



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

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



Rapport

R101:1988

Anläggnings- och driftsresultat  
från GRUDIS-anläggning i  
Hammarstrand

Sören Persson

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	R/84
Plac	Ser

Bygghforskningsrådet

R101:1988

ANLÄGGNINGS- OCH DRIFTSRESULTAT  
FRÅN GRUDIS-ANLÄGGNING I HAMMARSTRAND

Sören Persson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860118-8  
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik  
Energy, Nyköping.

## REFERAT

Den första experimentanläggningen med GRUDIS-teknik byggdes i Hammarstrands tätort i Jämtland. GRUDIS-tekniken bygger på utnyttjande av flexibel plastkulvert. I denna rapport görs en detaljerad redovisning avseende kulvertmaterial, investeringskostnader, erfarenheter från rörläggning och markarbeten samt drifterfarenheter.

Kostnadssammanställningen visar att helplastkulverten är mycket konkurrenskraftig i klenare dimensioner men att konkurrensfördelarna som uppnås vid förläggningen successivt reduceras vid grövre dimensioner av de ökade materialkostnaderna. Totalt har en kostnadsbesparing på 25% uppnåtts i förhållande till konventionell kulvert.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R101:1988

ISBN 91-540-4970-9  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
Svenskt Tryck Stockholm 1988

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	4
2	BESKRIVNING AV EXPERIMENTANLÄGGNINGEN	8
	2.1 Systembeskrivning	8
	2.2 Kulvert nät	10
3	KULVERTSYSTEMETS UPPBYGGNAD	12
	3.1 Hålrörskulvert	13
	3.2 Flexibel kulvert	18
	3.3 Rördetaljer	21
	3.4 Mediarörkopplingar	22
	3.5 Skarvning av hålrörskulvert vid rördetaljer	22
	3.6 Skarvning av flexibel kulvert vid rördetaljer	23
	3.7 Materialkostnader	25
	3.8 Slutsatser - kulvertmaterial	26
4	ERFARENHET AV LÄGGNING AV HELPLAST- KULVERT	28
	4.1 Hålrörskulvert	28
	4.2 Flexibel kulvert	35
	4.3 Montering av mediarörkopplingar och rördetaljer	36
	4.4 Mantelrörskarvning vid rördetaljer och rårörskopplingar	39
	4.5 Isolering av kulvertskarv vid rördetalj	39
	4.6 Rörläggningstider	39
	4.7 Rörläggningskostnader	43
	4.8 Slutsatser - rörläggning	44
5	ERFARENHETER AV MARKARBETEN	45
	5.1 Förutsättningar	45
	5.2 Jordschakt	47
	5.3 Dränering	49
	5.4 Kringfyllnad	49



5.5	Aterfyllning	49
5.6	Kedjegrävning	50
5.7	Maskin- och mantider för markarbeten	51
5.8	Markarbetskostnader	51
5.9	Slutsatser - markarbeten	52
6	KOSTNADSJÄMFÖRELSE	54
7	SLUTSATSER - SAMMANFATTNING	57
7.1	Material	57
7.2	Dimensioner	58
7.3	Rörläggning	59
7.4	Markarbeten	59
8	DRIFTERFARENHETER - KULVERTNÄT	61
	REFERENSER	62

## 1 BAKGRUND

Målsättningen med GRUDIS-projektet (GRUppcentral DISTRibution) är att utveckla ett nytt kostnads-effektivt och driftsäkert värmedistributionssystem för områden där konventionell distributions-teknik inte är konkurrenskraftig. Det innebär att arbetet koncentrerats på att utveckla distributionssystem för områden med relativt låga värmetätheter, typ:

- mindre tätorter
- befintliga småhusområden
- nybyggnadsområden (småhus och flerbo-stadshus)

Insatserna inriktas på utveckling av kulverttek-nik för klenta rördimensioner. Det gäller framför allt rördimensioner  $\leq$  DN 100. För konventionell kulvertteknik (stålrörssystem) i detta dimen-sionsområde uppgår markarbets- och rörlägnings-kostnaden till ca 60-75% av den totala kulvert-kostnaden. Det innebär att själva förlägnings-kostnaden utgör merparten av den totala anlägg-ningskostnaden i detta dimensionsområde.

En grundläggande inventering har visat att flexibla kulvertsystem kan reducera dessa förlägningskostnader avsevärt. För att erhålla ett flexibelt och kostnadseffektivt system i hela det aktuella dimensionsområdet har det visat sig att kulvertteknik med mediatorer av plast har den största utvecklingspotentialen.

Det innebär att forsknings- och utvecklingsre-surserna inom projektet har koncentrerats på att ta till vara plastmaterialets fördelar och begränsa dess nackdelar.



Motivet för att inrikta arbetet på kulvertsystem med mediarör av plast är framför allt plaströrens flexibilitet i hela det intressanta dimensionsområdet.

Flexibiliteten innebär att den prefabricerade kulverten kan levereras i långa längder på rulle eller trumma, vilket i sin tur medför att mycket få skarvar behöver genomföras i fält, vilket effektiviserar rörlägningsarbetet. Tekniken innebär också att schaktgravarna kan göras smalare eftersom inget skarvningsarbete behöver genomföras i rörgraven.

