperaturen +90 ° C.

PP-r rörsystem har använts sedan början av 90 -talet för varm- och kallvatten. PP-r står för random polypropen, som är ett specialdesignat polypropenmaterial för användning vid högre temperaturer. PP-r rör-systemet kan användas upp till 1 MPa (10 bars) driftstryck vid temperaturen +70 ° C.

Dimensionering

Dimensionering av tappvattensystem utförs i enlighet med nationella bestämmelser. I Sverige tillämpas de i tabell 14 angivna normflödena för ledningsdimensionering.

Tabell 14 Normflöden

Tappställe	Normflöde (L/s)
För varm- och kallvatten	
Badkar	0,3
Diskbänk	0,2
Dusch	0,2
Tvättlåda	0,2
Utslagsback	0,2
Tvättställ	0,1
Bidé	0,1
För kallvatten	
Hushållsmaskin (5kg)	0,2
Vattenklosett	0,1
Tappventil i anslutning till golvbrunn, gårdsbevattning i småhus	0,2
För varm- eller kallvatten	
Hushållsdiskmaskin	0,2

För fördelningsledningar uppskattas sannolikt flöde med hjälp av fig. 49.

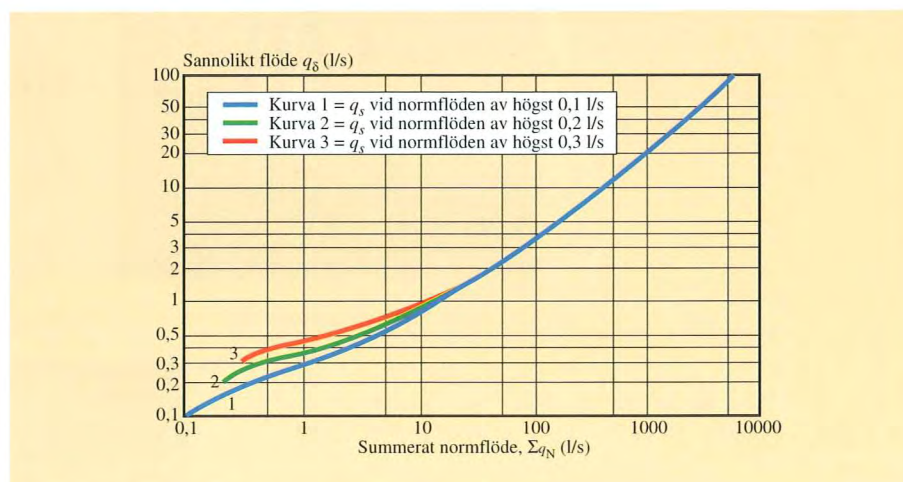


Fig.49: Sannolika flöden i fördelningsledningar för bostäder, kontor o dyl som funktion om summan av anslutna vattenuttags normflöden och största ingående normflöde (l/s).

I träbjälklag läggs rören i speciella rörstråk, se fig 52.

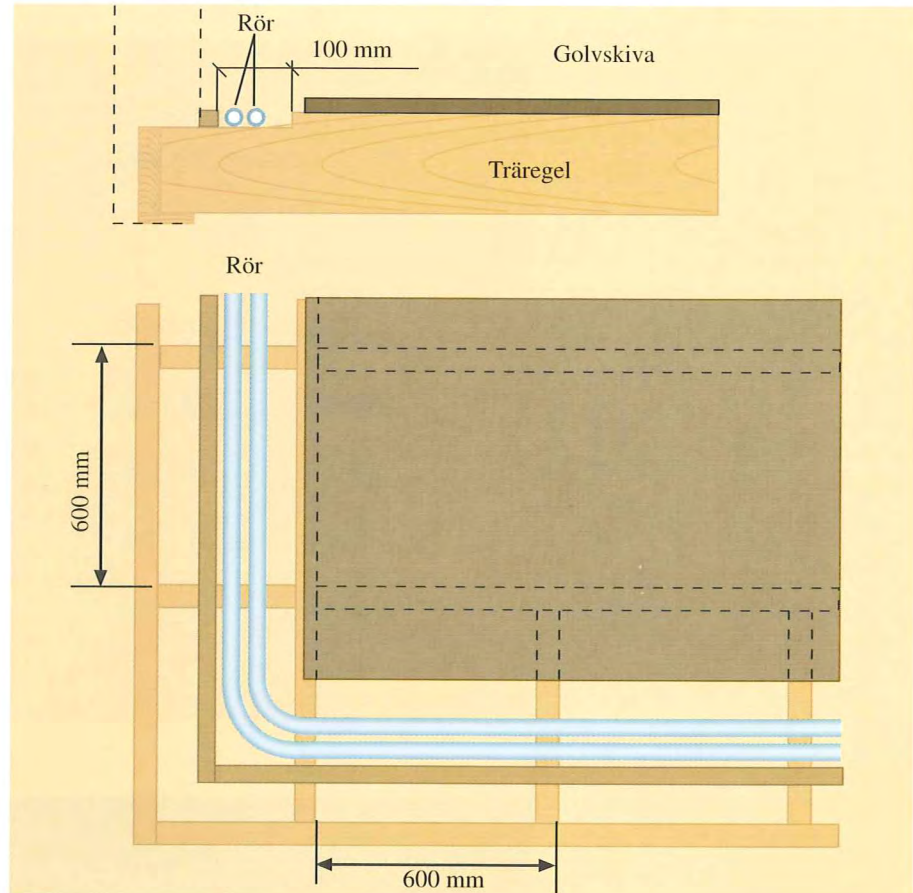


Fig. 52: Förslag till placering av tappvattenrör i träbjälklag.

För att underlätta rördragning bör de av rörfabrikanterna angivna minimiradierna ej underskridas. För att medge utbytbarhet bör dock rör aldrig böjas med snävare radie än 5 gånger rörets ytterdiameter.

Väggenomföringar utförs med hjälp av speciella monteringsplåtar, se fig 53.

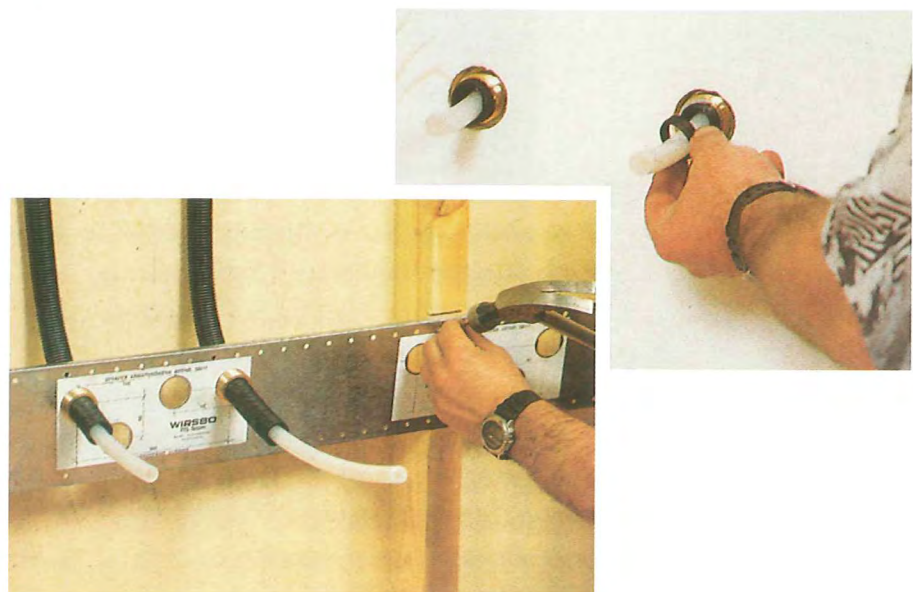


Fig. 53: Väggenomföring för tappvattenrör av PEX.

Rörsortiment PEX

Tappvattenrör av PEX tillverkas i dimensionerna:

Rör + skyddsrör Dy x godstjocklek (mm)	Rör utan skyddsrör Dy x godstjocklek (mm)
12 x 2,0 + 25 / 20	32 x 4,4
15 x 2,5 + 25 / 20	40 x 5,5
18 x 2,5 + 34 / 29	50 x 6,9
22 x 3,0 + 34 / 29	63 x 8,7
28 x 4,0 + 54 / 48	

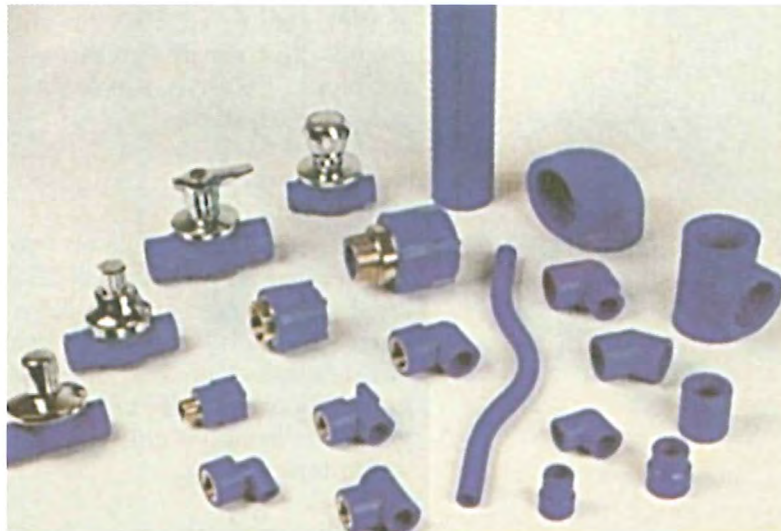


För närmare uppgifter hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger

Rörsortiment PP-r

PP-r rörsystemen omfattar ett komplett system av rör och rördelar i dimensioner från 16 mm upp till 110 mm och kan erhållas i olika färger från olika tillverkare. Ett typiskt system kan innehålla 150 till 250 olika rördelar.

