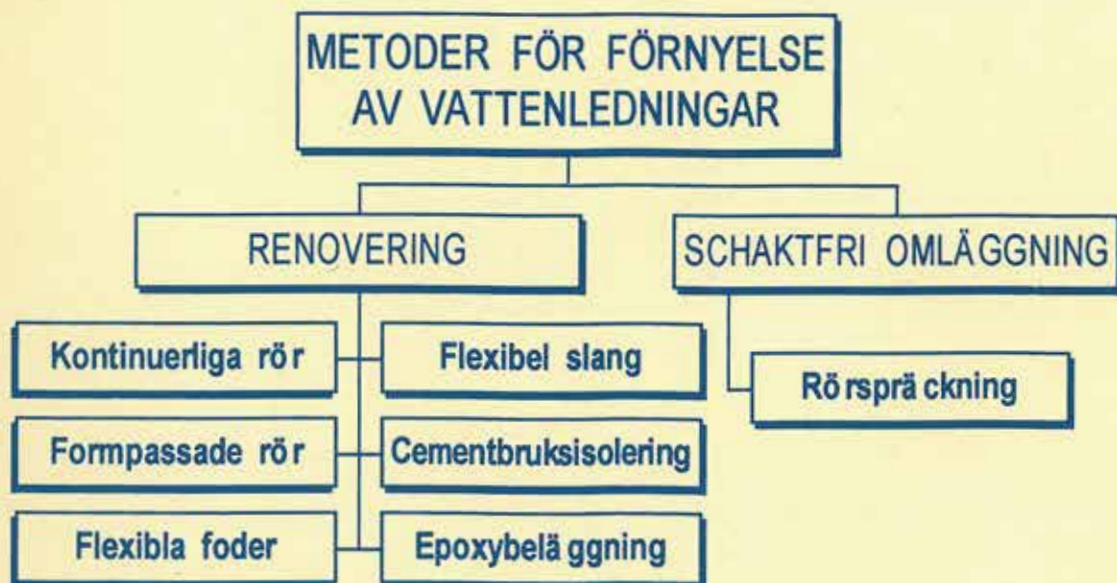




Renovering av
avloppsledningar.
Riktlinjer för metodval,
dimensionering och utförande

Thomas Johansson,
Per Romdal,
Øistein Torgersen



VA-FORSK

VA-FORSK är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande en krona per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig och intresset från kommunernas sida har varit mycket stort. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-FORSK initierades gemensamt av Kommunförbundet och VAV. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-FORSK styrs av en kommitté, som utsetts gemensamt av VAV och Kommunförbundet. Kommittén är underställd VAVs styrelse. Under perioden 1993-1995 har kommittén följande sammansättning:

Hans Mattsson, ordförande	Södertälje
Professor Peter Balmér	GRYAAB, Göteborg
Driftchef Sture Bergström	Gatukontoret, Skellefteå
Kommunalråd Bert-Ove Bäckman	Lycksele
Tekn dr Jan Hultgren	Stockholm Vatten AB
Kommunalråd Caisa Hörberg	Lidingö
Thure Larsson	Visby
Tekn chef Peeter Maripuu	Lysekil
VA-chef Bengt L Persson	VA-verket Malmö
Sektionschef Jan Söderström	Sv kommunförbundet
Lars Jansson	VAV
VD Håkan Westerlund	VAV
Forskningsledare Jan Falk, sekreterare	VAV

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande VAVs ståndpunkt.

VA-FORSK
Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV
Regeringsgatan 86
111 39 STOCKHOLM
Tel: 08-23 29 35
Fax: 08-21 37 51

Rapport nr 1995-12



Renovering av
avloppsledningar.
Riktlinjer för metodval,
dimensionering och utförande

Thomas Johansson,
Per Romdal,
Øistein Torgersen

VA-FORSKs rapportserie

Rapportens titel:	Renovering av avloppsledningar Riktlinjer för metodval, dimensionering och utförande
Title of the report:	Renovation of Water Mains Guide-lines for Selection of Methods, Design and Code of Practice
Rapportens beteckning Nr i VA-FORSK-serien:	1995-12
ISSN-nummer:	1102-5638
ISBN-nummer:	91-88392-75-9
Författare:	Thomas Johansson, Sverige, Per Romdal, Danmark, Øistein Torgersen, Norge
Utgivare:	Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, VAV
VA-FORSK projekt nr:	92-132
Projektets namn:	Renovering av vattenledningar – Skandinaviskt samarbetsprojekt
Projektets finansiering:	VA-FORSK, SBUF och Stockholm Vatten AB samt danska och norska finansiärer
Rapporten beställs från:	Svensk Byggtjänst, Litteraturtjänst, 171 88 Solna, tel 08-734 51 00
Rapportens omfattning	
Sidantal:	156
Format:	A4
Upplaga:	1100
Sökord:	Renoveringsmetoder, vattenledningar, dimensionering, erfarenheter
Keywords:	Renovation methods, water mains, design, experiences
Sammandrag:	Rapporten belyser de metoder som finns för renovering av vattenledningar i Skandinavien, tillvägagångssättet för att välja och dimensionera metoderna samt den erfarenhet som finns av att utföra och använda metoderna. Dokumentet skall kunna utnyttjas som riktlinjer för beställare och entreprenörer i väntan på en internationell standard.
Abstract:	The report is a guide-line for renovation methods to water mains. It will give examples on how to select and design renovation methods including experiences gained. The document could be used as code of practice for buyers and contractors.
Målgrupper:	Förvaltare av VA-ledningsnät i Skandinavien Konsulter inom VA-branschen Leverantörer/Entreprenörer med egna renoveringsmetoder
Utgivningsår:	1995
Pris 1995:	150 kr, exkl moms

Sammanfattning av rapporten

Renovering och utbyte av vattenledningar blir allt mer aktuella alternativ till omläggning av ledningsnäten. Det finns flera metoder och produkter för att byta ut eller renovera en vattenledning schaktfritt, men det saknas handböcker med information och vägledning om hur valet av metod kan gå till.

Vid förnyelse av ledningsnätet har ett av de stora argumenten mot schaktfri teknik varit att det inte funnits tekniska/ekonomiska möjligheter att renovera både avlopp och vattenledningar i samma ledningsgrav. Med nya produkter och metoder är detta nu möjligt men man får ofta utnyttja olika tekniker för självfallsledningar och tryckledningar vilket gör det svårt att finna rätt teknik till respektive ledningsnät.

1989 kom i Sverige den första handledningen för att välja, dimensionera och utföra en ledningsrenovering (VAV P66). Denna berörde avloppsledningar och det har också varit självfallsledningarna som fått den största uppmärksamheten i litteraturen. Även inom det internationella standardiseringsarbetet (CEN) för renovering, har intresset framförallt riktats mot självfallsledningar.

I denna rapport har inriktningen istället varit att redogöra för möjligheterna att renovera trycksatta ledningssystem och då speciellt för vattenledningar. Arbetet med rapporten har genomförts som ett Skandinaviskt samarbetsprojekt och den skall ge beställare, konsulter och entreprenörer ett enhetligt underlag för att värdera, dimensionera och utforma lämplig renoveringsmetod för en vattenledning.

Rapporten är uppbyggd på ett likartat sätt som ovan nämnda VAV P66. Inledningsvis berörs de krav som bör ställas på en vattenledning vid en renovering och de rengörings- och undersökningsmetoder som kan användas. Därefter redovisas de faktorer som påverkar valet av metod samt hur väl de olika metoderna passar till ställda krav och vald ledningssträcka.

Tyngdpunkten i rapporten ligger på beskrivningen av de olika renoveringsmetoderna. Dessa indelas i metoder som kan dimensioneras för invändigt- och utvändigt tryck, metoder som kan dimensioneras för bara invändigt tryck samt beläggningsmetoder. Beläggningsmetoderna beskrivs istället något utförligare än de övriga metoderna.

De metoder som redovisas är:

- * Kontinuerliga rör
- * Formpassade rör
- * Flexibla foder
- * Flexibel slang
- * Cementbruksisolering
- * Epoxybeläggning
- * Rörspräckning

Avslutningsvis redogörs för hur dimensioneringen av metoderna kan göras. För att underlätta för läsaren finns i rapporten ett antal tabeller och figurer som snabbt skall kunna ge svar på möjligheter och användbarhet av respektive renoveringsteknik.

Summary

Rehabilitation and replacement of water-mains is becoming more frequent alternative to ordinary change of water-mains in open cut. A several methods and products are available for renovate or replace water-mains without excavating, but there is a lack of manuals with information and guidance of how the selection of method is actually being done.

By renewing the main system, one of the main arguments against a technique without excavating (a non-excavating technology) has been that there haven't been technical or economical possibilities to renew both sewers and water-mains in a shared trench. This is nowadays made possible through new products and methods, though there are different techniques for gravity pipes and pressure pipes. This makes it hard to find the suitable method for each main system.

The first manual about rehabilitation of sewerage (VAV P66) - selection, dimension and execution - was published in 1989 in Sweden. The work is about sewers and it's also the non-pressure pipes that have been most observed in the literature. This is also the case within the work of international standards for rehabilitation (CEN), where the attention has been paid to non-pressure pipes.

In this report the concentration has instead been on describing the possibilities of restoring pressure pipes and water pipes in particular. The work with the report has been realized through a Scandinavian co-operation project. It will give customers, consultants and contractors a uniform basis to evaluate, dimension and design a proper rehabilitation method of a water-main.

The report is arranged as the above mentioned VAV P66. Initially requirements are mentioned which are to be made on the water pipe during rehabilitation and the methods of cleaning and examination to be used. After that factors affecting the selection of method are being described and also how well the different methods are suiting the requirements made and the selected pipe section.

The main focus of the report is in the description of the different rehabilitation methods. These are divided into methods dimensioned for internal and external pressure, methods dimensioned for only internal pressure and methods for coating. The coatings or the spray lining methods are slightly more described.

Methods described:

- * Continuous pipe
- * Close fit pipes
- * Cured in place pipes
- * Inserted hoses
- * Cement mortar lining
- * Epoxy lining
- * Pipe bursting

Finally it is described how to dimension the methods. To make it easier for the reader there are a number of tables and figures in the report that will give a quick guidance to the methods.

FÖRORD

I denna rapport belyses de metoder som finns för renovering av vattenledningar. Rapporten beskriver riktlinjer för:

- funktionskrav på en vattenledningsrenovering
- val mellan olika rengörings- och undersökningsmetoder
- val mellan olika renoveringsmetoder
- kontroll och kvalitetssäkring av renoveringsutförande
- dimensionering av strukturella renoveringsmetoder

Riktlinjerna skall kunna utgöra ett underlag för värdering av de olika metoderna vid en renoveringsinsats och vänder sig till personer som planerar, projekterar, beställer eller utför förnyelseåtgärder på vattenledningsnätet.

Riktlinjerna har tagits fram som ett skandinaviskt samarbetsprojekt mellan Rørcentret vid Dansk Teknologisk Institut, Norsk Rørsenter och VBB VIAK i Sverige. I projektgruppen har förutom undertecknade ingått; Peter Bohn, Københavns Vandforsyning, Mogens Bo Andersen, Per Aarsleff A/S, Jan-Erik Oddevald, Oslo Vann- og avløpsverk, Christen Ræstad, Christen Ræstad A/S, Roland Johansson och Bengt Melin, Stockholm Vatten AB och Bo Lannblad, NCC Väst.

Dessutom har personer och representanter för de myndigheter, organisationer och företag som finansierat projektet deltagit med värdefulla synpunkter. Finansieringen kommer i Danmark från Miljøstyrelsen, Københavns vandforsyning, Vandforsyningar och vannverk i Aalborg, Odense och Århus, Per Aarsleff A/S, Nordiska Wavin A/S och I. Krüger AS. I Norge har finansiering skett från Komtek, Statens Institut for Folkehelse, Fagrådet for indre Oslofjord, Oslo Vann- og Avløpsverk och Trondheim kommun m fl. I Sverige har VA-Forsk, SBUF och Stockholm Vatten AB finansierat projektet.

Projektet har styrts av referensgrupper och ett startseminarium, 20-21 januari 1994, där deltagare från Danmark, Norge och Sverige genom grupparbeten och diskussioner givit synpunkter på projektarbetet. Rapporten har sedan utarbetats i en dansk, en norsk och så denna svenska version.

Vi vill härmed tacka alla dem som deltagit i utformningen av riktlinjerna och som bidragit till detta projekts genomförande och ett speciellt tack till den svenska referensgruppen för stöd och synpunkter på innehållet.

Oktober 1995

Per Romdal
DTI, Rørcentret

Øistein Torgersen
Norsk Rørsenter

Thomas Johansson
PER AARSLEFF

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid
SAMMANFATTNING	III
FÖRORD	V
1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Rapportens uppbyggnad och innehåll	2
1.3 Tillämpning av riktlinjerna	4
2. MÅL OCH FUNKTIONSKRAV	5
2.1 Allmänt	5
2.2 Mål	6
2.3 Funktionskrav	7
2.3.1 Dricksvattenkvalitet	8
2.3.2 Kapacitet	9
2.3.3 Täthet	11
2.3.4 Styrka	11
2.3.5 Resistens	12
2.3.6 Leveranssäkerhet	12
2.3.7 Systemflexibilitet	13
3. RENGÖRING OCH UNDERSÖKNING	14
3.1 Problemidentifiering	14
3.2 Rengöring	17
3.2.1 Spolning	17
3.2.2 Mekanisk rensning	19
3.3 Desinfektion	21
3.4 Undersökning/Kontroll	22
3.4.1 Läcksökning	22
3.4.2 Provtryckning	23
3.4.3 Insamling av information om ledningssträckan	23
3.4.4 Funktionskontroll av anordningar	23
3.4.5 Analys på vatten	23
3.4.6 TV-inspektion	24
3.4.7 Invändig dimensionskontroll	25
3.4.8 Provbitar av befintligt ledningsmaterial	25
3.4.9 Övriga metoder	25
4. VAL MELLAN OMLÄGGNING OCH RENOVERING	27
4.1 Överväganden	28
4.2 Vilka faktorer har betydelse för valet ?	28
4.2.1 Tekniska faktorer	28
4.2.2 Ekonomiska faktorer	29
4.2.3 Miljömässiga faktorer	32
4.2.4 Samhällsomkostnader	34
4.2.5 Verksamhetshänsyn	34

5. VAL AV RENOVERINGSMETOD	sid
5.1 Val med hänsyn till funktionskrav	35
5.2 Val med hänsyn till utförande	35
6. KONTINUERLIGA RÖR	38
6.1 Metodbeskrivning och erfarenheter	38
6.2 Dimensioneringsvägledning	38
6.2.1 Invändigt tryck	39
6.2.2 Belastningar vid utförandet	39
6.2.3 Utvändig belastning samt invändigt undertryck	40
6.2.4 Dimensioneringsexempel	41
6.3 Materialegenskaper	43
6.3.1 Materialbeteckningar	43
6.3.2 Tillgängliga dimensioner och rörklasser	44
6.3.3 s/D-förhållande	44
6.4 Produktgenskaper	44
6.5 Utförande	45
6.5.1 Förundersökningar	45
6.5.2 Förarbeten	46
6.5.3 Rengöring	47
6.5.4 Lagerhållning och fogning	47
6.5.5 Installation/Utförande	48
6.5.6 Inkoppling och tillkoppling av servisledningar	49
6.5.7 Injektering av mellanrum	50
6.6 Kontroll	50
6.6.1 Dokumentation av kontroll	50
7. FORMPASSADE RÖR	51
7.1 Metodbeskrivning och erfarenheter	51
7.2 Dimensioneringsvägledning	51
7.2.1 Den gamla ledningen tar belastningar från jord och trafik	52
7.2.2 Det nya röret tar alla utvändiga belastningar	53
7.2.3 Dimensioneringsexempel	54
7.3 Materialegenskaper	62
7.4 Produktgenskaper	62
7.5 Utförande	63
7.5.1 Förundersökningar	63
7.5.2 Förarbeten	64
7.5.3 Rengöring	64
7.5.4 Lagerhållning och fogning	65
7.5.5 Installation/Utförande	65
7.5.6 Inkoppling och tillkoppling av servisledningar	66
7.6 Kontroll	66
7.6.1 Dokumentation av kontroll	66

	sid
8. STRUMPOR - FLEXIBLA FODER	67
8.1 Metodbeskrivning och erfarenheter	67
8.2 Dimensioneringsvägledning	67
8.2.1 Den gamla ledningen tar belastningar från jord och trafik	68
8.2.2 Det nya fodret tar alla utvändiga belastningar	69
8.2.3 Dimensioneringsexempel	69
8.3 Materialegenskaper	74
8.4 Produktegenskaper	76
8.5 Utförande	77
8.5.1 Förundersökningar	77
8.5.2 Förarbeten	77
8.5.3 Rengöring	78
8.5.3 Lagerhållning och fogning	78
8.5.4 Installation/Utförande	79
8.5.5 Inkoppling och tillkoppling av servisledningar	79
8.6 Kontroll	80
8.6.1 Dokumentation av kontroll	81
9. SLANG	82
9.1 Metodbeskrivning och erfarenheter	82
9.2 Dimensioneringsvägledning	82
9.3 Materialegenskaper	82
9.3.1 Materialbeteckningar	82
9.3.2 Tillgängliga dimensioner och rörklasser	83
9.3.3 Tryckslag	83
9.4 Produktegenskaper	83
9.5 Utförande	84
9.5.1 Förundersökningar	84
9.5.2 Förarbeten	84
9.5.3 Rengöring	85
9.5.4 Lagerhållning och fogning	85
9.5.5 Installation/Utförande	86
9.5.6 Inkoppling och tillkoppling av servisledningar	86
9.6 Kontroll	87
9.6.1 Dokumentation av kontroll	87
10. CEMENTBRUKSISOLERING	88
10.1 Metodbeskrivning och erfarenheter	88
10.2 Dimensioneringsvägledning	88
10.3 Materialegenskaper	88
10.3.1 Material	88
10.3.2 Blandningsegenskaper	89
10.3.3 Ytstruktur	89
10.4 Produktegenskaper	90
10.5 Utförande	90
10.5.1 Förundersökningar	90
10.5.2 Förarbeten	91
10.5.3 Rengöring	92
10.5.4 Installation/Utförande	92
10.5.5 Återställning och driftsättning	92

	sid
10.6 Kontroll	93
10.6.1 Kontroll före applicering	93
10.6.2 Kontroll under applicering	93
10.6.3 Kontroll efter applicering	93
10.6.4 Besiktning och provtryckning	94
10.6.5 Dokumentation av kontroll	94
11. EPOXYBELÄGGNING	95
11.1 Metodbeskrivning och erfarenheter	95
11.2 Dimensioneringsvägledning	95
11.3 Materialegenskaper	95
11.3.1 Material	95
11.3.2 Blandningsegenskaper	96
11.3.3 Ytstruktur	96
11.4 Produktegenskaper	96
11.5 Utförande	97
11.5.1 Förundersökningar	97
11.5.2 Förarbeten	98
11.5.3 Rengöring	98
11.5.4 Installation/Utförande	99
11.5.5 Återställning och driftsättning	99
11.6 Kontroll	100
11.6.1 Kontroll före applicering	100
11.6.2 Kontroll under applicering	100
11.6.3 Kontroll efter applicering	101
11.6.4 Besiktning och provtryckning	101
11.6.5 Dokumentation av kontroll	101
12. RÖRSPRÄCKNING	102
12.1 Metodbeskrivning och erfarenheter	102
12.2 Dimensioneringsvägledning	102
12.2.1 Invändigt tryck	103
12.2.2 Belastningar vid utförandet	103
12.2.3 Utvärdig belastning samt invändigt undertryck	104
12.2.4 Dimensioneringsexempel	105
12.3 Materialegenskaper	106
12.4 Produktegenskaper	106
12.5 Utförande	107
12.5.1 Förundersökningar	107
12.5.2 Förarbeten	108
12.5.3 Rengöring	108
12.5.4 Lagerhållning och fogning	108
12.5.5 Installation/Utförande	109
12.5.6 Inkoppling och tillkoppling av servisledningar	110
12.6 Kontroll	110
12.6.1 Dokumentation av kontroll	110

	sid
13. DIMENSIONERING	111
13.1 Symboler och enheter	112
13.2 Brottformer	114
13.2.1 Sprängning/spräckning vid invändigt tryck	114
13.2.2 Belastningar vid utförandet	114
13.2.3 Buckling vid utvändigt tryck/invändigt undertryck	115
13.2.4 Utmattningsbrott	115
13.3 Material och egenskaper	116
13.3.1 Material	116
13.3.2 Mekaniska egenskaper	116
13.3.3 Andra egenskaper	120
13.4 Belastningsfall	123
13.5 Invändigt tryck	124
13.6 Belastningar vid utförandet	125
13.6.1 Krökningsradie	125
13.6.2 Nödvändig dragkraft	126
13.6.3 Tillåten dragkraft	127
13.6.4 Temperaturbelastning/krympning	128
13.7 Utvändigt tryck samt invändigt undertryck	129
13.7.1 Belastningar och belastningstider	129
13.7.2 Ledning i jord	132
13.7.3 Vertikalbelastning utan sidostöd - kvartcirkelbelastning	136
13.7.4 Vertikalbelastning vid liten spalt mellan foderrör och befintlig ledning	138
13.7.5 Friliggande foderrör	139
13.7.6 Lokal buckling vid sidostöd	140
REFERENSER	142
FÖRTECKNING ÖVER SEMINARIEDELTAGARE	143

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Renovering av vattenledningar har under flera år använts för att upprätthålla eller förbättra ledningsnätet och då framförallt för att förhindra inre korrosion i ledningen, förbättra vattenkvalitén eller för att minska dimensionen i det befintliga nätet.

