



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R29:1984

Renovering av avloppsledningar

Metoder och erfarenheter

Göran Rastborg
Stig Åhlander

R
Adc

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac ser

BYGGDOK

Institutet för byggdokumentation

Hälsingegatan 49 42

113 31 Stockholm SWEDEN

Tel. 08-34 01 70 Telex 12563

Byggeforskningsrådet

R29:1984

RENOVERING AV AVLOPPSLEDNINGAR
Metoder och erfarenheter

Göran Rastborg
Stig Åhlander

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810953-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till VIAK AB, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R29:1984

ISBN 91-540-4089-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

		Sid
1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Projektet	2
1.3	Organisation	2
2	ENKÄTUNDERSÖKNING	4
3	METODBESKRIVNING MED ERFARENHETER OCH EXEMPEL	7
3.1	Metodöversikt	7
3.2	Injektering med acrylamid	8
3.2.1	Allmänt	8
3.2.2	Utförande	9
3.2.3	Erfarenheter	9
3.2.4	Exempel	11
3.3	Injektering med polyuretan	13
3.3.1	Allmänt	13
3.3.2	Utförande	13
3.3.3	Erfarenheter	16
3.3.4	Exempel	17
3.4	Injektering med cementbruk	25
3.4.1	Allmänt	25
3.4.2	Utförande	25
3.4.3	Erfarenheter	25
3.4.4	Exempel	26
3.5	Injektering med asfalt- modifierad uretan	27
3.5.1	Allmänt	27
3.5.2	Utförande	27
3.5.3	Erfarenheter	27
3.5.4	Exempel	27
3.6	Infodring med polyesterstrumpa	28
3.6.1	Allmänt	28
3.6.2	Utförande	28
3.6.3	Erfarenheter	30
3.6.4	Exempel	34
3.7	Infodring med PEH-rör	36
3.7.1	Allmänt	36
3.7.2	Utförande	38
3.7.3	Erfarenheter	44
3.7.4	Exempel	45
3.8	Infodring med PVC-rör	50
3.8.1	Allmänt	50
3.8.2	Utförande	53
3.8.3	Erfarenheter	54
3.8.4	Exempel	55
3.9	Infodring med glasfiberelement	60
3.9.1	Allmänt	60
3.9.2	Utförande	60
3.9.3	Erfarenheter	61
3.9.4	Exempel	61
3.10	Övriga metoder	67

		Sid
4	SLUTSATSER. REKOMMENDATIONER	69
4.1	Undersökning av förnyelsebehovet	69
4.2	Förarbeten	70
4.3	För- och nackdelar för renovering	71
4.4	Val av renoveringsmetod	73
5	KOSTNADER VID RENOVERING	76
6	FORTSATT UTVECKLING	80
7	LITTERATUR	81

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Va-ledningarnas förnyelsebehov är en fråga som under senare år fångat ett allt större intresse hos va-folk världen över. En förklaring till det ökade intresset i Sverige kan vara följande.

Under den starka utbyggnaden av ledningsnätet på 1960- och 70-talet försummade man på flera håll att förnya det åldrande befintliga ledningsnätet i erforderlig utsträckning. När utbyggnadstakten nu avtar, så har man fått mera tid till översyn av det befintliga ledningsnätets tillstånd. Detta har medfört ökad insikt om behovet och betydelsen av ökade insatser på upprustning och förnyelse. Skälen till förnyelseåtgärder är främst miljö- och driftsekonomiska.

Problemen med våra avloppsledningar är huvudsakligen läckning och kapacitetsminskning och mera sällan hållfasthetsproblem. Det är inte ovanligt att inläckaget är lika stort som det legala spillvattenflödet. Inläckaget är störst där grundvattenytan ligger över ledningen, men förekommer även i torrt förlagda ledningar i samband med regn och snösmältning. Inläckningen sker förutom via otätheter i ledningar även via otäta brunnar. Utläckning kan ske där grundvattenytan ligger under ledningen. Grundvattnet riskerar därvid att förorenas.

Kan man minska inläckningen, kan reningskostnaden minskas och nyinvesteringar i reningsverk undvikas eller skjutas på framtiden. Vidare innebär det minskade pumpningskostnader, minskad bräddvattenmängd och mindre risk för översvämning.

Inläckningen medför även risker för grundvattensänkning, vilket i sin tur kan ge upphov till sättningsskador i omgivningen. Risk för sättning och punktbelastningar på ledningen finns också på grund av den urvaskning av kringfyllningsmassor som inläckage kan medföra.

I Storbritannien och USA, där ledningsnäten till stora delar är äldre än vårt, insåg man i början på 1960-talet på allvar det ökande behovet av förnyelse. För att möta detta behov startades en utveckling av renoveringsteknik som alternativ till om- och nyläggning. Denna innebär att man med olika metoder kunde förnya och förlänga befintliga avloppsledningars livslängd utan att behöva vidtaga konventionell om- eller nyläggning.

Metoderna innebar t ex att man med fjärrstyrd utrustning injekterade i läckande fogar eller att man tätade och i vissa fall förstärkte befintliga ledningar genom att införa plaströr.

Renoveringstekniken har utvecklats efter hand och har fått en spridning till stora delar av världen. I Sverige har renovering av avloppsledningar förekommit sedan 1967. De viktigaste fördelarna med renovering jämfört med om- eller nyläggning är:

- Reducerade kostnader
- Reducerad anläggningstid
- Mindre markarbeten och trafikstörningar
- Mindre olägenheter för allmänheten och brukarna under anläggningstiden

1.2 Projektet

Projektet omfattar renovering av avloppsledningar, metoder och erfarenheter. Renovering har i detta sammanhang definierats såsom åtgärder för att återställa en lednings goda funktion, tillgängliga kapacitet och styrka samt att förlänga dess livslängd utan att ledningen om- eller nylägges. I Sverige liksom i Norge har renovering förekommit i ca 15 år. Under dessa år har det skett en fortlöpande utveckling av renoveringsmetoderna både material- och utförandetekniskt. Behov av en samlad presentation av dessa metoder, samt av erfarenheter från utförda anläggningar föreligger idag.

Målsättningen med denna rapport har varit att

- beskriva förekommande metoder och sammanfatta erfarenheter från utförda renoveringsarbeten, främst i Sverige och Norge
- bedöma de olika renoveringsmetodernas användningsområden och begränsningar
- ge en översikt över och värdera krav på förundersökningar, förarbeten och kontroll för respektive metod
- ge en översikt över kostnader för renoveringsarbeten

1.3 Organisation

Projektet är ett norsk/svenskt samarbetsprojekt, som finansierats av Byggeforskningsrådet (BFR) i Sverige och Statens forurensningstilsyn (SFT) i Norge.

Det har bedrivits av en projektgrupp i respektive land och materialet har sammanställts till samordnade rapporter.

Rapportmaterialet har framtagits genom bl a litteraturstudier, enkätundersökningar, uppföljning av äldre anläggningar och anläggningar under utförande, intervjuer med beställare, arbetsledning, entreprenörer och tillverkare.

I projektet har en referensgrupp deltagit med värdefulla synpunkter om det aktuella ämnet. Referensgruppen har bestått av:

Örjan Eriksson	Byggforskningsrådet
Terje Farestveit	Statens Forurensningstilsyn
Sveinung Saegrov	Projekt Transport av Vann
Erling Holm	Teknologiska Institutet, Danmark
Bertil Rithander	VAV
Gilbert Svensson	Chalmers Tekniska Högskola
Per-Arne Malmqvist	VIAK AB

Den norska projektgruppen representerar civilingenjör Elliot Strømme A/S och har bestått av Svein Endresen, Stein Røed och Lars Hjermestad.

Den svenska projektgruppen representerar VIAK AB och har bestått av Göran Rastborg och Stig Ahlander.

2 ENKÄTUNDERSÖKNING

För att klarlägga omfattning och erfarenheter av renovering av avloppsledningar i Sverige har en enkätundersökning utförts.

Enkäten tillsändes i oktober 1982 gatukontoren eller motsvarande i landets samtliga kommuner (284 st). Vi erhöll svar från 183 st av dessa. Av de som ej besvarade enkäten är flertalet mindre landsbygdskommuner, som kan förutsättas ha ringa erfarenheter av renovering.

I enkäten frågade vi bl a följande:

- 1 Har ni utfört renovering av avloppsledningar?
- 2 Vilka renoveringsmetoder har använts?
- 3 Hur många anläggningar och hur lång ledningssträcka har utförts med respektive metod?
- 4 Vem har utfört arbetena?
- 5 Hur har renoveringsarbetet utförts?
- 6 Vilka material har använts?
- 7 Vad kostade renoveringsarbetet?
- 8 Vad har ni för omdöme om utförda renoveringar?

Av de 183 erhållna enkätsvaren uppgav 107 st att renovering av huvudledningar för avloppsvatten hade utförts. 32 kommuner uppgav att de även renoverat servisledningar. Renovering av servisledningar behandlas i övrigt ej i denna rapport. Svaren på fråga 2-4 har sammanställts i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Utförda renoveringar av avloppsledningar i Sverige t o m 1982

Renoveringsmetod	Antal kommuner	Antal anläggningar	Antal km	Utfört av
Foginjektering			8	Entreprenör
- Polyuretan	33	50		
- Cementbruk	6	10		
- Asfaltmodifierad uretan	3	4		

forts Tabell 2.1

Renoverings- metod	Antal kommuner	Antal anlägg- ningar	Antal km	Utfört av
Infodring				
- PEH-rör	49	142	29	Egen regi 30 st Entreprenör 16 st
- PVC-rör	57	229	16	Egen regi 52 st Entreprenör 5 st
- Polyesterstrumpa	7	14	2	Entreprenör
- Glasfibrelement	2	2	0,5	Entreprenör
- GAP-rör	1	1		Entreprenör
- Gummimanschetter	1	1		Entreprenör

Anm De tre mest använda metoderna i Norge är:

- Foginjektering med acrylamid, ca 25 km
- Infodring med PEH-rör, ca 20 km
- Infodring med polyesterstrumpa, ca 28 km

Svaren på fråga 5-8 är sammanställda och inarbetade i Kapitel 3 "Metodbeskrivningar med erfarenheter och exempel".

Nedan följer en sammanställning av några övriga frågor och svar från enkätundersökningen.

- 9 Vilken/vilka har varit de vanligaste orsakerna till utförda renoveringar?
- Läckande fogar 81 kommuner
 - Spruckna rör 50 kommuner
 - Inträngande rötter 44 kommuner
- 10 Vad använder ni för metoder för att upptäcka läckor och felkopplingar i äldre avloppsledningsnät?
- TV-undersökningar 141 kommuner
 - Flödesmätning i nedstigningsbrunnar 54 kommuner
 - Pumpdriftsregistrering i avloppspumpstationer 50 kommuner
 - Okulärbesiktning i nedstigningsbrunnar 104 kommuner

- 11 Vilken/vilka av följande metoder har ni använt för rengöring av avloppsledningar före renovering?
- Högtrycksspolning 119 kommuner
 - Mekanisk rengöring 22 kommuner
 - Rotavskärning 41 kommuner
 - Kemisk rotbekämpning 2 kommuner
- 12 Har ni utfört tätningar av läckande nedstigningsbrunnar?
- Ja 153 kommuner
 - Nej 30 kommuner
- 13 Vilken/vilka metoder har ni använt?
- Merparten uppger att de tätat fogarna med olika typer av cement med diverse tillsatser. Erfarenheterna är blandade. I Sverige har i enstaka fall bl a följande metoder använts.
 - Injektering med polyuretan
 - Injektering med bentonit
 - Infodring med FSP-rör
 - Tätning med fogstrumpa (gummimanschett), krympförband, termolinda, bilslangar och expanderande garn.

Slutligen ställdes frågan om planerad renoveringsverksamhet det närmaste halvåret

- 47 kommuner uppgav att de hade sådana planer.

3 METODBESKRIVNINGAR MED ERFARENHETER OCH EXEMPEL

3.1 Allmänt

Renovering av avloppsledningar kan utföras enligt tre huvudprinciper. Varje princip representerar flera metoder. De olika principerna och de mest använda metoderna är nämnda under punkt I-III.

I Foginjektering

Metoder där kemikalier, cementbruk o dyl injekteras i rörfogar. Dessa metoder används vid tätning av otäta betongrör och kräver att rören i sig är av god kvalitet utan längsgående sprickor och deformationer.

De vanligaste metoderna är injektering med polyuretan (främst i Sverige) och acrylamid (främst i Norge).

II Infodring (Relining)

Metoder där befintlig ledning infodras med nya rör (PEH, PVC eller GAP), element av glasfiberarmerad -cement eller -polyester, eller med en flexibel strumpa impregnerad med polyester eller liknande.

Vid infodring får man ett nytt rör inne i det gamla. Metoderna kan förutom tätning medföra en förstärkning av befintlig ledning, speciellt om utrymmet mellan rören injekteras. I Sverige har man huvudsakligen infodrat med PEH- respektive PVC-rör, medan man i Norge vid sidan av PEH-rör främst har nyttjat polyester-strumpa (Insituform).

III Beläggning

Metoder där befintlig lednings inneryta belägges med epoxy, glasfiberarmerad polyester, cementbruk etc. Dessa metoder har kommit till ringa användning i Skandinavien när det gäller avloppsledningar.

Val av lämplig renoveringsmetod är beroende av både tekniska och ekonomiska förhållanden. Det är viktigt att aktuell ledning i förhand blir noggrant undersökt. Kännedom om ledningens tillstånd, lokala faktorer, framtida behov och förhållanden som kan påverka ledningen är nödvändiga för att uppnå bästa möjliga resultat.

Kostnader angivna i exemplen för respektive metod är ej indexreglerade. För exemplen från Norge är kostnaderna angivna i Norska kronor (Nkr). 1 Nkr = 1,06 Skr (83.11.09).

De i rapporten upptagna erfarenheterna för de olika renoveringsmetoderna bygger ej enbart på här redovisade exempel utan på ett stort antal ej här redovisade.

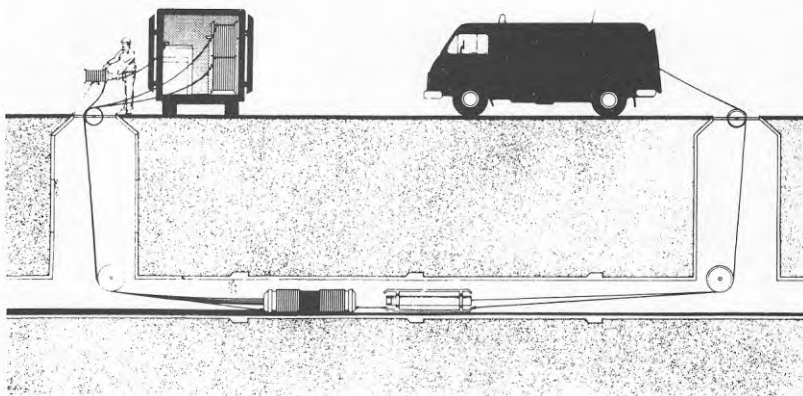
3.2 Injektering med acrylamid

3.2.1 Allmänt

Injektering av avloppsledningar med acrylamid har utförts i USA sedan början av 1960-talet. I Norge har metoden använts sedan 1975, medan metoden i Sverige är så gott som okänd. Metoden lämpar sig i första hand för tätning av rörfogar, men även små hål och mindre tvärgående sprickor på rören kan tätas.

Rör som har längsgående sprickor eller är delvis spräckta eller söndervittrade lämpar sig ej för injektering. En förutsättning för användning av metoden är att ledningens mekaniska styrka är intakt.

Så gott som all injektering av avloppsledningar i Norge utförs med acrylamid. Den mobila utrustning som används visas i figur 3.2.1. Bilen t v innehåller injekteringsutrustningen och bilen t h utrustning för TV-inspektion.



Figur 3.2.1 Injektering med acrylamid.

Acrylamid, som är en tvåkomponentmassa, injekteras med hjälp av ett tätningsskyl, s k tryckhuvud. Den polymeriserar och bildar en geléaktig massa (gel). Det är viktigt att tillräckligt med acrylamid pressas ut i kringfyllningsmassorna kring röret. Utpressningen bör ske gradvis. Då får redan utpumpad massa tid till att "sätta sig" och tillsammans med omgivande jordmassor bilda ett acceptabelt mottryck. Det är tätningen och

stabiliseringen av jordmassorna kring röret som är avgörande för en lyckad injektering. Härdad acrylamidgel endast i själva rörfogen spolas lätt iväg och betyder en dålig tätning mot läckage.

Den acrylamid som används i Norge idag levereras av en fransk fabrikant (Rhone-Poulenc). Tidigare användes bl a en amerikansk produkt AM 9. Denna produkt togs emellertid bort från marknaden 1978 efter det att giftigheten hos den ingående katalysatorn (DMPN) blev klarlagd. Det påvisades bl a över 50 förgiftningstillfällen vid användning av AM 9. DMPN har nu ersatts av andra medel.

I Norge utförs injektering med acrylamid av en specialfirma A/S Rehab. Firman utför även rengöring och TV-inspektion av ledningarna.

3.2.2 Utförande

Acrylamid-gel levereras i pulver- eller vätskeform. Pulvret löses upp i vatten innan det pumpas ut till tryckhuvudet. Härdningstiden för gelen (geltiden) bestäms först och främst av vilka medel som tillsätts acrylamiden, men delvis även av temperaturen. Som regel används en gel-tid på 15-25 sekunder.

Innan själva injekteringen påbörjas bör ledningen vara TV-undersökt, rengjord och fri från rötter. Eventuellt kan viss förbipumpning vara nödvändig vid större flöden.

Kemikalierna pumpas fram till tryckhuvudet inne i ledningen, där acrylamiden och tillsatsmedlen blandas omedelbart före själva injekteringen. Tryckhuvudet har ett genomgående hål och tillåter därför en viss vattenföring i ledningen medan arbetet pågår.

Utan tillsatsmedel har acrylamiden samma viskositet som vatten. Vid tillsättning av finmaterial, som t ex bentonit, ökar viskositeten och tryckhållfastheten. Beroende på grundens beskaffenhet och andra totala förhållanden tillsättes olika medel för att förbättra acrylamidens egenskaper.

Vid injekteringen registrerar en manometer, som är fäst vid tryckhuvudet, det mottryck man får mot de omkringliggande jordmassorna. Uppnås icke det önskade mottrycket genast, regleras tillsättningen av kemikalier för att ändra geltiden.

3.2.3 Erfarenheter

Innan injekteringsarbetet kan påbörjas bör ledningen vara noggrant rengjord och även TV-undersökt. Dålig rengöring kan medföra att det ej blir tillräcklig vid-

haftning mellan tryckhuvudets ändelement och rörväggen. Därmed kan man få utpressning av gel i röret och problem med att uppnå mottryck mot jordmassorna.

Atgången av acrylamid per fog varierar med rördiametern och typ av kringfyllningsmassor. Vid någorlunda tätta massor med sand och grus används vanligtvis 1 liter acrylamid per tum rördiameter. Resultatet från ett antal arbeten visar att detta samband bör kunna användas vid en förhandskalkylering av kostnader m m.