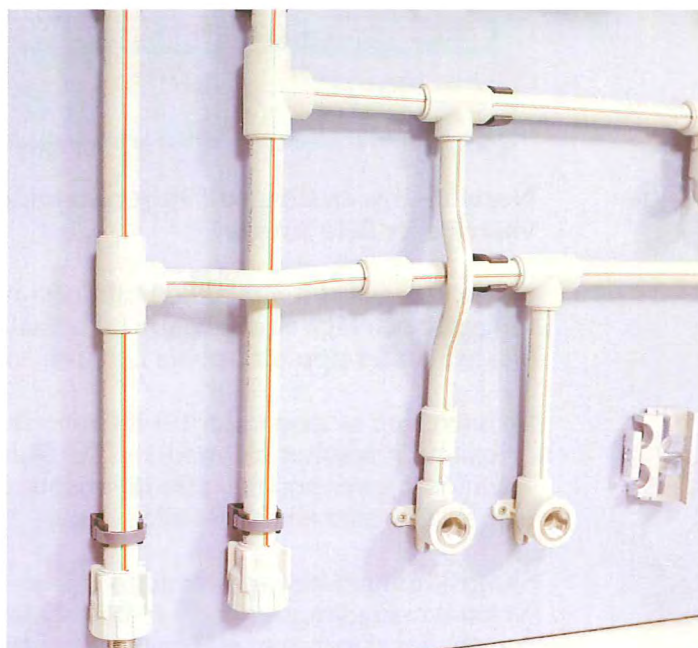
För närmare uppgifter hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.



Sammanfogning görs primärt med muffsvetsning, för hand när det gäller rördiametrar under 50 mm och med svetsmaskin för de större dimensionerna.

Svetsning se kap. 1.6

Anslutningar till metallrör eller andra metalldelar i vattensystemet görs med hjälp av specialutformade, formsprutade rördelar med metallinsatser.



3.4 Värmesystem

Allmänt

PEX-rör har använts i värmesystem sedan början av 70-talet. I samband med att den första generationens PEX-rör användes erhöles i några fall problem med syrediffusion genom rörväggen som ledde till korrosion på metallkomponenter i värmesystemet. Problemet löstes dock ganska snabbt genom att PEX-rör med diffusionsspärrar utvecklades. Med dagens PEX-rör är syrediffusion genom rörväggen inte längre något problem. PEX-rör används i dag i stor utsträckning främst till golvvärmesystem.

Dimensionering av golvvärmesystem

Normalt kan man täcka en byggnads värmebehov genom att hålla en temperatur på golvytan av 23-25°C. Olika golvtyper och beläggningar leder värme mer eller mindre bra. Ett betonggolv leder och sprider värme bra och behöver omkring 30°C vattentemperatur för att täcka värmebehovet en kall dag. Ett golv med parkett eller spånskiva på golvbjälkar har dålig värmeledning och kräver aluminiumplåtar för att ge jämn värme på golvytan. För att täcka värmebehovet krävs ca 40°C vattentemperatur.

En golvvärmeanläggning består av en centralt placerad fördelningscentral från vilken värmeslingor dras till de rum som skall uppvärmas, se fig 54.

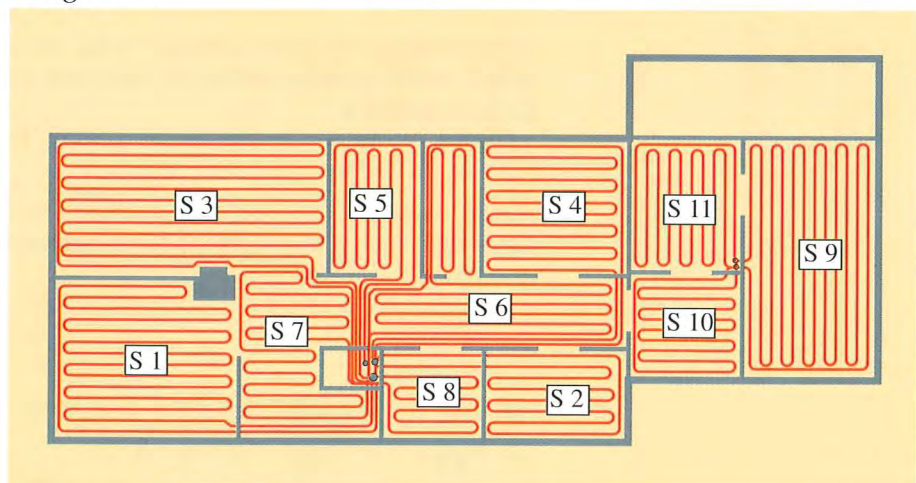


Fig. 54: Exempel på slinguppdelning i ett betonggolv

Normalt dras en slinga till varje rum under ca 25 m². Större rum försörjs via två eller flera slingor.

Normalt läggs rören med 300 mm c/c-avstånd. I stora hallar med betonggolv och låga värmebehov (sporthallar, verkstäder m m) kan man öka avståndet upp till dubbla i en inre zon 3 - 4 m från ytterväggarna.

En halvering av avståndet till 150 mm ökar värmeavgivningen 5 - 10 % och samma resultat fås med 1 - 2°C ökad vattentemperatur. Vanligen används konventionella cirkulationspumpar och kortare slingor stryps för att få samma tryckfall i alla slingor.

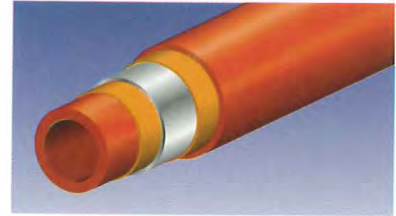
Slingriktningen bestäms av den valda golvtypen och beläggningen. Normala slinglängder är 50 - 90 m. I större anläggningar (verkstäder, sporthallar, varuhus m m) kan man utnyttja större slinglängder eftersom

man där använder pumpar med större tryckhöjd (100 - 150 m). Vid platta på mark bör isoleringen ökas ca 30 mm för att man ska kunna räkna med samma värmeförluster mot mark som med konventionella värmesystem.

I mellanbjälklagen bör finnas minst 50 mm isolering.

Utförandepraxis

Vanligen används PEX-rör med diffusionsspärr av dimension 16x2 eller 20 x 2 mm till alla konventionella bjälklagstyper. Ett annat exempel på golvvärmerör är ALUPEX som är ett PEX-rör med diffusionsspärr av aluminium. ALUPEX-röret är alltså uppbyggt av två lager PEX omkring ett mellanliggande lager av aluminium, vilket innebär att röret lätt kan bockas för hand och därefter behålla sin nya form. Tack vare sin formstabilitet minskar även behovet av fästpunkter.



Betonggolv

I betonggolv placeras PEX-rören i speciella rörhållarskenor, monteringskivor eller najas mot armeringen och ingjuts i enlighet med fig 55.

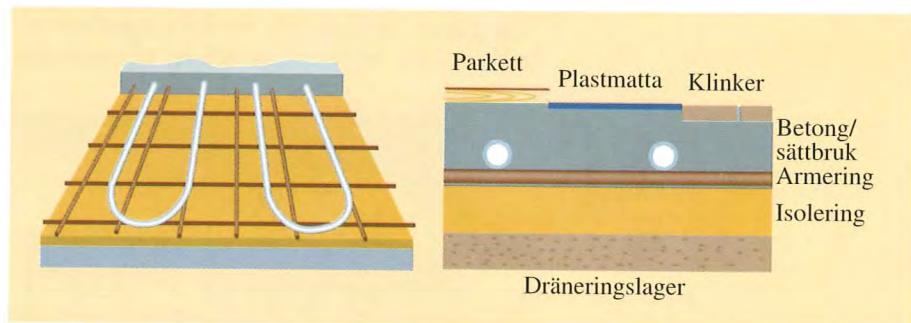


Fig. 55: Värmeslingor i betonggolv.