Böjbarheten medför också att det är möjligt att undvika hinder såsom träd, berg och byggnader utan att använda prefabricerade rördetaljer. En annan viktig egenskap, som bidrar till en smidig hantering och rörläggning, är materialets låga vikt.

Eftersom plasten är korrosionsbeständig uppstår inga skador vid inläckage av vatten mot mediaröret. Denna egenskap innebär också att tappvarmvatten (syresatt vatten) kan distribueras i systemet.

Eftersom plasten är ett viskoelastiskt material kan inre spänningar till följd av temperaturförändringar upptas i själva materialet, vilket är en bidragande orsak till att inga expansionsupptagande anordningar krävs i ett plastsystem.

Låg rörfriktion och liten känslighet för erosions-skador, samt liten förmåga att överföra strömningssljud, medför också att man generellt kan dimensionera ett plastsystem för högre flödes-hastigheter än konventionella stål- och koppar-rörssystem.

Nackdelarna med plastmediarören är att de generellt tål lägre tryck och temperaturer än konkurrerande metallsystem samt att syre normalt diffunderar genom mediarören, vilket medför att distributionsmediet kontinuerligt syresätts.

Förutom framtagning av nya systemkoncept har arbetet med flexibla plastkulvertsystem framför allt inriktats på utarbetande av kravspecifikationer och förslag till typprovningsprogram av ingående material och komponenter (se ref 1, 2, 3, 10). Vidare har rekommendationer till förläggning av flexibla system utarbetats (se ref 4).

På materialområdet har vi inom projektet utvecklat metoder att utvärdera långtidsegenskaper för mediarör av plast. Vidare har de problem, som uppkommit till följd av syrediffusionen som sker genom mediaröret (inläckage av syre genom rörväggen), studerats ingående (se ref 5, 6, 7).

Olika typer av isolermaterial har testats och utvärderats (se ref 2). På komponentsidan har arbetet främst koncentrerats på provning av olika kulvertkoncept i laboratorie- och fältmiljö. Det gäller kulvertuppbyggnad, mediarör- och mantelrörskarvar samt problematiken med avgreningar för plastmediarör (se ref 3, 8).

På systemsidan har olika kopplingsprinciper tagits fram, som är anpassade till plaströrssystemens egenskaper. Målsättningen har bl a varit att förenkla abonnentcentraltekniken och dra ner distributionstemperaturerna (se ref 9, 10).

Ett problem med flexibla plastkulvertsystem i dagsläget är att utbudet på marknaden är

begränsat. Det gäller såväl fabrikat som dimensionssortiment.

Den sista etappen av GRUDIS-projektet avser byggande av experimentanläggningar. Målsättningen med dessa anläggningar är:

- att demonstrera GRUDIS-tekniken i praktiskt utförande
- att utvärdera teknisk funktion och ekonomiskt utfall i förhållande till resultaten från FoU-projektet
- initiera utveckling av material och komponenter.

Den första experimentanläggningen byggdes i Hammarstrands tätort i Ragunda kommun, Jämtland, under hösten/vintern 1985/86. Anläggningen byggdes av Calor & Celsius AB på totalentreprenad åt Ragunda Energi AB. Projektör för GRUDIS-systemet var Studsvik Energy/Fjärrvärmebyrån AB. Uponor Energi AB, numera Ecopipe, levererade kulvertsystemet.

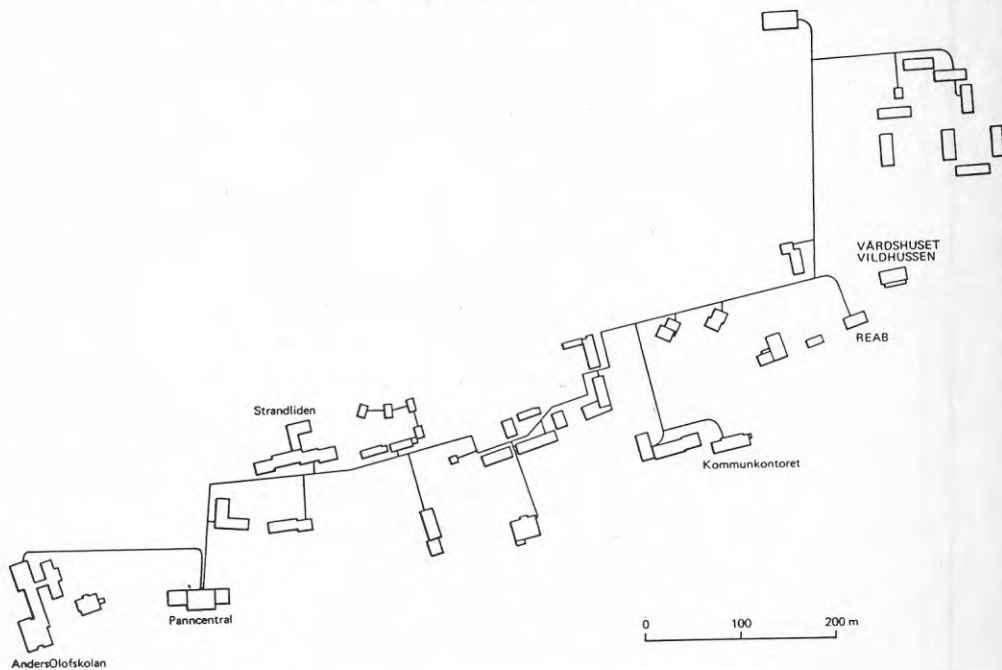
Nedan följer en detaljerad redovisning avseende kulvertmaterial, erfarenheter från rörläggning och markarbeten, kostnader samt visa drifterfarenheter.