Ekonomisk användning av injektering med acrylamid kräver att operatören har solid erfarenhet och träning. I Norge utförs arbetena av en enda specialfirma. Ett arbetslag på två operatörer kan betjäna TV-bil och injekteringsutrustning. Vanligtvis kan ett arbetslag injektera 30-50 fogar per dag, beroende på brunnsavstånd och antalet fogar som skall tätas på varje sträcka. Placering av tryckhuvud, blandning, injektering och täthetsprovning tar i genomsnitt ca 5 minuter per fog vid normala anläggningar. Därutöver tillkommer alla förarbeten, etablering och ometablering.

För flera anläggningar har det visat sig att p g a förhöjning av grundvattenytan och ökat tryck borde injektering av alla fogar ha utförts och inte bara de, där läckage har registrerats. Tätning av enstaka fogar medför ofta att läckage uppstår i andra fogar. Detta gäller både vid in- och utläckning. Anläggningar med delvis injekterade ledningssträckor har ofta blivit betraktade som misslyckade p g a detta förhållande.

Till och ifrån kan injekterade fogar på nytt bli otäta. Detta kan ha flera orsaker. Man kan ha använt acrylamid med för kort gel-tid. Massan kan då stelna innan den har spritt sig tillräckligt.

Tidigare användes metoden oberoende av anläggningstyp och kringfyllningsmassor. Detta medförde ofta stor gelförbrukning vid grova kringfyllningsmassor utan att effektiv tätning uppnåddes. Genom tillsättning av finmaterial till acrylamidblandningen förbättrades förhållandena. Om problemet är utläckning och kringfyllningsmassorna till största delen består av grov sten o dyl rekommenderas ej denna metod.

Härdad gel innehåller 80-90% vatten. Vid uttorkning krymper gelen med upp till 80% av ursprunglig volym, men sväller igen vid vattentillförsel. För anläggningar över grundvattenytan med varierande fuktighetsförhållanden kan det antagas att gelen efter hand kan spricka upp p g a uttorkning och växling mellan krympning och svällning.

Härdad gel har en viss elasticitet, som tillåter en viss rörelse i fogen. Små sättningar kan därför tolereras efter renoveringen.

Frys/tiningsförsök med härdad gel visar att den har god frostbeständighet. Vid injektering vid låg temperatur tillsätts ofta glykol för att sänka fryspunkten för acrylamidblandningen. Härdad gel har visat sig ha god motståndskraft både mot angrepp av kemiska vätskor och bakterier.

3.2.4 Exempel

Ex 1 Anläggning i Stavangers kommun (Norge)

Anläggningsdata

Ledningstyp	Kombinerad avloppsledning i betong. Alder okänd.
Dimension	Ø 200 - 300 mm
Tillstånd	Öppna fogar och en del sprickor. Utläckning till marken och vidare in i källare. Driftsproblem.
Lokalisering	Ledningen ligger i gatumark delvis under grundvattenytan.

Renoveringsdata

Utförandeår	1979, 1981 och 1982.
Förundersökningar förberedelser m m	Inga speciella förundersökningar. Ledningen blev rengjord före reno- veringen.
Metodval	Infodring med PEH-ledning skulle bli för dyrt p g a svåra arbets- förhållanden med uppgrävningar och tillkopplingar. Dessutom förekom avvinklingar på ledningen. Injek- tering med acrylamid och infodring med polyesterstrumpa värderades. Injekteringen valdes p g a lägre pris och viss skepsis till utborr- ning av anslutande servisledningar.
Utförande	Totalt injekterades ca 650 m led- ning med AM 9. Ca 50 m blev utfört 1979 som en introduktion av meto- den. Senare blev ca 600 m ledning injekterad 1981 och 1982. Man an- vände en härdningstid på 30 sekun- der.
Problem vid utförandet	6-7 tunnor med flytande injekte- ringsmaterial måste kasseras, eftersom medlet hade klumpat ihop sig. Senare levererades medlet i pulverform.

Kontroll Sträckningen som injekterades 1979 TV-inspekterades efter ca 1 år. Självva tätningen såg då bra ut, men man upptäckte då sprickor och brott i rören, varför sträckningen lades om 1980.

TV-inspektion av de andra sträckningarna visade inget onormalt. Ledningens fyllnadsgrad ökade med ca 30% efter reoveringen.

Ex 2 Anläggning i Vakås, Askers kommun (Norge)

Anläggningsdata

Ledningstyp Spillavloppsledning i betong, ålder okänd.

Dimension \emptyset 225 och 300 mm.

Tillstånd Stort inläckage som delvis torkar ut närliggande bäckar.

Lokalisering Ledningen ligger delvis under grundvattenytan.

Renoveringsdata

Utförandeår 1976 - 1981

Förundersökningar, förberedelser m m Ledningen TV-inspekterades och röktestades bl a i samband med utarbetandet av en saneringsplan för Vakåsfältet. Spolning och rotskärning utfördes före tätningsarbetena.

Metodval Val av förnyelsemetod värderades i saneringsplanen. Injektering med acrylamid valdes, eftersom metodens pris var fördelaktigt och problemet var inläckning via fogarna.

Utförande Totalt injekterades 2510 m med AM 9. Alla fogar som inte höll för provtrycket $0,6 \text{ kg/cm}^2$ injekterades. Överflödiga injekteringsmassa avlägsnades med skraputrustning.

Problem vid utförandet Då det på nytt började rinna vatten i bäckarna måste nya avlopp ordnas på vissa ställen för att undvika uppdämningar.

Kontroll Alla fogar provtrycktes. Flödesmätningar visade att inläckaget hade reducerats med upp till 60% efter reoveringen.

Kostnader	Arbetena kostade 1977 totalt 360 Nkr per injekterad fog. 1979-80 varierade priset mellan 250 - 276 Nkr per fog.
Kommentarer	Renoveringen medförde en höjning av grundvattennivån. I en del fogar som tidigare hade varit torra kunde efter renoveringen observeras läckage.

3.3 Injektering med polyuretan

3.3.1 Allmänt

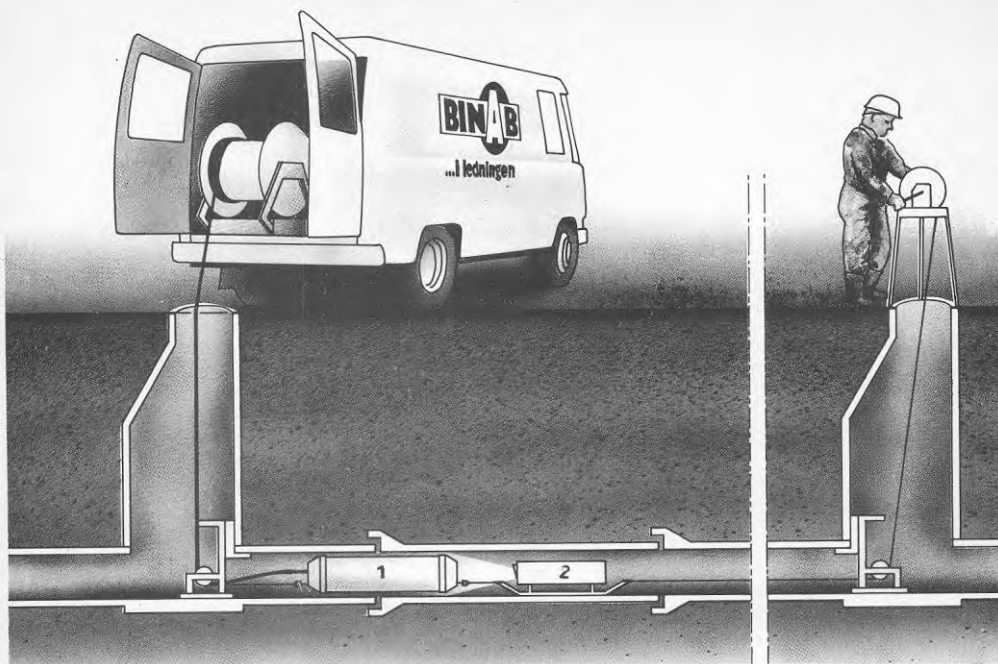
Polyuretan (Pu) kan användas vid foginjektering i otäta rörledningar och brunnar. Pu är liksom acrylamid ett kemiskt snabbhärdande material av tvåkomponentstyp, som vid injekteringen blandas med vatten. Materialet har funnits sedan början av 1960-talet och har bl a använts som värmeisolering. Till foginjektering har det i USA förekommit sedan början av 1970-talet, medan det i Sverige använts sedan 1976. I Sverige utförs arbetena av entreprenadfirman Binab (f d Granit & Beton), som f n förfogar över den enda injekteringsutrustningen i Norden för polyuretaninjektering. Utrustningar finns för övrigt i Europa bl a i Holland, Västtyskland och Frankrike.

3.3.2 Utförande

Innan injektering påbörjas tillses att ledningen och främst fogarna blir noggrant rengjorda. Att fogarna är rena från t ex rottrådar, löst cementbruk, beläggningar o dyl är en förutsättning för att injekteringsmassor skall kunna tränga in och fylla ut hålrummet i fogen och dessutom få en god vidhäftning. Rengöringen kan ske genom högtrycksspolning, som beroende på förhållandena eventuellt kan kombineras med mekanisk, kemisk eller termisk rengöring. Injekteringsarbetet kan vid normal vattenföring som regel utföras med ledningen i drift. För stor vattenföring kan dock medföra problem för TV-inspektionen.

Nuvarande teknik medger foginjektering i ledningar \emptyset 150 - 1200 mm. Vid injektering i ej krypbära ledningar (\emptyset 150 - 700 mm) används en fjärrstyrd utrustning, medan man i krypbära ledningar (\emptyset 700 - 1200 mm) använder sig av en manuellt styrd utrustning nere i ledningen.

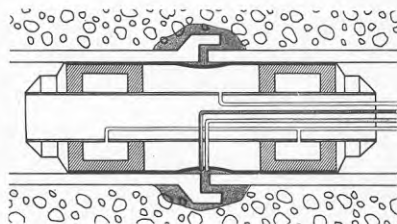
Normalt utförs foginjektering i ej krypbära ledningar. Då används en mobil utrustning med fjärrstyrda enheter, som bemannas av två personer. Utrustningen består i princip av en buss med kontrollrum och maskinrum. Bussen står i förbindelse med ett i ledningen via nedstigningsbrunn nedfört injekteringsverktyg, s k tryckhuvud, som övervakas av en TV-kamera, se figur 3.3.1.



Figur 3.3.1 Ledningen angripes från befintliga nedstigningsbrunnar. Tryckhuvudet (1) placeras vid fog med hjälp av TV-kamera (2).

I kontrollrummet övervakar en operatör varje aktivitet i röret med hjälp av manöverorgan, TV-monitor och manometrar. I maskinrummet finns bl a kemikalietankar, pumpar och winsch för kemikalie-, vatten- och tryckluftslangor till tryckhuvudet. Injekteringen bedrivs om möjligt mellan två nedstigningsbrunnar.

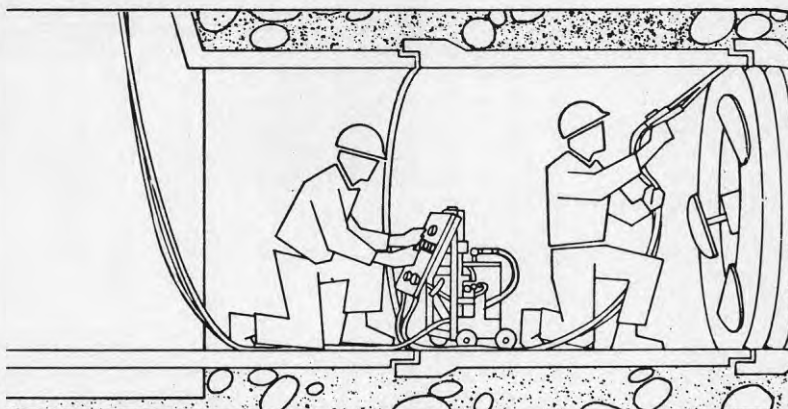
Tryckhuvud och TV-kamera förflyttas mellan fogarna med hjälp av en manuell winsch. Operatören vid TV-monitorn dirigerar tryckhuvudets placering vid fog. Tryckhuvudet (se figur 3.3.2) finns i tre storlekar för dimensioner mellan \emptyset 150 - 700 mm.



Figur 3.3.2 Tryckhuvuden med 3 st separat uppblåsbara element (manschetter) för dimensioner \emptyset 150-700 mm.

Sedan tryckhuvudet placerats vid fog blåses de tre elementen upp - de två ändelementen till högre tryck än mittelementet. Injekteringsvätskan, bestående av vatten, kemikalier med diverse tillsatser (bl a för att reglera härdningstiden) pumpas in mot fogen. Där blandas 1 del vatten med 1 del kemikalie (med tillsatser) i den lilla blandningskammare som uppstår mellan mittelementet och rörväggen och transporteras genom fortsatt pumpning ut i fogen. Pumpningen avbryts då önskad tryckstegring i kammaren erhållits (7-10 mvp). Injekteringstiden är normalt 4-5 sekunder och härdningstiden 15-30 sekunder. Efter härdning kan förnyad tryckning utföras för att kontrollera tätheten. Tryckhuvudet flyttas därefter till nästa fog. Vid injekteringen kan överblivet material bilda en krage runt fogen. Detta försöker man efter injekteringen att avlägsna genom att med winsch dra en gummiplunge genom ledningen.

Injektering i krypbara ledningar kan ske med manuellt styrd utrustning. Ledningen angräps från befintliga nedstigningsbrunnar, genom vilka verktyg och personal (normalt 2 man) nedförs. Se figur 3.3.3.



Figur 3.3.3 Injektering i stora ledningar med polyuretanan

Tättningsverktyget som består av två ändelement och ett mittelement placeras över fogen, varefter ändelementen blåses upp. Fogen täthetsprovas som regel först med vatten (provtrycket motsvarar minst grundvattentrycket). Om fogen visar sig otät injekteras den. Kontroll av blandningen sker på en panel, som placeras i anslutning till den fog som injekteras. Vattnet och injekteringsvätskan pumpas via slangar från behållare placerad ovan mark. Efter injektering och härdning utförs ny provtryckning. Injekteringsproceduren kan därefter få upprepas ett par gånger innan godtagbar täthet uppnås.

3.3.3 Erfarenheter

Foginjektering med polyuretan har sedan 1976 utförts i ett 40-tal kommuner i Sverige med Binab (f d Granit & Beton) som entreprenör. Två typer av polyuretan har använts, båda av fabrikat 3M. Fram till 1980 användes enbart typ CR 202. Denna typ expanderar ca 8-10 gånger vid blandning med vatten och har en härdningstid på 2-15 minuter. Det härdade materialet är gulbrunaktigt till färgen och har en svampliknande konsistens. Sedan 1980 har man huvudsakligen gått över till CR 250, som ej expanderar vid blandning med vatten och där härdningen sker på 15-30 sekunder.

Det härdade materialet är ljusblått till färgen och har en gel- eller gummiliknande konsistens. Materialåtgången vid injektering varierar beroende på ledningsdimensioner och hålrummets volym. Både material- och tidsåtgången för injekteringen är större om ledningen ligger över grundvattenytan än under. För dimension \emptyset 225 åtgår det normalt 0,3-0,4 l injekteringsvätska respektive vatten per fog. Materialkostnaden för CR 250 är något högre än för CR 202, men i gengäld är härdningstiden kortare. Det senare innebär att produktionskapaciteten (antal injekterade fogar per dag) kan ökas med 20-25% jämfört med CR 202. Produktionskapaciteten varierar bl a med ledningsdimensionen, men är för $D < 700$ mm ca 40-50 fogar per dag. Vid injektering i krypbara ledningar används fortfarande CR 202, eftersom man med den utrustning som då används ej på samma sätt kan omsätta den kortare härdningstiden i ökad produktionskapacitet.

Arbetsmetodiken för täthetsprovning och injektering med tryckhuvud har förändrats de senaste åren. Tidigare provtryckte man först varje fog med vatten. Om fogen då visade sig vara tät flyttades tryckhuvudet till nästa fog. Vid konstaterad otäthet injekterades fogen och provtrycktes åter när injekteringsmassan härdat. Proceduren upprepades tills det att önskad täthet uppnåddes, varefter tryckhuvudet flyttades till nästa fog.

Numera låter man normalt injektera varje fog direkt utan föregående provtryckning med vatten. Samtliga fogar på aktuell ledningssträcka injekteras, även de som vid eventuell provtryckning eller TV-inspektion bedömts vara täta. Detta nya förfarande har främst följande motiv:

- Om man på en ledningssträcka injekterar endast de fogar som vid provtryckningstillfället visat sig otäta, så kan det efter avslutad injektering uppstå läckage i tidigare täta fogar. Detta kan förklaras med att om ledningen ligger under grundvattenytan så medför fogtätningen att grundvattenytan och därmed trycket på fogarna kan stiga så mycket att nya läckage uppstår.

- Man kan spara ett arbetsmoment och därmed öka produktionskapaciteten, om den inledande provtryckningen slopas och injektering sker direkt.

En generell erfarenhet från utförda foginjekteringar är att det många gånger varit osäkert att efter en tid bedöma utförd injekterings effekt och -värde. Det beror bl a på det förhållandet att endast vissa fogar på en ledningssträcka kan ha injekterats. Om det vid efterföljande flödesmätningar konstateras läckage på sträckan så kan det vara svårt att bedöma om läckaget sker via injekterade fogar eller om nya otätheter uppstått på sträckan. Det enda säkra sättet att bedöma tätheten i injekterade fogar är då att provtrycka varje fog för sig, vilket sällan görs. För att undvika denna osäkerhet åtar sig entreprenören numera ogärna injektering av enstaka fogar, utan vill ansvara för hela ledningssträckan.

Man har i en del fall kunnat konstatera att injekterade fogar efter en relativt kort tid åter visat sig otäta. Orsaken anses i en del fall vara dålig rengöring och fogberedning. Detta gäller speciellt i de fall man haft inträngande rötter. Det har varit problem att avlägsna alla rottrådar och rötterna har kunnat återfå sitt fäste i fogen med bl a nya läckage som följt.

Entreprenören anser för övrigt att foginjektering ej kan ge någon längre bestående tätning mot rotinträngning och att man i dessa fall lämpligen väljer annan renoveringsmetod, t ex plaströrsinfodring. Injekteringsmassan är beroende av ett fuktigt klimat, vilket innebär att injektering av fogar på dagvattenledningar kan vara tveksamt (Entreprenören avråder).

Livslängden för foginjektering med polyuretan bedöms i allmänhet ligga mellan 10-30 år. För att få bättre kännedom om materialets långtidsegenskaper deltar entreprenören för närvarande i pågående tester i ett forskningscenter i Storbritannien.