Flytande golv

På alla typer av golv kan värmeslingorna läggas i speciella cellplastskivor som läggs som ett flytande golv på den befintliga golvkonstruktionen. Cellplastskivorna har urfrästa spår för värmeslingorna, se fig 56. Innan rören läggs placeras aluminiumplåtar mellan PEX-rör och isolerskiva för att förbättra värmeavgivningen från golvet.

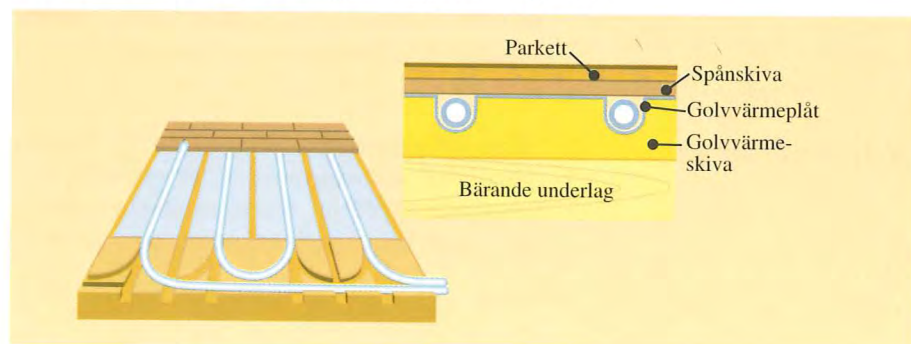


Fig. 56: Värmeslingor i flytande golv.

Träbjälklag

På golvbjälkarna spikas glespanel 22 x 95 mm, på vilken aluminiumplåtar läggs. Värmeslingorna placeras i plåtarna som visas exempel på i fig 57.

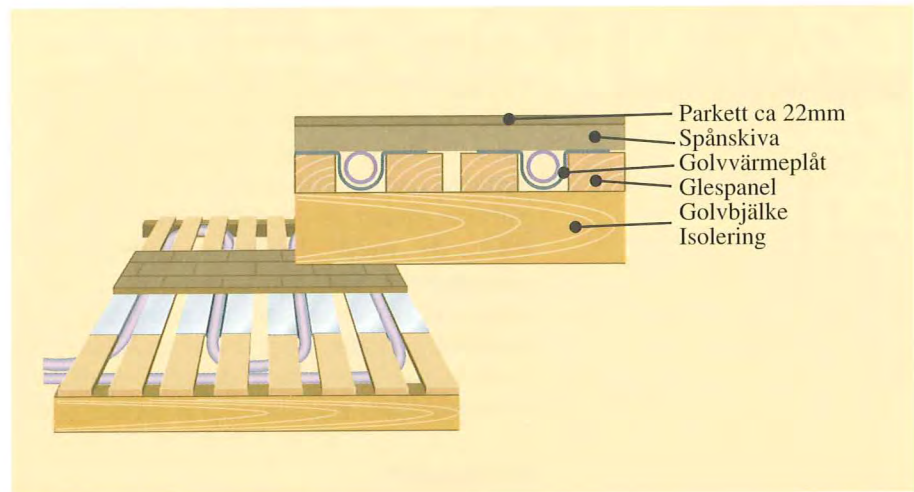


Fig. 57: Värmeslingor i träbjälklag.

Fördelningscentral

Slingorna ansluts till fördelningscentral med rumsreglering, se fig 58, vilken i sin tur ansluts till en värmekälla (t ex elpanna).

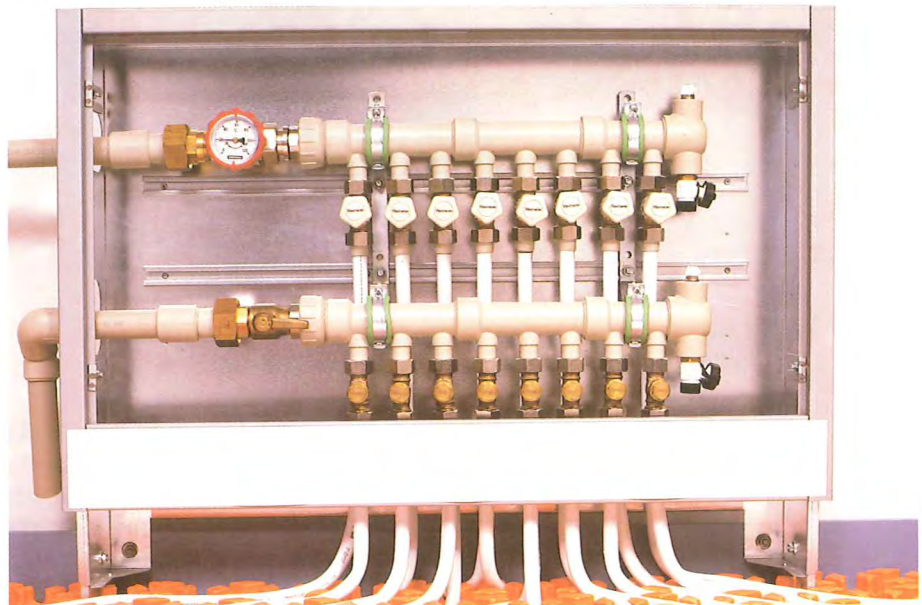


Fig. 58: Fördelningscentral med rumsreglering.

Rörsortiment

Rörleverantörerna tillhandahåller förutom rör och kopplingar även ett komplett sortiment av all erforderlig kringutrustning typ fästskenor, aluminiumplåtar, fördelningscentraler, etc. För närmare information hänvisas till rörtillverkarnas produktkataloger.

4. SJÖFÖRLAGDA LEDNINGAR

Allmänt

Plaströr kan med fördel användas till sjöförlagda ledningar som utlopps- och intagsledningar, överföringsledningar etc. Vanligen används PE-rör. Vid sjöförläggning utnyttjas PE-rörens stora flexibilitet och möjlighet att tillverkas i eller sammansvetsas till långa längder. Principen vid byggande av sjöledning är att en ledningsände tillsluts med en blindfläns och att den härigenom luftfyllda ledningen flyter på vattenytan. På ledningen fastsätts vikter vid strandkanten och den viktbelastade ledningen bogseras till sitt rätta planläge för att därefter vattenfyllas, se fig 59.



Fig. 59: Viktning och utläggning av sjöledning

Ledningen vattenfylls från ena änden, se fig 60, och genom ett ventilarrangemang vid andra änden stryps luftutflödet så att en kontrollerad sänkningshastighet erhålls.



Fig. 60: Sänkning av sjöledning

Vid sänkningen kontrolleras att ledningen kommer i önskat läge på sjöbotten. Vanligen låter man ledningen ligga direkt på sjöbotten utan att vidta någon nedschaktning. Om botten är lös kommer ledningen på grund av viktbelastningen relativt snart att sjunka ned helt eller delvis. På fastare sandbottnar kommer vid förekomst av våg- eller strömkrifter en erosion att ske under ledningen och med tiden kommer härvid ledningen att delvis schakta ned sig själv, se fig 61.

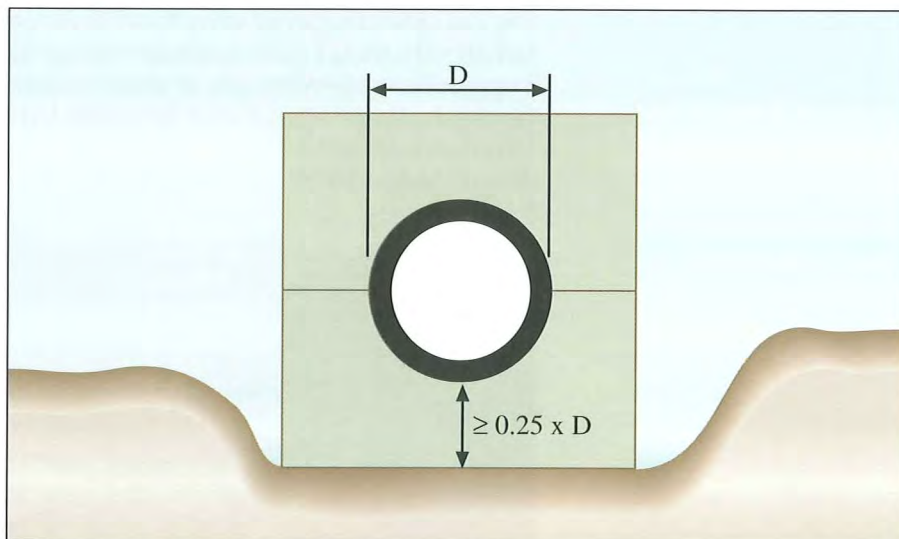


Fig. 61: Ledning på sjöbotten

En PE-ledning är så flexibel att den normalt formar sig efter botten, varför behovet av bottenrensningar blir mycket litet. Att ledningen med tiden kan sjunka ned i botten eller schakta ned sig klaras vanligen utan problem på grund av PE-ledningens stora flexibilitet.