De metoder som framförallt har kommit till användning är indragning av kontinuerliga polyetenrör, med eller utan hjälp av rörspräckare, samt beläggning av gjutjärnsledningar med cementbruksisolering. Vid infodring av de befintliga ledningarna har schaktning fått tillgripas både för installationsgropar och för att ansluta serviser.

För att få fullt utbyte av renoveringsteknikerna och dess fördelar är det nödvändigt att kunna säkra kvaliteten på utförandet. Något enhetligt dokument för detta eller vägledning om hur val av renoveringsmetod för vattenledningarna kan gå till, har inte funnits.

Med nya produkter och metoder ökar nu möjligheten att hitta rätt teknik till förnyelseinsatser på respektive ledningsnät. Men till hjälp för planering, projektering och genomförande av renoveringsprojekt, finns idag nästan enbart litteratur om självfallsledningar.

- 1989 genomfördes ett samarbetsprojekt mellan Dansk rörcenter och VBB i Sverige som resulterade i rapporten: "Renovering av avloppsledningar - Riktlinjer för val, dimensionering och utförande" /1/. I Sverige redovisad som VAV P66. Riktlinjerna används ofta som dimensionerings- och beräkningsunderlag vid renovering av avloppsledningar.
- ISO-standardiseringen påbörjades 1989. Arbetet i arbetsgruppen har resulterat i ett standardformat för renovering av avloppsledningar, ISO/TR 11295, /2/.
- CEN-standardiseringen på området sattes igång 1992, som en fortsättning på ISO-arbetet. För arbetet i CEN finns för närvarande ett förslag till tidplan som resulterar i att den första metodstandarden förväntas föreligga omkring 1999.
- 1991-1993 genomfördes ett skandinaviskt samarbetsprojekt mellan Rørcentret vid Dansk Teknologisk Institut, Statens Forurensningstillsyn genom Østlandskonsult AS i Norge och VBB VIAK AB i Sverige som resulterade i rapporten: "Renovering av avloppsledningar - Riktlinjer för dokumentering och kvalitetskontroll" /3/. I Sverige redovisad som VA-forsk projekt nr 1993-12.

Som fortsättning på framförallt ovan nämnda VAV P66 har denna rapport skrivits för att fokusera på möjligheterna att renovera trycksatta ledningssystem och då speciellt vattenledningar.

Projektet är genomfört som ett danskt-norskt-svenskt samarbete och skall skapa möjlighet för konkurrens på likartade villkor och för att säkra kvaliteten på det utförda arbetet.

1.2 RAPPORTENS UPPBYGGNAD OCH INNEHÅLL

Riktlinjerna är indelade i fem huvuddelar:

- * Mål- och Funktionskrav vid reovering av vattenledningar
- * Förberedelser genom rengöring och undersökning
- * Val av metod
- * Metodbeskrivningar
- * Dimensionering

Förnyelseplanläggningen och undersökning som ingår i planeringen för vattenledningsnätet, är **inte** behandlat i dessa riktlinjer. Riktlinjernas utgångspunkt är att kartläggning och ledningsanalyser, t ex systematisk läckageanalys, har genomförts. Prioriteringen av vilka ledningssträckor som har störst behov av förnyelse skall vara genomförd. Detta behandlas bl a i VAV P63, /4/ och VAV P68, /5/.

Riktlinjerna kan börja användas först när det har tagits beslut om att en speciell ledningssträcka skall förnyas.

Funktionskraven till en vattenledning är grundläggande för valet av förnyelsemetod. Därför belyses de allmänna funktionskraven till vattenledningar i den första delen av riktlinjerna, *kapitel 2 "Mål och funktionskrav"*. I kapitlet ges exempel på fastläggande av funktionskrav men exemplen skall inte uppfattas som normbildande.

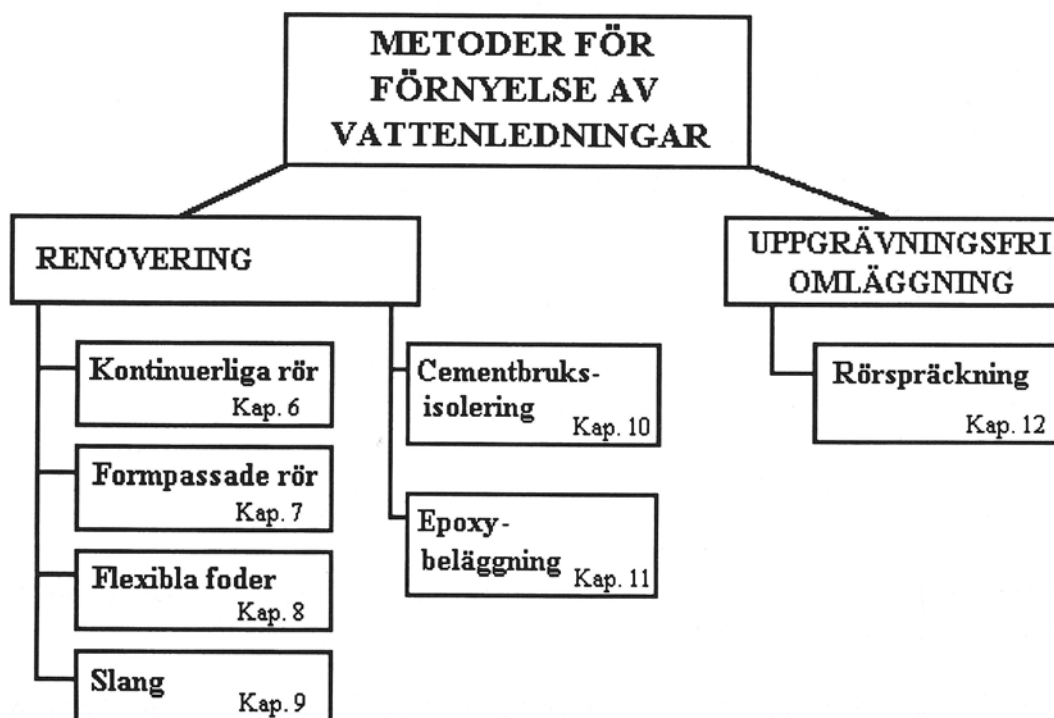
Också den existerande vattenledningens tillstånd har en väsentlig betydelse för valet av metod. I *kapitel 3 "Rengöring och undersökning"* ges förslag på hur kunskapen om den gamla ledningens tillstånd kan vidgas och hur ledningen kan rengöras. De nämnda rengörings- och undersökningsmetoderna är typiska i anslutning till tillståndsanalyser och förundersökningar vid reovering och anslutning av reoverade ledningar.

När funktionskraven till ledningen är fastlagda och den gamla ledningens tillstånd är kartlagd, är det fortfarande ett antal förhållanden som har betydelse för valet av metod. Dessa förhållanden är här uppdelade i två grupper nämligen dels de förhållanden som är relevanta vid valet mellan omläggning och reovering, och dels de förhållanden som är relevanta vid val mellan reoveringsmetoderna.

I *kapitel 4 "Val mellan omläggning och reovering"* beskrivs en rad förhållanden av teknisk, ekonomisk, miljömässig och samhällsmässig karaktär, som kan väga för eller emot en reovering.

I *kapitel 5 "Val av reoveringsmetod"* fokuseras det på den enskilda reoveringsmetodens egenskaper i förhållande till funktionskraven från kapitel 2. Det vill säga, här belyses reoveringsmetodernas möjlighet att uppfylla de enskilda funktionskraven med utgångspunkt från den gamla ledningens tillstånd.

De "reoveringsmetoder" som beskrivs i riktlinjerna, framgår av figur 1.1. Denna uppdelning är definierad och beskrivs och används av både ISO och CEN. Rörspräckning beskrivs som en omläggningssmetod där den gamla ledningen krossas under utförandet. Definitionen på reovering är annars att den gamla ledningen ingår i det färdiga konceptet.



Figur 1.1 Förnyelse av vattenledningar - översikt över de olika metoderna.

Det är vidare följande principiella skillnader mellan de sex renoveringsmetoderna:

- * Infodring med sammansvetsade rör, formpassade rör och flexibla foder kan dimensioneras för att motstå invändigt och utvändigt tryck.
- * Renoveringsslang är tillverkad för att motstå ett visst inre tryck - men faller ihop vid ett resulterande yttre tryck.
- * Cementbruksisolerings och epoxybeläggning är beläggningar, som inte själva kan motstå tryck och därför måste förlita sig på den gamla ledningens hållfasthet att motstå invändigt och utvändigt tryck.

Metoderna är närmare beskrivna i kapitlena 6-12 där varje kapitel är strukturerade med avsnitt om:

1. Metodbeskrivning och erfarenheter
2. Dimensioneringsvägledning
3. Materialegenskaper
4. Produktegenskaper
5. Utförande
6. Kontroll och kvalitetssäkring.

Teorin bakom dimensionering av renoveringsmetoderna är beskrivet i *kapitel 13 "Dimensionering"*, som redovisar *brottformer* i vattenledningar och de mest använda materialen till ledningsrenovering och dess egenskaper. Vidare ger kapitlet förslag till vilka belastningstillfällen som är relevanta i förbindelse till *invändigt tryck, belastningar vid utförandet* och *utvändigt tryck* samt *invändigt undertryck*.

Riktlinjerna är utarbetade i samarbete med danska, norska och svenska kommunala vattenföreningar, producenter, entreprenörer och institutioner, som från starten varit intresserade av riktlinjernas tillkomst. Vid ett seminarium i mitten av projektperioden diskuterades det då framtagna rapportmaterialet och förslag och kommentarer från seminariet har inarbetats i den nu föreliggande rapporten. En lista över deltagarna på seminariet finns längst bak i dessa riktlinjer.

För att underlätta för läsaren finns i rapporten ett antal tabeller och figurer som snabbt skall kunna ge svar på möjligheter och användbarhet av respektive renoveringsteknik.

1.3 TILLÄMPNING AV RIKTLINJERNA

Riktlinjerna ger grunderna för att finna rätt förnyelseåtgärd och för att värdera renoveringsmetoderna inbördes. Dessutom ger riktlinjerna förslag till hur renoveringsmetoderna skall dimensioneras och hur utförandet bör planläggas, genomföras och kvalitetssäkras. Härigenom ger riktlinjerna möjlighet till konkurrens på lika villkor.

Riktlinjerna kan således vara ett stöd för:

- * Byggherren/konsulten att ställa upp funktionskrav vid utarbetning av förfrågningsunderlag, vid dimensionering och vid kontroll och kvalitetssäkring av arbetet.
- * Entreprenören/leverantören vid dokumentation av den enskilda renoveringsmetoden, vid dimensionering, utförande och kontroll och kvalitetssäkring av arbetet.

Oavsett riktlinjernas förslag till lösning är **valet brukarens**, mot bakgrund av den aktuella situationen.

2. MÅL OCH FUNKTIONSKRAV

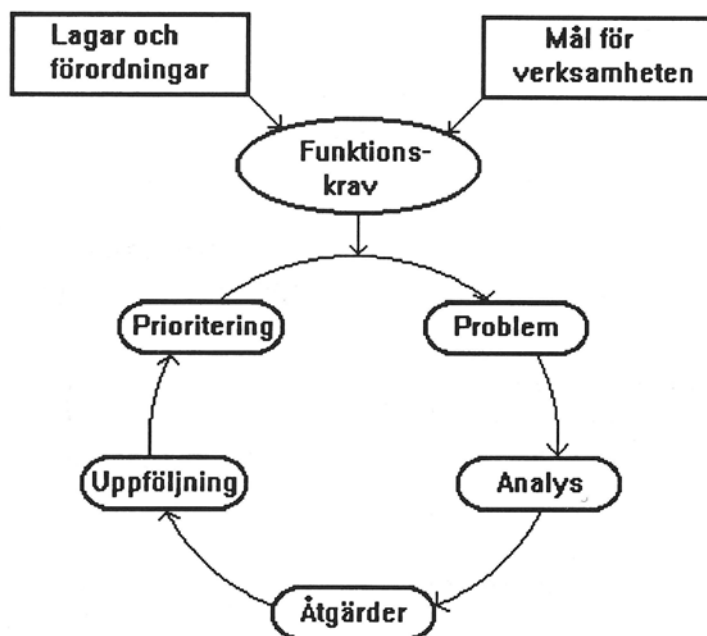
2.1 Allmänt

Dricksvatten är ett livsmedel enligt Statens Livsmedelsverks dricksvattenkungörelse SLV FS 1993:35, /6/ och det ställs därför höga krav på hur det skall hanteras. Kunskap måste finnas hos leverantören om hur vattnet produceras och distribueras på ett så tillförlitligt sätt att brukarna erhåller ett godtagbart dricksvatten.

Distributörer av dricksvatten och förvaltare av vattenledningsnät bör ha definierade mål och funktionskrav uppsatta för verksamheten. Målen och funktionskraven skall vara överensstämmande med lagar och förordningar och de kan vara riktlinjer för drift och underhåll av ledningsnätet så att en god service till brukarna upprätthålls.

I detta kapitel redogörs för några av de riktlinjer som är viktiga i verksamheten och det ges exempel på några krav som kan ställas och hur dessa kan knytas till renoveringsåtgärder.

Principen för arbetsgången vid förnyelse- och åtgärdsplanering kan illustreras av följande figur ur VAV P68, /5/:



Hur mål kan formuleras finns vidare beskrivet i bl a "Forslag til mål i den kommunale hovedplanen", /7/ och i VAV P68, /5/.

2.2 Mål

Formerna för hur målen kan utformas kan variera mycket men det är viktigt att formuleringarna blir klara och tillämpbara. Det krävs därför bl a att de som utformar målen har kunskap om t ex ny teknik, samt vet hur förväntningar kan uppnås genom att utnyttja tillgängliga metoder på ett riktigt sätt.

Det kan alltså vid målformuleringen vara bra att tänka på de möjligheter och fördelar som schaktfritt ledningsbyggande och renovering av ledningsnätet ger. T ex att:

- * Små störningar i kommunikation, distribution och handel leder till att trafikanter, abonnenter och rörelseidkare kan fungera i en normal social situation och på ett störningsfritt sätt.
- * En renovering utnyttjar en existerande ledning och stora schakter kan undvikas. Arbetet kan ofta utföras som ett resurssnålt byggande med en minimering av behovet av naturmaterial (små insatser som ger stora effekter).
- * Miljöföroreningar från byggtrafik minimeras och föroreningar från all annan trafik hålls på en normal nivå (inga förändrade färdvägar).

Möjligheten att snabbt kunna åtgärda en skada och att vattendistributören har ett säkert ledningsnät är faktorer som är viktiga för att minimera olägenheter med utebliven vattendistribution. Industri och sjukhus har ofta speciella behov av att ständigt ha tillgång till rent dricksvatten.

En renovering ger en för abonnenterna lindrig störning på vattendistributionen samtidigt som:

- Få synliga aktiviteter förekommer i mark- och gatuplanet
- Kommunikationer i form av bil-, buss- och tågtrafik kan fortgå i nästan normal omfattning och insatser för omdirigering av trafik och omläggning av tidtabeller minimeras
- Antalet fordonskilometrar ökar inte på grund av förändrade färdvägar, vilket medför att miljöföroreningarna hålls på en normal nivå
- Byggtrafik i form av in- och urlastning av schaktmassor minimeras
- Behovet av naturresurser som grus och sand till kringfyllnadsmaterial i ledningsschakten minskar.

2.3 Funktionskrav

För att få styrmedel att omsätta uppsatta mål i praktisk verksamhet måste funktionskrav definieras. Funktionskraven skall konkretisera de tekniska villkor och krav som ställs på verksamheten i fråga om byggande, drift och förvaltning.

De funktionskrav som ställs på vattendistribution och vattenledningsnätet vid renoveringsåtgärder är de samma som vid ny- och omläggning. Krav kan bland annat ställas på:

- * Dricksvattnets kvalitet genom hela ledningsnätet
- * Kapaciteten till förbrukaren
- * Tätheten på ledningssystemet
- * Styrkan på ledningsmaterialet
- * Resistensen hos ledningen
- * Drift-/Leveranssäkerhet i vattendistributionen
- * Systemflexibiliteten
 - Möjlighet till läckagesökning
 - Möjlighet att rengöra och inspektera ledningen
 - Möjlighet att ansluta system till varandra
 - Möjlighet att reparera ledningen

Tabell 2.3.1 Funktionskrav på vattenledningar

Funktionskrav	Exempel på krav
Dricksvattenkvalitet (se 2.3.1)	* Smak * Lukt * Utseende * Kemiska gränsvärden * Bakteriologiska gränsvärden
Kapacitet (se 2.3.2)	* Leveransavtal * Brandsläckning * Omsättning
Täthet (se 2.3.3)	* Fogtäthet * Systemtäthet
Styrka (se 2.3.4)	* Vattentryck * Materialhållfasthet
Resistens (se 2.3.5)	* Nötningshållfasthet * Inre korrosion * Yttre korrosion
Leveranssäkerhet (se 2.3.6)	* Driftsäkerhet * Avstängningstider
Systemflexibilitet (se 2.3.7)	* Läckagesökning * Tillgänglig för rengöring * Anslutningsteknik * Reparerbarhet

Varje förvaltare av vattenledningsnät och distributör av dricksvatten avgör vilken vikt man skall lägga på de olika kraven. De kan värderas utifrån varje enskilt objekt men minimikrav bör finnas hos varje huvudman. Ett sådant minimikrav är att, rörmaterialet ej får påverka dricksvattenkvaliteten enligt i tabell 2.3.1 angivna parametrar. De funktionskrav i övrigt som normalt kan ställas på en vattenledning och som beskrivs i detta kapitel finns sammanställda i samma tabell.

De exempel som finns i kapitlen nedan är endast till för att åskådliggöra funktionskraven och skall alltså inte ses som rekommendationer på kravnivå.

2.3.1 Dricksvattenkvalitet

Kraven på vattenkvalitet enligt lagar och förordningar skall uppfyllas. Klagomål på dåligt dricksvatten uppkommer i princip vid:

- Dålig lukt och smak

Orsaken är oftast biologisk aktivitet i den biofilm som finns på alla ledningsväggar. Aktiviteten beror av temperatur på vattnet, samt mängden organiskt material i vattnet. Problemet uppkommer främst i klenare ledningar där vattenomsättningen är låg. Rensning, spolning och renovering med en mindre dimension kan vara lämpliga åtgärder.

- Små djur och organismer

I vattenledningen kan det vid gynnsamma förhållanden (ogynnsamma för vattenkvaliteten) utvecklas mikroorganismer som livnär sig på organiska och oorganiska ämnen. Dessa kan i sin tur ge näring och föda till mer högtstående djur och organismer. Ofta är det tillräckligt med spolning och desinficering för att åtgärda problemet.

- Brunt slam

Orsaken är som regel järnutfällningar som antingen kommer från inkommande vatten till ledningen eller från rostangrepp på ledningen. Rensning, spolning och renovering kan vara lämpliga åtgärder för att komma till rätta med problemet.

- Svart slam

Orsaken är som regel utfällningar av mangan från inkommande vatten till ledningen, eftersom mangan inte finns i ledningsmaterialet. Rensning och spolning kan tillfälligt förbättra situationen men en bättre vattenberedning är nödvändig för att förhindra framtida problem. Renovering är normalt ingen lämplig åtgärd.

- Varmt vatten

Orsakas oftast av hög temperatur på inkommande vatten till ytvattenverk under framförallt sensommaren och kan inte åtgärdas genom spolning eller liknande.

När orsaken till en kvalitetsförsämring enbart beror av en dålig vattenomsättning på ledningssträckan kan en minskning av ledningsdiametern genom renovering vara ett bra alternativ till åtgärd.

I avsaknad av regler och standard för godkännande av en renoveringsmetod skall dock:

- Materialet vara väl etablerat och använt i kontakt med dricksvatten, med positiva utlåtande från utförda hygieniska och toxikologiska tester.
- Materialet får ej innehålla ämnen som gynnar tillväxten av mikro-organismer i vattenledningen.
- Metoden vara utprovad vid auktoriserad provningsinstitution.

Exempel på dricksvattenkvalitetskrav:

Smak/Lukt/Utseende

Rörmaterialet skall ej påverka dricksvattnet i fråga om smak, lukt eller utseende. Rörmaterialet skall vara fysikaliskt, kemiskt, och bakteriologiskt stabilt. Kemisk påverkan av vattenkvaliteten får ej ske. Hygieniska och toxikologiska anmärkningar får ej förekomma. Diffusion genom rörväggen av flyktiga föreningar, t ex mineraloljeprodukter i återfyllnadsmaterialet, får inte förekomma. Efter ingrepp och åtgärder på ledningsnätet skall renspolning ske och vattenprov tas innan återkoppling får ske.

