



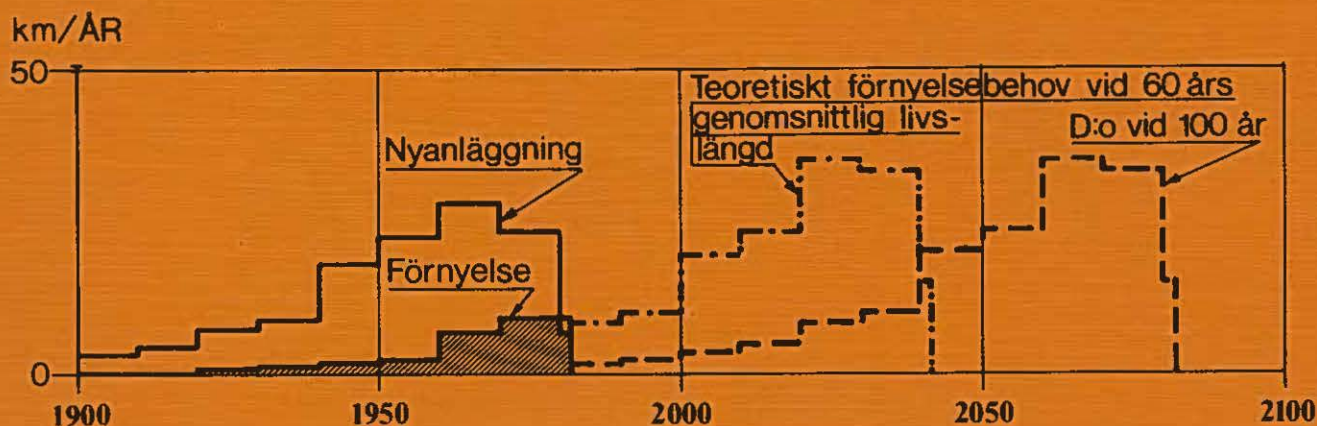
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi  
Geoteknik med grundläggning  
Vattenbyggnad  
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

## Byggande, drift och förnyelse av kommunala VA-ledningar

- Är driftstörningar omfattande ?
- Projekterar vi på bästa sätt ?
- Var ligger kostnaderna ?



GILBERT SVENSSON (Red.)



ISSN 0347 - 8165

# CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

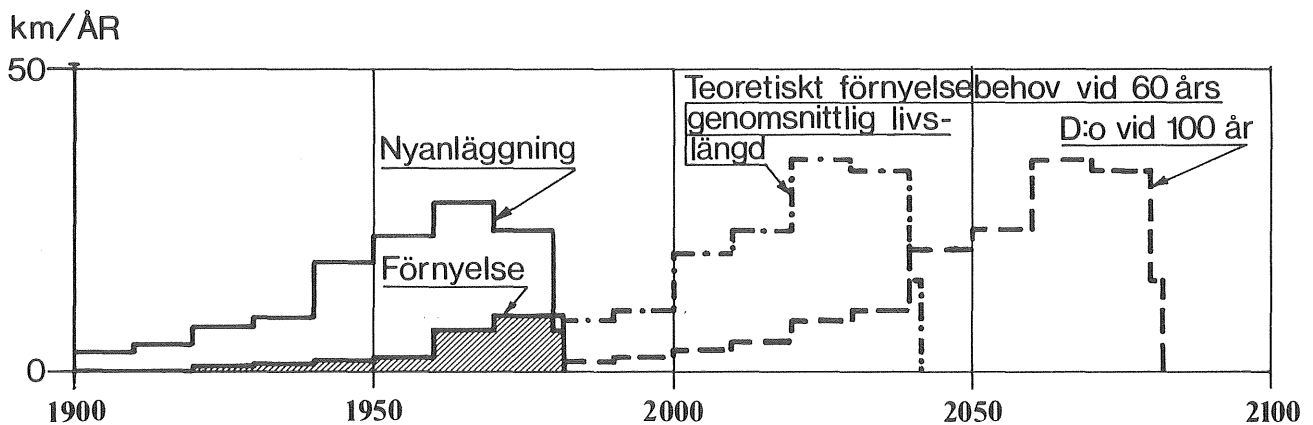
Geologi  
Geoteknik med grundläggning  
Vattenbyggnad  
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

## Nyckelord :

Ledningsbyggande, vatten, avlopp, kostnader, skador, driftstörningar.

# Byggande, drift och förnyelse av kommunala VA-ledningar

- Är driftstörningar omfattande ?
- Projekterar vi på bästa sätt ?
- Var ligger kostnaderna ?



GILBERT SVENSSON (Red.)

Adress :  
Geohydrologiska forskningsgruppen  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 Göteborg  
Tel. 031 - 81 01 00



## FÖRORD

Projektet "Rörgravens utformning med hänsyn till funktionskrav och geohydrologi" är ett av de forskningsprojekt om va-ledningar som drivs inom den Geohydrologiska forskningsgruppen. Denna rapport omfattar etapp 1 av projektet, som startade i januari 1983. Etapp 1 har omfattat insamling och bearbetning av uppgifter om driftstörningar och skadefall för va-ledningar samt kostnader för byggande, drift och förnyelse. Arbetet har drivits i nära samarbete med projekteringsavdelningen vid Göteborgs va-verk. En arbetsgrupp bestående av följande personer har tagit fram underlagsmaterialet.

Jan Adamsson	Göteborgs va-verk
Börje Jeltin	- " -
Sven-Erik Kristenson	- " -
Ake Mattsson	- " -
Bernt Persson	- " -
Leif Staberg	- " -
Jan Berntsson	Chalmers Tekniska Högskola
Gilbert Svensson	- " -
Madjid Taghizadeh-Nasser	- " -
Per Warnolf	- " -

Arbetet har bedrivits i mindre grupper, vilket framgår av rapportens kapitelindelning, där författarna till respektive kapitel finns angivna. Den slutliga sammanställningen och redigeringen av rapporten har utförts av undertecknad.

I oktober 1983 hölls ett seminarium om byggande, drift och förnyelse av va-ledningar med deltagande av entreprenörer och konsulter. Vid seminariet lämnades många värdefulla synpunkter på rapportens innehåll. Ett sammandrag av diskussionerna redovisas i bilaga till rapporten.

Manuset till rapporten har växt fram under en längre period med många diskussioner i större eller mindre grupper. Det slutliga manuskriptet ordbehandlades till sist av Ann-Marie Hellgren och Inger Hessel.

Till samtliga medverkande riktas härmed ett stort tack för gott samarbete.

Göteborg i mars 1984

Gilbert Svensson



INNEHÅLL

FÖRORD	I
SAMMANFATTNING	IV
1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Projektorganisation	2
2 DRIFTSTÖRNINGAR PÅ VA-LEDNINGAR	3
2.1 VAV:s driftstörningsstatistik	3
2.2 Skadestatistik för VA-ledningar i Göteborg, 1982 Författare: Madjid Taghizadeh-Nasser, Per Warnolf	4
2.2.1 Inledning	4
2.2.2 Syftet med inventeringen	4
2.2.3 Redovisning och synpunkter på insamlat material	4
2.2.4 Sammanfattande kommentar	13
2.3 Skadefall - analys av orsaker Författare: Bernt Persson	14
2.3.1 Allmänt	14
2.3.2 Urval av skadetyper	14
2.3.3 Praktikfall - avlopp	16
2.4 Diskussion	29
3 AMA-ANALYS Författare: Jan Berntson, Sven-Erik Kristenson, Börje Jeltin, Leif Staberg	31
3.1 Allmänt	31
3.2 Projekterings-AMA	31
3.3 Diskussion av några punkter i Mark-AMA	32
3.4 Sammanfattning	40
4. KOSTNADER FÖR VA-LEDNINGAR Författare: Jan Adamsson, Börje Jeltin, Åke Mattsson	43
4.1 VA-ledningsbyggandet - vart är vi på väg?	43
4.2 Analys av investeringskostnader för Göteborg	44
4.2.1 Syfte och begränsningar	44
4.2.2 Ledningsbyggandets omfattning	44
4.2.3 Kalkylering	45

## IV

4.2.4	Ledningskostnadernas fördelning för några typiska rörgravar	50
4.2.5	Investeringskostnader för några detalj-studerade projekt	56
4.2.6	Slutsatser	71
4.3	Drift- och underhållskostnader för Göteborg	72
4.3.1	Vattenledningsnätet i Göteborg	72
4.3.2	Avloppsledningsnätet i Göteborg	73
4.3.3	Organisation	74
4.3.4	Kostnader	76
4.3.5	Årskostnader under ledningens livs-längd - exempel	77
4.4	Projekterar och bygger vi för framtiden?	81
5	REFERENSER	83
	BILAGA	85
1.	ANLÄGGANDE, DRIFT OCH UNDERHÅLL AV VA-LEDNINGAR - SEMINARIUM I GÖTEBORG DEN 13 OKTOBER 1983	85
	Bakgrund	85
	Syfte	85
	Program	86
	Redovisning av gruppdiskussionerna	86
	Grupp 1	
	Grupp 2	
	Grupp 3	
	Grupp 4	
	Summering av diskussionerna	89

## SAMMANFATTNING

### Är driftstörningarna omfattande?

En genomgång av VAV:s driftstörningsstatistik, driftstörningsstatistik för Göteborg 1982 och ett antal skadefall för både vatten- och avloppsnät visar att det i allmänhet förekommer 1-2 driftstörningar per 10 km ledning och år. Variationer förekommer och dessa kan lokalt vara stora. Om driftstörningsfrekvensen absolut sett är hög går inte att besvara eftersom det inte sker någon kontinuerlig uppföljning och bearbetning. Däremot kan lokala driftstörningsfrekvenser jämföras med VAV:s redovisade frekvenser för att få en uppfattning om förhållandena i en enskild kommun.

Driftstörningarna redovisas med en blandning av orsaker och konsekvenser. För vattenledningarna redovisas i huvudsak orsaker medan för avloppsledningarna konsekvenserna blandas med orsaker. Den typ av brist som inte ger upphov till akuta driftstörningar, men som kanske på sikt äventyrar ledningens fortbestånd syns inte i gängse driftstörningsstatistik.

Med tanke på planerat underhåll för att förebygga driftstörningar borde åtskillnad göras mellan störningar som ger upphov till ökad tillsyn och sådana som förr eller senare kräver en konstruktionsmässig åtgärd.

Kostnaderna för att åtgärda en driftstörning varierar kraftigt. För de ca 450 registrerade driftstörningarna på vattenledningsnätet i Göteborg under 1982 varierade kostnaden mellan 1.000 och 70.000 kronor. Tyngdpunkten ligger vid ca 6.000 kronor, vilket skulle motsvara ca 2 kr/m vattenledning i driftstörningskostnad.

De redovisade skadefallen är av den typ som förr eller senare kräver en konstruktionsmässig åtgärd. Flera av dem har emellertid inte gett upphov till akuta driftstörningar utan bristerna har upptäckts på annat sätt. Orsakerna är i huvudsak brister i konstruktionen rör - rörgrav.

### Projekterar vi på bästa sätt?

Den granskning av Mark-AMA som skett utgår från Mark-AMA 72 och remissutgåvan till Mark-AMA 83. Genom AMA-systemets allmänna spridning och accept både från beställare och entreprenör har den i många fall fått en större betydelse än enbart en material- och arbetsbeskrivning. Det utförande som beskrivs i AMA är vedertaget och föreskrivs ofta utan närmare eftertanke, dvs AMA:s föreskrifter har i stor utsträckning kommit att påverka projekteringen.

AMA-systemets uppstyrning av utförandet begränsar också entreprenörens möjligheter till alternativa utföranden anpassade till rådande förhållanden. Detta kan inverka hämmande på utvecklingen och i sämsta fall innebära en tekniskt/ekonomiskt ogynnsam lösning.



Granskningen av AMA har bland annat lett fram till en diskussion om en projekterings-AMA som hjälp för va-projektören att lösa de problem där Mark-AMA hänvisar till särskild utredning och stöd där alternativa lösningar bör övervägas.

Diskussionen av Mark-AMA har visat på behov för fördjupade studier inom avsnitten: Fyllning (kringfyllning, resterande fyllning), spontschakter, utspetsning och grundförstärkning. Sannolikt kan förbättringar inom dessa avsnitt innebära kostnadsbesparingar och högre kvalitet på va-ledningarna i framtiden.

Det är även viktigt att klargöra hur ledningar skall kontrolleras och vilka krav som skall uppfyllas för godkännande.

#### Var ligger kostnaderna?

Va-investeringarna i Sverige uppgick 1981 till 1,9 miljarder kronor, varav investeringarna i ledningsnät utgjorde 65 %. Vattenledningarna svarade för 23 %-enheter och avloppsledningarna för 42 %-enheter. Under den senaste 10-årsperioden har investeringarna halverats mätt i fast penningvärde. Under 1981 nyanlades 1060 km vattenledningar och 1435 km avloppsledningar. Statistik saknas emellertid över hur stor del av dessa ledningar som var omläggnings- och renoveringsarbeten. I Göteborg utgjorde reinvesteringarna ca 30 % av investeringarna i vattenledningsnätet. Trots den synbart höga andelen ger det endast förnyelse av ca 0,3 % av det totala ledningsnätet.

Driften av de svenska va-näten kostade samma år ca 600 miljoner kronor.

Kostnader och kostnadsfördelning vid ledningsbyggande belyses av kalkyler för några typiska rörgravar och några utförda ledningsprojekt, vilka redovisas detaljerat i rapporten.

Sammanfattningsvis kan konstateras att vid nyexploatering görs de stora besparingarna under stadsplanestadiet - effektivt ledningsnät, tillvaratagande av de lokala förutsättningarna, LOD mm. Rörgravsutformningen påverkar kostnaderna endast marginellt vid jordschakt. Vid ledningsläggning i berg däremot finns större anledning att pressa rörgravsdimensionerna. Här bör även alternativ som långhålsborrning och grunt förlagda isolerade ledningar beaktas.

En jämförelse mellan nyexploatering och sanering visar att kostnaderna vid sanering är 2 till 3 gånger högre än vid nyexploatering.

De höga kostnaderna vid va-sanering kräver ett annorlunda arbetssätt vid projekteringen med tonvikten på inventering och analys av nuvarande ledningsnäts funktion. Bättre kunskap om sambandet kostnader/kvalitet/livslängd för olika renoveringsmetoder efterlyses.

Samspelet mellan investeringskostnad, årliga driftkostnader och ledningsnätets totala kostnad under dess livstid måste beaktas.

Med nuvarande kunskapsnivå om driftstörningsfrekvenser och underhållskostnader kan endast olika antaganden göras och kalkylerna blir därför endast vägledande. En metodik för livstidskalkyler, som beaktar även kostnader för driftstörningar behöver utvecklas.



## 1 INLEDNING

### 1.1 Bakgrund

Investeringar i va-ledningsnät är av långsiktig natur. Förväntade livslängder är åtminstone 50 år och ofta mycket längre. Livslängden beror av ett antal samverkande faktorer som läggningsteknik, fogmaterial, rörmaterial, återfyllnadsmaterial m m. Förändringar i någon del av det system som rörgraven utgör kan påverka livslängden.

Att öka kunskapen om de samverkande faktorer som styr kostnaderna för en rörgrav för va-ledningar dels vid anläggandet dels under driftskedet är av stor vikt.

En viktig faktor som starkt påverkar kostnaderna är de funktionskrav man ställer på en rörgrav vid anläggandet. Under driftskedet påverkas kostnaderna av i vilken utsträckning funktionskraven måste vara uppfyllda. Till sist handlar det om vilken servicenivå kommunen vill erbjuda innevånarna och om servicenivån stämmer med det pris som innevånarna måste betala.

Det ideala vore om man kunde bestämma den önskade livslängden för en rörgrav samt kalkylera kostnaden under dess livstid.

Idag tas mycket liten hänsyn till de kostnader som uppkommer under driftskedet och om dessa borde påverka investeringskostnaden. En orsak till detta är den traditionella kalkylmetoden, som vid en kalkylränta på säg 6% ger ett lågt nuvärde för framtida kostnader. Det viktigaste blir således att till varje pris hålla nere investeringskostnaden.

### 1.2 Syfte

Syftet för projektet "Rörgravens utformning med hänsyn till funktionskrav och geohydrologi" är:

- att beskriva konsekvenserna med avseende på investeringskostnad, driftekonomi och miljö för olika rörgravsutformningar under olika grundläggnings-, belastnings- och geohydrologiska betingelser.

Den första etappen, vilken redovisas i denna rapport har haft som syfte:

- att analysera kostnaderna för va-ledningar uppdelat på:
  1. Investeringskostnader
  2. Driftkostnader
  3. Underhållskostnader
- att analysera Mark-AMA med hänsyn till hur denna styr utformningen av rörgraven och därigenom påverkar kostnader och funktion
- att belysa drift- och underhållssituationen för va-ledningar genom att analysera inträffade skadefall och driftstörningsstatistik.

Fortsättningen av projektet kommer att omfatta:

1. En kartläggning av vilka funktionskrav de avloppsledningar som lagts under de senaste 20-30 åren uppfyller.
2. Funktionskrav för avloppsledningar - risk för driftstörningar.
3. Beräkning av kostnader under ledningarnas livstid.

### 1.3 Projektorganisation

Etapp 1 av projektet "Rörgravens utformning med hänsyn till funktionskrav och geohydrologi" redovisas i denna rapport. Denna etapp har genomförts i nära samarbete med Göteborgs va-verk. En arbetsgrupp bestående av nedanstående personer har tagit fram underlagsmaterial och författat olika delar av rapporten, som framgår av innehållsförteckningen.

Göteborgs va-verk:

Jan Adamsson  
Börje Jeltin  
Sven-Erik Kristenson  
Åke Mattsson  
Bernt Persson  
Leif Staberg

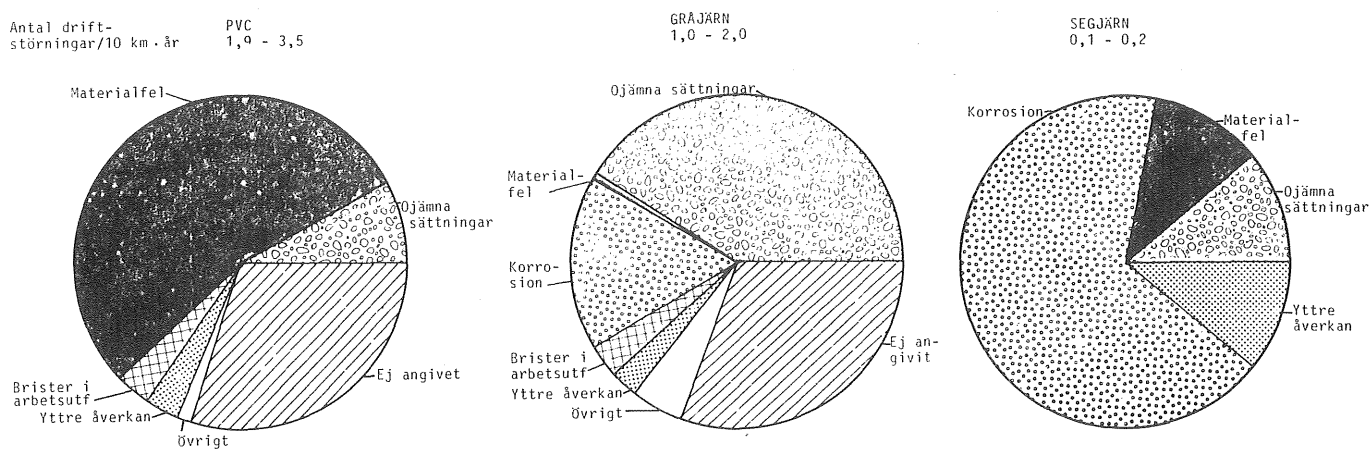
Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers:

Jan Berntsson  
Gilbert Svensson  
Madjid Taghizadeh-Nasser  
Per Warnolf

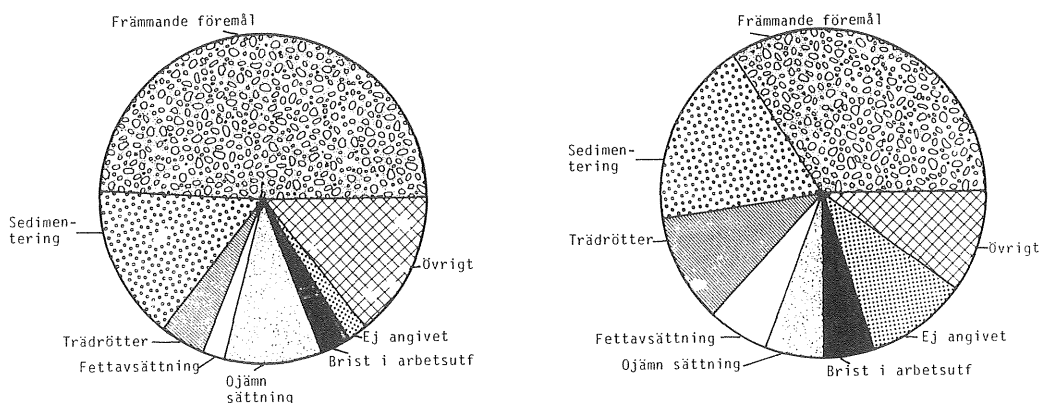
## 2 DRIFTSTÖRNINGAR PÅ VA-LEDNINGAR

2.1 VAV:s driftstörningsstatistik

Under perioden 1974-1978 har på initiativ av VAV driftstörningarna på va-ledningsnät studerats i ett antal kommuner (VAV Rapport 1/81). Totalt har 2 600 driftstörningsrapporter samlats in och bearbetats. Nedan sammanställs några av resultaten.



Figur 2.1 Orsaker till driftstörningar hos huvud- och distributionsledningar 1977-12 t o m 1978-11 hos PVC, gråjärns- och segjärnsledningar, (VAV Rapport 1/81).



Figur 2.2 Orsak till driftstörningar på avskärande avloppsledningar och samlingsledningar, (VAV Rapport 1/81).

## 2.2 Skadestatistik för va-ledningar i Göteborg 1982

Författare: Madjid Taghizadeh-Nasser och Per Warnolf

### 2.2.1 Inledning

Under våren 1983 genomfördes en inventering över rapporterade skadefall på vatten-, spillvatten- och kombinerade ledningar inom Göteborgs VA-verks verksamhetsområde under år 1982.

Inom verksamhetsområdet fanns under 1982 1507 km vattenledningar, 804 km spillvattenledningar, 517 km kombinerade avloppsledningar samt 790 km dagvattenledningar, (VA-verkets årsberättelse 1982).

Antalet genomgångna rapporter uppgår till ca 500 st, varav cirka 450 st avser vattenledningar. Rapportens utseende framgår av figur 2.3a och 2.3b. Kompletterande information om ledningsnätet har erhållits från VA-verkets ritningsarkiv, ålderskartverk, bokföring samt från gatukontorets trafikmätningar.

De uppgifter ur olika källor som bedömts som relevanta har sammanställts till de punkter, som visas i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Typer av uppgifter som samlats in om rörgraven och om inträffade driftstörningar

Uppgiftstyp	Uppgiftstyp
1. Ledningstyp	9. Ålder
2. Ledningsmaterial	10. Ledningens allmänna kondition
3. Ledningsdimension	11. Gatans uppbyggnad
4. Arbetets art	12. Förhållande i schakten
5. Typ av driftstörning	13. Trafikbelastning
6. Fogtyp	14. Grundvattennivå
7. Typsektion	15. Arbetets totala kostnad
8. Planläge	16. Tid på året

Uppgifterna har därefter behandlats i dator.

### 2.2.2 Syftet med inventeringen

Avsikten var att allmänt undersöka vilka faktorer som kunde påverka skadefrekvensen och att undersöka om något samband kunde påvisas mellan de olika faktorerna.

### 2.2.3 Redovisning och synpunkter på insamlat material

För vårt syfte är materialet inte helt komplett. För det första är antalet inträffade skadefall för dagvatten- och kombinerade ledningar under 1982 alltför få för att utgöra underlag för statistik och beaktas därför ej i fortsättningen. För det andra saknas vissa faktorer i det övriga insamlade materialet för spill- och


**ARBETSDOKUMENT**  
**Römnätsarbete**

Utskrivn. datum

Intern beställare	Stadsdel		Kvarter (nr, namn)		tomtnr	Stadsåga nr	KONTO		
	Gatuadress (arbetsplats)					Lagkod	Intern beteckning		
	Ledningstyp	dim. mm	avlopp	dim. mm	avlopp	dim. mm	avlopp	dim. mm	fjäm- värm.
	vatten		spillvatten		regnvatten		komb.		
	Arbetsart								
	<input type="checkbox"/> Ny- anläggning	<input type="checkbox"/> Provtryck	<input type="checkbox"/> Omlagning	<input type="checkbox"/> Koppling	<input type="checkbox"/> Pluggning	<input type="checkbox"/> Klorering	<input type="checkbox"/> Slangdrag.	<input type="checkbox"/> Brickuppsättn.	
	<input type="checkbox"/> Rep. av rörledning	<input type="checkbox"/> Rep. av servis	<input type="checkbox"/> Rep. av serviskran	<input type="checkbox"/> Sättning av ventil	<input type="checkbox"/> Byte av ventil	<input type="checkbox"/> Ompackning av ventil	<input type="checkbox"/> Rep. av ventil	<input type="checkbox"/> Just. av spindel	
	<input type="checkbox"/> Sättning av brandpost	<input type="checkbox"/> Höjning av brandpost	<input type="checkbox"/> Byte av brandpost	<input type="checkbox"/> Rep. av brandpost	<input type="checkbox"/> Byte/just. av nedstign. brunnbetäckn.	<input type="checkbox"/> Rep. av vattenpost	<input type="checkbox"/> Prov- schakt	<input type="checkbox"/> Provby av röret	
	<input type="checkbox"/> Läck- sökning	<input type="checkbox"/> Slut- just arb							
	Innan arbetet påbörjas kontakta				Driftstörning		datum	klöckslag	av
	<input type="checkbox"/> Energiverket ang. kablar och ledn.		<input type="checkbox"/> Televerket ang. kablar		meddelad				
						Utföres vecka		Angelägenhetsgrad	
	<input type="checkbox"/> Arbetet skall debetieras	<input type="checkbox"/> Arbetet skall ej debetieras	Ritning nr		Arb.nummer	Kartblad nr	Avstäng.omr.	Ventilgrupp	
	Kundens namn, postadress och telefonnummer								beställning nr
	<input type="checkbox"/> Vattenförbrukningen skall uppskattas					<input type="checkbox"/> Se bilaga		underskrift (intern beställare)	
Arbetsledare		Lagförman		lagnr	Mättningsuppgift nr	Beordrat av			
Anvisningar									
Arb. påbörjat den		Arb. avslutat den		Lagförmans underskrift		Arbetsledarens underskrift		Dist.ing underskrift	
1.	dagtid timmar	å pris	overtid timmar	å pris	tillagg	belopp			
Loner			+		=	+	=		
2.	typ	antal timmar	å pris	typ	antal timmar	å pris			
Grävmaskin			+				=		
3.	typ	antal timmar	å pris	typ	antal timmar	å pris			
Lastbil			+				=		
4.	körbana	å pris	gångbana	å pris	gräsmatta	å pris			
Ytreparation	m <sup>2</sup>		+	m <sup>2</sup>	+	m <sup>2</sup>	=		
5.									
Övrigt (ej material)					Standardpris	Omkostnadstillägg			
6.	Material från VA förråd (spec. på Aok baksida)					%	=		
7.	antal följesedar								
Köpta varor									
8.									
Administrationstillägg pos. 1-7				10%					
9.			å pris						
Vattenförbrukning		m <sup>3</sup>							
						SUMMA KR			
Ant.									

Bl.604.3 RA 1319.3 82-08

Figur 2.3a Göteborgs VA-verks rapportblad för römnätsarbete, sida 1.



Anteckningar											
Materialåtgång och uppgifter för gatupreparationer:											
Rör och rördelar	dim.	åtgång	Servisdelar	dim.	åtgång	Material	dim.	åtgång	dim.	åtgång	
<input type="checkbox"/> gj <input type="checkbox"/> segj <input type="checkbox"/> PVC			<input type="checkbox"/> Cu <input type="checkbox"/> PEH <input type="checkbox"/>			Cementrör och -rördelar					
Raka rör		m	Vattenpost		st	Raka rör		st			st
Krokrör		st	Kopparrör		m	Krokrör kvartsböj		st			st
Vårtrör		st	Secureskoppl. nr		st	Krokrör halvböj		st			st
Dubbelmuffar		st	Metallbänd		st	Sadelgren		st			st
Kranmuffar		st	Metallmuffar		st	Grenrör		st			st
Anbornn.byglar <input type="checkbox"/> gj <input type="checkbox"/> betos		st	Nipplar		st	Tättningsringar		st			st
Pluggar		st	PEH-rör		m	Pluggar		st			st
Reparationsmuffar		st	PRK-koppl.nr		st	Överg.rör Btg-PVC		st			st
Förankringspackn.			PRK-koppl.nr		st	Passramar		st			st
Huvudledningsventiler och tillbehör			PRK-koppl.nr		st	Material		dim.			åtgång
Avst.ventil kompl. <input type="checkbox"/> gj <input type="checkbox"/> Tn		st	Isiflo koppl.nr		st	Nedstigningsbrunnar och tillbehör					
Avst.ventil <input type="checkbox"/> gj <input type="checkbox"/> Tn		st	Isiflo koppl.nr		st	Brunnsringar, h=0,5 m					st
Ventilflaska		st	Bly		kg	Brunnsringar, h=0,3 m					st
Kapsel		st	Isiflo koppl.nr		st	Brunnsringar, h=0,2 m					st
Ventilbrunn		st	Isiflo koppl.nr		st	Överstykke, kons					st
Ventilstyrjärn		st	Servisventiler och tillbehör			Alcliffbetäckn. kompl.					st
Spindel		st	Servicekran kompl.		st	Lock till järnram					st
Rörklammor		st	Stoppkran		st	Passram					st
Stag		st	Spindel		st	Stegar till NB-topp					st
Muttrar		st	Kapslar		st	Stegar till NB-2 steg					st
Brickor		st	Skarvrör		st	Stegar till NB-3 steg					st
Bult		st	Flaska		st	Grus, essmack, cement, övrigt					
Luft.ventil		st	Brunnar		st	Grus					ton
Btg.platta till luft.ventil		st	Påsalningar		st	Essmack					ton
Brandposter, vattenposter etc.			Styrjärn till brunn		st	Betong					m <sup>3</sup>
Brandpost kompl. <input type="checkbox"/> gj <input type="checkbox"/> Tn		st			st	Cement					säck
Brandpost <input type="checkbox"/> gj <input type="checkbox"/> Tn		st			st	Torrbetong					säck
Bajonettör, kort		st	Uppgifter för gatupreparationer Anmält gatuprep. den								
Kapslar		st	Längd	Bredd	Rep.yta	Betackningar	Kapslar	Yi-belaggnin			
Betongtrumma		st	Körbana								
Brunnar		st	Gångbana								
Skyltar		st	Gräsmatta o. likn.								
Betongplatta		st									
Beläggningstyp											
Ah = Asfalt, halvpermanent, Ap = Asfalt, permanent, svart, Apf = Asfalt, permanent, färgad, vit-röd, S = sten, plattor eller liknande, Mg = Makadam eller grus.											

Arbetsledare, lagerförman

1319-2-3 82,08

Figur 2.3b Göteborgs VA-verks rapportblad för rörnätsarbete, sida 2.

vattenledningar. Dessa faktorer är uppgifter om grundvattennivå, schaktmaterial, trafikbelastning och kondition. För vattenledningar gäller dessutom att en uppdelning på olika ledningsmaterial för speciell analys inte kunnat genomföras, utom för gjutjärn, på grund av ett alltför litet statistiskt material (1-30 - observationer/ledningsmaterial). Detta skall jämföras med gjutjärnsledningarnas ca 360 observationer. I beteckning gjutjärn ingår även ledningar av segjärn som utgör ca 20 observationer.

För spillvattenledningar, se figur 2.4, gäller att ca 50% av inträffade skador härrör från servisledningar. Motsvarande siffra för vattenledningar är knappt 20%.

En betraktelse av vattenledningsskadornas fördelning över året, (figur 2.5) ger vid handen att en ökning av skadefallen inträffar under början och slutet av året, för att sjunka under sommar-månaderna däremellan. I figuren har även lagts in temperaturens fördelning över året med uppgifter om minimitemperatur, medeltemperatur och minimidygnstemperatur. Toppen under juli månad har sin förklaring i att det under 1982 skedde en tryckökning med 20 mvp på ledningsnätet och att detta varit den utlösande faktorn för många skador. Något motsvarande mönster som för vattenledningar kan ej skönjas för spillvattenledningar.

Figur 2.6 utvisar fördelningen av fel på olika ledningsdimensioner. För vattenledningar i gjutjärn finns god statistik uppgjord över utlagd längd av olika dimension. Därför har det varit möjligt att vikta histogrammet så att det anger fel per 10 km ledning.