Vid en del objekt har man vid efterföljande TV-inspektion konstaterat överbliven injekteringsmassa som hängde kvar som en krage runt fogen. I något fall hade detta förorsakat stopp i ledningen. Normalt försöker man avlägsna överblivet material genom att dra en gummiplunge genom ledningen efter injekteringen.

3.3.4 Exempel

Ex 1 Anläggning i kv Bikupan, Stockholm

Anläggningsdata

Ledningstyp

Spillvattenledning av glaserade lerrör med cementbruksfogning.

Dimension	Ø 225-300 mm
Tillstånd	Utläckage via söndervittrade cementbruksfogar, förorsakade besvärande luktproblem för de kringboende.
Lokalisering	I belagda delvis starkt trafikerade gator. Ledningen ligger över grundvattenytan.

Renoveringsdata

Utförandeår 1982

Metodval

Vid en TV-inspektion i ledningen konstaterades, att de glaserade lerrören i sig var i god kondition. Utläckaget bedömdes ha skett via cementbruksfogarna. Problemet måste åtgärdas, antingen genom omläggning av ledningen eller genom renovering. Omläggning var aldrig aktuellt, eftersom det mesta talade för renovering, t ex att ledningen bortsett från fogarna var strukturellt och funktionellt i gott skick, att en renovering tveklöst skulle bli billigare och inte minst att störningarna för trafiken och kringboende skulle bli avsevärt mindre. Eftersom problemet var koncentrerat till enbart fogarna, valde man att foginjektera. Alternativt skulle infodring med PEH eller infodring med polyesterstrumpa kunnat användas, men kostnaderna ansåg man i detta fall skulle bli högre. Dessutom skulle en infodring med speciellt PEH-rör ta betydligt längre tid och förorsaka en hel del störande schakt för servisanslutningar.

Utförande

Före injekteringen rengjordes ledningen genom högtrycksspolning. Injekteringen utfördes mellan brunnar på 3 delsträckor, totalt ca 300 m. Injekteringen utfördes med 3M CR 250 i totalt 260 fogar. Samtliga fogar provtrycktes före injektering med vatten. Efter injekteringen avslutats rensades överblivet injekteringsmaterial kring fogarna bort med hjälp av en gummiplunge som drogs genom ledningen med winsch. Totalt utfördes arbetet på 3 arbetsdagar. Ingen förbi-pumpning erfordrades.

Problem vid utförandet	Vid injektering på den första ledningssträckan fastnade tryckhuvudet vid ett tillfälle när det skulle passera en skarv som var något förskjuten. För att frigöra tryckhuvudet nödgades man att schakta fram och knacka hål på ledningen.
Kontroll	Samtliga ca 300 fogar provtrycktes. De otäta fogarna, ca 260 st, injekterades och provtrycktes åter.
Kostnader	Ca 225 kr/fog för injekteringsarbetet. (1982)

Ex 2 Anläggning i Tyringe, Hässleholms kommun

Anläggningsdata

Ledningstyp	Spillvattenledning av betongrör, fogade med drev och cementbruk. Ledningen lades under 1950-talet.
Dimension	Ø 225 mm
Längd	Ca 300 m
Tillstånd	Då ett nytt område skulle kopplas till ledningen observerades ett onormalt stort flöde på denna sträcka. Genom TV-inspektion kunde det utläsas, att man hade ett stort inläckage via fogar. Inläckaget bestod av grundvatten men troligen även dagvatten från en ovanförliggande dagvattenledning. Förutom inläckaget såg man att ledningens linjeföring ej var perfekt utan en del svackor noterades. Vidare konstaterades radiella sprickor vid två fogar.
Lokalisering	Ledningen ligger helt under grundvattennivån och är förlagd i en belagd gata i bebyggt område.

Renoveringsdata

Utförandeår	1981
Metodval	Man beslöt att renovera ledningen bl a därför att en omläggning skulle bli extra kostsam på grund av den höga grundvattennivån, troligen skulle det betyda omläggning även av med spillvattenled-

ningen samförlagda ledningar. En renoveringsmetod som övervägdes var infodring med plaströr, men man var tveksam till detta beroende på risken att fastna vid införandet i och med att ledningen ej låg helt rak. Man beslöt därför att prova foginjektering med polyuretan.

Utförande

Innan injekteringsarbetet påbörjades slamsögs och spolades ledningen på beställning av gatukontoret. Under injekteringsarbetets gång ombesörjde gatukontoret även nödvändiga förbipumpningsarrangemang. Injekteringsarbetet delades upp på 2 delsträckor och skedde via nedstigningsbrunnar. Injekteringen utfördes med injekteringsvätska 3M CR 250 och åtgången var i medeltal 0,4 l/fog. Samtliga fogar provtrycktes och totalt skedde injektering i 160 fogar. För de radiella sprickorna fick man göra en kompletterande injektering efter det första injekteringstillfället. Tätningen av dessa sprickor erfordrade mycket fogmassa ca 1,3 l sammanlagt, beroende på lågt mottryck runt rören på grund av materialurspolning. Arbetet utfördes på 3-4 dagar.

Kostnader

Endast injekteringsarbetet kostade 324:-/fog (1981). Till detta kommer kostnader för slamsugning, spolning, förbipumpning.

Kommentarer

Spillvattenledningarnas fogar är tätade, två radiella sprickor täta efter kompletterande injektering. I servisledningarnas fogar läcker vatten in, ökad inläckning konstaterades när huvudledningen tätats. Genom tätning av huvudledningarnas fogar är ca 85% av fogarna på spillvattenledningarna med tillhörande serviser täta inom gatuområdet och reduceringen av inläckningen blir ca 75% av de uppmätta flödena eller motsvarande ca 150 m³/dygn. Borttagning av all inläckning erfordrar tätning av spillvattenserviserna.

Ex 3 Anläggning i Ö Storgatan, Jönköping

Anläggningsdata

Ledningstyp	Kombinerad falsrörsledning med cementbrukssmetade fogar.
Dimension	Ø 1200 mm
Längd	150 m
Tillstånd	Stora flöden av ovidkommande vatten har noterats på ledningssträckan. Detta består huvudsakligen av grundvatten som läcker in via otäta fogar. Vid en flödesmätning uppmättes ett inläckage på 1,4 l/s. Ledningen rengjordes med högtryckspolning, varvid läckaget ökade till 2,6 l/s eller 225 m ³ /dygn. Det ökade inläckaget efter renspolningen kan förklaras med att material som löst bruk eller slamavlagringar spolats ur fogarna.
Lokalisering	Ledningen ligger i en starkt trafikerad belagd gata, nära Vätterns strand. Förläggingsdjupet är ca 4-5 m och grundvattenytan ligger konstant, ca 2 m över ledningens hjässa.

Renoveringsdata

Utförandeår	1982
Metodval	En omläggning av den djupt förlagda ledningen i den starkt trafikerade Ö Storgatan skulle bli kostsam samt medföra störningar bl a med omdirigering av trafiken. Man beslutade därför att renovera ledningen.

Detta objekt var en del av ett större renoveringsobjekt. För denna sträcka bedömde man att foginjektering kunde vara den lämpligaste metoden, eftersom problemet var koncentrerat till fogarna och ledningen i övrigt var i acceptabel kondition. Någon erfarenhet av injektering i falsrör fanns ej tidigare i Sverige, och i ringa omfattning i Europa. På intilliggande sträckor valde man andra renoveringsmetoder. På en sträcka under en järnvägsbro infodrade man ledningen med glasfiberarmerade cementbrukspaneler, eftersom man

där, förutom bättre täthet, ville ha förbättrad strukturell hållfasthet. En sträcka med dim \emptyset 1300 kunde ej injekteras, eftersom injekteringsverktyg ej finns för denna dimension, där valde man i stället att montera gummimanschetter över de otäta fogarna. Ytterligare en sträcka var föremål för förnyelse. Denna sträcka valde man att lägga om, eftersom den låg i en grönnya.

Utförande

Renoveringsarbetet utfördes på entreprenad. Till grund för anbuds-givningen låg ett förfrågningsunderlag. Detta angav för denna sträcka att ledningen skulle renoveras genom injektering med polyuretanan vid samtliga läckande fogar. I anbudet skulle även rengöring av ledningen samt provtryckning av samtliga fogar ingå. Till förfrågningsunderlaget var det bifogat en konditionsbesiktning av samtliga fogar, där de hade betygsatts i en fyragradig skala. Beställaren ombesörjde att inkommande avloppsvatten till berörda sträckor bortpumpades. Injekteringen skedde på två delsträckor med totallängd 150 m. Injektering utfördes med injekteringsvätska 3M CR 202. Att man valde denna typ och ej den vanliga förekommande 3M CR 250 berodde på att 3M CR 202 är billigare. Att den har en längre härdningstid ansågs ej påverka totalekonomin, eftersom produktionskapaciteten med CR 250 ej skulle kunna ökas i sådan omfattning att CR 202:s lägre materialpris kompenseras. Innan injekteringsarbetet påbörjades, högtryckspolades ledningen. De skarvar som läckte rensades från löst bruk i skarven och flera hål borrades upp genom inner-smetningen för att polyuretanskummet skulle tränga in i skarven mellan rören.

Själva injekteringen tillgick i princip enligt metodbeskrivningen. Flera tryckningar erfordrades på varje skarv för att uppnå täthet. Totalt tätades 102 skarvar av ca 150.

Kontroll Tätheten kontrollerades genom provtryckning med vatten efter varje tryckning med polyuretan. Efter att injekteringsarbetet var avslutat gjordes en ny flödesmätning. Den inläckande vattenmängden uppmättes till 1,0 l/min. Halva vattenmängden har bedömts komma från en rörgenomgång i ledningens hjässa och från en brunn. Den inläckande vattenmängden är således ca 0,5 l/min eller <1 m³/dygn på denna sträcka, där vattenmängden före tätning var 225 m³/dygn (efter renspolning).

Kostnader Total kostnad ca 1700 kr per fog (1982) inkl rengöring och provtryckning.

Ex 4 Anläggning i Nolered, Torslanda, Göteborgs kommun

Anläggningsdata:

Ledningstyp Betongledning byggd 1960. Blandat fogmaterial.
Gummiringar på Ø 225, 300.
Cementbruk på Ø 400, 500.

Dimension, längd	Ø 225	725 m
	Ø 300	25 m
	Ø 400	690 m
	Ø 500	120 m

Tillstånd Noleredsområdet har länge varit ett problemområde med stora inläckande vattenmängder på spillvattennätet. När området skulle kopplas till reningsverket i Rya blev situationen ohållbar med höga pumpkostnader och bräddningar. Önskvärt vore också att huvudledningens kapacitet räckte till för bostadsområden i Torslanda som var under byggnad. Flödesmätningar gjordes därför i olika punkter på nätet och en ledningssträcka lokaliserades, där inläckningen var betydligt större (30-130%) än i det övriga nätet.

Lokalisering I belagd gatumark på normalt läggningsdjup, ca 2-2,5 m. Grundvattenytan ligger över ledningens hjässa.

Renoveringsdata:

Utförandeår

1979.

Metodval

Göteborgs Va-verk bestämde sig för att åtgärda denna sträcka. Genom TV-inspektion kunde man konstatera att inga defekter fanns i själva rören. Eftersom flödesmätningarna visat att inläckaget ej berodde på felkopplingar så drogs slutsatsen att inläckaget var koncentrerat till fogarna. Antalet serviser var på denna sträcka förhållandevis litet. Man skickade ut anbudsfrågan på foginjektering, PVC-infodring och infodring med polyesterstrumpa.

Anbudet för foginjektering med polyuretan låg klart lägst. Eftersom täthetsproblemet var koncentrerat till fogarna och man inte kunde acceptera någon reduktion av area och kapacitet så valde man att som ett pilotprojekt här prova foginjektering med polyuretan.

Utförande

Anbudet för foginjekteringen inkluderade även för- och kringarbeten som spolning av ledningen och nödvändiga förbipumpningar av vatten under injekteringsarbetet. Injekteringen utfördes med polyuretan typ 3M CR 202. Totalt injekterades 1560 fogar (\emptyset 225 725 st, \emptyset 300 25 st, \emptyset 400 690 st och \emptyset 500 120 st).

Kontroll

Under utförandet skedde normal byggnadskontroll. Ca 5 månader efter arbetenas avslutande påbörjades uppföljningsmätningar av flödet på den aktuella sträckan. Mätningarna var desamma som i utredningsskedet. Mätningarna pågick i 6 månader och visade på en markant minskning av inläckaget. Någon senare kontroll har ej skett, eftersom det har skett inkopplingar på sträckan och man därigenom har fått ändrade förutsättningar och svårigheter att jämföra resultat.

Kostnader

Kostnaderna för foginjekteringen blev ca 500:-/fog (prisnivå -79). I kostnaden är ej inkluderat projekterings- och kontrollkostnad.

Kommentarer Man är från beställarsidan nöjd med resultatet, även om man ej har gjort några långtidsuppföljningar av injekterade fogars tätthet.

3.4 Injektering med cementbruk

3.4.1 Allmänt

Metoden har använts i över 80 år i Storbritannien. Ursprungligen var föremålet tätning av avloppsledningar för att förhindra utläckage. Injektering för att hindra inläckage blev aktuellt först i slutet av 1950-talet.

Metoden har i första hand använts vid renovering av större ledningar. Den används t ex i Storbritannien vid manuella tätningar av större tegelstensledningar. Metoden har kommit till ringa användning i både Norge och Sverige och resultaten har varit mindre lyckade. Metodens nackdelar jämfört med både polyuretan- och acrylamidinjektering har medfört att den numera åtminstone i dessa länder är inaktuell.

3.4.2 Utförande

Till injektering används normalt bruk framställt av vanlig LH-cement. Blandningsförhållandet mellan cement, sand och filter kan variera. Vanligtvis tillsätts också medel som ger bruket en svällande effekt samtidigt som härdningstiden ökas.

I stora ledningar utförs injekteringen manuellt med hjälp av en injekteringspistol. Vid mindre ledningar används ett speciellt tryckhuvud motsvarande de som används vid andra injekteringsmetoder. Tätningen sker också på motsvarande sätt genom att fogar och hålrummet utanför fylls med cementbruk.

3.4.3 Erfarenheter

Metoden bör endast användas på ledningar i stabila massor. Ledningar injekterade med cementbruk blir styva och utan flexibla fogar. Redan vid små sättningar kan uppsprickning av cementbruket uppstå. En annan olägenhet är att ledningen måste torrläggas medan injekteringen pågår. I och med att cementbruket härdar långsamt riskerar man att få utvaskning vid utvändigt grundvattentryck.

Fördelen med metoden är att den är enkel. Den nödvändiga utrustningen är okomplicerad och materialet är billigt och lätt att införskaffa. Ledningens kapacitet behålles, eftersom ingen tvärsnittsreduktion uppstår. Stora temperaturvariationer kan tolereras och man har inga problem med krympning. Ett fåtal anläggningar med

denna metod har blivit utförda i Norge och Sverige. Resultatet har i de flesta fall varit misslyckat. Det har varit en del problem vid själva utförandet och uppsprickning i fogarna har uppstått relativt kort tid efter injekteringen p g a rörelser i ledningen.

3.4.4 Ex 1 Anläggning i Oppegårds kommun (Norge)

Anläggningsdata

Ledningstyp	Spillvattenledning i betong, lagd 1955 - 1957
Dimension	Ø 300 mm
Tillstånd	Öppna fogar. Utläckning och förorening av intilliggande sjö. Klagomål från kringboende p g a oestetiska och ohygieniska förhållanden.
Lokalisering m m	Avskärande ledning längs sjökant. Förläggningssjupet varierar mellan 2 och 4 m, men ligger till huvuddelen över grundvattenytan.

Renoveringsdata

Utförandeår	1972
Metodval	Kommunen var intresserad av att injektera fogarna med cementbruk. Denna metod hade inte använts i Norge tidigare.
Utförande	450 m injekterades med cementbruk.
Kontroll	Ären närmast efter renoveringen registrerades återkommande bräddningar i brunnarna vid stor avrinning.
Kostnad	Totalt kostade arbetet 322 Nkr per fog. (1972)
Kommentarer	Resultatet ansågs som mycket bra fram till 1976. Cementbruket betyder dock att fogarna blir stela. När grundvattennivån sjunker vid torrperioder uppstår sättningar som medför uppsprickning av cementbruket som leder till nya otätheter.

3.5 Injektering med asfaltmodifierad uretan

3.5.1 Allmänt

Metoden att injektera otäta fogar med asfaltmodifierad uretan förekom i Sverige och Norge under en period i mitten av 1970-talet. Materialet är en tvåkomponentprodukt baserad på polyuretangummi som blandas med asfalt. Genom att använda ett elastiskt injekteringsmaterial skulle man få ett alternativ till de stela fogar som cementbruksinjektering gav. Elasticiteten skulle medföra att mindre rörelser i ledningen kunde tolereras utan att uppsprickning och otäthet riskerades.

3.5.2 Utförande

Vid injekteringen används i mindre ledningar ett tryckhuvud motsvarande det som används vid andra injekteringsmetoder. Geltiden för materialet är ca 3 timmar vid 20 C. Under härdningen sväller materialet ca 25%.

3.5.3 Erfarenheter

Det allmänna omdömet av utförda injekteringars resultat i Sverige och Norge är mindre bra. Otätheterna har efter kort tid återkommit bl a beroende på att gummi-massan släppt från injekterade fogar. Materialet utgick ur marknaden efter ett par års användning och har ersatts av polyuretan och acrylamid i Sverige respektive Norge.

3.5.4 Ex 1 Anläggning i Oppedgårds kommun (Norge)

Anläggningsdata

Ledningstyp	Spillvattenledning i betong, lagd 1961 - 1962
Dimension	Ø 300 mm
Tillstånd	Otäta fogar. Inläckage som medförde upptryckning i pumpstation med direkta utsläpp via bräddavlopp.
Lokalisering	Ledningen ligger längs en huvudväg och under grundvattenytan.

Renoveringsdata

Utförandeår	1976
Förundersökningar, förberedelser m m	Sträckan TV-undersöktes. Före injekteringen utbyttes krossade rör, instickande rör kapades av och större svackor planades ut.

Metodval	För att få en flexibel fog ville man använda asfaltmodifierad uretan istället för cementbruk vid injekteringen.
Utförande	Totalt injekterades ca 1000 m ledning. Arbetet omfattade också tätning av 26 brunnar.
Kontroll	Täthetsprovning utfördes i samband med tätningen. Senare flödesmätningar visade på stora otätheter.
Kostnader	Injekteringskostnaden var ca 250 Nkr per fog. (1976)
Kommentarer	Metoden har visat sig ge ett relativt dåligt resultat. Redan 3 år efter renoveringen var läckagen lika stora som tidigare. Ledningen infodrades därför med PVC-rör 1983.

