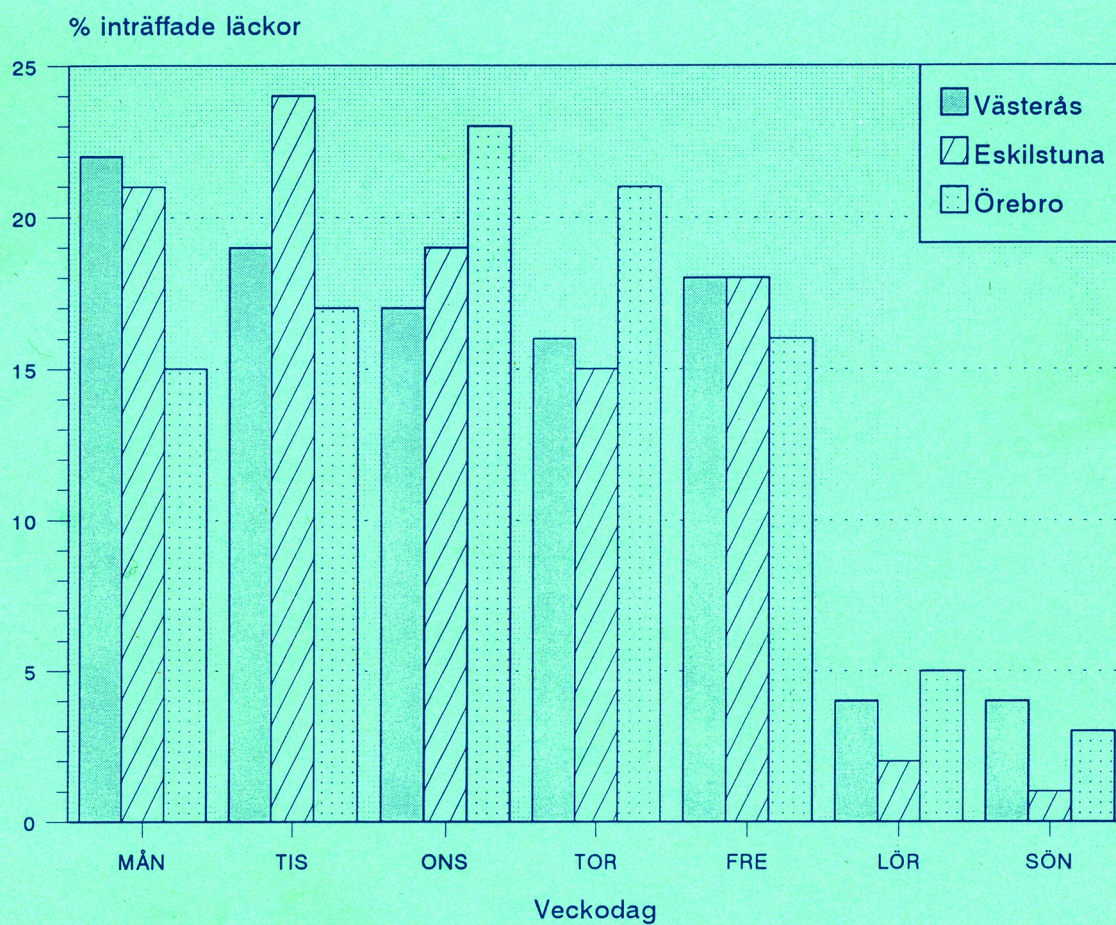


Rapport nr 1994-01



Va-ledningars kondition

Peter Stahre
Ann-Christin Sundahl
Viveka Lidström



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
Va-chef Sture Bergström	Gatukontoret, Skellefteå
Kommunalråd Bert-Ove Bäckman	Lycksele
Avdelningschef Jane Cederqvist	Sv kommunförbundet
Tekn dr Jan Hultgren	Stockholm Vatten AB
Kommunalråd Caisa Hörberg	Lidingö
Ordf i tekniska nämnden Thure Larsson	Gatukontoret, Visby
Tekn chef Peeter Maripuu	Lysekil
Va-chef Bengt L Persson	VA-verket, Malmö
Vd Lars Jansson	VAV
Forskningsledare Jan Falk, sekreterare	VAV

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

Rapport nr 1994-01



Va-ledningars kondition

Peter Stahre
Ann-Christin Sundahl
Viveka Lidström

VA-FORSKs rapportserie

Rapportens titel:	VA-ledningars kondition
Title of the report:	Structural Condition of Water and Sewer Pipes (An English translation of the report is available)
Rapportens beteckning Nr i VA-FORSK-serien:	1994-01
ISSN-nummer:	1102-5638
ISBN-nummer:	91-88392-70-8
Författare:	Peter Stahre, Ann-Christin Sundahl, Viveka Lidström
Utgivare:	Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV
VA-FORSK projekt nr:	1991-116
Projektets namn:	Planering för underhåll och förnyelse av kommunaltekniska försörjningsnät (PUFF)
Projektets finansiering:	VA-FORSK, BFR, SBUF, Nordiska Plaströrsguppen, Betongrörsföreningen, CEMENTA, VA-verket i Malmö
Rapporten beställs från:	Svensk Byggtjänst, Litteraturtjänst, 171 88 Solna, tel 08-734 51 00
Rapportens omfattning	
Sidantal:	32
Format:	A4
Upplaga:	1200
Sökord:	Vattenledning, avloppsledning, kondition, åldrande, läckage
Keywords:	Water main, sewer, condition, deterioration, leakage
Sammandrag:	I rapporten redovisas preliminära resultat från en uppföljning av inrapporterade vattenläckor i sex svenska kommuner. Vidare redovisas erfarenheter av tidsförloppet för långsiktiga förändringar av avloppsledningars kondition.
Abstract:	Preliminary results are given from an investigation of reported water leaks in six towns. For sewer pipes a model has been developed which describes how the rate of decay is changing over the life cycle of the pipe. (There is also an English version of the report.)
Målgrupper:	VA-tekniker i svenska kommuner, konsulter, rörtillverkare, entreprenörer
Utgivningsår:	1994
Pris 1994:	110 kr exkl moms

SAMMANFATTNING

Sedan sommaren 1991 bedriver institutionen för teknisk vattenresurslära vid LTH tillsammans med Malmö VA-verk ett utvecklingsprojekt, det sk PUFF-projektet, som tar upp olika frågeställningar kring långsiktig planering av underhåll och förnyelse av va-tekniska försörjningsnät.

Den övergripande målsättningen med projektet är att öka kunskapen om befintliga va-ledningars kondition, för att därigenom möjliggöra uppskattningar av hur det samlade förnyelsebehovet kommer att utveckla sig i framtiden. I föreliggande rapport lämnas en redogörelse av resultaten från de första årens arbete, dessutom presenteras planerna för den fortsatta inriktningen av projektet.

Preliminära resultat redovisas från en uppföljning av inrapporterade vattenläckor i sex svenska kommuner. Totalt har närmare 4 500 driftstörningar analyserats. Med utgångspunkt från detta material kommer i en efterföljande etapp av projektet att tas fram en modell för schablonmässig uppskattning av den framtida driftstörningsutvecklingen för olika rörmaterial.

När det gäller avloppsledningars kondition presenteras i rapporten en hypotes för den långsiktiga konditionsutvecklingen. Avsikten är att i olika delstudier av projektet närmare analysera hur förändringar av ledningskonditionen sker i följande tre skeden av åldrandeprocessen:

1. Initiella förändringar av ledningskonditionen i samband med anläggandet av ledningar.
2. Långsiktiga förändringar av ledningskonditionen till följd av olika former av omgivningspåverkan på ledningen.
3. Accelererande konditionsnedsättning mot slutet av ledningens livslängd.

Arbetet med PUFF-projektet kommer enligt planerna att fortgå till och med utgången av år 1996.

FÖRORD

Föreliggande rapport om va-ledningars kondition har tagits fram i det s.k. PUFF-projektet, ett samarbetsprojekt mellan institutionen för teknisk vattenresurslära på LTH och Malmö VA-verk. PUFF står för planering av underhåll och förnyelse av va-tekniska försörjningsnät. I rapporten lämnas en sammanfattande redogörelse för resultaten från de första två och ett halvt årens arbete i projektet. Vidare presenteras planerna för det fortsatta arbetet. Avsikten är att rapporten skall utgöra underlag för ställningstagande om den fortsatta finansieringen av projektet. PUFF-projektet bedrivs med ekonomiskt stöd från VA-FORSK, BFR, SBUF, Nordiska plaströrsgruppen, Betongrörföreningen, Cementa och Malmö VA-verk.

Peter Stahre

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Varför planering av underhåll och förnyelse?	1
2 PUFF-PROJEKTET	2
2.1 Mål och inriktning	2
2.2 Finansiering och styrning	2
2.3 Tidplan	3
2.4 Rapportering	3
3 PROJEKTETS UPPLÄGGNING I STORT	5
4 VATTENLEDNINGARS KONDITION	6
4.1 Driftstörningar på vattennät	6
4.2 Driftstörningsutveckling för olika rörmaterial	7
4.3 Vattenläckors beroende av årstid	13
4.4 Vattenläckor beroende av veckodag	14
4.5 Framtida driftstörningsutveckling	15
5. AVLOPPSLEDNINGARS KONDITION	16
5.1 Driftstörningar på avloppsnät	16
5.2 Rörförändringar hos avloppsledningar	16
5.3 Värdering av ledningskonditionen	18
5.4 Initiella rörförändringar (skede 1)	18
5.5 Långsiktiga rörförändringar (skede 2-3)	19
5.6 Trädrötter och avloppsledningar	21
6. FORTSATT ARBETE	22
7. REFERENSER	23

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Sedan sommaren 1991 bedriver institutionen för teknisk vattenresurslära vid LTH tillsammans med Malmö VA-verk ett utvecklingsprojekt som tar upp olika frågeställningar kring långsiktig planering av underhåll och förnyelse av va-tekniska försörjningsnät. Projektet som går under benämningen PUFF, har till stor del kommit att fokuseras mot långtidsutvecklingen av va-ledningars kondition. I denna rapport lämnas en redogörelse för resultaten från de första årens arbete samt presenteras planerna för det fortsatta inriktningen av projektet.

1.2 Varför planering av underhåll och förnyelse?

I takt med de kommunaltekniska försörjningssystemens stigande ålder kommer ökade resurser i framtiden att behöva sättas in på förebyggande underhåll och förnyelse av våra befintliga ledningsnät. Detta förhållande har uppmärksammats både i Sverige och utomlands. Även om synen på det framtida "underhållsberget" under de senaste åren blivit mer nyanserad, jfr [1], så ökar kraven på att man i kommunerna nu på allvar skall börja organisera och planera för ökade insatser i framtiden.