Bakteriologisk beskaffenhet och kemiska gränsvärden

Vid klagomål skall vattenprov kunna tas hos berörd abonnent inom ett bestämt antal timmar. Fastställda gränsvärden får ej överskridas. Om ett prov visar att hygieniska, estetiska och tekniska gränsvärden har överskridits skall åtgärder vidtagas i enlighet med dricksvattenkungörelsen.

Alla ledningsmaterial som används i eller i anslutning till en vattenledning skall uppfylla myndigheternas krav på material i kontakt med dricksvatten. I avsaknad av "typgodkännanden" bör endast väl kända och etablerade material användas.

2.3.2 Kapacitet

De krav som bör beaktas på en vattenledning i form av ökad, minskad eller tillfredsställande kapacitet kan tillgodoses genom renovering eller omläggning. Infodring av rör är i många fall ett bra alternativ för att öka strömningshastigheten och därmed öka vattenomsättningen på över-dimensionerade ledningsavsnitt. För att behålla en bestämd kapacitet kan renoveringsmetoder som ansluter så nära som möjligt till det befintliga röret användas och rörspräckning kan ofta tillgripas när en ökad kapacitet eftersträvas.

Exempel på areareduktionens storlek för normalt förekommande vägg tjocklekar hos respektive renoveringsmetod anges i tabell 2.3.2.

Tabell 2.3.2

Vägg tjocklek (mm) och areareduktion (%) för några olika rördimensioner vid renovering (avrundade värden)

Befintlig dim.	Ø 100 mm	Ø 200 mm	Ø 300 mm
Renoveringsmetod			
Epoxybeläggning	1 mm (4 %)	1 mm (2 %)	1 mm (1 %)
Slang	3 mm (12 %)	3 mm (6 %)	3 mm (för Ø250)
Cementbruksisolering	5 mm (19 %)	5 mm (10 %)	7 mm (9 %)
Flexibelt foder (strumpa)	1,5 - 6 mm (6 - 23 %)	2 - 9 mm (4 - 17 %)	2,5 - 12 mm (3 - 15 %)
Formpassat PN 6,3*	6 mm (23 %)	12 mm (23 %)	18 mm (23 %)
Kontinuerligt rör PE 80 - PN 6,3*	Ø 90 mm 6 mm (39 %)	Ø 180 mm 11 mm (38 %)	Ø 280 mm 17 mm (33 %)
Kontinuerligt rör PE 80 - PN 10*	Ø 90 mm 8 mm (45 %)	Ø 180 mm 16 mm (45 %)	Ø 280 mm 25 mm (41 %)
Rörspräckning	Areaökning möjlig	Areaökning möjlig	Areaökning möjlig

* PE 100 ger en högre tryckklass vid samma godstjocklek (PN 6,3 ⇒ PN 10 och PN 10 ⇒ PN 16).

Exempel på kapacitetskrav:

Leveransavtal

Avtalsreglerade kapacitetskrav skall uppfyllas. Avtal kan t ex finnas för vattenkrävande industrier, institutioner och sjukhus. Speciella kapacitetskrav kan också finnas för att täcka vattenbehov till sprinkleranläggningar.

Brandsläckning

Finns avtal om att brandvatten skall finnas i tillräcklig mängd och med tillräckligt tryck skall detta följas. Samråd bör alltid ske med brandförsvaret/räddningstjänst vid förnyelse av vattenledningsnätet. Det kan finnas intresse från båda parter av att t ex minska antalet brandposter mot att högre krav ställs på driftsäkerheten hos de resterande brandposterna.

Omsättning

Strömningshastigheten bör för t ex huvudledningarna någon gång under medeldygnet överskrida ett bestämt värde. Med hjälp av hydrauliska datormodeller som exempelvis Licwater kan uppsatta kapacitets- och omsättningskrav jämföras för olika åtgärdsförslag.

En dålig vattenomsättning kan innebära en påtaglig försämring av vattenkvaliteten. Förändrade utbyggnadsplaner i ett område kan ha medfört att ledningsnätet är överdimensionerat. Detta innebär att avsevärt mindre dimensioner än de ursprungliga ibland kan väljas vid en förnyelse. I sådana fall måste dock metoder som kan motstå både invändigt och utvändigt tryck användas.

2.3.3 Täthet

För vattenledningar ställs krav på att ledningssystemet är tätt för ett bestämt inre vattentryck, inklusive de momentana tryckhöjningar som kan uppkomma i systemet. Tätheten uppnås vid renovering antingen genom ett strukturellt fristående eller samverkande rörfoder i den befintliga ledningen eller genom att ett tätt ytskikt byggs upp på den befintliga rörväggen.

En renovering av ledningsnätet innebär att vattenförlusterna minskas, småläckage försvinner och risken för framtida brott minimeras.

Exempel på täthetskrav:

Fogtäthet

Fogarna i ett ledningssystem skall dimensioneras för att vara täta även efter de påverkningar som systemet kan utsättas för under installationsfasen. Då avvinklingar och brytningar i profillinjen kan förekomma måste det installerade rörsystemet ha en god säkerhet mot täthet för ett bestämt inre tryck även vid avvinklingar, t ex i en fog. Fogar och avvinklingar skall vara så utformade och förankrade att några längd- och sidorörelser som försämrar tätheten ej uppkommer vid tryckförändringar i ledningen.

Systemtäthet

Ett renoveringssystem skall ha en täthet som i alla delar efter installation motsvarar ett bestämt vattentryck. Att avsedd täthet uppnås efter en renoveringsåtgärd skall kontrolleras genom provtryckning av systemet.

2.3.4 Styrka

Beroende på om renoveringsmetoden har en egen hållfasthet eller inte, ställs olika krav på dimensioneringen. Dimensioneringsregler motsvarande de som redovisas i kapitel 13 skall finnas för de renoveringsmetoder som kan dimensioneras för inre och yttre tryck. Redovisade tryckklasser hos rörmaterial skall omfattas av en säkerhetsfaktor likvärdig med standardiserade tryckrör. Hos metoder som inte på egen hand kan motstå inre och yttre tryck, kan inte motsvarande krav på hållfasthet ställas, men tillsammans med befintligt rörmaterial skall erforderlig styrka uppnås.

Exempel på hållfasthetskrav:

Vattentryck

Ett fristående renoveringssystem skall helt på egen hand kunna uppta de vattentryck som ledningen dimensioneras för. Ett enbart tätande system skall med hjälp av befintligt rörmaterial kunna uppta motsvarande tryck.

Materialhållfasthet

En fristående tryckledning skall ha en hållfasthet som klarar både över- och undertryck samt de yttre belastningar som verkar på röret. En ytbeläggning skall ha sådan vidhäftning mot befintligt rörmaterial att motsvarande krav kan ställas på ytskiktet utan att delaminering sker.

2.3.5 Resistens

De ledningsmaterial som används vid förnyelse av vattenledningar skall vara motståndskraftiga mot både inre och yttre påverkan från de ämnen som normalt kan förekomma i ledningens närhet. Ytskiktet hos en renoveringsmetod skall ha en hög nötningshållfasthet. (Exempelvis kan befintliga eternitrör vara i behov av förnyelseåtgärder på grund av dålig nötningshållfasthet vid mekanisk rensning.)

Exempel på resistenskrav:

Inre korrosion

Rörmaterialet skall vara av sådan beskaffenhet att det motstår påverkan från normalt vatten i ledningsnätet under den förväntade livslängden.

Yttre korrosion

När höga klorid- sulfid- och sulfathalter eller låga pH-värden förekommer i jorden skall ledningsmaterial som är okänsliga för sådan inverkan användas. Vid läckströmmar skall speciella åtgärder vidtagas. För nuvarande renoveringsmetoder är detta inget problem.

Nötningshållfasthet

Ledningen skall vara möjlig att rengöra och rengöring skall kunna ske utan att rörmaterialet tar skada. Om inte mekanisk rensning kan utföras efter en renoveringsåtgärd måste alternativ teknik för rengöring redovisas av leverantören. Speciella krav på underhållsinsatser måste vara kända av driftpersonalen och vara noterade på kartor och i ledningsdatabaser.

2.3.6 Leveranssäkerhet

Ett bra ledningsnät är en avgörande faktor som påverkar leveranssäkerheten i vattendistributionen. Förnyelsetakten på ledningsnätet bör därför hållas på en hög nivå.

Det primära med en ledningsrenovering kan vara att uppnå ett förbättrat ledningsnät som ger en ökad leveranssäkerhet. Samtidigt med en åtgärd uppkommer dock störningar i vattendistributionen som kräver provisoriska arrangemang.

Exempel på leveranssäkerhetskrav:

Driftsäkerhet

En för ledningsnätet så hög driftsäkerhet skall hållas, att akuta störningar hos den mest drabbade abonnenten, inte uppträder så ofta att vattenleveransen upplevs som osäker. Ett exempel kan vara att oplanerade avbrott, för en och samma abonnent, inte får förekomma mer än 1 gång vart annat år.

Avstängningstider

Vid t ex renoveringsåtgärder på ledningsnätet skall avstängningstiderna inte vara längre än vad som gäller för övrigt planerade arbeten på en vattenledning. En regel kan t ex vara att en abonnent inte skall vara utan dricksvatten längre tid än ett visst antal timmar i följd eller att vid längre avbrott skall provisorisk vattenpost upprättas inom ett visst antal meter.

2.3.7 Systemflexibilitet

Det skall vara möjligt att på en renoverad ledning:

- Utföra läckagesökning
- Ansluta nya och befintliga stamledningar
- Anborra eller på annat sätt ansluta serviser
- Reparera eventuella skador
- Utföra undersökningar

Anvisningar för hur dessa saker kan utföras skall vara klart redovisade av systemleverantör eller entreprenör, om de inte är väl kända och utgörs av etablerad teknik. Vid läckagesökning på plaströr krävs speciell utrustning för lokalisering av en läcka.

Exempel på systemflexibilitetskrav:

Läckagesökning

Det skall vara möjligt att på alla ledningar utföra läckagesökning med teknik som är så lätt att erhålla och använda att läckagesökning kan påbörjas inom t ex ett dygn från det att vattenförlust rapporterats.

Tillgänglighet

Alla ledningar kan någon gång komma att behöva tömmas och rengöras. Ledningsmaterial och system skall därför vara utformade så att detta kan ske med minsta möjliga ingrepp på ledningen. Exempelvis kan ledningssträckor göras tillgängliga för rengöring från sektioneringspunkter med ett bestämt antal meters inbördes avstånd.

Anslutningsteknik

Det skall vara möjligt att ansluta tillkommande ledningar utifrån med sådan teknik och rördelar som finns i lager hos kommun eller rörleverantör under ledningens hela livslängd.

Reparerbarhet

Det skall vara möjligt att påbörja reparation av en vattenläcka inom ett bestämt antal timmar oavsett vilket material ledningen består av. Rördelar och utrustningar för reparation av en ledning som är renoverad med en viss renoveringsmetod måste därför finnas tillgängliga på drift- och underhållsavdelningen.

De funktionskrav som alltid bör övervägas vid en renovering är:

- Kvaliteten på levererat dricksvatten
- Kapaciteten hos ledningen
- Tätheten på systemet
- Styrkan på röret
- Resistensen hos ledningsmaterialet
- Leveranssäkerheten till abonnenter
- Systemflexibiliteten hos produktsystemet

3 RENGÖRING OCH UNDERSÖKNING

3.1 Problemidentifiering

Undersökningar kan i princip genomföras vid två olika skeden i förnyelseprocessen.

1. Vid kartläggning och problemlokalisering på ledningsnätet.
2. I anslutning till åtgärd och då som:
 - Förundersökning
 - Undersökning under utförande
 - Efterkontroll av utförd åtgärd.

Vid kartläggning och problemlokalisering rör det sig om planlagda undersökningar eller om undersökningar i det normala drift och underhållsarbetet som:

- Funktions- och tillsynskontroll på ledningsnätet
- Sammanställning av driftstörningsstatistik och historiska händelser som kartläggning av ledningar och områden med uttjänat ledningsmaterial t ex ehiruffar och galvledningar.
- Hydrauliska modellanalyser
- Tryck och flödesmätningar på ledningsnätet

Vid undersökningar i anslutning till åtgärder på ledningsnätet kan ofta tidigare oklarheter om ledningens status och ledningssystemets funktion klarläggas. Undersökningarna skall också kunna definiera omfattningen på åtgärdsinsatserna så att insatserna kan begränsas och optimeras både tekniskt och ekonomiskt (Planning the Rehabilitation of Water Mains, /10/).

I detta arbete bör tillståndet och problemen på ledningen identifieras. Det kan röra sig om tillståndsfel som:

- * Utfällningar
 - Inkrustationer (kalk, rost)
 - Slam (utfällda och nedbrutna produkter)
- * Korrosion
 - Gropanfrätning
 - Grafitering
- * Ledningsbrott
 - Yttre påverkan (korrosion, geoteknik)
 - Material- och utförandefel
- * Fognings- och anslutningsteknik
 - Otäta fogar
 - Otäta anslutningar/kopplingsdelar
- * Kapacitetsförhållandet
 - Behov av minskad kapacitet
 - Behov av ökad kapacitet

I anslutning till att undersökningar genomförs kan det finnas behov av att ledningen rengörs. Rengöring används då främst i samband med:

1. Statusvärdering/förundersökning av ledningen
2. Förarbeten inför åtgärd
3. Återkoppling efter ingrepp och åtgärder på ledningen.

I det följande kapitlet berörs kortfattat de rengörings och undersökningsmetoder som kan vara lämpliga att använda i anslutning till olika renoveringsåtgärder på vattenledningsnätet (se tabell 3.1.1).

Tabell 3.1.1 Behov av rengöring inför en renoveringsåtgärd

Renoveringsmetod	Rengöringsmetoder	Rengöringskrav
Kontinuerliga rör	Mekanisk rensning ^{a)}	Rengöring med hänsyn till infodringsrörets dimension
Formpassade rör	Mekanisk rensning ^{a)} Spolning	Rengöring till fast och jämnt underlag ^{b)}
Flexibla foder (strumpor)	Mekanisk rensning ^{a)} Spolning	Rengöring till fast och jämnt underlag ^{c)}
Flexibel slang	Mekanisk rensning ^{a)} Spolning	Rengöring till fast och jämnt underlag
Cementbruksisolering	Mekanisk rensning ^{a)} Spolning Ytrensning	Rengöring till metallren yta. Områden med graffitering kan få förekomma
Epoxybeläggning	Mekanisk rensning ^{a)} Spolning Ytrensning	Rengöring till metallren yta. Områden med graffitering kan få förekomma
Rörspräckning	Rengöring ej nödvändig	Inga

- a) Beror av påväxt/kondition på ledningen. Den mekaniska rensningen kan utföras med t ex skrapor, borring, fräsning, pluggrensning m.m.
- b) För formpassade rör krävs att rengöringen uppnår en sektion som är avpassad till infodringsrörets dimension.
- c) Flexibla foder kan kräva metallren yta för full samverkan med befintligt rör.

De övergripande undersökningar som görs i anslutning till kartläggning av ledningsnätet (t ex modellberäkning, ventilkontroll m m) berörs inte här. Denna typ av undersökningar skall vara genomförda när val och dimensionering av renoveringsmetod genomförs.

Rengöring i form av spolning redovisas endast översiktligt. För mer information om spolning och rensning hänvisas till /8/, Vattenledningar och Reservoarer, Spolning, rensning och desinfektion, VAV P77.

Rengöring och undersökningar som är speciellt knutna till behov i anslutning till en viss renoveringsmetod redogörs för i respektive kapitel 6-12.

Inför en planerad åtgärd bör den driftsbetingade orsaken vara klarlagd.
Orsaken kan vara:

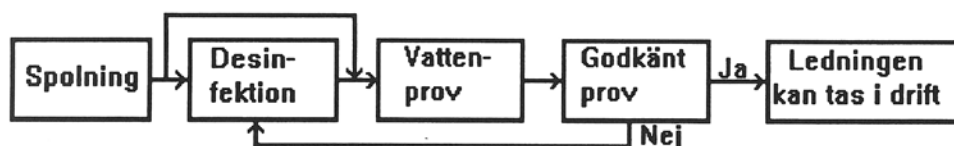
- Utfällningar
- Korrosion
- Ledningsbrott
- Fognings- och anslutningsteknik
- Kapacitetsförhållande

3.2 Rengöring

En renovering kräver rengöringsinsatser av olika omfattning beroende på vald renoveringsmetod, se tabell 3.1.1.

Efter renovering av en vattenledning ställs samma krav på rengöring/desinfektion som för en nylagd ledning (se figur 3.2.1). Kraven på spolning är att vattenhastigheten skall överskrida en bestämd hastighet (ex 2 m/s) och att spolningen skall pågå en fastlagd tid (t ex > 5 min), /8/. Efter reparationer och mindre ingrepp på en ledning skall normalt sträckan spolras minst den dubbla tiden som föreskrivs för nylagd ledning eller för en dubbel vattenomsättning.

Ledningsschakten skall hållas väl länspumpad under reparations-/renoveringsarbetet så att vatten från ledningsgraven inte kan tränga in i vattenledningen. Rörändar skall vid allt arbete vara skyddade med huvar, såväl vid lagning som när man lämnar en frilagd rörända. Om ledningen kan ha blivit förorenad av jord, djur eller vatten skall spolning och desinfektion utföras och vattenprov tas för bakteriologisk undersökning.



Figur 3.2.1 Arbetsgång vid drifttagande av vattenledning (ur VAV P77 /8/).

3.2.1 Spolning

Renspolning av vattenledningar används både som underhållsmetod (luft/vatten-spolning) vid dålig dricksvattenkvalitet samt som rengöringsmetod före åtgärd (högtrycksspolning) och vid drifttagande av nya system. Spolning genom stora vattenuttag från brand- och spolposter är den enklaste typen av renspolning (se vidare VAV P77, /8/).

Högtrycksspolning

Vid renovering av vattenledningar kan högtrycksspolning med anslutning till renvattentankar användas som rensningsåtgärd för att få bort påbyggnader och slam innan en infodring sker. Utrustningen som används får endast vara avsedd och användas för rengöring av dricksvattenledningar (gäller all annan utrustning också). Arbetstrycket ligger runt 200 bar med ett uttag av 300-500 l/min vid en normal spillängd på ca 150 meter. Till spolvattnet kan även tillsättas kemikalier för desinficering, som t ex natriumhypoklorit.

För att avlägsna föroreningar som kommit in i ledningens ändpunkter vid en schakt kan spolning med slang med bakåtriktat munstycke användas.

Tabell 3.2.1 Rengöringsgrad/resultat vid fullgoda insatser med olika rengöringsmetoder (Gråa zoner visar det bästa resultatet som normalt kan uppnås med respektive rengöringsteknik.)

	Rengörings- grad	Lösa avlag- ringar	Fast och jämnt underlag	Metall- ren yta	Urdrag- ning av vatten
	Ren- göringsmetod				
Spolning	Högtrycks- spolning				
	Water-Jet				
Mekanisk rensning	Rensplugg	mjuka		styva	
	Skrapor				
	Roterande borr				
	Svampar Plungar				

Water-Jet

Metoden är en variant på högtrycksspolning men med speciella munstycken och pumpar. Det normala arbetstrycket ligger på ca 600-700 bar, med ett maximalt arbetstryck på upp till 1200 bar. Vattenflödet varierar med trycket, ca 50-200 l/min, ju högre tryck desto lägre vattenmängd. Sträckor på upp till ca 200 meter kan rengöras utan att trycket reduceras allt för mycket. Water-Jet metoden används i ledningar med dimension 300 mm och uppåt.

Luft- Vattenspolning

Luft- vattenspolning används endast som underhållsspolning på ledningsnätet. Ingen schaktning behöver utföras men ledningssträckan behöver vara försedd med brand- eller spolposter i båda ändar. Ledningssträckan som skall spolas bör ej överstiga 3-400 meter och inte ha en dimension över Ø 200 mm. Ledningssträckan kopplas bort från det övriga nätet och görs trycklös. Därefter tillförs luft via brandposter och blandas med vatten. Genom kraftig turbulens rivs slam och avlagringar upp på sträckan som sedan spolas ut i nästa brandpost. Spolningen fortgår tills det inte längre finns några partiklar kvar i det urspolade vattnet.

3.2.2 Mekanisk rensning

Rensning på mekanisk väg kan utföras med skrapor/borstar och olika typer av renspluggar. Förutsättningen för denna typ av rensning är att ledningen har öppnats i båda ändar. Kontakt upprättas mellan de båda ändarna och ledningen dras igenom med verktyget ett antal gånger. Efter en mekanisk rensning krävs en rengöring genom spolning eller urdragning med svamp/kolv eller att ett nytt rör installeras i det gamla.