Sjöförlagda ledningar ställer speciella krav på dimensionering, viktbelastning och installation. Under motsvarande rubriker har i det följande översiktligt angivits synpunkter som bör beaktas för sjöledningar.

Dimensionering av sjöledningar

Förutom de dimensioneringskriterier som normalt beaktas för markförlagda ledningar behöver vid dimensionering av sjöförlagda ledningar även beaktas:

- Bestämning av bottenprofil med hjälp av ekolodning.
- Karakteristiska vattennivåer (hög-, medel- och lågvatttenyta).
- Eventuella tidvattennivåer.
- Maximal istjocklek.
- Våg- och strömkrifter.
- Bottenförhållanden, bestämda genom dykarbesiktning och/ eller geoteknisk undersökning.
- Eventuell förekomst av befintliga konstruktioner som ledningar, kablar etc.
- Risk för ankringsskador.
- Eventuella bestämmelser för byggande i vatten.

En sjöförlagd ledning kommer att påverkas av ström- och vågkrafter och kräver därför en viss viktbelastning. För beräkning av ström- och vågkrafter hänvisas till /3/. Generellt gäller att ström- och vågkrafter blir större för en ledning som ligger direkt mot botten jämfört med en ledning som ligger distanserad en bit från botten. Det är därför fördelaktigt om ledningens vikter är utformade så att avståndet mellan ledningen och botten uppgår till ca 25 % av ledningens diameter, se fig.61. För en ledning som till största delen sjunkit ned i botten blir ström- och vågkrafter försumbara. En PE-ledning är så flexibel att man kan acceptera vissa rörelser av ström- eller vågkrafter. Skulle belastningsvikten sjunka ned i botten så att ledningen ej längre är distanserad kommer vågkraften på ledningen att öka men i samma ögonblick som vågkraften lyfter ledningen ett stycke från botten minskar vågkrafterna och ledningen kommer därmed att sjunka tillbaka mot botten. Ledningen tål på grund av sin flexibilitet sådana rörelser och sjöförlagda PE-ledningar brukar därför dimensioneras så att ledningsförflyttningen vid påverkan av en 50 års eller 100 års våg hålls inom rimliga gränser. "Normala" dimensioneringskriterier för en sjöförlagd ledning är:

- Viktbelastning väljs så att ledningens förflyttning vid en 50 års våg blir högst någon eller några meter.
- För sjöledningar där förekommande våg- och strömkrafter är små (som t ex i insjöar) väljs vanligen en viktbelastning som motsvarar ca 20 % av ledningens displacement.
- Ledningsprofilen väljs så att avståndet mellan överkant på betongvikt och lägsta lågvattenyta är större än största istjocklek och att avståndet från överkant på ledningen till lägsta lågvattenyta är minst 2 m.
- På sträckor där sjöledningen helt eller delvis schaktas ned bör viktbelastningen på ledningen uppgå till ca 40 % av ledningens displacement för att säkerställa att ledningen behåller sitt profilläge när återfyllning sker. Om återfyllning sker under stor försiktighet och med kontroll av att ledningens läge ej rubbas kan viktbelastningen reduceras till 15-20 % av ledningens displacement.
- För att undvika sedimentation och gasbildning i sjöförlagda tryckavloppsledningar (vilket kan leda till uppflytning av ledningen) bör vattenhastigheten hållas tillräckligt hög (minst 0,5 m/s, helst högre).
- För sugledningar (t ex intagsledningar) skall kontrolleras att ledningens säkerhet mot krypbuckling är tillräckligt hög. För tryckledningar skall kontrolleras att förekommande undertryck vid pumpstopp (t ex pga strömbortfall) ej medför bucklingsrisk. Det är härvid möjligt att tillgodoräkna sig den uppstyvande inverkan på ledningen som belastningsvikterna medför.

Belastningsvikter

Sjöledning av PE belastas vanligen genom att betongvikter monteras på ledningen. Betongvikterna, som vanligen är rotationssymmetriska, fastkläms mot PE-ledningen med bultar eller låsklossar, se fig 62.

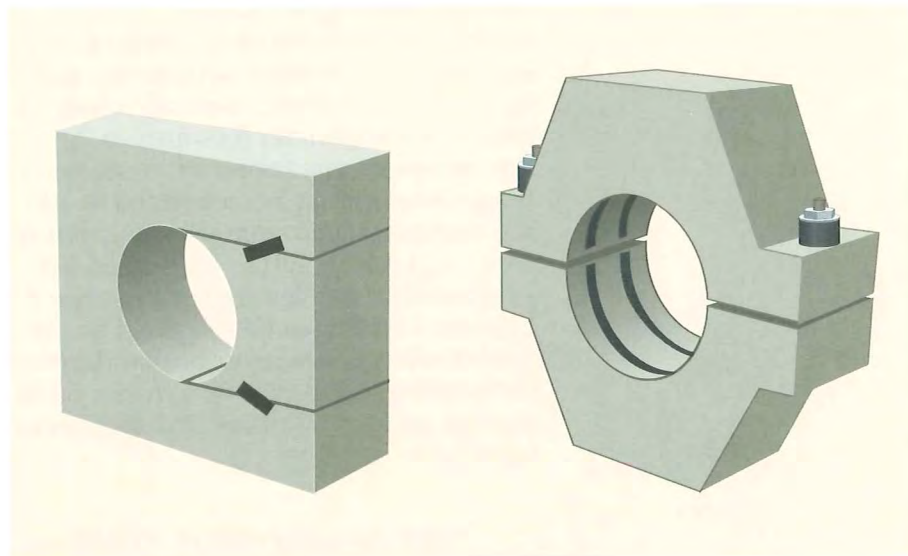


Fig. 62: Exempel på betongvikter till sjöledningar

Vikter med låsklossar bör normalt endast användas för ledningar med diameter mindre än 300 mm som skall läggas på relativt små vattendjup.

För att säkerställa att klämkraften mellan vikt och rör bibehålles så att vikterna ej glider under sänkingsoperationen bör låskilarna vara utförda av gummimaterial. Bultförsedda vikter bör helst på motsvarande sätt vara försedda med elastiska gummibussningar, se fig 63.

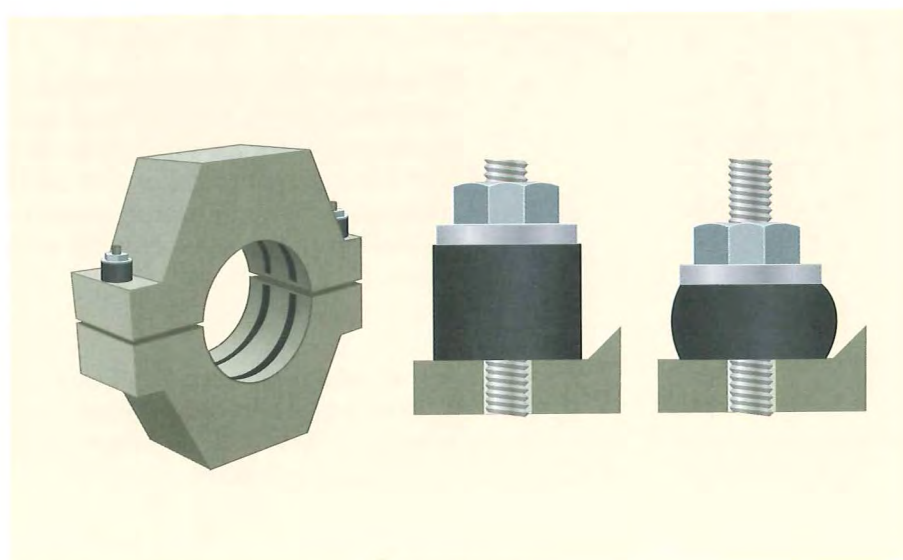


Fig. 63: Gummibussningar för betongvikt med bultar

För att undvika korrosionsproblem bör bultarna helst skyddas med hjälp av offeranoder, se fig 64.