3.6 Infodring med polyesterstrumpa

3.6.1 Allmänt

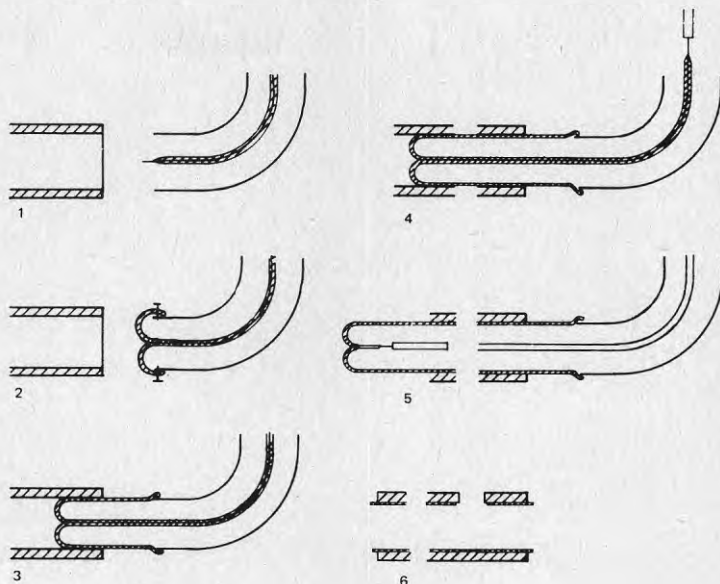
Metoden introducerades först i Storbritannien 1971. Den bygger på "inversionsprincipen" (vrängning) och förnyelse av den befintliga ledningen "insitu", d v s i ledningen. Härav den patenterade benämningen "Insituform-metoden". Idag är metoden i bruk i 26 länder. I Norge, där metoden funnits sedan 1977, upplever man en stadigt ökande användning. Metoden har i Sverige förekommit i relativt begränsad omfattning sedan 1979, men en ökad användning kan noteras även här. Förutom tätning medför metoden en förstärkning av ledningen.

På senare tid har man i Norge använt epoxy som impregneringsmaterial istället för polyester vid infodring av ledningar med mindre dimension. Epoxyn har en del fördelar som t ex mindre krympning och bättre vidhäftning än polyester. På grund av materialkostnaden får man emellertid räkna med att polyester även fortsättningsvis kommer att vara det mest nyttjade materialet. Metoden är licensskyddad och har utförts både i Norge och Sverige av specialarbetare från entreprenörfirman Kristian Olimb A/S i Norge. Det pågår för närvarande utveckling av fler typer av "strumpor" med t ex glas- och gummibaserat material.

3.6.2 Utförande

Strumpan, som importeras från Storbritannien, framställs av en terylenfilt, som har en invändig beläggning av polyuretan med en tjocklek på 0,25 mm. Filten kan sys samman i bestämda dimensioner och är uppbyggd av lager om 3 mm oavsett vilken tjocklek som önskas.

Strumpan transporteras och förvaras med polyuretanbeläggningen utåt. Strumpan impregneras med polyesterlösning innan den införs. Den vränges och tryckes in i ledningen med hjälp av vattentryck. Utförandet är kort beskrivet i figur 3.6.1 och figur 3.6.2 visar en infodring i Gamla Stan, Stockholm.



Figur 3.6.1 Beskrivning av utförandet

- 1 Vid dimension $D < 300$ mm används ett s k nedföringsband som strumpan träs igenom.
- 2 Strumpan fästes vid bandet.
- 3 Kallt vatten fylls i bandet eller i ett eventuellt stigarrör för att uppnå nödvändigt tryck. Strumpan vränges och tryckes in i ledningen.
- 4 Slangen för cirkulering med varmvatten fästes i bakre ändan av strumpan och tryckes med in.
- 5 Så snart strumpan har pressats in pumpas varmt vatten in. Cirkulationen med varmt vatten pågår i ca 4 timmar efter att vattnet uppnått en temperatur på $+75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Därefter pumpas det in kallt vatten tills temperaturen reducerats till ca $+20^{\circ}\text{C}$.
- 6 Strumpändarna kapas av och eventuella servisledningar öppnas.



Figur 3.6.2 Infodring i Gamla Stan, Stockholm

Det är nödvändigt att spola och TV-inspektera ledningen omedelbart före infodringen. Instickande grenrör bör kapas och större rötter avlägsnas. Manuell inspektion utförs i krypbara ledningar. I dessa ledningar har det hittills varit vanligt att skära upp anslutningar för servisledningar manuellt från insidan efter infodringen. Vid mindre dimensioner används nu fjärrstyrd borrhustrustning som manövreras med hjälp av en TV-kamera.

Om den befintliga ledningen har stora förskjutningar eller deformationer som reducerar rørets tvärsnitt med mer än 25%, så bör ledningen framschaktas och utbytas på dessa ställen före infodringen. Stora svackor bör även då åtgärdas.

Allt avloppsflöde i ledningen måste när infodringen utförs vara avstängt. Man bör lägga upp en plan för hur överpumpning skall ske. Tillförseln från servisledningar är vanligtvis inte något problem, då mängden som regel är liten. Berörda fastighetsägare bör under alla omständigheter informeras om arbetet i god tid med fortlöpande kontakt under anläggningstiden.

3.6.3 Erfarenheter

Entreprenören använder vanligtvis en centralt belägen anläggning för impregnering (indränkning av strumpan). Efter indränkningen startar härdningsprocessen sakta redan vid en temperatur omkring +20°C. Strumpan måste därför förvaras i en speciell kyllåda eller nedkylas med is vid transporten. Tiden mellan indränkningen och själva infodringen bör vara kortast möjliga. Vanligtvis utförs arbetena på två sammanhängande arbetsdagar.

I och med att härdningsprocessen påskyndas vid ökad temperatur kan det vara fördelaktigt att utföra arbeten under vinterperioden.

Det uppstår ingen direkt fysisk vidhäftning mellan polyesterstrumpan och den befintliga ledningen. Strumpan blir emellertid förankrad i varje fog genom att polyestern pressas ut. Denna förankring kommer också att ta upp spänningar p g a temperaturvariationer. Det är därför viktigt att anpassa polyestermängden vid indränkningen. För lite polyester kan ge dålig härdning och reducerad styrka, dessutom får man inte den nödvändiga utpressningen av polyester i fogarna. Om för mycket polyester används bör överskottsmassorna avlägsnas så att de inte förs ned över ledningen och förorsakar igensättningar.

Vid användning av epoxy som impregneringsmassa kan man uppnå vidhäftning mellan strumpan och befintlig ledning. Detta förutsätter emellertid grundlig rengöring.

Tidigare blev terylenfilten endast tejpad samman. Vid högt invändigt övertryck kunde detta bli medföra uppsprickning i brunnar. Idag är filtändarna sammansydda med dubbelsöm och överlappning. Entreprenören föreskriver tills vidare användning av minst 3 lager (9 mm) vid dimensioner $D > 300$ mm. Utifrån dimensioneringskriterierna och erfarenhetsdata har det inte kunnat påvisas några problem med belastningsskador eller deformation av polyesterstrumpan.

Alla ledningssträckor måste kontrollmätas och längden justeras med tanke på avvinklingar och höjdskillnader. En för lång strumpa kan medföra problem med härdningen av ändan, och kapningen av den utvrängda delen kan bli svår. Vanligtvis kapas strumpan ca 5% för lång.

Alla dimensioner mellan 100 och 1200 mm kan utföras med standardutrustning och -metod. Genom att utnyttja speciella metoder, som t ex att trycka in strumpan med winsch, kan dimensioner upp till 3000 mm infodras. I England har strumpor på upp till 11 ton använts för en infodringssträcka. Normala infodringslängder är ca 50-100 m. Beroende på ledningens linjeföring kan emellertid åtskilligt längre sträckor utföras. Den längsta sträcka som har utförts i Norge har varit 270 m ($D = 525$ mm), medan det i USA har blivit utfört sträckor på upp till 600 m. Det är inget problem att låta föra strumpan direkt genom brunnar.

Det nödvändiga vattentrycket i nedföringsröret är beroende av:

- ledningsdimension
- tjocklek på strumpan
- riktningsavvikelser
- infodringslängden.

Vanligtvis används ett införingstryck på 4-5 mvp. Det är också viktigt att befintligt invändiga övertrycket är stort nog för att undvika intryckning av strumpan p g a fyllda servisledningar eller utvändigt grundvattentryck, innan fullständig härdning uppnåtts.

Vid infodring av ledningar med stor lutning kan eventuellt övertrycket begränsas med hänsyn till ledningsdimension, tjocklek på strumpan och ledningens tillstånd.

Dimensionering av polyesterstrumpan är beroende av följande faktorer:

- ledningsdimension
- jordtryck
- hydrostatiskt tryck (grundvattentryck)
- ledningens allmänna tillstånd

De strumptjocklekar som rekommenderas av entreprenören K Olimb framgår av tabell 3.6.1

Tabell 3.6.1 Rekommenderade strumptjocklekar i mm (enligt K Olimb)

Diameter	Grundvattennivå över röret (m)					
	0-1,5		1,5-3		3-6	
	Rörets tillstånd		Rörets tillstånd		Rörets tillstånd	
	Gott	Dåligt	Gott	Dåligt	Gott	Dåligt
75 - 125	3	3	3	3	3	3
125 - 175	3	3	3	6	6	6
175 - 275	6	6	6	9	6-9	9
275 - 450	6	9	9	9-12	9-12	12-15
450 - 600	9	12	9-12	12-15	12-15	15-18
600 - 800	9-12	12	12-15	15-18	15-18	18-21
800 -1000	12	12-18	15-18	18-21	18-21	21-24

Infodring av sträckor med böjar eller andra riktningsavvikelser på upp till 45° har inte varit något problem bortsett från att man får ett mindre veck på strumpan i innersvängen. Vid större avvinklingar bör detta veck avlägsnas om det uppstår i den nedre delen av röret.

Vid tidigare utföranden användes strumpor med diameter motsvarande den inre rördiametern. På grund av sträckutvidgning av strumpan kunde man då få ett mindre långsgående veck. Detta var som regel lokaliserat i hjässan på röret och hade ingen inverkan på driften av ledningen. Idag framställs strumpan med en viss underdimension och veck uppträder sällan.

Efter den nödvändiga härtningsperioden på 3-5 timmar efter införandet av strumpan låter man idag kallt vatten cirkulera genom strumpan. Vid en omedelbar uppkapning och utsläpp av vattnet kunde det tidigare uppstå problem med inpressning av strumpan vid höga yttre vattentryck. Detta undviker man idag, eftersom styrkan på strumpan ökar när temperaturen reduceras.

Strumpan täthetsprovas vanligtvis genom att kontrollera vattennivån i nedföringsröret. Innan det blev vanligt att avkyla cirkulationsvattnet i strumpan, fick man en relativt stor sänkning av vattennivån på kort tid. Orsaken var speciellt gasflykt vid bubbling och stor variation i vattnets täthet vid höga temperaturer. Efter avkylningen kommer vattennivån nu istället att stiga på grund av tillbakaslag av jordvärmen. Läget för tillkopplade ledningar noteras med hjälp av TV-kamera och längdmätning före infodringen, men kan eventuellt också lokaliseras genom de utbuktningar som kan uppstå på strumpan. Anslutningen sker genom uppborrning med fjärrmanövrerad borrutrustning. Precisionen vid uppborrningen har blivit bättre bl a beroende på att man till TV-kameran har monterat en mikrofon med vilkens hjälp det går att höra om borren tränger in i befintlig ledning.

Strumpan jämnar ut oregelbundna övergångar och kanter vid förskjutna skarvar och dylikt. Förutom reducerad friktion i själva ledningen ger detta en ökad kapacitet i ledningen även om tvärsnittet reduceras något. Motståndskraften mot slitage är inte kontrollerad i detalj, men i anläggningar, där betongröret tidigare blivit borteroderat, har det efter 4-5 år inte kunnat registreras något speciellt slitage. Infodring ger även en mer laminär strömning i ledningen, som i sig gör att slitaget reduceras.

Polyesterstrumpan har den fördelen att den formar sig efter den befintliga ledningen. Äggformade rör har blivit infodrade utan att det har uppstått speciella veck. Vid infodring av fyrkantiga kulvertar får man emellertid en naturlig avrundning i hörnen. Ledningar med dimensionsövergång utanför brunn har också infodrats med strumpa som motsvarar den minsta diametern. Strumpan kommer då att ligga i det första röret utan väggkontakt i hela omkretsen. Detta bör endast utföras om strumpan är dimensionerad för detta. För övrigt bör man göra uppgrävning vid alla dimensioneringsövergångar och sätta en ny brunn.

3.6.4 Exempel

Ex 1 Anläggning i Langerud/Lövsetdalen, Oslo kommun
(Norge)

Anläggningsdata

Ledningstyp	Spillvattenledning i betong, lagd 1946-1947 respektive 1952-1953
Dimension	Ø 225 respektive 300 mm
Tillstånd	Öppna och förskjutna fogar samt spruckna och ovala rör längs hela sträckan. Utläckning till dagvattenledning och utsläpp i recipient.
Lokalisering m m	Ledningen ligger i en gemensam ledningsgrav i ett bostadsområde. Området ligger vid vattnet och är förutom ett rekreationsområde också ett viktigt våtmarks- och häckningsområde för fåglar. Totalt är 29 servisledningar från varierande bebyggelse anslutna till ledningen.

Renoveringsdata

Utförandeår	1978
Förundersökningar, förberedelser m m	Kommunen utförde omfattande mätningar för att lokalisera utsläppen. Mätningarna låg till grund för beslut om förnyelse av ledningen. Kommunen projekterade arbetena och utförde högtrycksspöling.
Metodval	Infodring med polyesterstrumpa föredrogs framför infodring med PEH-rör på grundlag av kostnadsjämförelser och ledningens tillstånd och kapacitet. Kommunen var dessutom intresserad av att prova den nya metoden.
Utförande	835 m Ø 225 mm och 55 m Ø 300 mm blev infodrad med 6 mm:s strumpa. Alla grenrör grävdes upp i förväg. Inga speciella arbeten utfördes i brunnarna.
Problem vid utförandet	På grund av stort dagvattenflöde kunde inte spillvattnet föras över till dagvattenledningen. Vattnet måste därför pumpas förbi arbetsplatsen.

På en av sträckorna hann strumpan härda innan infodringen. Den hade indränkts med polyester dagen innan och inte förvarats tillräckligt avkyld.

På ett ställe måste ledningen grävas fram för att avlägsna en större sten, som hade blivit kvar i röret efter rengöringen.

Kontroll

Ledningen TV-inspekterades och mätningar utfördes i dagvattenledningen som ligger lägre. Mätningarna visade att föroreningsmängden i genomsnitt hade reducerats med ca 70%.

En okulär kontroll av anläggningen efter 4 år visade inga speciella fel eller förändringar sedan infodringen.

Kostnader

Den totala kostnaden exkl anläggningsarbetena var 755 Nkr per lm. (1978)

Kommentarer

Med bakgrund av mätningarna i dagvattnet kan en genomsnittlig reduktion av föroreningsutsläppet beräknas till ca 200 kg tot.P/år.

Ex 2 Anläggning i Lillehammars kommun (Norge)

Anläggningsdata

Ledningstyp	Kombinerad avloppsledning i tegel från år ca 1900.
Dimension	Ø 525 mm
Tillstånd	Många längsgående sprickor och delvis deformerade rör. Relativt stora utläckage har uppmätts från ledningen.
Lokalisering m m	Viktig huvudledning med stor tillrinning. Den ligger i en centrumgata med hög trafikbelastning. Många anslutna ledningar.

Renoveringsdata

Utförandeår 1979

Förundersökningar, förberedelser m m Ledningen är TV-inspekterad. Flödesmätningar och analyser har utförts.

Metodval	Infodring med polyesterstrumpa jämfördes med omläggning. Lokalt utfördes utbyte av de sämsta rören. För övrigt ansågs polyesterstrumpan vara både ekonomiskt och driftmässigt fördelaktigaste alternativet.
Utförande	Totalt blev ca 135 m infodrat med 12 mm polyesterstrumpa. Strumpan dimensionerades för att ensam kunna uppta uppträdande belastningar p g a ledningens strukturellt dåliga tillstånd.
Problem vid utförandet	Inga speciella anläggningsproblem
Kontroll	Ledningen täthetsprovades och TV-inspekterades. Föroreningsbelastningen kontrollerades vid reningsverket.
Kostnader	Infodringen kostade totalt ca 2600 Nkr per lm. (1979) Härav uppgick överpumpningskostnaden till 370 Nkr per lm.
Kommentarer	Anläggningen anses ha fungerat bra efter renoveringen. Vid senare okulära kontroller i brunnar har inget fel kunnat påvisas.

3.7 Infodring med PEH-rör

3.7.1 Allmänt

Infodring med rör av polyeten (PEH) har i Sverige och Norge förekommit i ca 15 år för att täta befintliga avloppsledningar. Metoden ger ett helt nytt rör inne i det befintliga och lämpar sig därför också i de fall den befintliga ledningen är av sådan kvalitet att utbyte av ledningen hade varit nödvändigt. Vid dessa tillfällen bör emellertid det nya röret dimensioneras som om det befintliga röret ej upptar någon belastning t ex genom kombination med injektering av skumbetong i utrymmet mellan rören.

Det är nödvändigt med uppgrävning av en införingsgrop och av alla servisledningar vid infodring med PEH-rör. Själva indragningen kan ske från en brunn. Detta innebär att metoden kan vara väl lämpad för ledningar med få tillkopplingar i områden där markarbetet generellt är dyrbart (trafikerade områden, järnvägs korsningar etc).

Vid infodring används vanligen PEH-rör av tryckklass PN 4 och PN 6. I speciella fall används PN 10. Rören

dimensioneras med ledning av vilka belastningar som kan bli aktuella och från eventuella utvändiga vatten-tryck.

Rören tillverkas i dimensioner enligt tabell 3.7.1

Tabell 3.7.1 Dimensionslista för PEH-rör

Dy Nominell	PN 4	PN 6	PN 10
	Di Nominell	Di Nominell	Di Nominell
110	101,6	96,8	90,0
125	115,4	110,2	102,2
140	129,2	123,4	114,6
160	147,6	141,0	130,8
180	167,6	158,6	147,2
200	184,6	176,2	163,6
225	207,8	198,2	184,0
250	230,8	220,4	204,6
280	258,6	246,8	229,2
315	290,8	277,6	257,8
355	327,8	312,8	290,4
400	369,4	352,6	327,2
450	415,6	396,6	368,0
500	461,8	440,8	409,0
560	517,2	493,6	458,0
630	581,8	555,2	515,4

Dy = yttermått (mm)

Di = innermått (mm)

Tillverkningslängden på rören är normalt 10-12 meter.

En infodring medför alltid en tvärsnittsreduktion. Normalt vill man infodra med största möjliga dimension, eftersom bibehållen kapacitet är önskvärd. Beroende på befintlig lednings dimension och kondition, t ex om den har förskjutna skarvar eller deformerade rör, kan man som allmän tumregel räkna med att ytterdiametern på infodringsröret bör vara åtminstone 10% mindre än innerdiametern på befintlig ledning. Av tab 3.7.2 framgår vilka tillgängliga dimensioner som teoretiskt är möjliga att infodra i betongrör med olika dimensioner samt vilka kapaciteter som erhålles.