Renspluggar (75-3000 mm)

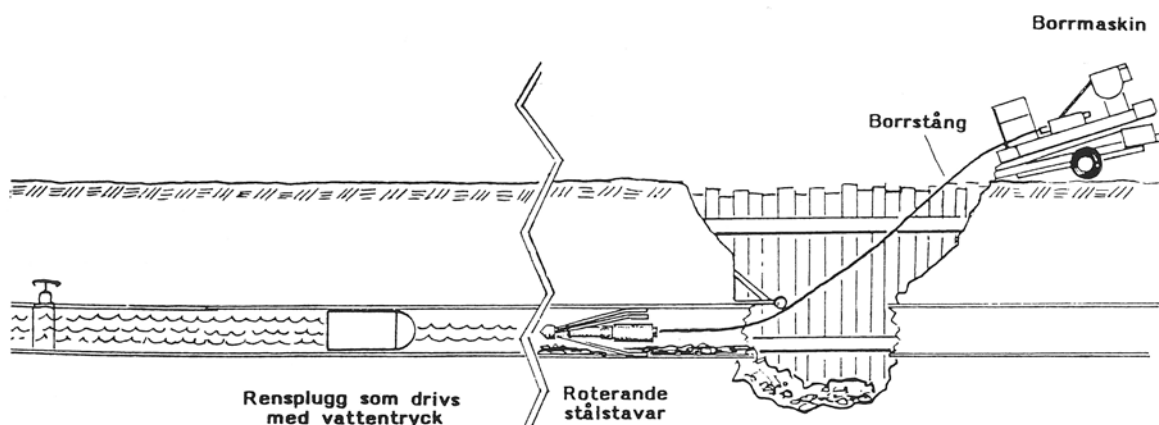
Renspluggar av olika slag är en vanlig teknik för mekanisk rensning av vattenledningar. Pluggarna tar framförallt bort avlagringar och utfällningar på rören. Både styva och mjuka renspluggar förekommer.

Den ledningssträcka som skall rensas kopplas bort och schaktas fram i båda ändar (Finns brunnar kan pluggarna tryckas in från T-rör). Ledningen kapas, och i ena ändan monteras en införingshylsa för renspluggarna och i den andra sörjer man för omhändertagande av utspolat vatten och beläggningar.

Pluggarna trycks fram genom ledningen med vattentryck som kan höjas med en speciell pump. Man börjar med små pluggar och arbetar sig uppåt tills man är uppe i den fulla dimensionen. Det bör vara samma dimension utmed hela sträckan. Valet av pluggar beror av ledningsmaterial och igensättningen i ledningen. Sträckor på flera kilometer kan rengöras.

Om renspluggar eller liknande används i t ex gjutjärnsledningar, utan en efterföljande renovering, är det viktigt att vattnet har en sådan sammansättning (pH, Ca, HCO₃) att ett skyddsskikt kan bildas efter rensningen.

Det är inte lämpligt att använda renspluggar på asbestcementrör.



Figur 3.2.2 Principskiss för rensplugg och roterande borrar

Roterande borr (75 mm →)

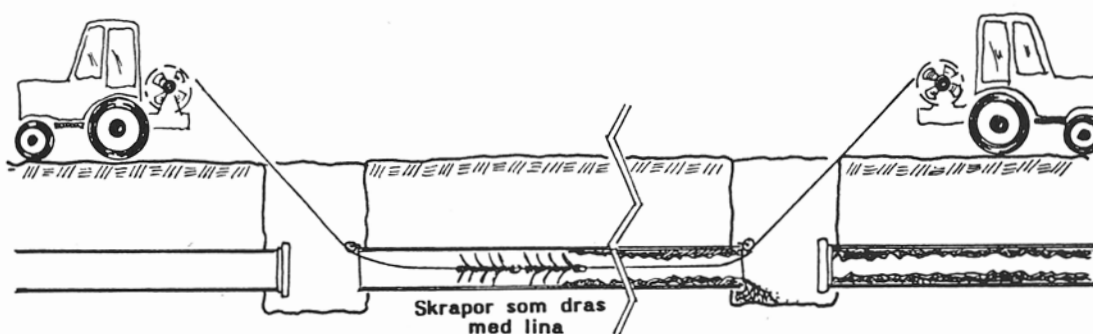
Roterande borr ("rack feed borer") är en kedjematad borrhutrustning som framförallt används i dimensionsområdet 100 - 300 mm. Längst fram på utrustningen sitter två fjädrande stålstänger som är bockade runt fronten som ett V, dvs fyra stänger roterar mot rörväggen. Sträckor på upp till 200 meter kan rengöras med metoden.

Beroende på ledningens kondition och igensättning varieras frammatningen och normalt krävs endast en "genomborring". Samtidigt med borringen låter man en mindre mängd vatten rinna i ledningen så att det lösgjorda materialet lättare forslas ut ur ledningen.

Skrapor (75-1000 mm)

Skrapor kan drivas fram i ledningen mekaniskt med draglina (torrt) eller hydrauliskt med vattentryck. Vattentryck används framförallt på dimensioner över 800 mm. Skrapor utnyttjas för att ta bort avlagringar och utfällningar på rören. På skraporna finns fjäderbelastade stålblad som river loss hårda utfällningar från röret. Beroende av dimension och framdrivningsteknik kan 100-150 meter rengöras med draglina och flera tusen meter med vattenhydraulisk drivning.

Med dragskrapor skrapas det bortrivna materialet till håltagningarna på röret där det kan tas omhand. Vid framdrivning av skrapor med vattentryck krävs speciella uppsamlingsboxar/sedimenteringsbassänger där urdrivet slam kan separeras från vattnet som sedan pumpas bort.

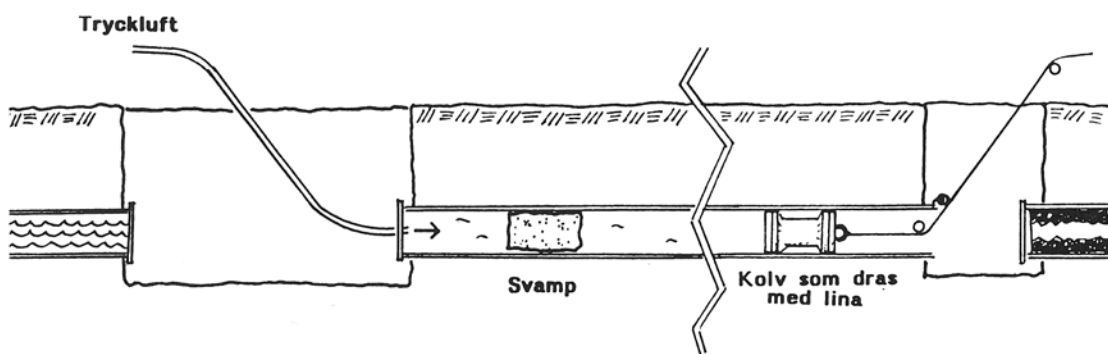


Figur 3.2.3 Principskiss för skrapor

Svampar och kolvar/"plungar" (75 mm →)

Svampar består företrädesvis av skumgummiproppar och kolvarna eller "plungarna" av 2 gummiskivor som är monterade efter varandra på en stel axel. Båda metoderna används för att ta bort kvarvarande lösa korrosionsavlagringar och för att få bort vatten ur ledningen.

Skumgummisvampar blåses med tryckluft genom rören och gummiplungar dras igenom med hjälp av draglina.



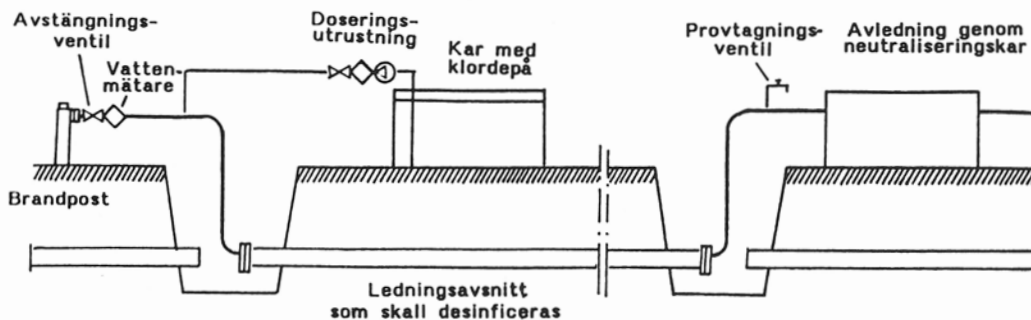
Figur 3.2.4 Principskiss för svamp och kolv

3.3 Desinfektion

Innan en vattenledning som tagits ur drift för åtgärd, återansluts till ledningsnätet, skall det alltid övervägas och normalt också utföras en desinfektion av ledningen.

Den helt dominerande metoden är klorering av ledningen med klorlösningar av natriumhypoklorit eller kalciumhypoklorit. Tillsatsen av klor skall ske så att ett önskat och konstant kloröverskott, enligt VAV P77, erhålls i allt vatten som tillförs den aktuella ledningen. Eventuellt kan pH-värdet sänkas så att en ökad desinfektionseffekt erhålls. Se vidare /8/ och DVF, Rensning och desinfektion, /9/.

Innan desinficeringen startar måste ledningen vara rensplad och de som utför desinfektionen skall vara mycket väl informerade om de skyddsåtgärder som måste vidtas vid kemikaliehanteringen. I anslutning till sträckan, skall om så erfordras, en tank finnas för omhändertagande av det använda desinfektionsvattnet.



Källa: DVF

Figur 3.3.1 Principskiss över tillvägagångsätt vid desinfektion.

Vid desinfektion av långa ledningslängder och stora dimensioner kan även en kombination av renspluggar och klorering användas. En första rensplugg trycks in i ledningen med hjälp av ett vatten med önskad koncentration av natriumhypoklorit. När erforderlig mängd pumpats in trycks plugg nummer 2 in. Klorpelaren mellan renspluggarna trycks sedan fram genom ledningen med önskad hastighet och med hjälp av vatten. Kloröverskottet i ledningen spolas sedan bort.

3.4 Undersökning/Kontroll

3.4.1 Läcksökning

Förutom sökning av läckor genom iakttagelser av omotiverade händelser runt en vattenledning som fukt, snösmältning, sättningar och kraftig inläckning i avloppsledning kan mer systematisk läcksökning ske med hjälp av:

- * Sjunkningsmätning i högreservoar eller vattentorn
- * Flödesmätning i distrikt
- * Lyssning till läckljud
- * Marklyssning
- * Korrelering av läckljud

Läcksökning används inte i anslutning till en renoveringsåtgärd men det är viktigt att framtida läckor kan sökas även på renoverade ledningar. Det finns bland annat speciella typer av hydrofoner som ansluts till brandposter och ger möjlighet till läcksökning. För att underlätta läcksökning kan man också alltid se till att mellanrummet mellan nytt och gammalt rör injekteras.

3.4.2 Provtryckning

Tätetsprovning på vattenledningar används framförallt som en kontrollåtgärd efter utförd renovering och skall utföras innan ledningen renspolas och desinficeras. Före tätetsprovningen som skall göras enligt gällande anvisningar (se Mark-AMA -83) skall rördelar och ändpunkter vara förankrade.

Bestämmelser för provtryckning av vattenledning av annat material än plast med dimension ≤ 300 mm finns angivet i VoV Bk21. För provtryckning av vattenledningar av plast finns särskilda regler i Kgl Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsens meddelande VA 17/1964, "Anvisningar för tätetsprovning av plastledningar" /11/. Nya riktlinjer för provtryckning av plastledningar är under utarbetande inom VAV.

3.4.3 Insamling av information om ledningssträckan

Som beslutsunderlag vid åtgärdsinsatser krävs att så mycket som möjligt av den information som kan vara till nytta i valet mellan olika åtgärdsförslag tas fram. Det är speciellt viktigt att information har samlats in om ledningssträckans:

- * Dimension och material
- * Läge och riktning (även för närliggande ledningar)
- * Sammanfogningsteknik
- * Anslutningar/anbörningar
- * Eventuellt ej dokumenterade förändringar
- * Driftstörningsstatistik och historiskt kända problem
- * Aggresiviteten hos omgivande jordar
- * Funktion och kondition på anslutande ledningar

Underlaget till informationsinsamlingen är ofta ledningskarta och ledningsdatabas men erfarenheter från drift och underhållspersonal är ett lika viktigt underlag för bedömning av åtgärd.

3.4.4 Funktionskontroll av anordningar

Inför en renoveringsåtgärd är det av stor vikt att man känner till funktions-dugligheten på ventiler, brand- och spolposter, både på och i anslutning till ledningssträckan eftersom vid åtgärder, sträckan alltid måste göras trycklös och tömmas.

Funktionskontroller bör därför ha utförts i god tid inför en renovering så att det inte uppstår frågetecken och problem med avstängningar och sektionering under utförandet.

3.4.5 Analys på vatten

Beroende av mikrobiologiska och fysikalisk-kemiska processer kan vattenkvaliteten förändras under distributionen i ledningsnätet. Vattenprover skall tas enligt föreskrivna intervall både vid vattenverk och i vattennätet. Detta ingår i dricksvattenkungörelsens krav /6/ och därmed också i de normala arbetsrutinerna hos vattendistributören.

Vid åtgärder på ledningsnätet som t ex en reovering, skall lämpligen referensprov tas på vattnet innan åtgärden vidtas. Efter åtgärd, renspolning och eventuell desinfektion, men innan inkoppling sker, skall man i varje enskilt fall göra en bedömning av omfattningen på provtagning. Vattnet skall uppfylla dricksvattenkungörelsens krav innan inkoppling sker.

I omedelbar anslutning till inkopplingen bör alltid ett vattenprov tas som bekräftelse på att reparationen/reoveringen utförts på ett hygieniskt tillfredsställande sätt.

För att skydda rörens inre mot föroreningar, skall alltid rörändarna vara skyddade med huvar eller vara plomberade under lagring och när uppsikt över rören ej kan garanteras under installationen.

3.4.6 TV-inspektion

Inre inspektion av vattenledningar utförs i huvudsak med ledningen ur drift. Det finns även teknik under utveckling för inspektion med ledningen i drift. Den TV-utrustning som används skall vara avsedd för vattenledningar och får inte användas för några andra ändamål, jämför TV-inspektion av avloppsledningar i mark, VAV P74, /17/.

Det finns en stor variation av kameror och kamerateknik. Från konventionella ledningskameror till kameror med diametrar ned till 5 mm, där bilden skapas på elektronisk väg (CCD-teknik). CCD-teknik eller videoprobe innebär att ett bildelement skapar en elektrisk signal av en bild. Bilden transporteras sedan som en analog elektrisk signal till en processor som återger en digital bild på en monitor. Tekniken har många likheter med fiberoptiken (jämför fiberoptisk inspektion 3.4.9).

Med ledningen ur drift används traditionella TV-kameror med färgåtergivning eller CCD-teknik. Innan inspektionen startar måste ledningen friläggas, kapas och eventuellt också rengöras innan inspektion kan ske. Denna typ av TV-inspektion kan främst användas vid förundersökning inför en bestämd åtgärd för att kontrollera ledningens läge i horisontal- och vertikalplanet (eventuella böjar och knän) och som övervakning, produktionskontroll av t ex reoveringsutföranden.

Med ledningen i drift finns, under utveckling, en teknik som innebär att man på förhand installerar fasta tryckkammare på en ledningssträcka. I från dessa tryckkammare kan TV-kameror med bland annat CCD-teknik föras in i vattenledningen och inspektion kan ske med vattentrycket på. Ledningssträckan måste dock vara rensolad från lösa partiklar som annars virvlar upp och förorenar vattnet samt försämrar sikten runt kameran. Förutom kontroll av innerytans kondition uppges att virvelbildningar och gasblåsor, vilket indikerar läckagepunkter på ledningen, kan upptäckas.

3.4.7 Invändig dimensionskontroll

Vid infodring med renoveringssystem kan det krävas kontroll av det befintliga rörets innerdiameter. Detta kan normalt ske genom tolkning, men om en noggrann inmätning krävs kan den utföras med deformationsmätningssystem eller scannrar som förs genom ledningen. Även här gäller att utrustningen skall vara avpassad för vattenledningar, desinficerad och inte använd i andra sammanhang.

3.4.8 Provbitar av befintligt ledningsmaterial

Som underlag vid framtida bedömningar av hållfasthet och återstående livslängd kan provbitar av befintligt ledningsmaterial tas ut i anslutning till reparationer och ingrepp på ledningar. Provbitarna kan ge en god indikation på tillståndet i ledningsnätet.

Provbitar kan kontrolleras visuellt på platsen. Bitar och cirkulära sektioner kan också sändas till t ex laboratorium/provningsanstalt för bedömning av resthållfasthet, anfrätning (kvarvarande godstjocklek) och beläggning på rören.

Informationen måste dokumenteras på ett sådant sätt att den är lätt att finna i framtiden när planläggning av åtgärder sker. Lämpligtvis görs detta i ett register, typ ledningsdatabas.

3.4.9 Övriga metoder

Fiberoptisk inspektion

Fiberoptiska instrument kan användas som förundersökning för t ex inspektion av påväxter i en vattenledning. Med nuvarande teknik måste bröstringen i t ex en brandpost, först monteras bort, innan den optiska kabeln kan föras in. För att erhålla en bra bildkvalitet krävs också en god belysning runt fiberns spets. Det krävs alltså en fortsatt utveckling av framförallt ljusstyrkan i fiberspetsen och styrhjälpmedel i kabeln för att t ex kunna gå ner genom brandpostventiler. Ett fiberoptiskt instrument måste också hanteras varsamt så att inte för många fibrer bryts. Med nuvarande teknik erhålls en bra bildkvalitet endast ca 10 meter.

Ultraljudskontroll av rörvägg

Metoden är utvecklad för inre inspektion av processledningar och är relativt avancerad. Tekniken har inte använts för vattenledningar i exempelvis Sverige men den kan användas på de flesta ledningssystem i dimensionsintervallet 50-600 mm, till exempel för kontroll av grafitering på gråjärnrör. Tekniken bygger på att man från håltagningar på ledningen låter en robot "klättra" genom rören. Roboten som är kopplad till en TV-kamera, kan styras upp till 500 m och genom rörkrökar på maximalt 1.5 D.

Tätheten registreras på rörmaterialet utmed ett antal linjer (4-8) med hjälp av ultraljud. Ledningen måste vara väl rengjord innan undersökning kan ske. Porer som befinner sig i någon linje registreras som förändringar i rörväggen och resthållfastheten i röret kan bedömas.

Tabell 3.4.1 Kontroller vid renovering av ledning

	Kontroll före åtgärd	Kontroll efter åtgärd
Kontinuerliga rör	Tolkning (TV-inspektion)	Vattenprov Täthetsprov (Deformation)
Formpassade rör	TV-inspektion (Dimensions- mätning)	Vattenprov Täthetsprov Deformation (TV-inspektion)
Flexibla foder (strumpor)	TV-inspektion (Dimensions- mätning)	Vattenprov Täthetsprov TV-inspektion (Dimensionsmät)
Flexibel slang	TV-inspektion	Vattenprov Täthetsprov
Cementbruks-isolering	TV-inspektion (Tolkning)	Vattenprov Täthetsprov TV-inspektion
Epoxybeläggning	TV-inspektion	Vattenprov Täthetsprov TV-inspektion
Rörpräckning	Materialgods Kringfyllnad Omgivning	Vattenprov Täthetsprov Deformation

4 VAL MELLAN OMLÄGGNING OCH RENOVERING

Detta kapitel redovisar några överväganden som kan vara aktuella efter det att det har beslutats att en ledningssträckning skall förnyas, men innan man har tagit beslut om hur förnyelsen skall utföras.

Inledningsvis står då valet mellan att förnya ledningen genom omläggning med traditionell uppgrävning eller genom renovering.

Här belyses just denna överordnade problematik som har betydelse för valet. I nästa kapitel behandlas nästa steg i beslutsprocessen - nämligen valet av renoveringsmetod.

I anslutning till förnyelse av vattenledningar är det också några överväganden som har en mer generell karaktär, men som ändå har inflytande på valet mellan omläggning och renovering. Detta gäller t ex:

Skall servisledningar förnyas ?

När man beslutat att en vattenledning skall förnyas, är det viktigt att ta ställning till, om också servisledningarna i gatan och på privat mark skall förnyas. Detta gäller oavsett om man väljer renovering eller omläggning.

I många fall har huvudledning och servisledning samma ålder, men detta kan inte tas som ett uttryck för att förnyelsebehovet är det samma. Det är servisledningarnas aktuella tillstånd som bör ingå i underlaget vid beslut om förnyelsebehov.

Under alla omständigheter skall det ju vid de flesta tillfällen schaktas för varje servisanslutning på vattenledningen. Detta gör att antalet anslutningar och hur tätt de är placerade kan finnas med i bedömningen, om omläggning eller renovering är den rätta metoden.

Skall andra ledningar/kablar i samma rörschakt förnyas ?

När beslut har tagits om att en vattenledning skall förnyas, är det viktigt att undersöka och ta in information om andra ledningar i marken har behov av en förnyelse. Det kan finnas andra ledningsförvaltare som bör informeras.