En hel del arbete har på olika håll lagts ned på att utveckla strategier för planering av erforderliga förnyelseinsatser, jfr [2], [3] och [4]. Mycket återstår dock att göra. Framför allt måste faktaunderlag som gör det möjligt att praktiskt tillämpa de nya planeringsstrategierna tas fram.

Oberoende av vad man anser om i vilken takt våra va-ledningsnät behöver förnyas finns det all anledning att genom olika fältundersökningar och inventeringar närmare kartlägga de befintliga förhållandena. Endast på detta sätt kan man möta den osäkerhet som idag råder om hur stora underhålls- och förnyelseinsatser som kan behöva sättas in i framtiden.

Många kommuner har de senaste åren kommit igång med det mycket mödosamma och tidskrävande arbetet med att bygga upp faktabaser om sina va-ledningsnät. En central fråga i detta sammanhang är hur de insamlade uppgifterna rent praktiskt skall kunna utnyttjas i den långsiktiga planeringen av åtgärder.

2 PUFF-PROJEKTET

2.1 Mål och inriktning

Efter ingående diskussioner med Byggforskningsrådet, Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen samt Svenska Kommunförbundet och efter genomförandet av en förstudie bestämdes att PUFF-projektet i första hand skulle inriktas mot frågor rörande va-ledningars kondition.

Den övergripande målsättningen med projektet är att öka kunskapen om våra befintliga va-ledningars kondition, så att det blir möjligt att göra uppskattningar av hur det samlade förnyelsebehovet kommer att utveckla sig i framtiden. Följande delmål har satts upp för projektet:

- * Förväntad framtida driftstörningsutveckling för vattenledningar av olika ålder och material
- * Olika omgivningsfaktorerers betydelse för uppkomsten av vattenläckor
- * Orsaker till driftstörningar på avloppsledningsnät
- * Tidsförloppet för konditionsförändringar hos avloppsledningar

Projektet har medvetet getts en så praktisk inriktning att resultaten direkt skall kunna utnyttjas av intresserade kommuner, byggentreprenörer och rörtillverkare.

2.2 Finansiering och styrning

När det gäller finansiering av PUFF-projektet har ambitionen varit att försöka få ekonomiskt stöd inte bara från de traditionella forskningsråden utan även från olika intressenter inom byggindustrin och från kommuner. En sammanställning över finansiärerna återfinns i texttrutan på nästa sida.

Projektarbetet bedrivs under ledning av en styrgrupp, vars medlemmar utsetts av finansiärerna. Styrgruppen, som träffas två gånger per år, skall fortlöpande ge sitt godkännande av genomförda delstudier och skall också ta initiativ till eventuella förändringar av projektets inriktning. En förteckning över medlemmarna i styrgruppen finns i texttrutan på nästa sida. Projektledare för PUFF-projektet är Peter Stahre, adj. professor på LTH och överingenjör på Malmö VA-verk. Två forskare, civilingenjörerna Ann-Christin Sundahl och Viveka Lidström, vid Institutionen för Teknisk Vattenresurslära på LTH, arbetar på heltid med projektet. Vid behov förstärks de personella resurserna genom att viss personer tillfälligt knyts till projektet.

<u>Finansiering</u>	<u>Styrgrupp</u>
VA-FORSK	Jan Falk, VAV
	Anders Jaryd, Karlskrona kommun
BFR	Henrik Graf, BFR
SBUF	Tomas Grundén, NCC
Nordiska plaströrsguppen	Ingemar Björklund, NPG
Betongrörsföreningen	Anders Hamberg, Skanska Prefab
	Lars H Persson, Lunds Cementgjuteri
Cementa	Mats Björs, Cementa
Malmö VA-verk	

2.3 Tidplan

Den genomförda förstudien till PUFF-projektet lades fram i februari 1991. Efter klartecken från finansiärerna kunde huvudprojektet starta vid halvårsskiftet 1991. Enligt planerna skall projektet löpa under ytterligare två år och slutredovisas under 1995.

2.4 Rapportering

Rapporteringen av PUFF-projektet sker i en serie arbetsrapporter som publiceras fortlöpande under projektets gång. Vissa delstudier som bedöms vara av mer allmänt intresse eller som utgör en syntes av innehållet i flera arbetsrapporter publiceras i VA-FORSK's rapportserie, vilken distribueras genom VAV's försorg. En förteckning över hittills utgivna rapporter i PUFF-projektet (okt 1993) återfinns i texttrutan på nästa sida.

Utgivna arbetsrapporter i PUFF-projektet:

Okt 1990 de Marè M. "Utvärdering av inträffade driftstörningar på vattennätet i Malmö."

Jan 1991 Persson L., Sundahl A-C. "Utvärdering av TV-inspekterade avloppsledningar i Malmö."

Feb 1991 Bengtsson L., Stahre P. "Planering för underhåll och förnyelse av tekniska försörjningsnät - projektbeskrivning."

Mars 1991 Jönsson H., Stahre P. "Förnyelse av avloppsledningar genom punktreparation eller omläggning/renovering."

April 1992 Jönsson Å. "Utvärdering av inrapporterade läckor på vattennätet i Eslöv."

Aug 1992 Wiktorsson P. "Utvärdering av inrapporterade läckor på vattennätet i Eskilstuna."

Juni 1993 Sundahl A-C. "Utvärdering av inrapporterade läckor på vattennätet i Västerås."

Juni 1993 Lidström V. "Orsaker till avloppsstopp."

Aug 1993 Wiktorsson P. "Utvärdering av inrapporterade läckor på vattennätet i Örebro."

Okt 1993 Stenström F. "Avloppsstopp och regelbunden spolning."

Okt 1993 Sundahl A-C. "Utvärdering av inrapporterade läckor på vattennätet i Luleå."

Okt 1993 Sundahl A-C., Lidström V. "En studieresa i Europa."

Utgivna VA-FORSK-rapporter i PUFF-projektet:

1992-11 Lidström V. "Konditionsstabilitet hos avloppsledningar av betong."

1992-12 Sundahl A-C. "Skadefall på nylagda betongledningar."

1992-14 Ståhl Ö. "Trädrötter och ledningar."

3 PROJEKTETS UPPLÄGGNING I STORT

Som redan tidigare berörts har PUFF-projektet huvudsakligen inriktats mot frågeställningar rörande va-ledningars kondition. Själva projektarbetet har därför ganska naturligt kunnat struktureras i följande två delar:

- * Vattenledningars kondition
- * Avloppsledningars kondition

När det gäller vattenledningars kondition har satsats på att genom bearbetning av inrapporterade driftstörningar från ett antal utvalda kommuner försöka ta fram normalvärden för den framtida driftstörningsutvecklingen för de vanligaste rörmaterialen. Avsikten är att med utgångspunkt härifrån utveckla en modell för bedömning av hur det samlade förnyelsebehovet i en kommun kommer att utveckla sig i framtiden.

När det gäller avloppsledningars kondition har arbetet till stor del inriktats mot att kartlägga tidsförloppet för de konditionsförändringar som sker under ledningens livstid. Som underlag för detta utnyttjas i första hand resultat från invändig TV-inspektion av avloppsledningarna.

I det följande skall mycket kortfattat redogöras för en del av de resultat som kommit fram i projektet hittills. En redovisning skall också ske av planerna för den fortsatta inriktningen av projektarbetet.

4 VATTENLEDNINGARS KONDITION

4.1 Driftstörningar på vattennät

Att få reda på en vattenlednings kondition är mycket svårt. Detta beror på att ledningen står under tryck och därför inte på samma sätt som en avloppsledning kan inspekteras invändigt. Utvändig inspektion av vattenledningar kan normalt inte heller utföras eftersom detta förutsätter att ledningarna först måste friläggas.

Som ett indirekt mått på vattenledningars kondition brukar man utnyttja uppgifter om inträffade driftstörningar. När det gäller förväntad driftstörningsutveckling i framtiden finns idag inte några tillförlitliga uppgifter. För att få fram sådana krävs analyser av driftstörningar för en lång följd av år. Ett problem i sammanhanget är att driftstörningarna måste kunna kopplas till kända anläggningsdata för ledningarna (t ex rörmaterial, dimension och anläggningsår) och helst också till uppgifter om aktuell omgivningspåverkan (t ex jordartsförhållanden och trafiklast).

För att få underlag för en analys av driftstörningsutvecklingen har inom ramen för PUFF-projektet samlats in driftstörningsdata från 6 kommuner i Sverige. All detaljinformation om de enskilda störningarna har matats in i en för ändamålet speciellt uppbyggd databas. En översikt över innehållet i denna redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Antalet läckor i PUFF-projektets driftstörningsdatabas fördelade på olika kommuner och rörmaterial.

	Västerås 1975-89	Luleå 1965-90	Eskilstuna 1980-90	Örebro 1987-92	Malmö 1974-90	Eslöv 1984-91	Totalt
Gråjärn	559 *	970 *	350 *	219 *	1170 *	45 *	3313
Segjärn	33	84 *	7 *	21 *	10 *	4 *	159
Stål	61	1	91 *	0	3	0	156
Galv	115 *	19 *	19	2	9 *	8	172
PVC	339 *	28 *	155 *	7 *	0	2 *	531
PE	12 *	2 *	4 *	1	19 *	0	38
Övriga	12	55	7	1	19	0	94
Totalt	1131	1159	633	251	1230	59	4463

* För dessa material finns en total ledningslängd på minst 15 km.

Som framgår av tabellen omfattar driftstörningsdatabasen för närvarande (okt 1993) detaljinformation från sammanlagt 4 463 störningar. Det kan nämnas att ett ganska stort arbete lagts ned på att kontrollera detaljuppgifterna om varje driftstörning och anpassa dessa till ett enhetligt språkbruk.