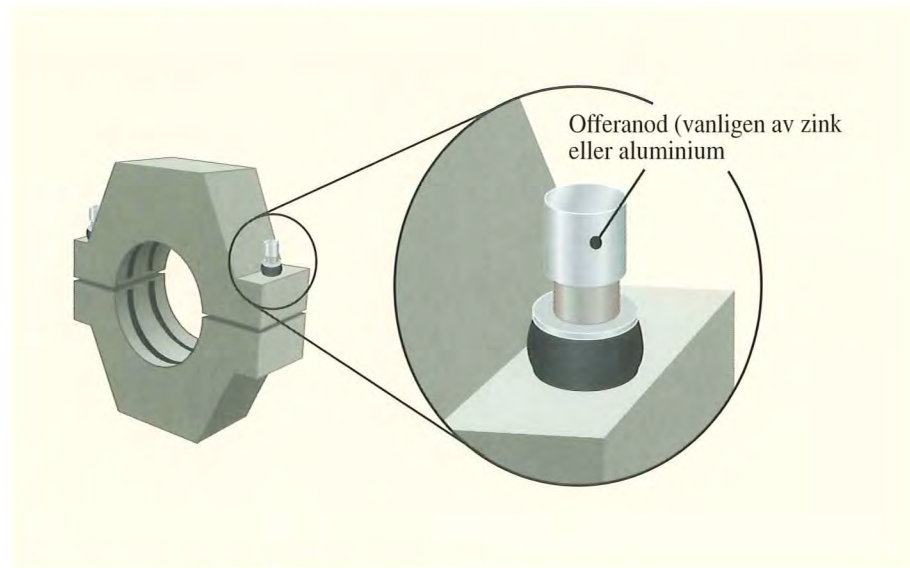


Fig. 64: Exempel på korrosionsskydd av bultar

För att undvika spänningskoncentrationer och säkerställa en god friktion mellan rör och vikt bör elastiska gummimellanlägg användas mellan rör och vikt.

Maximalt viktavstånd bör ej överstiga 5 m.

Betongvikter som monteras på likformigt avstånd utmed ledningen kommer att verka som avstyvningar på ledningen och därmed öka ledningens förmåga att motstå undertryck.

För närmare redogörelse för vikternas inverkan på ledningens motståndsförmåga mot buckling se /11/.

Installation

Före sänkning av ledningen utmärks ledningens planläge med hjälp av bojar. PE-rören sammansvetsas normalt i längder om 250-1000 m vilka sammanfogas med flänsförband. Sänkning kan ske av en eller flera sammankopplade längder. Ledningen bogseras med monterade betongvikter till sitt rätta planläge. Genom att öppna en ventil i ledningens ena ände och pumpa in vatten påbörjas säkerhetsoperationen. Vid ledningens andra ände styrs utflödet av luft med ett ventilarrangemang. Genom att styra luftutflödet avpassas sänkingshastigheten (vanligen 0,2-0,6 m/s). Under sänkingsoperationen kontrolleras att ledningen hålls i korrekt planläge. Under normala förhållanden kan en PE-ledning förläggas med en tolerans av 10 m från angivet planläge även om vattendjupet är stort. Under sänkningen kommer en del av ledningen att vila på sjöbotten medan den andra delen fortfarande flyter. Lutningen på ledningen från vattenytan till botten beror på vattendjupet, ledningens styvhet och storleken på eventuell dragkraft i ledningen. Vid stora vattendjup är det inte ovanligt att ledningen är i det närmaste vertikal under sänkningen (PE-ledningar har sänkts ned till 385 m djup).

5. LEDNINGSRENOVERING MED PLASTRÖRSYSTEM

5.1 Klassificering och dimensionering

Allmänt

Utvecklingen av produkter för renovering av vatten- och avloppsledningar går mycket snabbt. De första produktsystemen för ledningsrenovering kom i början av 80-talet. Tidigare användes vanligen standardprodukter som markavloppsrör i PVC och stumsvetsade PP- och PE-rör vid ledningsrenovering.

Metodnormering enligt ISO

Standardiseringsarbete vad gäller ledningsrenoveringsmetoder pågår inom ISO. Metodtyper för renovering av befintliga ledningar klassificeras enligt följande:

- * Infodring med kontinuerliga rör (Continuous pipe)
- * Infodring med kortrör (Discrete pipes)
- * Infodring med passformade rör (Close-Fit pipes)
- * Infodring med spirallindade rör (Spiral Wound pipe)
- * Infodring med rörsegment (Pipe Segments)
- * Infodring med flexibla foder (Cured in Place pipes)
- * Infodring med slangar (Inserted Hoses)

Metodtyper för schaktfritt utbytande av befintliga ledningar grupperas i:

- * Utbyte genom röspräckning
- * Utbyte genom mikrotunneldrivning

De vanligaste metodtyperna har närmare beskrivits i avsnitt 5.2.

Dimensionering

Beroende på vilka förutsättningar som råder kan olika renoveringsmetoder lämpa sig mer eller mindre bra. Riktlinjer för val av renoveringsmetoder finns angivna i /21/.

En renoverad ledning kan komma att utsättas för flertal olika belastningar. För en detaljerad redogörelse för vilka belastningsfall som en renoverad ledning kan utsättas för hänvisas till /21/.

Renoverade ledningar får vanligen en mindre invändig diameter än den befintliga ledningen. Ledningens hydrauliska kapacitet minskas därför vanligen något även om kapacitetsreduktionen till viss del kompenseras av att foderröret har en väsentligt slätare inneryta (och därmed lägre råhetstal) än den befintliga ledningen.

Infodring med flexibla foder och rörspräckning kan dock ge renoverade ledningar praktiskt taget samma eller till och med bättre hydraulisk kapacitet än den befintliga ledningen.

Beträffande ledningars hydrauliska kapacitet se pkt 2.4.

5.2 Utförandep Praxis

Allmänt

Utvecklingen av renoveringsmetoder har gått snabbt under 80-talet och en fortsatt utveckling kan även framledes förväntas. Den snabba utvecklingen av renoveringsmetoder har lett till att erfarenheterna av de olika metoderna är varierande. Många metoder har använts under många år och en betydande erfarenhet har härigenom vunnits. Andra metoder är ännu relativt obeprövade.

Vissa renoveringsmetoder kräver installation av specialistföretag medan andra metoder kan utföras av vanliga byggnadsentreprenörer eller ledningsägarens personal.

Vanligen krävs att ledningen inspekteras och tolkats innan lämplig renoveringsmetod kan väljas. Vad gäller utförandet av enskilda renoveringsmetoder hänvisas till rörleverantörens läggningssanvisningar.

I det följande har de olika renoveringsmetoderna kortfattat beskrivits.

Renovering med kontinuerliga rör

Renovering med kontinuerliga rör är den äldsta och mest använda renoveringsmetoden för både tryck- och självfallsledningar. Vanligen används släta rör av PE. Under slutet av 80-talet har ett utvändigt korrugerat rör med slät inneryta utvecklats för renovering av självfallsledningar. Den korrugerade ytterväggen består av PE och den släta innerytan av PE och EPDM-gummi. Den korrugerade ytterväggen och det elastiska innerskiktet gör röret flexibelt i längsled men ger en bibehållen ringstyvhet. Fogning av rören sker med en speciell svetsring.

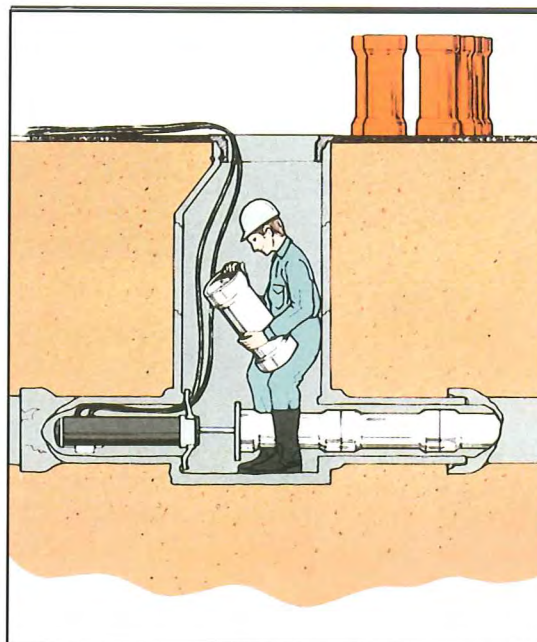
Ledningar med diameter 110 mm och större hopsvetsas vanligen på arbetsplatsen till kontinuerliga längder genom stumsvetsning. Ledningar med mindre dimensioner levereras vanligen i kontinuerliga längder på rulle.

Installation sker vanligen via schaktgropar. Korrugerade rör kan installeras genom befintliga nedstigningsbrunnar.



Renovering med kortrör

Kortrör för renoveringsändamål tillverkas av PVC, PE, PP och GAP. Kortrören kan ha både dragfasta och icke dragfasta fogar och används i huvudsak för självfallsledningar. Rör i längder om 0,5-1,0 m används för montering i befintliga nedstigningsbrunnar och i större längder (≥ 2 m) för montering i öppna schakter.



Det finns ett stort antal kortrör med varierande utseende och olika användningsområden. De vanligaste kortrören har en homogen vägg av PVC, PE, PP eller GAP. Andra rör är uppbyggda kring en sandwichkonstruktion med en termoplast eller hårdplast som bärande del. Dessutom finns speciella rör för tätning av enstaka fogar.

Fogning sker vanligen med hjälp av skutmuffar med liten bygghöjd. Vissa kortbitsrör har till och med kopplingsdelen integrerad i rörväggen så att ett helt slätt rörsystem erhålls.