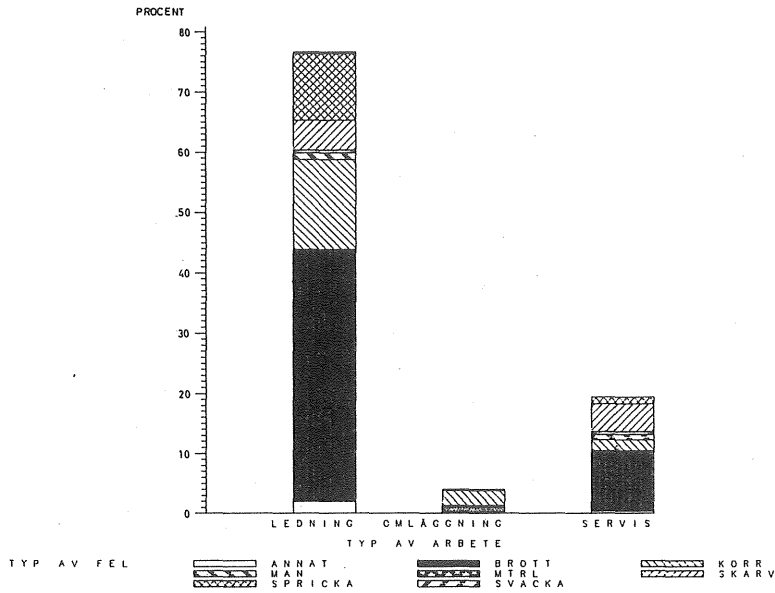
Figur 2.6 antyder att brottfrekvensen minskar med ökad ledningsdimension i intervallet  $\text{Ø}80\text{-Ø}300$ . För grövre dimensioner antyds att skarvarna håller dåligt på rör i dimension  $\text{Ø}450$  samt att dimension  $\text{Ø}600$ -rörs vanligaste skadeorsak är sprickor.

Dimension  $\text{Ø}125$ , (5") och  $\text{Ø}51$ , (2"), är äldre dimensioner som lades fram till mitten av 50-talet.

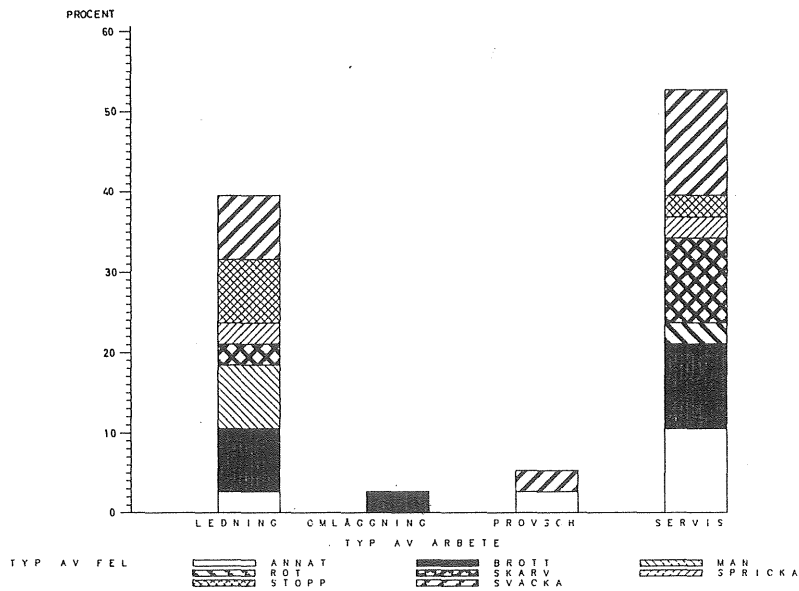
För spillvattenledningar saknas motsvarande statistik över utlagd längd per dimension.

Med typsektion avses här antal ledningar, 1 till 3 st, i ledningsgraven. För både spill- och vattenledningar är det för fallet två ledningar som den högsta skadefrekvensen finns, kring 60% för båda ledningstyperna, figur 2.7. En möjlig förklaring beträffande vattenledningarna kan vara att det oftast är fråga om äldre ledningar och att dessa ligger i ledningsgrav tillsammans med en kombinerad ledning. Motsvarande förklaring för spillvatten är svårare, men en del av sanningen är att söka i den stora delen serviser som ligger i par med vattenledning in till husen.

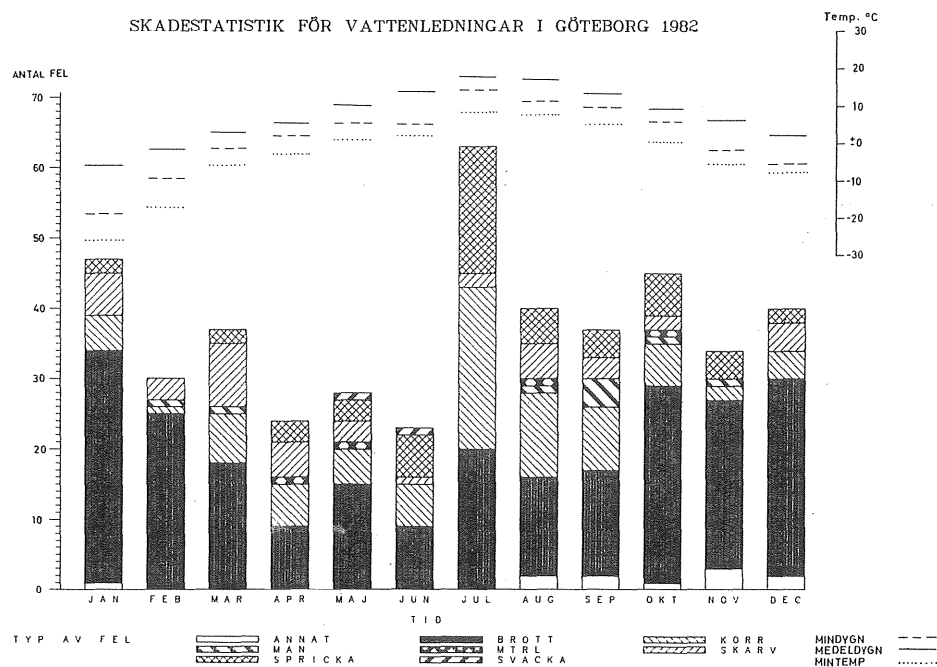
## SKADESTATISTIK FÖR VATTENLEDNINGAR I GÖTEBORG 1982



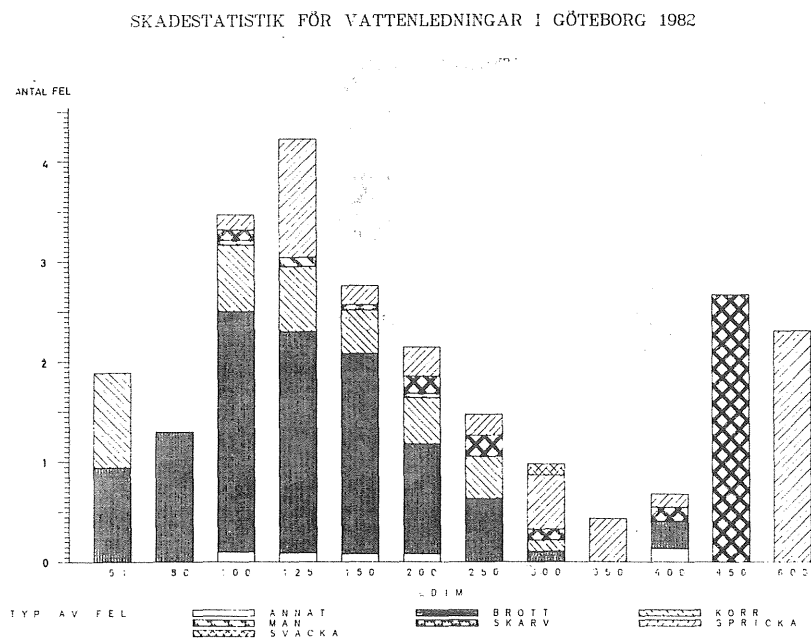
## SKADESTATISTIK FÖR SPILLVATTENLEDNINGAR I GÖTEBORG 1982



Figur 2.4 Det undersökta materialets procentuella fördelning på olika typer av utfört arbete för vatten - resp spillvattenledningar.

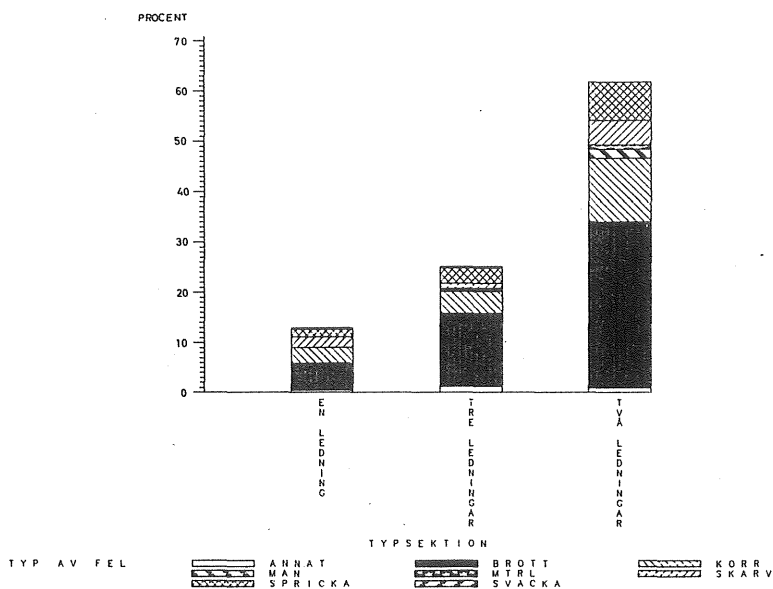


Figur 2.5 Inträffade skadors fördelning över året för vattenledningar, samt jämförelse med motsvarande temperaturfördelning.

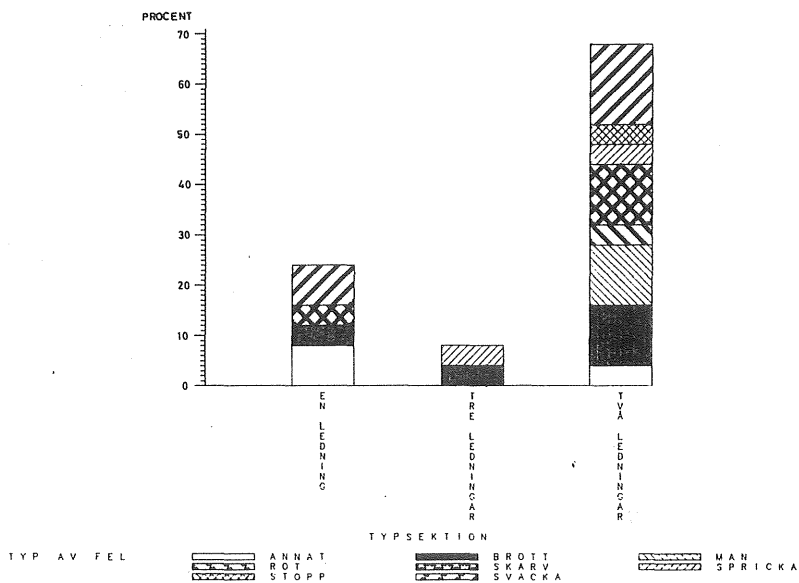


Figur 2.6 Antal skadefall (fel) per 10 km vattenledning av gjutjärn, uppdelat på ledningsdimensioner.

SKADESTATISTIK FÖR VATTENLEDNINGAR I GÖTEBORG 1982



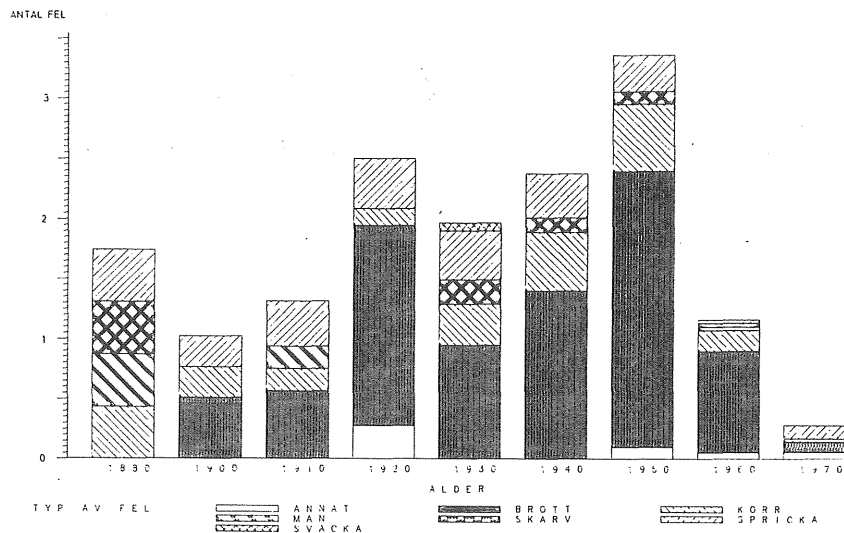
SKADESTATISTIK FÖR SPILLVATTENLEDNINGAR I GÖTEBORG 1982



Figur 2.7 Det undersökta materialets procentuella fördelning på antal ledningar i ledningsgraven, för vatten- resp spillvattenledningar.

Samma viktning i ledningslängd som gjorts i figur 2.6 har använts på felens åldersfördelning för vattenledningar av gjutjärn i figur 2.8. Viktningen är ej utförd renodlat för gjutjärnsledningar utan för samtliga ledningsmaterial. Det helt dominerande materialet i ledningsnätet i Göteborg är emellertid gjutjärn, varför avvikelserna torde bli liten. Det förmodade resultatet, dvs att ju äldre ledningar, ju större skadefrekvens gäller uppenbarligen inte. I stället tyder det på en relativt jämn fördelning av felen under 1920- till 1940-talet, en något markerad uppgång under 50-talet, för att sedan radikalt sjunka för ledningar lagda under 1960- och 1970-talet. Av figuren framgår även att ökningen under 50-talet i stort sett kan hänföras till felkategorin brott. En spekulering i anledning till ökningen under 50-talet kan vara det maskinella ledningsbyggandets intåg i ledningsbyggandet.

SKADESTATISTIK FÖR VATTENLEDNINGAR I GÖTEBORG 1982

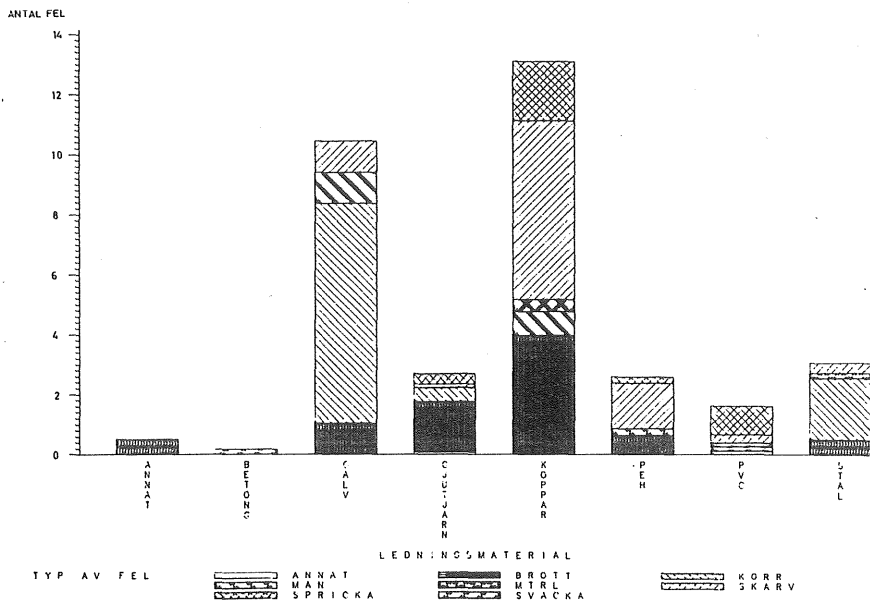


Figur 2.8 Skadefallens åldersfördelning för vattenledningar i gjutjärn, beräknad som antal fel per 10-tal km ledning och decennium.

Skadornas fördelning på ledningsmaterial visas i figur 2.9. Följande kan iakttas. Galvade ledningar och ställedningar uppvisar en dominerande andel korrosionsskador. För koppar- och PEH-rör utgör felen skarv- och brottskador huvuddelen av de inträffade skadorna.

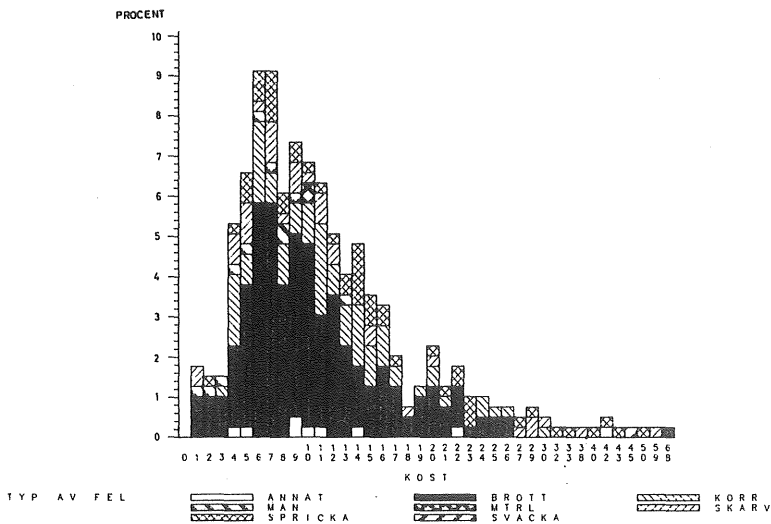
Avslutningsvis har även en uppdelning av skadornas fördelning på reparationskostnader för vattenledningarna utförts, figur 2.10. Cirka 45% av kostnaderna för reparationerna faller inom intervallet 5-10 tusen kronor.

Skadestatistik för vattenledningar i Göteborg 1982



Figur 2.9 Antalet fel per 10 km vattenledning uppdelat på olika ledningsmaterial.

SKADESTATISTIK FÖR VATTENLEDNINGAR I GÖTEBORG 1982



Figur 2.10 Vattenledningsskadornas procentuella fördelning på reparationskostnader.

#### 2.2.4 Sammanfattande kommentarer

Förutom för vattenledningar av gjutjärn är materialet för litet för analys för vissa parametrar. För att få motsvarande histogram för spillvatten och kombinerade ledningar skulle förhoppningsvis ett studium av rapporter för en längre tidsperiod än 1 år ge bättre resultat.

En utvärdering av trafikintensitetens inverkan fordrar kännedom om antal lagda meter ledning som är utsatta för en viss intensitet. Trafikräkningens omfattning är dock för liten för att kunna göra en dylik utvärdering.

Det ovan sagda gäller även för variabeln "förhållanden i schakten" där det borde vara känt t ex hur stor andel av rören som ursprungligen är lagda i rörgravar som är återfyllda med exempelvis lera.

Vad beträffar skaderapportens utformning och vårt sätt att använda uppgifterna kan anföras:

- Kodning på stadsdel, som finns på rapporterna, borde medtagits i vår statistik. Kunskap om vilket år en stadsdel är byggd skulle eventuellt kunna bidra till att förklara felens årsfördelning (Figur 2.8) och möjligen dominerande feltyper för de olika stadsdelarna.
- Uppgifter om läggningsdjup borde tagits med i skaderapporterna. Det hade möjliggjort att finna samband mellan läggningsdjup och trafikbelastning.
- Ledningsskadans lokalisering i plan (trottoar, köryta, grönyta) skulle kunna anges distinktare för våra syften. Som det nu är rapporteras endast vilka ytor som kräver reparation och det säger alltså ganska lite om var skadan egentligen inträffat.
- På liknande sätt skulle variabeln "arbetets art" kodats annorlunda. Rubriken provschakt, som vi har tagit med, säger sålunda inget om vilken typ av ledning som avses, utan kan innefatta både reparation av rörledning och reparation av servis.
- För "typ av driftstörning" anges ibland flera olika alternativ, vilket gör det svårt att avgöra den huvudsakliga feltypen. I viss mån är angivet alternativ beroende av vilken arbetsledare som gör klassificeringen.



## 2.3 Skadefall - analys av orsaker

Författare: Bernt Persson

### 2.3.1 Allmänt

Eftersom rörgraven är utgångspunkten har endast skadefall där orsaken kan hänföras till rörgravskonstruktionen eventuellt i kombination med rörmaterialet medtagits. Med begreppet skada avses fel vars orsaker kan sökas i rörgraven. Skadans konsekvenser kan vara direkta driftstörningar eller ökad risk för driftstörningar. Med driftstörning avses att någon form av åtgärd krävs för att undvika olägliga konsekvenser. Exempel på åtgärder:

- ökat underhåll
- reparation
- renovering
- omläggning.

### 2.3.2 Urval av skadetyper

Skadetyperna har delats upp dels för vattenrör dels för avloppsrör med självfall. I nedanstående tabeller har skadetyper listats utan direkt samband med möjliga orsaker och konsekvenser.

Tabell 2.2 Olika skadetyper för vattenrör med möjliga orsaker och konsekvenser.

Skadetyper vattenrör	Orsaker	Konsekvenser
Spricka	Ojäma sättningar Lokala belastningar	Läckor, driftavbrott, kostnad reparation, översvämningsskador.
Rörbrott	Förankringsbrott Tjälskjutning	Läckor vattenförlust, produktionskostnad för vattenförlust.
Öppning i fog		
Korrosion		
Frysskada	Lägningsdjup Isolering	

Urvalet av typskador i följande beskrivningar av praktikfall har skett så att aktuella skador med olika åtgärder har medtagits. En del av dessa är kanske speciella för grundförhållandena i Göteborg men principen skadetyper, orsak och konsekvens borde vara allmän.

Tabell 2.3 Olika skadetypfel för avloppsrör med möjliga orsaker och konsekvenser

Bakfall	Ojäma sättningar Lokala belastningar orsakade av trafik Sänkning grundvattennivå Uppfyllnader Varierande grundläggning Fyllnadsmaterial	Stopp - källaröversvämningar - bräddning - luktbesvär
Sprickor i ledning		Inläckage beroende på systemval kombinerat eller duplikat
Krossad ledning		Dränerande kringfyllning "grundvattenområde"
Fogförskjutning		- Källaröversvämning - Bräddning - Ökad driftkostnad
Öppning i fog		rening - Sänkning grundvattennivå Sättningar
Deformationer		- Erosion urspolning fyllnadsmaterial sättningar ovan ledning - Vid liten lutning eller bakfall ökad renshastighet
		Rensproblem vid deformation plastledningar
		Utläckage - från dagvattenledning risk för inläckage till spillvattenledning - från spillvattenledning påverkan grundvatten, recipienter - översvämningar - luktbesvär

Skador som ej direkt orsakas av bristande samverkan mellan rör och rörgrav har inte medtagits här. Några exempel på sådana orsaker till skador är

- oförsiktig hantering av rör i samband med läggning
- materialfel (vid tillverkningen)
- inre korrosion
- tryckslag.

Det finns skadefall där orsaken kan vara en kombination av rörgraven med någon av ovanstående orsaker, exempelvis tryckslag-rörelser-fyllnadsmaterial-rörmaterial. Ett annat exempel från en tillfällig tryckökning med 20 m vp i vattenrörnätet i Göteborg under en vecka 1982 då 43 st rörbrott inträffade, vilket är fem gånger fler än normal. Tryckökningen var mer den utlösande faktorn än den direkta orsaken.

## 2.3.3

## Praktikfall

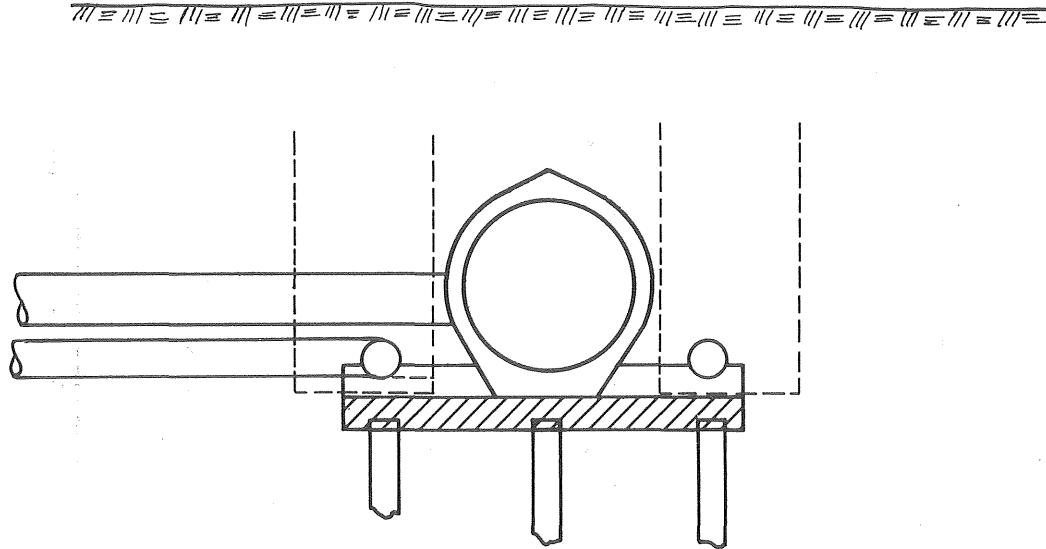
Praktikfall avlopp	Skada
1. Åkered	bakfall, fogöppning
2. Norumsgärde	bakfall
3. Kongahällavägen	fogöppning
4. Norra Hamngatan	fogöppning
5. Högsbo	fogöppning
6. Änggården	bakfall, fogöppning
7. Sten Sturegatan	bakfall, fogöppning

Praktikfall vatten	Skada
8. Lillkullegatan	rörbrott
9. Gamla Särövägen	öppning i fog
10. Götaverken	rörbrott
11. Säve	korrosion

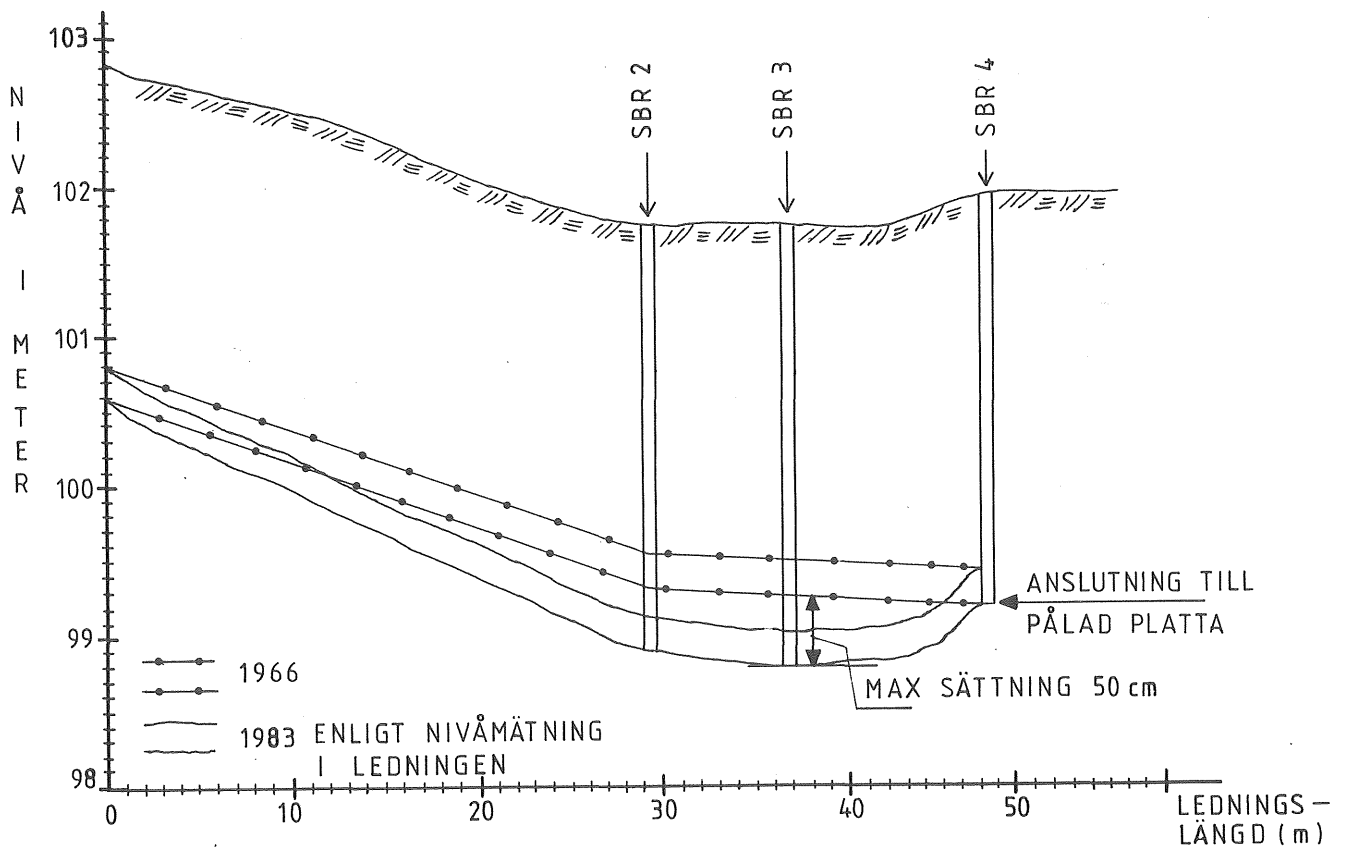
1. Åkered

Avloppsnetet byggdes åren 1965-69 som duplikatsystem. Huvudledning för dagvatten (betong  $\varnothing$  1200-1800) och spillvatten (betong  $\varnothing$  225) är grundlagda på pålad platta enligt figur 2.11. Anslutande ledningar 35 st är grundlagda utan förstärkningar. Marken består av lera till 5-25 m djup.

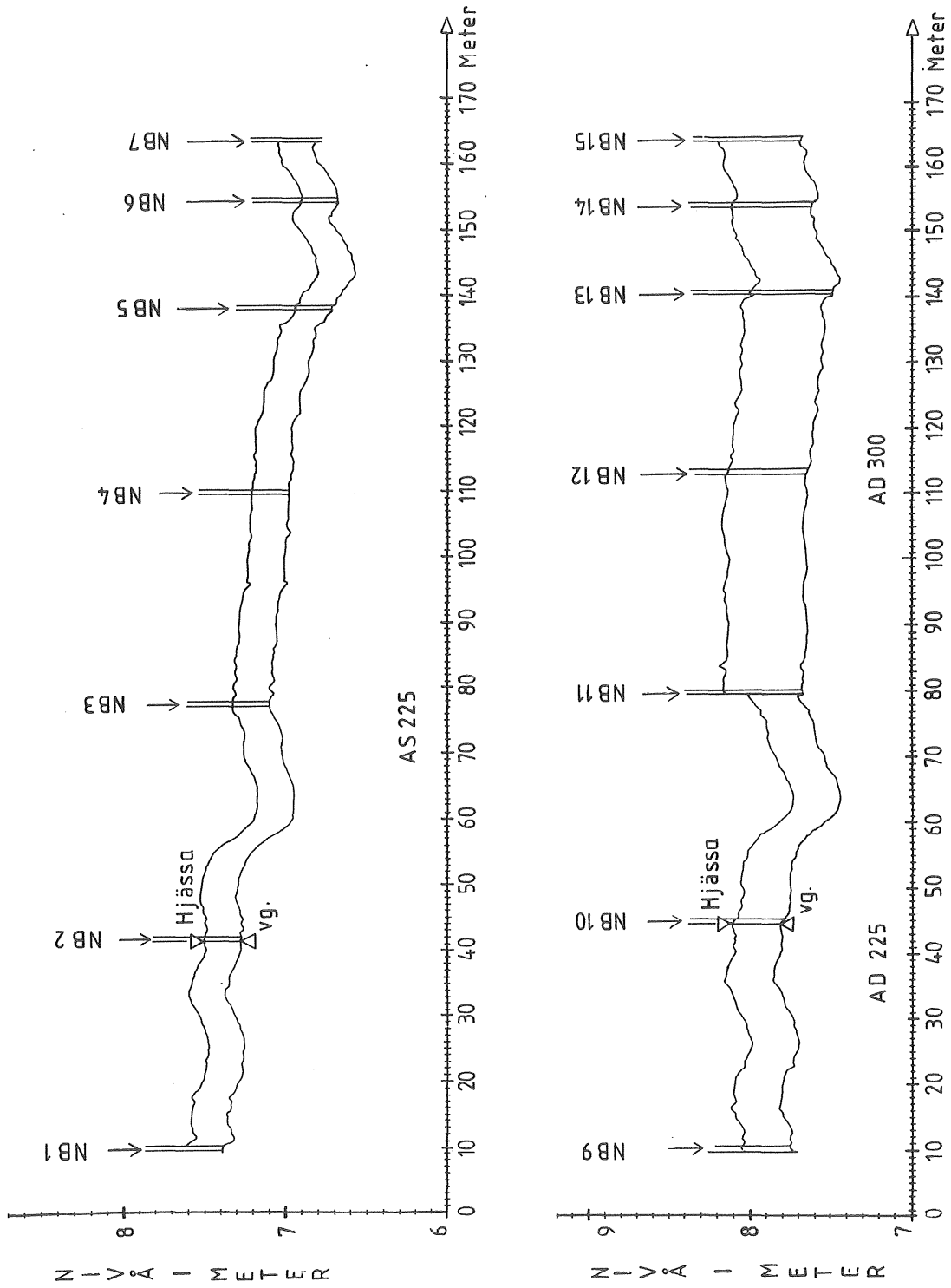
Allmänna sättningar i området efter utbyggnad uppgår till ca 30 cm, sannolikt orsakade av den ökade belastningen på grund av lokala uppfyllnader ca 0.5 m samt sänkningen av grundvattenytan. Ytterligare sättningar 10-15 cm förväntas inom 10 år. Sättningar i ledningssystemet som ansluter till huvudledningarna på den pålade plattan uppgår till 25-50 cm, vilket innebär att ledningarna närmast huvudledningarna står helt dämnda. Eftersom huvudledningarna är grundlagda på pålad platta har sättningsdifferensen till anslutande ledningar upptagits på en sträcka om några meter eller i värsta fall i en ledningsfog vilket innebär öppna fogar i både dag- och spillvattenledningar och därmed möjligheter till överläckage.