Alla redovisade kostnader i rapporten baseras på 1985 års prisnivå.

## 2 BESKRIVNING AV EXPERIMENTANLÄGGNINGEN

2.1 Systembeskrivning

Värmedistributionsystemet i Hammarstrands-anläggningen har byggts enligt den s k GRUDIS-principen med helplastkulvert med tappvarmvatten som distributionsmedium. Den anslutna effekten är ca 2.4 MW och antalet abonnenter uppgår till 20 (totalt ca 300 lägenheter och 8 kommunala byggnader). Den totala längden på kulvertnätet uppgår till ca 2 200 m varav den flexibla kulverten står för 1 300 m. Den totala investeringskostnaden för kulvertnätet uppgår till ca 1.9 MSEK exkl vissa extraarbeten som sammahänger med objektets experimentkaraktär.

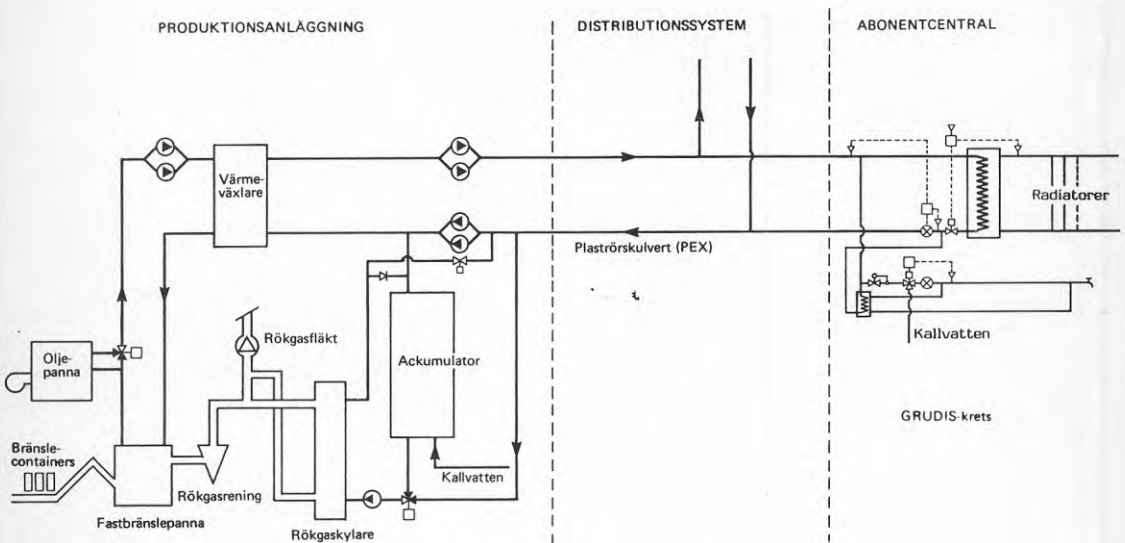


Figur 1

Kulvertnät i Hammarstrand.

Värmeproduktionen i Hammarstrand baseras på fasta bränslen. Fastbränslepannan är bränsleflexibel med möjlighet att elda fuktiga bränslen (bark). Pannan är försedd med en rökgaskylare som utnyttjar systemlösningen med central tappvattenproduktion. Rökgaserna kondenseras mot och värmer upp inkommande kallvatten.

Distributionssystemet är konstruerat enligt GRUDIS-principen med tvårörs helplastkulvert med tappvarmvatten som distributionsmedium. Tekniken innebär att fastigheternas tappvarmvattensystem är direktkopplat till kulverten utan mellanliggande värmväxlare. Värmeväxling sker däremot mellan GRUDIS-kretsen och fastigheternas radiatorsystem samt mellan GRUDIS-kretsen och pannkretsen. Kallvatten tillsätts i produktionsanläggningen i samma mängd som avtappas som hetvarmvatten i abonnentcentralerna. GRUDIS-systemet innebär således förenklingar i abonnentcentralerna samtidigt som man får vissa merinvesteringar i produktionsanläggningen. Merinvesteringar i produktionsanläggningen utgörs av värmväxlare och distributionspumpar.



Figur 2

Principschema Hammarstrand.

## 2.2 Kulvertnät

### 2.2.1 Dimensioneringskriterier

Distributionsnätet i Hammarstrand består av kulvertar i helplastutförande, dvs inte bara mantelrör och isolering utan även mediarör består av plast. Eftersom plast har andra egenskaper än konventionella rörmaterial för fjärrvärme måste andra dimensioneringskriterier vad avser framför allt maximala drifttemperatur och drifttryck tillämpas.