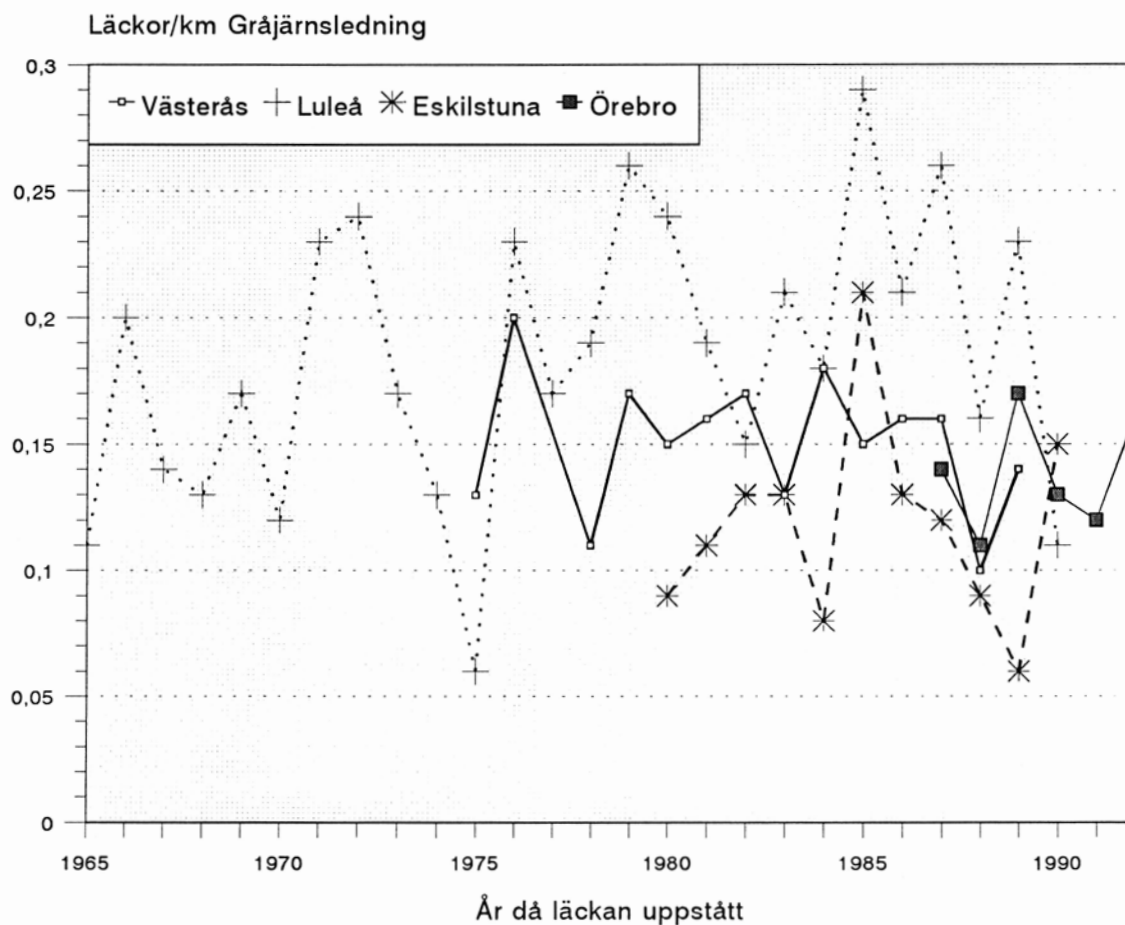
4.2 Driftstörningsutveckling för olika rörmaterial

För att kunna företa en meningsfull analys av driftstörningsutvecklingen för ett visst rörmaterial måste det i underlagsmaterialet finnas tillräckligt många ledningar av det aktuella materialet. I PUFF-projektet har valts att endast analysera sådana rörmaterial för vilka det finns en sammanlagd ledningslängd på minst 15 km, jfr tabell 1.

I det följande skall ges några karakteristiska exempel på driftstörningsutvecklingen för några utvalda rörmaterial.

I figur 1 visas hur antalet läckor på gråjärnsledningar utvecklats i fyra av de studerade kommunerna. För att kunna jämföra situationen i olika kommuner har i diagrammet valts att ange läckfrekvensen uttryckt som antalet läckor per km och år av det aktuella beståndet gråjärnsledningar.

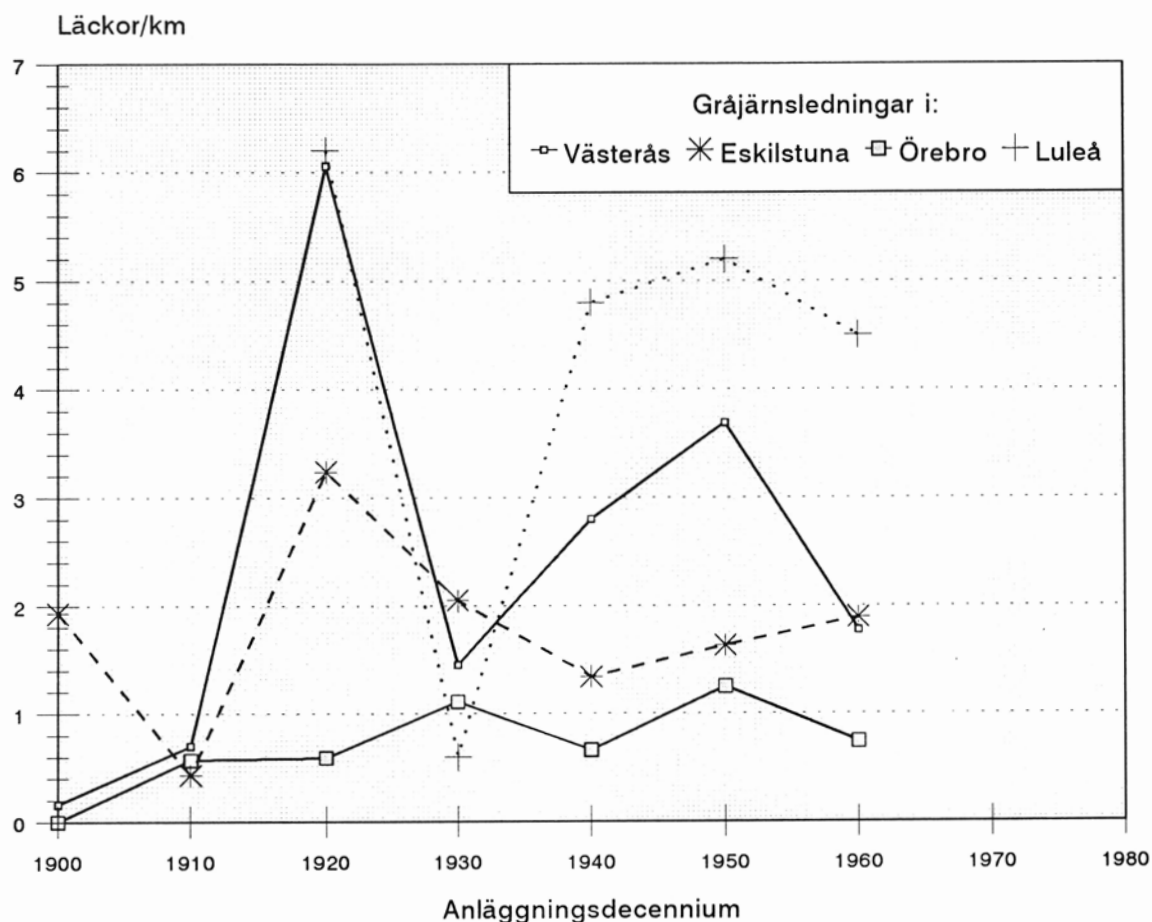
Som framgår av figuren ligger läckfrekvensen för gråjärnsledningar relativt konstant och varierar normalt mellan 0.10 och 0.25 läckor per km och år.



Figur 1. Utvecklingen av läckfrekvensen på gråjärnsledningar.

I figur 2 visas hur de inrapporterade gråjärnsläckorna fördelar sig på olika anläggningsår hos ledningarna. Anläggningsåren har i diagrammet grupperats i 10-årsintervall. I likhet med figur 1 redovisas antalet läckor per km och år av det aktuella beståndet gråjärnsledningar. Det skall noteras att man i Sverige upphörde att lägga gråjärnsledningar i slutet av 1960-talet.

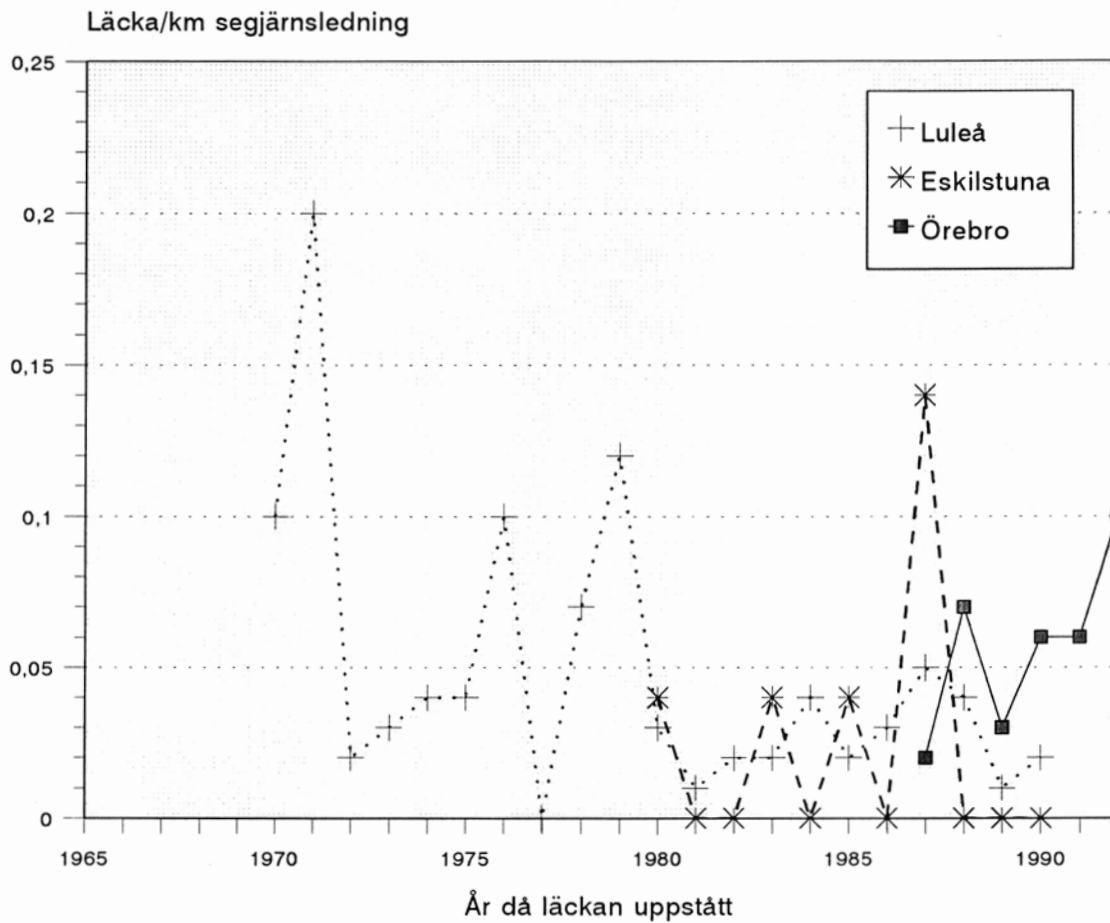
Som framgår av figuren kan noteras vissa skillnader i läckfrekvens mellan rör av olika ålder. Sålunda uppvisar gråjärnsrör från 1920-talet en förhöjd frekvens läckor. Skillnaden mellan olika kommuner är dock relativt stor.



För Eskilstuna och Örebro baserar sig ledningslängderna på dagens åldersfördelning medan de för Västerås och Luleå baserar sig på meter nylagd ledning under decenniet.