Figur 2.11 Åkered, grundläggning huvudledning och anslutande ledningar.



Figur 2.12 Åkered, Karmosingatan. Nivåmätning i spillvattenledningen,  $\varnothing$  225.



Figur 2.13 Hasslingegatan, Åkered. Resultat av nivåmätning i spill- resp dagvattenledning.

Spillvattenledningarna är anslutna till en pumpstation. Anslutningarna till huvudledningarna närmast pumpstationen ligger under vattenytan i havet, varför inläckaget från dagvattenledningarna till spillvattenledningarna beror dels av vattenståndet i havet dels av flödet (fyllnadshöjden) i dagvattenledningarna. Förutom inläckage till spillvattennätet har luktbesvär iakttagits periodvis vid en av anslutningarna. Några källaröversvämningar har inte noterats då bebyggelsen i området närmast huvudledningen saknar källare. Spillvattensystemet närmast pumpstationen står periodvis helt dämt vid högvatten eller längre regnperioder på grund av den begränsade pumpkapaciteten. För att undvika luktobehag spolras en ledning regelbundet en gång varannan vecka. Som alternativ till spolning för att undvika luktobehag krävs omläggning på en sträcka av 80 m för en kostnad av 240 tusen kronor.

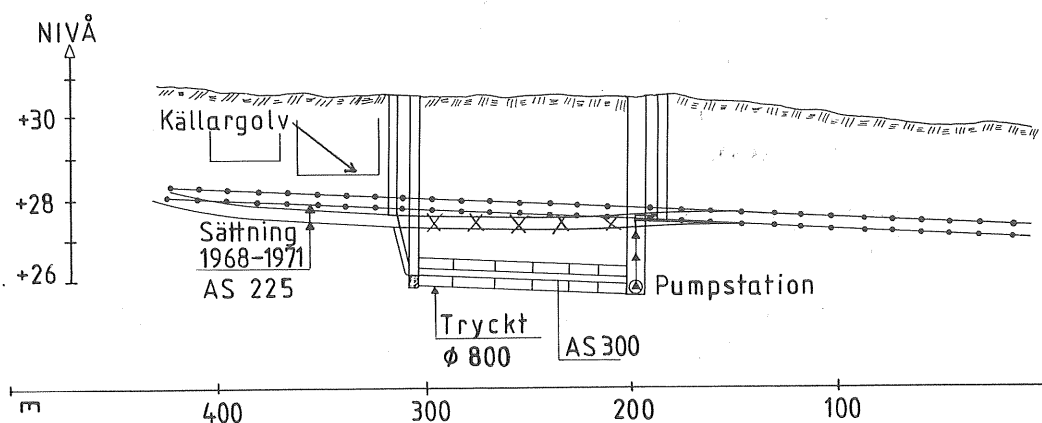
## 2. Norumsgärde

Området byggdes 1967-68 med duplikatsystem. Huvudledningen för spillvatten, ( $\varnothing$  300 betong), lades med lutningen 2<sup>0</sup>/oo utan grundförstärkning. Grunden inom området utgörs av sättning-skänlig lera 0-25 m. Uppfyllnader 0.5-1 m utfördes i samband med utbyggnad av området.

Enligt avvägningar av spillvattenledningen 1971 varierade sättningarna mellan 0 och 30 cm. Sedimentation och stopp i huvudledningen för spillvatten orsakade upprepade källaröversvämningar.

Spillvattenledningen hade kommit i bakfall eftersom grundförhållandena nedströms är mindre sättning-skänliga. 1972 lades delar av huvudledningen om på ett tillräckligt djup med hänsyn till förväntade framtida sättningar. Dessutom erfordrades en pumpstation för att undvika ombyggnad på en alltför lång sträcka.

Enligt avvägningar i spillvattenledningen 1982 uppgick sättningarna från 1968 till 0-50 cm, varav 20 cm utgör sättningar från 1971. Driftstörningar har undvikits efter ombyggnaden.



Figur 2.14 Norumsgärde, profil längs huvudledningen.

### 3. Kongahällavägen

Området uppströms Kongahällavägen är utbyggt med duplikatsystem under början av 1960-talet. Huvudledningen för spillvatten (Ø 400 betong ligger ca 400 m längs ett dike.

Enligt utförda flödesmätningar har inläckage i samband med regn på sträckan längs Kongahällavägen uppmätts till 45 l/s, vilket motsvarar en flödesökning på 100% eller ett inläckage på 7 l per min och meter ledning.

Inläckaget orsakades av otäta fogar i kombination med en väl dränerande fyllning av friktionsmaterial. Att spillvattenledningen ligger längs ett dike bidrog även till inläckaget. Några större deformationer på grund av sättningar har ej iakttagits. Vid häftigare regn orsakade inläckaget översvämningar längre ned i ledningsnätet.

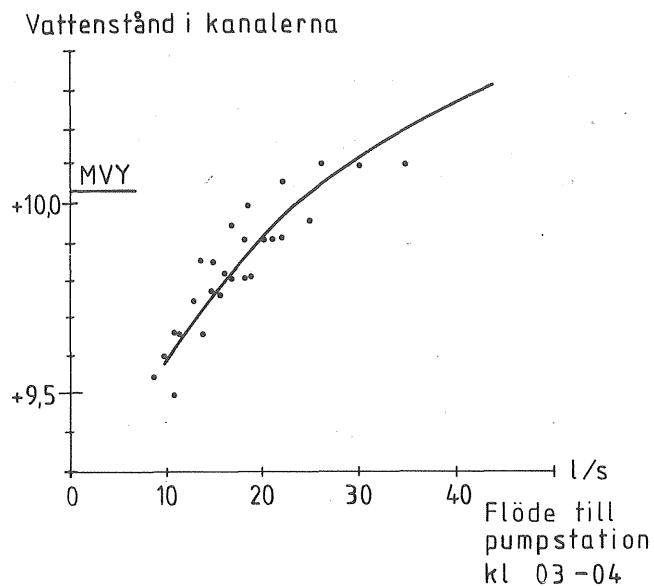
För att möjliggöra ytterligare anslutningar till spillvattenledningen uppströms Kongahällavägen och eliminera översvämningar nedströms valdes att renovera spillvattenledningen med foginjektering. 1979 foginjekterades spillvattenledningen på en sträcka av 700 m till en kostnad av 450 kr/m. Enligt flödesmätningar efter renoveringen har inläckaget till spillvattenledningen helt eliminerats.

### 4. Norra Hamngatan

Ledningen H 750 (äggformad), lagd 1913, utgör en del av det kombinerade systemet anslutet till en pumpstation i Brunnsparken. Marken utgörs av lera. Rörgraven ligger i direkt anslutning till hamnkanalen. Enligt utförda flödesmätningar i pumpstationen är totala årliga inläckaget från kanalerna till ledningssystemet 650 000 m<sup>3</sup>/år motsvarande medelflödet 20 l/s. Det inläckande flödet varierar med vattenståndet i kanalerna. Genom TV-undersökning och konduktivitetmätning har en läckagepunkt lokaliserats till Norra Hamngatan. Det inläckande vattnet är periodvis salt med hög konduktivitet. Några större deformationer i rörfogen kunde ej iakttagas. Ledningen tätades inifrån med en cementbaserad expanderande massa med gott resultat. Fortsatta undersökningar för lokalisering av läckage planeras.

Eftersom ledningssystemet är kombinerat påverkar inläckaget ledningarnas kapacitet för avledning av spill- och dagvatten endast marginellt. Däremot blir totala årliga inläckande volymen här betydligt större när ledningen hela tiden ligger under vattenytan i kanalerna jämfört med otäta ledningar som endast tillfälligt ligger under grundvattenytan.

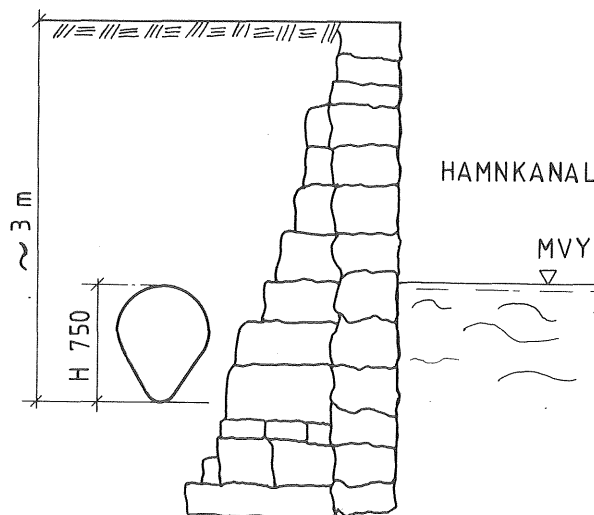
Om marginalkostnaden för behandling av det inläckande vattnet sätts till 0.3 kr/m<sup>3</sup> uppgår nuvärdet till 3 Mkr med kalkylränta 6% och kalkylperiod 50 år. Ekonomiskt skulle detta motivera en kostnad för lokalisering och en bestående tätning på upp till 3 Mkr under förutsättning att allt inläckage kunde stoppas.



Figur 2.15 Flödesvariationen till pumpstation utmed kanalerna. Timmedelvärden kl 03-04 under regnfri månad.



Figur 2.16 Inläckage till kombinerad ledning H750, Norra Hamngatan.

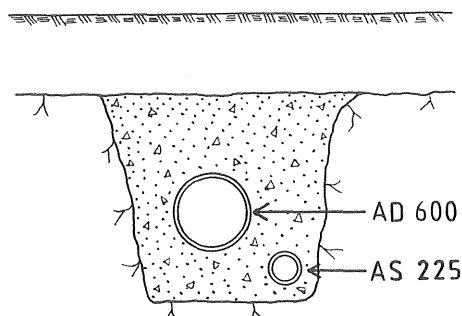


Figur 2.17 Sektion genom kajen vid Norra Hamngatan.



## 5. Högsbo

Avloppsnätet, ett av de första duplikatsystemen i Göteborg byggdes åren 1951-54. Avrinningsområdet är 35 ha. Rörnätet består av betongledningar, spillvatten  $\varnothing$  225 och dagvatten  $\varnothing$  225- $\varnothing$  800, till större delen lagda i bergschakt.



Figur 2.18 Högsbo. Dag- och spillvattenledning i bergschakt.

Inläckage till spillvattenledningarna från dagvattenledningarna orsakas av otäta fogar i såväl dagvattenledningarna som spillvattenledningarna och underlättas av den väl dränerande rörgravens i bergschakten. Skadan, otäta fogar, har sannolikt ej orsakats av bristande samverkan rör-rörgrav eftersom rören ligger i bergschakt, utan av brister i fogarna. Hur mycket vatten som läcker in påverkas däremot av rörgravens utformning, dvs rörgravsmaterialets dränerande förmåga.

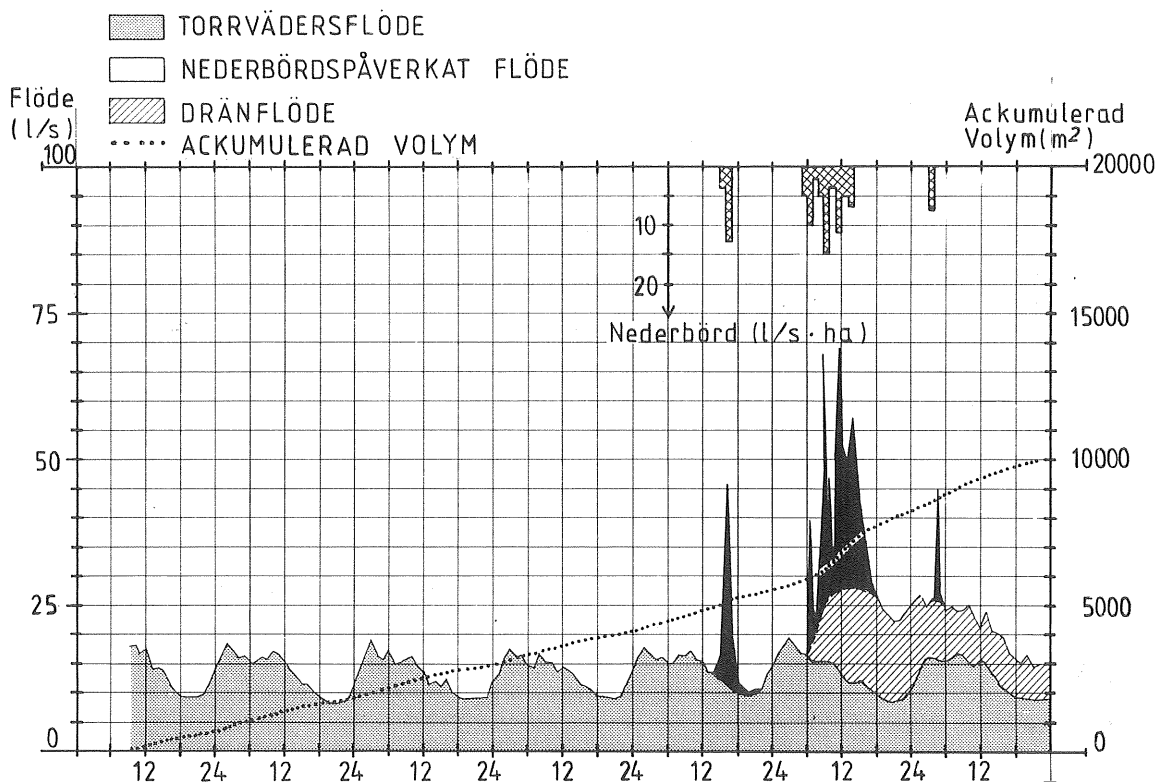
Det tilltagande inläckaget till spillvattenledningarna orsakade översvämningar i nedströms liggande områden under 1960-talet. För att få bort översvämningar injekterades 1971 huvuddelen av skarvarna i spillvattennätet med cementbruk. 1976 anslöts avrinningsområdet direkt till en spillvattentunnel. Några översvämningar har därefter ej noterats.

Enligt utförda flödesmätningar 1982 vid anslutningen till spillvattentunneln framgår att inläckaget fortfarande är stort.

Med hjälp av flödesmätningar har uppskattats att den till spillvattennätet årligen inläckande dag- och dränvattenmängden uppgår till 25 000 m<sup>3</sup>/år, vilket motsvarar 20% av den totalt avrunna dagvattenvolymen inom avrinningsområdet.

Genom lokalisering och injektering av läckande fogar borde det vara möjligt att reducera den årliga dag- och dränvattenmängden med 20 000 m<sup>3</sup>/år. Nuvärdet av denna reduktion uppgår till 95 000 kr, med marginalkostnad för rening på 0.30 kr/m<sup>3</sup>, kalkylränta 6% och kalkylperiod 50 år.

Kostnaden för lokalisering och injektering bedöms bli betydligt större varför inga åtgärder planeras.

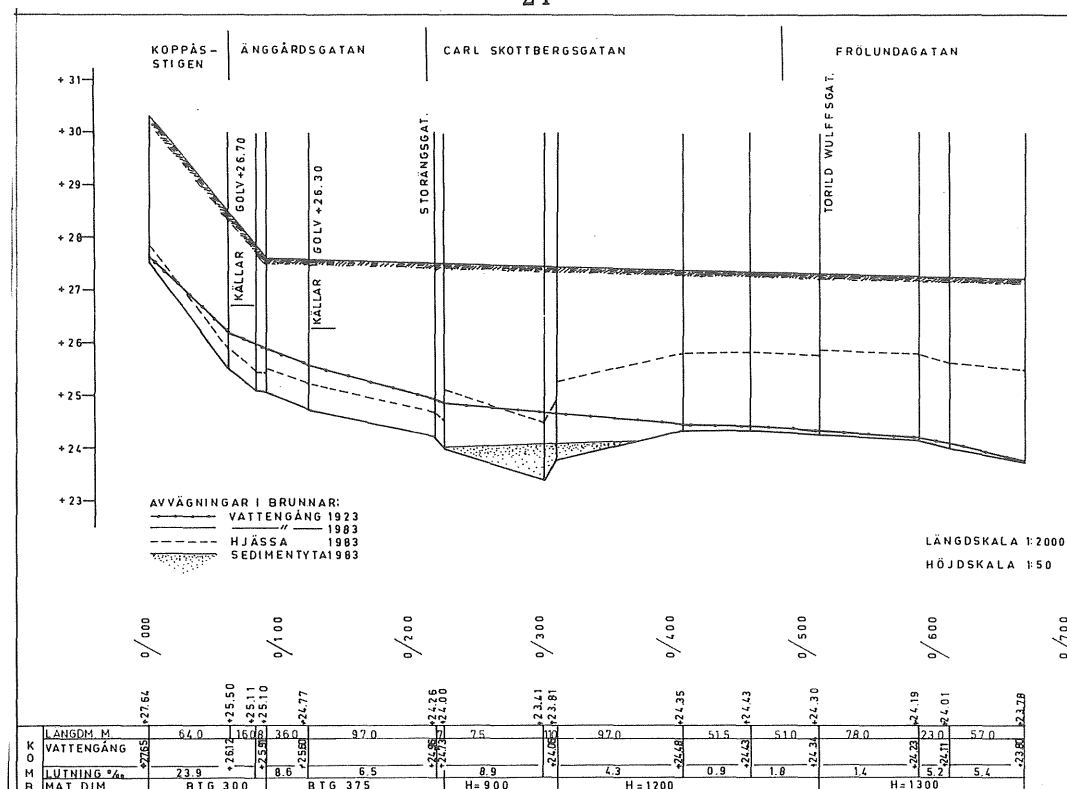


Figur 2.19 Flödesvariationer i en spillvattenledning i Högsbo under en vecka med nederbörd.

## 6. Änggården

Området byggdes i början av 20-talet med kombinerat avlopps-system. Grunden utgörs av sättningkänslig lera till 25-35 m djup. Successiva uppfyllnader 0.5-1.5 m har utförts lokalt. Avvägningar av avloppsledningarna har utförts vid flera tillfällen sedan 40-talet. Sättningarna uppgick 1983 till 60-120 cm, vilket är drygt hälften av beräknade framtida sättningar. Lokalt har sättningshastigheter på 15-20 mm/år uppmätts. Sättningarna beror i huvudsak på uppfyllnader från 20-talet men även utdräneringen genom avloppsledningarna har bidragit. En profil av ledningen visas i figur 2.20.

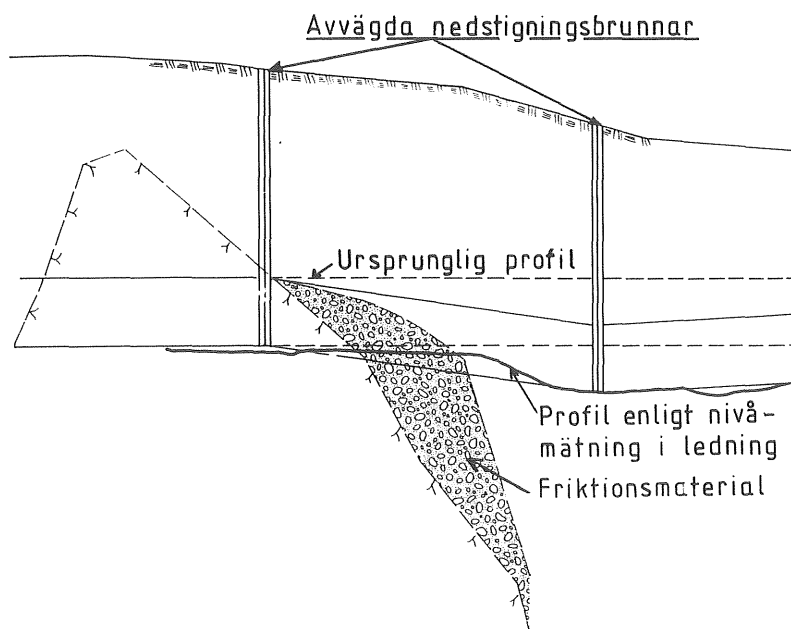
Huvudledningen ( $\varnothing$  1200) nedströms är grundlagd på mindre sättningkänslig lera. Inga sättningar har uppmätts, vilket innebär att huvudledningen ligger i bakfall som successivt ökar. Lokalt är hela huvudledningen vattenfylld med upp till 2/3 av ledningsdiametern fylld med sediment, vilket reducerar ledningens kapacitet avsevärt. Det har tidigare konstaterats att vissa rörskarvar dragits isär med inläckande grus och sand som följd, vilket orsakat kraftiga lokala sättningar som fortfarande pågår. Huvudledningen rensas regelbundet. Vid häftigare regn har översvämningar inträffat i ett 20-tal källare. Risken för källaröversvämningar ökar, eftersom även husen sätter sig.



Figur 2.20 Änggården, profil längs huvudledningen.

## 7. Sten Sturegatan

I gatan finns en kombinerad äggformad ledning (H 900) utförd vid sekelskiftet. Ledningsprofilen framgår av figur 2.21.



Figur 2.21 Profil av huvudledningen i Sten Sturegatan i övergång mellan berg och lera.

I samband med övergång till duplikatsystem utfördes grundundersökningar för en ny spillvattenledning. (Befintlig kombinerade ledning utnyttjas som dagvattenledning.) Resultatet framgår av profilen, figur 2.21. På ömse sidor om bergklacken

finns lera till stort djup. Närmast berget finns ett lager friktionsmaterial.

Avvägningar av nedstigningsbrunnar på befintlig kombinerad ledning visade att brunnen i berg hade ungefär samma höjd som vid utförandet medan brunnen närmast efter berget visade en sättning av ca 50 cm. På grund härav beslöts att utföra en nivåmätning i ledningen på sträckan vid bergövergången för att undersöka ledningsprofilen. Resultatet redovisas i figur 2.21.

Lerans konsolidering närmast berget har inneburit en kraftig brytning på ledningen just vid den branta övergången mellan friktionsjord och lera. Någon utspetsning har sannolikt inte utförts och skulle i så fall haft mycket liten förbättringseffekt.

En länkplatta skulle sannolikt haft god effekt i detta fall genom att fördela brytningen på en längre sträcka.

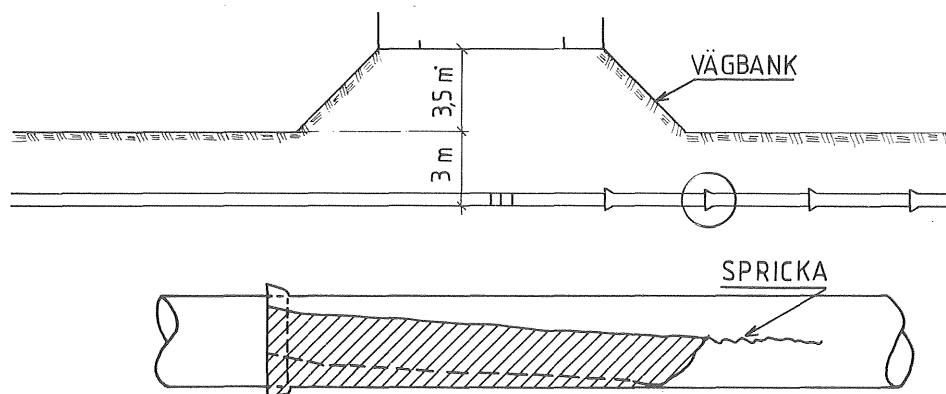
Deformationen av ledningen innebär risk för sedimentation i svackan och därmed reducering av flödeskapaciteten. Några översvämningar har inte noterats.

## 8. Lillkullegatan

Huvudvattenledningen av gråjärn ( $\varnothing$  457 med 15 mm godstjocklek) lades 1945. 1953 lades den om i nuvarande sträckning. Ledningens läge framgår av figur 2.22.

Ovanför rörgraven fylldes 1951 upp för en vägbank. Rörgraven är återfylld med friktionsmaterial. Marken utanför består av lera. 1983 inträffade ett rörbrott med följd att de utströmmande vattenmassorna orsakade skador på omgivande mark. Vattenledningen kunde vara avstängd under reparationen utan att orsaka några störningar i vattendistributionen.

Rörbrottets utseende framgår av figur 2.22. Med hänsyn till brottets läge och uppfyllnadens storlek torde orsaken vara deformationer på grund av sättningar i leran under vägbanken.



Figur 2.22 Vattenledning Lillkullegatan, rörbrott på gråjärnrör diameter 457 mm, godstjocklek 15 mm.

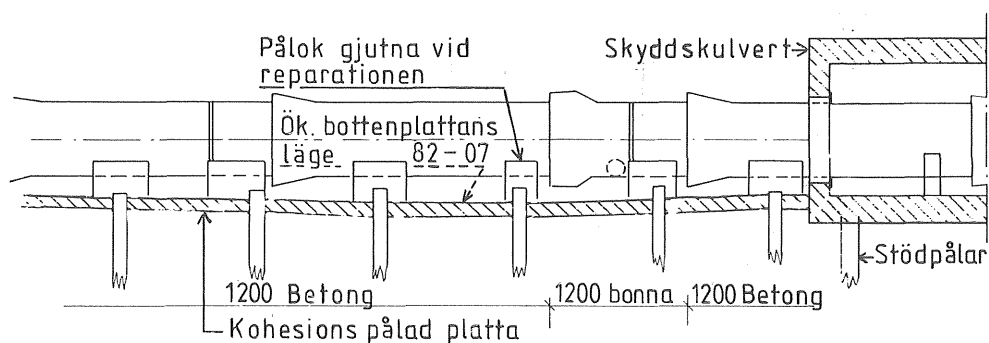
## 9. Gamla Särövägen

Vattenledningen ( $\emptyset$  1200 betong), byggd 1965, ligger i skyddskulvert. Skyddskulverten, längd 60 m, är grundlagd på stödpålar. Utanför skyddskulverten är ledningen grundlagd på kohesionspålad platta. Marken utgörs av lera 10-20 m djup. Skyddskulverten är ej dränerad dvs hela kulverten är fylld med vatten.

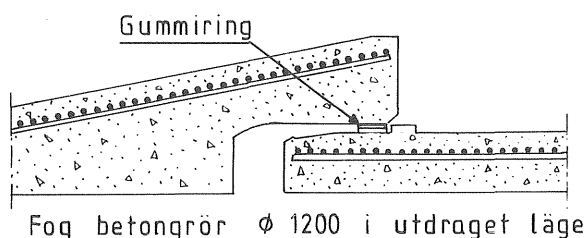
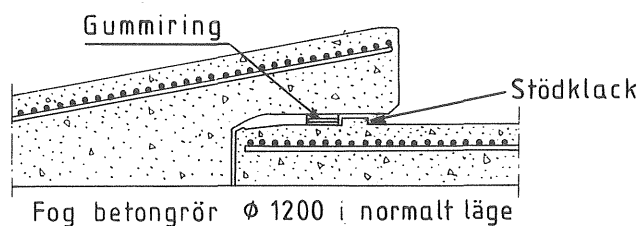
För att inspektera ledningen invändigt tömdes ledningen 1979. 1980 inträffade ett "rörbrott" i en annan skyddskulvert vid Frölunda Smedjegatan (utformad på samma sätt) utefter samma ledningssträcka. Orsaken till rörbrottet var att ledningen, som var bristfälligt förankrad i skyddskulverten lyftes i samband med tömningen av den vattenfyllda skyddskulverten. Själva brottet utlöstes sannolikt av en tillfällig mindre tryckökning på grund av reparationsarbeten av en annan huvudledning. Reparationsarbetena pågick under en vecka. Ledningen lades på plats och förankrades i skyddskulverten.

Efter den händelsen inspekterades förankringarna i alla skyddskulvertar (7 st) utefter hela ledningssträckan. I 4 st skyddskulvertar erfordrades förstärkning av förankringarna. I kulverten vid Gamla Särövägen noterades att en vinkeländring i betongrörets fog närmast västra väggen hade uppstått. Röret hade lyfts från sitt upplag så mycket att stödklacken var utdragen i överkant och gummiringen synlig, se figur 2.24. Inget vatten läckte ut men risken att skadan skulle förvärras ansågs stor. När ledningen och grundplattan utanför kulverten vid reparationen schaktades fram konstaterades att plattan var genomstansad av träpålarna. Orsaken till skadan var sannolikt en kombination av undermåligt utförande av pålplattan och ökad belastning dels genom tömning av ledningen i den vattenfyllda kulverten och därmed ökad lyftkraft inne i kulverten dels genom överfyllnad 2 m ovan ledningen. Reparationen kostade 154 000 kr.

Trots att reparationen utfördes under 10 dagar, med lågförbrukning, erfordrades tryckökning med 20 m vp i huvudledningsnätet vid vattenverken för att klara vattendistributionen. I samband med denna tryckökning uppkom 43 st rörbrott i det lokala nätet jämfört med 8 st normalt.



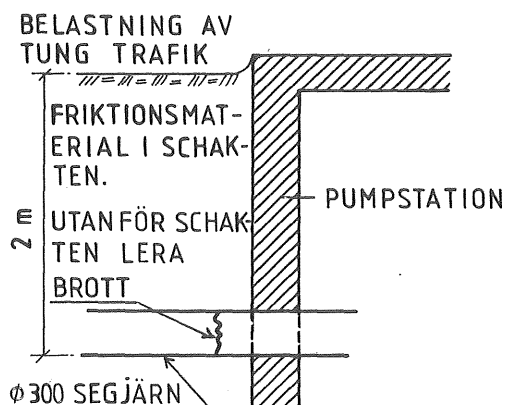
Figur 2.23 Huvudvattenledning,  $\varnothing$  1200, i Gamla Särövägen. Grundläggning och reparation i anslutning till skyddskulvert.



Figur 2.24 Fog i huvudledningen inne i skyddskulverten vid Gamla Särövägen. Deformerat läge före reparationen.

## 10. Götaverken

En vattenledning av segjärn ( $\varnothing$  300) lagd 1973 ligger under en påfartsramp för lastning av fartyg. Marken består av lera. Ledningen är ingjuten i en pålad grundkonstruktion till en pumpstation. 1983 inträffade ett rörbrott strax utanför pumpstationen, sannolikt orsakat av ökad belastning på ledningen på grund av sättningar och tung trafik.



Figur 2.25 Rörbrott på segjärnsledning,  $\varnothing$  200.

### 11. Säve

Vattenledningen,  $\varnothing$  150 segjärn med gummiringsfogar, byggdes 1964 och försörjer ca 500 personer.

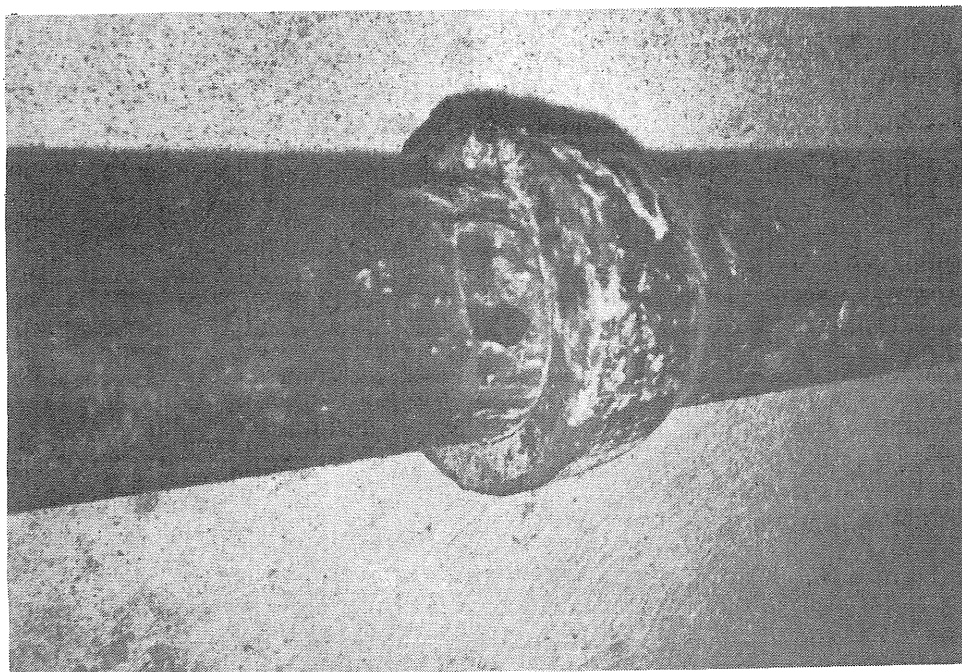
Marken utgörs av lera på hela sträckan, 4 km. Rörgraven är återfylld med lera. Ledningen ligger på huvuddelen av sträckan utmed ett järnvägsspår.

Från 1971-81 har 9 större korrosionsläckor reparerats, varav 6 mellan 1978 och 1981, vilket motsvarar 5 läckor per 10 km ledning och år.

Läckfrekvensen de senaste åren var betydligt större än genomsnittet totalt för Göteborg, vilket för reparerade korrosionsläckor uppgår till 0.54 läckor/ 10 km, år.