Tabell 3.7.2 Exempel på teoretiskt möjliga dimensioner på infodringsrör samt då erhållna kapaciteter

Rördimension (mm)		Kapacitet vid 10 o/oo lutning (l/s) ¹⁾	
Betong Di	PEH, NT 4 Dy/Di	Betong	PEH
150	140/129,2	12	16
225	200/184,6	37	35
300	280/258,6	80	85
400	2) 370/341,4	172	174
500	2) 475/438,4	315	329

1) Kapaciteterna är beräknade efter Colebrooks formel med:

$K = 5,0$ mm för betongrör (antaget värde för en ledning av dålig kvalitet, t ex korroderat eller med grov avloppshud).

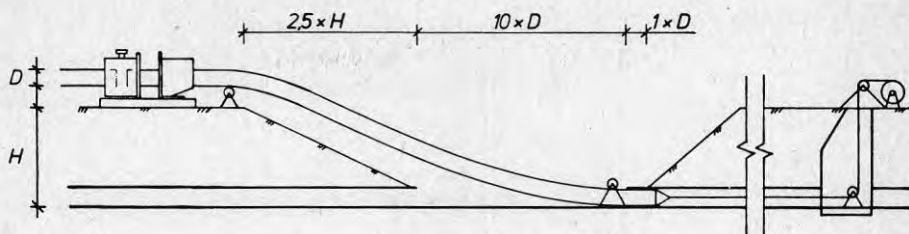
$K = 0,2$ mm för PEH-rör i normalfallet.
(Vid extremt dåliga lutningsförhållanden eller låga flöden, d v s dåliga självrensningförhållanden, kan K-värdet för PEH-rör komma att uppgå till värden mellan 1,0 och 1,5 mm redan efter någon månad i drift. Som lämpligt K-värde för plaströr under inte alltför ogynnsamma förhållanden torde dock 0,6 mm kunna sättas som en övre gräns).

2) Ej standarddimension

Om man är osäker på vilken rördimension som är möjlig att införa, kan man göra en tolkning av befintlig lednings dimension. Tolken kan tillverkas av en rörbit med tilltänkt infodringsdimension till vilket draghuvuden gjorda av stålrör med draganordning fastbultas i bägge ändar. Det är då möjligt att med draglinor via brunnar dra tolken framåt, men även bakåt om det skulle bli stopp.

3.7.2 Utförande

Innan PEH-röret införes, bör ledningssträckan vara grundligt rengjord och TV-inspekterad. Införandet av röret kan ske antingen genom dragning eller tryckning. Dragningen sker med hjälp av winsch, traktor eller liknande. Tryckningen kan utföras med grävmaskin eller genom att föra en vajer genom röret till dess bakre ände. Vanligtvis används en kombination av metoderna. Införingsgropen bör ha nödvändiga dimensioner för att PEH-röret ej skall få för stora belastningar, se figur 3.7.1



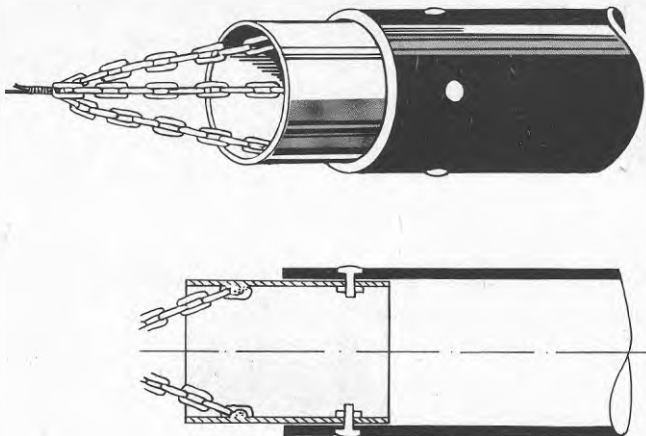
Figur 3.7.1 Indragning av PEH-rör

Rörlängder på 10-12 meter skarvas på platsen genom stumsvetsning, se figur 3.7.2.



Figur 3.7.2 Sammansvetsning av PEH-rör

Ett draghuvud monteras i ändan av röret. Draghuvudet kan tillverkas av ett stålrör som bultas fast i rörändan. Se figur 3.7.3.



Figur 3.7.3 Draghuvud

Från dragbrunnen förs en dragvajer genom ledningen med hjälp av spolning eller tryckluft. Vajern kopplas till draghuvudet.

Den maximala indragningslängden bestäms av följande faktorer:

- Dragkapaciteten för winsch eller traktor
- Ledningens linjeföring (böjar, deformationer m m)
- Tillåten draghållfasthet i rörmaterialet
- Friktionen vid indragandet

För att minska friktionen kan det vara en fördel att ha en liten vattenföring i röret. Det kan i vissa fall även vara nödvändigt att använda såpa eller liknande för att smörja ledningen. Indragningslängder upp till 500 meter har utförts.

Den nödvändiga dragkraften är bl a beroende av följande faktorer:

- Ledningens vikt
- Ledningens längd
- Friktionen

Vid indragning bör inte dragkraften medföra större elastisk töjning än 2%.

Tillåtna dragkrafter vid 20°C är visat i tabell 3.7.3.

Tabell 3.7.3. Tillåtna dragkrafter i PEH-röret vid indragningen (KN)

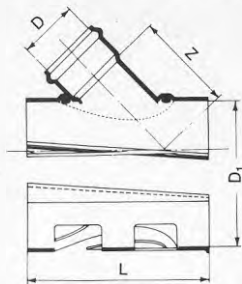
Yttre diameter Dy (mm)	NT 4	NT 6
110	-	16
125	-	21
140	18	26
160	24	34
180	30	43
200	37	54
225	47	68
250	59	84
280	73	105
315	93	134
355	118	169
400	149	215
450	189	272
500	233	335
560	292	421
630	370	533

Alla servisledningarna utanför brunn måste grävas fram för ny inkoppling. Det är därför en fördel att även nyttja dessa gropar som införingsgropar eller draggropar. För att komma åt att göra inkoppling måste en bit av befintlig ledning avlägsnas på vardera sidan anslutningspunkten. Alternativt knackas endast ledningens hjässhälva bort. Inkopplingen utförs vanligtvis med hjälp av ett sadelgrensrör i PVC som klamras fast med spännband av rostfritt stål. Mellan PEH-röret och sadelgrenstrycket läggs en gummipackning. Det är också möjligt att använda PVC-sadelgrensrör av kiltyp (se tabell 3.7.4), som består av två rördelar, som skjutes ihop. Avgrenningsdelen är försedd med gummipackning. Vid infodring med PEH-rörsdimensioner, där sadelgren i PVC saknas kan sadelgrensrör av PEH specialtillverkas. Dessa kan antingen varmluftsveltsas på eller klamras fast med rostfria band.

Övergången till servisledningen kan ske med övergångsrör eller krypmuff.

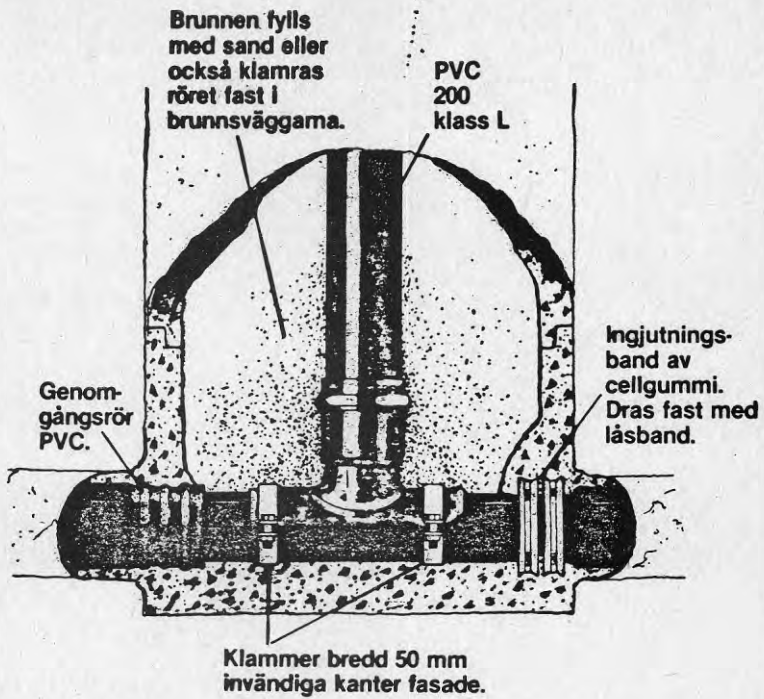
Eventuellt kan hela anslutningspunkten gjutas in i betong, som också fungerar som en förankring av huvudledningen.

Tabell 3.7.4 PVC-sadelgrenrör, kiltyp



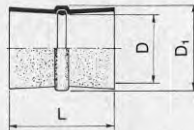
Avgrening grad	D/D, mm	Z mm	L mm
45°	200/110	264	340
	200/160	311	340
	250/160	356	440
90°	315/200	284	440
	400/200	331	440

Vid anslutning till befintlig brunn som har tillkopp-
lade ledningar låter man vanligtvis PEH-röret sluta i
eller strax innanför väggenomföringen. I befintlig
brunn utan tillkopplade ledningar kan man låta röret
antingen gå tätt igenom brunnen eller så monteras en
ny mindre plastbrunn på ledningen. Den kringfylls
lämpligen med sand, se figur 3.7.5. För att undvika
läckage via utrymmet mellan befintlig ledning och
PEH-röret bör någon form av tätning utföras vid genom-
föring i brunnsvägg. Tätningen kan ske på flera sätt.
Man kan t ex trycka in ingjutningsband av cellgummi
eller gjuta in genomgångsrör (se figur 3.7.5 respektive
tabell 3.7.6).



Figur 3.7.5 Exempel på anslutning och tätning till brunn.

Tabell 3.7.6 Genomgångsrör



**GENOMGÅNGSRÖR,
Sandat**

D	L	D ₁
110	240	129
160	240	172
200	240	225
250	240	280
315	240	330
400	240	437
500	240	553
630	240	694

3.7.3 Erfarenheter

Det har visat sig att en grundlig planering av arbetsuppläggningsen vid infodring med PEH-rör ger resultat i form av både insparad tid och reducerade kostnader. Man bör därför alltid göra upp en plan för infodringslängder och lokalisering av införingsgropar med hänsyn till servisledningar, brunnar och andra lokala förhållanden.

Infodring är en enkel metod, där det mesta av arbetet kan utföras av kommunens eget folk. Svetsningen av rören bör emellertid utföras av fackfolk. Vid svetsningen uppstår en svetssvulst på 2-4 mm både ut- och invändigt. Den yttre svulsten kapas som regel bort före införandet, medan den invändiga vanligtvis inte betyder något strömningshinder.

Metoden kräver lite markarbeten jämfört med omläggning och har därför i första hand använts vid större ledningar (huvud- och samlingsledningar) med få anslutningar utanför brunnar. Att metoden främst nyttjats vid anläggningar med längre infodringslängder framgår av medellängderna för utförda infodringar i Sverige t o m 1982. Vid PEH-infodring är medellängden ca 200 m/anläggning, medan motsvarande siffra för PVC-infodring är ca 70 m/anläggning. Vid infodring får man alltid en tvärsnittsreduktion (ca 10%), men sällan motsvarande kapacitetsreduktion (se tabell 3.7.2), vilket kan bero på följande faktorer:

- PEH-rören har normalt lägre K-värde (sandråhet) än betongröret
- Vattenföringen i ledningen reduceras efter renoveringen, då tillförseln av främmande vatten förhindras
- Befintliga avloppsledningar är som regel överdimensionerade, vilket betyder att en viss kapacitetsreduktion kan tolereras.

PEH-röret utvidgas vid värmepåverkan. För att förhindra längdförskjutningar kan i vissa fall förankring av PEH-röret vara motiverat. Bristfällig förankring har vid en del tillfällen medfört deformationer och avkapningar av servisledningar. Som regel förankras röret i befintliga brunnsväggar. På en del anläggningar har också servisledningar förankrats genom kringgjutning.

Injektering av tomrummet mellan befintlig och ny ledning har utförts på några anläggningar i Sverige, där befintlig ledning ej bedömts klara uppträdande belastningar (p g a sprickor och korrosion). Tätning har då skett vid brunnar, varefter injektering med skumbetong har utförts mellan dessa.

Anslutning av sido- och servisledningar utanför brunn kräver ännu så länge att dessa gräves upp. Det pågår dock i Storbritannien utveckling av teknik för anslutning utan uppgrävning.

3.7.4 Exempel

Ex 1 Anläggning i Örebro kommun

Anläggningsdata

Ledningstyp	Spillavloppsledning (f d kombinerad) av betong
Dimension	Ø 750 mm
Längd	85 m
Tillstånd	Ledningen är överdimensionerad, eftersom den tidigare fungerade som kombinerad ledning. Det vore därför önskvärt att minska dimensionen för att få bättre självrensning. På sträckan finns en ca 30 cm djup och 20 m lång svacka som man önskade eliminera liksom konstaterat grundvatteninläckage via otäta fogar.
Lokalisering	Ledningen ligger i en belagd gata på ca 4-5 meters djup och under grundvattennivån. På sträckan är 3 st servisledningar anslutna.

Renoveringsdata

Utförandeår	1982
Metodval	Valet stod mellan konventionell om-/nyläggning och infodring med PEH-rör Ø 250 mm. Man valde infodring med följande motivering: En om-/nyläggning skulle bli kostsammare och mer komplicerat, eftersom spontning troligen skulle behöva vidtagas på g a förläggingsdjupet. Vidare var man intresserad av erfarenhet från infodringstekniken och ansåg att detta var ett lämpligt objekt.
Utförande	Arbetet utfördes helt i kommunens egen regi. Ledningen var TV-inspekterad. Uppschaktning gjordes vid de 3 servisanslutningarna samt i de båda ändpunkterna, där befintliga brunnar togs bort. PEH-rören svetsades i förväg ihop till hela

infodringslängden, 85 meter, och drogs mellan schaktgroparna med wirespel, kopplat till draghuvud på PEH-röret. Anslutningen av servisledningarna tillgick så att anslutningspunkterna schaktades fram och håltagning gjordes i befintlig ledning så att man kom åt att göra anslutning med PVC-sadelgrenrör och övergångsrör PVC-betong.

På grund av den stora dimensionskillnaden mellan ledningarna beslöt man att fixera PEH-ledningen genom att kringfylla den med sand. Innan ledningen infördes hade den befintliga svackan utjämnats med sand. Införandet av sanden utfördes med tryckluft och genom spolning med vatten från de 5 schaktgroparna. För att kunna sandfylla hela ledningssträckan fick ytterligare 2 st angreppspunkter schaktas fram.

De befintliga brunnarna som borttagits ersattes i uppströmsändan med en platsgjuten brunn (p g a anslutande \emptyset 700) samt i nedströmsändan med en prefabricerad tillsynsbrunn i betong, \emptyset 200.

Kontroll

Kontrollen efter utfört arbete har skett genom TV-inspektion, varvid resultatet syntes vara bra.

Kostnader

Renoveringen av denna ledningssträcka uppgick i ett större arbete, varför själva renoveringskostnaden för denna sträcka är svår att specificera. Kostnader för material och införandet av PEH-ledningen uppgick dock till 248:-/m (1982).

Kommentarer

Från kommunens sida var man nöjda med resultatet. Införandet av PEH-ledningen tyckte man hade gått mycket smidigt. Däremot hade det varit vissa problem med att utföra kringfyllningen med sand. Sanden blåstes in med tryckluft eller spolades in med vatten från de upptagna schaktgroparna. Det krävdes dock två extra angreppspunkter på sträckan för att fylla upp hela mellanrummet.

Ex 2 Anläggning i Visby, Gotland

Anläggningsdata

Ledningstyp	Spillvattenledning i betong.
Dimension	Ø 450 mm
Tillstånd	Vid en TV-filmning upptäcktes spräckta rör och rötter i ledningen.
Lokalisering	Ledningen är förlagd på stort djup (4-4,5 m) och korsar en starkt trafikerad utfartsväg från Visby. Grundvattennivån fluktuerar och kan vara både över och under ledningsnivån.

Renoveringsdata

Utförandeår	1982
Metodval	En omläggning av ledningen var närmast otänkbar med tanke på det stora schaktdjupet och störningarna för trafiken på utfartsvägen mot Lummelunda. Dessutom skulle stora el- och teleledningar samt tryckavlopps- och vattenledningar berörts av schaktarbetet. De sistnämnda ledningarna skulle troligen ha behövt läggas om. Man valde därför att renovera ledningen genom infodring med PEH. Man övervägde även infodring med insituform, man kände sig då lite osäkra över den metoden.
Utförande	Arbetena utfördes i egen regi. Ledningen rendrogs med egentillverkade tuber, varefter den högtryckspolades. Därefter tolkades ledningen med en ståltolk, Ø 370. Man bedömde då att en ledning med dy Ø 385 skulle vara möjlig att införa. Ledningen hade en del förskjutningar i vissa skarvar, varför större dimension ej bedömdes kunna införas. Den area och kapacitetsreduktion det skulle medföra bedömdes man var godtagbar. Rören med dim dy Ø 385 levererades från Norge i längder på 9 m, som hopsvetsades på markytan till en hel längd om 75 m. En schaktgrop med 20 meters längd grävdes väst Lummelundsvägen (ca 200 m ³). Befintlig spillvattenledning kapades

så att ledningens underdel återstod på en sträcka av ca 10 m. Befintlig spillvattenledning proppades och överpumpning ordnades till intilliggande brunn. I det hopsvetsade PEH-rörets främre del fastbultades ett draghuvud. En wire fördes från draghuvudet genom ledningen till brunnen i slutändan på sträckan, där en jeep med hydraulspel tjänstgjorde som dragkraft. En grävmaskin fanns vid en mellanliggande brunn och styrde samt lyfte röret från ledningsbotten.

Själva infodringen tog ca 30 min. Vid ändbrunnarna samt en mellanliggande brunn utfördes förankring av PEH-röret med vinkeljärn och bultar i brunnsbotten samt kringgjutning. Eftersom grundvattenytan fluktuerar ville man gardera sig mot rörelser och spänningar i ledningen. Vid den andra mellanbrunnen uppsågades överytan på PEH-röret. I schaktgropen (införingsgropen), där betongledningens överdel kapats, utlades ett delat spirorör som skydd och form över PEH-röret, varpå det övergöts med 25 cm betongskikt.

Kostnader	Kostnaden för arbetet blev totalt 784 kr/m (1982), varav rensningen gick på 85:-/m och rörmaterialet ca 300:-/m.
Kommentarer	Från beställarsidan är man nöjd med utförandet, som man tyckte gick smidigt och snabbt. Kostnaden för infodringen bedömdes till ca hälften av vad ett konventionellt schakt och utbyte av rör hade medfört. Till infodringens fördel talar i detta fall speciellt den sociala förtjänsten som minskade trafikstörningar betyder.