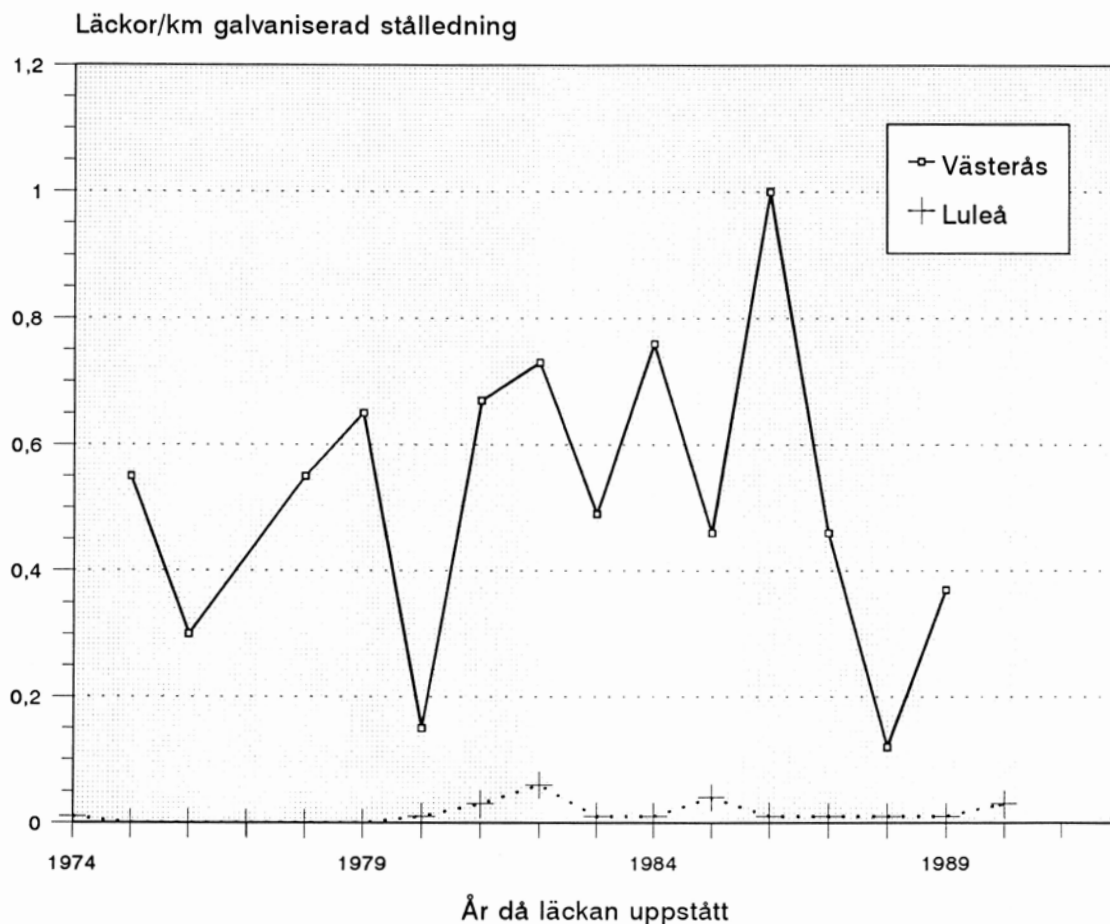
Figur 2. Gråjärnsläckornas fördelning på olika anläggningsår hos ledningarna.

I figur 3 visas hur läckfrekvensen utvecklats för segjärnsledningar. Det skall noteras att man i Sverige började lägga segjärnsledningar under de sista åren av 1960-talet. Huvuddelen av läckorna på segjärnsledningar orsakas av utväldig korrosion på ledningarna. Som framgår av figuren uppvisar frekvensen mycket stora variationer.



Figur 3. Utvecklingen av läckfrekvensen för segjärnsledningar.

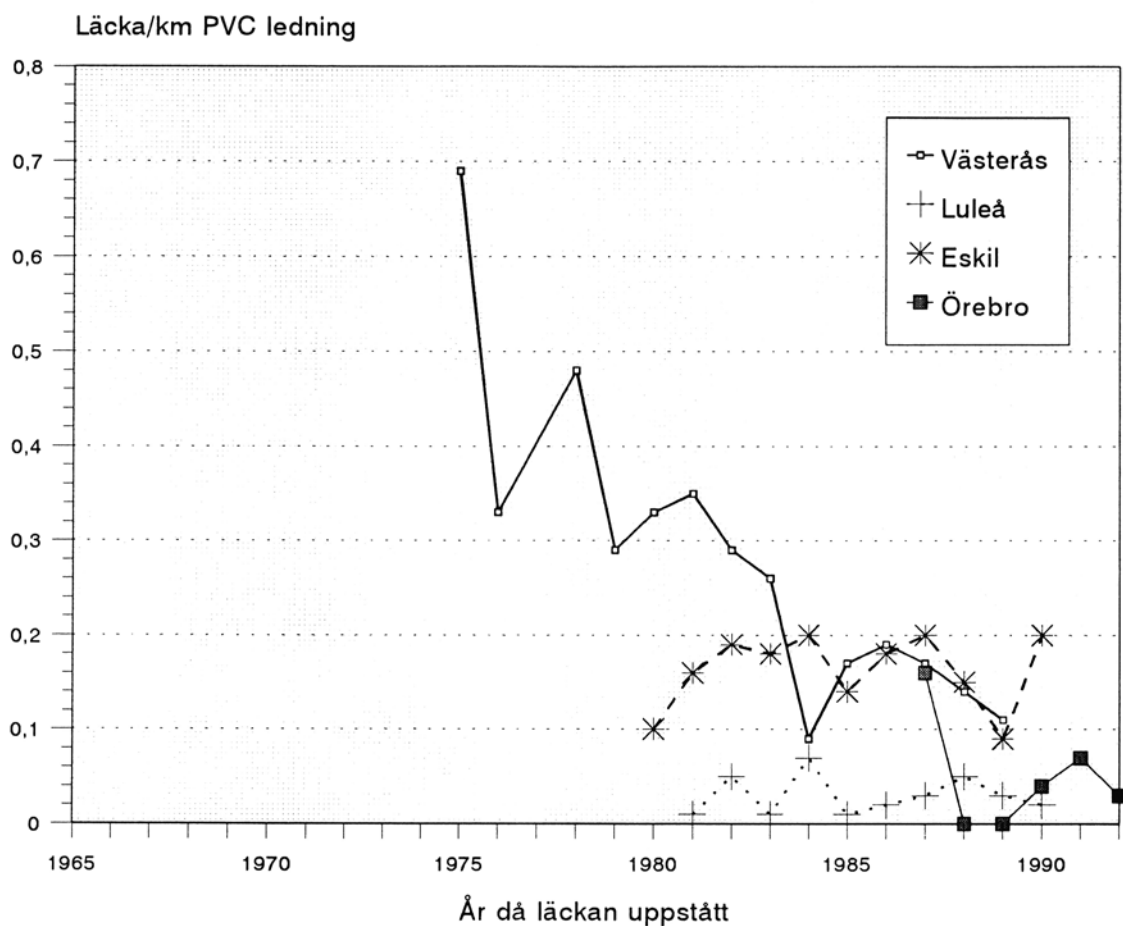
I figur 4 visas hur läckfrekvensen utvecklats för galvaniserade stålledningar. Det kan noteras att man i Sverige började lägga vattenledningar av galvaniserat stål i mitten av 1900-talet. Den helt övervägande delen av galvläckorna orsakas av utvändig korrosion på röret. Som framgår av figuren ligger läckfrekvensen för galvledningar ungefär en 10-potens högre än läckfrekvensen för segjärnsledningar. Det kan också noteras att variationerna mellan olika år är mycket stora.



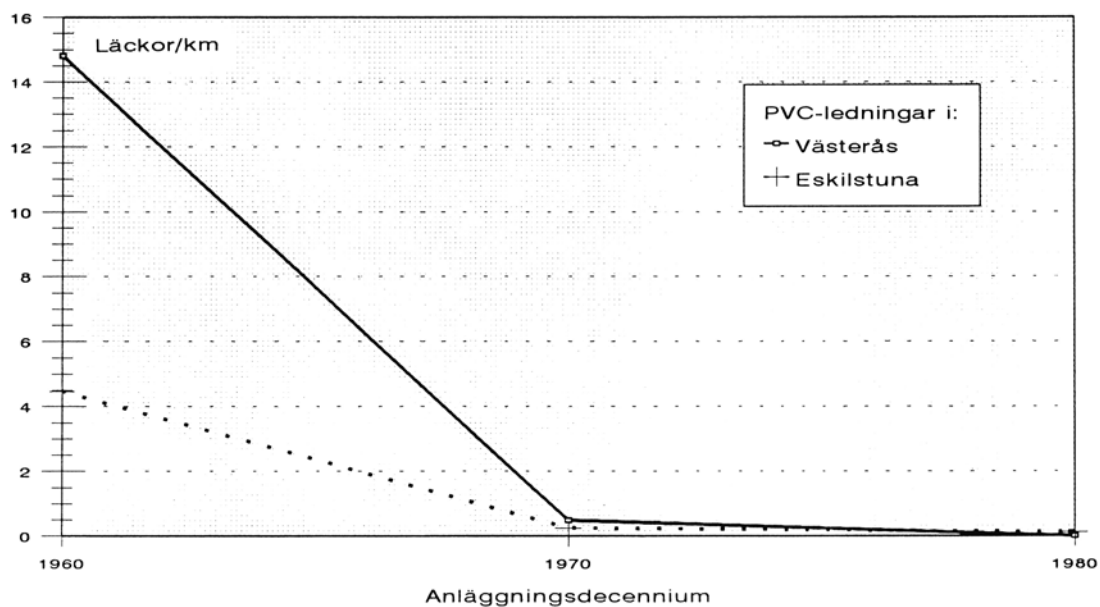
Figur 4. Utvecklingen av läckfrekvensen på galvaniserade stålledningar.

I figur 5 visas hur läckfrekvensen utvecklats för PVC-ledningar. Som framgår av figuren uppvisar driftstörningarna en mycket tydlig nedåtgående trend.

I figur 6 visas hur PVC-läckorna fördelar sig på ledningar med olika anläggningsår. Det skall noteras att man i Sverige började lägga PVC-ledningar i början av 1960-talet. Som framgår av diagrammet har den helt övervägande delen av läckorna inträffat på 60-talsledningarna. Förklaringen till detta var att man under detta decenium använde s.k. EHRI-muffar för sammanfogning av rören. Dessa fogar var bristfälliga och övergavs kring 1970. Som framgår av figuren är antalet läckor på ledningar lagda efter 1970 mycket lågt.