Konditionsundersökningar på andra ledningsnät bör vara tillräckligt detaljerade så att en värdering av den förväntade effekten av förnyelsearbetet kan göras.

Skall gatan ha ny beläggning eller markytan ett annat utseende ?

Det kan också finnas andra tekniska avdelningar och förvaltare som bör informeras (ex beläggningsansvariga) om en beslutad förnyelse av en vattenledning.

Beläggningsarbeten används ofta som argument för omläggning av defekta vattenledningar men omvänt finns också många exempel på defekta ledningssträckor som blivit renoverade innan ny asfaltbeläggning läggs, bara för att säkerställa vägens framtida stabilitet. Genom att undvika framtida schakter i vägen får man fullt utbyte av en ny asfaltering.

4.1 Överväganden

Val av förnyelsemetod, har vid en förenklad framställning, hittills bedömts efter följande modeller:

- * **Den försiktige (konservative)**
Jag har valt omläggning för att jag saknar kunskap och dokumentation om vad renoveringsmetoderna kan och inte kan. När jag väljer omläggning kan jag använda rör som är producerade efter en standard och det finns en norm över hur rören skall läggas i marken.
- * **Den nyfikne (progressive)**
Jag har valt renovering för att jag vill skaffa mig egen erfarenhet om renoveringsmetodernas förmåga. På detta sätt är jag med om att skapa underlag för renoveringsmetodernas vidare utveckling.
- * **Den systematiske (ingenjören)**
Jag har valt mellan omläggning och renovering med bakgrund av flera faktorer och förhållanden av teknisk, ekonomisk, miljömässig, samhällsnyttig och erfarenhetsmässig karaktär. Och utifrån den förutsättningen, att båda förnyelsemetoderna kvalitetsmässigt kan dokumenteras och kontrolleras på ett likvärdigt sätt.

Det ovanstående är självfallet ett mycket förenklat påstående men det visar ändå något om de olika uppfattningar som finns.

Oavsett om valet faller på omläggning eller renovering, är det av avgörande betydelse för resultatet, att det sätts resurser till undersökning samt tillsyn och kontroll - både före, under och efter arbetets utförande.

4.2 Vilka faktorer har betydelse för valet ?

I det följande redovisas några av de faktorer som kan ha inflytande på om det skall läggas om eller renoveras.

Faktorerna kan delas upp i:

- * Tekniska faktorer
- * Ekonomiska faktorer
- * Miljömässiga faktorer
- * Samhällsomkostnader
- * Verksamhetshänsyn

4.2.1 Tekniska faktorer

Här nämns de tekniska förhållanden som kan användas vid bedömning av för- och nackdelar mellan förnyelsemetoderna.

De tekniska faktorerna som beskrivs är:

- * Ledningens grundläggning
 - * Antal servisledningar
 - * Nödvändig rengöring
 - * Stor förändring av dimensionen
-
- * **Ledningens grundläggning**
När ledningens grundläggning är av osäker kvalitet och när brottfrekvensen är stor pga sättningar, är omläggning en naturlig lösning om den nya ledningens grundläggning kan säkras.
 - * **Antal servisledningar**
När schaktning krävs vid varje enskild servisledning, kan ett stort antal servisledningar på ett visst djup medföra att grävningsarbetet i kombination med reovering är nästan lika omfattande som vid omläggning.
 - * **Nödvändig rengöring**
För flera reoveringsmetoder krävs rengöring av den befintliga ledningen. Före rengöring och även före att förundersökningar genomförs på "svaga ledningar" - t ex korroderade ledningar - skall det värderas om ledningen tål rengöringsmetoden, och avtalas om, vem som tar ansvaret, ifall ledningen bryter samman.
 - * **Stor förändring av dimension**
Om det i anslutning till förnyelseplanläggningen visat sig vara nödvändigt att öka diametern på vattenledningen, kan det vid mindre dimensionsändringar ske med omläggning eller genom användning av reoveringsmetoder. Om det är fråga om stora dimensionsökningar, är omläggning den enda realistiska metoden.

4.2.2 Ekonomiska faktorer

De faktorer som direkt har inflytande på ekonomin redovisas i detta avsnitt. I avsnittet om "Miljömässiga faktorer" och "Samhällsomkostnader" nämns faktorer som även indirekt kan ha inflytande på ekonomin.

De faktorer som beskrivs här är:

- * Ledningens tillgänglighet
 - Svåra jordartsförhållanden
 - Ledningens djup
 - Återställningsarbeten
 - Antal servisledningar
 - Övriga närliggande ledningar, byggnader m.m
 - Trafik
- * Utförandetid
- * Oförutsedda utgifter

* **Ledningens tillgänglighet**

Ledningens tillgänglighet är i allmänhet den av de ekonomiska faktorerna som kan tillmätas störst betydelse när valet står mellan omläggning och renovering.

Tillgängligheten kan definieras med en mängd "underfaktorer", som var och en har ekonomisk betydelse.

- Svåra jordartsförhållanden

Med svåra jordartsförhållanden menas jordarterna silt, fin sand och postglaciala avlagringar (tidigare havsbotten, sjö eller mosse) över ledningarna, samt hög grundvattenyta som kan ge anledning till grundvattenströmmar.

De nämnda förhållandena kan ge anledning till dyr spontning eller till flyttning av så stora jordmassor vid omläggning och traditionell uppgrävning, att renovering också i öppen terräng kan bli ett ekonomiskt attraktivt alternativ.

Val av renovering som förnyelsemetod kan vid sådana tillfällen medföra betydliga ekonomiska besparingar. Men valet kan bara göras om tillräckliga upplysningar finns om de geotekniska förhållandena.

- Ledningens djup

Vid omläggning har schaktdjupet stort inflytande över arbetskostnaden. Beroende på schaktdjup och jordart m m kan man antingen gräva öppen schakt eller utföra spontförstärkning av schaktväggar. Ledningens djup under markytan får i sig betydelse för valet mellan omläggning och renovering, när den läggs samman med föregående faktor - "svåra jordartsförhållanden" och den efterkommande faktorn - "återställningsarbeten".

- Återställningsarbeten

I tätbebyggda områden kommer återställningskostnaden i kombination med en omläggning att långt överstiga rörkostnaden.

Återställningskostnaderna är beroende av markytans beskaffenhet, arbetsytans storlek och de uppgrävda massornas egenskaper som återfyllnads-material.

Vid återställning efter ett ledningsarbete eftersträvas att jordens egenskaper i och vid sidan av ledningsgraven är den samma med hänsyn till exempelvis tjälskjutningar, sättningar m.m.

Nästan oavsett hur noggrant återställningsarbetet utförs, har en uppgrävning i en väg inflytande på vägens livstid. Detta är en faktor som ej omedelbart kan kostnadsbestämmas och därför blir den ofta förbisedd. Eventuella sättningsskador visar sig först en tid efter arbetets utförande och utgifter till reparation av dessa medräknas därför inte alltid i omkostnaderna vid en omläggning.

Oavsett om man väljer omläggning eller renovering så skall en tillfällig vattenförsörjning byggas. Utgifterna till denna provisoriska anläggning är beroende på valet av förnyelsemetod.

Återställning i anslutning till renovering begränsas till de områden där uppgrävning är utförd för att koppla in den nya huvudledningen och för att ansluta serviser.

Utgifter för återfyllning och skador vid återställande reduceras ofta vid koordinerade lednings- och vägarbeten där t ex vatten och avloppsledningar samt vägen förnyas samtidigt.

- **Antal servisledningar**

När en uppgrävning av samtliga servisanslutningar skall genomföras, har antalet serviser både ekonomisk och teknisk betydelse för valet av förnyelsemetod.

Antalet servisledningar inverkar mycket på den sammanlagda ekonomin och beror på huvudledningslängd, dimension och schaktdjup m.m.

- **Främmande ledningsinstallationer, byggnader m.m.**

Byggnader, ledningar, kablar m m i närheten av den vattenledning som skall förnyas, gör omläggningen besvärligare.

På grund av ökad arbetsåtgång och maskintid ökas omkostnaderna. Vid omläggning i närheten av byggnader kan spontning vara nödvändig. Andra ledningar i schakten har också inflytande på renoveringskostnaderna, då kraven på kringfyllnadsmaterial och packning ökar.

- **Trafik**

I anslutning till schaktarbeten i gator och vägar är det inte alltid möjligt att omdirigera trafiken. Nödvändigheten av att helt eller delvis upprätthålla framkomlighet för trafik medför, beroende på platsförhållanden, - kostnader för t ex spontning, säkerhetsavspärrningar, skyltning och ljusreglering.

* **Utförandetid**

En viss del av omkostnaderna vid ett ledningsarbete är bestämt av den tid, som går åt till arbetets genomförande.

Tidåtgången för etablering av en tillfällig vattenförsörjning är densamma, oavsett om man väljer omläggning eller renovering. Därför medtages den ej i följande överväganden.

Jämfört med omläggning, har en renovering normalt större kostnad per använd tidsenhet. I gengäld utmärker sig en renovering på att den kan genomföras på en bråkdel av den tid som det tar att genomföra en omläggning.

Utförandetiden är just en av renoveringsmetodernas stora fördelar. Ju osäkrare förhållande och ju fler speciella åtgärder som krävs för arbetets genomförande vid omläggning - desto större är fördelen med att välja renovering framför omläggning. Som exempel på direkta ekonomiska fördelar vid en kort utförandetid kan nämnas:

- Reducerat antal manarbetstimmar
- Reducerad maskintid
- Färre omkostnader för trafikreglerande åtgärder

* **Oförutsedda utgifter**

Oförutsedda utgifter eller "tilläggsarbeten" är en välkänd, obekant utgift vid schaktarbeten i stadsmiljöer. Omfattningen kan bli betydande och förutom att det är en direkt ekonomisk belastning kan tilläggsarbetena medföra betydliga tidsförseningar i arbetet.

Vid användning av renoveringsmetoder får tilläggsarbetena mindre betydelse, och t ex "störningar från forntiden" - i form av historiska fynd som kan innebära schaktstopp, bortfaller.

4.2.3 Miljömässiga faktorer

I relation till användandet av renare teknologi kan det framhåvas, att vid användning av renoveringsmetoder kan förbrukningen av råmaterial (grus) och den miljömässiga påverkan på omgivningen reduceras.

Följande faktorer kan framhållas:

* **Reduktion av råmaterialanvändning**

När vattenledningar renoveras i stället för att bli omlagda blir användandet av grus till kringfyllnad och återfyllnad begränsat till arbetsgroparna där infodringen startats, avslutats och där serviserna ansluts. Reduktionen av grusanvändningen är beroende av ledningens diameter och läggningsdjup och om all jord i ledningsschakten skall bytas ut vid omläggning.

Vid renovering av vattenledningar istället för omläggning kan avfallsmängden reduceras med 500 - 2000 m³ per kilometer ledning.

* **Mindre avfallsmängd**

Renovering av vattenledningar framför omläggning medför en reduktion av den avfallsmängd som skall bortfraktas och deponeras. Dels för att de gamla rören stannar i jorden och behöver således inte köras bort (jämför asbestcimentrör) och dels för att uppgrävning och bortforslande av jord i ledningsschakten nästan undviks. Reduktionen av avfallsmängd är beroende av ledningens diameter och läggningsdjup och om en del av jorden kan återanvändas vid omläggning.

Vid renovering av vattenledningar istället för omläggning kan man spara 500 - 2000 m³ grus per kilometer ledning.

* **Miljömässig påverkan på omgivningen**

Störning

Störningen från ett traditionellt ledningsarbete kommer dels från grävmaskiner som gräver upp och återställer schakter, dels från lastbilar som forslar bort schaktmassor och återtransporterar ersättningsmaterial, och dels från kringpackningsmaskiner och vältar.

När renovering används i stället för omläggning blir schaktarbetet och därmed störningen betydligt reducerad. Transporten av jord från och till arbetsplatsen reduceras och därmed störningen från lastbilar. Den interna komprimeringen av jordlagren i ledningsschakten blir också betydligt reducerad och därmed också störningen från denna utrustning.

Avgaser

Det som är skrivet om störning ovan gäller också avgaser och utsläpp från maskiner och lastbilar knutna till ledningsarbetet. När renovering används i stället för omläggning blir belastningarna på omgivningarna från avgaser och utsläpp betydligt reducerade.

Trafikomläggning

Vid ledningsarbeten med uppgrävning läggs trafiken ofta om så att områden som normalt inte belastas med trafik blir drabbade av trafikstörningar under anläggningsperioden. Så utöver den störning och de avgaser som nämns ovan, knutet till arbetsplatsen, uppstår det störningar och avgasutsläpp på andra ställen beroende av ledningsarbetet.

När renovering används istället för omläggning kan trafiken upprätthållas på arbetsplatsen i större omfattning, och vid de flesta tillfällen kan trafiken flyta obehindrat.

* **Förorenad jord**

Förorenad jord i närheten av en vattenledning som skall förnyas, kan innebära krav på upprepning och bortforsling av materialet. Vid sådana tillfällen måste omläggning väljas framför renovering.

* **Arbetsmiljö**

Det finns arbetarskyddsregler för hur arbete med epoxyprodukter skall utföras. Dessa regler är relevanta vid arbete med strumprenovering och beläggning.

4.2.4 Samhällsomkostnader

När ett ledningsarbete genomförs är den direkta ekonomin fastlagd och som regel också den del av den indirekta ekonomin i form av t ex ersättningar till verksamheter som drabbas av arbetet.

Däremot är det ännu inte allmänt att ta de utgifter i betraktande som kan kallas samhällsomkostnader. Utgifter som bara kommer, men som ingen på förhand har räknat med.

Som exempel på sådana kostnader och faktorer kan nämnas:

- * Ökade avgasutsläpp p g a trafikomläggning
- * Förseningar för busstrafik, privat trafik och för t ex ambulanser, brandkår och servicefordon
- * Ökade olägenheter och föroreningar på grund av byggarbetsplatsens utbredningsområde (buller, rök, lukt)
- * Försämrad tillgänglighet till bostadshus (boende, post, sophämtning, m m).
- * Reducerad omsättning för butiker/kontor p g a avspärrade gator/vägar.

Omfattningen av samhällsomkostnader är beroende av schaktarbetets fysiska utsträckning (hela vägen eller flera sträckor samtidigt) och dels på den tid arbetet tar. Omfattningen beror främst på bebyggelsetäthet och är således störst i tät bebyggelse.

Förnyelse av vattenledningar utförs ofta under så svåra förhållanden, (tät bebyggelse, intensiv trafik, ansträngd tidplan) att omläggning genom uppgrävning i sig själv innebär risk för fel och skador på ledningen eller på omgivningen. Används i stället en renoveringsmetod, kan förnyelsen genomföras med färre olägenheter för omgivningen och med mindre risk för fel och skador.

Om erfarenheterna från avloppsområdet kan överföras till vattenförsörjningsområdet, kommer renovering som förnyelsemetod att dominera i stadsbebyggelse där många fördelar, såväl tekniska, ekonomiska som samhällsmässiga uppkommer.

4.2.5 Verksamhetshänsyn

För ledningsförvaltare med egen entreprenadavdelning och som inte själv har tillgång till renoveringsmaterial och teknik, kan omsorg över personalens verksamhet vara avgörande vid valet av metod.

5 VAL AV RENOVERINGSMETOD

Vilka renoveringsmetoder som skall väljas för en aktuell ledningssträckning bör betäckmas utifrån de funktionskrav som den nya ledningen skall uppfylla samt metodens lämplighet med hänsyn till utförandet.

5.1 Val med hänsyn till funktionskrav

I tabell 5.1 är de olika funktionskraven listade, jämför kapitel 2, och de olika renoveringsmetodernas lämplighet är angivna utifrån de olika funktionskraven.

Värderingen är gjord utifrån författarnas och ett stort antal fackfolks synpunkter men självfallet kan den enskilde leverantören eller producenten hävda att den nedan angivna värderingen inte stämmer in på den egna produkten. Om man anser att metoden inte har bedömts rätt eller har utvecklats till det bättre, är det bara för producenten eller leverantören att bevisa detta för kunden.

Ledningsägare kan därför uppmanas att använda matrisen om man finner den relevant för ett enskilt objekt och om man samtidigt kan jämföra producenternas dokumentation och argumentation på förändringar och förbättringar på produkten.

Målet är att det skall göras ett fackmannamässigt och ekonomiskt riktigt val.

Metodernas användbarhet med hänsyn till leveranssäkerhet har inte kunnat bedömas i matrisen på grund av att tiden som krävs för en vattenavstängning vid utförandet är helt avhängig av ledningens längd, dimension, existerande brunnar, o s v.

5.2 Val med hänsyn till utförandet

Förutom val av renoveringsmetod med hänsyn till uppfyllande av funktionskraven måste metoderna värderas mot varandra med hänsyn till lämplighet vid utförandet.

De punkter som är nämnda i kapitel 4.2, faktorer som har betydelse för val mellan omläggning och renovering samt punkterna under utförande i respektive metodkapitel kan vara avgörande vid val av renoveringsmetod. Det är därför viktigt att klarlägga de olika metodernas lämplighet med hänsyn till:

- * Ledningens hållfasthet
- * Antal servisledningar
- * Behov av rengöring, förundersökning och förberedelser
- * Markförhållanden, olika jordarter, grundvatten
- * Ledningens läggningsdjup
- * Närliggande ledningar och byggnader
- * Nödvändigt platsutrymme, trafikavstängning
- * Utförandetid
- * Oförutsedda faktorer

Tabell 5.1 Val av renoveringsmetod



Metoden är lämplig



Metoden kan vara lämplig men kräver ytterligare värdering



Metoden är inte lämplig

Metod	Kontinuerliga rör	Formpassade rör	Flexibla foder	Slang	CBI	Epoxybeläggning	Rörspräckning
Vattenkvalitet							
Ingen påverkan på smak, lukt och utseende	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
Kapacitet							
Behov av oförändrad kapacitet ¹⁾	Black	Grey	Grey	White	Grey	White	White
Behov av mindre kapacitet	White	Grey	Grey	Black	Grey	Black	Grey
Behov av större kapacitet	Black	Black	Black	Black	Black	Black	White
Täthet/tryck							
Behov av oförändrat tryck	White	White	White	White	Grey	Grey	White
Behov av större tryck	White	White	White	Grey	Black	Black	White

1) Behov av oförändrad kapacitet, ref. tabell 2.3.2.
Metoden anses lämplig om tvärsnittet inte förändras mer än 10 %, 10-30 % kräver ytterligare värdering och om tvärsnittet förändras mer än 30 % så är metoden inte lämplig.

Metod	Konti- nuerliga rör	Form- passade rör	Flexibla foder	Slang	CBI	Epoxy- beläg- ning	Rör- spräck- ning
Funktions- krav							
Styrka							
Behov av oförändrad styrka							
Behov av större styrka							
Resistens							
Behov av bättre invändig resistens							
Behov av bättre invändig och utvändig resistens							
Systemflexibilitet							
Möjlighet till läckagesökning							
Möjligt att rengöra utan att renoverad ledning tar skada ²⁾							
Möjlighet att reparera renoverad ledning							
Möjlighet att koppla till nya servisledningar	Kräver upp- grävning	Kräver upp- grävning	Kräver upp- grävning	Kräver uppgräv- ning + Special- rördelar	Kräver upp- grävning	Kräver upp- grävning	Kräver upp- gräv- ning
Möjligt att koppla på existerande servisledningar	Kräver upp- grävning	Kräver upp- grävning	Kräver upp- grävning	Kräver uppgräv- ning + Special- rördelar	Kräver inte upp- grävning	Kräver inte upp- grävning	Kräver upp- gräv- ning

2) Värderas när fara finns för skada vid mekanisk rensning

6 KONTINUERLIGA RÖR

6.1 Metodbeskrivning och erfarenheter

För renovering med långa rör används primärt helsvetsade PE-rör. I Sverige har även använts rostfria stålrör vid installation av långa rör på ett fåtal hundra meter.

De rostfria stålrören finns i standarddimensioner som vid många tillfällen passar för infodring i långa längder. Rören kan också produceras i speciella dimensioner. Rör av syrafast stål med molybdenlegering kan användas till denna renoveringsmetod.

Rostfria stålrör är tunnväggiga vilket ger en god flexibilitet. Infodring av rören görs från infodringsgropar och utförs på samma sätt som vid infodring med helsvetsade PE-rör. Rostfria stålrör svetsas normalt samman och dras därefter in i ledningen. Tillkoppling av existerande servisledningar sker med anborningsbyglar eller genom att grenrör avsåtts.

Det följande kapitlet handlar uteslutande om infodring av helsvetsade PE-rör.

Infodringen av helsvetsade PE-rör har utförts i många kommuner. Metoden är den mest använda vid renovering av vattenledningar och här finns många erfarenheter och referenser. Det finns däremot ingen direkt statistik över hur många meter som har renoverats genom infodring med långa PE-rör.

Metoden kan utföras av entreprenörer och som kommunala egenregi arbeten. Det krävs ingen specialkompetens vid själva utförandet förutom att svetsningen skall utföras av certifierade svetsare.