Ex 3 Anläggning i Oppegårds kommun (Norge)

Anläggningsdata

Ledningstyp	Spillvattenledning i betong, lagd 1961-1962.
Dimension	Ø 300 mm

Tillstånd	Inläckage via otäta fogar. Svackor med sedimentering av sand och grus.
Lokalisering	Förlagd längs en större väg parallellt med en bäck.
<u>Renoveringsdata</u>	
Utförandeår	1982
Förundersökningar, förberedelser m m	Ledningen undersöktes i samband med arbetet för en saneringsplan i kommunen. Rengöring, flödesmätningar och TV-inspektion utfördes. Före renoveringen jämnades alla svackor ut genom begränsade omläggningar.
Metodval	Infodring med PEH-rör valdes, eftersom endast två servisledningarna var anslutna och ledningens sträckning var rak utan böjar. Metoden bedömdes som ekonomiskt fördelaktigast.
Utförande	Totalt infodrades 350 m med PEH-rör \emptyset 250 mm, NT 4. Allt arbete, bortsett från svetsning av rören utfördes av kommunens eget folk. Ledningen infördes med en kombination av tryckning och dragning. Servisledningarna anslöts med PVC-rördelar. Genom brunnar som saknade grenledningar lät man PEH-röret gå tätt utan öppning. I brunnar med grenledningar monterade man på PEH-röret en PVC-tillsynsbrunn \emptyset 315.
Problem vid utförandet	Det var liten marginal mellan betong- och PEH-röret. På två ställen körde PEH-röret fast, så att ledningen måste grävas upp.
Kontroll	Före renoveringen uppmättes ett inläckage på ca 100% på sträckan. Mätningar utförda ett år senare under samma förhållanden och vattenföring visade minimalt inläckage.
Kostnader	Den totala renoveringskostnaden blev ca 480 Nkr per lm. Kostnaderna fördelade sig på följande delposter:
	- rörmaterial 25%
	- svetsarbete 8%

- maskiner etc	30%
- manskap	32%
- diverse	5%

Kommentarer Arbetet visade i detta fall att TV-inspektionen borde skett i torrlagd ledning. Med vattenföring i röret kunde inte allt sedimenterat material registreras, vilket medförde stor friktion vid intryckningen.

3.8 Infodring med PVC-rör

3.8.1 Allmänt

PVC-markavloppsrör används i kommunala ledningsnät både till dag- och spillvattenledningar i såväl servis- som huvudledningar.

Sedan slutet av 1960-talet har PVC-rör förekommit vid infodring av befintliga avloppsledningar. De material- egenskaper hos PVC-rören som är mest tilltalande vid just infodring är följande:

- Rören är lätta
- Rören har goda hydrauliska egenskaper
- Rören är lätta att skarva och finns i korta längder
- Rörens goda motståndskraft mot aggressiva vätskor
- Till rören finns ett rikligt sortiment av rördelar.

Vid infodring kan användas dels PVC-markavloppsrör och sedan 1982 finns även ett speciellt s k PVC-relining- rör. PVC-markavloppsrör tillverkas i tre tryckklasser L, M respektive T. De vid infodring normalt använda rören är av klass T (tjockare gods) och tillverkas i dimensioner enligt tabell 3.8.1.

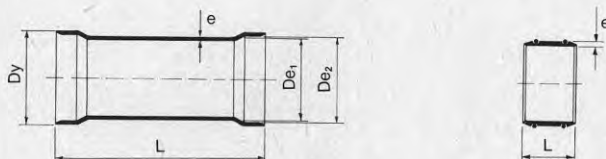
TABELL 3.8.1 Dimensionslista PVC-markavloppsrör, klass T

Dimension	Innerdiameter	Största ytterdiameter
dy mm	di mm	D mm
110	103,4	128
160	150,6	185
200	188,2	228
250	235,4	280
315	296,6	352
400	376,6	446
500	470,8	566
630	593,4	705

Rören tillverkas beroende på dimension med bygglängder mellan 1 och 6 meter.

PVC-rören skarvas med gummiringsmuff. Rören har ett muffutförande som vid infodring kan vara begränsande för möjlig dimension på infodringsröret. Största ytterdiametern, d_v s över muff, är 10-15% större än rörets ytterdiameter. För att reducera muffens negativa inverkan vid infodring har ett sk reliningsrör framtagits med en speciell "infälld" muff. Rören fogas samman medelst ett kort gummiringsförsett skarvrör. Muffens ytterdiameter blir då 5-6% större än rörets ytterdiameter. Reliningsröret tillverkas i klass M och med längderna 0,5 resp 2 m. Tillverkningsdimensioner, se tabell 3.8.2.

TABELL 3.8.2 Dimensionslista PVC-reliningsrör



UPONAL PVC Klass M reliningsrör

Reliningsrör				Skarvrör		
Dimension nominellt mått D_e mm	Dimension övre gränsmått D_{e2} mm	L mm	Nominellt mått och övre gränsmått e mm	Mått muff övre gränsmått D_y mm	L mm	Nominellt mått och övre gränsmått e mm
200	200 +0,4	500	4,9 +0,7	212	124	5,9 +0,8
200	200 +0,4	2000	4,9 +0,7	212	124	5,9 +0,8
250	250 +0,5	500	6,2 +0,9	265	134	6,2 +0,9
250	250 +0,5	2000	6,2 +0,9	265	134	6,2 +0,9
315	315 +0,6	500	7,7 +0,6	333	165	7,7 +1,0
315	315 +0,6	2000	7,7 +0,6	333	165	7,7 +1,0

En infodring medför alltid en tvärsnittsreduktion. Normalt vill man infodra med största möjliga dimension, eftersom bibehållen kapacitet är önskvärd. Beroende på bl a befintlig lednings dimension och kondition, t ex om den har förskjutna skarvar eller deformerade rör, kan man som allmän tumregel räkna med att största ytterdiametern på infodringsröret bör vara åtminstone 10% mindre än innerdiametern på befintlig ledning. Det kan gå med mindre differens t ex med reliningsrör dim 200 mm (d_y muff = 212 mm) i betongledning dim 225 mm, vilket motsvarar en reduktion på 6%. Vid mindre reduktion än 10% bör man dock under alla förhållanden t ex genom tolkning förvissa sig om att det är praktiskt möjligt. Tolken kan tillverkas av en rörbit med tilltänkt ledningsdimension.

Av tabell 3.8.3 framgår vilka tillgängliga dimensioner som teoretiskt är möjliga att infodra i betongrör med olika dimensioner samt vilka kapaciteter som då erhålls.

TABELL 3.8.3 Exempel på teoretiskt möjliga dimensioner på infodringsrör samt då erhållna kapaciteter

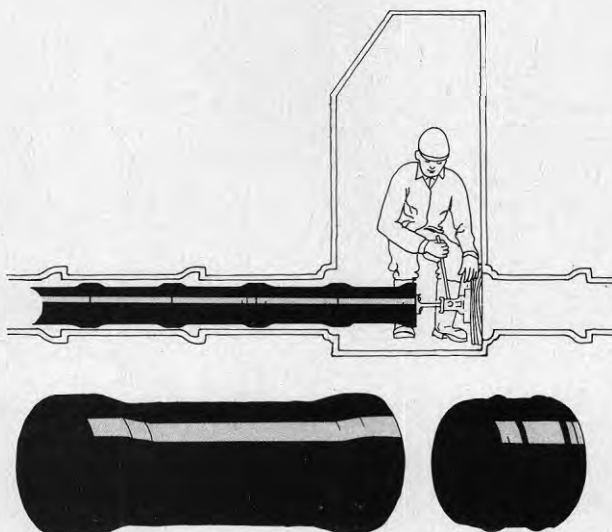
Rördimension (mm)			1) Kapacitet vid 10% lutning l/s		
Betong	PVC, klass T (markavlopps-rör) d nom/d muff	PVC, klass M (reliningrör) d nom/d muff	Betong	PVC kl T	PVC kl M
150	110/128	-	12		
200	160/185	-	24	19	
225	160/185	200/212 2)	37	19	33
300	250/280	250/265	80	63	63
400	315/352	315/333	172	117	117
500	400/446	-	315	221	

- 1) Kapaciteten beräknad enl Colebrooks formel med följande antaganden
- K = 5,0 mm för betongrör (antaget värde för en ledning av dålig kvalitet, t ex korroderat eller med grov avloppshud).
- K = 0,2 mm för PVC-rör i normalfallet. (Vid extremt dåliga lutningsförhållanden eller låga flöden, d v s dåliga självreningsförhållanden, kan K-värdet för PVC-rör komma att uppgå till värden mellan 1,0 och 1,5 mm redan efter någon månad i drift. Som lämpligt K-värde för plaströr under inte alltför ogynnsamma förhållanden torde dock 0,6 mm kunna sättas som en övre gräns).
- 2) Innan beslut om infodring med denna dimension förutsätts att tolkning av bef 225-ledning har utförts.

3.8.2 Utförande

Infodring med PVC-rör kan ske via schaktgrop (rör 1-6 m) eller via nedstigningsbrunn (rör 0,5 m). Införandet kan ske genom tryckning, dragning eller en kombination av dessa.

Normalt tryckes eller skjuter man in rören med handkraft eller med hjälp av spett. I vissa fall nyttjar man grävmaskin. Vid införande av korta rör (0,5 m) från nedstigningsbrunn kan domkraft användas (se figur 3.8.1). Om spett, grävmaskin eller domkraft används, bör röret skyddas genom en plankbit eller dylikt som fördelar trycket.



m

Om man väljer att dra in PVC-rören måste dragkraften utgå från det bakersta röret, eftersom gummiringarna ej är dragsäkra. Man fäster därför dragvadjern medelst en snabbkoppling till en ögla på en stålplåt eller liknande placerad bakom sista röret. Plåten flyttas sedan till nästa rör, eftersom skarvning och inmatning fortskrider.

Alla servisledning utaför brunn måste grävas fram för ny inkoppling. Det är därför en fördel att även nyttja dessa gropar som införingsgropar. För att komma åt att göra inkoppling måste rörets hjassa knackas bort eller eventuellt hela röret borttages. Anslutningen till PVC-röret sker sedan med gren- eller sadelgrenrör. Sadelgrenrör finns dels av kiltyp (se tabell 3.7.4), som består av två delar som skjuts ihop och dels en typ som klamras fast med spännband av rostfritt stål. Grenröret kan i sin tur anslutas till servisledningen med en krympmuff.

PVC-rörets anslutning till befintlig brunn kan utföras på olika sätt beroende på förutsättningarna.

Om befintlig brunn som passerar på infodringssträckan saknar anslutande ledningar kan man t ex låta PVC-röret gå helt igenom brunnen och utföra håltagning, då inspektion eller spolning via brunn erfordras, eller så kan man i befintlig brunn på PVC-röret ställa en mindre PVC-tillsynsbrunn och kringfylla den med sand. Båda dessa utföranden gör att ev inläckage via befintlig brunn reduceras. Om man har anslutande ledningar i brunnen, låter man som regel brunnen vara intakt och PVC-rören avsluts innanför brunnsvägg. Viktigt vid PVC-infodring är att det blir tätt vid anslutning till befintliga brunnar, så att inte utrymmet mellan befintlig och ny ledning fungerar som dränvat-tenledning.

Tätningen kan utföras på flera sätt t ex

- kringgjutning med cementbruk
- ingjutning av genomgångsrör (Se figur 3.7.5)
- injektering med polyuretanskum
- ingjutningsband av cellgummi som i väggenomföringen monteras på röret med låsband av stål.
(Se figur 3.7.5)

Om befintlig lednings rörhållfasthet befinns vara undermålig med t ex sprickor och deformationer, kan man förstärka konstruktionen genom att injektera in cementbruk i mellanutrymmet mellan befintlig ledning och infodringsröret.

3.8.3 Erfarenheter

PVC-infodring är utförande- och funktionstekniskt en relativt enkel renoveringsmetod. Detta betyder att många kommuner i egen regi med framgång provat på metoden.

Metoden har jämfört med PEH-infodring normalt använts vid renoveringsobjekt med kortare infodringslängder. Detta framgår av att medellängden för utförda PVC-infodringar i Sverige t o m 1982 är ca 70 m/objekt, medan motsvarande siffra för PEH-infodring är ca 200 m/objekt.

Den rörtyp som främst har använts är vanliga PVC-markavloppsrör Klass T i 2 respektive 5 meters längder. Sedan 1982 har de specialtillverkade PVC-reliningrören använts i begränsad omfattning. Fördelarna med dessa rör jämfört med markavloppsrören är främst att det vid vissa dimensioner på befintlig ledning är möjligt att infodra med en dimension större på infodringsröret, samt att det med halvmetersrören är möjligt att införa dessa via nedstigningsbrunn.

Skarvmuffkonstruktionen innebär vidare att vinkelavvikelse på upp till 7° kan upptas i skarvarna.

Till nackdelarna hör främst materialkostnaden. Rören är 2-3 gånger dyrare än markavloppsroren.

Införandet av PVC-rören sker normalt genom inskjutning med handkraft eller med hjälp av spett. Man utnyttjar, så långt det är möjligt, schaktgroparna för servisanlutningarna även som införingsgropar. Därigenom kan schaktarbetet och införingslängderna reduceras. Vid införandet förekommer ofta att en plastkon eller liknande monteras som skydd på främsta röret. Detta kan dock om befintlig ledning är dåligt rengjord öka risken för stopp genom att t ex slam och rötter genom den koniska formen pressas in mellan PVC-röret och befintlig ledning.

Vid intryckning av PVC-röret får man tillse att trycket på röret inte blir för stort, varvid det finns risk att det spricker. Detta gäller speciellt vid intryckning med grävmaskin eller liknande och där man har förskjutna fogar, som röret kan haka tag i. För att minska risken för att rören trycks sönder rekommenderar rörfabrikanten Uponor att man vid vanliga markavloppsror fäster en specialring i muffen. Kostnad enligt Uponor 1 kr/st.

Förbipumpning är sällan nödvändigt vid PVC-infodring.

3.8.4 Exempel

Ex 1 Anläggning i Tyresö kommun

Anläggningsdata

Ledningstyp	Spillvattenledning i betong från mitten av 1950-talet. Fogad med cementbruk och drev.
Dimension	Ø 225
Längd	380 m
Tillstånd	Ledningssträckan har varit utsatt för en del driftstörningar i form av stopp, främst orsakade av inträngande rötter från en häck som går parallellt med ledningen. Vid flödesmätningar har varierande flöden uppmätts som tyder både på in-respektive utläckage.
Lokalisering	Ledningen är förlagd i asfalterad gata i villabebyggelse. Den ligger samförlagd med en vattenledning på

normaldjup. Grundvattenytan ligger helt eller delvis över ledningen. På ledningssträckan finns 8 st nedstigningsbrunnar och är 29 st serviser anslutna.

Renoveringsdata

Utförandeår

1982

Förundersökningar, förbeterdelser m m

Flödesmätningar blev utförda nattetid för att registrera läckagens storlek på olika delsträckor. Vidare utfördes grundvattenobservationer i fyra rör, nedslagna längs ledningssträckan, som även lästes av under och efter renoveringen. Ledningen var TV-inspekterad och högtrycksspolad.

Metodval

PVC-markavloppsrör, dim 160 mm, klass T, l = 5 m.

I kommunen hade man goda erfarenheter från tidigare under liknande förutsättningar utförda PVC-infodringar. I detta fall ansåg man metoden speciellt lämpad, eftersom uppschaktningarna vid servisanslutningarna ändå måste utföras, då befintliga servisledningar för vatten måste bytas ut p g a korrosionsproblem. Man bestämde sig då för att även ersätta spillvattenserviserna in till tomtgräns.

Utförande

Arbetet utfördes i egen regi av 2 arbetare, 1 grävmaskin samt 1 lastbil. Totalt pågick arbetena i 55 dagar, varav ca hälften av tiden åtgick för utbyte av servisledningar. På infodringssträckan som totalt var 380 m uppschaktades 15 schaktgropar med vardera 7-8 meters längd för anslutning av servisledningar och för utbyte av ett par nedstigningsbrunnar. Schaktgroparna nyttjades även som infodringsgropar för PVC-rören. Dessa kunde skjutas in med handkraft och skarvas efterhand som de infördes. På sträckan fanns 8 st nedstigningsbrunnar. I 6 st av dem placerade man spolbrunnar (sadelmodell) \emptyset 200 och i 2 st rensbrunnar \emptyset 400 p g a anslutande sidoledningar.

Mellanutrymmet mellan den gamla och nya brunnen fylldes med sand.

Befintliga spillvattenserviser av betong ersattes ända till tomtgräns med PVC Ø 110, eftersom schaktning och utbyte av de starkt korrosionsangripna vattenserviserna ändå skulle utföras. Anslutning av servisledning till huvudledning utfördes med sadelgrenrör.

Problem vid utförandet:

Rören skjöts in med handkraft, vilket i stort sett gick mycket bra. Vid tre tillfällen nödgades man dock tillgripa spolning p g a att röret kört fast i det material som blir transporterat framför röret. Vid ett tillfälle räckte ej spolning utan man tvingades schakta fram och öppna ledningen för att kunna åtgärda.

Kontroll

Kontroll av resultatet har skett genom jämförelse av flödesmätningar, utförda före och efter infodring. Dessa visar att man efter infodring fått normala flödesvärden.

Kostnader

Totalkostnaden per meter infodrad ledning blev ca 430 kr. Delkostnaderna fördelar sig enligt nedan:

2 arbetare	25%
1 grävmaskin	19%
1 lastbil	27%
Material	20%
Aterställning (bl a asfalt)	9%

Kommentarer

I kommunen är man mycket nöjd med de infodringar som är utförda, då man ser både ekonomiska och utförandemässiga fördelar.

Ex 2 Anläggning i Avesta kommun

Anläggningsdata

Ledningstyp	Spillvattenledning i betong förlagd under 1940-talet.
Dimension	Ø 225 mm
Längd	Ca 500 m
Ledningens condition, problem:	Problem med stora inläckage via skarvarna samt med inträngande rötter.