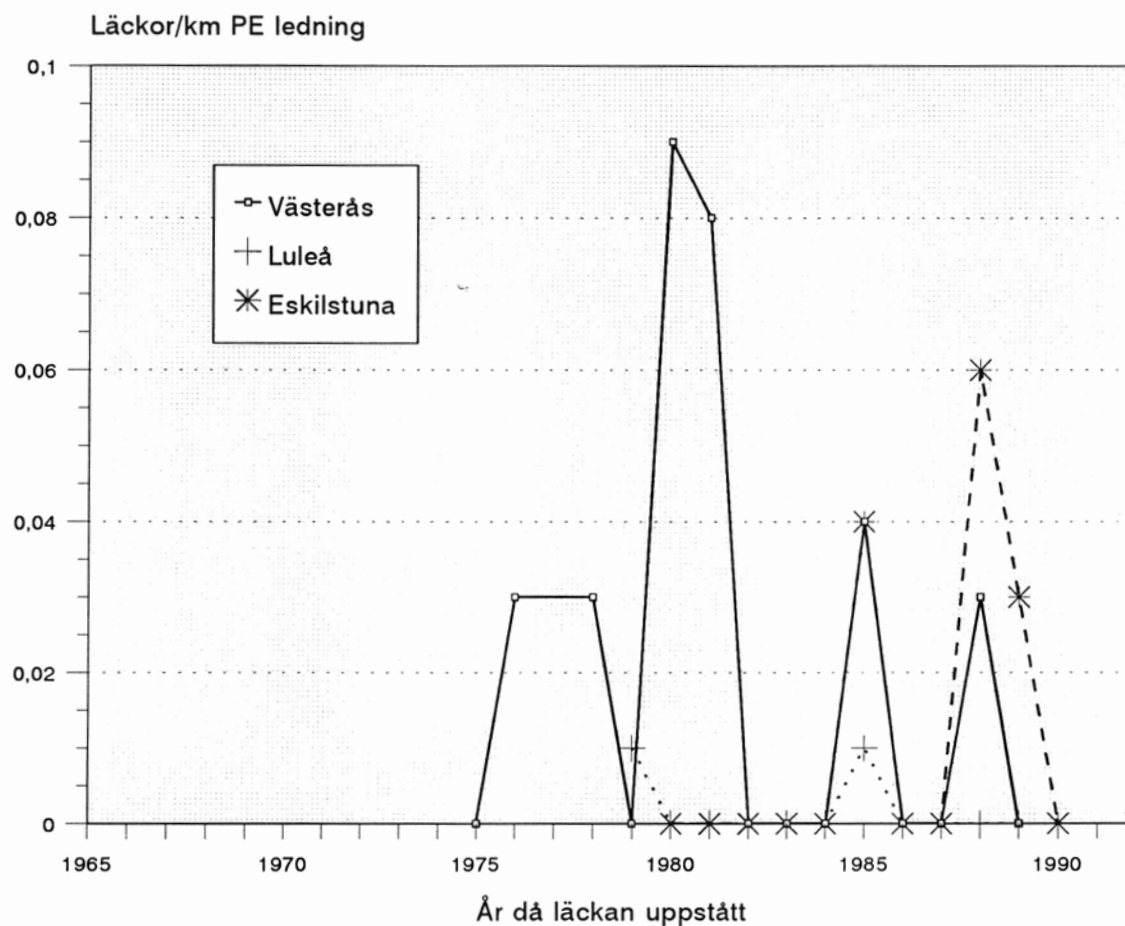
Figur 5. Utvecklingen av läckfrekvensen på PVC-ledningar.



För Eskilstuna baserar sig ledningslängderna på dagens åldersfördelning av vattenledningsnätet medan de för Västerås baserar sig på meter nylagd ledning under decenniet.

Figur 6. PVC-läckornas fördelning på olika anläggningsår hos ledningar.

I figur 7 visas hur läckfrekvensen utvecklats på PE-ledningar. Det skall noteras att man i Sverige började lägga PE-ledningar i början av 1960-talet. Som framgår av figuren uppvisar läckfrekvensen på PE-ledningar mycket låga värden.



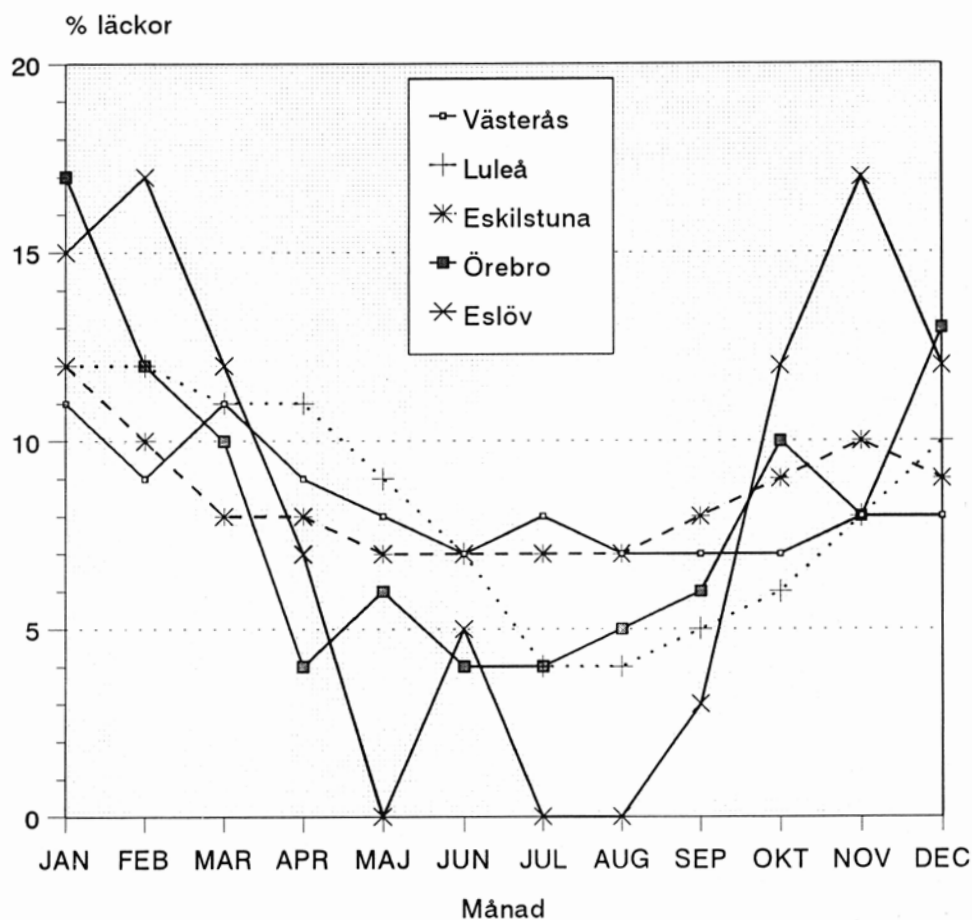
Figur 7. Utvecklingen av läckfrekvensen på PE-ledningar.

4.3 Vattenläckors beroende av årstid

I de studerade kommunerna har kunnat noteras att förekomsten av vattenläckor tycks ha ett visst samband med årstiden. Sålunda är antalet läckor normalt betydligt lägre under sommarhalvåret än under vinterhalvåret. Bland de faktorer som kan ha betydelse i sammanhanget kan nämnas:

- * Semestertider
- * Temperaturberoende spänningar i rörmaterial
- * Temperaturberoende rörelser i marklagren

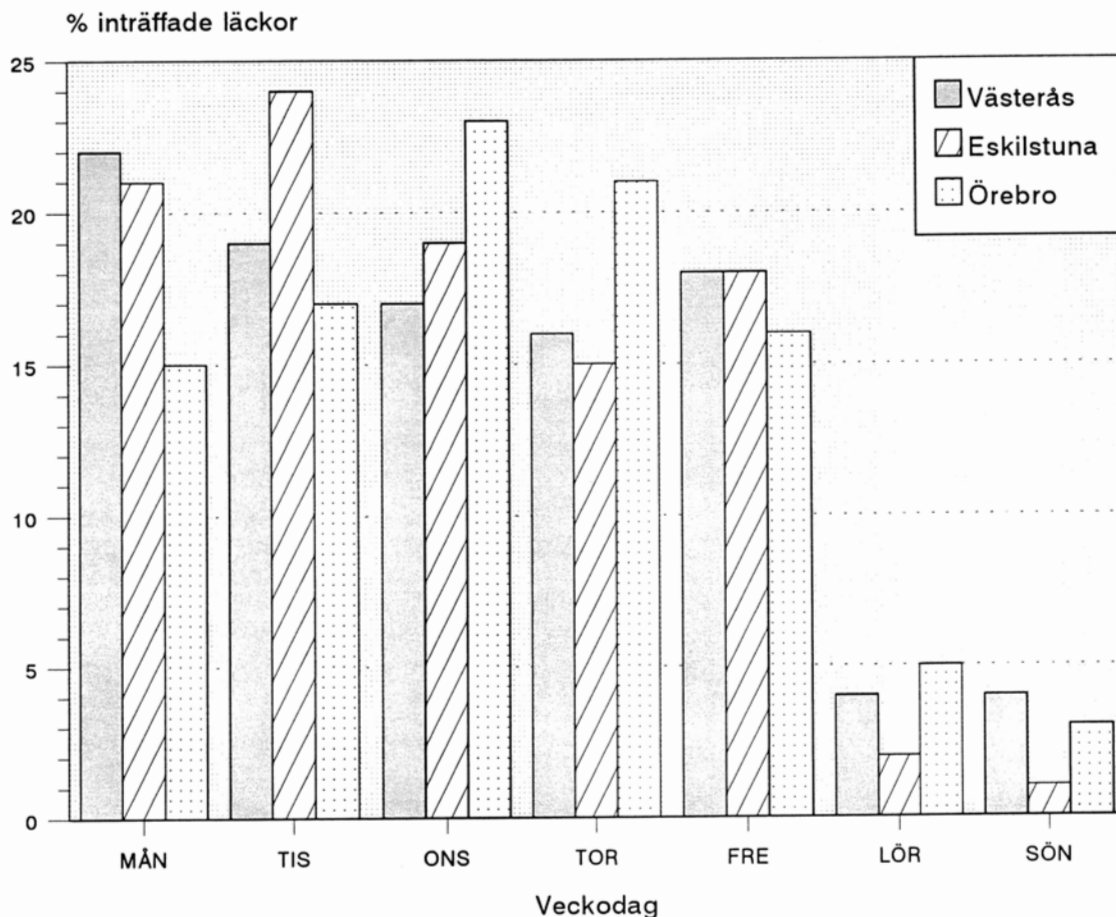
I figur 8 visas hur det totala antalet vattenläckor i de olika kommunerna fördelar sig på årets månader. Som framgår av figuren är årstidsberoendet starkast i Eslöv och svagast i Västerås.



Figur 8. Vattenläckornas årstidsberoende i de studerade kommunerna.