6.2 Dimensioneringsvägledning

Här nedan ges endast en vägledning i mekanisk dimensionering av kontinuerliga rör inklusive ett dimensioneringsexempel. I övrigt hänvisas till kapitel 13. För val av aktuella belastningstillfällen, se tabell 13.4.

Vid renovering med kontinuerliga rör skall den nya ledningen dimensioneras för att motstå de belastningar som påverkar röret på grund av **invändigt tryck, belastningar vid utförandet samt utvändiga belastningar**.

Vid val av ett PE-rör med ett s/D -förhållande¹⁾ större än 0,06 vill detta pga sin stora ringstyvhet motstå alla utvändiga belastningar samt undertryck under normala förhållanden.

I praxis gäller detta när ett PE-rör i tryckklasserna PN10 och PN16 används.

Detta innebär att vid infodring med kontinuerliga rör behöver detta endast dimensioneras för invändigt tryck och belastningar under utförandet.

¹⁾ s/D -förhållandet anger behovet av vägg tjocklek för ett bestämt rörmaterial för att en viss ringstyvhet skall uppnås, jämför avsnitt 6.3.3.

6.2.1 Invändigt tryck

Där som det är aktuellt skall det nya PE-röret dimensioneras för invändigt tryck enligt avsnitt 13.5, formel 13.3.

Vid renovering av en existerande ledning känner man till ledningens aktuella drifttryck och har erfarenhet av eventuellt förekommande tryckstötter. Aktuell tryckklass på ledningen kan väljas efter uppmätt drifttryck och vald säkerhetsfaktor.

Där den nya ledningen dimensioneras för invändigt tryck får det beräknade värdet på ringspänningen (σ_r) inte vara större än den tillåtna ringspänningen ($\sigma_{r,till}$), angivet i tabell 13.2.

6.2.2 Belastningar under utförandet

Utvändiga belastningar på röret beräknas enligt kapitel 13.6.

6.2.2.1 Krökningsradie

Rörets minsta tillåtna krökningsradie beräknas enligt avsnitt 13.6.1. Krökningsradien beräknas för att bestämma infodringsgropens längd så att inte buckling inträffar.

Buckling uppkommer om krökningsradien på röret blir mindre än R_b , beräknad enligt formel 13.5.

I avsnitt 13.6.1 finns angivet en tumregel för krökningsradien vid installation som säger att radien bör vara minst 33 x rörets utvändiga diameter. (Gäller PE-rör med $s/D \geq 0,04$).

Exempel:

Minsta tillåtna krökningsradie (R_b) för PE MRS 80, PN 10, $D_e = 0,2$ m:

$$33 \times 0,2 \text{ m} = 6,6, \text{ meter}$$

Detta gäller vid 20°C. Vid 0°C skall krökningsradien vara $\geq 2,5$ x krökningsradien vid 20°C, vilket innebär en krökningsradie på 16,5 meter i exemplet.

Vid 20°C och PN 10 rör tillgodoses detta vid indragningen när längden är minst $10 \times D_e$ och infodringsgropen har en lutning på maximalt 1:2,5. Vid andra arbetstemperaturer måste infodringsgropens längd beräknas.

6.2.2.2 Dragkraft

Den nödvändiga dragkraften ($F_{n\ddot{o}dv}$) vid indragning beräknas enligt avsnitt 13.6.2, formel 13.7, och jämförs med den maximalt tillåtna dragkraften (F_{till}) som fås enligt avsnitt 13.6.3, formel 13.8.

När dragkraften under infodringen är en korttidsbelastning, kan det normalt tillåtas dragspänningar som är 1,3 x den tillåtna spänningen vid långtidsbelastning.

Den största tillåtna dragspänningen bör producenten kunna upplysa om.

6.2.2.3 Längdutvidgning

Längdutvidgningen (ΔL) som kan uppstå till följd av indragningen kan beräknas enligt avsnitt 13.6.3, formel 13.9.

6.2.3 Utväändig belastning samt invändigt undertryck

Detta belastningstillfälle är normalt inte relevant för PE-infodringar med ett s/D-förhållande större än 0,06. Polyetenrör har normalt en ringstyvhet som motstår vanligt förekommande utväändiga tryck samt invändiga undertryck.

Där det ändå är önskvärt beräknas röret för utväändig belastning (tryck) samt invändigt undertryck enligt kapitel 13.7.

Av utväändigt tryck kan det vara aktuellt att dimensionera för:

- * Jordtryck
- * Grundvattentryck
- * Injekteringstryck
- * Trafiktryck
- * Vakuum

Punkterna kan dimensioneras enligt avsnitt 13.7.1.

Ledningens deformation, buckling och töjning beräknas enligt avsnitten 13.7.2-13.7.6, beroende av belastningstillfällena, se också tabell 13.4.

- * I anslutning till kortvarigt undertryck i ledningen (t ex vid tryckstöt), används ledningens korttidsstyvhet vid beräkningen. Bucklingstrycket som korttidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av undertrycket i ledningen och det utväändiga jordtrycket, grundvattentryck, trafiktryck och eventuellt injekteringstryck.
- * Vid undertryck i ledningen eller om ledningen skall stå tom eller utan tryck under en period används rörets långtidsstyvhet vid beräkningen. Bucklingstrycket som långtidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av undertrycket i ledningen och det utväändiga trycket från jord och grundvatten.
- * Den totala töjningen pga invändigt tryck och deformation får inte vara större än materialets tillåtna töjning.

6.2.4 Dimensioneringsexempel

En existerande huvudvattenledning med dimension 230 mm av gjutjärn skall renoveras. Ledningen har följande belastningar:

Det normala driftrycket är 50 mvp. Få gånger om året kan det förväntas att tryckstötter uppkommer i ledningen. Under tryckstöterna är det högsta trycket 80 mvp och det lägsta 20 mvp.

Materialet som skall användas är PE MRS 100, PN 10 med följande data:

D_e	Rörets utvändiga diameter (m)	= 0,2 m
s	Rörets godstjocklek (m)	= 0,0119 m
D_i	Rörets invändiga diameter (m)	= 0,1734 m
D	Rörets medeldiameter (m)	= 0,1867 m
ρ	Rörmaterialets densitet (kg/m^3)	= 940 kg/m^3
g	Tyngdaccelerationen ($9,81 \text{ m/s}^2$)	
L	Rörets längd före installation (m)	= 50 m
μ	Friktionskoefficient (kan vara upp till 0,8 beroende av underlag)	= 0,8
ϕ	Den gamla ledningens lutningsvinkel ($^\circ$) (ledningen dras från högsta punkt mot den lägsta punkten).	= 15 $^\circ$
σ_{till}	Rörmaterialets tillåtna korttidsspänning i axiell riktning (N/m^2) (Sätts till 1,3 x den tillåtna ringspänningen vid långtidsbelastning).	= 1,3 x 8 x 10 6 N/m^2
E	Rörmaterialets elasticitetsmodul i förhållande till belastningstid (N/m^2)	
$E_{3\text{min}}$	Korttids E-modul (N/m^2)	= 900 x 10 6 N/m^2

Aktuella dimensioneringskriterier är belastningar påförda under utförandet.

6.2.4.1 Krökningsradie

Rörets minsta tillåtna krökningsradie beräknas enligt avsnitt 13.6.1, formel 13.5.

$$R_b = \frac{D_e}{1,12 \times s/D} = \text{Rörets bucklingsradie (m)}$$

$$R_b = \frac{0,2}{1,12 \times 0,0119/0,1867} = 2,8 \text{ meter}$$

Det måste utföras så stor infodringsgrop att buckling inte inträffar.

6.2.4.2 Dragkraft

Den nödvändiga dragkraften ($F_{\text{nödv}}$) beräknas enligt avsnitt 13.6.2, formel 13.7.

$$F_{\text{nödv}} = \pi \times D \times s \times \rho \times g \times 1,06 \times L \times (\mu \times \cos \phi \pm \sin \phi) = \text{Nödvändig dragkraft (N)}$$

$$F_{\text{nödv}} = \pi \times 0,1867 \times 0,0119 \times 940 \times 9,81 \times 1,06 \times 50 \times (0,8 \times \cos 15 - \sin 15) = 1753 \text{ N}$$

Den tillåtna dragkraften (F_{till}) beräknas med bakgrund av den tillåtna dragspänningen, $\sigma_{\text{a,till}}$, i rörets längdriktning, enligt avsnitt 13.6.3, formel 13.8.

$$F_{\text{till}} = \pi \times D \times s \times \sigma_{\text{till}} = \text{Tillåten dragkraft (N)}$$

$$F_{\text{till}} = \pi \times 0,1867 \times 0,0119 \times 10,4 \times 10^6 = 72590 \text{ N}$$

Att den tillåtna dragkraften inte överskrids, kontrolleras genom avläsning av dragkraften under utförandet.

6.2.4.3 Längdutvidgning

Dragkraften medför att röret utvidgar sig i längdriktningen. Rörets längdutvidgning kan beräknas enligt avsnitt 13.6.3, formel 13.9 och 13.10.

$$\Delta L = \frac{\sigma}{E} \times L$$

ΔL = Rörets längdutvidgning (m)

σ = Rörmaterialets aktuella dragspänning i axiell riktning (N/m^2)

$$\sigma = \frac{F}{\pi \times D \times s} \quad \text{där } F = \text{Använd dragkraft (N)}$$

$$\Delta L = \frac{F \times L}{\pi \times D \times s \times E} = \frac{1753 \times 50}{\pi \times 0,1867 \times 0,0119 \times 900 \times 10^6} = 0,0140 \text{ m}$$

Sammanfattning

Ett PE MRS 100 rör i tryckklass PN 10 kräver i det aktuella fallet en minsta krökningsradie på 2,8 meter och en dragkraft på ungefär 0,175 ton för att kunna installeras. Dragkraften medför en längdutvidgning på hela rörets längd på ca 14 mm.

6.3 Materialegenskaper

Det rörmaterial som används vid renovering med kontinuerliga rör är primärt polyeten, PE.

I Sverige finns även lite erfarenhet av användandet av rostfritt stål som material. Detta beskrivs inte närmare i detta kapitel.

Livslängden på polyetenröret är avhängigt av hur stora belastningar som röret blir utsatt för under installationen och under hur lång tid lasten verkar, samt de belastningar som röret blir utsatt för under drift. Det är därför mycket viktigt att säkra en hög kvalitet på anläggningsutförandet för att uppnå den förväntade livslängden på ledningen.

Vissa termoplaster ger möjlighet för diffusion av petroleumprodukter genom rörväggen. Detta kan vid speciella tillfällen ge smak på dricksvattnet. PE-rör till dricksvattenledningar bör inte användas där marken är eller kan bli förorenad av sådant material.

Datablad på de material som ingår i PE-röret och som har betydelse för egenskaperna hos det färdiga systemet skall kunna redovisas. Tillsammans med värden på de enskilda parametrarna bör det finnas hänvisning till provningsmetod.

Det skall dokumenteras att PE-röret och dess delar är biologiskt och fysiskt resistent, jämför avsnitt 2.3.1. Krav på hantering, transport och lagring skall beskrivas av leverantören.

6.3.1 Materialbeteckningar

Under årens lopp har man använt flera beteckningar på polyeten.

På slutet av 50-talet startade produktionen av den "första generationen" polyetenmaterial (HDPE/PEH), dimensionerande spänning $\sigma = 5,0$ MPa. Säkerhetsfaktorn på producerade rör var 1,25. (Detta motsvarar ett MRS-värde på 6,3.)

På 70-talet kom "den andra generationen" av polyetenmaterial, med större styrka och med förbättrade långtidsegenskaper, samma $\sigma = 5,0$ MPa blev använt, men säkerhetsfaktorn ökade till 1,6.

Nästan samtidigt introducerades rör med medium densiteten (MDPE/PEM) med $\sigma = 6,3$ MPa och säkerhetsfaktorn 1,6.

I den kommande europeiska standarden har man valt en ny klassificering av plastmaterial. Klassificeringen benämns MRS. MRS står för "Minimum Required Strength" (den minsta styrka som krävs) och anges i MPa $\times 10$. Detta minimumkrav på styrkan anger brottstyrkan efter 50 år för en given belastning. Materialen är således indelade efter sina styrkeegenskaper och inte som tidigare efter dimensionerande spänning.

Material som t ex har ett MRS-värde på 100 betecknas PE (MRS) 100. Detta är entydigt relaterat till materialets styrkeegenskaper.

ISO DIS 4427 kräver att minsta säkerhetsfaktorn som tillåts vid användning på PE-vattenledningar är 1,25. Standarden anmodar ingenjören att kräva en större säkerhetsfaktor där det är nödvändigt.

Tabell 13.2 ger en översikt över beteckningar, tillåtna spänningar och säkerhetsfaktorer. I avsnitt 13.3.3 finns en översikt över teknisk data för PE-rör vilket kan användas vid dimensionering.

6.3.2 Tillgängliga dimensioner och rörklasser

Rörets nominella tryck (PN) motsvarar tillåtet drifttryck i bar för vatten med temperaturer på högst 20 °C.

Det levereras idag PE tryckrör i dimensioner mellan 10 - 1600 mm och i tryckklasserna 3.2, 4, 6, 8, 10, 12.5 och 16 bar.

Stora dimensioner kräver en stor godstjocklek. Vid godstjocklekar över 50 mm uppträder problem med avkylningen i svetsen vilket kan medföra dåliga svetsar. Det ställs stränga krav på svetsningen av rören.

6.3.3 s/D förhållande

D anger rörets medeldiameter som $1/2 \times (D_e + D_i)$ och s anger rörets väggstjocklek i mm. s/D förhållandet anger behovet av godstjocklek för ett bestämt rörmaterial för att uppnå en viss ringstyvhet.

s/D förhållandet tillsammans med rörmateriallets E-modul används vid beräkning av rörmateriallets styvhet.

Tabell 13.5 visar s/D förhållandet och tabell 13.4 visar PE-rörets E-modul vid en korttids- och långtidsbelastning.

6.4 Produkttegenskaper

När det används tryckrör av polyeten, PE, skall rören kontrolleras enligt gällande standard. För PE (MRS100) rör föreligger ingen standard, men det föreligger ett CEN förslag, Preliminary Draft 155 N 100 2E, och en ISO/DIS 4427. I dessa är det angivet utväändig diameter och godstjocklek i mm för PE-rör. Det förväntas att CEN-standarderna kommer under 1996.

På standardiserade rör skall följande vara angivet:

- * Tryckrör PE
- * SS-nummer
- * Nominellt tryck
- * Utväändig diameter gånger minsta godstjocklek.

På andra rör skall finnas en tydlig och varaktig märkning med högst en meters mellanrum. Märkningen skall finnas på själva röret och ge minst följande upplysningar:

- * Material
- * Nominellt tryck som röret är dimensionerat för
- * Utvärdig diameter gånger minsta godstjocklek
- * Producentnamn eller varumärke
- * Tillverkningsår och månad i klartext eller kod.

Exempel: PE 50 - PN 10 - 160 x 14,6 Rörproducent 94/07

6.5 Utförande

När det har beslutats, att renovering av vattenledningen, skall utföras med kontinuerliga rör, skall det utföras en rad undersökningar och förarbeten för att säkerställa ett bra resultat.

Utförandeförloppet skall dokumenteras av entreprenören genom upprättande av kontrollplaner för respektive aktivitet under utförandet. Eventuella fel och avvikelser från det planlagda förloppet noteras och likaså noteras, hur dessa fel och avvikelser har hanterats.

6.5.1 Förundersökningar

Genom förundersökningar uppnås en tillfredsställande kännedom om den existerande ledningen.

Förundersökningen bör omfatta följande:

- * Värdering av behov av rengöring och rengöringsmetod
- * Fastläggande av ledningsdimensioner och längder
- * Observation och placering av riktning avvikelser och dimensionsförändringar
- * Placering och dimension på rördetaljer
- * Insamling av information om anborringar
 - Instickande anborringar
 - Anborringar i drift eller ej
- * Registrering av grundvattennivå
- * Plats och utrymme för nödvändig utrustning.

Det är en förutsättning att det på förhand har körts en tolk och/eller TV-kamera genom den existerande ledningssträckningen. Tolken skall ha samma dimension som den nya ledningen och längden på tolken bör av hänsyn till eventuella krökar på ledningen vara minst 2 m. Det är viktigt att det monteras ett draghuvud/vinsch i båda ändar av tolken, så att den kan dras ut vid eventuella stopp.

Efter genomdragnin g av tolken undersöks denna med hänsyn till påförda repor och skador. Repor och skador på den installerade PE-ledningen får inte överskrida 15%. Tillståndet på tolken kan ge en indikation på detta. Där tolken har stora skador bör det värderas om dimensionen på den nya ledningen skall reduceras.

Det är lämpligt att infodringsgropar grävs vid t ex avvinklingar, skarvar och reparationspunkter. Längden på infodringsgropen är beroende av dimensionen på det nya PE-röret, jämför avsnitt 6.2.4.1.

Innan schaktningen börjar skall erforderliga tillstånd föreligga och trafikomläggning-plan vara godkänd.

6.5.2 Förarbeten

Innan installationsprocessen kan påbörjas, skall följande förarbeten vara utförda:

- * Trafikreglering (ansvar, placering, m.m.)
- * Arbetsgropar (placering, storlek, m.m.)
- * Provisorisk vattenförsörjning (antal berörda personer, tid, m.m.)
- * Ventilavstängning och proppning av ledningar (antal servisledningar, tid, m.m.)
- * Rengöring av ledningen och kontroll av rengöring
- * Borttagning av instickande anbörningar.

Abonnenter måste förberedas för en tillfällig vattenförsörjning. Det är viktigt att arbetet med att renovera de existerande ledningarna är väl planlagda så att vattenavstängningar minimeras i tid.

Eventuellt instickande pluggar/anbörningar etc. skall vara borttagna för att undvika skador på röret vid indragningen och vid senare drift. Åtgärden bör kontrolleras med videokamera.

Det måste grävas infodringsgropar t ex vid brunnar, vinkelavvikelser, anslutningar eller deformerade rör. Det är viktigt att infodringsgropens längd beräknas. I avsnitt 6.2.2.1 finns exempel på beräkning av minsta tillåtna krökningsradie vilken bestämmer infodringsgropens längd.

På rörändan svetsas/bultas ett draghuvud fast. Olika typer av draghuvuden används beroende av dragkraft, ledningens diameter och mellanrum mellan PE-röret och det existerande röret.

Det måste också grävas för anslutning av servisledningar, jämför avsnitt 6.5.6.

6.5.3 Rengöring

Vid infodring av helsvetsade PE-rör måste den existerande ledningen vara rengjord och inspekterad med videokamera.

Graden av rengöring är avhängig av invändig beläggning och sedimentering på den existerande ledningen samt dimensionsskillnader mellan existerande och ny ledning.

Högtrycksspolning eller användning av mekaniska skrapor/pluggar på den gamla ledningen kan vara nödvändig (jämför 3.2 och tabell 3.1.1 och 3.1.2).

De existerande anbörningarna och eventuella dimensions- och riktningförändringar måste lokaliseras. Eventuella arkiv bör genomgå för att finna måttsatta skisser/ritningar på existerande tillkopplingar.

6.5.4 Lagerhållning och fogning

Vid mottagandet av rör till arbetsplatsen bör följande kontrolleras (jämför kap. 6.4):

- * Mått/toleranser
- * Utseende
- * Beteckning/märkning

Rören som levereras till arbetsplatsen skall invändigt och utvändigt vara jämna, glatta och utan synliga fel av betydelse för användandet. Tvärsnittsytor skall vara homogena och röret skall ha rakt avkapade ändar.

Alla rör och rördelar som skall svetsas samman bör levereras av samma rörproducent. Rörproducenten skall för byggherren framlägga en skriftlig deklARATION som garanterar svetsbarheten mellan rör och rördelar. Denna skall redovisas före projektstart.

Entreprenören ansvarar för att kontrollera rör och rördelar vid mottagandet på arbetsplatsen. Rördelar med skada eller avvikelse utöver gällande standard rapporteras till byggherren och får inte användas utan särskild tillåtelse från byggherren i varje enskilt fall.

Rörsystemet skall hanteras och lagras i överensstämmelse med rörleverantörens bestämmelser. PE-rören skall lagras så att deformation undviks. Rörändarna skall vara förslutna.

Rören som skall dras/skjutas in i den existerande ledningen skall fogas genom stumsvetsning (spegelsvetsning). Svetsningen skall utföras i tält av certifierad svetsare. Generellt gällande norm är INSTA 2072.

Elektromuffar som fogningsmetod på PE-rör används där det av platshänsyn inte är möjligt att använda svetsapparat, som t ex vid tillkoppling i brunnar och vid sammankoppling av ledningar i rörschakt.

Svetsning av PE-rör

Rörproducenten skall översända uppgifter på svetsparametrar för den aktuella rörkvaliteten och för varje enskild dimension. Anvisningen skall innehålla alla relevanta data med hänsyn till rådande temperatur och väderförhållanden. Anvisningarna bör översändas till byggherren två veckor före projektstart.

Svetsmontörerna skall vara godkända av rörproducenten och ha certifikat för rörsvetsning i plast. Certifikatet skall redovisas för byggherren.