Lokalisering	Ledningen ligger under grundvattenytan i en belagd gata i ett villaområde.
<u>Renoveringsdata</u>	
Utförandeår	1982
Metodval	PVC-reliningrör, dim 200, l = 2 m. Motiveringen var att problemen med inläckage och rotinträngning skulle kunna elimineras genom infodring både till lägre kostnad och med mindre störningar än vid omläggning. Att det blev PVC-rör berodde på att man ansåg att anslutandet av de relativt stora antalet serviser skulle underlättas om korta PVC-rör användes istället för t ex PEH-rör. Att de sedan valde de speciella PVC-reliningrören var p g a att man var angelägen att bibehålla största möjliga flödeskapacitet i ledningen.
Utförande	Arbetet utfördes i egen regi. Införandet av rören skedde från schaktgropar som till stor del samordnades med de schaktgropar som var nödvändiga för servisanslutningar mellan brunnar. Längden på schaktgroparna var ca 3 m. Rören infördes genom tryckning med handkraft och med spett. I vissa fall använde man grävmaskin. På infodringssträckorna fanns ett antal nedstigningsbrunnar, vilka man lät röret passera rakt igenom med en öppning i hjässan. Anslutning av servisledningar utfördes med vanliga grenrör.
Kostnader	700 kr/m (1982).
Kommentarer	Att infodra med PVC-reliningrör, dim 200 (övre gränsmått dy = 212), i ett betongrör, dim 225, kan medföra problem i vissa fall. Differensen mellan rören är teoretiskt endast 13 mm och risken att köra fast är stor. Man bör således före beslut om dimension göra en tolkning av befintlig ledning, vilket icke gjordes i detta fall.

Ex 3 Anläggning i Oslo kommun (Norge)

Anläggningsdata

Ledningstyp	Spillvattenledning i betong, lagd 1955.
Dimension	Ø 225 och 300 mm
Tillstånd	Otäta fogar och spruckna rör. Utläckage från spillvattenledningen till närliggande dagvattenledning och bäck.
Lokalisering	Ledningen ligger i ett bostadsområde.

Renoveringsdata

Utförandeår	1974/1975
Förundersökningar m m	TV-inspektion i spillvattenledningen och provtagningar i dagvattenledningen.
Metdoval	Kommunen utförde ett kostnadsöverslag för de aktuella metoderna: Foginjektering (440 Nkr per lm), infodring med PVC-rör (550 Nkr per lm), infodring med PEH-rör (610 Nkr per lm) och omläggning (1050 Nkr per lm). Eftersom betongrören hade längsgående sprickor uteslöts foginjekteringen med PVC-rör.
Utförande	410 m Ø 225 mm infodrades med Ø 200 PVC-T med limmade fogar. 213 m Ø 300 mm infodrades med Ø 250 mm PVC-T med gummiringsmuffar.

Arbetet utfördes av kommunens egen personal.

Rören smordes med såpa och trycktes nedströms med en vajer fästad i bakkant av sista röret.

Medelavståndet mellan servisledningarna var ca 25 m. Schaktgroparna för dessa användes även som införingsgropar. Servisledningarna anslöts med PVC-grenrör. Anslutningspunkterna kringgöts med betong för att få en fixering av röret.

Kontroll	Prover togs av vattnet i den intilliggande dagvattenledningen efter renoeringen. Dessa visade på en klar reduktion av föroreningshalten.
Kostnader	Renoeringen kostade totalt 435 Nkr per lm (1974/75).
Kommentarer	Kommunen var nöjd med arbetet med tanke på både det ekonomiska och föroreningsmässiga resultatet.

3.9 Infodring med glasfiberelement

3.9.1 Allmänt

Metoden används främst till förstärkning av större krypbara ej cirkulära ledningar. Eftersom den typen av ledningar hos oss är relativt ovanligt, så har metoden endast förekommit vid ett par enstaka objekt. Varianter av denna metod används desto mer i Storbritannien bl a för att förhindra kollaps av söndervittrade tegelkilvertar.

Elementen är normalt tillverkade av glasfiberarmerad polyester eller glasfiberarmerad cement. De kan tillverkas i vilken form som helst och kan vid små ledningar utformas som hela rör och vid stora ledningar som segment. Ledningens diameter minskas något genom infodringen. Hur mycket diametern måste reduceras beror på hur mycket ledningen behöver förstärkas konstruktionsmässigt. Genom armering och högvärdigt injektionsbruk kan reduktionen av rördiametern minimeras. Erfarenhetsmässigt är det för övrigt sällan som den infodrade ledningen behöver ta över hela belastningen. Om speciella krav på kemisk resistans erfordras bör man välja element av glasfiberarmerad polyester före glasfiberarmerad cement. Analys av det vatten ledningen transporterar blir avgörande för vilken typ av plast som kommer ifråga.

3.9.2 Utförande

Infodring med element kan normalt utföras med ett mindre flöde i ledningen, men bör inte minst av arbetsmiljöskäl reduceras vid större flöden.

Vanligtvis vill man kunna nedföra elementen via befintliga nedstigningsbrunnar för att undvika schaktning. Elementen tillverkas därför ofta i segment, dvs rörsektioner delade i två eller flera delsektioner. Alternativt schaktar man upp införingsgropar och skjuter in hela sektioner. Elementen fogas samman i längs- och tvärled genom falsar. Fogarna tätas eventuellt med någon fogmassa, t ex kemikaliebeständigt

kitt och därefter poppnitas de ihop med nitar av rostfritt stål. Elementen centreras i ledningen, t ex med tråkilar, så att injekteringsbruket kan tränga ut runt hela rörsektionen. När elementen är färdigmonterade sker injektering. Injekteringen kan ske via brunnar eller innifrån ledningen. I det senare fallet borrar injekteringshål i elementens hjassa eller botten och cementbruket injekteras via dessa.

3.9.3 Erfarenheter

Det är Storbritannien som svarat för de flesta utförda objekten med denna renoveringsteknik. Renoveringsarbetet i Storbritannien har främst koncentrerats till större ej cirkulära ledningar, typ tegelstenskulvertar där man framför allt velat återställa den strukturella hållfastheten. För den typen av objekt är metoden speciellt väl lämpad. Fördelarna med metoden är främst följande:

- Elementen är lätta. De kan fås i valfri form och dimension
- Det krävs som regel inget schaktarbete, eftersom elementen i form av segment kan nedföras via nedstigningsbrunnar. Grenledningar kan anslutas innifrån ledningen.
- Injekteringen med cementbruk kan ge en konstruktion jämförbar med ett nylagt rör.

3.9.4 Exempel

Ex 1 Anläggning i Ö Storgatan, Jönköping

Anläggningsdata

Ledningstyp	Kombinerad falsrörsledning med cementbrukssmetade fogar.
Dimension	Ø 1250 mm
Längd	25 m
Tillstånd	Stora flöden av ovidkommande vatten har noterats på ledningssträckan. Detta består huvudsakligen av grundvatten, som läcker in via otätigheter p g a förskjutna skarvar. Vid en flödesmätning uppmättes inläckage på 1,1 l/s.
Lokalisering	Ledningen ligger i en starkt trafikerad belagd gata under en järnvägsviadukt. Förläggingsdjupet är ca 4 m och grundvattenytan ligger konstant över ledningens hjassa.

Renoveringsdata

Utförandeår

1982

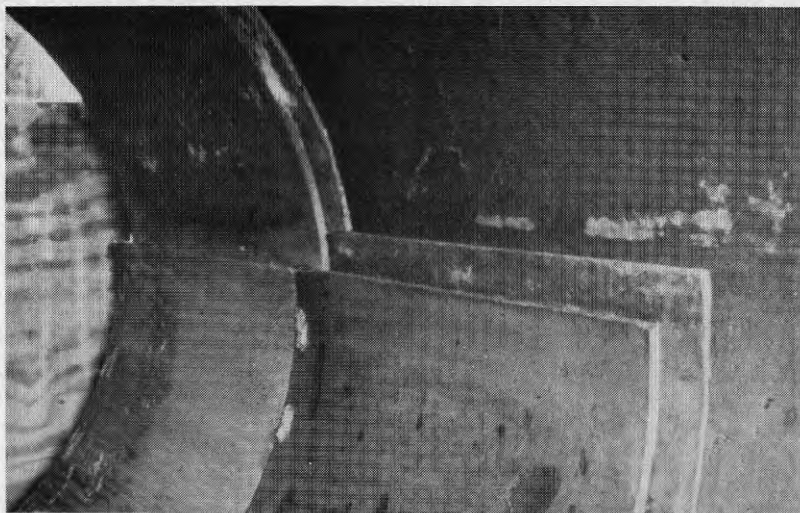
Metodval

Ledningssträckan på 25 m ingick i ett större renoveringsobjekt. Eftersom ledningen på stort djup (ca 4 m) korsar en starkt trafikerad gata under en järnvägsviadukt så skulle omläggning av ledningen medföra stora problem. Med tanke på de stora belastningarna från ovanliggande väg och järnväg och de förskjutna skarvarna (upp till 25 mm) så ville man på denna sträcka förutom tätning även åstadkomma en förstärkning av ledningen. Man valde då att infodra ledningen med glasfiberarmerade cementbruks-element. För att möjliggöra angrepp via platsgjuten nedstigningsbrunn valde man att få elementen utförda som halvcirkelformade rörsegment med längd 65 cm, vilket efter fogning ger en bygglängd på 60 cm. Tjockleken på segmenten var 10 mm. Elementen skulle efter montage kringgjutas med ett betongskikt > 50 mm, betongkvalitet K 400. Vid infodringen måste hänsyn tagas till ojämnheten och förskjutningen i skarvarna på upp till 25 mm. För att på alla ställen erhålla ett minsta betongskikt av 50 mm erfordrades att ledningens innerdiameter minskas till 1080 mm.

Utförande

Renoveringsarbetet utfördes på entreprenad. Till grund för anbuds-givningen låg ett förfrågnings- underlag. Detta angav att i arbetet skulle förutom montering och kringgjutning av elementen även ingå rengöring före och täthets- provning efter infodringen. Rengöringen utfördes genom högtrycks- spolning kombinerat med upprensning av söndervittrade fogar så att dessa vid injekteringen helt skulle utfyllas med cementbruk.

Bortpumpning av inkommande avlopps- vatten ombesörjdes av beställaren. Elementen nedfördes via en plats- gjuten nedstigningsbrunn. Samman- fogningen av segmenten (under- respektive överhalva) i tvär- och längsled skedde genom poppnitning. I skarvarna lades en tätmassa av silikon (se fig 3.9.1).



Figur 3.9.1 Montering av segment

Uppbyggnaden av elementen tog 2 dagar för 4 man.

Centreringen av elementen i ytterröret, som är \varnothing 1250 mm, gjordes med tråkilar i nedre delen kl 04.00 och 08.00. För att förhindra lyftning av elementen lades i hjässan tegelstenar mellan ytter- och innerrör med c/c 3-4 m.

Injekteringen utfördes med cementbruk med tillsats av bentonit. Bruket blandades på platsen och pumpades in genom hål i elementens hjässa på ca var tredje meter. Injekteringen utfördes i etapper. Första dagen till nivå ca kl 04.00 och 08.00. Andra dagen till 02.00 och 10.00 och tredje dagen resten. Injekteringen utfördes under vattentryck. Inpumpad cementmängd 7,5 ton. Av protokoll från provtryckning av betongkuber framgick att injekteringsbruket har en tryckhållfasthet av 630 kg/m².

Kontroll

Flödesmätning har ej utförts efter renoveringen, eftersom inga mätbara läckage kunde noteras.

Kostnader

Totalkostnaden blev ca 145 000 kr eller 5800 kr per lm (1982).

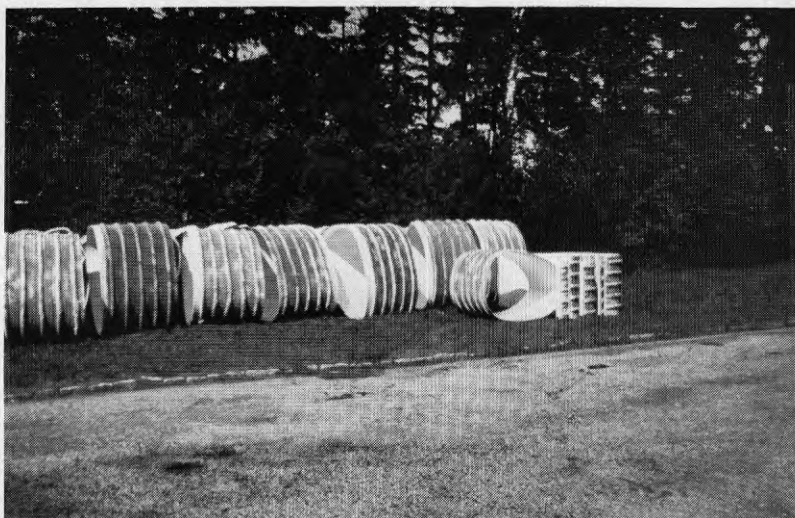
Ex 2 Anläggning i Estlandsgatan, Stockholm

Anläggningsdata

Ledningstyp	Kombinerad platsgjuten betongkulvert från 1935.
Dimension	Fyrkantkulvert med V-formad botten, h = 1,8 m b = 1,0 m
Längd	425 m
Tillstånd	Bebyggelsen i kulvertens närhet har utsatts för betydande sättningar. Dessa sättningar tror man orsakas av grundvattensänkningar p g a inläckage i kulverten. Inläckaget sker genom otätheter i den vittrade betongen.
Lokalisering	I belagd gata i villabebyggelse. Grundvattennivån ligger helt eller delvis över kulverten. På sträckan fanns 25 st servisledningar anslutna.

Renoveringsdata

Utförandeår	1982
Metodval	Äggformade glasfiberarmerade polyester-element tillverkade i hela rörsektionen med längd 1 m och godstjocklek 8 mm. För att öka styvheten har elementen försetts med fastlaminerade lister runt om på ett lämpligt inbördes avstånd (se figur 3.9.2).



Figur 3.9.2 Sektioner av glasfiberarmerad polyester

Genom hål i dessa lister trädde armeringsjärn \emptyset 4 mm som extra förstärkning och vidhäftning till det cementbruk som injekterades runt elementen.

Objektet, som lämnades ut för anbudsgivning, omfattade förutom tätning av avloppskulverten även omläggning av 25 st anslutna servisledningar samt ombyggnad av 8 st nedstigningsbrunnar.

Villkoret för tätningen var att den skulle motstå trycket av 4 m vattenpelare.

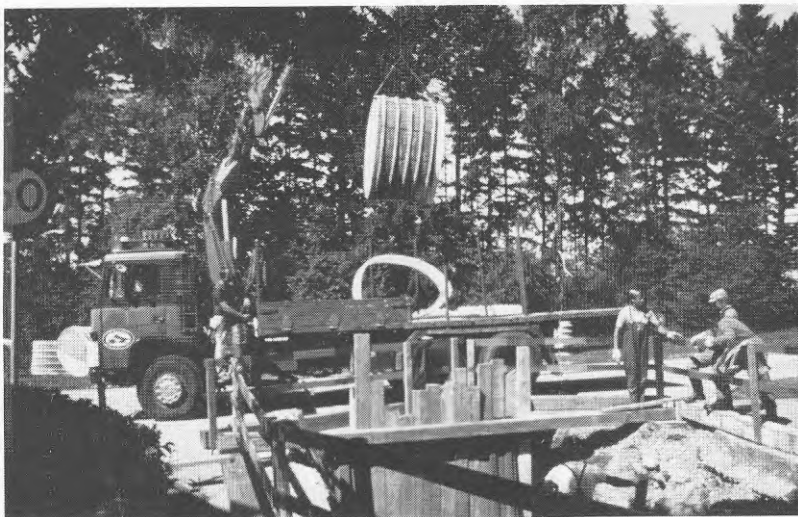
På anbudsförfrågan inkom anbud på 5 st renoveringsförslag samt 1 st förslag på konventionell omläggning. Av föreslagna åtgärder kunde några förkastas direkt, eftersom man ej kunde verifiera att hållfastheten var tillräcklig för att uppfylla ställda villkor.

Av återstående förslag bedömdes glasfiberarmerade polyesterelement vara det mest tilltalande med både tekniska och ekonomiska bedömningar sammanvägda.

Utförande

Innan arbetet i kulverten påbörjades ordnades med avspärning i sträckans uppströmsända samt överpumpning till näraliggande avloppsledning. Därefter högtryckspolades kulverten.

Elementen som var tillverkade i hela sektioner med 1 meters längd togs in i kulverten via schaktgropar vid platsgjutna brunnar (se figur 3.9.3). Därefter monterades rörsektionerna ihop genom poppnitning (se figur 3.9.4).



Figur 3.9.3 Elementen införs via schaktgrop



Figur 3.9.4 Montering av rörsektioner

Anslutande servisledningar som lades om till tomtgräns anslöts via uppborrningar i panelen. Där-efter injekterades utrymmet mellan befintlig kulvert och panelerna med cementbruk. Injekteringen gjordes via två uppborrade hål placerade i panelens undre del på ca varannan sektion.

Kontroll	Något mätbart inläckage kunde ej konstateras efter reoveringen.
Kostnader	Kostnaden för tätningen av kulverten var ca 2 milj Skr eller 4700 Skr/m. (1982)

3.10 Övriga metoder

Utöver de metoder som är beskrivna i kapitel 3.2 - 3.9 finns det ytterligare ett antal reoveringsmetoder. De flesta är dock varianter av ovan beskrivna metoder. Av övriga metoder som förekommit i Sverige vid enstaka objekt kan nämnas

- Infodring med GAP-rör (glasfiberarmerad polyester)

Rören är centrifugal gjutna och tillverkas som standard i dim \emptyset 400 - 1000 mm och längd 6 m. Fogningen av rören sker med fabriksmonterad

lösuff med en helfolierad invändig gummiprofil i EPDM-gummi. Rörets egenskaper är bl a: Hög rörstyvhet, helt släta in- och utsidor, hög korrosionsbeständighet.

Infodring med GAP-rör har utförts i Flens kommun 1981. En ca 100 m lång betongledning \emptyset 600 mm infodrades med GAP-rör \emptyset 500 mm.

- Fogtätning med gummimanschetter.

Gummimanschetter används främst vid tätning i nedstigningsbrunnar, men kan även användas för fogtätning i större krypbara ledningar ($\emptyset > 700$ mm), som ett alternativ till foginjektering. Vid dimension >1200 mm finns i Europa ej utrustning för foginjektering med polyuretan. Gummimanschetten kan fås i valfri dimension. De gummimanschetter som använts har bredden 20 cm och tjockleken 8 mm. Manschetten placeras över fogar och tryckes ut mot betongröret med hjälp av rostfria bandjärn eller rundstål.

Denna metod användes vid en anläggning i Jönköping 1982. Man tätade då en kombinerad falsrörsledning i betong \emptyset 1300 mm med gummimanschetter, totalt 12 st.

4 SLUTSATSER. REKOMMENDATIONER

4.1 Undersökning av förnyelsebehovet

Till grund för beslut om eventuella åtgärder på en ledningssträcka bör ligga en undersökning av bl a följande förhållanden:

- Ledningsnätets allmänna tillstånd
- Ledningssträckans speciella tillstånd
- Ledningens lokalisering
- Kapacitetsbehov
- Grundförhållanden
- Grundvattenstånd
- Servisledningars antal och tillstånd

Ovannämnda förhållanden undersöks t ex genom:

- Täthetsprovning
- TV-inspektion
- Manuell inspektion
- Grundvattenobservationer

Undersökningen visar var behov av åtgärder är nödvändiga. Därefter jämförs de tänkbara åtgärdsalternativen. Man får för varje ledningssträcka pröva vad som är mest fördelaktigt ur teknisk - ekonomisk synpunkt:

- Omläggning av befintlig ledning (nya rör)
- Nyläggning av befintlig ledning i för dagen bästa sträckning (nya rör)
- Renovering av befintlig ledning

Omläggning

Fördelar:

Nytt ledningsmaterial, befintliga servisledningar kan lätt anslutas.