4.4 Vattenläckor beroende av veckodag

I de studerade kommunerna har kunnat noteras att förekomsten av vattenläckor har ett visst samband med veckodag. Sålunda är antalet läckor normalt betydligt högre under vardagar än under lördagar och söndagar. I [figur 9](#) visas ett exempel på hur det totala antalet vattenläckor i kommunerna fördelar sig på olika veckodagar.



Figur 9. Vattenläckornas procentuella fördelning över veckans olika dagar i de studerade kommunerna.

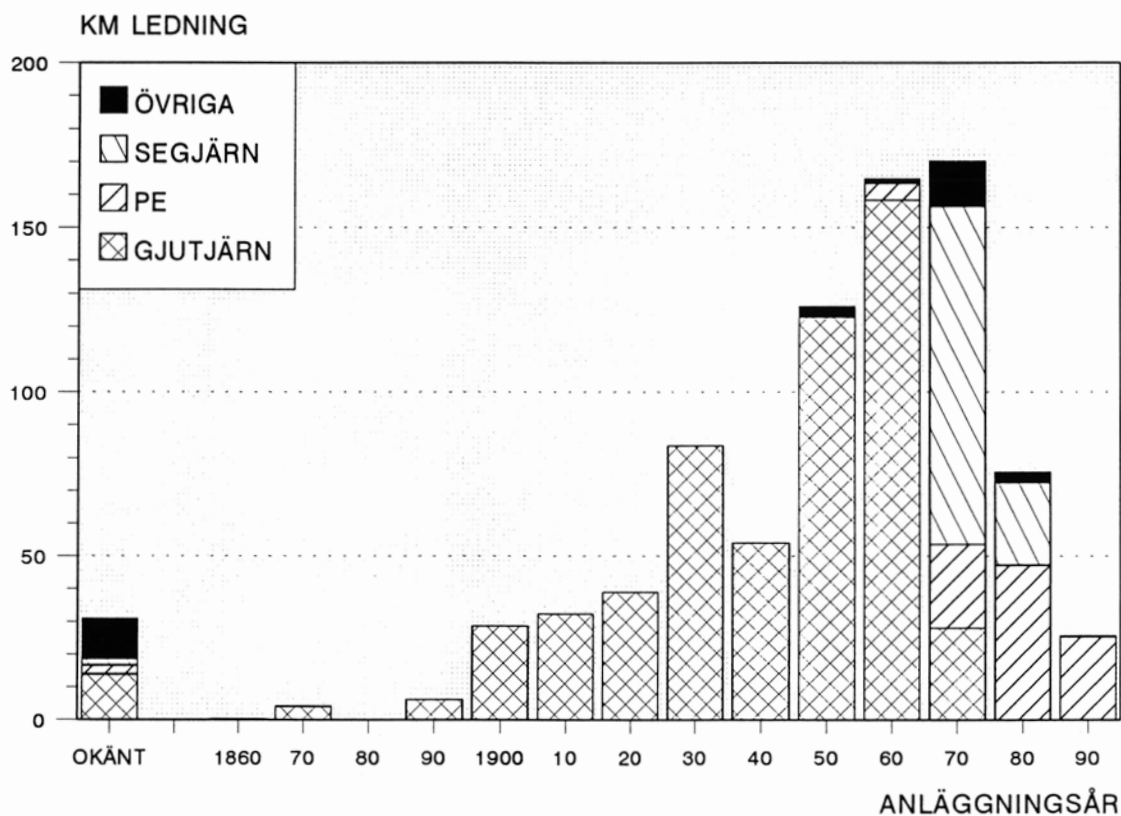
En förklaring till det lägre antalet läckor på lördagar och söndagar kan vara att man pga ledighet helt enkelt inte får rapporter om annat än de allra mest akuta läckorna. Något som styrker denna teori är att man har en viss förhöjning av antalet inrapporterade läckor på måndagar. Den stora variationen i antalet läckor mellan vardagar och lördagar/söndagar kan möjligen också ha samband med vattenanvändningen inom industrin. Eftersom tryckförhållandena i ett vattennät normalt inte påverkas särskilt mycket av vattenförbrukningens storlek skulle det i så fall vara fråga om någon form av tryckslagseffekter vid förändring av vattenuttaget i början och slutet av arbetsdagen.

4.5 Framtida driftstörningsutveckling

Som underlag för planeringen av erforderliga förnyelseinsatser på ett vattenledningsnät är det nödvändigt med kunskap om den framtida driftstörningsutvecklingen. Som visats i det föregående varierar driftstörningsutvecklingen ganska mycket mellan olika rörmaterial och med åldern på ledningarna. Andra förhållanden som har betydelse i sammanhanget är i vilken utsträckning ledningarna påverkas av olika omgivningsfaktorer.

Med hjälp av den uppbyggda driftstörningsdatabasen skall i en kommande studie i PUFF-projektet göras ett försök att ta fram normalvärden för den framtida driftstörningsutvecklingen för kommunala vattenledningsnät. Detta kommer att ske med beaktande av den ständiga utveckling och förbättring av rörmaterialen som skett under 1900-talet. För varje rörmaterial måste alltså normalvärden tas fram för olika åldersklasser av rören.

En förutsättning för att de framtagna normalvärdena skall kunna användas för prognos av driftstörningsutvecklingen i en kommun är att man där känner ålder/material-profilen för ledningsnätet, se [figur 10](#).



Figur 10. Ålder/material-profil för vattenledningsnätet i Malmö.

I många kommuner saknas idag underlag för att ta fram en ålder/material-profil över ledningsnätet. Eventuellt kommer därför att inom ramen för PUFF-projektet tas fram karakteristiska profiler för några olika kommuntyper.

5. AVLOPPSLEDNINGARS KONDITION

5.1 Driftstörningar på avloppsnät

Ofta har man antagit att det finns ett direkt samband mellan frekvensen avloppsstopp och kondition hos enskilda ledningar. I en studie i PUFF-projektet har visats att en hel del av orsakerna till avloppsstopp sannolikt "byggts in" i systemet redan från början, jfr [5]. Detta har skett som en följd av olika brister i planering, projektering och byggande av ledningarna. Normalt kan man alltså inte direkt använda frekvensen avloppsstopp som indikator på att ledningarna skulle ha nedsatt kondition.

Ett avloppsstopp beror på att ledningens transportförmåga nedsatts genom någon form av blockering av den vattenförande arean. Denna blockering kan ske på något av följande sätt:

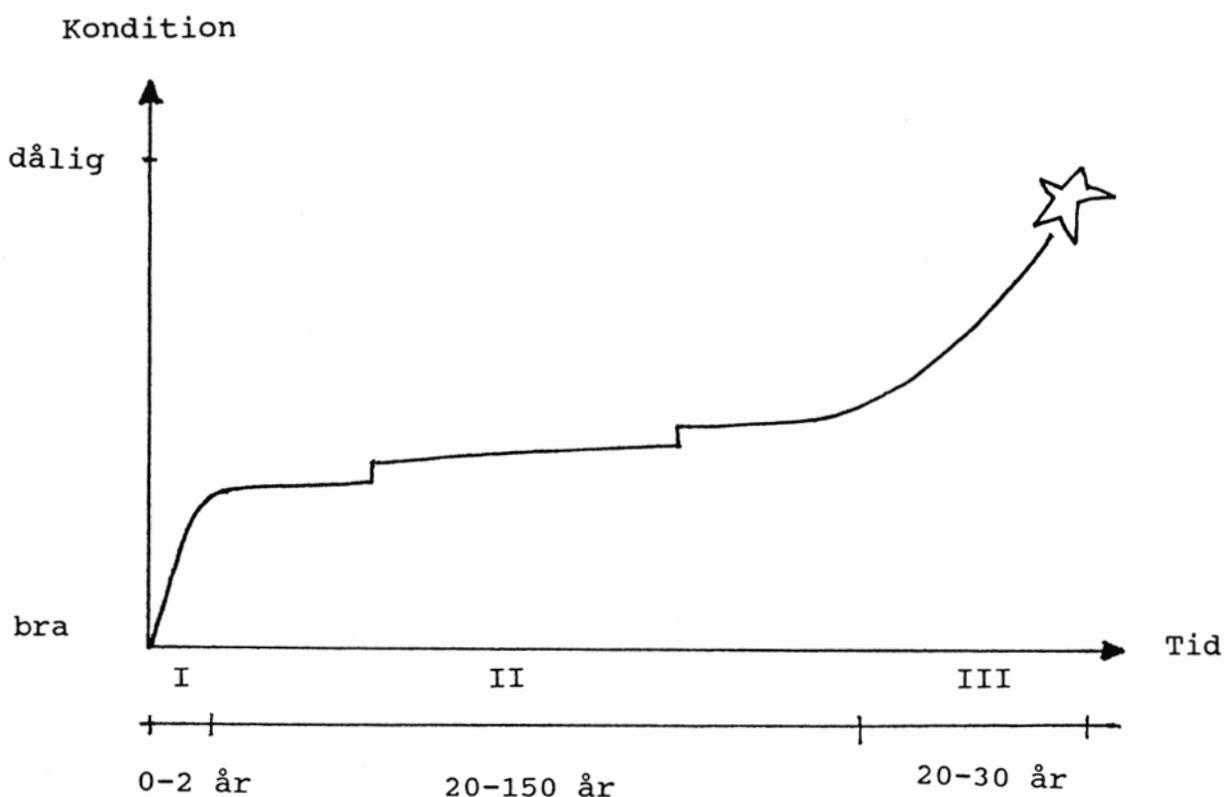
1. Sedimentavlagringar på ledningens botten
2. Påbyggnad/utfällning av material på rörväggen eller i fogar
3. Inväxande trädrötter
4. Rörförändringar
5. Hydraulisk blockering

Behandlingen av avloppsledningars kondition i PUFF-projektet har till stor del inriktats mot "rörförändringar", vilket begrepp innefattar olika former av strukturella förändringar av avloppsledningarnas kondition (t.ex. sprickor, deformationer och krosskador). En särskild studie i PUFF-projektet har dessutom ägnats problem med rotinträngning i avloppsledningar.

5.2 Rörförändringar hos avloppsledningar

Kunskapen om hur avloppsledningars kondition förändras över tiden är idag ytterst begränsad. Såvitt känt har hittills inte genomförts någon systematisk undersökning av tidsförloppet för den nedbrytning som sker under ledningens livstid. Den främsta orsaken till detta är att det är förenat med mycket stora praktiska svårigheter att i fält följa de verkliga konditionsförändringarna. Bara som exempel kan nämnas att det idag inte ens finns något objektivt sätt att värdera ledningskonditionen.

Tillsammans med styrgruppen för PUFF-projektet har som en första ansats formulerats en hypotes för den långsiktiga utvecklingen av avloppsledningars kondition. Hypotesen illustreras i figur 11.



Figur 11. PUFF-projektets hypotes för den långsiktiga utvecklingen av en avloppslednings kondition.

Som framgår av figuren kan man särskilja tre olika skeden i utvecklingen av ledningskonditionen.