Jordmotståndet har uppmätts utefter ledningssträckan. Det specifika jordmotståndet varierade mellan 100-3000  $\Omega$ cm. Jordarter med värden mindre än 1000  $\Omega$ cm anses vara mycket korrosiva, 1000-5000  $\Omega$ cm måttligt och mer än 5000  $\Omega$ cm mindre korrosiva.

Röret försågs 1982 med korrosionsskydd bestående av anoder med påtryckt spänning. För att få kontakt mellan rördelarna schaktades varje rörskarv fram och försågs med överbryggingar. I samband därmed upptäcktes mycket korrosionsangripna rördelar som byttes ut. Kostnaden för korrosionsskyddet inkl överbryggingarna och utbyte av starkt korrosionsangripna rördelar uppgick till 700 000 kr, vilket motsvarar en kostnad på 175 kr/m.



Figur 2.26 Korrosionsskadad vattenledning  $\varnothing$  150 segjärn.

#### 2.4 Diskussion

Den av VAV redovisade driftstörningsstatistiken (kap 2.1) som baseras på 2600 rapporterade driftstörningar förefaller ge en ganska entydig bild av vad som orsakar driftstörningar. Diagrammen visar att vattenledningar av PVC har stor andel materialfel, vattenledningar av gråjärn störs av sättningar och korrosion samt att vattenledningar av segjärn i huvudsak drabbas av korrosion. Dessutom uppvisar segjärnsledningarna en tio-potens lägre driftstörningsfrekvens än gråjärn och PVC. Utifrån diagrammen borde alltså slutsatsen bli att vattenledningar skall utföras i segjärn med bra korrosionsskydd. Detta är emellertid en felaktigt konklusion eftersom materialfelen hos PVC-rörerna kan hänföras till en speciell muff som inte finns längre, vilket också redovisas i VAV-statistiken. Dagens PVC-rör skulle alltså inte ge denna bild. Segjärnsrörens låga driftstörningsfrekvens kan dessutom förklaras med att dessa började läggas först på 1960-talet, varför de är mycket yngre än gråjärnsrörens. Vi vet inte medelåldern för gråjärnsrörens, men den kanske kan uppskattas till 40-50 år medan den för segjärnsrörens kan uppskattas till ca 10 år.

Denna diskussion visar på vikten av en kontinuerlig driftstörningsuppföljning i vilken nya material och metoder kan specialbevakas. Aldern kommer också in som en viktig parameter och det blir möjligt att utvärdera hur åldrande påverkar driftstörningsfrekvensen.

Uppdelningen på betong och PVC för avloppsledningarna visar inte på någon större skillnad mellan de två materialen. Det är i stort sett samma orsaker till driftstörningarna.



De i VAV-statistiken rapporterade driftstörningarna för avloppsledningar ger i huvudsak upphov till ett ökat behov för spolning och rengörning medan det för vattenledningarna krävs en omläggning eller reparation av ledningen.

Denna senare typ av driftstörning eller kanske hellre skada finns naturligtvis även för avloppsledningar. Driftstörningsstatistiken fångar emellertid inte upp dessa skador.

De redovisade skadefallen för avlopp visar på fall, som ger upphov till ökade driftkostnader genom ökat spolbehov och inläckande vatten. Bristerna leder också till att ledningarnas funktion på sikt äventyras och för några fall har detta redan inträffat.

En kontinuerlig uppföljning av driftresultat, driftstörningar och skador för va-nät är av stor vikt för att upprätthålla en acceptabel servicenivå till lägsta kostnad. Atskillnad bör göras mellan driftstörningar där själva ledningen är intakt och driftstörningar/skador som kräver ingrepp i konstruktionen. Tidpunkten för ett ingrepp i konstruktion beror av hur skadan utvecklas och vilken konsekvens den har.

Normal bearbetning av driftrapporter borde omfatta en koppling mellan inträffade driftstörningar och förutom ledningsmaterial även rörgravskonstruktion, trafikbelastning, geohydrologi etc. Det skulle bli möjligt att analysera orsakerna till inträffade driftstörningar, vilket är nödvändigt för att undvika att dåliga tekniska lösningar får leva kvar.

### 3. AMA-ANALYS

Författare: Jan Berntsson, Sven-Erik Kristenson,  
Börje Jeltin, Leif Staberg

#### 3.1 Allmänt

Den analys av AMA som utförts utgår från MARK-AMA 1972 och från remissutgåvan till MARK-AMA 1983. Åtskilliga delar har inte förändrats från nu gällande AMA 72 varför kommentarer och synpunkter i många fall även gäller nuvarande förhållanden.

AMA (Allmän material- och arbetsbeskrivning) avser att reglera förhållandet mellan beställare och entreprenör i så måtto att beställaren genom att åberopa positioner i AMA överför information till entreprenören om hur visst arbete skall utföras. Detta förutsätter givetvis att beställaren är enig med AMA om att det utförande som där föreskrivs är det tekniskt/ekonomiskt bästa i det aktuella fallet. Genom AMA-systemets allmänna spridning och accept från både beställare och entreprenörer har AMA i många fall fått en större betydelse än enbart en material- och arbetsbeskrivning i förhållandet mellan entreprenör och beställare. Det utförande m m som beskrivs i AMA är vedertaget och föreskrivs ofta utan närmare eftertanke, dvs AMAs föreskrifter har i stor utsträckning kommit att påverka projekteringen. Hur många projektörer har exempelvis tänkt igenom behovet av utspetsning vid en viss övergång berg-lera?

AMA-systemets uppstyrning av utförandet begränsar också entreprenörens möjligheter till alternativa utföranden anpassade till rådande förhållanden. Detta kan inverka hämmande på utvecklingen och i sämsta fall innebära en tekniskt/ekonomiskt ogynnsam lösning.

Kontakt har tagits med ett antal entreprenörer som ofta utför va-arbeten. De har besvarat en frågelista och deltagit i en sammankomst där frågorna och svaren diskuterats.

Nedan redovisas synpunkter på vissa avsnitt av AMA. Dessutom redovisas frågor och sammanfattning av de svar som entreprenörskontakterna givit inskjutna i den löpande texten under respektive rubrik.

#### 3.2 Projekterings-AMA - PROJ-AMA

En PROJ-AMA skulle kunna minska den styrande effekt på projekteringen som AMA nu har. I AMAn skulle samlas tips på alternativa lösningar i olika situationer samt exempel på enklare beräkningar (tumregler). I de fall där AMA förskriver "... kan utföras efter särskild utredning" blir sällan eller aldrig någon särskild utredning utförd. I stället väljs kanske någon lösning som mer än väl löser problemet med påföljande höga kostnad eller någon lösning som inte alls löser problemet med en dålig slutprodukt som resultat. "Särskilda utredningar" kostar både tid och pengar men med enkla regler eller beräkningar kan kanske hälften av problemen lösas på ett tillfredsställande sätt.

PROJ-AMA bör kopplas till MARK-AMAs positionssystem och under respektive rubrik redovisa förutsättningar och bakgrund till det utförande eller lösning som AMA redovisar. Avviker de aktuella förutsättningarna ges tips eller förslag till alternativa lösningar.

### 3.3 Diskussion med några entreprenörer

#### - UTSPETSNING RUNT BETÄCKNING

Har Du någon gång utfört sådan?

Utföres ej

Erfarenheter?

Sättningar förekommer på grund av svårighet med komprimeringen. Utspetsning i markytan hjälper inte.

Utföres ytterst sällan i praktiken. Dessutom kan nyttan av en sådan utspetsning ifrågasättas. Syftet med utspetsning är att utjämna rörelser i marken som kan vara besvärande eller skadliga. Markrörelser i samband med ledningsarbeten uppkommer i återfyllnadsmassorna från schaktbotten upp till markytan varför en utspetsning i markytan inte har någon effekt.

Däremot kan erfordras överhöjning av återfyllnadsmassorna särskilt i anslutning till betäckningar om dessa lämnas extremt mycket uppstickande.

Med de numera vanliga teleskopbetäckningarna kan krävas att betäckningen sätts i t ex BG för att få tillräcklig bärighet på den "flytande" delen, vilket inte redovisas i AMA.

#### - RÖRELSER I LEDNING DÅ SPONT DRAS

Förekommer det ofta att massor följer med upp vid va-arbeten?

När sponten stått några dagar - längre tid. Mycket varierande.

När föreligger erfarenhetsmässigt risk för att massor följer med vid spontdragning? Hur bedömer Du detta vid t ex anbudsräkningen?

Större risk vid återfyllning med lättklinker. Vanligen ingen hänsyn i kalkylen.

Vilka åtgärder vidtages vanligen?

Inga åtgärder - förebyggande påning. Schaktsläde blir allt vanligare. Injektering för dyrbart.

Erfarenheter av olika metoder?

Ingen åtgärd - inoljning - vibrering. Ingen har prövat electro-osmos.

Har problemet givit anmärkningar vid besiktning eller motsvarande i form av svackor på ledningen?

Ja, i några fall. Svårt att särskilja sättningar på grund av spont från sättningar av andra orsaker.

Vid utförande av ledningsschakt i kohesionsjord med spont föreligger stora risker för markrörelser som kan ha en skadlig

inverkan på den färdiga ledningen. Rörelser på grundläggningsnivån härrör från sådana faktorer som hävning av schaktbotten i samband med avlastning, böjningar i sponten, nedpressning av ledning och schaktbotten vid återfyllning samt volymminskning i jorden när sponten med eventuellt vidhängande lera dras upp. Ofta torde det vara den sistnämnda faktorn som ger upphov till de största och mest besvärade sättningarna.

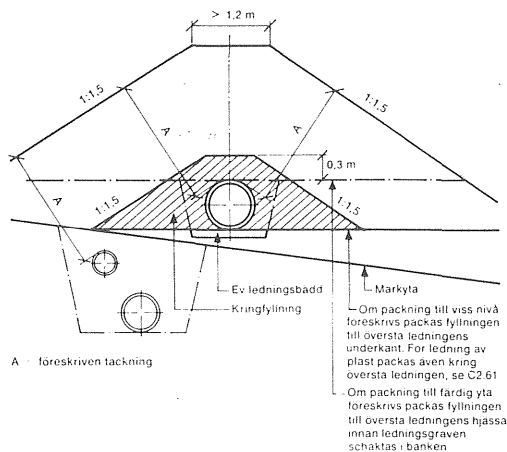
Vissa projekt har genomförts för att finna metoder som förhindrar att jord följer med upp eller att hålrummen artificiellt fylls igen så att jorden stabiliseras. Se t ex - Elektroosmotisk smörjning av spont, Alte B och Berggren B, 1976. Hittills har dock ej några generella och praktiskt enkla metoder kommit till kontinuerligt användande.

Problemet är mycket komplext där de lokala geotekniska parametrarna (var för sig eller i kombination), jordlagerförhållanden samt praktiskt tillvägagångssätt avgör risken för att lera dras upp. Sättningar i ledningsgravar till följd av denna faktor är dock både kvantitativt och kvalitativt så viktig att föreskrifter bör utarbetas. I detta fall borde underlag tas fram för ett lämpligt arbetssätt och redovisas i en PROJ-AMA.

#### - LEDNING I FYLLNING

Utföres det enligt AMA eller finns det bättre alternativ?

Fyllning och packning - därefter rörgrav.



Fyllning till uk rör och packning därefter rörläggning och fyllning. Det senare vanligast. Givetvis beroende av aktuella förhållanden i t ex undergrunden.

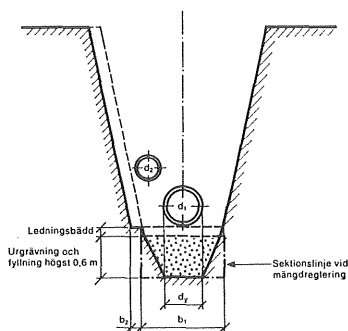
I anvisningarna föreskrivs att fyllningen skall utföras först till full höjd varefter schakten för ledningen skall utföras. Sannolikt härrör föreskriften från ledningsbyggande i samband med vägbyggnad där utläggningen av fyllningen sker över stora ytor och stora maskiner kan nyttjas för packningsarbetet.

Då va-ledningar byggs i bank är detta inte alltid praktiskt genomförbart. Banken är oftast för smal för maskinen att gå på. Föreskrifterna bör nyanseras så att kravet på packning gäller upp till blivande läggningsnivå. Resterande fyllning packas om så erfordras t ex med hänsyn till blivande markanvändning.

Hur packningen upp till läggningsnivån skall utföras bestäms förutom av fyllningsmaterialet av undergrundens egenskaper. Enkla råd kan anges i PROJ-AMA.

### - UTBOTTNING

Är AMAs anvisningar förenliga med modernt byggande?



Nej (avser bottenbredden i utbottningen). Utförs utbottning släntas schaktsidorna från schaktbotten. Utbottning = dålig grund och mycket flacka slänter. Visad typsektion inte praktiskt möjlig.

Föreskrivs ofta utbottning?

Ja - nej. Då den föreskrivs bör den regleras.

Vilka andra alternativ finns?

Rustbädd - fiberduk. Fiberduk vanligast.

Kan man särskilja utbottning och ledningsbädd?

Nej

Utbottning har inte någon grundförstärkande effekt. Den utbottning som redovisas i AMA är endast en förtjockad ledningsbädd. Är schaktbotten så dålig att fiberduk och ledningsbädd inte är tillräckligt underlag för rörläggningen är knappast utbottningen till någon nytta. Urschaktningen till det större djupet för att få plats med massorna för utbottningen förvärrar problemen och uppenbar risk finns att utbottningen kommer att bestå av en blandning av tjänligt och otjänligt material.

Vidare erhålles dålig packning av det utbottnade materialet samt risk för materialtransport för att fylla igen hålrummen. Vid dåliga grundförhållanden måste grundförstärkningsåtgärder med långsiktig effekt föreskrivas.

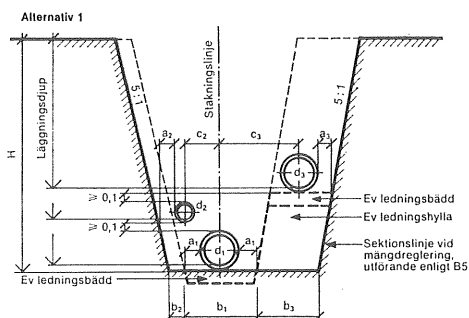
Långa rör med stor egen styvhet kan vid svåra förhållanden i schaktbotten vara ett alternativ till korta rör på betongplatta.

Om utbottning enligt AMA utföres måste massorna vara av sådan kvalitet att ledningsbädd inte erfordras.

Grundförstärkningsalternativ bör behandlas utförligt i PROJ-AMA.

## - LEDNINGSHYLLA

Förekommer ofta utförande med ledningshylla?



Ja - nej (sällan i Göteborgs-regionen).

Sammanhänger med problemet med återfyllningsmassor. Även kopplat till nivåskillnaden mellan spill- och dagvattenledningarna.

Där hylla utförts - har sättningar förekommit i ledningen på hyllan?

Ja, men sällan om hyllan kan ges tillräcklig bredd.

Kalkyleras med hylla baserat på geoteknisk undersökning?

Ja - nej. Beror på kvalitetskrav och kostnader på återfyllningsmassor.

Där hylla förutsatts bli utförd - måste detta ofta frångås vid utförandet? Varför?

Olämplig jordart. Schaktmaskinens storlek (skopbredd). Ledningarnas c/c-avstånd.

När hylla utföres - ev synpunkter på ledningarnas c/c-avstånd.

Ökat c/c-avstånd. I synnerhet vid stora nivåskillnader mellan dag- och spillvattenledningarna samt vid stor dimension, på dagvattenledningar.

Typsektionen med ledningshylla har utgått i förslag till AMA 83. Utförande med hylla kan vara en tekniskt och ekonomiskt bra lösning. Borttransport av befintliga massor och anskaffning av ersättningsmassor är synnerligen kostsamt. Möjligheten att utföra hylla är givetvis beroende av markmaterialets kvalitet och grävmaskinistens skicklighet. Dessutom har avståndet mellan ledningarna betydelse på så sätt att litet avstånd medför svårigheter att packa återfyllningen mellan understa ledningen och hyllan. Dålig packning innebär krypning/brott i hyllan eftersom den inte får sidostöd och därmed rörelser i den övre ledningen.

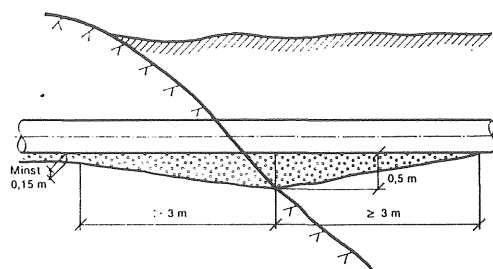
Det ökade avståndet mellan ledningarna kan innebära samma schaktvolym som schakt utan hylla men minskar behovet av ersättningsmassor.

Lämpligheten av schakt med hylla är även beroende av ledningsdimensionen. Råd lämnas i PROJ-AMA. Typsektion med hylla och anpassade ledningsavstånd bör finnas kvar i AMA.

Beslut om schakt med eller utan hylla kan vara svårt att fatta på grundval av förundersökningar varför definitivt beslut tas i samband med att schaktningen påbörjas.

Generellt gäller att dokumentation av geotekniska förhållanden samt anpassning till dessa förhållanden måste ske under byggskedet. Det är således viktigt att upphandling görs så att detta är möjligt utan allt för stora olägenheter och kostnader.

### - UTSPETSNING



Dina erfarenheter av utförandet av utspetsning?

Kontroll att borrning utföres förbi bergavslutningen så att ingen "gadd" blir kvar i själva övergången. Utförande bör föreskrivas i varje enskilt fall. Jordschakten tas vanligen ut som frischaktning för sprängningen.

När skall den utföras - alltid eller vid speciella fall. I så fall vilka?

Alltid vid övergång berg/jord eller hellre vid övergång från fast till "lösare" grundläggning. Mycket beroende på bergets stupning.

Avsikten med utspetsning är att utjämna rörelser i ledningen så att skadliga vinkeländringar och förskjutningar inte uppstår vid övergång t ex mellan berg och lösa jordarter.

Det utförande som redovisas i AMA kan innebära att delen i jord hamnar i friktionsmaterial som ofta finns i anslutning till berg. Utspetsningen har då utförts i onödan. Detta gäller även då sättningsbenägna jordar förekommer direkt på berg men där bergytan är flack. Eventuella rörelser kommer då att ske på en längre sträcka utan att utspetsning utförts. (Jfr skadefall Sten Sturegatan, avsnitt 2.3.3).

Utspetsningen innebär dessutom 0.5 m extra schaktdjup just i bergövergången där inte sällan problem med grundvatten m m förekommer. Detta innebär ökad risk för sämre slutresultat med utspetsning än utan.

Den ökade undersprängningen och utlastningen i bergdelen ersätts med friktionsmaterial som packas. Ledningen blir då "stumt" grundlagd på delen i berg. Den rörelseutjämnande effekten på denna del har ju försvunnit. Möjligen skulle massorna bytt plats dvs "sämre" massor som medger rörelser i bergdelen och bra massor i jorddelen av utspetsningen.

I stället för ökad urschaktning m m kunde kanske den önskade effekten av utspetsningen åstadkommas genom att ledningen läggs

på eftergivligt material vid bergövergången. Markskivor eller motsvarande med varierande tjocklek 5, 7.5 resp 10 cm med största tjockleken placerad just vid bergövergången.

En lämpligt dimensionerad länkplatta kan vara en bra lösning för utjämning av markrörelserna. Dimensioneringsanvisningar anges i PROJ-AMA.

Motsvarande problem som vid bergövergångar finns vid övergång mellan t ex pålad och icke pålad ledningssträcka. (Jfr skadefallet Åkered, avsnitt 2.3.3.)

#### - Fyllning

Har Du några synpunkter på varverkets bestämmelser för fyllningsmassor som beträffande lera är i strid mot AMAs rekommendationer?

Uppsåttade massor bör användas, lera duger oftast. Mycket viktigt ur kostnadssynpunkt.

Enligt AMAs anvisningar accepteras inte lös lera som kringfyllning eller resterande fyllning. I vissa situationer är det fullt möjligt att använda även lös lera. T ex i naturmark och grönområden där sättningar i rörgraven vanligen inte medför några olägenheter. Förekommer flera ledningar i schakten måste givetvis grundläggningen av de högre liggande ledningarna bli acceptabel. Utredningar har ju även visat att lös lera medför en gynnsam lastfördelning på plaströr.

Om ledningsläggningen utföres inom område för hårdgjord yta kommer dock besvärande sättningar att erhållas inom området för ledningsgraven. I en utförd studie av erhållna sättningar vid återfyllnad med fast lera kunde konstateras att sättningarna blev av storleksordningen 5-15% av fyllnadshöjden (max 25 cm), 50-60% av sättningarna inträffade efter 2-3 veckor samt att större sättningar också erhålls efter den första tjällossningsperioden. Om sådana faktorer kan beaktas innan den slutliga justeringen och beläggningen utföres blir det framtida underhållet begränsat. Förhållandena med kringfyllning och resterande fyllning av lös lera bör dock studeras närmare. Erfarenhetsmässigt är den totala kostnadsbesparingen betydande om återfyllningen kan ske med schaktmassor av lös lera.

Undersökningar har visat att kringfyllning och resterande fyllning utförd med lös lera minskar risken för grundvattensänkning i och utanför ledningsgraven.

I AMA finns detaljerade föreskrifter för packning av kringfyllning och resterande fyllning. När det gäller resterande fyllning kan erfarenhetsmässigt framhållas att denna sällan torde bli utförd på föreskrivet sätt. En total genomgång av tillämpbara packningsmetoder, sett ur praktisk och ekonomisk synvinkel, ställt mot erhållet resultat, bör ingå i ett framtida forskningsprojekt.



Likaså accepteras inte stenigt och blockigt material som kringfyllning. För stora betongrördimensioner kan emellertid mycket väl stenigt och blockigt material användas.

I AMA förekommer olika klassningssystem för fyllningsmaterial vilket är olyckligt. Endast ett system bör förekomma.

#### - LEDNINGSBÄDD

Föreskrivs ofta ledningsbädd?

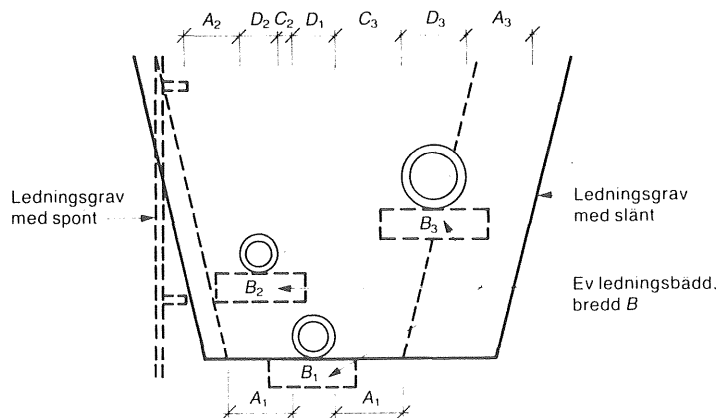
Ja

Är ledningsbädd lämplig ur utförandesynpunkt vid schakter i lera?

Beroende på årstid och arbetsmetod ofta onödig. Bör ej föreskrivas. Bör regleras.

Ledningsbädd föreskrivs och utförs sannolikt i större utsträckning än nödvändigt. Det måste påpekas att ledningsbädden inte är en grundförstärkning utan något som utföres av arbetstekniska skäl. I normalfallet skall rörläggningen utföras direkt på schaktbotten. Endast i de fall då risk för ytuppmjukning av schaktbotten föreligger eller det är svårt för personalen att gå och/eller utföra arbete utan att skada schaktbotten bör ledningsbädd utföras.

Ledningsbädd på högre liggande ledningar kan aldrig vara behövligt. Skulle så vara fallet är återfyllnadsmassorna av för dålig kvalitet för grundläggning av de övre ledningarna.



#### - KRINGFYLLNING RUNT ARMATURER

Utföres detta med friktionsmaterial enligt AMA?

Nej. Inte ekonomiskt försvarbart.

Utförs inte i praktiken och funktionen ifrågasätts. Förutsättningen är givetvis att fyllningen utföres med tillräcklig försiktighet för att inte skador skall uppstå men att materialet är detsamma som används som fyllning i övrigt.

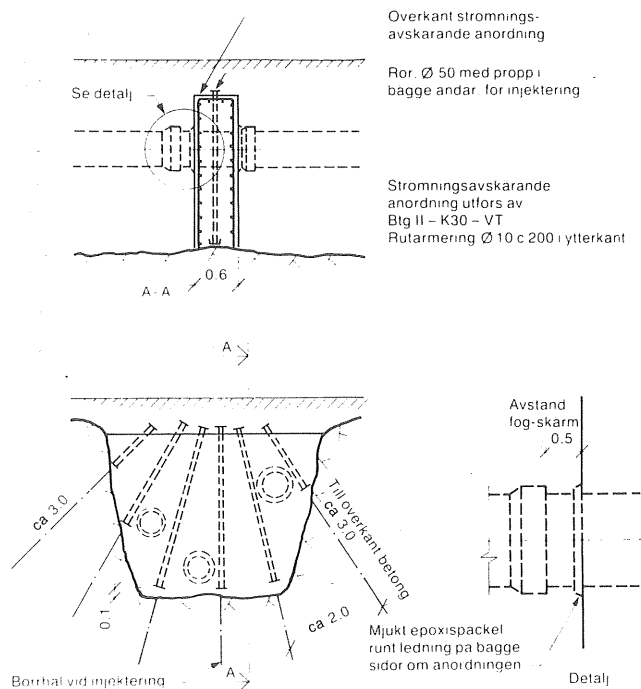
### - STRÖMNINGSAVSKÄRANDE FYLLNING

När strömningsavskärande fyllning skall föreskrivas måste särskild bedömning ha skett av hur stor grundvattenström som kan förväntas i ledningsgraven.

Vid tätare jordar kan det inträffa att det inläckage i ledningen som motsvarar provtryckningsnormerna överstiger det flöde som man vill förhindra med strömningsavskärande fyllning. Att förhindra utdränering vid täta jordar som lera är önskvärt, men om inte ovannämnda bedömning görs kan den strömningsavskärande fyllningen ha utförts i onödan.

Vid ledningsprojektering skall således beaktas om en grundvattensänkning i en ledningsgrav och dess influensområde kan ha negativa effekter. Är så fallet skall strömningsavskärande fyllning eller konstruktion utföras. Tätheten hos ledningarna skall vara sådan att effekten av strömningsavskärande åtgärd ej förtas.

Vidare bör inom områden som är känsliga för grundvattenförändringar perforerade underdelar på rännstensbrunnar utnyttjas för påspädning av grundvattnet.



### - VIRKE SOM JORDFÖRSTÄRKNING

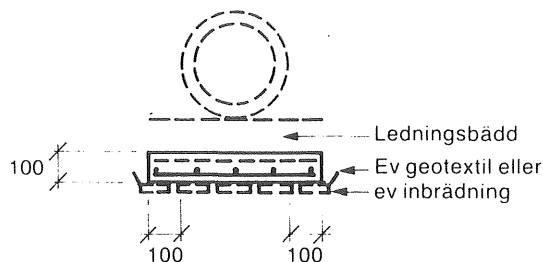
När kan det finnas anledning att utföra ledningsbädd med plank?

Vid risk för ojämna sättningar i mossmark och mycket lös lera vid stora rördimensioner. Vid övergång mellan olika material. Närmast att jämföra med ledningsbädd. Har ingen långsiktig teknisk funktion.

I likhet med ledningsbädden är rustbäddar m m endast arbets- tekniska hjälpmedel. Rustbädden kommer inte att ha den livslängd som ledningen förväntas ha. Detta innebär att som grundförstärkning eller lastutbredning kan den inte anses fullgod och bör således inte användas.

Större effekt kan t ex erhållas med långa rör som har betydligt större styvhet än rustbädden.

Utförande med en ledning i ledningsgraven



#### - ÖVRIGA SYNPUNKTER PÅ AMA

Finns i övrigt i MARK-AMA onödiga eller felaktiga anvisningar som försvårar och fördyrar ledningsbyggandet?

Anpassning till olika markförhållanden och rörtyper är nödvändigt.

Utbyte av återfyllningsmassor inkl. kringfyllning är onödigt. Mycket viktigt ur kostnadssynpunkt.

AMA för ledningsrenoveringar behövs. Entreprenören kalkylerar med resursinsatser och framdrifter. Ofta begärs detaljerade prisuppgifter i mängdförteckningar och dylikt, vilket innebär besvärliga omräkningar och bedömningar.

### 3.4 Sammanfattning

Granskningen av AMA, diskussioner med projektörer, byggare och kontrollanter samt uppföljningen av skadefall visar att vissa avsnitt av AMA bör omarbetas eller kompletteras. Fördjupade studier bör utföras inom bl a avsnitten

- Fyllning
- Spontschakter
- Grundförstärkning
- Utspetsning

Förbättringar inom dessa avsnitt innebär kostnadsbesparingar och sannolikt längre livslängd för ledningarna.

Den trend som i dag föreligger att AMAs föreskrifter i stor utsträckning styr projekteringen måste brytas. AMA bör därför renodlas som arbets- och materialbeskrivning.

Framtagning av en PROJ-AMA som hjälp för va-projektören att lösa problem och finna alternativa lösningar är viktigt. PROJ-AMA bör redovisa grunderna för i MARK-AMA angivna typlösningar och ange alternativa lösningar vid avvikande förutsättningar.

I PROJ-AMA bör även poängteras att det inte är tillräckligt att ledningen är funktionsduglig vid besiktningstillfället utan att projekteringen skall vara sådan att ledningen fyller funktionskraven under hela sin livslängd. Vilka marginaler skall man ha för byggsarv och åldrande?

För att hålla AMA levande är det viktigt att driftstörningar och skador på ledningsnätet rapporteras och utvärderas kontinuerligt.

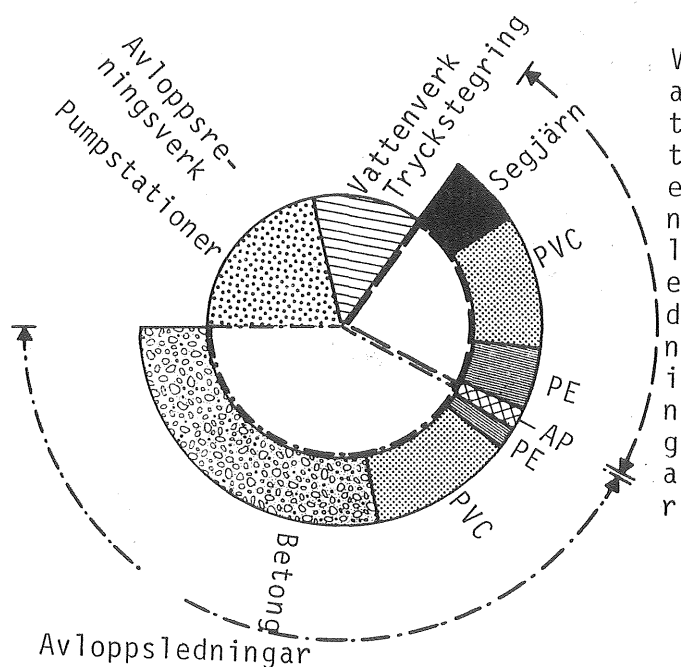


#### 4. KOSTNADER FÖR VA-LEDNINGAR

Författare: Jan Adamsson, Börje Jeltin, Åke Mattsson

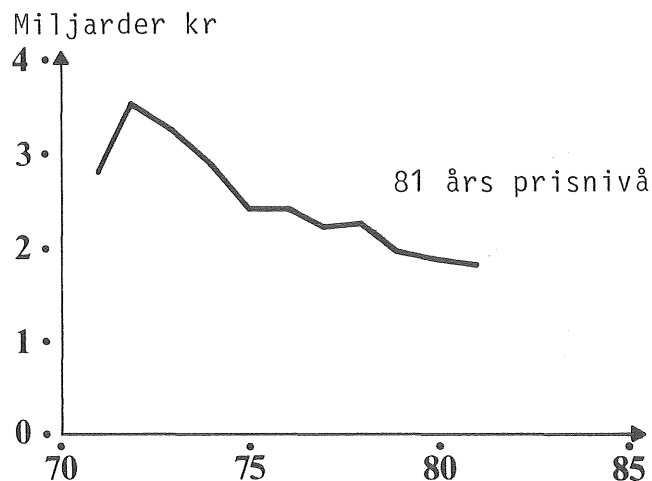
##### 4.1 Va-ledningsbyggandet - vart är vi på väg?

Va-investeringarna i Sverige uppgick 1981 till 1.9 miljarder kronor. Härav utgjorde investeringarna i ledningsnät 1.2 miljarder kronor eller 65%, varav 23% i vattenledningar och 42% i avloppsledningar.



Figur 4.1 Va-investeringar 1981.