Svetsutrustningen för spegelsvetsning skall vara kontrollerad, kalibrerad och godkänd enligt reglerna i INSTA 2072. Svetsutrustningen skall vid projektstarten vara kontrollerad de senaste tolv månaderna.

Elektromuffar som fogmetod används först och främst vid sammankoppling av ledningen i öppna schakter.

Samtliga typsvetsar skall provsvetsas och bitar kapas ut med en minsta längd av 150 mm på varje sida av fogen. Svetsvulster skall inte tas bort. Provbitarna skall märkas med byggherre, projekt, område, svetsarens namn och certifikatnummer, datum, svetsutrustning, provningsnummer och svetsprotokollsnummer. Proverna skall sändas till godkänd provningsanstalt för visuell bedömning och dragprovstest.

All svetsning skall ske i tält oavsett väderförhållande. Tältet skall ha en utformning och material i duken som skyddar för vind, solljus och UV-strålning. Varje rörända skall vara minst två meter in i tältet vid svetsning. När som utemperaturen är under -5°C vid svetsning av PE-rör skall tältet värmas upp.

Ytor som skall svetsas måste vara jämna och fria från föroreningar som t ex smuts och fett. Rengöring av svetsytorna skall utföras omedelbart före svetsning. När elektromuffar används skall svetsytorna avfettas och oxidbeläggningen tas bort.

Spegelsvetsning medför att det bildas en svetsvulst både invändigt och utvändigt på röret. Den utvändiga vulsten bör tas bort omedelbart efter svetsningen för att reducera friktionen vid indragning.

6.5.5 Installation/Utförande

Efter att röret har svetsats ihop läggs det i position på rullar.

Vid transport från lagringsplatsen/svetsplatsen till draggropen skall PE-röret skyddas mot transportskador. Släpning av rör direkt på asfalt, grus etc. tillåts inte.

Utvändiga skador i rörväggen skall förevisas byggherren och skall inte reducera väggjockleken med mer än 15%, dock maximalt 3 mm. Invändiga skador i rörväggen godtas inte.

Alla draggropar skall ha tillräcklig stor längd för att tillgodose den beräknade krökningsradien på röret.

Installation av helsvetsade ledningar sker genom dragning och/eller tryck. Utrustning för mätning av de drag- och tryckkrafter som uppstår vid installationen bör finnas.

Ledningen skall efter installation ges tid till att stabilisera sig till jordens temperatur. Beroende av temperaturvariationer rekommenderas att ledningen ligger i jorden i cirka ett dygn före att den kapas till dess slutliga längd, och monteras i brunnar och tillkopplas till stickledningar.

Om temperaturen i vattnet i ledningen varierar, kan det uppstå varierande spänningar i ledningen och foganslutning samt anborring kan skadas. Det måste därför värderas om förankring skall ske med PE-kragar som kopplas samman och kringgjuts.

Alla faser av installationsprocessen skall beskrivas av entreprenören. Detta gäller också tekniska lösningar vid anborring och tillkoppling på existerande ledningar. Det skall beskrivas vilken typ av utrustning som skall användas vid infodring.

Följande dimensioner rekommenderas:

Tabell 6.5.1 Maximalt lämpade dimensioner i existerande ledningar

Existerande ledning D_i (invändig diameter i mm)	Ny ledning av PE-rör D_e (utvändig diameter i mm)
100	90 (63)
150	125
200	180
230	200
250	225
300	250
350	315

6.5.6 Inkoppling och tillkoppling av servisleddningar

Vid anslutning av servisleddningar måste schaktning ske.

PE-ledningen frilägges. Anborring till PE-röret kan ske med hjälp av godkänd anborrningsklammer för plaströr. Vanligtvis används anborrningsklammer av reparationsmuffstyp till gjutjärn-/stålrör. Det är viktigt att klammerns omslutningsyta mot PE-röret är minst lika lång som diametern på röret.

Vid förgreningar måste PE-ledningen förankras. Detta görs bäst genom påsvetsning av PE-kragar med lösfläns och övergång till flänsrör etc. som kringgjuts. Förankringen kan också utföras med speciella förankringsklamrar som kringgjuts.

Den delen av ledningen som ligger i öppen schakt skall utföras i överensstämmelse med gällande lägningsanvisningar för PE-rör, med riktig tjocklek och godkänd kornstorlek hos kringfyllnaden.

6.5.7 Injektering av mellanrum

PE-röret skall dimensioneras för att uppta alla utvändiga belastningar, jämför kapitel 6.2. Det rekommenderas att mellanrummet mellan gammal och ny ledning görs så litet som möjligt, jämför avsnitt 6.5.5. Det krävs inte injektering av mellanrummet med utgångspunkt från att röret kan buckla eller deformeras.

Om byggherren ändå önskar att mellanrummet skall injekteras, skall entreprenören beskriva injekteringsmaterial och injekteringsmetod.

Det använda injekteringstrycket får inte överskrida det uppgivna maximalt tillåtna värdet.

6.6 Kontroll

Det skall tas ut minst ett representativt prov under produktionen av rören. Detta skall provas med avseende på termisk stabilitet vid ackrediterad provningsanstalt. Provningen utförs enligt standard SS 3470 och SS 3579.

För varje nytt objekt skall det tas minst en provsvets som översänds till materialprovningsanstalt för destruktiv test enligt INSTA N 206.

Det skall utföras en visuell bedömning av alla svetsar. Tillfälliga svetsar tas ut och testas som provsvets.

Drag- och tryckkrafter kontrolleras vid infodring. Det bör användas vansch som kan mäta dragkraften. Det är önskvärt om dragkraften mäts kontinuerligt och om möjligt skrivs ut på papper.

Före tillkoppling av servisledningar skall det genomföras tryckprovning enligt gällande normer. Ledningen skall uppfylla kraven på täthet för täthetsprovning av plastledningar.

Före att den nya ledningen tas i bruk skall desinfektion av ledningen ske och det skall tas ut vattenprov, jämför avsnitt 3.3 och 3.4.

Där mellanrummet mellan gammal och ny ledning injekteras skall injekteringstrycket kontrolleras.

6.6.1 Dokumentation av kontroll

Dokumentation av utförda kontroller på infodringen med kontinuerliga rör, överlämnas till byggherren tillsammans med övrig dokumentation på det utförda renoveringsarbetet.

7 FORMPASSADE RÖR

7.1 Metodbeskrivning och erfarenheter

Formpassade rör utförs med långa termoplaströr, där tvärsnittet tillfälligt reduceras med hänsyn till indragningen. Tvärsnittet återställs efter infodring (reverseras) till ett cirkulärt rör. På så sätt skapas minsta möjliga spalt mellan nytt och gammalt rör.

De formpassade renoveringsmetoderna kan uppdelas enligt nedan:

- * Metoder där ledningen levereras från producenten med reducerat tvärsnitt.
- * Metoder där ledningens tvärsnitt reduceras på arbetsplatsen före indragningen. Reduktionen av tvärsnittet uppnås här antingen genom mekanisk påverkan eller som en kombination mellan uppvärmning och mekanisk påverkan.

Formpassade rör användes första gången i England för ca 10 år sedan. I Sverige introducerades formpassade rör 1988. Formpassade rör, med reducerade tvärsnitt från leverantören, marknadsförs för närvarande i Skandinavien i dimensionerna 100-400 mm.

Den normala installationslängden är beroende av dimension och metodtyp och varierar mellan 100 och 700 meter. Tidåtgången per sträcka är omkring 1 dygn, inklusive anslutning av serviser. Den mobila utrustningen som krävs för renoveringen har ett areabehov på ca 50 m² vid startpunkten.

7.2 Dimensioneringsvägledning

Dimensionering av renoveringsmetoderna är allmänt beskrivna i kapitel 13. I detta kapitlet ges en vägledning i mekanisk dimensionering av *formpassade rör*, inklusive ett dimensioneringsexempel.

Ett formpassat rör dimensioneras för en av följande två situationer:

- * Den gamla ledningen är otät, men kan fortsättningsvis (under sin kvarvarande livslängd) ta upp utvändiga belastningar från jord och trafik.
Dimensionering utförs enligt avsnitt 7.2.1.
- * Den gamla ledningen har ingen kvarvarande hållfasthet eller förväntas i framtiden inte kunna ta upp yttre belastningar.
Dimensionering utförs enligt 7.2.2.

Under utförandet av ett formpassat rör utvidgas röret till att vara i kontakt med den gamla ledningen. I anslutning till denna expansion/ökning av diametern sker en motsvarande reduktion av godstjockleken. Om det förutsätts att det inte transporteras plastmaterial i längdriktningen, utan endast i tvärriktningen, det vill säga att rörets tvärsnittsarea är konstant, kan den nya godstjockleken beräknas, när den nya utvändiga diametern på det formpassade röret är känd. För ihopvikta formpassade rör gäller följande:

$$s = \frac{D_e}{2} - \sqrt{\left(\frac{D_e}{2}\right)^2 - \frac{A}{\pi}} \quad (7.1)$$

- s = Rörets nya godstjocklek (m)
 D_e = Rörets nya utvändiga diameter (m)
 A = Rörets tvärsnittsarea förutsätts vara konstant (m²)

Den dimensionering som föreslås i avsnitt 7.2.1 och 7.2.2 för olika belastningstillfällen, bör i normalfallet betraktas som ett förslag till dimensionering. Projektören väljer själv vilka belastningstillfällen som är relevanta för den aktuella ledningen, och om den föreslagna dimensioneringen skall följas eller ej.

7.2.1 Den gamla ledningen tar belastning från jord och trafik

7.2.1.1 Invändigt tryck

Rörets ringspänning beräknas enligt avsnitt 13.5. Här används det största driftrycket i ledningen samt den medeldiameter och godstjocklek, som förekommer på det stället i infodringen där expansionen är störst. Ringspänningen skall inte överstiga infodringmaterialets tillåtna ringspänning (50-års värde).

7.2.1.2 Krökningsradie vid infodring

Formlerna i avsnitt 13.6.1 kan inte användas på ett vikt formpassat rör. Om platsförhållandena är så dåliga att krökningsradien vid infodring blir mycket liten, skall producenten/leverantören dokumentera att ledningsmaterialet inte blir överbelastat.

För ett formpassat rör som dras in i den gamla ledningen som ett cirkulärt rör skall krökningsradien vid indragningen vara större än både bucklingsradien (R_b) och minsta tillåtna krökningsradie (R_{min}) som beräknas enligt avsnitt 13.6.1.

Den tillåtna töjningen i rörväggen, ϵ_{ill} , och därmed också rörets minsta tillåtna krökningsradie är beroende av materialval och temperatur. Försök med uppvärmning av röret under indragningen kan reducera böjningsradien. Sammanhanget mellan temperatur och, ϵ_{ill} , bör i så fall dokumenteras av producenten/leverantören.

7.2.1.3 Dragkraft vid infodring

Dragkraften vid infodringen får inte vara större än den tillåtna dragkraften som beräknas enligt avsnitt 13.6.3. Då kraften under infodringen är en korttidsbelastning kan det normalt tillåtas dragspänningar som är 1,3 x den tillåtna spänningen vid långtidsbelastning. Den tillåtna dragspänningen hänger samman med materialvalet och bör upplysas av producenten/leverantören.

7.2.1.4 Temperaturbelastning under installationen

Spänningen i rörväggens längdriktning som uppkommer av infodringens nedkylning efter fixering i den gamla ledningen, kan beräknas enligt avsnitt 13.6.4. Spänningen får inte vara större än den tillåtna spänningen vid en långtidsbelastning.

7.2.1.5 Utvändigt tryck samt invändigt undertryck

Detta belastningstillfälle är normalt inte relevant för PE-infodringar med ett s/D-förhållande större än 0,06. Formpassade rör har normalt en ringstyvhet som motstår vanligt förekommande utvändiga tryck samt invändiga undertryck.

Infodringens bucklingstryck beräknas enligt avsnitt 13.7.6 " lokal buckling".

Om det uppstår ett kortvarigt undertryck i ledningen (t ex i samband med tryckstöt), används infodringens korttidsringstyvhet vid beräkningen. Bucklingstrycket som korttidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av undertrycket och eventuellt grundvattentryck. Om det är långvarigt undertryck i ledningen (t ex hävertledningar), eller om ledningen skall stå tom eller avstängd (utan tryck) under en period, används rörets långtidsringstyvhet vid beräkningen. Bucklingstrycket som långtidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av undertryck och grundvattentryck.

Vid de tillfällen när infodringsröret, på delsträckningar, ligger fritt i jorden - som vid en normal markförlagd ledning - skall deformation och bucklingstryck beräknas enligt avsnitt 13.7.2 "ledning i jord" och enligt avsnitt 13.7.5 "friliggande foderrör". Vid båda belastningstillfällena gäller följande:

- * Bucklingstrycket som korttidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av kortvarigt, invändigt undertryck och utvändigt tryck från jord, grundvatten och trafik.
- * Bucklingstrycket som långtidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av långvarigt, invändigt undertryck och utvändigt tryck från jord och grundvatten.

7.2.2 Det nya röret tar alla utvändiga belastningar

För infodring föreslås följande dimensionering:

7.2.2.1 Invändigt tryck

Som 7.2.1.1.

7.2.2.2 Krökningsradie vid installation

Som 7.2.1.2.

7.2.2.3 Dragkraft vid indragning

Som 7.2.1.3.

7.2.2.4 Temperaturbelastning under installationen

Som 7.2.1.4.

7.2.2.5 Utvändigt tryck samt invändigt undertryck

Detta belastningstillfälle är normalt inte relevant för PE-infodringar med ett s/D-förhållande större än 0,06. Formpassade rör har normalt en ringstyvhet som motstår vanligt förekommande utvändiga tryck samt invändiga undertryck.

Rörets deformation och bucklingstryck beräknas enligt avsnitt 13.7.2 och 13.7.5. Vid båda belastningstillfällena gäller följande:

- * I samband med kortvarigt undertryck i ledningen (t ex tryckstöt), används rörets korttidsringstyvhet vid beräkningen. Bucklingstrycket som korttidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av undertrycket i ledningen och det utvändiga trycket från jord, grundvatten och trafik.
- * Vid långvarigt undertryck i ledningen (t ex hävertledningar), eller om ledningen skall kunna stå tom eller avstängd (utan tryck) under en period, används rörets långtidsringstyvhet vid beräkningen. Bucklingstrycket som långtidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av undertrycket i ledningen och det utvändiga trycket från jord och grundvatten.

7.2.3 Dimensioneringsexempel

En Ø 300 mm huvudvattenledning av segjärn ligger med en jordtäckning på 1,0 m i en starkt trafikerad väg. Högsta grundvattennivån är uppmätt till 0,5 m över ledningens centrumlinje. Det dagliga driftrycket är 55 mvp. Få gånger om året förväntas tryckstötarna i ledningen. Under tryckstötarna är högsta tryck 80 mvp och lägsta tryck 15 mvp. Av hänsyn till framtida underhållsarbeten krävs att ledningen skall vara stabil i trycklöst tillstånd under en period av 1 månad.

Segjärnrörets yttre diameter, D_e , är 319 mm, och godstjockleken, s , är 7,2 mm. $D_i = 319 - 2 \times 7,2 = 304,6$ mm. Ledningen skall infodras med ett formpassat rör (vikt typ).

Säkerheten mot buckling skall vara minst 2,0.

I exemplet dimensioneras för följande två olika situationer:

- A: Segjärnröret har fortsättningsvis en egen styrka för jord och trafikbelastning.
- B: Segjärnröret har fortsättningsvis ingen egen styrka.

A Segjärnsröret har fortsättningsvis en egen styrka för jord och trafikbelastning

Om man försöker med ett formpassat rör av PE 100 med SDR 26 = s/D-förhållande på 0,04 och med D_e före ihopvikning = 289,5 mm (0,2895 m) och $s = 13,5$ mm (0,0135 m).

Efter installation är foderrörets utvändiga diameter lika med segjärnsrörets invändiga diameter. Det vill säga rörets D_e är 304,6 mm (0,3046 m). Den nya godstjockleken kan beräknas med formel (7.1):

$$s = \frac{0,3046}{2} - \sqrt{\left(\frac{0,3046}{2}\right)^2 - (0,2895 - 0,0135) \times 0,0135} = 0,0128 \text{ m}$$

A.1 Invändigt tryck

Ledningen blir utsatt för ett invändigt tryck på 80 mvp (0,8 MPa) i korttidssituationen och 55 mvp (0,55 MPa) i långtidssituationen.

Ringspänningarna beräknas med formel (13.3) i avsnitt 13.5.

Korttidssituationen:

Invändigt vattentryck, $p = 0,8 \text{ MPa} = 8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

Foderrörets utvändiga diameter, $D_e = 0,3046 \text{ m}$

Foderrörets godstjocklek, $s = 0,0128 \text{ m}$

$$\sigma_t = \frac{8 \times 10^5 \times (0,3046 - 0,0128)}{2 \times 0,0128} = 9,1 \times 10^6 \text{ N/m}^2 =$$

$$= 9,1 \text{ MPa} < 10,4 \text{ MPa} (1,3 \times \sigma_{t, \text{till}} \text{ för PE 100, jämför tabell 13.2}).$$

I korttidssituationen är den tillåtna spänningen 30 % högre än i långtidssituationen.

Långtidssituationen:

$$\sigma_t = \frac{5,5 \times 10^5 \times (0,3046 - 0,0128)}{2 \times 0,0128} = 6,3 \times 10^6 \text{ N/m}^2 =$$

$$= 6,3 \text{ MPa} < 8 \text{ MPa} (\sigma_{t, \text{till}} \text{ för PE 100, jämför tabell 13.2}).$$

A.2 Dragkraft vid indragning

Eftersom dragkraften är en korttidsbelastning, är den tillåtna dragspänningen, $\sigma_{a,till} = 1,3 \times \sigma_{t,till}$.
 $\sigma_{t,till}$ för PE 100 = 8 MPa = 8×10^6 N/m² (jämför tabell 13.2).

Den tillåtna dragkraften vid indragningen beräknas med formel (13.8) i avsnitt 13.6.3.

Foderrörets utvändiga diameter, D_e (före vikning) = 0,2895 m
Foderrörets godstjocklek, s = 0,0135 m
Tillåten dragspänning, $\sigma_{a,till}$ = $10,4 \times 10^6$ N/m²

$$F_{till} = \pi \times (0,2895 - 0,0135) \times 0,0135 \times 10,4 \times 10^6 = 121,7 \text{ kN} \sim 12,4 \text{ ton}$$

A.3 Temperaturbelastning under installation

Spänningen som kvarstår i det formpassade rörets vägg efter nedkylningen, kan beräknas med formel (13.11) i avsnitt 13.6.4.

Rörets temperatur vid fixering, T_1 sätts till 100 °C.

Rörets temperatur efter kylning T_2 sätts till 7 °C (jordens temperatur).

Rörets genomsnittliga längdutvidgningskoefficient, α , sätts till $1,8 \times 10^{-4}$ °C⁻¹.

Nedkylningen bör vara i minst 10 timmar. Rörmaterialets 10-timmars E-modul sätts till 400 MPa = 4×10^8 N/m².

$$\sigma_a = (100 - 7) \times 1,8 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^8 = 6,7 \times 10^6 \text{ N/m}^2 =$$

$$6,7 \text{ MPa} < \sigma_{a,till} = 10,4 \text{ MPa} (1,3 \times \sigma_{t,till} \text{ för PE 100, jämför tabell 13.2})$$

Denna spänningen avtar med tiden (relaxerar).

A.4 Utvändigt tryck samt invändigt undertryck

Det är inget invändigt undertryck i ledningen men röret skall vara stabilt även utan invändigt tryck under 1 månad.

Rörmaterialets 1 månads E-modul (upplyses av rörproducenten), sätts till 280 MPa = $2,8 \times 10^8$ N/m².

Lokal buckling

Först beräknas det formpassade rörets 1 månads ringstyvhet med formel (13.1a) i avsnitt 13.2.3.

$$S = \frac{2,8 \times 10^8}{12} \times \left(\frac{0,0128}{0,3046 - 0,0128} \right)^3 = 2,0 \times 10^3 \text{ N/m}^2 \quad (13.1 a)$$

Bucklingstrycket vid lokal buckling kan beräknas med formel (13.22) i avsnitt 13.7.6. Vinklen α , där röret inte har stöd av segjärnsröret, sätts till $90^\circ = \pi/2$.

$$P_{kn} = 8 \times 2,0 \times 10^3 \times \left(\frac{4\pi^2}{\pi^2} - 1 \right) = 2,4 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \quad (13.22)$$

Det formpassade röret är utsatt för tryck från 0,5 m grundvatten.

Grundvattnets volymvikt, $\gamma_w = 10 \times 10^3 \text{ N/m}^3$

Grundvattentrycket, $q_w = 0,5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$

$$\text{Säkerhet mot lokal buckling} = \frac{\text{bucklingstrycket, } P_{kn}}{\text{grundvattentrycket, } q_w} = \frac{2,4 \times 10^5}{0,5 \times 10^4} = 48 > 2$$

Ledning i jord

Vid installationspunkten ligger röret som ledning i jord. Rörets deformation och bucklingstryck beräknas enligt avsnitt 13.7.2.