Kulvertsystemet har dimensionerats enligt följande:

Vattentemperatur GRUDIS-krets	90-50°C
Tryck GRUDIS-krets	0.6 MPa

Systemet har alltså en maximal drifttemperatur på 90°C och ett drifttryck på 0.6 MPa vid dimensionerande utetemperatur. En injustering av alla abonnenters värmesystem enligt lågflödesprincipen har skett inom ramen för detta projekt. Målsättningen var att uppnå ett  $\Delta t = 40^\circ\text{C}$  (90°C/50°C) i primärnätet vid dimensionerande utetemperatur.

### 2.2.2 Konstruktionsätt

Eftersom tappvarmvatten distribueras i kulvertnätet innebär detta att alla material som kommer i kontakt med mediet måste vara korrosionsbeständigt och av tappvarmvattenkvalitet. Det gäller mediarör, rördetaljer i form av T-rör, böjar och ventiler samt mediarörkopplingar.

Plast är ett viskoelastiskt material, vilket innebär att det kan uppta inre spänningar. Detta tillsammans med materialets flexibla egenskaper gör att inga expansionsupptagande anordningar behöver installeras. Systemet kan alltså läggas helt rakt utan expansionselement eller förvärmning.

Den flexibla kulverten medger läggning med böjradier ner till ca 1.25 m.

Kulvertsystemet är inte utrustat med något larmsystem för läcksökning. Läcksökning kan endast ske med termofotografering.

## 3 KULVERTSYSTEMETS UPPBYGGNAD

Kulvertnätet består av två kulverttyper. I de mindre dimensionerna utnyttjas en flexibel integrerad kulvert i enkel- och twinutförande. Den är rullbar och levereras komplett med mantel, mediarör och isolering i samma kulvert-rör.

För de grövre dimensionerna utnyttjas en styv hålrörskulvert i twinutförande. Mediaröret till hålrörskulverten levereras separat på rulle i skräddarsydda längder för att skarvfritt dras igenom hålrörskulverten. Den styva hålrörskulverten ska endast ses som ett komplement till den flexibla kulverten. Den har utnyttjats i denna anläggning därför att leverantören inte hade möjlighet att tillverka flexibel kulvert i de grövre dimensionerna.

Rördetaljerna utgörs av prefabricerade integrerade komponenter i tvårörsumtförande med mediarör av koppar. Mediarörkopplingarna är av kompressionstyp med instickhylsor och klämringförband. Mediarörkopplingarna går inte att kontrollera i inspektionsbrunnar utan är inskummade och överfyllda.

Nedan följer en detaljerad genomgång av de material och komponenter som ingår i kulvertsystemet i Hammarstrand.



### 3.1 Hålrörskulvert

#### 3.1.1 Hålrörselement

Hålrörskulverten består av själva hålrörselementen, material för skarvning av dessa samt mediarör.

Kulvertrören är av fabrikat Aquatett. Det är en sk tvårörskulvert med plats för två mediarör i samma kulvert (fram- och returledning). Kulverten levereras i 5 m längder för tre mediarördimensioner (Ø110, Ø90 och Ø75 mm).

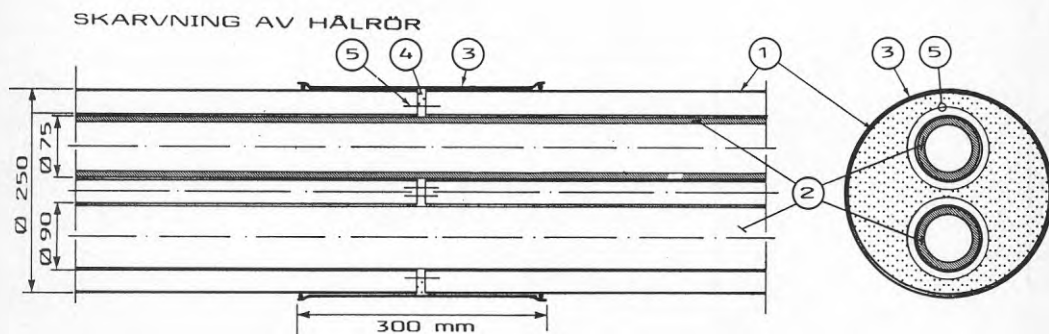
Mantelröret utgörs av ett PEH-rör, enligt VVFs rekommendationer. Isoleringen består av ett PUR-skum med en densitet i rör på ca 70 kg/m<sup>3</sup>. På kulvertändarna har man applicerat ett vattenavstötande skikt. Styrrören utgörs av PVC-rör, fabrikat Uponor.

#### 3.1.2 Skarvning

Skarvning av hålrörselementen sker dikt mot varandra. Ett sk polyuretanhärddlim används för att foga ihop och isolera skarven mellan kulvertrören. Limmet används endast vid skarvning av raka kulvertrör, inte vid rördetaljer. Det är ett enkomponentslim som härdar mot fukt. Användningstemperaturen ligger mellan +10 - +70°C.