Nackdelar:

Åtgärder erfordras för att klara driften under tiden för omläggningen. Stora kostnader särskilt vid spontning och där ledningen ligger i trafikerad yta.

Nyläggning

Fördelar:

Nytt ledningsmaterial. Ledningen i bästa möjliga sträckning med hänsyn till funktion. Nyläggning kan i regel ske med den befintliga ledningen i drift under större delen av arbetsperioden.

Nackdelar:

Stora kostnader särskilt vid spontning och där ledningen ligger i trafikerad yta. Nyläget kan eventuellt medföra besvär vid inkoppling av befintliga servisledningar.

Renovering**Fördelar:**

Påverkar som regel i liten utsträckning anläggningar på markytan. Lägre investeringskostnader än om- eller nyläggning. Snabbare utförande.

Nackdelar:

Livslängden bedöms för vissa utföranden kortare än för om- eller nyläggning. Renovering kan betyda area- och kapacitetsminskning.

4.2 Förarbeten

Genomförandet av en renovering förutsätter att vissa förarbeten är utförda. Vilka förarbeten som erfordras varierar beroende på befintlig lednings tillstånd och vald renoveringsmetod. Förarbetena kan bestå av t ex:

- Bortskaffning av avlagringar i ledningen
- Avlägsnande av fasta hinder, typ instickande sidorör och knäckta eller delvis knäckta rör
- Avlägsnande av inväxande rötter
- Torrläggning av ledning och förbipumpning av vatten
- Eventuell grundvattensänkning

Avlagringar i ledningen som är till hinder vid förundersökning och renovering, t ex sand/grus och rötter/rottrådar kan med varierande resultat avlägsnas med någon av följande metoder eller en kombination av dessa:

- Högtrycksspolning
- Mekanisk rengöring
- Manuell rengöring i stora ledningar
- Rotavskärning
- Kemisk rotbekämpning
- Termisk rotbekämpning

Högtrycksspolning

Denna teknik har de senaste åren undergått en kraftig utveckling. Särskilt intresse har ägnats åt förhållandet tryck - utformning av dysor - vattenmängd. Högtrycksspolning används främst för att avlägsna sedi-

menteringar. För att få loss sediment krävs relativt grova strålar, lämpligt riktade. Vattnet skall inte enbart ta loss materialet utan även transportera det vidare till en nedstigningsbrunn, där det kan sugas upp.

Idag finns i Sverige högtrycksspolningsaggregat, som ger en vattenmängd om 800 l/min. Det är värt att observera att läckning i äldre ledningar ökar efter högtrycksspolning p g a att finare partiklar som funnits i fogarna spolats bort.

Rotbekämpning

Inväxande rötter i rörfogar är ett betydande driftproblem vad gäller avloppsledningar och en av de vanligaste orsakerna till driftsstopp. På senare år har som en följd därav intresset för rengöring från rötter ökat. Följande metoder används:

- Mekanisk rengöring
- Bortskärning med hjälp av hydrauliskt eller mekaniskt drivna sågar eller knivar
- Vatten med högt tryck och fina strålar
- Kemisk rotbekämpning
- Termisk rotbekämpning (dvs ånga)

Vilken metod man idag än väljer för att ta bort rötterna, kan man förvänta sig att de återkommer efter 3-5 år enligt internationella erfarenheter.

4.3 För- och nackdelar för renovering

Om valet faller på renovering gäller det att bestämma lämpligaste renoveringsmetod. I tabell 4.1 är de viktigaste för- och nackdelarna för de vanligaste renoveringsmetoderna redovisade. En del förhållanden gäller både vid jämförelse med om- och nyläggning och övriga renoveringsmetoder, medan andra endast är i förhållande till omtalade metoder.

Tabell 4.1 För- och nackdelar för renoveringsmetoderna

Metod	Fördelar	Nackdelar
Foginjektering med polyuretan	Relativt låg utförandekostnad	Utföres endast av specialpersonal
	Ingen uppgrävning	Olämplig om man har levande rötter i och omkring fogarna
	Tillåter vattenföring i ledningen	Olämplig för ledning som tidvis är torr
	Reducerar inte ledningsdimensionen	
	Snabb	
	Lite störningar för allmänheten	
Infodring med PEH- och PVC-rör	Relativt låg utförandekostnad speciellt vid små dimensioner	Alla servisledningar måste grävas upp för anslutning
	Lite krav på befintlig ledning	Nödvändigt att gräva införingsgropar
	Goda hydrauliska egenskaper med förbättrad självrensning	Förankring p g a temperaturutvidgning
	God motståndskraft mot aggressivt avloppsvatten och ej utsatt för korrosion	
	Flexibel ledning Ger helt tätt rör Enkelt utförande	

Metod	Fördelar	Nackdelar
Infodring med polyesterstrumpa	<p>Ingen uppgrävning</p> <p>Lite krav på befintlig ledning</p> <p>Goda hydrauliska egenskaper med ökad kapacitet och förbättrad självrensning</p> <p>Rötter och avvinklingar vanligtvis inget hinder</p> <p>Jämnar ut ojämnheter</p> <p>Passar alla rörtyper och former</p> <p>Motståndskraftig mot aggressivt avloppsvatten</p> <p>Ger en kontinuerlig tät och flexibel ledning</p> <p>Ger ökad ledningsstyrka</p> <p>Snabb</p> <p>Lite störningar för allmänheten</p>	<p>Förbipumpning nödvändig under utförandetiden</p> <p>Utföres endast av specialarbetare</p> <p>Relativt dyr metod</p>

4.4 Val av renoveringsmetod

Valet av renoveringsmetod bestäms av:

- tekniska förhållanden
- ekonomiska förhållanden

De tekniska förhållanden som påverkar metodvalet kan indelas i:

- Hydrauliska förhållanden
- Ledningstekniska förhållanden
- Grundförhållanden

I tabell 4.2 har vi försökt att bedöma de vanligaste renoveringsmetodernas lämplighet vid olika tekniska förhållanden eller förutsättningar. Om man vid metodvalet finner att ett par eller flera metoder på till-

fredsställande sätt löser ledningens tekniska problem så blir det som oftast de ekonomiska förhållandena som faller avgörandet. En uppfattning om renoveringskostnadernas storlek ges i kapitel 5.

Tabell 4.2 Användandet av renoveringsmetoder

Förutsättning	Foginjektering med polyuretan	Infodring med PEH- och PVC-rör	Infodring med polyesterstrumpa
Hydrauliska förhållanden:			
- Kapacitetsreduktion kan inte tillåtas	X	(X)	X
- Ledningens självrensning förmåga måste förbättras	-	(X)	(X)
Ledningstekniska förhållanden:			
- Läckage i fogar	X	X	X
- Läckage i rörvägg	-	X	X
- Rotinträngning	(X)	X	X
- Stora öppningar och förskjutna (ej sido-) fogar	(X)	X	X
- Torrlagd ledning med små deformationer	-	X	X
- Stora deformationer	-	(X)	X
- Förstärkning av rör	-	(X) ¹⁾	X
- Stora avvinklingar	X	-	X
- Korrosion p g a aggressivt vatten eller mekaniskt slitage	-	X	X

Tabell 4.2 forts

Förutsättning	Foginjektering med polyuretan	Infodring med PEH- och PVC-rör	Infodring med polyesterstrumpa
- Stora temperaturvariationer	X	(X)	X
- Stort ledningsfall	X	X	(X)
- Många servisledningar	X	(X)	X
Grundförhållanden			
- Stabila grundförhållanden	X	X	X
- Instabila grundförhållanden	-	X	X
- Högt grundvattenstånd	X	X	X
- Grova kringfyllningsmassor	(X)	X	X

X : Lämplig metod

(X): Mindre lämplig metod

- : Olämplig metod

1) Injektering mellan rör ger god förstärkning

5 KOSTNADER VID RENOVERING

Det huvudargument som oftast anförs för renovering är lägre kostnader än konventionell om-/nyläggning eller omfattande drift- och underhållsåtgärder. För att göra en optimal kostnadsjämförelse mellan renoveringsalternativen och andra förnyelsealternativ så bör man ta hänsyn till följande:

- Skillnader i anläggningskostnader
- Eventuella skillnader i livslängd
- Eventuella skillnader för driftskostnader i de fall då olika alternativ kan ge skillnader i tät-
het och självrensningsförmåga

Värdet av att en renovering som regel kan utföras:

- Med enklare handlingar
- På kortare tid
- Med mindre resurser i form av maskiner och man-
skap
- Med mindre störningar för t ex trafik och kring-
boende

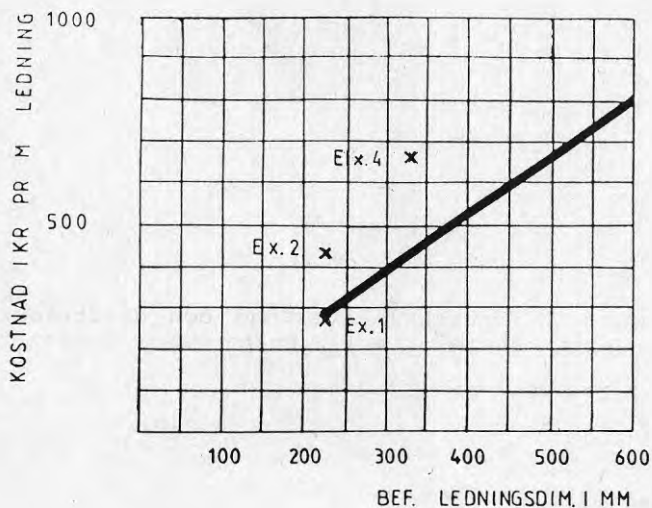
Skillnader i förväntad livslängd och driftskostnader är svåra att generellt ange. Detta beror främst på att vi inte har så lång tids erfarenhet från utförda renoveringar samt att en renoverings resultat är starkt avhängig av om förutsättningarna för använd metod har varit de lämpligaste eller ej. Renoveringens resultat påverkas givetvis även av utförandets kvalitet. Av renoveringsobjekt som vi studerat i detta projekt har vi kunnat konstatera att ett flertal objekt utförda med foginjektering visat sig ha en begränsad hållbarhet, dvs läckagen återkommer efter en tid. Enligt uppgift från entreprenören Binab som utför foginjekteringar med polyuretan så skall man inte förvänta sig att denna metods livslängd är längre än 10-30 år även om förutsättningar för metoden bedöms vara lämpliga. För övriga metoder har vi ej kunnat påvisa att de generellt skulle medföra kortare livslängd än en motsvarande omläggning.

I fig 5.1-5.3 har vi med underlag av kostnadsuppgifter från utförda renoveringsobjekt försökt att redovisa riktvärden för anläggningskostnaderna vid renovering. Anläggningskostnadens storlek för studerade objekt uppvisar en stor spridning främst beroende på lokala förhållanden såsom:

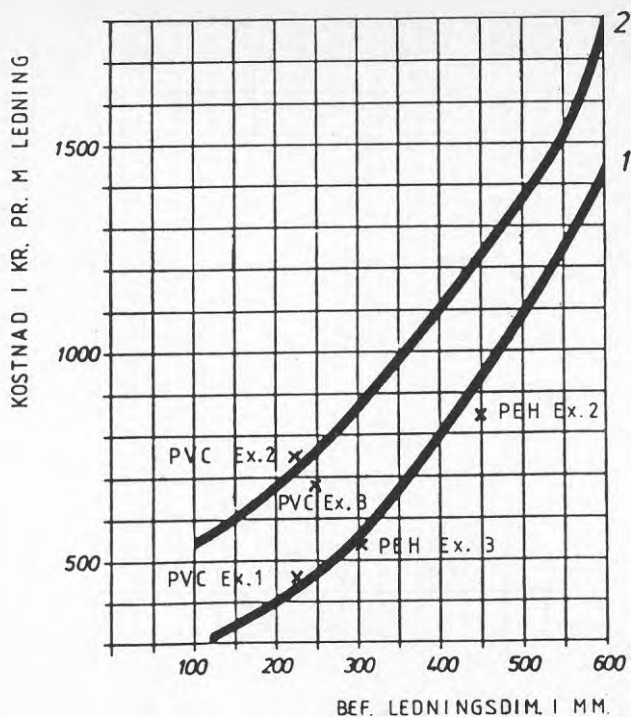
- Behov av rengöring
- Behov av förbipumpningar
- Behov av trafikomläggningar
- Anläggningens storlek
- Ledningens djup
- Antal sido- och servisledningar
- Dimensionering för förväntade belastningar

De i fig 5.1-5.3 angivna kostnaderna förutsätter att ledningarna är lätt åtkomliga. Kostnaderna inkluderar normal omfattning av nödvändiga förberedande arbeten som TV-inspektion, spolning och täthetsprovning. Kostnaderna är angivna exklusive mervärdesskatt och är baserade på prisnivån oktober 1983.

Anläggningskostnaderna för en del exempel som redovisas i rapporten har indexreglerats och lagts in i diagrammen.



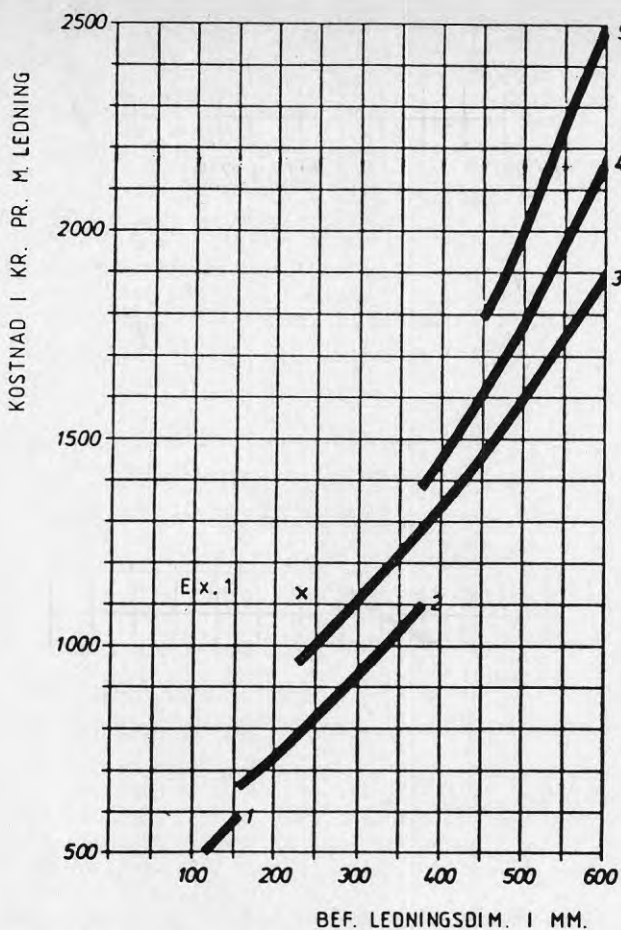
Figur 5.1 Kostnader för foginjektering med polyuretan. Rörlängder förutsättes vara 1 m och alla fogar injekteras. Objektets storlek minst 150 fogar.



Kurva (1): 1 tillkoppling per 100 m

Kurva (2): 5 tillkopplingar per 100 m

Figur 5.2 Kostnader för infodring med PEH-rör NT 6 samt PVC-markavloppsrör. Kostnaden för begränsade markarbeten är inkluderade. Det har inte förutsatts någon injektering mellan rören.



Kurva (1): 3 mm polyesterstrumpa

Kurva (2): 6 mm polyesterstrumpa

Kurva (3): 9 mm polyesterstrumpa

Kurva (4): 12 mm polyesterstrumpa

Kurva (5): 15 mm polyesterstrumpa

Figur 5.3 Kostnaden för infodring med polyesterstrumpa. Det förutsättes att brunnsavståndet är ca 50 m och att utbyte av brunnar icke är nödvändigt. För uppskärning av servisledningar tillkommer ca 2000 kr per stk.

Sveriges va-ledningsnät har utvecklats starkt under de senaste 20 åren. Enligt VAV:s statistik uppgick va-nätets totala längd 1960 till 20 700 km. År 1971 hade den totala längden redan ökat till 76 441 km. Under den därpå följande tioårsperioden investerade kommunerna runt 10,4 miljarder kronor för att anlägga 37 638 km ledningar. Det kommunala ledningsnätet borde vid 1980 års slut uppgå till 122 685 km, varav 68 460 km avloppsledningar. Utvecklingstakten tenderar på senare år och framöver att avta. Om man för avloppsledningarnas del spekulerar i en medellivslängd på 150 år så skulle det med utgångspunkt från nuvarande totala kvantitet medföra ett förnyelsebehov av i genomsnitt 450 km per år.

Med tanke på att den tekniska livslängden bedöms till 50-60 år och att många av de ledningar som idag förnyas endast är 20-30 år så torde ovanstående prognos vara lågt räknad. Det förväntade förnyelsebehovets volym ger skäl att tro på att renovering som förnyelsealternativ kommer att bli alltmer intressant. Detta faktum kan man även avläsa i det forsknings- och utvecklingsarbete inom renoveringsområdet som för närvarande främst i USA och Storbritannien men även i Sverige. FoU-arbetet gäller både nya metoder och utveckling av nuvarande metoder, t ex nya strumpor, möjlighet att vid plast-rörsinfodring uppta serviser inifrån ledningen och renoveringsteknik för servisledningar.

Renoveringstekniken har genomgått en relativt snabb utveckling de senaste 10-15 åren. Någon norm för hur renoveringsarbeten skall utföras finns ej idag, men med bakgrund av den utveckling som skett och förväntas ske inom området så vore det önskvärt att en sådan norm utarbetades. Normens syfte skulle vara att ge anvisningar för val av renoveringsmetod samt vilka krav man bör ställa på en renoverad ledning med avseende på funktion, material och utförande.

Endresen S, Nyseth I, 1977
Rehabilitering av avløpsledningar
(Prosjektkomiteén for rensing av avløpsvann)
pra 17.

Veiledning ved rehabilitering av avløpsledningar
Arbetsrapport & Brukerrapport 1979
(Statens fornrensningstilsyn)

Gale I, 1981. Sewer renovation
Technical report TR 87 A
(Water Research Centre)

Sewer system evaluation, rehabilitation and new
construction
A manual of practice, 1977
(U.S Environmental Protection Agency)

Skötsel och underhåll av Va-nät, VAV P39
(Svenska vatten- och avloppsverksföreningen sept 1979)

Teknisk-ekonomisk uppföljning av vatten- och avlopps-
infodringar.
Examensarbete av Thomas Johansson
(Internskrift 11:82, Chalmers)



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810953-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till VIAK AB, Stockholm.**

R29: 1984

ISBN 91-540-4089-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 670429

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 35 kr exkl moms