Renovering med passformade rör

Renovering med passformade rör bygger på att ett rör med tillfälligt reducerad tvärsnittsarea omformas efter infodring så att ett minimalt utrymme erhålles mellan den befintliga ledningen och den nya infodringen. Infodringsröret är vanligen tillverkat av PE i särskilda dimensioner som efter tillverkning komprimeras till en mindre tvärsnittsarea. Komprimeringen kan göras antingen på plats för infodringen eller på fabrik. Den nedminskade tvärsnittsarean utformas ibland så att det blir lättare att applicera röret i den befintliga ledningen. En tvärsnittsarea som vikits eller böjts till en C-form gör det möjligt att linda relativt stora dimensioner på trumma.



Efter att infodringsröret anbringats på plats trycksätts och uppvärms infodringsröret så att detsamma återtar sin ursprungliga form. Detta åstadkoms vanligen genom att ånga cirkuleras i ledningen. Infodringsarbetet utförs av specialistföretag.

Metoden har utvecklats i första hand för renovering av lågtrycksledningar för gas men används även för renovering av va-ledningar.

Renovering med rörsegment

Metoden har utvecklats för renovering av stora självfallsledningar (≥ 800 mm) och används främst för icke cirkulära ledningar. Segmenten tillverkas vanligen av GAP och monteras manuellt i ledningarna.

Sammankoppling av segmenten sker normalt genom att skarvarna överlappar varandra i utformade spår. Segmentfogarna tätas med hjälp av fogmassa.

Vid renovering med rörsegment krävs som regel att utrymmet mellan befintlig rövåg och segmentet injekteras med cementbruk.

Renovering med flexibla foder

En snabb utveckling av olika typer av flexibla foder har skett under 1980-talet. Idag finns ett 10-tal olika produktsystem på marknaden avsedda för såväl tryck- som självfallsledningar. Flexibla foder används även för renovering av serviser och ventilationskanaler.



Exempel på montage av flexibla foder

De flexibla foderna är i huvudsak uppbyggda kring en väv eller filt av polyester eller glasfiber. Väven eller filten som dessutom kan armeras med extra glas- eller polymerfibrer, impregneras med en epoxy eller polyesterbaserad harts. Fodret införs i ohärdat tillstånd i ledningen och härdas därefter sedan det anbringats på plats. Härdningen kan utföras med ånga, varmvatten eller UV-ljus.

De flexibla foderna kan antingen färdigställas på fabrik eller impregneras på arbetsplatsen. Det är vanligt att fodren skräddarsys till varje objekt vilket gör att de flesta typer av tvärsnitt kan renoveras med metoden.

Servisinkopplingar på ett flexibelt foder görs normalt genom uppborring eller utfräsning av hål med hjälp av robotar.

Infodring med flexibla foder utförs normalt av specialistföretag.

Renovering med spirallindade rör

Denna metodtyp har i begränsad omfattning använts för renovering av självfallsledningar. Det är främst PE och PVC-profiler som används. Profilerna har längsgående dubbelspår i sidorna, vilket gör att man med mekaniska valsar i ett lindningsverktyg snäpper ihop profilen till ett rör i samma takt som det skjuts in i ledningen. Snäppkopplingen kan också förses med lim vilket ytterligare förbättrar tätheten på röret.

Lindningen av profilen sker i befintliga nedstigningsbrunnar.

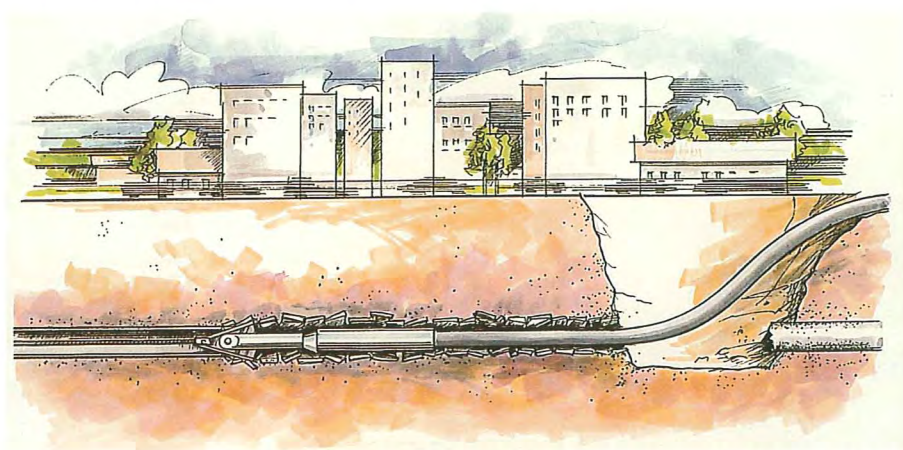
Infodringen utförs av specialistföretag.

Rörspräckning

Metoden innebär att man spräcker sönder den gamla ledningen och samtidigt drar in ett foderrör. Rörspräckningen kan göras lokalt på delar av en ledningssträcka eller på hela ledningssträckor. Spräckningen kan utföras så att de nya rören får samma eller större dimension än de befintliga.

Metoden kan användas för de flesta markförlagda ledningssystemen (avlopp, vatten, gas m m) under förutsättning att de befintliga rören är spräckbara.

Rörspräckningen kan göras med hydraulik eller pneumatik. Antingen används vajerspel för att dra ett hydrauliskt spräckningshuvud genom ledningen eller används en tryckluftdriven slaghammare vilken slår sig fram genom ledningen. Utrustningarna kan kombineras med skärande och krossande knivar av stål.



Till foderrör används främst stumsvetsade rör av PE, men kortrör av PE, PVC, PP och GAP med dragfasta fogar kan även användas.

Servisledningar framschaktas och bortkopplas innan rörspräckningen genomförs för att inte dessa skall skadas.

6. KVALITETSSÄKRING

6.1 Kvalitetssäkring i byggprocessen

Allmänt

Rörsystemen är ofta mycket viktiga för ledningsläggarna. Skulle skador uppstå på systemen drabbas ledningsägarna dels av kostnader för produktionsstörningar dels av kostnader för att reparera ledningssystem. Eftersom installationskostnaden för rörssystem är hög jämförd med kostnaden för rörmaterialet är det viktigt att såväl rörprodukterna som installationsarbetet är utförda med hög kvalitet. Som exempel kan nämnas att det är vanligt att rörkostnaden för en markförlagd ledning ofta motsvarar mindre än 20% av totalkostnaden för den markförlagda ledningen (schakt, läggning och återfyllning svarar för mer än 80% av kostnaden). För en inomhusledning uppgår kostnaden för upphängningar och montage ofta till minst lika mycket som röret kostar.

Eftersom rörsystemen representerar stora värden och skadekostnaderna kan bli betydande är det viktigt att säkra kvalitet i hela byggprocessen för att härigenom undvika framtida skadekostnader.

Felmöjligheter vid ledningsbyggande

Skador på ledningar kan uppstå genom:

- Projekteringsfel
- Byggfel
- Materialfel
- Felaktiga driftsförhållanden

Undersökningar som utförts på markförlagda ledningar visar att skador betydligt oftare kan hänföras till bygg- och projekteringsfel än till materialfel eller felaktiga driftsförhållanden /22/. För att i största möjliga utsträckning undvika fel vid ledningsbyggande är det viktigt att kontroll utförs. Kontrollen bör omfatta såväl rörprodukter, som installationsarbetet.

Mottagningskontroll på arbetsplatsen

För att säkerställa att rätt typ av rör används, bör rörens märkning kontrolleras. För att säkerställa produktkvaliteten bör vidare kontrolleras att rören har ett kvalitetsmärke (nationellt standardiseringsmärke typ SIS-märke eller KP-märke), se vidare kvalitetssäkring av rörprodukter sid 108.

Kontroll av installationsarbetet

Installationsarbetet för ledningar som är synliga kan kontrolleras genom besiktning av ledningarna.

För markförlagda ledningar kan ledningens profilläge kontrolleras med hjälp av slangställningsmätning.

Packnings- och återfyllningsarbete kring flexibla ledningar (till vilka de flesta plastledningar räknas) kan kontrolleras genom uppmätning av ledningens ovalitet. Motsvarande kontroll för styva ledningar åstadkoms genom bestämning av packningsgrad på prover tagna från kringfyllnadsmaterialet.

Deformationskontroll utförs vanligen efter någon av följande standarder:

Land	Provningsnorm
Danmark	DS 430
Finland	RIL 77
Norge	NS 3420 och NS 3552
Sverige	VAV P50, SPF-rapport 01 /29, 12/

Se även avsnitt tillåten ovalitet sid. 36.