Mantelrörskarven är av Swedish Joint-typ, dvs PEH-skarvmuff som svetsas mot kulvertröret. Skarvmuffarna är 300 mm långa. Svetsningen går till så att en svetsring bestående av tvärbunden polyeten (PEX), koppartråd och ett skikt PEH-material, placeras mellan muffen och kulvertröret. Därefter ansluts svetsringen till strömkällan och uppvärms. Genom uppvärmningen kommer PEX-ringen att sträva efter att återta sin

ursprungliga form. På detta sättas skapas ett svetstryck som tillsammans med uppvärmningen åstadkommer en svets mellan skarvmuffen och manteln.



1. Hålrörselement
2. Mediarör-PEX
3. Swedish joint skarvmuff
4. Polyuretan härddim
5. Skyddshylsor

Figur 3

Skarvning av hålrör.

### 3.1.3 Mediarör

Mediaröret består av tvärbunden polyeten, Wirsbo-PEX, i dimensionerna  $\varnothing 90$  och  $\varnothing 75$  mm samt Uponor-PEX i dimensionerna  $\varnothing 110$  mm.

Tabell 1

Materialegenskaper mediarör (Wirsbo-PEX).

Egenskap	Provningsnorm	Temp °C	Värde
Densitet			936 kg/m <sup>3</sup>
Råhetstal			0.0005 mm
Längdutvidgnings-		20	1.4x10 <sup>-4</sup> 1/°C
koefficient		100	2.05x10 <sup>-4</sup> 1/°C
Draghållfasthet	DIN 53455	20	19...26 N/mm <sup>2</sup>
		100	9...13 N/mm <sup>2</sup>
Elasticitets-	DIN 53457	20	600...900 N/mm <sup>2</sup>
modul		80	300...400 N/mm <sup>2</sup>
Värmelednings-			0.38 W/km
tal			

Rören är tillverkade enligt nedanstående kvalitetskrav vad avser bl a livslängdsegenskaper.

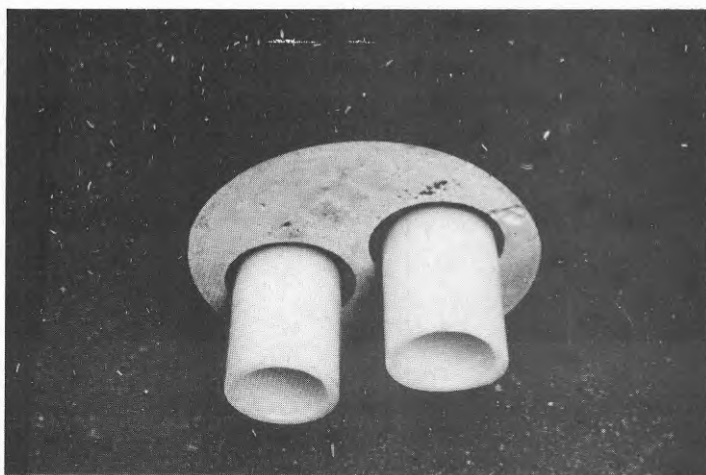
Tabell 2

Livslängdsegenskaper mediarör.

Egenskap	Provningsnorm	Belastning	Krav
Livslängd	Tappvattengodkännande, Statens Planverk	2.5 MPa väggspänning /110°C	9 600 h
Livslängd	DIN 16892	2.8 MPa väggspänning /110°C	8 000 h

3.1.4 Dimensioner

I Tabell 3 nedan följer en genomgång av de dimensioner av hålrörskulvert som levererats till Hammarstrand.



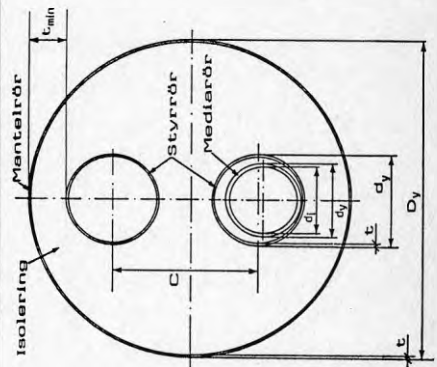
Figur 4

Hålrörskulvert.

Tabell 3

Dimensioner hålrörskulvert (se figur).

Beteckning	Mediarör		Styrrör		Isolering		Mantelrör		Leveranslängder	
	d <sub>y</sub> /d <sub>i</sub> (mm)	d <sub>y</sub> /t/C (mm)	t <sub>min</sub> (mm)	d <sub>y</sub> /t (mm)	t <sub>min</sub> (mm)	D <sub>y</sub> /t (mm)	Min böjradie (m)	Hålrörskulvert/mediarör (m)	5/skräddarsydda längder ≤100 m	5/skräddarsydda längder ≤100 m
2x110/355	110/90	140/4.1/155	25	355/7.0	25	355/7.0	Prefabricerade böjjar	5/skräddarsydda längder ≤100 m		
2x90/315	90/73	110/3.5/121	35	315/6.2	35	315/6.2	Prefabricerade böjjar	5/skräddarsydda längder ≤100 m		
2x75/250	75/61.2	90/3.2/105.5	25	250/4.9	25	250/4.9	Prefabricerade böjjar	5/skräddarsydda längder ≤100 m		



### 3.2 Flexibel kulvert

Den flexibla kulverten är av fabrikat Ecoflex i enkel- och tvårörsutförande. Den levererades rullad och emballerad i transporthäckar i längder upp till 50 m.