Under den senaste 10-årsperioden har investeringarna halverats mätt i fast penningvärde. 1981 nyanlades 1 060 km vattenledningar och 1 435 km avloppsledningar. Ledningsnäten omfattade totalt 55 550 km vattenledningar och 70 175 km avloppsledningar

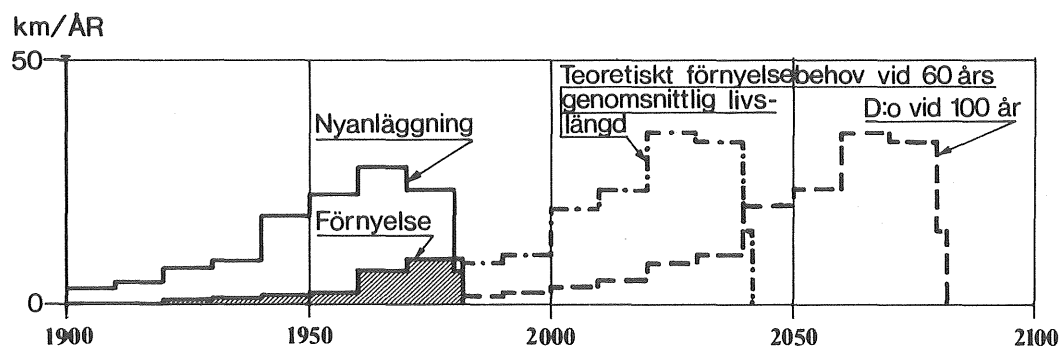


Figur 4.2 Va-investeringarnas utveckling 1970-1981.

Statistik saknas över hur stor del av dessa ledningar som var omlägnings- och renoveringsarbeten.

Av avgörande betydelse för storleken på reinvesteringsbehovet är ledningsnätets livslängd. I nedanstående figur redovisas schematiskt omfattning av nyanläggning och förnyelse av ledningsnätet i Göteborg 1900-1982. Om man antar att ledningsnätets genomsnittliga livslängd är 60 år skulle nuvarande förnyelse motsvara behovet och de verkligt stora insatserna komma först ung år 2000. Skulle den genomsnittliga livslängden uppgå till 100 år inträffar reinvesteringsvågen kring år 2050.

För närvarande saknas metodik för att med säkerhet kunna bedöma framtida reinvesteringsbehov. Det är därför viktigt att utnyttja och följa upp tillgänglig information som utvecklingen av antal rörbrott, avloppsstopp och vattenförluster.



Figur 4.3 Nyanläggning och förnyelse av va-ledningsnätet i Göteborg 1900-1982 samt teoretiskt förnyelsebehov vid olika livslängd hos ledningsnätet.

## 4.2 Analys av investeringskostnader för Göteborg

### 4.2.1 Syfte och begränsningar

Vid analys av kostnader för va-ledningar måste förutom investeringskostnaderna även drift- och underhållskostnader under ledningens livslängd beaktas. Målet vid ett sådant studium bör vara att försöka få grepp på hur olika delar i byggnationen såsom schakttyp, grundläggningssätt, materialval, trafikförhållandena osv påverkar den totala kostnaden. Av praktiska skäl är utredningen begränsad till av Göteborgs va-verk utförda projekt och huvudsakligen konventionella lösningar.

I det av Göteborgs förorter nyligen startade BFR-projektet "Lätt kommunalteknik" kommer motsvarande analys att redovisas för grundt förlagda ledningsnät.

### 4.2.2 Ledningsbyggandets omfattning

Va-verkets investeringar 1982 uppgick till 55 Mkr, varav 51 Mkr avsåg ledningsnätet. I egen regi byggdes för 32.2 Mkr, gatu-kontoret byggde för 10.2 Mkr och privata entreprenörer för 8.6 Mkr.

Sedan några år råder i Göteborg en situation på investerings- och sysselsättningssidan som gör att nästan samtliga va-arbeten utförs i egen regi av va-verkets personal eller av gatukontoret som entreprenör. Endast enstaka va-projekt där kommunen inte har egen kompetens utförs av privat entreprenör. Sådana arbeten är t ex rörtryckningar och långhålsborrningar. Hur denna situation har påverkat kostnadsläget är svårtolkat. Vid val av här detaljstuderade projekt har dock medtagits ett område - Hällsvik - där två entreprenader har utförts av privata entreprenörer.

En annan faktor som begränsar kostnadsjämförelsen är att va-verket använder nästan uteslutande segjärn för vattenledningar och betong för avlopp. Plastmaterial används för serviser och vid renovering av ledningar genom infodring.

#### 4.2.3 Kalkylering

Va-verkets kalkylering kan indelas i följande faser

- \* Förkalkylering
- \* Detaljkalkylering
- \* Anbudskalkylering
- \* Slutkalkylering

Förkalkyleringen används vid stadsplanegranskningen och i arbetet med investeringsbudgeten för att avgöra skäligheten i en kommande investering för t ex ett bostads- eller industriområde.

I detaljprojekteringssskedet görs en detaljkalkyl som underlag för anslagsframställning. Denna beräkning är då grundad på detaljerad kännedom om projektet. Fullständig geoteknisk undersökning bör vara genomförd. Fram till och med detta stadium ansvarar projekteringsavdelningen för projektet och därefter övertar distributionsavdelningen ansvaret.

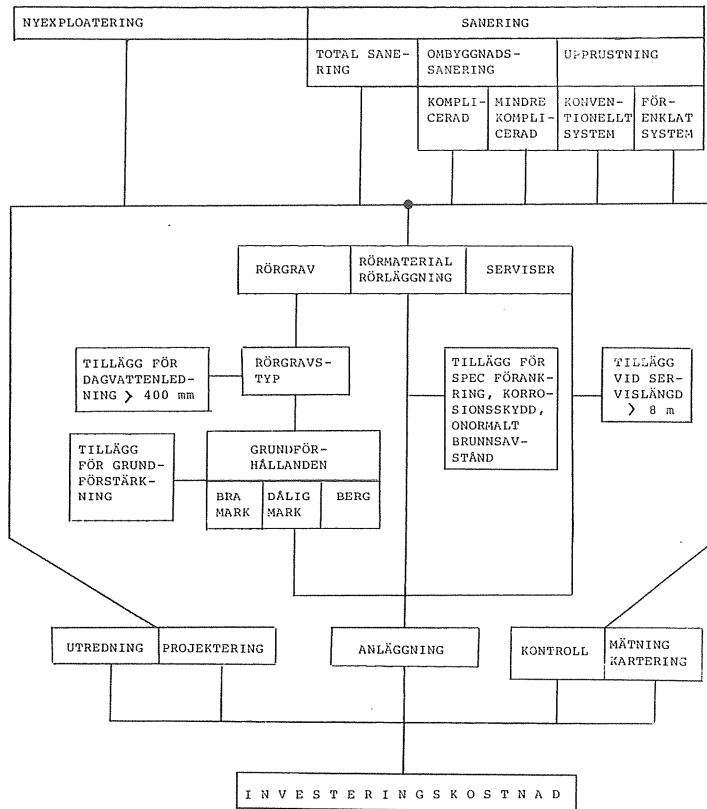
Projektet anbudsräknas antingen av gatukontoret, privat entreprenör eller va-verkets egen-regibyggare. Anbuden ställs direkt mot detaljkalkylen och utförare antages om anbudet bedöms vara skäligt.

När arbetet slutförts sammanställs samtliga kostnader till en slutkalkyl. Samtliga slutkalkyler för utförda projekt analyseras och används vid den årliga revidering av för- och detaljkalkyllistor.



## Förkalkyler

Använd modell för förkalkylen framgår av figur 4.4.



Figur 4.4 Förkalkyleringsmodell.

I tabellform anges meterkostnaden för rörgraven i:

- \* Nyexploateringsområden - ett nytt bostads- eller industriområde förlagt till ej tidigare bebyggd mark.
- \* Saneringsområden - ett område, oftast i innerstaden, som är utsatt för någon form av saneringsverksamhet, som resulterar i omläggning av va-ledningar.
  - komplicerade förhållanden
  - enklare -"-
- \* Upprustningsområden - områden med äldre villabebyggelse som saknar va. Kännetecknas ofta av trånga gator med hinder vid va-byggnationen i form av murar och staket.

Uppdelning har skett på olika grundförhållanden och olika schaktdjup enligt exemplet nedan.

Tabell 4.1 Rörgravskostnader i kronor per meter för nyexploateringsområden (kostnadsläge 83-01-01).

Djup till vattengång m	Bra mark			Dålig mark			Berg		
	Antal ledningar			Antal ledningar			Antal ledningar		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2.5	620	1040	1450	1240	1760	2380	2070	2690	3210
2.5-4.0	930	1350	1860	1660	2280	2790	2480	3210	4080
4.0-6.0	1760	2170	2790	2580	3200	3720	3410	4550	5480
Markbyggnadsindex	1.5-1.7			1.8-2.9			2.0-2.9		

Dessa kostnader uppräknas sedan med vissa faktorer för större ledningsdimensioner och för grundförstärkningsåtgärder.

Rörgravskostnaden kompletteras med kostnader för rörmaterial och läggning, serviser, utredningar, projektering, kartering, kontroll samt utsättning och inmätning.

#### Rörmaterial och rörläggning

Tabell 4.2 Kostnader i kronor per meter för rörmaterial och rörläggning - vattenledningar

Typ av områden	Dimension						
	50	100	150	200	300	400	
Nyexploatering, enklare sanering, och upprustning	100	270	360	460	600	900	

Tillägg kan komma ifråga vid behov av speciella förankringsåtgärder och skyddsror.

Tabell 4.3 Kostnader i kronor per meter för rörmaterial och rörläggning - avloppsledningar.

Typ av områden	Dimension						
	225	300	400	500	600	800	1000
Nyexploatering, upprustning och sanering	260	290	360	510	550	980	1400

Tillägg kan komma ifråga vid

- onormalt korta brunnsavstånd
- stor andel omkopplingar och omläggningar av serviser.

Tabell 4.4 Kostnader för utredning, projektering och kartering.

Nyexploatering Anläggningskostn. i tusen kronor	Procent av anläggningskostnad		
	Utredning och proj. inkl. fältundersökn. och kartering	Utsättning och inmätning	Byggkontroll
100 - 500	4.3	2.5-2.1	5.0-3.5
500 - 2 000	4.0	2.1-1.8	3.5-2.6
2 000 - 5 000	3.5	1.8-1.7	2.6-2.2
> 5 000	3.2	1.7	2.2

### Detalj kalkyler

Denna modell baserar sig på ett antal å-priser, som framtagits ur slutreglerade kostnader för utförda arbeten samt beräknade mängder. Även detaljkostnadslistorna är uppdelade på

- \* nyexploateringsområden
- \* saneringsområden
- \* upprustningsområden

och sammanställs sedan vid kalkylen i följande huvudposter:

- A1. Förberedelser, hinder, brytningar, beläggning m m.
- \* Etablering
  - \* Röjning inklusive borttransport av buskar och träd
  - \* Rivning av t ex el-, tele-, belysningsstolpar, vägmärken, staket osv
  - \* Skydd - stagning av el-, tele-, belysningsstolpar, skydd av träd, murar osv
  - \* Matjordsavtagning
  - \* Hinder - korsning av spårväg, hinder i mark - va-ledningar, el- och telekablar, fjärrvärme osv
  - \* Brytning av beläggning
  - \* Arbetsvägar
  - \* Trafikanordningar - uppsättning och skötsel
  - \* Vinterhinder - tjältning
- A2. Gatureparationer
- \* Beläggning i gångväg, lokalgata, trafikled
  - \* Framtida underhåll
- A3. Återställning
- \* Nyplantering av träd och buskar
  - \* Uppsättning av stolpar, räcken, P-mätare
  - \* Utplanering av matjord och grässådd
  - \* Avveckling
- A4. Provisorier, skyddsåtgärder, oförutsett och diverse
- B1. Schakt
- \* Hand- och grävmaskinarbeten
  - \* Transporter
- B2. Spont
- B3. Berg
- \* Sprängning inklusive upplastning
  - \* Transporter
- B4. Grundförstärkning
- \* Pålning
  - \* Betongplatta
  - \* Ledningsbädd
  - \* Kringgjutning
  - \* Strömningsavskärande skärm
  - \* Utspetsning
  - \* Fiberduk
- B5. Återfyllning
- \* Fyllning, komprimering
- C1. Rörläggning vatten
- \* Rör, armaturer, förankringar, kopplingar
  - \* Provtryckning
- C2. Rörläggning avlopp
- \* Rör, brunnar
- D1. Mätning
- \* Utsättning och inmätning
- D2. Kontroll och byggplanering
- D3. Utredning, projektering och kartering
- D4. Abonnentservice

Tabell 4.5 Kalkyluppställning

GÖTEBORGS  
VATTEN- OCH AVLOPPSVERK

Blad 1

Detaljkostnadsberäkning

- - av

SANERING

- 
- V
- 
- 
- AD
- 
- 
- AS
- 
- 


Pos nr	Text	Enh	Mängd	å-pris	Särkostr	Anm
1.	FÖRBEREDELSE, HINDER					
.1	Etablering	st				
.11	Dagl skötsel maskiner, bodar m m	dag				
.221	Rivning stolpar (el-tele-belysn)	st				
.222	Rivning vägmärke	st				
.223	Rivning gångbaneräcke	m				
.224	Rivning-vägräcke	m				
.227	Rivning parkeringsmätare	st				
.231	Stagning stolpe	st				
.232	Säckn + avsäckn p-mätare	st				
.233	Skydd av träd	st				
.234	Skydd mur, inspöntning	m				
.241	Matjordsavtagning < 100 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>				
.251	Korsning spårväg schakt	st				
.253	Korsning spårväg tryckning	st				
.254	Längsg spårväg hinder	m				
.311	Korsning avlopp < 300	st				
.312	Korsning avlopp > 300 mm	st				
.313	Korsning vatten	st				
.314	Korsning gas	st				
.3151	Korsning kablar 100 mm	st				
.3152	Korsning kablar 150 mm	st				
.523	Korsning kablar 200 mm	st				
.62	Brandpost	st				
.631	Luftare 25 mm	st				
.71	Förankring med förankringsboja					
.7111	Förankring av rörkrök 100 mm	st				
.7112	Förankring av rörkrök 150 mm	st				
.7113	Förankring av rörkrök 200 mm	st				
.7121	Förankr av vent på T-rör 100mm	st				
.7122	Förankr av vent på T-rör 150mm	st				
.7123	Förankr av vent på T-rör 200mm	st				
.7131	Förankr av T-rör, BP, propp 100mm	st				
.7132	Förankr av T-rör, BP, propp 150mm	st				
.7133	Förankr av T-rör, BP, propp 200mm	st				
.72	Förankring av förankringsringar					
.7211	Förankring av rörkrök 100 mm	st				
.7212	Förankring av rörkrök 150 mm	st				
.7213	Förankring av rörkrök 200 mm	st				
Trpt till kostnadssammansättning						
Trpt till nästa sida						

Program för att lagra å-priserna och utföra kalkylen med en bordsdator ABC800 har nyligen tagits fram.

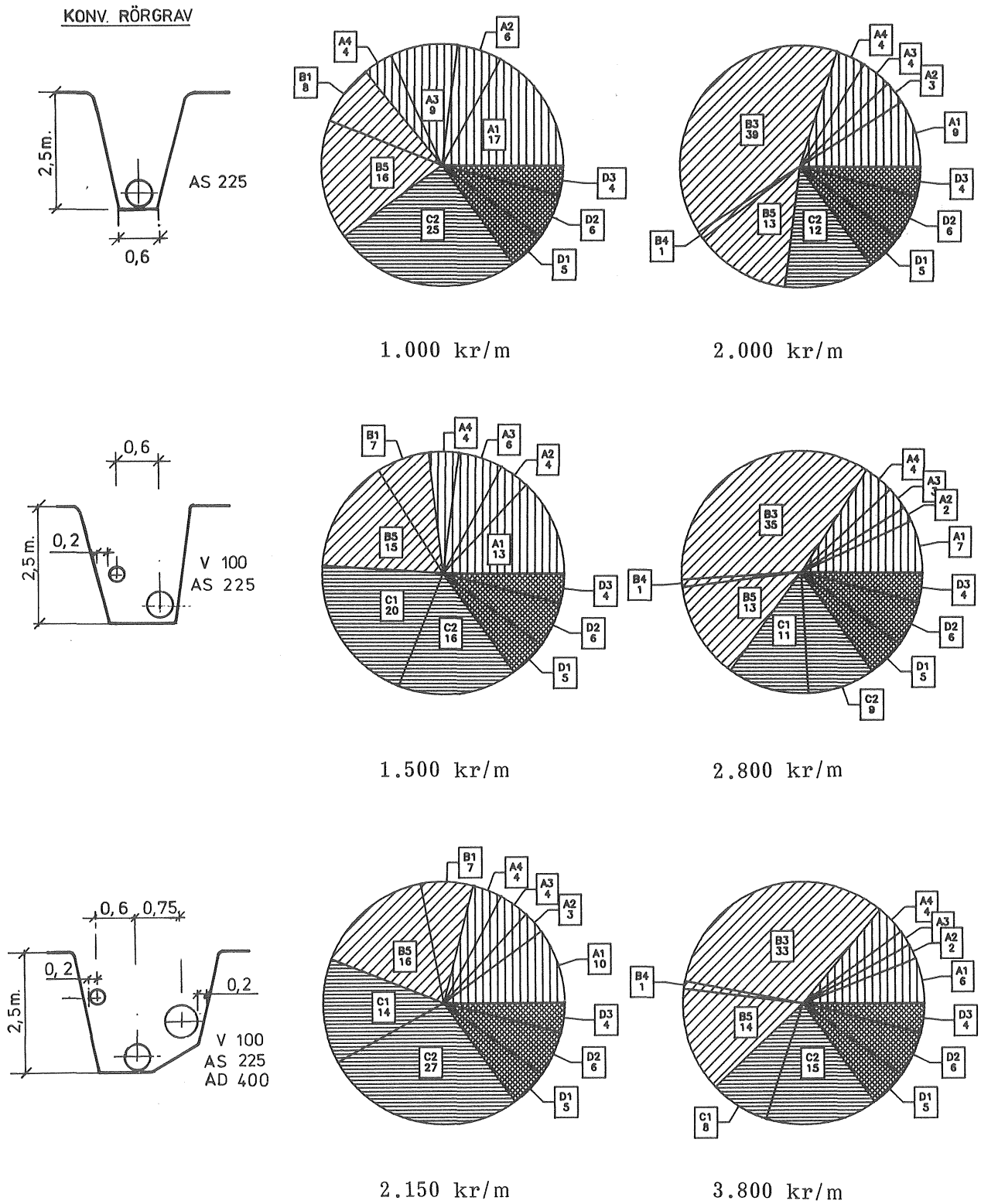
#### 4.2.4 Ledningskostnadernas fördelning för några typiska rörgravar

För att få en bild av hur kostnaderna fördelar sig på olika kostnadsslag har detaljkalkyler gjorts för en rörgrav med 2.5 m djup dels i jord, dels i berg inom nyexploaterings-, sanerings- och upprustningsområden. Beräkningen har kompletterats med grunt förlagda ledningar - 1.5 m och 1.0 m med frostisolering.

## NYEXPLOATERING

JORDSCHAKT

BERGSCHAKT

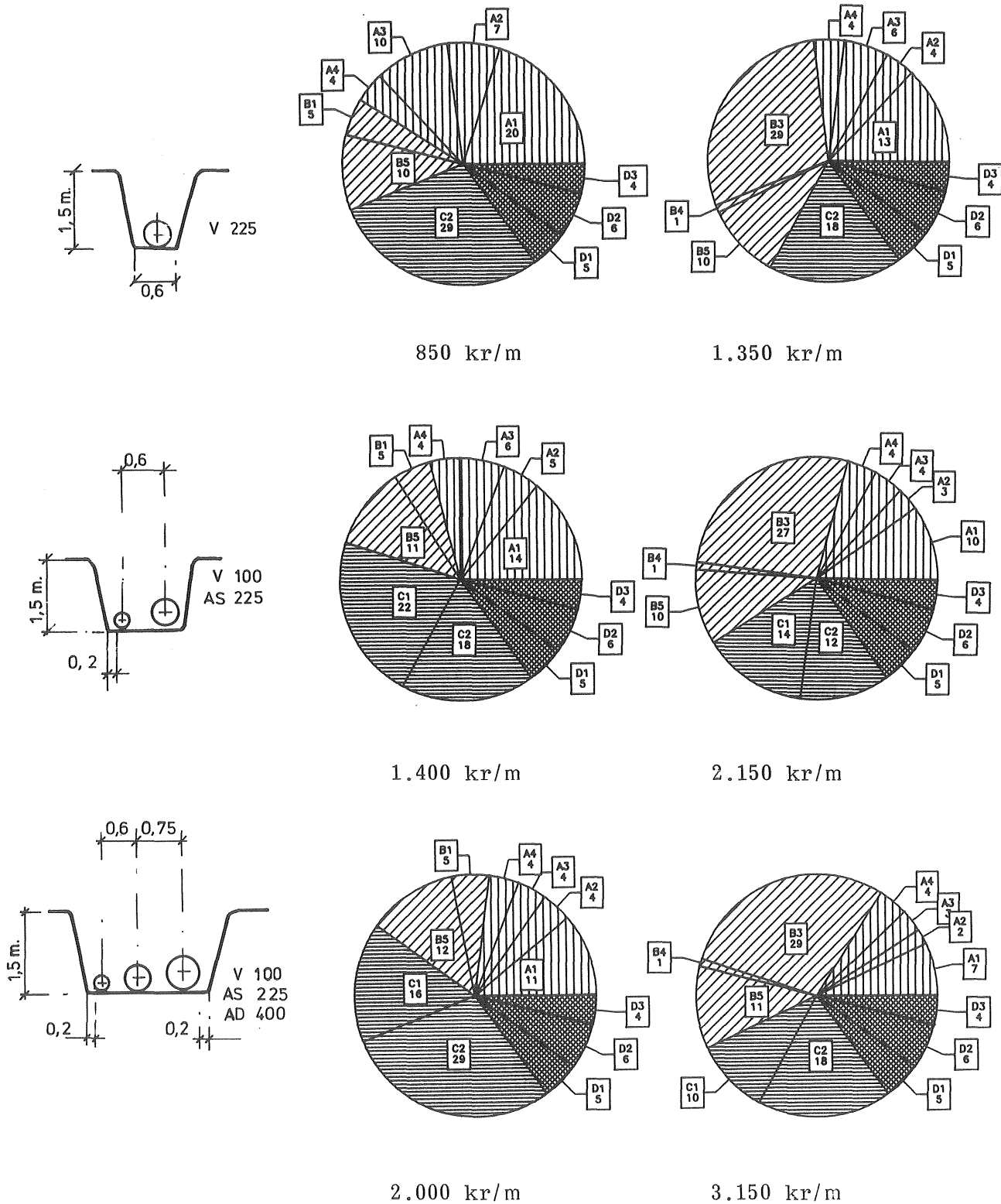


Figur 4.5 Kostnadsfördelning för rörgravar i nyexploateringsområden - konventionell utformning.

NYEXPLOATERING

JORDSCHAFT

BERGSCHAFT



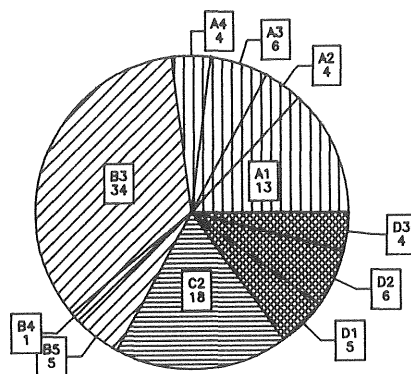
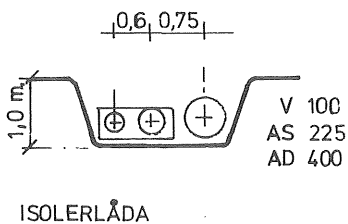
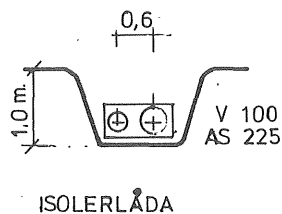
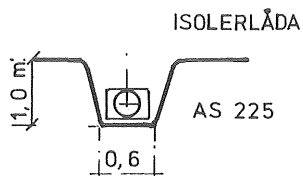
Figur 4.6 Kostnadsfördelning för rögravar i nyexploateringsområden - grunt förlagda ledningar.

## NYEXPLOATERING

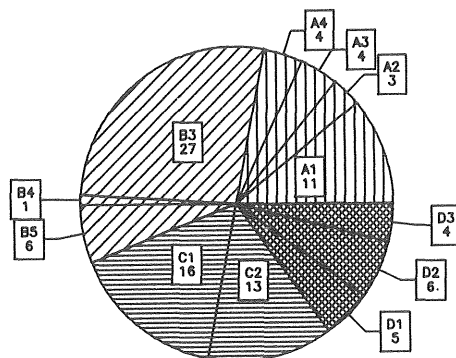
## JORDSCHAKT

## BERGSCHAKT

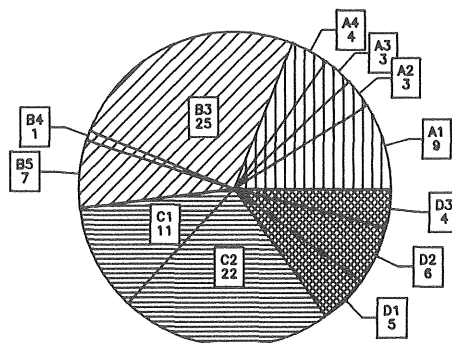
Grunt förlagd isolerad ledning är inte aktuell i jordschaktet av kostnadsskäl.



1.350 kr/m



1.900 kr/m



2.650 kr/m

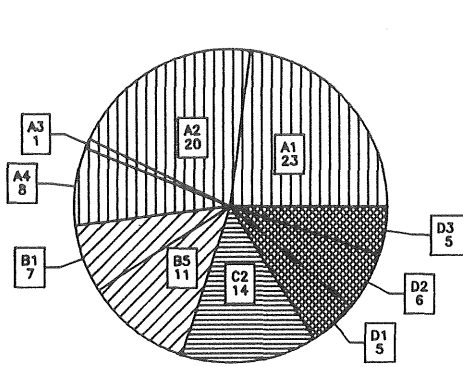
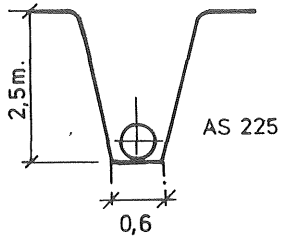
Figur 4.7 Kostnadsfördelning för rörgravar i nyexploateringsområden - grunt förlagda, isolerade ledningar.



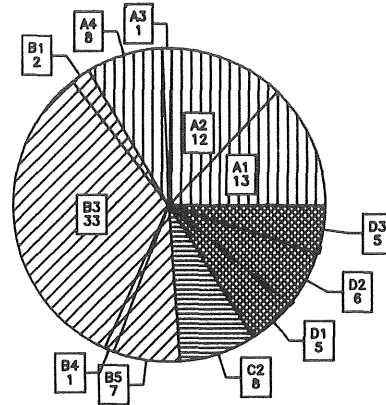
SANERING

JORDSCHAFT

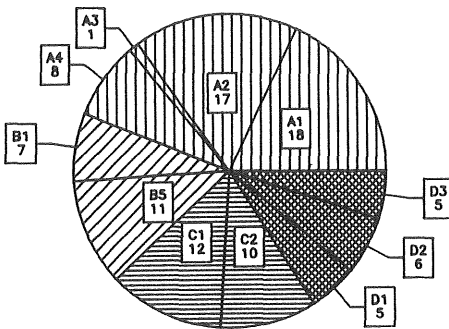
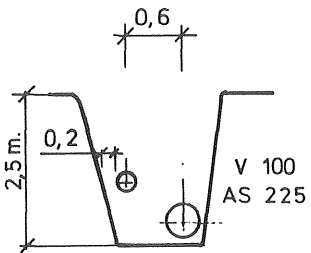
BERGSCHAFT



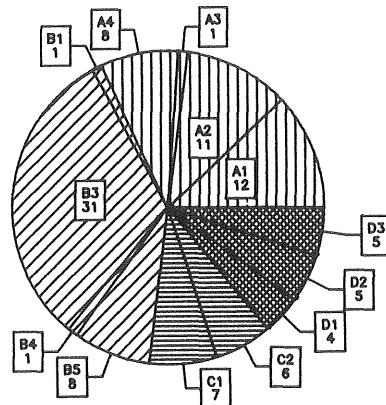
3.050 kr/m



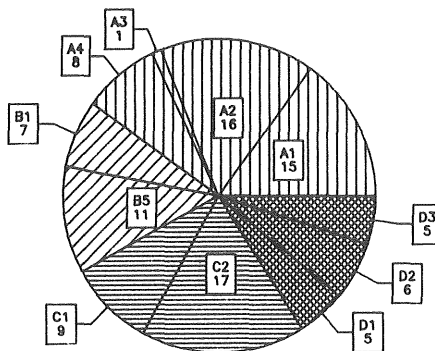
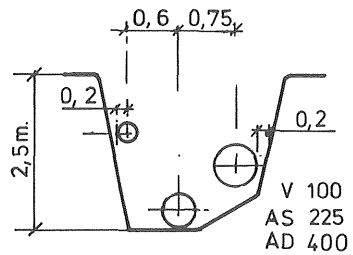
5.300 kr/m



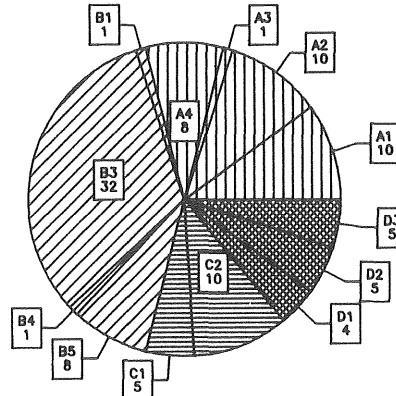
4.150 kr/m



6.700 kr/m



5.500 kr/m

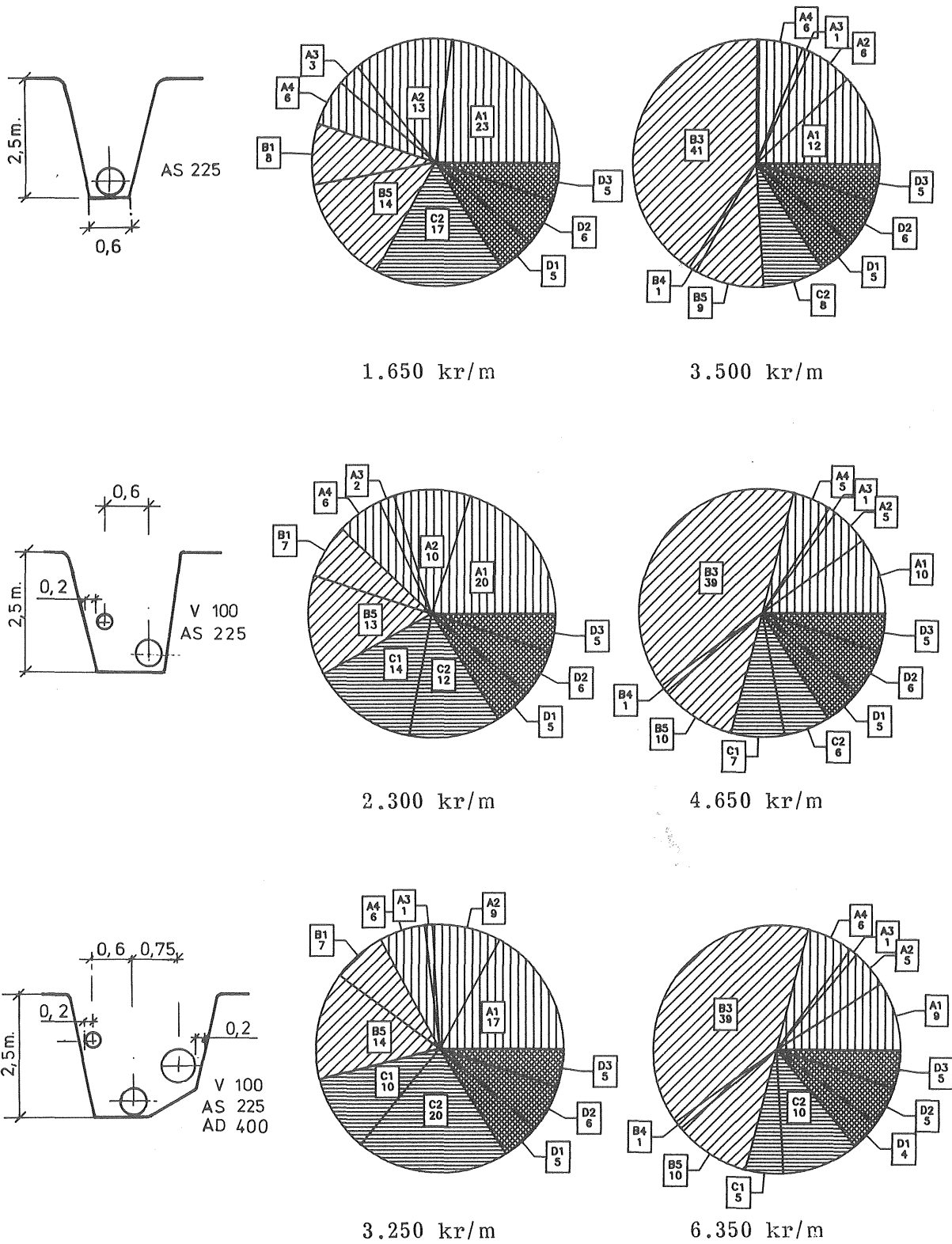


9.050 kr/m

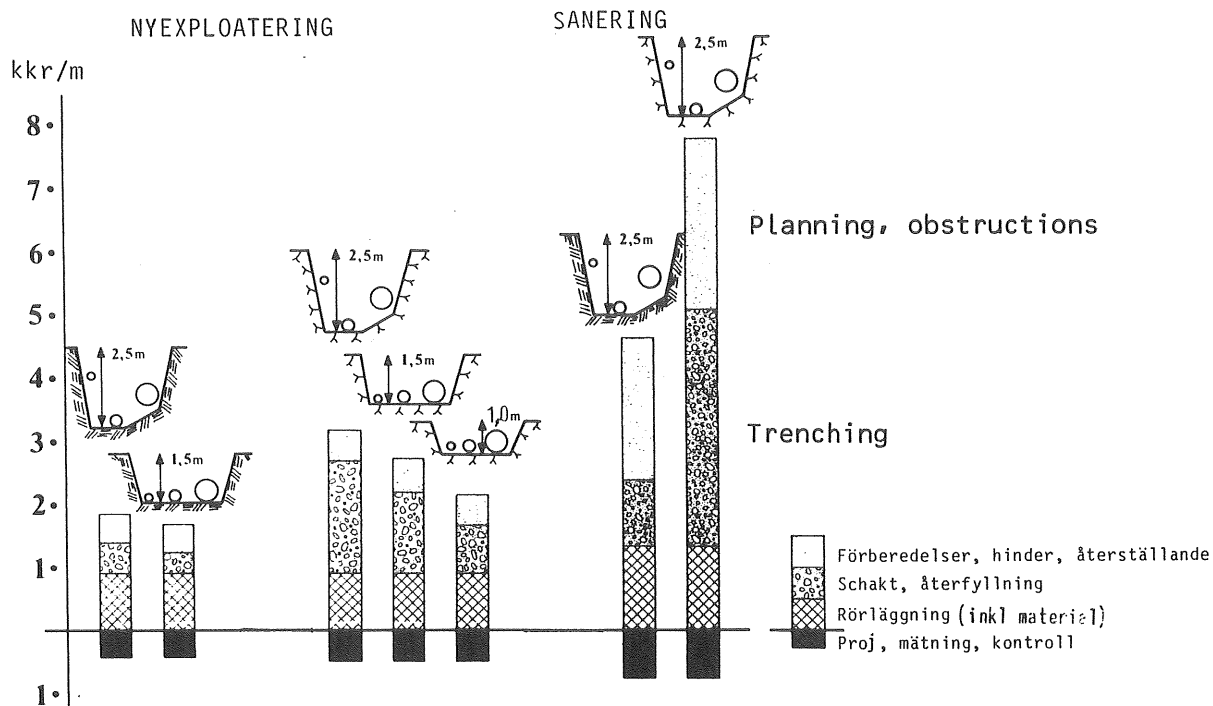
Figur 4.8 Kostnadsfördelning för rörgravar i saneringsområden - konventionell utformning.