Täthetsprovning

Genom att täthetsprova en ledning kontrolleras att fogningen av rören utförts riktigt. För kontroll av svetsfogar på PE-ledningar kan även kontroll av svetsparametrar vara motiverad. Se avsnitt stumsvetsning, sid 25. För täthetsprovning av va-ledningar av plast tillämpas följande normer i Norden:

Täthetsprovningssnormer för tryckledning av plast

Land	Provningsnorm
Danmark	DS 2119 och DS 972
Finland	SFS 3115
Norge	NS 3420 och NS 3551
Sverige	VAV P 78 och P 79 /27, 28/

<i>Täthetsprovningssnormer för självfallsledningar av plast</i>	Land	Provningssnormer
	Danmark	DS 455
	Finland	SFS 3113, SFS 3114
	Norge	NS 3420, NS 3550 och NS 3551
	Sverige	VAV P50, och SPF-rapport 01 /29, 12/

6.2 Kvalitetssäkring av rörprodukter

Allmänt

Plaströr och rördelar har i de flesta fall någon form av godkännande- eller kvalitetsmärkning. Syftet med märkningen är att visa att produkten uppfyller krav och rekommendationer från användare och myndigheter.

För samtliga nedan beskrivna märkningsformer gäller att produkterna är föremål för journalförd tillverkningskontroll av rörtillverkaren samt regelbunden extern kontroll av opartisk provningsanstalt (i Sverige SP). Provningsanstalten granskar företagets provningsjournaler och kontrollprovar produkterna.

Märkningen blir på så sätt en garanti för att produkten uppfyller normerade krav, vilket i sin tur innebär att den tryggt kan användas för sitt avsedda ändmål.

6.3 Nationell kvalitetsmärkning för standardiserade produkter

Allmänt

För standardiserade plaströrprodukter i Norden finns DS-, NS-, SFS- och SIS-märkning beroende på mot vilken nationell standard produkten certifierats. I Sverige tillämpas SIS-märkning, vilket ges av SIS (Standardiseringskommissionen i Sverige) sedan produkten vid provning visats uppfylla kraven i Svensk Standard. I Finland tillämpas förutom SFS-märkning även TKK-märkning (gasrörprodukter).

6.4 Nationell kvalitetsmärkning för icke standardiserade produkter

KP-märkning

För icke standardiserade plaströrsprodukter tillämpas i Sverige KP-märkning.

Kontrollrådet för plaströr (KP-rådet) är ett organ, som består av representanter för brukarna (Vatten- och Avloppsverksförbundet, VAV), konsulterna (Arkitekt och Ingenjörsföretagen), byggtreprenörerna (Byggtreprenörförbundet), plaströrtillverkarna (Plast- och Kemibranscherna/NPG), provningsorganen (Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP) och det för plaströr akrediterade godkännandeorganet (SP Certifiering).

KP-rådet utfärdar tillstånd att märka produkter för VA-området med rådets märke "KP" sedan produkterna genom provning visats uppfylla av rådet godkända kravspecifikationer. Dessa kan vara utarbetade av branschorganisationer eller av enskilda företag.

Rådet har en viktig uppgift, som granskare av och kvalitetsgarant för produkter för vilka standard ännu ej finns.

Typgodkännanden

Typgodkännanden utfärdas av VAV, Boverket eller Jordbruksverket. Typgodkännande baseras vanligen på regler som uppställts beträffande funktion och lämplighet. Standardiserade, SIS-märkta produkter är ofta generellt typgodkända av respektive organ.

P-märkning

Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut kan för icke standardiserade produkter medge rätt till kvalitetsmärkning med symbolen "P". Märkningen blir vanligen bara aktuell för produkter och användningsområden där en etablerad godkännandeform saknas. För plaströrsprodukter finns för närvarande godkännanderegler för kabelrör och vägtrummor.

Europeisk kvalitetsmärkning

I den europeiska standardiseringskommissionen, CEN, pågår för närvarande ett omfattande arbete med att utforma harmoniserade europeiska standarder på byggområdet. Sverige har redan nu i princip förbundit sig att anta dessa kommande Euronorms (EN), som svenska standarder. De nuvarande nationella standarderna kommer därför att successivt ersättas av Europa-standarder.

Även i de sammanhang där typgodkännandeformen blir aktuell kommer ett europeiskt system att etableras för godkännande av ej standardiserade produkter, European Technical Approval (ETA). På längre sikt kommer sannolikt KP- och P-märkning att ersättas av ETA-godkännanden.

Den europeiska kvalitetsmärkningen av plaströrsprodukter kan förväntas träda i kraft i slutet på 1990-talet och i början på 2000-talet.

EN-standarder och ETA-godkännanden kommer att gälla i alla länder som är anslutna till CEN (för närvarande 18 länder).

6.5 Skadestatistik

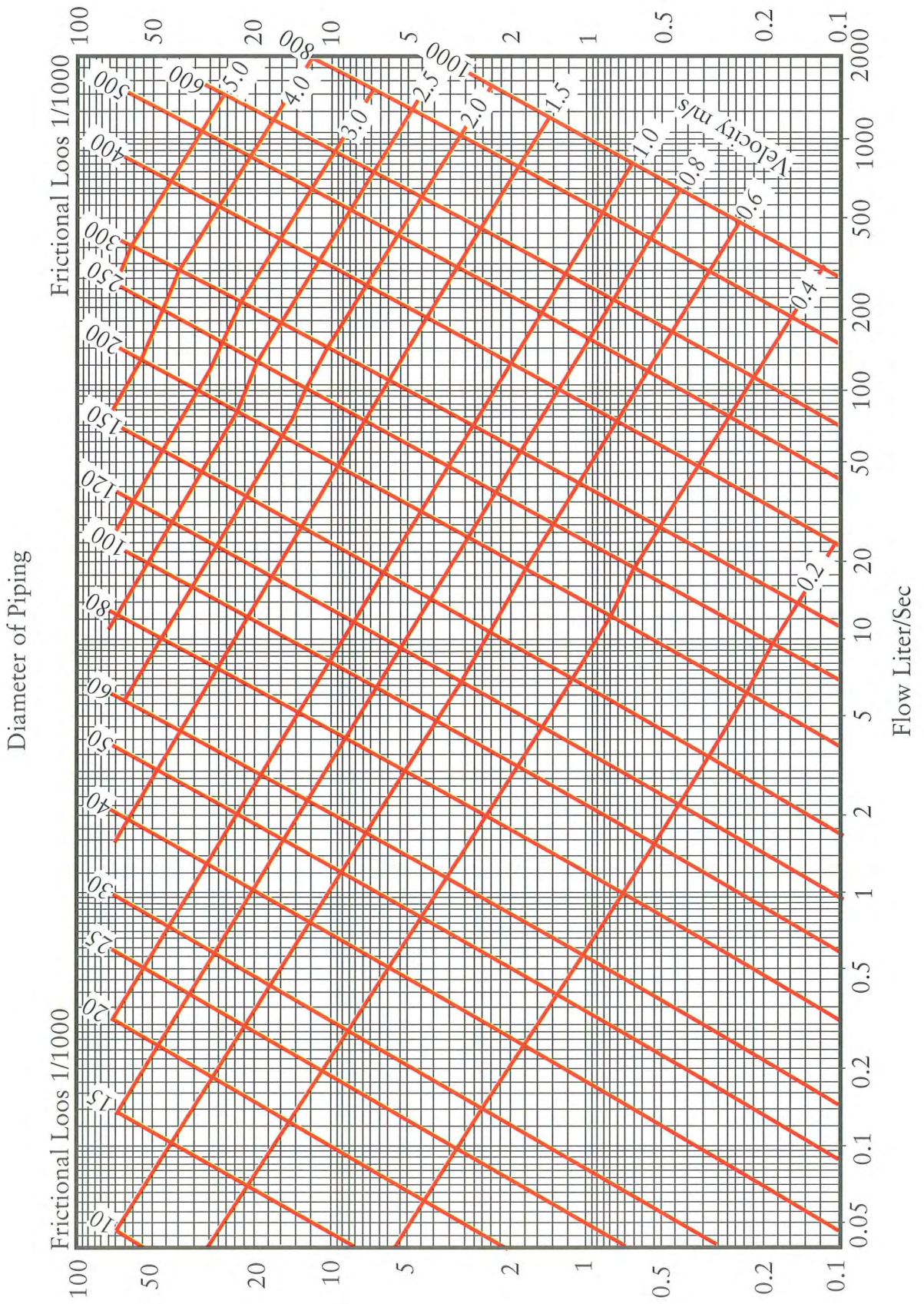
Termoplaströr har generellt visat sig vara mycket driftsäkra och rapporterade skador är få. PVC-rören hade problem med en fogtyp i slutet på 60-talet, vilket avspeglar sig i skadestatistiken. En sammanställning av uppmätta skadefrekvenser för olika rörmaterial vid olika svenska undersökningar under perioden 1974 -1990 har redovisats i tabell 15.