Kulverten är helt komplett med mediarör och isolering monterad i mantelröret. Kulverten är försedd med ändtätningar och har levererats i dimensionerna PEX Ø32 mm, 40 mm, 50 mm samt 63 mm.

#### 3.2.1 Material

Manteln består av ett korrugerat PEH-rör typ DSA. Isoleringen utgörs av PEX-skum med följande egenskaper:

Tabell 4

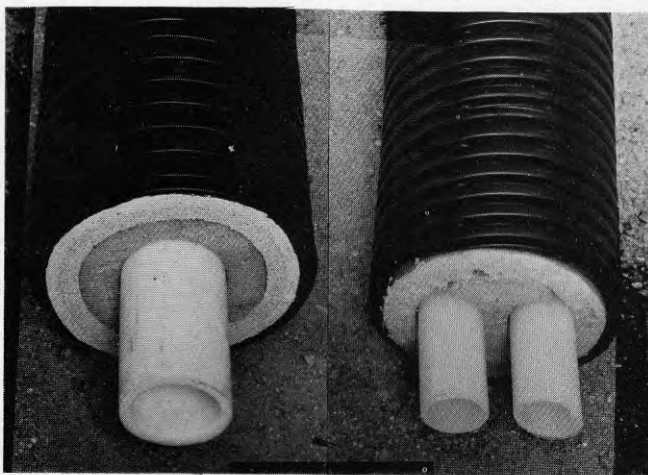
Egenskaper isolermaterial.

Egenskaper	Provningsnorm	Värde
Densitet	DIN 53420	33 kg/m <sup>3</sup>
Värmeledningstal	DIN 52612	0.040 W/mK
Draghållfasthet	DIN 53571	0.30 N/mm <sup>2</sup>
Hårdhet 40%		
Sammanpressning	DIN 53577	7.3 N/cm <sup>2</sup>
Vattenabsorbktion	DIN 53428	2.0%
Ångdiffusion	DIN 53429	1.5 g/m <sup>2</sup> d

Mediarören i den flexibla kulverten utgörs också av PEX i dimensionerna 1xØ63 mm, 1xØ50 mm, 2xØ40 mm samt 2xØ32 mm. När det gäller materialspecifikationer mediarör, se avsnitt 3.1.3.

### 3.2.2 Dimensioner

I Tabell 4 nedan redovisas levererade dimensioner av den flexibla kulverten.



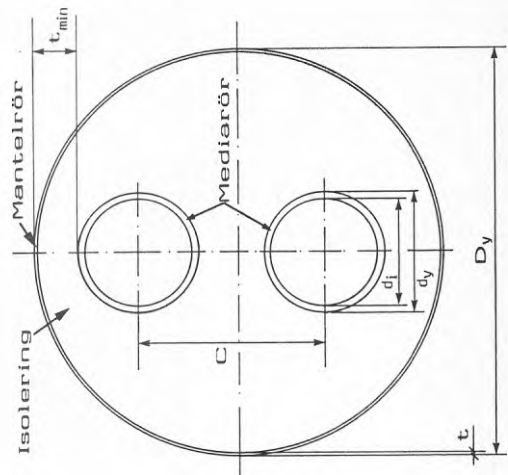
Figur 5

Flexibel kulvert i enkel- och twinutförande.

Tabell 4

Dimensioner flexibel kulvert (se figur).

Beteckning	Mediarör dy/di/t/C (mm)	Isolering t <sub>min</sub> (mm)	Mantelrör Dy/t (mm)	Vikt (kg/m)	Min böjradie (m)	Leveranslängd (m)
1x63/175	63/51.4/5.8	43.5	175/1.8	2.5	1.25	≤50
1x50/175	50/40.8/4.6	50.0	175/1.8	2.2	1.25	≤50
2x40/175	40/32.6/3.7/54.5	26	175/1.8	2.0	1.25	≤50
2x32/128	32/26.0/3.0/45.0	18	128/1.3	1.2	1.25	≤50





### 3.3 Rördetaljer

Rördetaljerna i systemet består dels av T-rör, böjar och rakkopplingar, dels avstängnings-, avluftnings- och avtappningsventiler.

Avgreningar levereras som T-rör i tvårör utförande, dvs som en integrerad rördetalj för båda mediarören. Bygglängder för T-rör är 1 900 mm för avstick mot enkelkulvert och 1 700 mm för avgrening mot tvårörskulvert. Rördetaljerna har i likhet med hålrörskulverten en PEH-mantel med PUR-skumisolering (jmfr 3.1.1).

Mediarören i rördetaljerna består av inskummade kopparrör i dimensionerna  $\varnothing 88.9$  mm -  $\varnothing 28$  mm.



Figur 6  
Rördetaljer.