UPPRUSTNING

JORDSCHAFT                      BERGSCHAFT

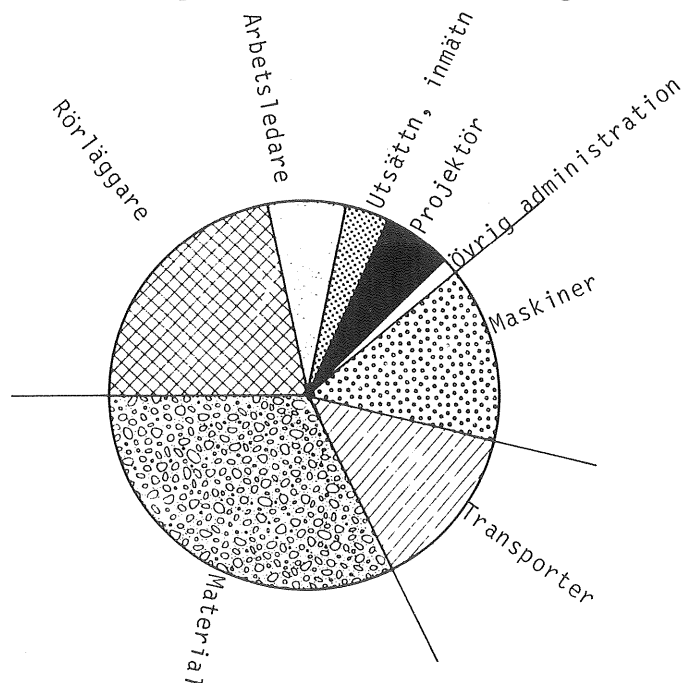


Figur 4.9 Kostnadsfördelning för rörgravar i upprustningsområden - konventionell utformning.



Figur 4.10 Jämförelse mellan rörgravskostnader vid nyexploatering och sanering.

Kostnadsfördelningen för rörgrav i jord på arbetskraft, maskiner, transporter och material framgår nedan.



Figur 4.11 Kostnadsfördelning för rörgrav i jord.

#### 4.2.5 Investeringskostnader för några detaljstuderade projekt

Projekten har valts så att ett nyexploateringsområde, två saneringsområden - varav ett komplicerat och ett enklare samt ett upprustningsområde blir representerade.

De valda exemplen är:

Backatorp SV - nyexploateringsområde.

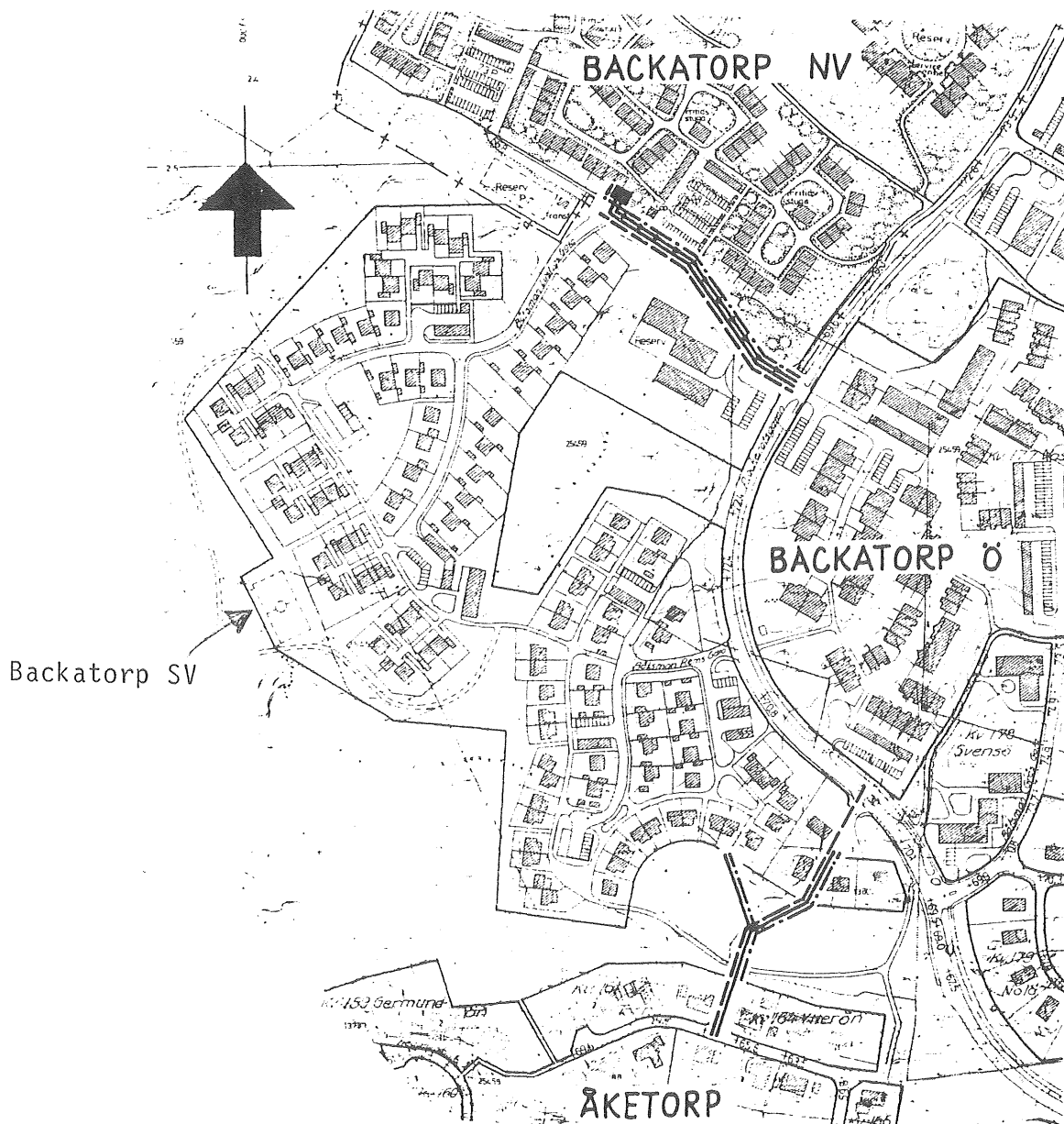
I området byggs två större gemensamhetsanläggningar för va.

Haga - vissa utvalda gator - enklare sanering utan några direkta trafikproblem.

Viktoriagatan - komplicerad sanering med stora trafikproblem bl a spårvagnstrafik.

Hällsvik - upprustningsområde. Området byggs utan stadsplan samt med grunt förlagda ledningar och långhålsborrning. Inom området byggs ett antal gemensamhetsanläggningar för va.

Backatorp SV - va-byggnation

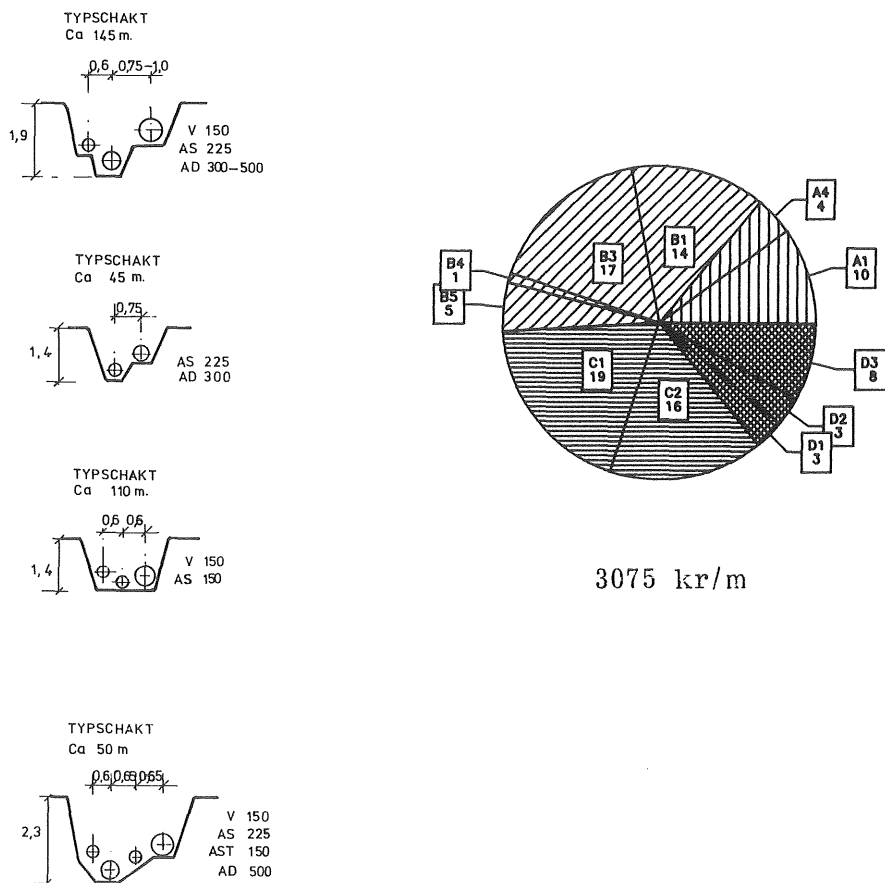


Figur 4.12 Översikt Backatorp SV.

Den sydvästra delen av Backatorp ingår som en etapp i en större utbyggnad av området Backatorp. Huvudgator och va-ledningar för den östra delen är redan utbyggda medan den planerade hyreshusbebyggelsen har senarelagts på grund av den kärva ekonomiska situationen i Göteborg. Aktuellt område kommer att bebyggas med 110 grupphus. Byggherren svarar för alla byggnads- och anläggningsarbeten för utförande av ledningsnätet inom kvartersmark. Två samfällighetsföreningar bildas för att svara för gemensamhetsanläggningarnas drift och underhåll.

De allmänna va-ledningarna omfattar anslutningsledningar från det befintliga nätet (byggdes för den östra delen av Backatorp) fram till exploatörens lokala rörrät. För den norra delen av området erfordras pumpning av spillvattnet.

Projektet kostnadsberäknades till 1 050 000 kronor på vilket belopp anslagsbegäran grundades. Fördelning av kostnaderna enligt 15-punktslistan framgår av figur 4.13.



Figur 4.13 Kostnadsfördelning för rörgravar i Backatorp SV.

Den verkliga kostnaden blev 1 200 000 kronor. För va-utbyggnaden erhåller va-verket inkomster i form av anläggningsavgifter med 1 800 000 kronor.

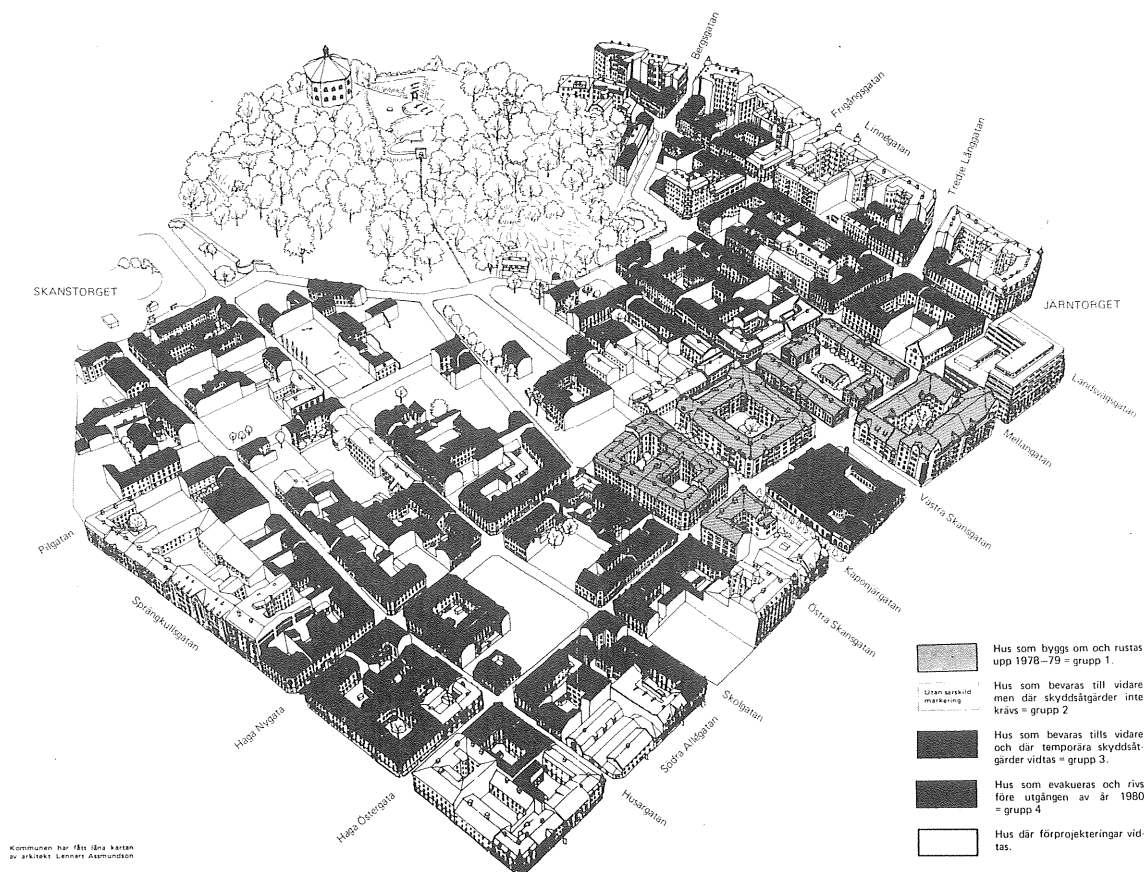
## Haga - va-byggnation

Hur bostadssaneringen av Haga skall genomföras har diskuterats i Göteborg sedan minst 15 år tillbaka. Området började bebyggas redan på 1640-talet men den nuvarande bebyggelsen är från den senare hälften av 1800-talet och består av 2-3 vånings trähus men även stenhus förekommer. Från 1920 har ingen nybyggnad skett inom området så när som på de nu inom saneringsprogrammet nyuppförda fastigheterna.

Under de senaste årtiondena har ett successivt förfall kunnat noteras, även om sporadiska insatser till upprustning har skett.

Fastighetsägarna har dock väntat på politiska beslut om bevarande eller upprustning. Något entydigt beslut har ej fattats utan för närvarande sker en successiv sanering - där vissa kvarter totalsaneras, vissa upprustas och där fortfarande beslut saknas för vad som skall ske med vissa. För va-verkets del har detta försvårat planeringen av var och hur va-utbyggnaden skall ske.

Större delen av det befintliga avloppsnetet byggdes under 1890-talet som ett kombinerat system. Både vatten- och avloppsledningarna är nu i dåligt skick. Haga tillhör ett avrinningsområde inom vilket va-verket har beslutat övergå till duplikatsystem. De gamla kombinerade ledningarna inom huvuddelen av området kan ej användas utan nya vatten-, spill- och dagvattenledningar måste byggas i de flesta gatorna.



Figur 4.14 Va-sanering i Haga.

Avledning av dagvatten från området skall ske till en befintlig ledning i Allén, vilket innebär att Södra Allégatan - en starkt trafikerad gata - måste korsas vid tre ställen.

Huvuddelen av systemet är nu utbyggt.

De tillgängliga medlen för utbyggnad av va har varit och är ca 1 milj kronor per år. De återstående etapperna kommer att byggas under 1984. Totalt beräknas va-saneringen inom Haga kosta 20 Mkr.

#### Etapp 8 - Skolgatan-Husargatan-Haga Nygata-Södra Allégatan

Rubricerade etapp motsvaras av kommande sanering av kvarteren Laddstaken, Bajonetten, Sabeln och Infanteristen. Den totala längden gatumark i vilken nya ledningar skall läggas är 480 m. Rörgravslängden med tre, två och en ny ledning uppgår till 225, 40 resp 215 m. Större delen av arbetet försiggår i från trafik helt avstängda gator - medan Södra Allégatan är starkt trafikbelastad.

Hela Haga är utbyggt på ett mäktigt, större än 20 m djupt lerlager. Området är geotekniskt undersökt och då befintlig bebyggelse är grundlagd på rustbäddar har det bedömts viktigt att hålla grundvattenytan uppe, vilket sker bl a genom att vissa rännstensbrunnar utförs med magasin och genom att va-verket arbetar med grunda schakter och små schaktöppningar.

Arbetet kommer att bedrivas med 1 lag - bestående av 2 man + grävmaskin + lastbil och utförandetiden beräknas till 8 månader eller 160 arbetsdagar. Detta ger en framdrift av ca 5 m/dag.

Typsektionerna visar stora likheter med va-verkets konventionella schakter men dagvattenledningen har förlagts något grundare. I övrigt har befintliga och önskade lägen för nybebyggelse helt styrt schaktdjupet.

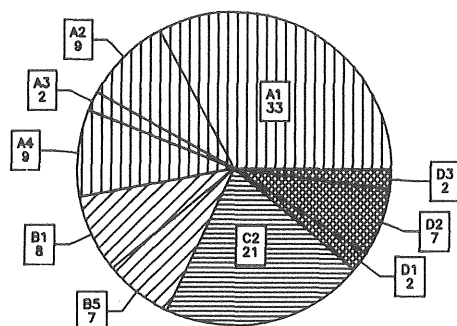
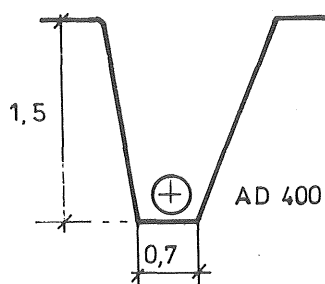
Generellt kan noteras att om en total samordning av va- och husbyggnation kunde ha genomförts så att samtliga servislägen var fastlagda när va-byggnationen påbörjades kunde stora kostnadsbesparingar åstadkommit.

## TYPSEKTION

## KOSTNADSFÖRDELNING

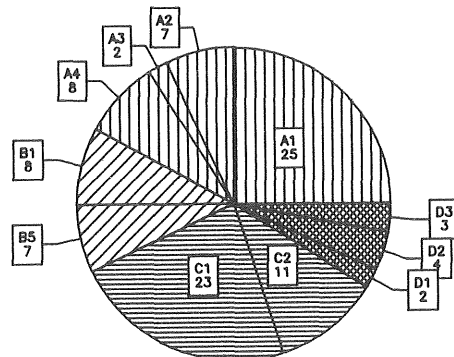
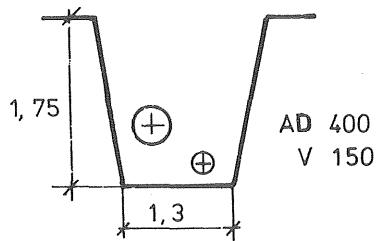
## KOMMENTAR

Ca 215 m SCHAKTMETER  
KOSTNAD = 2.250 Kr.



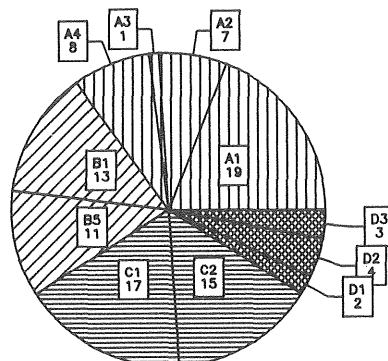
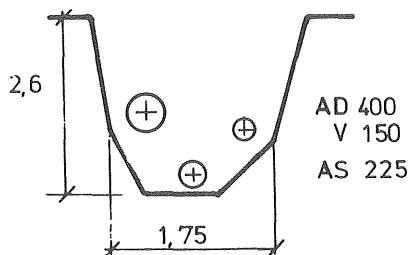
2.250 kr/m

Ca 40 m. SCHAKTMETER  
KOSTNAD = 3.800 Kr.



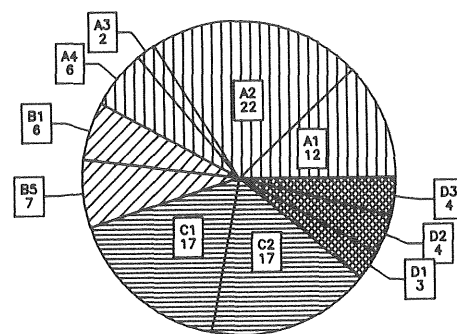
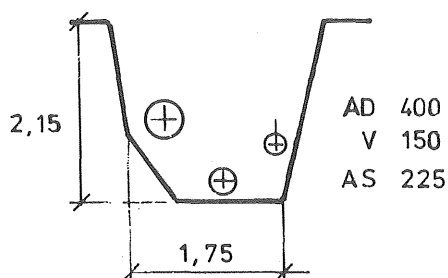
3.800 kr/m

Ca 120 m. SCHAKTMETER  
KOSTNAD = 5.200 Kr.



5.200 kr/m

Ca 105 m. SCHAKTMETER  
KOSTNAD = 3.400 Kr.



3.400 kr/m

Spontning har ej bedömts erforderlig.

Grundförstärkning är ej erforderlig. Avjämning av schaktbotten sker dock generellt med 15 cm friktionsmassor.

På grund av samarbetsavtal med gatukontoret i Göteborg är många av va-verkets arbeten förlagda till vinterhalvåret för att klara sysselsättningen. Detta innebär att arbete ofta förekommer i tjälad mark och att tjälade massor måste bytas ut mot friktionsmaterial.

Merkostnaderna för vinterbygandet är beräknade till ca 90 000 kr.

Gaturreparationskostnaderna är förhållandevis små i Haga då en total ombyggnad av gatorna kommer att ske efter några år då hela bostadsaneringen är klar. Detta innebär att va-verket endast står för kostnaderna upp till terrassplaner och GK återställer med gatusten senare.

Figur 4.15 Kostnadsfördelning för rörgravar i Haga.



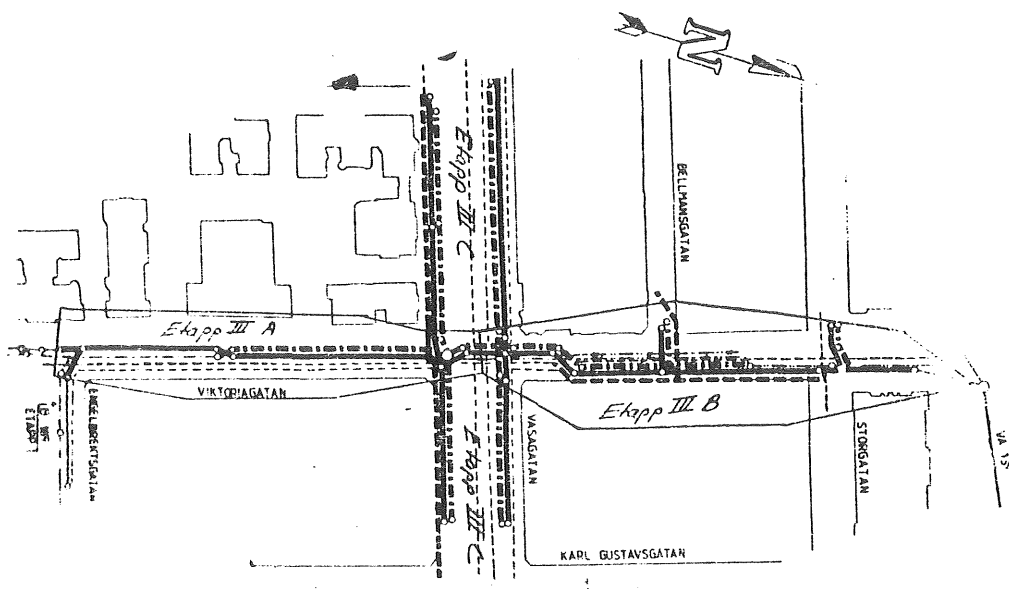
### Vasastaden - va-byggnation

I samband med att ett flertal fastigheter i Vasastaden renoveras och en omläggning av trafikföringen genomförs utför va-verket ombyggnad och översyn av ledningsnätet. Ledningarna i området är mycket gamla - de äldsta ca 100 år - och avloppsledningarna har på flera ställen sättningsskador och sprickor. Det befintliga avloppsnätet är utbyggt som kombinerat system.

Va-saneringen påbörjades redan 1976-77 med en utbyggnad av en avloppstunnel till Ryaverket. Därefter har en successiv ombyggnad till duplikatsystem skett, som tidsmässigt styrts av gatukontorets trafiksanering. Kommunens allt kärvare ekonomiska situation innebär att ombyggnaden inte kan genomföras i en följd som planerat utan måste delas upp i en mängd etapper. Ombyggnaden av va-nätet beräknas inte vara slutförd förrän ca 1990.

### Va-byggnation i Viktoriagatan-Vasagatan

Den studerade etappen III har indelats i tre delsträckor enligt figur 4.16.



Figur 4.16 Va-sanering i Vasastaden, etapp III.

Dominerande jordart inom området är lera. Torrskorpa har i allmänhet utbildats till ett par meters djup under markytan, lokalt ännu djupare.

Ledningarna är förlagda i gator med asfaltbeläggning eller stenläggning.

Ett flertal byggnader vid de aktuella gatorna har grundlagts på rustbäddar och träpålar och kan därför vara mycket känsliga, även för små förändringar i grundvattenförhållanden. Då området redan har ett ledningssystem på ungefär samma nivå som det blivande, föreligger knappast någon risk för ytterligare grundvattensänkning föranledd av ledningsarbetena. De nya ledningarna har dock utförts med extra krav på täthet och återfyllning för förhindring av vattentransport längs ledningsgravarna. Detta innebär exempelvis att genomgående ledningsbädd av friktionsmaterial ej använts.

I gatorna i det aktuella området finns en stor mängd befintliga ledningar och kablar - både längsgående nära schakterna och korsande. Det inom området stora antalet serviser ökar dessutom antalet korsande ledningar och kablar avsevärt.

Med hänsyn till det begränsade utrymmet i gatan måste det gamla ledningsläget bibehållas och en stor del av de befintliga avloppsledningarna rivs. Ledningsnätet måste dock hela tiden vara i drift och avloppet tas om hand. Vid regn tillkommer dessutom stora mängder dagvatten.

I Vasagatan har en befintlig gasledning måst läggas om på grund av platsbrist. Befintlig kombinerad ledning som skulle utgå lades på vissa sträckor om.

Trafikintensiteten i området är mycket hög både från biltrafik och spårvagnar - minst 1 spårvagn var 5:e minut.

Den höga trafikintensiteten har påverkat va-kostnaderna kraftigt på grund av dels trafikavstängningar och omläggningar, dels på grund av den tidsstörning, arbetsmiljörisk - avgaser, risk för påkörning och belastning på schaktkanter som bil- och spårvagnstrafik medför.

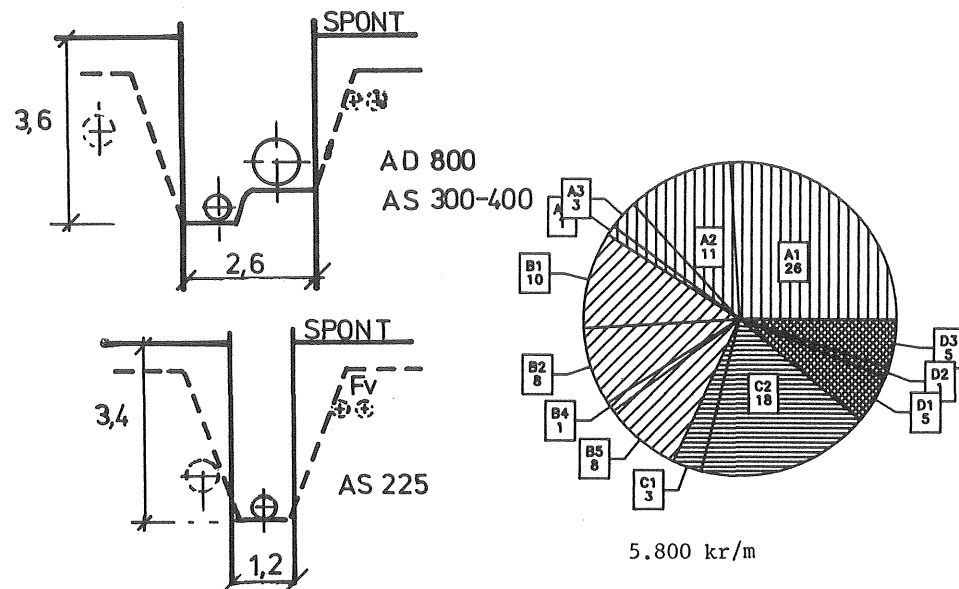
Vid korsning med spårvagnsspår har för att minska kostnaderna spårbyggare och spontning utförts nattetid.

Trots de måttliga schaktdjupen och den relativt fasta leran har stor del av ledningsarbetena utförts inom spont. Schaktning med slänt skulle kräva så omfattande trafikomläggningar och provisoriska flyttningar av befintliga ledningar av olika slag att ett sådant alternativ bedömdes som praktiskt och ekonomiskt orimligt. Spontningen har dock på vissa avsnitt gjorts relativt enkel.

## TYPSEKTION

## KOSTNADSFÖRDELNING

## KOMMENTAR



Viktoriagatan, Vasagatan-  
Engelbrektsgratan:

Ny dagvattenledning  $\varnothing$  800 och  
ny spillvattenledning  $\varnothing$  300 och  
 $\varnothing$  400 ca 90 m.

Ny spillvattenledning  $\varnothing$  225  
ca 90 m.

Nya spill- och dagvattenled-  
ningar  $\varnothing$  225 -  $\varnothing$  400 samt V 150  
ca 25 m.

Prov inkoppling på befintlig  
Ak-ledning i Vasagatan.

Nya serviser läggs och befint-  
liga kopplas in, 9 st.

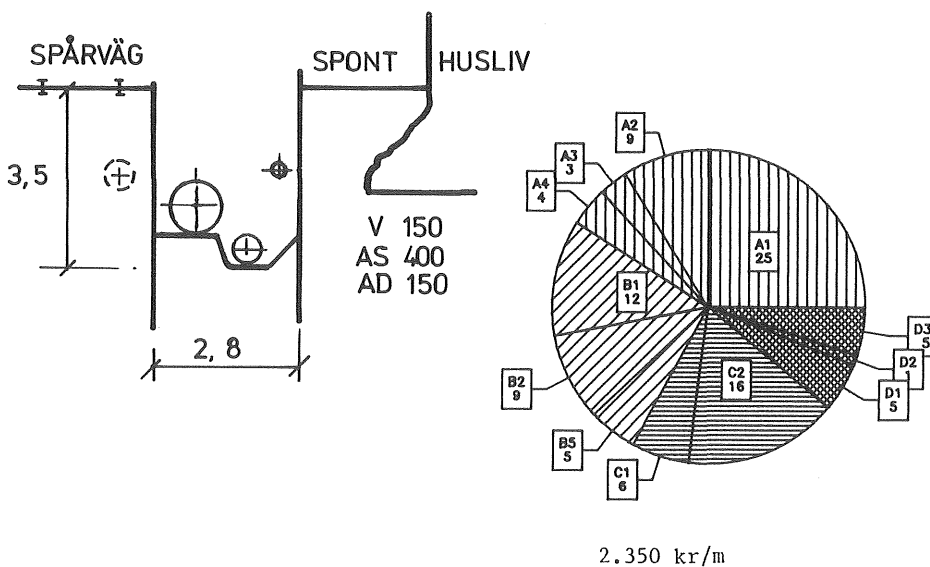
Vid arbetet i Vasagatan ingår  
korsning med spårvagnsspår och  
flera stora vattenledningar  
ca  $\varnothing$  500.