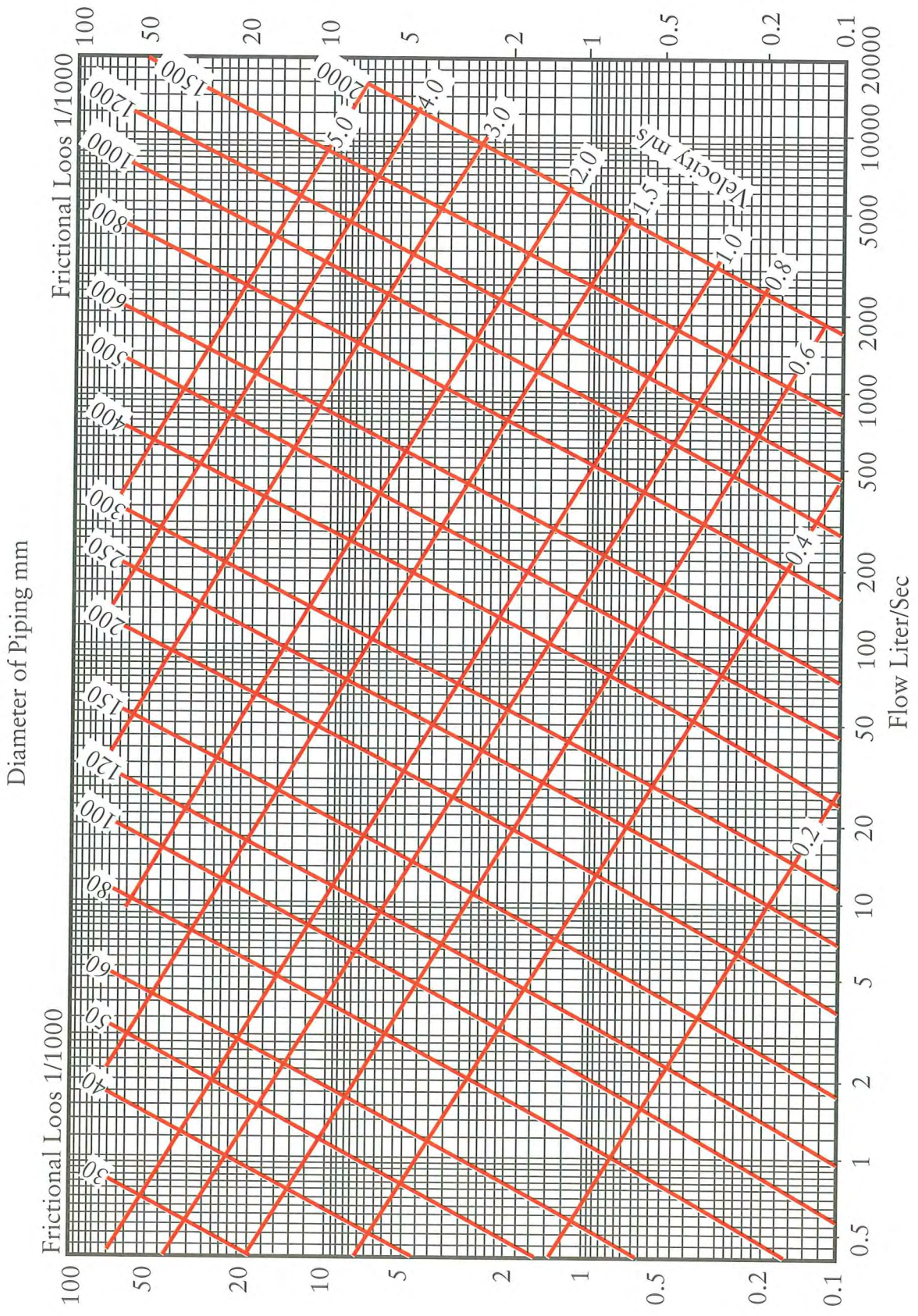
Tabell 15: Driftstörningsfrekvenser i kommunala vattenledningar i Sverige

Undersökn.-period	1974	1975-1977	1978	1986	1986-1990
Antal kommuner	8	12	20	11	11
Tot. ledn. längd (km)	5450	4400	7320	5517	1473
Undersökn. utförd av	VAV	VAV	VAV	VAV	NPG
Rörmaterial	Skadefrekvens (skador/10 km, år)				
PVC	2,8	3,5	1,9	1,0	0,79*
PE	0,3	0,7	0,5	0,3	0,16
Segjärn	0,2	0,1	0,1	0,4	
Gjutjärn	1,0	2,0	1,4	1,9	
Galv. stål	1,0	0,8	0,7	1,4	
Övr. stål	1,6	3,5	3,2	3,3	
Genomsnitt	1,0	1,6	1,2	1,3	

* För PVC-rör tillverkade efter 1973 är skadefrekvensen 0,06 skador/10 km, år.

De relativt höga skadefrekvenser som uppmäts för PVC-rör beror helt på det stora antal skador som inträffat i en viss typ av formsprutade muffar (s k EHRI-muffar) som tillverkats under perioden 1968 - 1972. PVC-rör tillverkade efter 1973 uppvisar mycket låga skadefrekvenser (0,06 skador per 10 km,år). De fåtal skador som inträffat i PE-rör samt PVC-rör tillverkade efter 1973 har till ca 70% inträffat i fogar. Dessa skador kan i praktiken helt hänföras till bygg- och projekteringsfel. Vad gäller rörskador har såväl PE-rör generellt som PVC-rör byggda efter 1973 en så låg skadefrekvens som 0,02 skador/10 km, år, vilket torde göra dessa rörmaterial till bland de driftsäkraste som finns. För en närmare redogörelse för skador på PVC- och PE-ledningar i kommunala vattenledningsnät se /23/.





REFERENSER

1. Plaster. Materialval och materialdata. Sveriges Verkstadsindustrier 1995.
2. Konstruera i plast. Sveriges Verkstadsindustrier 1997.
3. JANSON, L-E: Plastic Pipes for Water Supply and Sewage Disposal. Bok utgiven av Borealis 1996.
4. SCHOENEN, D and SCHÖLER H.F: Microbial alterations of drinking water by building materials field observations and laboratory studies. Proc. Water Quality Techn. Conf; Advances in Water and Treatment, Houston Dec. 8-11, 1985.
5. COLBOURNE, J: Materials usage and their effects on the microbiological quality of water supplies. Proc. Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement 1985, 47S-59S.
6. BJÖRKLUND, I: Biologisk påväxt i plaströr. Resultat från en litteraturstudie. NPG-seminarium 1989.
7. BJÖRKLUND, I: PM om nötning.
8. "Flexibla rörsystem" broschyr från Wavin 1992.
9. JANSON, L-E och MOLIN, J: Design and Installation of Buried Plastic Pipes. Bok utgiven av Wavin 1991.
10. ELZINK, MOLIN: "25 year experience ..." sept. 1992.
11. JANSON, L-E: Long-term Studies of PVC and PE Pipes subjected to constant Deflection. KP-Council report no 3, Stockholm 1992.
12. Markavloppsrör av styv PVC och PE. SPF teknisk rapport 01.
13. RIL 77-1990. Thermoplastic pipes installed underground or under water. Layin instructions.
14. Rörbok yttre rörledning. Svensk Byggtjänst 1983.
15. VAV P58. Tryckslag i VA-anläggningar. Stockholm 1988.
16. Plaströr i utveckling. Va-kompendium utgivet av Svenska Wavin 1988.
17. Läggningsanvisningar för husgrundsdränering. Plast- och Kemibranscherna 1997.
18. Läggningsanvisningar för jordbruks- och väg-dränering, Jordbruksverket / Vägverket / Plast- och Kemibranscherna 1996.
19. JANSON, L-E: Plastics Pipes - How long can they last? KP-Council report nr 4, Stockholm 1996.
20. LARSEN, I: Development and propagation of underpressure fronts influenced by buckling of the pipe wall. VBB special report 07:77.1.
21. VAV P66. Renovering av avloppsledningar. Stockholm 1989.
22. VAV M60. Skador hos ledningar i mark. Stockholm 1988.
23. BJÖRKLUND, I: Plastic Pipes in Water Distribution Systems. A Study of Failure Frequencies.
24. NORDISKA PLASTRÖRGRUPPEN: Miljøvurdering af afløpsrør i PVC, PE, PP og BETON, 1997.
25. VAV P70. Anvisningar för projektering och utförande av markförlagda självfallsledningar av plast. Stockholm 1992.
26. SS EN 1610
27. VAV P78. Anvisningar för täthetsprovning av tryckledningar. Stockholm 1997.
28. VAV P79. Anvisningar för täthetsprovning av tryckledningar enl. VoV Bk 21. Stockholm 1998.
29. VAV P50. Anvisningar för provning i fält av avloppsledningar för självfall. Stockholm 1986.

**NPG Nordiska
Plaströrgruppen** 

Box 105 • 101 22 STOCKHOLM
Tel.: 08 - 402 13 79 • Fax: 08 - 411 45 26