### 3.4 Mediarörkopplingar

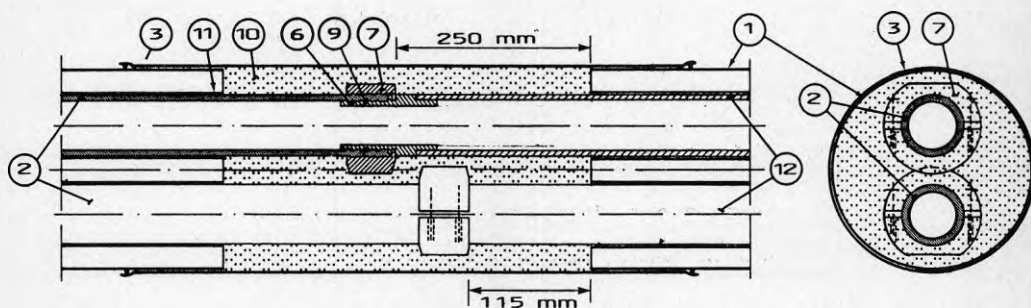
Mediarörkopplingarna i systemet är av kompressionstyp med instickshylsa och klämring. Instickshylsan har lötts fast mot rördetaljen och klämringen klämmer fast PEX-mediarettet mellan instickshylsan och klämringen.

Instickshylsan i PEX-dimensionerna  $\emptyset 110$  mm,  $\emptyset 90$  mm samt  $\emptyset 75$  mm har tillverkats i rödmetall, övriga instickshylsor är av fabrikat Upolet i avzinkningshärdig mässing. Överfallsringarna (klämringarna) är genomgående i avzinkningshärdig mässing.

### 3.5 Skarvning av hålrörskulvert vid rördetaljer

Mantelrörsskarvning sker även här enligt Swedish joint teknik (jmf 3.1.2). Den ena skillnaden är att Swedish joint muffens längd p g a mediarörskopplingen behöver uppgå till 700 mm.

För dessa skarvar används ett högdensitetsskum för isolering av kulverten samt fixering av mediarörskopplingen. Densiteten uppgår till ca  $110 \text{ kg/m}^3$ .



- |                            |   |
|----------------------------|---|
| 1. Hålrörselement          | 7. Klämring   |
| 2. Mediarör-PEX            | 8. Lödmuff (Cu)                                     |
| 3. Swedish joint skarvmuff | 9. O-ringstättning mellan instickshylsa och PEX-rör |
| 4. Polyuretan härddim      | 10. Högdensitets PUR-skum                           |
| 5. Skyddshylsor            | 11. O-ringstättning mellan hålrör och PEX-rör       |
| 6. Instickshylsa           | 12. Rördetalj (Cu-rör)                              |

Figur 7

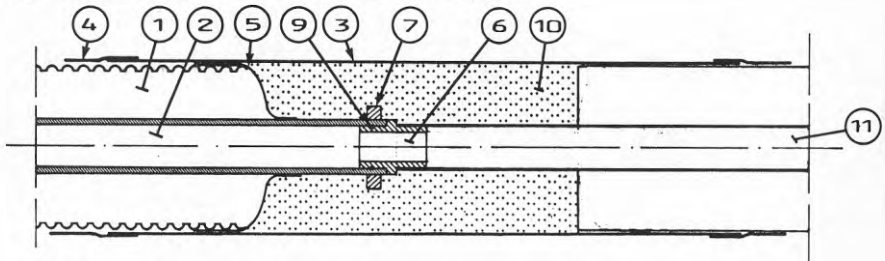
Skarvning av hålrörskulvert vid rördetalj.

### 3.6 Skarvning av flexibelkulvert vid rördetaljer

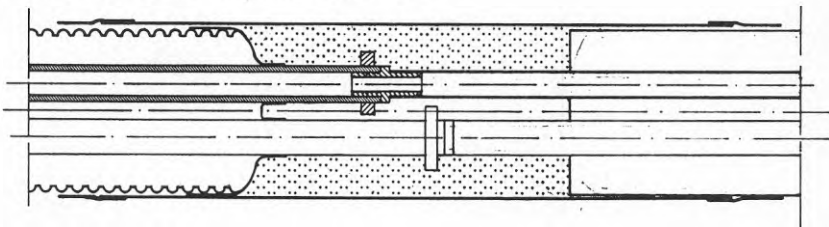
Ändtätningar krymps på flexkulverten innan koppling sker av mediaröret. Skarvning av korrugerat mantelrör görs med skarvmuff av PEH och krympförband.

Skarvarna isoleras även i detta fall med högdensitets PUR-skum (jmf avsnitt 3.5).

## Enkelrörskulvert Ø63 och Ø50



## Tvåorrörskulvert Ø40 och Ø32



- |                     |  |
|---------------------|--|
| 1. Flexibel kulvert | 7. Klämring  |
| 2. Mediarör-PEX     | 8. Lödmuff (Cu)                                    |
| 3. Skarvmuff        | 9. O-ringstätning mellan instickshylsa och PEX-rör |
| 4. Krympförband     | 10. Högdensitets PUR-skum                          |
| 5. Ändtätning       | 11. Rördetalj (Cu)                                 |
| 6. Instickshylsa    |  |

Figur 8

Skarvning av flexibel, enkel och twinrörskulvert.