Figur 4.17 Etapp IIIA. Kostnadsfördelning för rörgravar i Vasa-  
staden.

## TYPSEKTION

## KOSTNADSFÖRDELNING

## KOMMENTAR



Viktoriagatan, Vasagatan-Park-  
gatan

Ny dagvattenledning  $\varnothing$  800, ny  
spillvattenledning  $\varnothing$  400 samt  
ny V 150 ca 120 m.

Ny spillvattenledning  $\varnothing$  400  
ca 40 m.

Ny spillvattenledning  $\varnothing$  400 och  
ny V 150 ca 85 m.

Nya spill- och dagvattenled-  
ningar  $\varnothing$  225 -  $\varnothing$  400 samt V 150  
ca 85 m.

Prov inkoppling på befintlig  
Ak-ledning i Vasagatan slopas.

Nya serviser läggs och befint-  
liga kopplas in, 9 st.

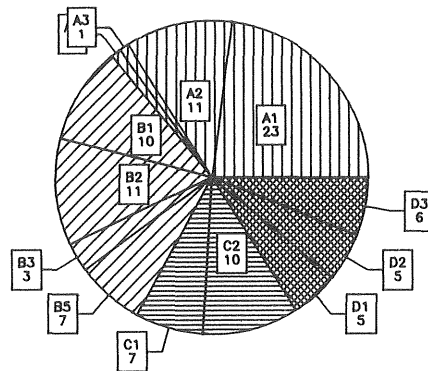
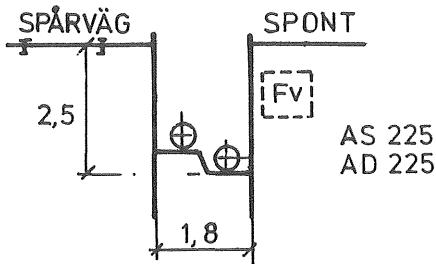
Vid arbetet ingår korsning med  
spårvagnsspår och vattenledning  
 $\varnothing$  508 på flera ställen.

Figur 4.18 Etapp IIIB. Kostnadsfördelning för rörgravar i Vasa-  
staden.

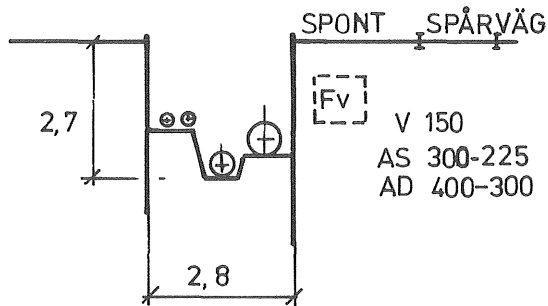
## TYPSEKTION

## KOSTNADSFÖRDELNING

## KOMMENTAR



7.800 kr/m



Vasagatan, norra delen, mellan Viktoriagatan och Karl Gustavsgatan:

Ny dagvattenledning  $\emptyset$  225, ny spillvattenledning  $\emptyset$  225 samt ny vattenledning  $\emptyset$  150, ca 31 m.

Ny dagvattenledning  $\emptyset$  225 och ny vattenledning  $\emptyset$  105, ca 17 m.

Ny vattenledning  $\emptyset$  150, ca 22 m.

Nya och befintliga serviser inkopplas, 5 st.

Vasagatan, norra delen, mellan Viktoriagatan och Haga Kyrkogata:

Ny dagvattenledning  $\emptyset$  225 och ny spillvattenledning  $\emptyset$  225, ca 95 m.

Nya och befintliga serviser inkopplas, 2 st.

Vasagatan, södra delen, mellan Viktoragatan och Karl Gustavsgatan:

Ny dagvattenledning  $\emptyset$  225, ny spillvattenledning  $\emptyset$  225 samt ny vattenledning  $\emptyset$  150, ca 52 m.

Ny vattenledning  $\emptyset$  150, ca 20 m.

Nya och befintliga serviser inkopplas, 3 st.

Vasagatan, södra delen, mellan Viktoriagatan och Haga Kyrkogata:

Ny dagvattenledning  $\emptyset$  400, ny spillvattenledning  $\emptyset$  300 samt ny vattenledning  $\emptyset$  150, ca 98 m.

Ny dagvattenledning  $\emptyset$  225, ny spillvattenledning  $\emptyset$  300 samt ny vattenledning  $\emptyset$  150, ca 33 m.

Ny dagvattenledning  $\emptyset$  225, ny spillvattenledning  $\emptyset$  225 samt ny vattenledning  $\emptyset$  150, ca 7 m i Nedre Fogelbergsgatan.

Nya och befintliga serviser inkopplas, 4 st.

Figur 4.19 Etapp IIIC. Kostnadsfördelning för rörgravar i Vasastaden.

### Hällsvik - va-byggnation

Hällsvik är ett äldre fritidshusområde på sydvästra Hisingen med bebyggelsen i huvudsak lokaliserad till en dalgång med lermark samt utefter bergsidorna. I dalen rinner en bäck som är förorenad av många okontrollerade utsläpp. Avrinningen från området sker via öppna diken till Hälleviken. Vattnet i viken, i vilken bäcken mynnar, har förklarats otjänligt för bad.

Bebyggelsen varierar allt från nybyggda villor till enkla fritidshus. Antalet fastigheter inom området är drygt 400 st. Området är inte anslutet till allmänt va-nät och renvatten tas från grävda eller borrhållade brunnar. 10% av fastigheterna har slutna tank medan ca 80% är anslutna till den kommunala latrinhämtningen.

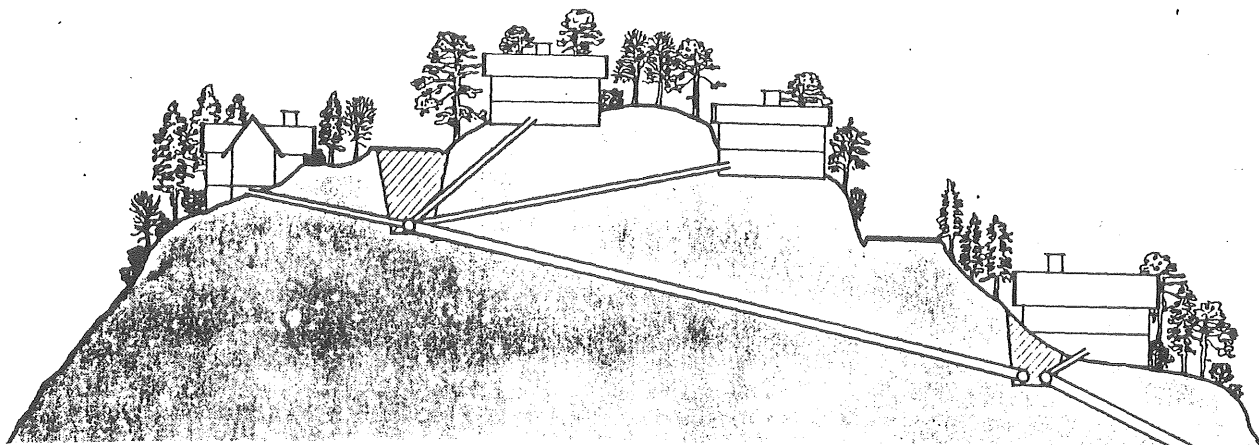
Under 1978 bildades en arbetsgrupp med representanter för fastighetsägarna och kommunens olika verk för att med Hällsvik som ett pilotprojekt undersöka möjligheterna att genomföra en va-upprustning.

Arbetsgruppen arbetade med förutsättningarna

- \* genomförande utan stadsplan
- \* va-, dagvatten- och vägplaner upprättas
- \* va-planen redovisar
  - den tekniska lösningen
  - den allmänna va-anläggningens omfattning
  - av va-verket anvisade förbindelspunkter
  - gemensamhetsanläggningarnas omfattning
  - kostnader för fastighetsägarna
- \* dagvattenplanen redovisar hur avledningen av dagvatten via diken och bäckar skall ske. Dagvatten ingår inte i va-verkets verksamhetsområde
- \* vägplanen visar hur väghållningen skall skötas. Vägöreningar bildas.

Den tekniska lösningen är baserad på

- \* terränganpassat ledningsnät
- \* grunt förlagt ledningsnät i stor utsträckning
- \* klendimensionerat va-nät med alternativ brandvattenförsörjning
- \* inga dagvattenledningar - befintliga diken och bäckar utnyttjas
- \* långhålsborrning i berg.



Figur 4.20 Långhålsborrning - ekonomisk lösning för att undvika störande ingrepp i miljön.

Va-verket tog fram en va-plan samt teknisk-ekonomisk utredning. Planen ställdes ut 1979 och fastighetsägarna fick därvid tillfälle att framföra synpunkter. 1980 fastställdes va-planen och 1982 påbörjades va-utbyggnaden.

Den första etappen uppdelades i fyra entreprenader med benämning A, B, C och T. Entreprenad B och C samt del av A omfattar lokala ledningsnät medan T och del av A omfattar överföringsledning för anslutning till befintligt nät i Torslanda.

Inom entreprenaderna A, B och T ingår en tryckstation för vatten samt 3 avloppspumpstationer. Inredningen i pumpstationerna monteras av va-verkets personal.

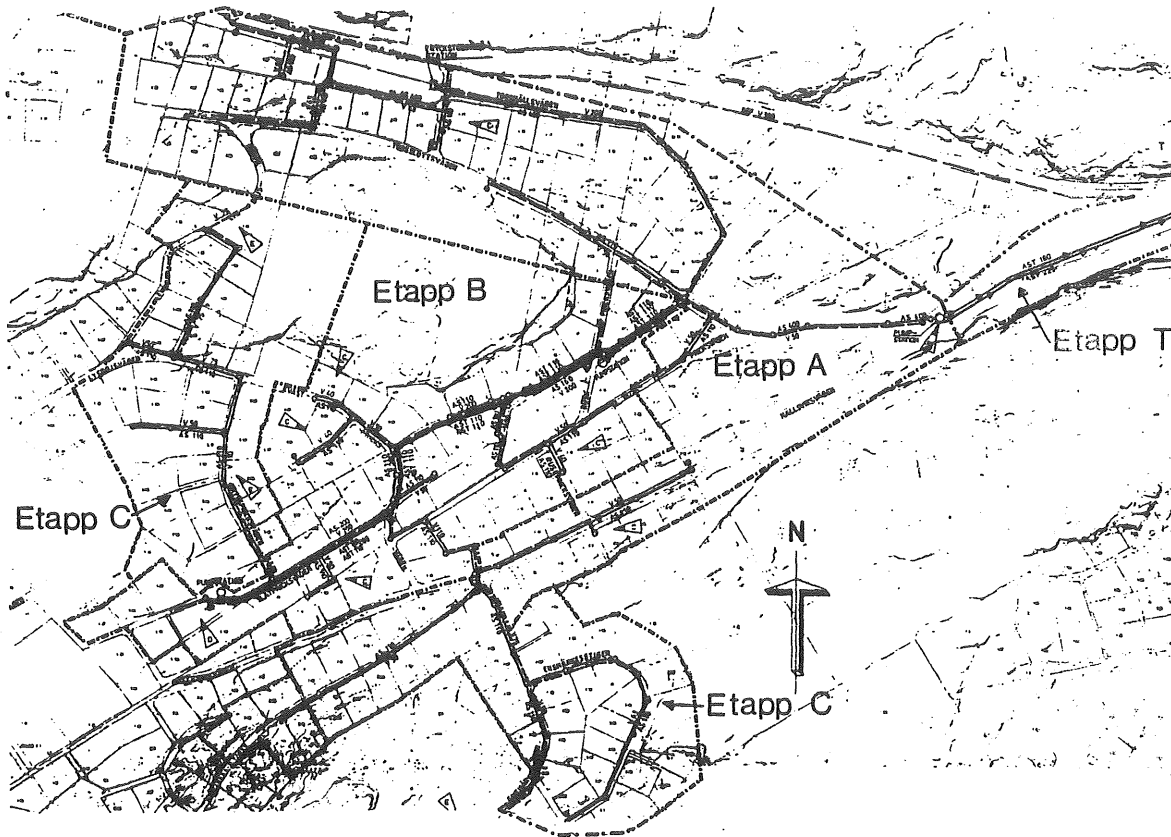
Antalet fastigheter inom respektive entreprenad är A: 74; B: 72; C: 76 och T: inga.

Utbyggnadstiden av den första etappen beräknades till två år. Ledningsarbetena har drivits snabbare än beräknats och etappen 1 slutfördes sommaren 1983.

I jämförelse med ett konventionellt byggande har det terränganpassade systemet visat sig ekonomiskt fördelaktigt då ledningslängder, schakt- och återfyllnadsmassor har kunnat minskas avsevärt.

Däremot har det klen-dimensionerade va-nätet i stort sett inte inneburit några ekonomiska fördelar. Praktiska svårigheter har redan uppträtt genom ett större antal stopp i spillvattenledningarna.

Långhålsborrningen i berg har gett mycket goda resultat både tekniskt-ekonomiskt men också miljömässigt. Vid projekteringen måste hänsyn tagas till att viss avvikelse från teoretisk sträckning lätt inträffar. Noggranna geotekniska undersökningar fordras. Förstärkningsåtgärder vid övergång från berg till jord måste också genomföras.



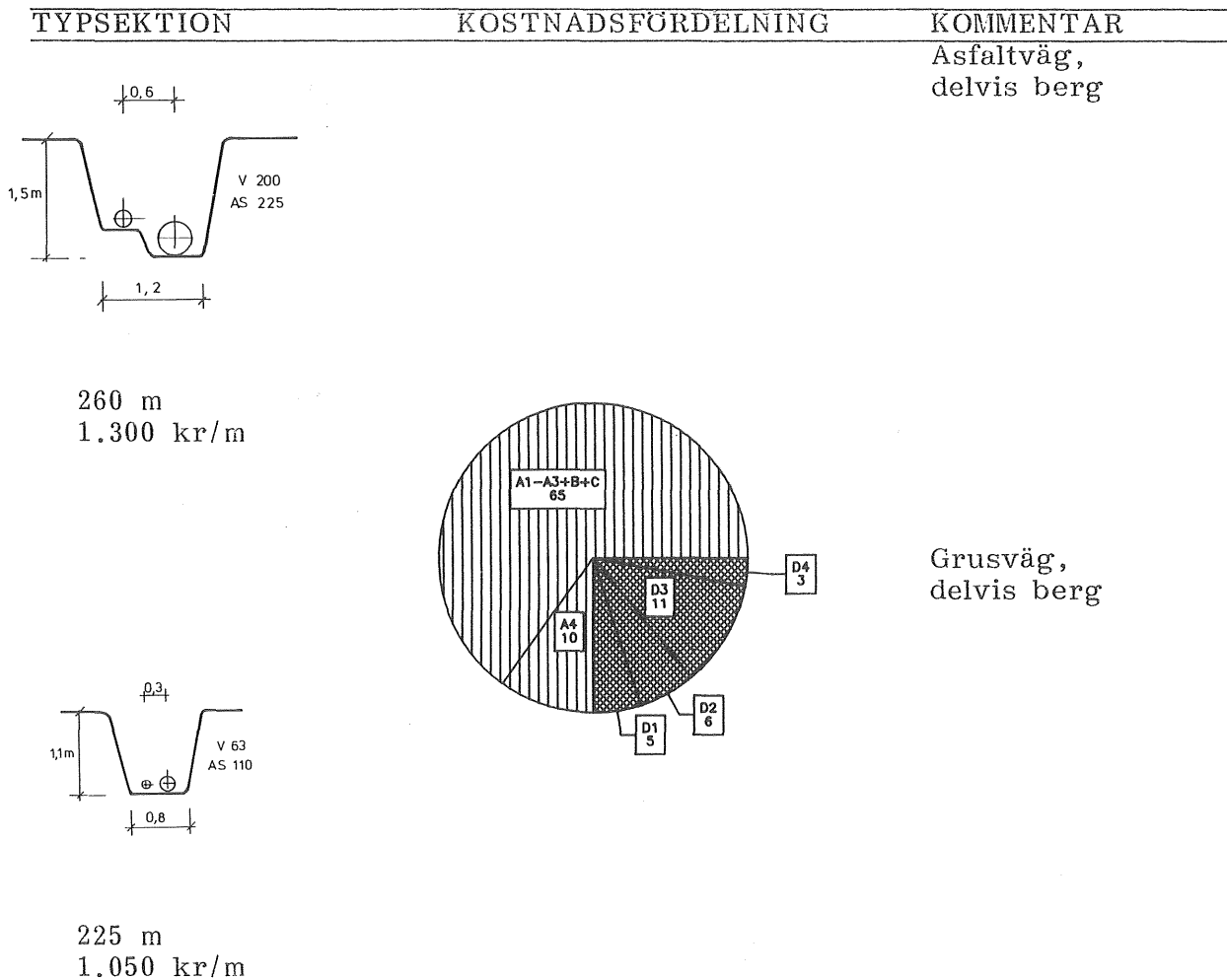
Figur 4.21 Va-upprustning i Hällsvik - etappindelning.

Då entreprenaderna A, C och T är utförda av privata entreprenörer och B, utförd av Gatukontoret, är baserad på samma à-priser som entreprenad A har ingen uppdelning av byggkostnaden på olika punkter kunnat genomföras.

Man har arbetat i nära kontakt med fastighetsägarna och t ex haft ett kontor på plats för att kunna informera om byggnation, serviser, lån osv. Som framgår av diagrammen har införts en sextonde punkt, vilken utgöres av kostnaden för handläggning av installations- och servisärenden. Va-verkets projekteringsavdelning har under hela byggperioden för att underlätta kontakterna med fastighetägarna handlagt dessa uppgifter, vilka vanligtvis annars sköts av va-verkets installationsavdelning och byggnadsnämnden.

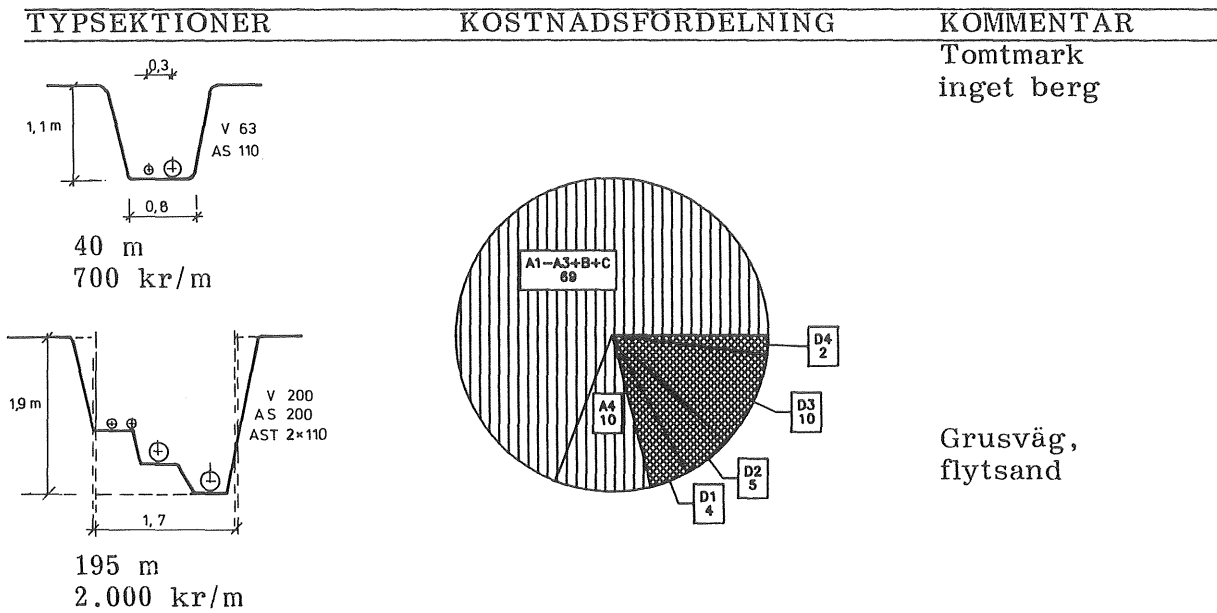
Att projekteringskostnaderna procentuellt är höga kan delvis förklaras av att Hällsvik handlagts mycket speciellt samt att byggkostnaderna halverats jämfört med ett konventionellt va-system.

För den genomförda etappen för Hällsvik - anslutning av ca 230 fastigheter - uppgår investeringarna i det allmänna lokala va-nätet till 6.1 Mkr. Härtill kommer kostnaderna för en överföringsledning med 3.3 Mkr. Inkomsterna i form av anläggningsavgifter uppgår till 9.3 Mkr då samtliga obebyggda tomter bebyggts. Hitintills har 7.2 Mkr erlagts i anslutningsavgifter.

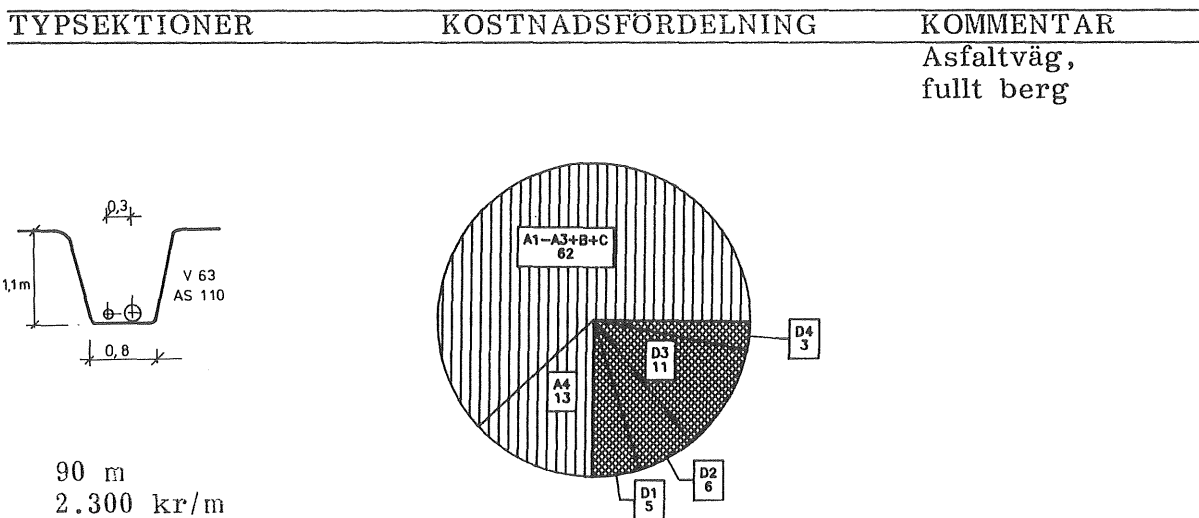


Figur 4.22 Entreprenad A. Kostnadsfördelning för rörgravar i Hällsvik.

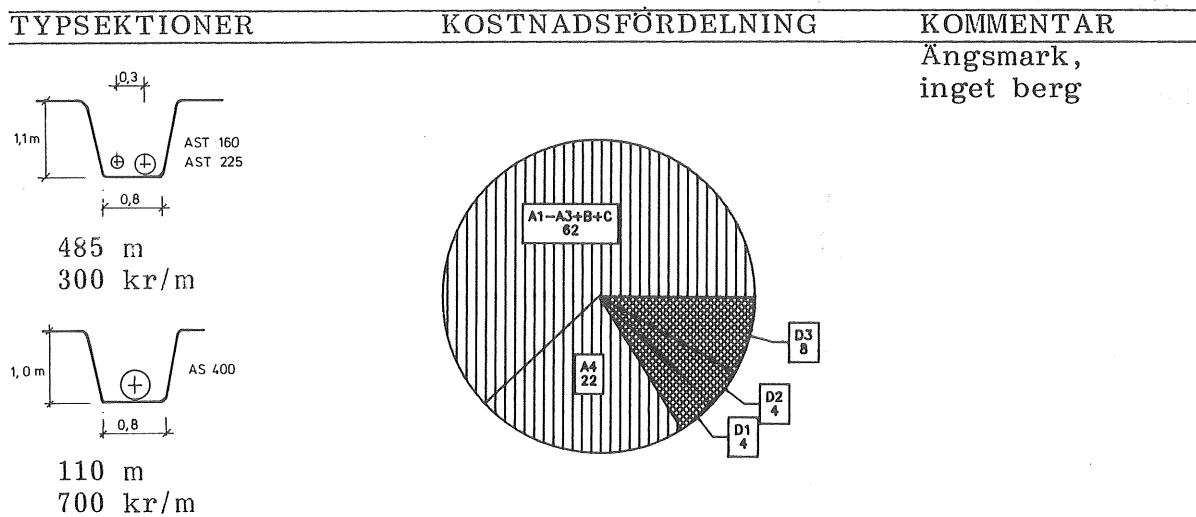




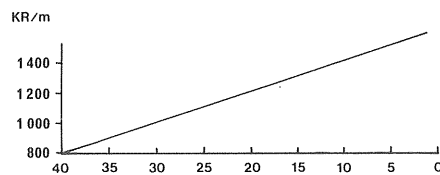
Figur 4.23 Entreprenad B. Kostnadsfördelning för rörgravar i Hällsvik.



Figur 4.24 Entreprenad C. Kostnadsfördelning för rörgravar i Hällsvik.



Figur 4.25 Entreprenad T. Kostnadsfördelning för rögravar i Hällsvik.



Figur 4.26 Kostnader för långhålsborrning för serviser (inkl gropar och infordring).

#### 4.2.6 Slutsatser

Sammanfattningsvis kan konstateras att vid nyexploatering görs de stora besparingarna under stadsplanestadiet - effektivt ledningsnät, tillvaratagande av de lokala förutsättningarna - LOD etc. Rögravsutformningen påverkar kostnaden endast marginellt vid jordschakt. Detta förhållande bör föranleda en översyn om typschakterna för rögräv i jord är riktigt utformade. Ger en bredare rögräv bättre kvalitet på den färdiga ledningen eller tvärtom?

Vid nyexploatering utgör kostnaden för rör och rörläggning drygt 40% av totala kostnaden för en konventionell rögräv i jord. Man kan lätt förledas att inrikta sina besparingar på rörmaterialsiden om man inte beaktar kostnaden för förnyelse av ledningarna. Vid sanering är rögravskostnaden mer än dubbelt så hög som vid nyexploatering. En besparing i t ex minskad godstjocklek hos rören som leder till kortare livslängd måste sättas i relation till förnyelsekostnaden. Beaktar vi nuvarande kriterier för bestämning av godstjocklek samspelet rör- rögräv så att vi får ett "jämnstarkt" rör oavsett materialval?

Vid ledningsförläggning i berg finns större anledning att pressa rörgravsdimensionerna men här bör även alternativ som långhålsborrning och grunt förlagda isolerade ledningar beaktas.

De höga kostnaderna vid va-sanering kräver ett annorlunda arbetssätt vid projektering med tonvikt på inventering och analys av nuvarande ledningsnätets funktion och status. Det ökande behovet av reinvesteringar i ledningsnätet gör det angeläget att få fram bättre kunskap om olika renoveringsmetoder - användningsområden/utförandeteknik/kvalitet/provning/livslängd.

Mer än hälften av rörgravskostnaden är direkt beroende av framdriften, dvs oförutsedda avbrott på grund av hinder är kostsamma. En noggrann projektering som redovisar och beaktar hinder är därför oftast lönsam.

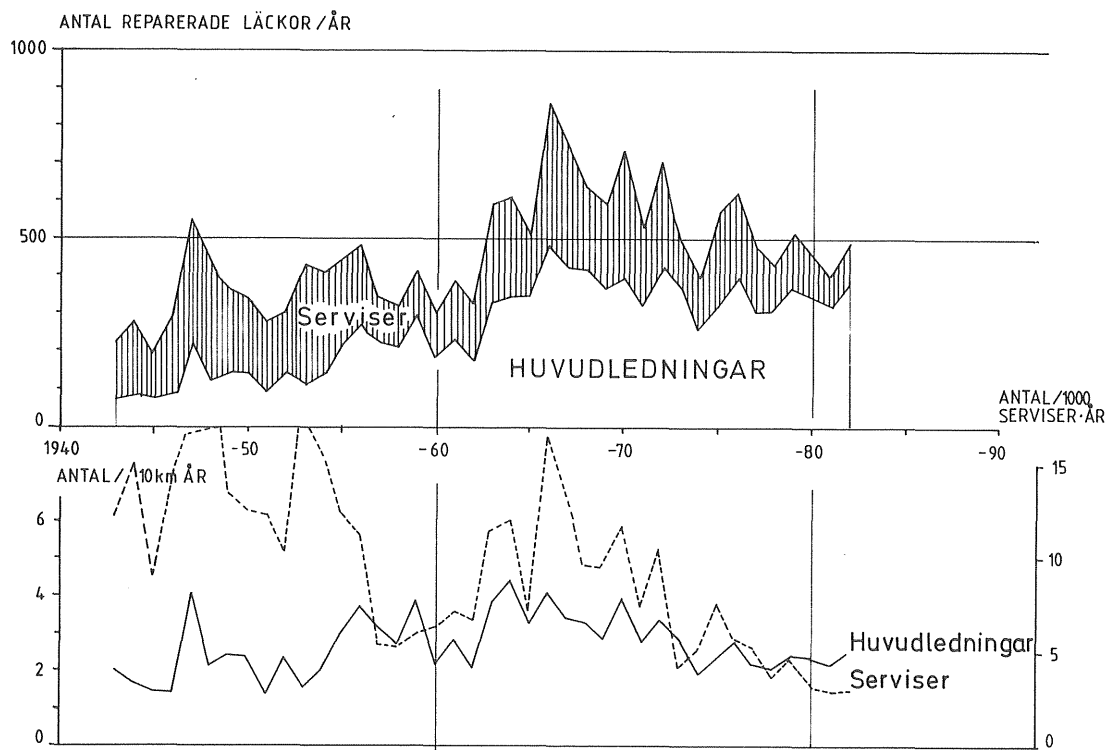
### 4.3 Drift- och underhållskostnader för Göteborg

#### 4.3.1 Vattenledningsnätet i Göteborg

Vattenmängden som under 1982 levererades till ledningsnätet var 70.0 miljoner m<sup>3</sup>.

Vid årets slut var vattenledningsnätets totala längd 1 507 km. Under året byggdes 9.2 km ledningar, varav ca 4 km var omläggning.

På huvud- och distributionsledningar har 378 läckor reparerats. Antalet reparerade läckor på servisleddningar uppgick till 104.



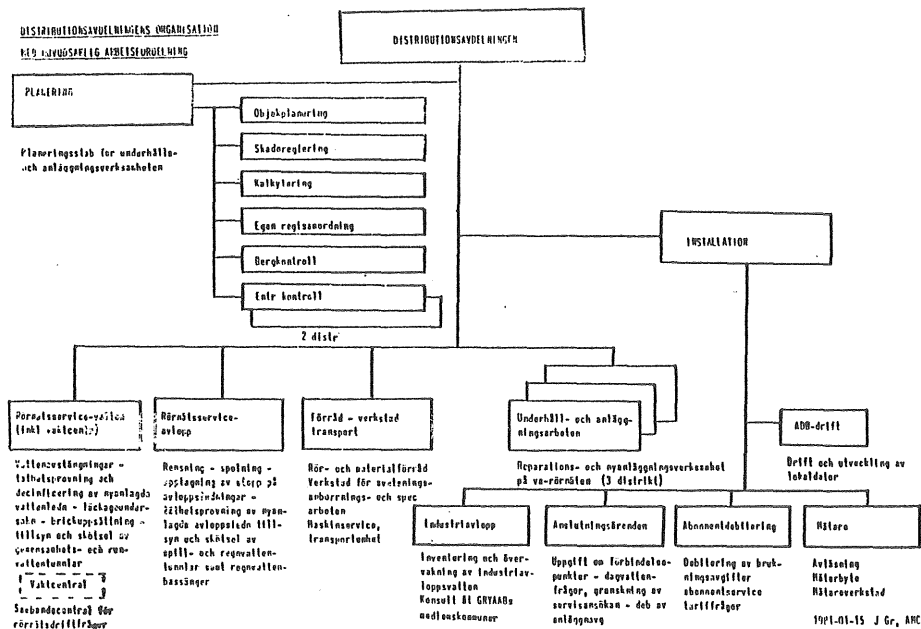
Figur 4.27 Antal reparerade vattenläckor på vattenledningsnätet 1940-1982.



Tabell 4.7 Avloppsledningsnätets totala längd i Göteborg 1982

Huvudledningar/ tunnlar	Vid årets början m	Ändrad funktion under året m	Vid årets slut m
Spillvatten	729.094	976	804.877
Kombinerade	521.045	- 2.015	517.996
Dagvatten	785.431	1.039	790.684
Summa	2.098.570	0	2.113.557
Rörmaterial			
Betong	1.917.472		1.927.229
Glaserat lergods	68.044	0	68.044
Gjutjärn	50.961	0	51.471
Övriga material (i huvudsak plast)	20.132	0	24.852
Tunnlar	41.961	0	41.961
Summa	2.098.570	0	2.113.557

4.3.3 Organisation



Figur 4.28 Distributionsavdelningens organisation.