Det första skedet utgörs av anläggningsskedet och något år därefter. Detta är den mest kritiska perioden för utvecklingen av ledningens kondition. Om ledningen inte läggs på föreskrivet sätt kan den komma att utsättas för mycket stora påkänningar vilka kan resultera i allvarliga initiella skador på röret. Dessa har stor betydelse för den fortsatta konditionsutvecklingen. De initiella konditionsnedsättningarna kan helt undvikas genom att lägga ledningen på föreskrivet sätt. Rörets livslängd ökar härigenom högst väsentligt.

Det andra skedet utgörs av ett fortvarighetstillstånd under vilket det inte sker några större förändringar av ledningskonditionen. En viss mycket långsam påverkan av ledningskonditionen kan dock ske. Denna kan vara mer eller mindre utpräglad och är beroende av rörens hållfasthetsegenskaper och av den aktuella omgivningspåverkan på rören. Vid större förändringar av den yttre belastningen på ledningen kan språngvisa försämringar av ledningskonditionen uppstå.

Det tredje skedet utgörs av en period med accelererande förfall som leder till att ledningen slutligen får så nedsatt kondition att den inte längre fyller sin funktion. Mycket lite är känt om hur snabbt det accelererande förfallet går. Givetvis måste detta vara beroende av såväl omgivningsfaktorer som rörets styrka.

Det bör här noteras att det inte finns någon skarp gräns mellan det andra och tredje skedet i åldrandeprocessen.

5.3 Värdering av ledningskonditionen

Som redan tidigare berörts finns det idag inte något objektivt sätt att värdera konditionen hos en avloppsledning. För beskrivning av ledningskonditionen har man hittills varit hänvisad till mer eller mindre subjektiva omdömen av typ "bra", "mindre bra", "dåligt" etc. Så grova beskrivningar av ledningskonditionen är inte tillfyllest vid en analys av hur konditionen förändras över tiden.

En beskrivning av avloppsledningars kondition måste återspegla alla de fel och brister ledningarna är behäftade med vid en viss bestämd tidpunkt. För att fånga upp dessa företas olika undersökningar i fält. Exempel på metoder som kan utnyttjas är invändig TV-inspektion, profilmätning, ovalitetsmätning, hållfasthetskontroll, täthetsprovning etc. I PUFF-projektet har valts att utgå ifrån de observationer som görs vid invändig inspektion av avloppsledningar.

Dokumentationen av observerade fel och brister vid invändig TV-inspektion sker idag på ett standardiserat sätt enligt en av VAV utvecklad fotomanual, jfr [6]. I en tregradig skala betygsätts härvid följande olika defekter:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. Sprickor (styva rör) | 10. Övrigt servisfel |
| 2. Rörbrott | 11. Inträngande tätningssring |
| 3. Deformation (flexibla rör) | 12. Hål |
| 4. Sprickor (flexibla rör) | 13. Främmande föremål |
| 5. Ytskada | 14. Rötter |
| 6. Tvärförskjutning | 15. Inläckage |
| 7. Längsförskjutning | 16. Utfällning |
| 8. Riktningsavvikelse | 17. Påbyggnad |
| 9. Inhuggning | 18. Sediment |
| | 19. Ansamling |

Med utgångspunkt från de defekter som kan anses ha betydelse för ledningskonditionen kommer i PUFF-projektet att tas fram ett poängsystem för kvantifiering av konditionen. Detta skall ske genom ett viktningsförfarande som bygger på manuell bedömning av renoveringsbehov hos ett stort antal ledningar.

5.4 Initiella rörförändringar (skede 1)

Under senare år har förekommit en del rapporter om skador på nylagda avloppsledningar. Som utgångspunkt för det fortsatta arbetet med

avloppsledningars kondition har i samarbete med rörmaterialindustrin gjorts en genomgång av ett antal skadefall på nylagda betongledningar, jfr. [7].

Den genomförda studien visar att brister i rörläggningen är den helt dominerande orsaken till de inträffade skadorna. De flesta skadorna kunde hänföras till bristfälligt utförd ledningsbädd eller understoppning kring ledningar. I en del fall kan oklarheter i de av projektören upprättade arbetsbeskrivningarna (enligt AMA) ha bidragit till uppkomsten av skadorna.

För att få en lite mer systematisk kontroll av hur vanligt det är med initiala rörförändringar på avloppsledningar har i PUFF-projektet valts att göra en utvärdering av konditionen hos samtliga avloppsledningar i Malmö som anlades år 1991 (ca 11.5 km). Utvärderingen bygger på en analys av resultaten från TV-inspektion, profilmätning och för plastledningar också ovalitetsmätning av de aktuella ledningarna. Resultatet från denna delstudie beräknas föreligga mot slutet av år 1993.

5.5 Långsiktiga rörförändringar (skede 2-3)

Efter de initiala rörförändringarna i samband med anläggandet av ledningen stabiliseras ledningskondition, och förändras under skede 2 mycket litet. Under detta skede är det i princip bara vid ändrade belastningar på ledningen som det sker någon märkbar förändring av ledningskonditionen.

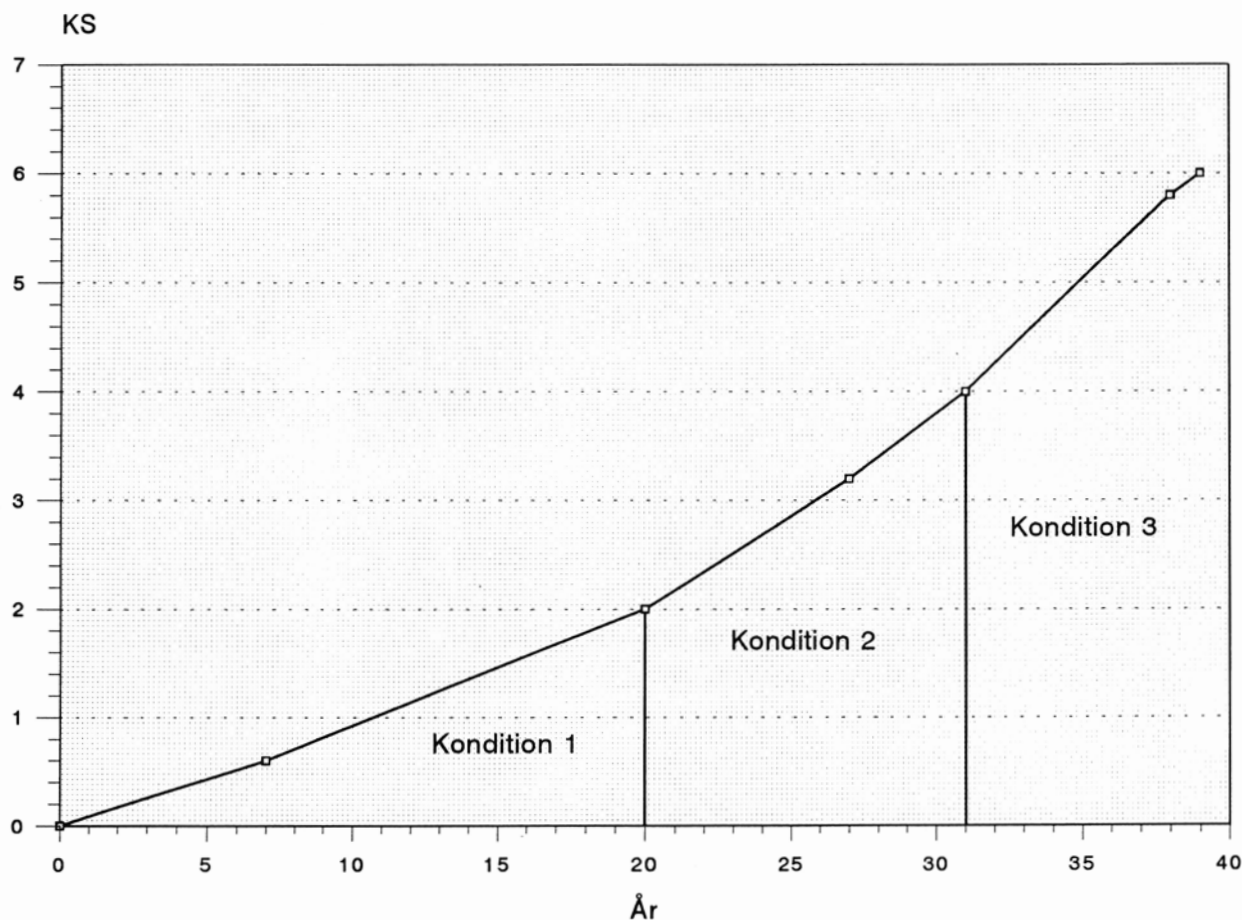
Med stigande ålder hos ledningen accelererar rörförändringarna succesivt. Detta börjar redan under slutet av skede 2 men blir mer accentuerat under skede 3. Någon distinkt gräns mellan skede 2 och skede 3 finns inte.

I vilken takt konditionsförändringarna sker under skede 2 och 3 och när de accelererande rörförändringarna börjar sätta in går inte att säga generellt. Bland de förhållanden som har betydelse i sammanhanget kan speciellt pekas på:

- * Ledningens kondition i början av skede 2
- * Påverkande omgivningsfaktorer och eventuella förändringar i belastningen på ledningen (t ex trafiklast mm)
- * Ledningens hållfasthetsegenskaper

Som ett första steg i arbetet med att kartlägga tidsförloppet för de långsiktiga förändringarna av avloppsledningars kondition, har i PUFF-projektet genomförts en studie av ett 40-tal huvudsakligen äldre betongledningar i Malmö, jfr [8]. Alla de aktuella ledningarna har TV-inspekterats vid två tillfällen med 5-10 års mellanrum. Av de studerade ledningarna hade 51 % fått något nedsatt kondition och 21 % kraftigt nedsatt kondition mellan de bägge inspektionstillfällena. Övriga 28 % av ledningarna uppvisade inte någon konditionsförändring alls.

Den företagna studien ger en mycket tydlig indikation om hur konditionsförändringen accelererar mot slutet av ledningens livstid, dvs under skede 3 enligt den definition som introducerats i figur 11. En illustration av detta visas i figur 12.



Figur 12. Illustration av den accelererande konditionsutvecklingen hos äldre betongledningar. Efter [8].

I det fortsatta projektarbetet kommer de långsiktiga konditionsförändringarna hos avloppsledningar att bli föremål för ytterliggare studier. Insatserna kommer härvid bl.a. att inriktas mot att försöka spåra eventuella samband mellan konditionsförändringar å ena sidan och påverkande omgivningsfaktorer samt ledningarnas hållfasthetsegenskaper å den andra.