Trafiktrycket fås ur figur 13.5 som funktion av ledningens jordtäckning. Jordtrycket beräknas utifrån jordtäckning och jordens volymvikt över och under grundvattennivån. Grundvattentrycket beräknas utifrån grundvattnets nivå över ledningens centrumlinje och grundvattnets volymvikt.

Belastningarna är:

	Korttids	Långtids
Trafiktryck, q_r (från figur 13.5) = 50 kN/m ² =	50x10 ³ N/m ²	
Jordtryck, $Q_s/D = 0,65 \times 22 \times 10^3 + 0,35 \times 12 \times 10^3 =$	19x10 ³ N/m ²	19x10 ³ N/m ²
Grundvattentryck, $q_w = 0,5 \times 10 \times 10^3 =$	<u>5x10³ N/m²</u>	<u>5x10³ N/m²</u>
Totalt vertikalt tryck $Q/D =$	74x10 ³ N/m ²	24x10 ³ N/m ²

Om det räknas med att kringfyllnaden komprimeras till 90 %, Modifierad Proctor och att grundvattennivån är över ledningen, kan kringfyllningens sekantmodul, E'_s , avläsas ur figur 13.6 som funktion av jordtäckningen till $E'_s = 1,3 \text{ MPa} = 1,3 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Med samma förutsättningar kan kringfyllningens tangentmodul, E'_t , avläsas ur figur 13.7 till $E'_t = 1,6 \text{ MPa} = 1,6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.

Korttidssituationen:

Först beräknas rörets korttidsstyvhet. Korttids E-modulen fås från rörproducenten till 1200 MPa = $12 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.

$$S = \frac{12 \times 10^8}{12} \times \left(\frac{0,0128}{0,3046 - 0,0128} \right)^3 = 8,4 \times 10^3 \text{ N/m}^2 \quad (13.1a)$$

Rörets korttidsdeformation beräknas med formel (13.14a).

$$\delta/D = 74 \times 10^3 \times \frac{0,083}{16 \times 8,4 \times 10^3 + 0,122 \times 1,3 \times 10^6} = 0,021 = 2,1\%$$

Rörets korttidsbucklingstryck i jord beräknas med formel (13.15).

$$P_{\text{buckl}} = 5,63 \times (8,4 \times 10^3 \times 1,6 \times 10^6)^{0,5} = 6,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Säkerhet mot korttidsbuckling i jord} = \frac{P_{\text{buckl}}}{Q/D} = \frac{6,5 \times 10^5}{74 \times 10^3} = 8,8 > 2,0$$

Långtidssituationen (**1 månad i det aktuella fallet**):

Rörets 1 månads ringstyvhet är beräknad under lokal buckling till $S = 2,0 \times 10^3 \text{ N/m}^2$

Rörets deformation efter 1 månad beräknas med formel (13.14a)

$$\delta/D = 24 \times 10^3 \times \frac{0,083}{16 \times 2,0 \times 10^3 + 0,122 \times 1,3 \times 10^6} = 0,010 = 1,0\%$$

Korttidsdeformationen är störst på grund av trafikbelastning. Beräknad till $\delta/D = 2,1\%$.

Rörets 1 månads bucklingstryck i jord beräknas med formel (13.15).

$$P_{\text{buckl}} = 5,63 \times (2,0 \times 10^3 \times 1,6 \times 10^6)^{0,5} = 3,2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Säkerheten mot "långtidsbuckling" i jord} = \frac{P_{\text{buckl}}}{Q/D} = \frac{3,2 \times 10^5}{24 \times 10^3} = 13,3 > 2,0$$

Friliggande rör

Rörens bucklingstryck beräknas enligt avsnitt 13.7.5. I beräkningen ingår deformation på 2,1% enligt beräkningen under "Ledning i jord" samt rörets ringstyvheter.

Korttidssituationen:

Rörens fria korttidbucklingstryck beräknas med formel (13.21). Här ingår rörets korttidsringstyvhets, $S = 8,4 \times 10^3 \text{ N/m}^2$.

$$P_{\text{kno}} = 24 \times 8,4 \times 10^3 \times ((100 - 2,1)/(100 + 2,1))^{4,62} = 1,7 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Säkerhet mot fri korttidbuckling} = \frac{P_{\text{kno}}}{Q/D} = \frac{1,7 \times 10^5}{74 \times 10^3} = 2,2 > 2,0$$

Långtidssituationen (1 månad i det aktuella fallet):

Rörens fria långtidbucklingstryck beräknas med formel (13.21). Här ingår rörets "långtids" ringstyvhets, $S = 2,0 \times 10^3 \text{ N/m}^2$.

$$P_{\text{kno}} = 24 \times 2,0 \times 10^3 \times ((100 - 2,1)/(100 + 2,1))^{4,62} = 4,0 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Säkerhet mot fri "långtidbuckling"} = \frac{P_{\text{kno}}}{Q/D} = \frac{4,0 \times 10^4}{24 \times 10^3} = 1,7 < 2,0$$

A.5 Sammanfattning

Ett formpassat rör i PE 100 med $D_e = 289,5 \text{ mm}$ och $s = 13,5 \text{ mm}$ kan användas vid detta tillfälle, om det kan accepteras att säkerheten mot fri buckling är 1,7 i långtidssituationen. Krävs en säkerhet mot buckling på minst 2,0, skall ett rör med större ringstyvhets väljas.

B: Segjärnsröret har fortsättningsvis ingen egen styrka.

Om man försöker med samma formpassade rör som i situation A och väljer PE 100 med diameter $D_e = 304,6 \text{ mm} = 0,3046 \text{ m}$ och $s = 12,8 \text{ mm} = 0,0128 \text{ m}$.

B.1 Invändigt tryck

Som A.1.

B.2 Dragkraft vid indragning

Som A.2.

B.3 Temperaturbelastning under installationen

Som A.3.

B.4 Utvändigt tryck samt invändigt undertryck

Röret beräknas som ledning i jord enligt avsnitt 13.7.2 och som friliggande rör enligt avsnitt 13.7.5.

Trafiktrycket fås ur figur 13.5 som funktion av ledningens jordtäckning. Jordtrycket beräknas utifrån jordtäckning och jordens volymvikt över och under grundvattennivån. Grundvattentrycket beräknas utifrån grundvattnets nivå över ledningens centrumlinje och grundvattnets volymvikt.

Belastningarna är:

	Korttids	Långtids
Trafiktryck, q_{tr} (från figur 13.5) = 50 kN/m ² =	50x10 ³ N/m ²	
Jordtryck, $Q_s/D = 0,65 \times 22 \times 10^3 + 0,35 \times 12 \times 10^3 =$	19x10 ³ N/m ²	19x10 ³ N/m ²
Grundvattentryck, $q_w = 0,5 \times 10 \times 10^3 =$	<u>5x10³ N/m²</u>	<u>5x10³ N/m²</u>
Totalt vertikalt tryck $Q/D =$	74x10 ³ N/m ²	24x10 ³ N/m ²

Ledning i jord

I detta fall är inte kringfyllningens komprimeringsgrad känd. Man får därför anta att kringfyllningen är löst lagrad och motsvarar en komprimeringsgrad på 80-85 %, Modifierad Proctor. Kringfyllningens sekantmodul, E'_s , och tangentmodul, E'_t , avläses ur figur 13.6 och 13.7 till

$$E'_s = 1,0 \text{ MPa} = 1,0 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$E'_t = 1,0 \text{ MPa} = 1,0 \times 10^6 \text{ N/m}^2.$$

Korttidssituationen:

Rörens korttidsringstyvhet är i situation A beräknad till, $S = 8,4 \times 10^3 \text{ N/m}^2$.

Rörets korttidsdeformation beräknas med formel (13.14a).

$$\delta/D = 74 \times 10^3 \times \frac{0,083}{16 \times 8,4 \times 10^3 + 0,122 \times 1,0 \times 10^6} = 0,024 = 2,4\%$$

Rörens korttidsbucklingstryck beräknas med formel (13.15).

$$P_{\text{buckl}} = 5,63 \times (8,4 \times 10^3 \times 1,0 \times 10^6)^{0,5} = 5,2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Säkerhet mot korttidsbuckling i jord} = \frac{P_{\text{buckl}}}{Q/D} = \frac{5,2 \times 10^5}{74 \times 10^3} = 7,0 > 2,0$$

Långtidssituationen (1 månad i det aktuella fallet):

Rörens 1 månads ringstyvhet är i situation A beräknad till, $S = 2,0 = 10^3 \text{ N/m}^2$.

Rörens deformation efter 1 månad beräknas med formel (13.14a).

$$\delta/D = 24 \times 10^3 \times \frac{0,083}{16 \times 2,0 \times 10^3 + 0,122 \times 1,0 \times 10^6} = 0,013 = 1,3\%$$

Korttidsdeformationen är störst på grund av trafikbelastningen.

Man får räkna med $\delta/D = 2,4\%$.

Rörens 1 månads bucklingstryck i jord beräknas med formel (13.15).

$$P_{\text{buckl}} = 5,63 \times (2,0 \times 10^3 \times 1,0 \times 10^6)^{0,5} = 2,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Säkerhet mot "långtidsbuckling" i jord} = \frac{P_{\text{buckl}}}{Q/D} = \frac{2,5 \times 10^5}{24 \times 10^3} = 10,4 > 2,0$$

Friliggande rör

Rörens bucklingstryck beräknas enligt avsnitt 13.7.5. I beräkningen ingår en deformation på 2,4% enligt beräkningen under "Ledning i jord", samt rörets ringstyvhet.

Korttidssituationen:

Rörens fria korttidsbucklingstryck beräknas med formel (13.21). Här ingår rörets korttidsringstyvhet, $S = 8,4 \times 10^3 \text{ N/m}^2$.

$$P_{\text{kno}} = 24 \times 8,4 \times 10^3 \times ((100 - 2,4)/(100 + 2,4))^{4,62} = 1,6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Säkerhet mot fri korttidsbuckling} = \frac{P_{\text{kno}}}{Q/D} = \frac{1,6 \times 10^5}{74 \times 10^3} = 2,2 > 2,0$$

Långtidssituationen (1 månad i det aktuella fallet):

Rörens fria långtidsbucklingstryck beräknas med formel (13.21). Här ingår rörets "långtids"ringstyvhet, $S = 2,0 \times 10^3 \text{ N/m}^2$.

$$P_{\text{kno}} = 24 \times 2,0 \times 10^3 \times ((100 - 2,4)/(100 + 2,4))^{4,62} = 3,8 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Säkerhet mot fri "långtidsbuckling"} = \frac{P_{\text{kno}}}{Q/D} = \frac{3,8 \times 10^4}{24 \times 10^3} = 1,6 < 2,0$$

B.5 Sammanfattning

Ett formpassat rör i PE 100 med $D_e = 289,5$ mm och $s = 13,5$ mm kan användas vid detta tillfälle, om det kan accepteras att säkerheten mot fri buckling är 1,6 i långtidssituationen. Krävs en säkerhet mot buckling på minst 2,0, skall ett rör med större ringstyvhet väljas.

7.3 Materialegenskaper

Till formpassade rör används primärt termoplasten polyeten (PE). Formpassade rör levereras i materialen PE 80 och PE 100. Se även kapitel 6.3.

Det skall finnas dokumentation på alla de material som ingår i produkten och som har betydelse för egenskaperna i det färdiga systemet. Tillsammans med värden på enskilda parametrar bör det finnas en hänvisning till provningsmetod.

Följande materialegenskaper bör dokumenteras för ett formpassat rör:

- * Dragbrotstyrka och brottöjning som funktion av belastningstid
- * E-modul/krypmodul som funktion av belastningstid.

Dessa parametrar är beskrivna i avsnitt 13.3.2 "Mekaniska egenskaper"

- * Längdutvidgningskoefficient
- * Densitet
- * Smältindex

De tre sista parametrarna är beskrivna i avsnitt 13.3.3 "Andra egenskaper".

Dessutom bör följande dokumenteras:

Biologisk resistens

Materialet skall vara biologiskt resistent, jämför avsnitt 2.3.1.

Fysisk resistens

Det skall anges, om materialet är skyddat mot UV-ljus, t ex med additiver. Krav på hantering, transport och lagring skall beskrivas.

7.4 Produktgenskaper

Formpassade rör kan levereras i varierande tryck-klass, form och dimension (se även avsnitt 7.1). De produkter som har reducerade tvärsnitt från producenten, kan levereras upplindade på en trumma. Om reduktionen av tvärsnittet sker på arbetsplatsen, levereras rören i längder som fogas genom stumsvetsning före tvärsnittsminskningen och infodringen.

För formpassade rör kan installationsförloppet ha inflytande på de slutliga mekaniska egenskaperna. Därför krävs att produktgenskaperna efter installation kan påvisas genom dokumentation från installationen och/eller genom uttagning av provstycken efter installation.

Följande produktparametrar bör dokumenteras för ett formpassat rör:

- * Ringbrotstyrka som funktion av belastningstid
- * Ringstyvhet som funktion av belastningstid

Dessa parametrar är beskrivna i avsnitt 13.3.2 "Mekaniska egenskaper".

- * Mått-toleranser

Denna parameter är beskriven i avsnittet 13.3.3 "Andra egenskaper".

Kapacitet

Kapaciteten beror primärt på dimension och tryck. Andra parametrar som kan påverka kapaciteten är:

- * Ledningens ojämnhet och ovalitet
- * Ledningsmaterialets råhet

Det infodrade röret kommer att vilja följa den befintliga ledningens ojämnheter och ovalitet med en tendens till att utjämna t ex förskjutningar och skarpa kanter.

De flesta plastprodukter har ett råhetstal under 0,05 mm. I kombination med hydraulisk dimensionering rekommenderas att en systemråhet på 0,25 mm används.

7.5 Utförande

När det har beslutats, att renovering av vattenledningen, skall utföras med ett formpassat rör, skall det utföras en rad undersökningar och förarbeten för att säkerställa ett bra resultat.

Utförandeförloppet skall dokumenteras av entreprenören genom upprättande av kontrollplaner för respektive aktivitet under utförandet. Eventuella fel och avvikelser från det planlagda förloppet noteras och likaså noteras, hur dessa fel och avvikelser har hanterats.

7.5.1 Förundersökningar

Genom förundersökningar uppnås en tillfredsställande kännedom om den existerande ledningen.

Förundersökningen bör omfatta följande:

- * Värdering av behov av rengöring och rengöringsmetod
- * Fastläggande av ledningsdimensioner och längder
- * Observation och placering av riktning avvikelser och dimensionsförändringar
- * Placering och dimension på rördetaljer

- * Insamling av information om anbörningar
 - Instickande anbörningar
 - Anbörningar i drift eller ej
- * Registrering av grundvattennivå
- * Plats och utrymme för nödvändig utrustning
- * Dimensionering av formpassade rör.

Val av diameter på ett formpassat rör skall göras så att den extruderade utvändiga diametern på röret är mindre än den gamla ledningens innerdiameter. Om inte detta sker så är det stor sannolikhet för att det uppstår längsgående veck i röret.

7.5.2 Förarbeten

Innan installationsprocessen kan påbörjas, skall följande förarbeten vara utförda:

- * Trafikreglering (ansvar, placering, m.m.)
- * Arbetsgropar (placering, storlek, m.m.)
- * Provisorisk vattenförsörjning (antal berörda personer, tid, m.m.)
- * Ventilavstängning och proppning av ledningar (antal servisledningar, tid, m.m.)
- * Rengöring av ledningen och kontroll av rengöring
- * Borttagning av instickande anbörningar.

Abonnenter måste förberedas för en tillfällig vattenförsörjning. Det är viktigt att arbetet med att renovera de existerande ledningarna är väl planlagda så att vattenavstängningar minimeras i tid.

Eventuellt instickande pluggar/anbörningar etc. skall vara borttagna för att undvika skador på röret vid indragningen och vid senare drift. Åtgärden bör kontrolleras med videokamera.

Det måste grävas infodringsgropar t ex vid brunnar, vinkelavvikelser, anslutningar eller deformerade rör.

7.5.3 Rengöring

Vid infodring av formpassade rör av PE-rör måste den existerande ledningen vara rengjord och inspekterad med videokamera.

Graden av rengöring är avhängig av invändig beläggning och sedimentering på den existerande ledningen.

Högtrycksspolning eller användning av mekaniska skrapor/pluggar på den gamla ledningen kan vara nödvändig (jämför 3.2 och tabell 3.1.1 och 3.1.2).

De existerande anbörningarna och eventuella dimensions- och riktningförändringar måste lokaliseras. Eventuella arkiv bör genomgå för att finna måttatta skisser/ritningar på existerande tillkopplingar.

7.5.4 Lagerhållning och fogning

Vid leverans av formpassade rör bör följande kontrolleras:

- * Dimension
- * Längd
- * Materialkvalitet
- * Tryck-klass.

Rören skall hanteras och lagras enligt leverantörens anvisningar. Entreprenören ansvarar för att kontrollera rör och rördelar vid mottagandet på arbetsplatsen. Rördelar med skada eller avvikelse utöver gällande standard rapporteras till byggherren och får inte användas utan särskild tillåtelse från byggherren.

Alla rör och rördelar som skall svetsas samman bör levereras av samma rörproducent (se även 6.5.4). Rörproducenten skall för byggherren framlägga en skriftlig deklARATION som garanterar svetsbarheten mellan rör och rördelar. Denna skall redovisas före projektstart.

Fogning av rör utförs med stumsvetsning och skall utföras av behörig svetspersonal. Man bör ta ställning till om invändiga och utvändiga svetsvulster skall tas bort.

7.5.5 Installation/Utförande

Alla faser av installationsprocessen inklusive anbörningar och anslutningar till existerande ledning skall beskrivas av entreprenören. Dessutom skall eventuella hjälpverktyg vid indragning och utvidgning av röret beskrivas.

Dragkraften vid indragningen av ett formpassat rör är mycket beroende av typen på metod. Om röret är vikt blir dragkraften liten när draghuvudet har passerat den kritiska punkten vid ledningens nedföringspunkt. Vid indragningen av ett cirkulärt formpassat rör kan det enbart vara dragkraften som medför att rörets diameter minskas och därmed gör indragningen möjlig. När dragkraften i röret upphör, utvidgar den sig igen, tills den får kontakt med den befintliga ledningen. För att uppnå den nödvändiga förminskningen av diametern under indragningen måste dragkraften vara relativt stor.

I beskrivningen av installationsprocessen skall bl.a. ingå:

- * Installation
 - Färdigställande för indragning
 - Indragning och dragkraftens utveckling under indragningen
 - Utvidgning (temperatur, tryck) för det vikta formpassade röret
 - Nedkylning och tryckhöjning
- * Anslutningar
 - Anslutning av existerande servis
 - Anslutning till existerande ledning
- * Tid för installation
- * Ledningens relaxation efter indragningen
- * Förankring av ledningen
- * Kringpackning och återfyllnad av arbetsgropar

Om det under installationen finns behov av el, vatten m.m. skall detta anges. Likaså skall platsbehovet till mobila enheter anges.

7.5.6 Inkoppling och tillkoppling av servisledningar

Vid anslutning av servisledningar måste schaktning ske.

PE-ledningen frilägges. Anbörning till PE-röret kan ske med hjälp av godkänd anbörningsklammer för plaströr. Vanligtvis används anbörningsklammer av reparationsmufftyp.

Den delen av ledningen som ligger i öppen schakt skall utföras i överensstämmelse med gällande lägningsanvisningar för PE-rör, med riktig tjocklek och godkänd kornstorlek i kringfyllnaden.

7.6 Kontroll

Kontroll efter arbetets utförande kan bestå av:

- * Kontroll av rörets utvändiga yta
- * Täthetsprov
- * Kontroll av utvidgning
- * Kontroll av produkttegenskaperna, jmf avsnitt 7.4.
- * Kontroll av vattenkvalitet

Kontroll av rörets yta

Efter installation besiktigas den första delen av röret vilken tas upp från slut/mottagningspunkten. Repor och ytskador får inte vara djupare än 15% av rörets godstjocklek, och högst 3 mm.

Täthetsprov

Täthetsprovning utförs enligt beskrivningen i avsnitt 3.4.2.

Kontroll av utvidgning

Utvidgningen bör kontrolleras visuellt, där det är möjligt, tex vid utfräsning av "fönster" i den gamla ledningen där anbörning och montering av T-rör, ventiler utförs.

Utvidgningen kan eventuellt kontrolleras genom att dra en tolk genom röret.

Acceptkriterier för eventuella veck bör vara avtalade på förhand.

Kontroll av produkttegenskaper

Produkttegenskaperna bör dokumenteras vid uttagning av prover från simulerade installationer, som utförs enligt installationsmanual. Kontrollen av produkttegenskaperna bör i så fall kunna bestå i en genomgång av dokumentationen för installationen.

7.6.1 Dokumentation av kontroll

Dokumentation av kontrollen lämnas till byggherren tillsammans med dokumentationen för övriga aktiviteter som är utförda i anslutning till renoveringsarbetet.