Drift och underhåll av ledningsnätet är organiserad i enheterna Rörnätsservice vatten och Rörnätsservice avlopp med stödfunktionerna Underhålls- och anläggningsarbeten samt Förråd, verkstad och transporter med bemanning 1982 enligt nedan

#### Rörnätsservice vatten - 31 årsarbetare

Distriktsförmän - 6 man med en bil/man. Utför vattenavstängningar vid rörbrott och andra driftstörningar.

Slangdragare - 3 bilburna 2-manslag. Täthetsprovar och desinficerar ny-anlagda vattenledningar. Läger ut provisoriska vattenledningar med slang.

Läckageundersökare - 3 bilburna 2-mannalag. Utför läckageundersökning och läckagelokaliserings på vattenrörnätet. Kontrollerar funktionen för samtliga rörnätssarmaturer.

Brickuppsättare - 3 bilburna 2-mannalag. Sätter upp brandpostskyltar och distansbrickor för övriga rörnätssarmaturer. Utför även reparationer och justeringar av brandposter, servisspindlar och betäckningar.

Vaktcentral - tar emot samtliga inrapporteringar från allmänheten både för vatten och avlopp.

#### Rörnätsservice avlopp - 21 årsarbetare

Avloppsstopp - 2 man

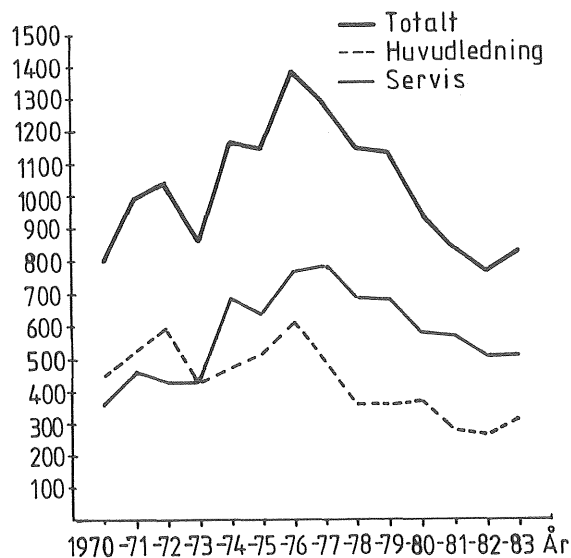
Rensning - 4 man

TV-inspektion och täthetsprovning - 2 man

Övriga arbeten - 10 man

Underhålls- och anläggningsarbeten - 70 årsarbetare.

Förråd, verkstad och transporter - 32 årsarbetare.



Figur 4.29 Antal avloppsstopp 1970-83.

## 4.3.4 Kostnader

Kostnaderna för drift och underhåll av va-ledningsnätet uppgick 1982 till 28 Mkr.

Tabell 4.8 Drift- och underhållskostnader för vatten- och avloppsnäten

Kostnaderna i tusental kronor, kkr.

	Vatten kkr	Avlopp kkr
<u>Huvud- och distributionsledningar</u>		
<u>Underhåll</u>		
* Beredskap	900	390
* Reparation dim 50-200 mm / 230-530 mm	4 110	380
* Reparation dim > 250 mm / > 600 mm	1 190	40
* Övriga reparationer och justeringar	560	500
* Brandposter	1 390	
* Styrsöområdet (från mitten 1970 inkorporerat område)	160	230
* Service av spec. karaktär	170	
<u>Rörsätsservice</u>		
* Vaktcentral	580	
* Distriktsförmän	1 240	
* Driftarbeten	4 100	3 690
* Tunnlar	680	260
* Bäckintag		210
<u>Ventiler</u>	2 150	
<u>Servisledningar</u>		
* Reparation av läckor/avloppsserviser	1 050	890
* Driftarbeten	2 500	640
Totalt, kkr	20 800	7 200

Tabell 4.9 Drift- och underhållskostnader för vatten- och avloppsnäten i Göteborg under 1982.

		Vatten- ledningsnätet	Avlopps- ledningsnätet
Driftkostnad	Mkr kr/m	6.60 4:40	4.7 3:60 1)
Underhållskostnad	Mkr kr/m	10.6 7:10	1.5 1:10 1)
<u>Drift- och underhålls- kostnader totalt</u>			
Huvud- och distribu- tionsledningar	Mkr kr/m	17.2 11:50	6.20 4:70 1)
Servisledningar	Mkr kr/servis	3.6 100	0.95 30 1)

1) Räknat på spillvattenförande ledningar resp serviser.

#### 4.3.5 Årskostnader under ledningens livslängd - exempel

Att utföra investeringskalkyler för ledningsarbeten är svårt. Att utföra livstidskalkyler är ännu svårare. Förutom att förutse vad som kommer att hända när grävskopan sätts i marken skall man bedöma vad som händer när vatten och avlopp strömmar genom rören år efter år, belastningsändringar, rörelser i marken etc. Vid investeringskalkylering får man en hårdhänt uppföljning - jämförelsen mellan kalkylen, anbudet och den verkliga kostnaden. Drift- och underhållskostnaderna ger sig inte till känna på samma handfasta sätt. Statistik saknas oftast om driftstörningsfrekvenser liksom systematisk uppföljning av orsakerna till inträffade skador.

Nedan ges några exempel på livstidskalkyler baserade på antagande om drift- och underhållskostnader i syfte att beskriva ett sätt att kunna belysa mera långsiktiga konsekvenser av olika alternativa val.

#### Förstärkning av kombinerad ledning för att minska antalet källaröversvämningar

I ett lokalt kombinerat avloppsnät finns en ledningssträcka som har återkomsttiden 1 år för fylld sektion. Den trånga sektionen påverkar trycklinjen på denna sträcka och uppströms i systemet så att källaröversvämningar inträffar vid regn med återkomsttiden 2 år och längre. Va-verket är således skyldigt att betala skadestånd till översvämningsdrabbade fastighetsägare.

Källarnivåerna i området har inventerats och ledningsnätet har kontrollberäknats för de häftigaste regnen i Lundbyserien (18 års regnserie) dels med nuvarande ledningsnät, dels efter förstärkning av den trånga sektionen med ny ledning dimensionerad för att utan uppdämning avleda flöden från regn med återkomsttiden 2,5 resp 10 år.

Kostnaden för ombyggnaden har beräknats till 200, 230 resp 250 kkr. Antalet källaröversvämningar före åtgärd beräknades till 30 för de häftigaste regnen under 18 år. Efter åtgärd beräknas antalet översvämningar bli 8, 4 resp 2. I genomsnitt blir således antalet översvämningar  $30/18 = 1,67$ ,  $8/18 = 0,44$ ,  $4/18 = 0,22$  resp  $2/18 = 0,11$  per år.

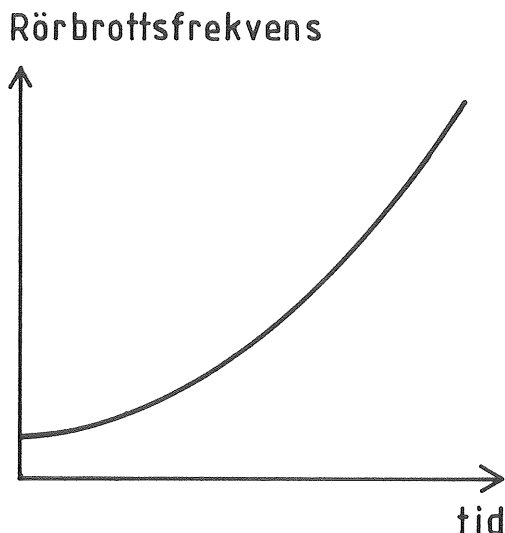
Ersättningsanspråken vid källaröversvämning uppskattas till i genomsnitt 15 000 kr/fastighet.

Använd nuvärdesmetoden med 6% kalkylränta och 30 års kalkylperiod. Bortse från drift- och underhållskostnader. Översvämningens kostnaderna beräknas som jämnt fördelade under kalkylperioden.









Figur 4.31 Rörbrottsfrekvens som funktion av tid från omlägningsåret - principskiss.

Rörbrottsfrekvensen uppgick vid läggningstillfället 1950 till 0,05. Tillväxten i rörbrottsfrekvens är  $A = 0,2$  st/10 km,år.

Hur stort är antalet rörbrott 1980 resp år 2000?

$N(1980) = 0,05 e^{0,2(1980-1950)} = 20$  rörbrott/10 km,år. Medför 4 rörbrott inom området under år 1980.

$N(2000) = 0,05 e^{0,2(2000-1950)} = 100$  rörbrott/10 km,år. Medför 220 rörbrott inom området under år 2000.

Om rörbrottsutvecklingen följer formeln ovan när skall då ledningen läggas om?

Genom att summera nuvärdet av underhållskostnaderna under resterande livslängd och nuvärdet av omlägningskostnaden kan man beräkna optimal tidpunkt för omläggning enligt formeln:

$$t_f = t_p + 1/A \ln \left( \frac{\ln(1+R) C_f}{N(t_p) C_b} \right)$$

$t_f$  = optimalt omlägningsår

$t_p$  = kalkyltidpunkten

$A$  = ökningsfaktor för rörbrott per 10 km och år

$R$  = kalkylränta

$N(t_p)$  = antal rörbrott per 10 km och år vid kalkyltidpunkten

$C_f$  = omlägningskostnad för nätet, kr

$C_b$  = reparationskostnad, kr/rörbrott

Formeln gäller under förutsättningen att den nya ledningen inte får några rörbrott under överskådlig tid.

Antag att reparation av ett rörbrott kostar 10 000 kr och att omlägningskostnaden är 1 000 kr/m. Kalkylräntan förutsätts vara 6% realränta.

$$t_f = 1980 + \frac{1}{0.2} \ln \left( \frac{\ln(1+0.06) 10\ 000 1\ 000}{20\ 10\ 000} \right) = 1980+5 = 1985$$

Ledningsnätet bör således läggas om 1985 då reparationskostnaderna skulle uppgå till

$$\frac{10\ 000 \cdot 0.05 \cdot e^{0.2(1985-1950)} \cdot 2\ 000}{10\ 000} = 110\ 000 \text{ kr/år}$$

#### 4.4 Projekterar och bygger vi för framtiden?

Projektering och byggande av va-ledningar i storstäderna gav fram till 1950-talet hög kvalitet på ledningsnäten. Trots att vi idag bl a har tillgång till datormodeller vid projektering, utför bättre geotekniska undersökningar, gör upp detaljerade bygghandlingar och har ett större produktutbud med nya material etc kan det ifrågasättas om slutprodukten är bättre idag än för 50 år sedan.

Innebär dagens dimensionerings- och utförandepaxis att va-ledningsnät får en teknisk-ekonomisk optimal utformning?

Vad betyder t ex dimensionsval, förebyggande korrosionsåtgärder etc för investeringskostnaden totalt och för totalkostnaden under ledningens livslängd. Vilken livslängd skall man kräva för ledningsnät?

Utformningen av nya ledningsnät styrs oftast av investeringskalkyler. I de fall en teknisk-ekonomisk optimeringsberäkning utförs är den begränsad till bestämning av ekonomisk diameter eller val mellan självfallssystem och pumpning. Förutom investeringskostnaden är det därvid oftast endast energikostnaden som beaktas.

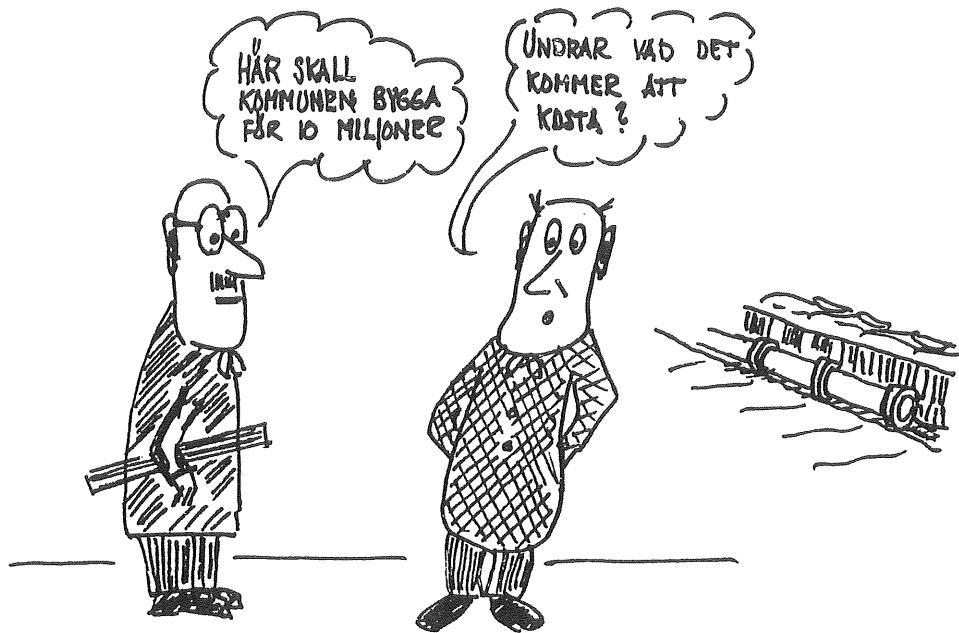
Hur ofta värderas reinvesteringskostnaden vid bedömning av ekonomisk livslängd för en ledning i ett nyexploateringsområde? Det är troligen dubbelt då dyrt att lägga om ledningen, se figur 4.10.

Skall vi räkna med olika livslängd för ledningsnätet med hänsyn till bebyggelseområdets karaktär?

Är det meningsfullt att pressa ledningsdimensioner och lutningar om det ger mindre toleranser för byggfel och framtida sättningar?

Samspelet mellan investeringskostnad, årliga driftkostnader och ledningsnätets totala kostnad under sin livstid bör beaktas. Med

nuvarande kunskapsnivå om underhållskostnader kan endast olika antaganden om driftstörningsfrekvenser göras och kalkylerna blir därför endast vägledande. En metodik för "livstidskalkyler" med beaktande även av driftstörningarna bör utvecklas.



Figur 4.32 Kalkylering

## 5. REFERENSER

- Göteborgs VA-verk, 1983: "Årsberättelse 1982", Göteborgs Vatten- och Avloppsverk, Göteborg.
- Svensk Byggtjänst, 1979: "Mark-AMA 72", AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Svensk Byggtjänst, 1983: "Mark-AMA 83", AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- VAV, 1981: "Driftstörningar på VA-nät. Etapp I och II", Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, Rapport 1/81, Stockholm.



## BILAGA 1

### ANLÄGGANDE, DRIFT OCH UNDERHÅLL AV VA-LEDNINGAR - SEMINARIUM I GÖTEBORG DEN 13 OKTOBER 1983

#### Bakgrund

Seminariet utgör en del av rapporteringen i projektet "Rörgravens utformning med hänsyn till funktionskrav och geohydrologi", vars syfte är att:

- \* Beskriva konsekvenserna med avseende på investeringskostnad, driftekonomi och miljö för olika rörgravsutformningar under olika grundläggnings-, belastnings- och geohydrologiska betingelser.
- \* Föreslå rörgravsutformningar.
- \* Ange funktionskrav och kontrollmetoder för olika rörgravsutformningar.

Projektet startade i januari 1983 med en utredningsetapp, i vilken personal från Göteborgs VA-verk engagerats som utredare. De utredningar som startats och som diskuterades vid seminariet har behandlat:

- \* Kostnader för anläggande, drift och underhåll av va-ledningar.
- \* Skador och driftstörningar på va-ledningar.
- \* Mark-AMA och dess tillämpning.

#### Syfte

Seminariet syftade till att ge en allsidig belysning av de utredningsresultat som framkommit och att ge synpunkter på inriktningen för det fortsatta arbetet.

Deltagarna i seminariet (deltagarförteckning i bilaga 2), som representerade entreprenörer, konsulter, kommuner och myndigheter hade försetts med ett underlagsmaterial i vilket följande frågor belyses:

- \* Va-ledningsbyggandet - vart är vi på väg?
- \* Var gräver vi ner pengarna?
- \* Kan man påverka rörgravskostnaderna genom att ändra AMA?
- \* Driftstörningar och skadefall - vilka, hur ofta och varför?
- \* Projekterar och bygger vi för framtiden?



Program för seminariedagen

## SEMINARIUM

Anläggande, drift och underhåll av VA-ledningarProgram

09.00 - 09.30	Bakgrund till dagens seminarium Mål för seminariet Start av grupparbete
09.30 - 11.00	Grupparbete i 4 grupper Diskussion av utdelat material Förslag till fortsatt arbete Sammanfattning
11.00 - 12.00	Redovisning av grupparbetet Diskussion
12.00 - 13.00	LUNCH
13.00 - 13.45	Information om: - Tryckning av ledningar Ø400 - Börje Jeltin - Brister i avloppsnät - Hans Bäckman
13.45 - 15 ca	Slutdiskussion

Redovisning av gruppdiskussionerna

## GRUPP 1

## Deltagare:

Roland Jakobsson, JCC  
Göran Rastborg, VIAK  
Hans Bjur, efem  
K-G Andersson, Västerås kommun  
Tryggve Flatebo, Oslo kommun  
Sven-Erik Kristenson, Göteborgs kommun

Gruppen valde att diskutera Mark-AMA och projektets eventuella fortsättning.

Mark-AMA är endast vägledande. Den ger principlösningar som projektören måste bearbeta. Små kommuner är förmodligen mer beroende av AMA:n än större. Den nya Mark-AMA 83 lämnar fler frågor öppna vilket ställer större krav på projektören. Mark-AMA borde kompletteras med en handbok för projektören, en "proj-AMA". Det saknas idag samlad information om konsekvenserna, både tekniskt och ekonomiskt, av dåligt utförda ledningar - en erfarenhetsbank.

Under utförandet av ett jobb sker förändringar som påverkar totalekonomin. Det behövs en metod för att följa upp och dokumentera sådana förändringar som sker löpande under byggskedet.

Kompetensen hos arbetsledare och kontrollanter är av stor betydelse för kvaliteten på utförda va-ledningsarbeten.

Totalekonomin påverkas av de krav som ställs på den färdiga produkten. Samma krav borde inte gälla överallt. Det är billigare att förnya i ytterområden än i en stadskärna, vilket borde påverka kraven. Resultatet skulle bli krav på olika livslängd i olika typer av områden.

Följa upp ny teknik - utvärdera.  
Bearbetning av driftstatistik för att skapa en erfarenhetsbank.

## GRUPP 2

### Deltagare:

K G Andersson, SCG  
Leif Lund, VIAK  
Bertil Israelsson, Göteborgs förorter  
Bo-Göran Lindqvist, Linköpings kommun  
Olle Ljunggren, Göteborgs kommun  
Peter Balmér, Chalmers  
Madjid Taghizadeh-Nasser, Chalmers  
Bernt Persson, Göteborgs kommun

Gruppen valde att sammanfatta sig i ett antal punkter som den ansåg vara viktiga för det fortsatta arbetet.

- Skadefall och driftstörningar bör följas upp för ett större antal kommuner för att möjliggöra en erfarenhetsåterföring.
- Skador på grund av projekteringsmisstag eller byggmisstag bör dokumenteras och analyseras.
- Haveriundersökningar är viktiga, men svåra att utföra.
- Metoder för att utvärdera driftstörningsstatistik.
- Metoder för funktionskontroll av va-ledningar.  
Vilken funktion är önskvärd?  
Vilka krav skall ställas?  
Vilken kontroll skall krävas?  
Vilka kontrollmetoder kan användas?
- Samordning annat ledningsbyggande än va, exempelvis fjärrvärme och gas.
- Ledningsförläggning utanför gatumark.
- Värdering av sambandet mellan driftstörningar och servicenivå. Vilken servicenivå är önskvärd?
- Krav på material i va-ledningar. Optimering av kravspecifikationen med hänsyn till totalkostnaden för rörgraven under dess livstid.

## GRUPP 3

## Deltagare:

Bertil Larsson, Surte Entreprenad AB  
 Björn Malbert, Efem Arkitekter  
 Bengt-Lennart Pettersson, Backö/VBB  
 Bertil Gustafsson, Jönköpings kommun  
 Lennart Adestam, SGI  
 Hans Bäckman, Chalmers  
 Leif Staberg, Göteborgs kommun

Gruppen valde att försöka analysera dagens situation och ge några reflektioner över denna.

Vilka är problemen idag? Det handlar om att sköta det vi har. Kunskapen om det befintliga va-ledningsbeståndet är bristfällig. Det behövs systematiska inventeringar av det befintliga beståndet och kunskap att analysera dessa. Det gäller att skapa förståelse för problemen, men det är resurskrävande att höja statusen för ledningsbyggandet. Kunskapen är bristfällig, om hur man orsakar kostnader, exempelvis på grund av bristande insikt om sambanden geohydrologi-byggande. Det är viktigt att få tag i de långsiktiga kostnaderna.

Vilka krav skall man ställa på va-ledningar? När är funktionskraven inte uppfyllda och när måste man gräva upp en nyanlagd ledning. Det borde göras uppföljningar av relativt nyanlagda ledningar

## Framtiden

- \* Utökade skadeundersökningar
- \* Metod för skadefallsanalys
- \* Anvisningar för byggande som omfattar utformning och konsekvens.

## GRUPP 4

## Deltagare:

Bjarne Helland, Oslo kommune  
 Hans Berggren, Riksbyggen  
 Yngve Backlund, K-Konsult  
 Peter Stahre, VBB  
 Lennart Johansson, VAV  
 Jan Berntsson, VIAK, Chalmers  
 Per Warnolf, Chalmers  
 Börje Jeltin, Göteborgs kommun

Gruppen har sammanfattat sig i ett antal punkter som sträcker sig över hela området.

- \* Återanvändning av schaktmassor. Teknik för sortering av massor. Spara pengar.
- \* Grunt förlagda ledningar. Isolering skall hålla lika länge som rörmaterialet.

- \* Kontroll - Kontrollant - Mätning.  
Bättre status för kontrollanter. Erfarna ingenjörer med lång praktik.
- \* Vattenledningsnätet. Bygga in kontrollpunkter. Varva små och stora brunnar för att mätningar skall kunna utföras.
- \* Systematiserad information om ledningsnätet. Uppföljningar för större områden inom varje region. Fördjupad driftstörningsuppföljning.
- \* AMA 83 är dålig ur projekteringssynpunkt. Det behövs en proj.-AMA. Tidigare fanns VA-AMA som uppfyllde kraven på en proj.-AMA. Rörboken kommer i ny tappning och kan kanske fungera som proj.-AMA.
- \* Metoder för reinvesteringsplanering.

#### Summering av diskussionerna

Mark-AMA diskuterades och det konstaterades att denna lämnar frågor öppna för projektören att besvara på bästa sätt. Det man saknar är en beskrivning av vilka konsekvenserna blir om utförandeanvisningarna inte kan följas till fullo. En handledning, exempelvis i form av en "projekterings-AMA", som kunde ta vid där AMA:n inte räcker till längre föreslogs. Rörboken, för yttre rörledningar, har kommit i ny tappning och kan kanske fungera som den efterlysta handledningen för projektörer.

Driftstörningar och skadefall borde mer systematiskt följas upp än vad som nu sker. Det som önskas på sikt är en erfarenhetsbank ur vilken alla kommuner kan utläsa felfrekvenser för olika material, fogmetoder, läggningmetoder etc.

För direkta skador önskade man en utveckling av tekniken att göra haveriundersökningar.

Man ville också koppla ihop driftstörningar med servicenivån. Vilken servicenivå skall man erbjuda kommuninnevärdarna? Vad kostar olika servicenivåer?

Funktionskontroll av va-ledningarna bedömdes som en viktig åtgärd dels för att få så bra nya anläggningar som möjligt dels för att förbättra planeringen av det förebyggande underhållet. Frågor som måste besvaras är: Vilken kontroll är önskvärd? Vilka krav skall ställas? Vilken kontroll skall krävas? Vilka kontrollmetoder kan användas?

Reinvesteringsplanering berördes och man efterlyste metoder för att upprätta reinvesteringsplaner. Man kom in på behovet av prioritering för olika delar av ett va-ledningsnät. Det poängterades också att reinvestering till samma standard kostar betydligt mer än vad nyinvesteringen kostade i fast penningvärde. Detta förhållande borde påverka valet av livslängd.

Ny teknik berördes också. Bland annat: Teknik för sortering av massor för återanvändning av schaktmassor. Livslängd hos isoleeringsmaterialet vid grunt förlagda ledningar.

# GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionerna för  
Geologi  
Geoteknik med grundläggning  
Vattenbyggnad  
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

## Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1972-07-01 - 1973-03-01). 1973. 100 sidor. (Utgången)
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 67 sidor.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagars hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika mätyper. 1973. 39 sidor. (Utgången)
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971. 1974. 68 sidor.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1973-03-01 - 1974-02-01). 1974. 167 sidor.
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974. 55 sidor. (Utgången)
- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Mathematical Models for Gradually Varied Unsteady Free Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974. 74 sidor. (Utgången)
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974. 38 sidor. (Utgången)
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974. 53 sidor. (Utgången)
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper. Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. Engelsk sammanfattning. 1974. 46 sidor. (Utgången)
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg. 1975. 50 sidor.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975. 92 sidor.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Engelsk sammanfattning. 1975. 73 sidor.
- nr 15 Dagvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 33 sidor. Följande uppsatser ingår:  
Arnell V. Beräkningsmetod för analys av dagvattenflödet inom ett urbant område.  
Lyngfelt S. Nederbörds-avrinningsstudier i Bergsjön, Göteborg.  
Sjöberg A. CTH-ledningsnätmodell DAGVL-A.  
Svensson G. Dagvattnets sammansättning, inverkan av urbanisering. (Utgången)
- nr 16 Grundvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 43 sidor. Följande uppsatser ingår:  
Andréasson L, Cederwall K. Rubbningar av grundvattenbalansen i urbana områden.  
Carlsson L. Djupinfiltration i slutna akviferer.  
Torstensson B-A. Följder av grundvattensänkning inom lerområden.  
Wedel P. Exempel på dränering av jordlager på grund av tunnelbyggande. (Utgången)
- nr 17 Olov Holmstrand, Per Wedel: Markvattenundersökningar i ett urbant område. 1976. 127 sidor.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 1978. 130 sidor.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. 1977. 30 sidor.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor.
- nr 21 Leif Carlsson: Reserapport från studieresa i USA samt deltagande i 2nd International Symposium on Land Subsidence in Anaheim, USA. 29 nov-17 dec 1976. 1977. 61 sidor.

- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 29 sidor.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Geohydrologisk forskning vid CTH, Sektion V, under perioden 1972-75. 1977. 17 sidor.
- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. 1977. 120 sidor.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntsson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. 273 sidor.
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor.
- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01 - 1977-11-30. 1978. 69 sidor.
- nr 29 Leif Carlsson: Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1978. 70 sidor.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor.
- nr 31 Lars O Ericsson, Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor.
- nr 33 Jan Hällgren, Per-Arne Malmquist: Urban Hydrology Research in Sweden 1978. Swedish Coordinating Committee for Urban Hydrology Research. 1978. 14 sidor.
- nr 34 Bo Lind, Göte Nordin: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. 1978. 63 sidor.
- nr 35 Eivor Bucht, Bo Lind: Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. 1978. 65 sidor.
- nr 36 Anders Sjöberg, Jan Lundgren, Thomas Asp, Henriette Melin: Manual för ILLUDAS (version S2). Ett datorprogram för dimensionering och analys av dagvattensystem. 1979. 67 sidor.
- nr 37 Per-Arne Malmquist m fl: Papers on Urban Hydrologi 1977-78. 99 sidor.
- nr 38 Viktor Arnell, Per-Arne Malmquist, Bo-Göran Lindquist, Gilbert Svensson: Uppsatser om Dagvattenteknik. 1978. 30 sidor.
- nr 39 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - förutsättningar inom ett bergsområde, Östra Gårdsten i Göteborg. 1979. 32 sidor.
- nr 40 Per-Arne Malmquist (red.): Geohydrologiska forskningsgruppen 1972-78. Sammanställning av uppnådda resultat. 1979. 96 sidor. Kostnadsfri.
- nr 41 Gilbert Svensson, Kjell Øren: Planeringsmodeller för avloppssystem. NIVA-modellen tillämpad på Torslanda avrinningsområde. 1979. 71 sidor.
- nr 42 Per-Arne Malmquist (red.): Infiltrera dagvatten. Diskussioner och figurer från CTH-seminarium 1979-04-20. 1979. 86 sidor.
- nr 43 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - perkolationsanläggning i Halmstad. 1979. 58 sidor.
- nr 44 Viktor Arnell, Thomas Asp: Beräkning av bräddvattenmängder. Nederbördens varaktighet och mängd vid Lundby i Göteborg 1921-1939. 1979. 80 sidor.
- nr 45 Stig Hård, Thomas Holm, Sven Jonasson: Dagvatteninfiltration på grönytor - Litteraturstudie, kunskaps-sammanställning och hypotes. 1979. 278 sidor.
- nr 46 Per-Arne Malmquist, Per Lindvall: Dräneringsrörs igensättning - en jämförande laboratoriestudie. 1979. 44 sidor.
- nr 47 Per-Arne Malmquist, Gunnar Lannér, Erland Högberg, Per Lindvall: SÖDRA NÄSET - ett exempel på förenklad utformning av gator och dagvattensystem i ett uppställningsområde. 1980.
- nr 48 Viktor Arnell, Håkan Strandner, Gilbert Svensson: Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping, 1976-77. 1980.
- nr 49 Lars O Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt - Termovisionsförsök i klimatkammare. 1980. 65 sidor.

- nr 50 Viktor Arnell: Dimensionering och analys av dagvattensystem. Val av beräkningsmetod. 1980. 56 sidor, 22 figurer.
- nr 51 Lars O Ericsson: Markvattenförhållanden i urbana områden. Slutrapport. Göteborg 1980. 115 sidor.
- nr 52 Olov Holmstrand (red.): Ingenjörsgelogisk kartering. Seminarium 1980-04-17. 110 sidor.
- nr 53 Olov Holmstrand: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Sammanfattning av forskning om dagvatteninfiltration vid CTH 1976-79. 90 sidor.
- nr 54 Olov Holmstrand, Bo Lind, Per Lindvall, Lars-Ove Sörman: Perkolationsmagasin i ett lerområde. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Bratthammar, Göteborg. 172 sidor.
- nr 55 Erland Högberg, Gunnar Lannér: Gatuplanering i bostadsområden i utlandet. Nya principer och lösningar i Danmark, Holland och England. 1981. 110 sidor.
- nr 56 Sven Lyngfelt: Dimensionering av dagvattensystem. Rationella metoden. 1981. 82 sidor.
- nr 57 Erland Högberg: Samband mellan gatustandard och trafiksäkerhet i bostadsområden. En förstudie. 1981.
- nr 58 Jan A Berntsson: Portryckförändringar och markrörelser orsakade av trädvegetation. 1980. 121 sidor.
- nr 59 Per-Arne Malmquist, Stig Hård: Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration. 1981.
- nr 60 Annika Lindblad: Infiltrationsmätningar utförda vid Geologiska institutionen, CTH/GU, 1972-80. Sammanställning och statistisk bearbetning. 1981. 78 sidor.
- nr 61 Lars O Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering - en metod att kartera markvattenhalt. Slutrapport. 1981. 18 sidor.
- nr 62 Jan Pettersson, Elisabeth Sjöberg: SÖDRA NÄSET - En intervjuundersökning rörande två alternativa upprustningsförslag av gator och dagvattentransport. 1981. 36 sidor.
- nr 63 Olov Holmstrand: Praktisk tillämpning av ingenjörsgelogisk kartering. 1981. 114 sidor.
- nr 64 Anders Sjöberg, Nils Mårtensson: REGNENVELOPEMETODEN. En analys av metodens tillämplighet för dimensionering av ett 2-års perkolationsmagasin. 1982. 29 sidor.
- nr 65 Gösta Lindvall: ENERGIFÖRLUSTER I LEDNINGSBRUNNAR - Litteraturstudie. 1982. 35 sidor.
- nr 66 Per-Arne Malmquist: Lathund för beräkning av Dagvattnets föroreningar. 1982. 32 sidor.
- nr 67 Sven Nyström: Kommuns skadeståndsansvar mot VA-abonnent för översvämningsskador. 1982. 71 sidor.
- nr 68 Sven Lyngfelt, Gilbert Svensson: Dagvattenavrinning från stora urbana områden. Simuleringsmetodik exemplifierat på Göteborgsregionen. 1983. 118 sidor.
- nr 69 Hans Bäckman, Gilbert Svensson: Flödesmätning i avloppsnät med portabla utrustningar. Mät noggrannhet under kontrollerade förhållanden i en 225 mm:s betongledning. 1983. 51 sidor.
- nr 70 Olov Holmstrand (red): Naturanpassad stadsplanering i Dalen 5, Karlskoga. Erfarenheter av planeringsprocess och teknik under och efter byggandet. 1983. 114 sidor.
- nr 71 Olov Holmstrand (red): Reservvattentäkter. Redovisning av diskussionsdag 1983-05-18. 1983. 115 sidor.
- nr 72 Gilbert Svensson, Håkan Strandner (övers. och bearb.): NIVANETT manual. Ett datorprogram för simulering av flöden i avloppsnät. 1983. 101 sidor.