5.6 Trädrötter och avloppsledningar

Inträngning av trädrötter i avloppsledningar är en relativt vanlig förekomst som förekommer i de flesta kommuner. Problemen med rotinträngning uppträder främst i äldre avloppsledningar. Fogarna i nya ledningar har god motståndskraft mot inträngning av trädrötter. Har man fått in rötter i avloppsledningen måste åtgärder sättas in för att avlägsna dessa. Enbart rotborttagning förmår dock bara hålla undan rötterna något eller några år. För en slutlig lösning på problemet är det nödvändigt att sätta in mer genomgripande åtgärder.

Problemkomplexet trädrötter/ledningar är föga uppmärksammat. I en särskild studie i PUFF-projektet har gjorts en kartläggning av förutsättningarna för trädrötters utbredning i mark samt av de faktorer som har betydelse för rotinträngning i avloppsledningar, jfr [9]. Som stöd för undersökningen har resultaten från 250 km TV-inspekterade avloppsledningar i Malmö analyserats med avseende på rotproblem.

Den genomförda studien visar att kommunikationen mellan trädgårdsanläggare och parkförvaltningarna å ena sidan och va-förvaltningarna å den andra idag är mycket bristfällig. De bägge yrkeskategorierna skyller vanligen de uppkomna problemen på varandra. Ett förbättrat samarbete mellan parterna, både vid nyanläggning, miljörenovering och när skador p.g.a. rotinträngning skall åtgärdas, torde till stor del kunna lösa problemen.

Som en uppföljning av arbetet i PUFF-projektet har vid avdelningen för park och trädgårdsteknik vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp påbörjats en studie av olika åtgärder för att skydda sig mot rotproblem.

6. FORTSATT ARBETE

Enligt gällande projektplan skall PUFF-projektet pågå ytterliggare två år och slutredovisas under 1995. Avsikten är att det tills dess skall ha tagits fram underlagsmaterial och metodik, som gör det möjligt att med rimlig säkerhet uppskatta den framtida driftstörningsutvecklingen och därmed också behovet av förnyelseinsatser.

När det gäller vattenledningars kondition kommer, som berörts i kapitel 4, det fortsatta arbetet huvudsakligen att inriktas mot följande områden:

- * Analys av nationella mönster i förekomsten av driftstörningar på vattenledningsnät. Detta kommer att ske genom en sammanfattande utvärdering av allt material i den uppbyggda driftstörningsdatabasen.
- * Framtagande av normalvärden för den framtida driftstörningsutvecklingen i svenska kommuner.
- * Utveckling av en modell för bedömning av det framtida åtgärdsbehovet på vattenledningsnätet i en kommun. Modellen skall byggas så att det åtminstone schablonmässigt går att ta hänsyn till varierande påverkan av olika omgivningsfaktorer.

När det gäller avloppsledningars kondition kommer, som berörts i kapitel 5, det fortsatta arbetet i PUFF-projektet i huvudsak att inriktas mot följande områden:

- * Framtagande av poängsystem för värdering av avloppsledningars kondition. Detta kommer att ske med utgångspunkt från olika observerade defekter inuti ledningen.
- * Genomgång av hur hållfasthetsegenskaperna hos avloppsrör utvecklats under 1900-talet.
- * Analys av förekomsten av initiella rörförändringar, som kan hänföras till anläggandet av ledningarna.
- * Analys av tidsförloppet för de mer långsiktiga rörförändringarna hos avloppsledningar, den s.k. konditionsstabiliteten. Speciell uppmärksamhet kommer härvid att ägnas inverkan av olika omgivningsfaktorer och rörens hållfasthetsegenskaper.

7. REFERENSER

1. Svenska Kommunförbundet. "Det kommunala underhållsberget. Delrapport: Vatten och avlopp". Okt 1991
2. Stahre P, Andersson L. "Drift underhåll och förnyelse av kommunala va-ledningar." Slutredovisning av DUVA-projektet. Stadsbyggnad nr 6, 1986.
3. VAV. "PRIVA II. Prioriteringsstrategi för underhåll, förnyelse och förbättring av va-ledningsnät." Publikation VAV P68, 1991.
4. Huledal P. "Strategier för åtgärdsplanering, klassindelning och prioritering." Malmö Gatukontor. Rörnätsavdelningen. Rapport 87:5, 1987.
5. Lidström V. "Orsaker till avloppsstopp." PUFF, arbetsrapport, juni 1993.
6. VAV. "Inre inspektion av avloppsledningar." Del 3: Dokumentationshandledning med fotomanual. Publikation VAV P60, 1985.
7. Sundahl A C. "Skadefall på nylagda betongledningar." VA-FORSK rapport 1992-12.
8. Lidström V. "Konditionsstabilitet hos avloppsledningar av betong." VA-FORSK rapport 1992-11.
9. Ståhl Ö. "Trädrötter och ledningar." VA-FORSK rapport 1992-11.

Rapporter utgivna i VA-FORSK-serien – 1994-05-25

- 1992-01 Hydraulisk analys av vattenledningsnät, *Lennart Andersson*
- 1992-02 Samverkan mellan avloppsnät och reningsverk, *Claes Hernebring*
- 1992-03 Lukt- och smakstörningar i dricksvatten, *Kjell Kihlberg, Roger Sävenhed*
- 1992-04 Artificial Groundwater Recharge – State of the Art, *Cristina Frycklund*
- 1992-05 Analysmetod för kloridoxid, klorit och klorat, *Mats Lindgren, Einar Pontén*
- 1992-06 Undersökning av förfilter för järn- och manganreduktion vid dricksvattenrening, *Tibor Nemeth, Åke Elgemark*
- 1992-07 Inventering av datorbaserade system för övervakning och styrning inom kommunal teknik, *Bengt Zagerholm*
- 1992-08 Bräddning – Problemets omfattning i svenska tätorter, *Mats Andreason, Johan Larsson*
- 1992-09 Lokal dagvattenhantering — Erfarenheter från några anläggningar i drift, *Eva Jansson, Bo Lind, Björn Malbert*
- 1992-10 PRISEK Prioritering Samhällskonsekvenser Ekonomi – Ekonomisk modell och systematisk effekttredovisning för värdering och prioritering av va-åtgärder, *Bertil Gustafsson, Gilbert Svensson*
- 1992-11 Konditionsstabilitet hos avloppsledningar av betong, *Viveka Lidström*
- 1992-12 Skadefall på nylagda betongledningar, *Ann-Christin Sundahl*
- 1992-13 Konstgjord grundvattenbildning, *Bertil Sundlöf, Lars Kronqvist*
- 1992-14 Trädrötter och ledningar, *Örjan Ståhl*
- 1992-15 Naturliga system för avloppsrening och resursutnyttjande i tempererat klimat, *HB Wittgren, Kenth Hasselgren*
- 1992-16 Vattenboken – En bok för mellanstadiet om vårt svenska vatten, *Accurat Information AB, VAV*
- 1992-17 Vattenboken – Lärboken, *Accurat Information AB, VAV*
- 1992-18 Utvärdering av VA-FORSK, *Björn Svedinger*
- 1992-19 Hårdgöring av dricksvatten med krita-kolsyra – ett alternativ till kalk-kolsyra, *Dan Göthe, Bertil Israelsson*
- 1993-01 Alternativ va-teknik – Exempelsamling, *Per-Arne Malmqvist, Agneta Samuelsson*
- 1993-02 Luft- och sedimentansamlingar i tryckledningar – Inledande studie, *Lennart Jönsson*
- 1993-03 Algtoxiner i dricksvatten – en undersökning vid två svenska vattenverk samt litteraturstudie, *Heléne Annadotter*
- 1993-04 Simulering av hydrologin inom urbana områden. Metodikmanual – MouseNAM, *Lars-Göran Gustafsson*
- 1993-05 Användning av kloridoxid — Reaktorstudier och halter i distributionssystemet vid nio vattenverk, *Mats Lindgren, Einar Pontén*
- 1993-06 Slamspridning på åkermark, *Per-Göran Andersson, Peter Nilsson*
- 1993-07 Analys av tillförselgrad till avloppsverk — svårigheter och möjligheter. Tillämpning på tillrinningen till Tivoliverket i Sundsvall, *Claes Hernebring*
- 1993-08 Indirekt nederbördspåverkan i spillvattensystem, *Hans Bäckman, Björn Marklund, Rune Olsson, Bengt-Lennart Peterson, Tore Wästlin*
- 1993-09 Franska va-driftentreprenader, *Lise-Lotte Nilsson*
- 1993-10 Generell kravspecifikation för styr- och övervakningssystem, *Bengt Zagerholm*
- 1993-11 Va på entreprenad, *Gösta Fredriksson, Bo Lannblad, Bengt Larsson, Åke Mattsson*
- 1993-12 Renovering av avloppsledningar. Riktlinjer för dokumentering och kvalitetskontroll, *Björn Borstad, Inge Faldager, Thomas Johansson*
- 1993-13 Simulering av vattenledningsnät med Piccolo — en utvärdering, *Krister Törneke*
- 1993-14 Drömmen om att allt ska förbli som det var — några reflexioner om konkurrens och strategier för förändring inom va-branschen, *Lennart Hansson, Ola Mattsson*
- 1993-15 Kostnader för drift av avloppsreningsverk, *Peter Balmér, Bengt Mattsson*
- 1993-16 Rötkammars förmåga att bryta ned organiska föreningar i slam, *Hans Ring*
- 1994-01 Va-ledningars kondition, *Peter Stahre, Ann-Christin Sundahl, Viveka Lidström*
- 1994-02 Tillämpning av kvicksilverfri COD-analys inom va-tekniken, *Evy Axén, Gregory M Morrison*
- 1994-03 Drifterfarenheter med biologisk kvävereduktion, *Magnus Emanuelsson*
- 1994-04 Bestämning av nitrat i kommunalt avloppsvatten — en metod lämpad för automatiserad övervakning och kontroll, *Christer Björklund, Bo Karlberg, Mikael Karlsson*
- 1994-05 Vattenförbrukningens dygnsvariation, *Lars Nikell*
- 1994-06 Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling — en kunskaps- och erfarenhetsstudie, *Thomas Larm*
- 1994-07 Svavelväteproblem i avloppsledningar — praktiska drifterfarenheter och tillämpbara anvisningar, *Anders Ledskog, Sven-Gunnar Larsson, Bo-Göran Lindqvist*

Övrig Publicering

Video Vatten och Avlopp för låg- och mellanstadiet

Påverkan på vattenkvaliteten i Stångån för utsläpp inom Linköpings tätort, Stadsb 2, 1991

Plats för regn. VA-FORSK och MOVIMUM, 1990

Klororganiska föreningar från disk- och blekmedel. Naturvårdsverket Rapport 4009, 1992

Kartläggning av förekomsten av legionella i svenska vattensystem, Bygghälsningsrådet R9:1993

Förbättrad behandlingsteknik för tvättvatten från bilvårdsanläggningar, IVL B 1093

Grundvatten — teori och tillämpning, Svensk Byggtjänst, 1993

Teknisk service i Europa, Svenska Kommunförbundet, 1993