### 3.7 Materialkostnader

Tabell 6

Materialkostnader kulvertnät Hammarstrand.

Typ	Dimension (mm)	Kostnad (SEK/m)
Hålrörskulvert	Ø355	345
	Ø315	280
	Ø250	221
Mediarör	Ø110	175.00
	Ø90	114.75
	Ø75	83.30
Flexkulvert	Ø175 (1xØ63)	147
	Ø175 (1xØ50)	127
	Ø175 (2xØ40)	136
	Ø128 (2xØ32)	83
		<u>(SEK/st)</u>
Mantelrörskarv + arbete	Ø355 (300 mm)	456
	Ø355 (700 mm)	661
	Ø325 (300 mm)	422
	Ø325 (700 mm)	567
	Ø250 (300 mm)	333
	Ø250 (700 mm)	481
	Ø175 (700 mm)	253
Ø128 (700 mm)	206	
Ändtätningar		112
Rördetaljer		ca 3 000
Mediarörskopp- lingar	Ø110	1 500
	Ø90	800
	Ø75	366
	Ø63	142
	Ø50	117
	Ø40	92
	Ø32	50

Nedanstående tabell visar den specifika materialkostnaden för helplastkulverten i Hammarstrand specificerat per komponent.

Tabell 7

Materialkostnader kulvertnät uppdelade på ingående komponenter (SEK/kulvertmeter).

Hålrörskulvert	2x110/355	2x90/315	2x75/250
Hålrör	345	280	221
PEX-mediator	350	230	166
Mantelrörskarvning	91	85	67
Rördetaljer	44	42	58
Mediatorkopplingar	<u>71</u>	<u>57</u>	<u>44</u>
	901	694	556

Flexibel kulvert	1x63/175	1x50/175	2x40/175	2x32/128
Kulvert	294	254	136	83
Rördetaljer	17	22	19	24
Mediatorkopplingar	13	5	6	3
Mantelrörskarvning	<u>16</u>	<u>14</u>	<u>9</u>	<u>5</u>
	340	295	170	115

### 3.8 Slutsatser - kulvertmaterial

När det gäller material och komponenter i det system, som installerades i Hammarstrand, kan följande konstateras:

- att leverantören inte hade produktions-  
tekiska möjligheter att leverera  
flexibel kulvert i hela det aktuella  
dimensionsområdet för anläggningen
- att hålrörskulverten därför endast får  
ses som ett komplement tills dess  
flexibel kulvert finns i hela dimen-  
sionsregionen upp till Ø110 mm
- att den flexibla kulverten i stort sett  
tillverkats enligt de specifikationer  
och rekommendationer som tagits fram  
inom GRUDIS-projektet

- att de levererade rördetaljerna och mediarörkopplingarna i de grövre dimensionerna inte tidigare provats inom ramen för GRUDIS-projektet, men att man från projektets sida accepterat dessa komponenter därför att de bygger på etablerad teknik
- att mediarören tillverkats enligt uppställda kravspecifikationer med avseende på livslängd och tappvarmvattengodkännande
- att materialkostnaden för hålrörskulverten (2x110/355, 2x90/315 och 2x75/250) är för hög i förhållande till konkurrerande system, vilket medför att behovet av en flexibel kulvert i grövre dimensioner accentueras
- att kostnaden för den flexibla kulverten ligger rätt i förhållande till antagna priser inom ramen för GRUDIS-projektet.

#### 4 ERFARENHET AV LÄGGNING AV HELPLAST- KULVERT

##### 4.1 Hålrörskulvert

För att få en rationell och snabb läggning av hålrörskulverten och samtidigt en minskning av markarbetena föreslogs redan på projekteringsstadiet att det mesta av rörläggningen skulle ske på markytan istället för i rörgraven. Det skulle dels medföra enklare rörläggning, dels skulle rörgravarna generellt kunna göras smalare. De enda rörarbeten, som planerades att göras i rörgravarna, var montering av rördetaljer samt skarvning av kulvertar på dessa ställen.

Den föreslagna tekniken innebär att hålrörselementen (5 m längder) läggs ut efter kuvertstråket. Kulverten pallas därefter upp ca 15 cm för att man ska kunna genomföra mantelrörskarvning. Därefter skarvas kulverten och sedan dras PEX-mediator igenom hålrören varefter hela kulvertpaketet lyfts ner på ledningsbädden.

##### 4.1.1 Transport till rörgrav samt uppallning av kulvert

Transport av kulvertrör från lagringsplatsen till rörgrav gjordes med vanlig bilsläpkärra. Kulvertrören är inte tyngre än att två man lastar av och på rören för hand. För att man ska kunna genomföra den ovan nämnda tekniken måste markytan där kulvertstråket går fram vara jämn annars är skarvning av kulverten omöjlig. Vidare måste det samtidigt finnas plats att lägga upp kulverten bredvid schaktgraven. I de flesta fall var terräng- och utrymmesförhållanden bra efter kulvertstråket i Hammarstrand. På vissa ställen var man emellertid tvungen att lägga upp kulverten en bit ifrån själva kulvertgraven och frakta



fram kulverten efter skarvning till rörgraven. För detta ändamål utnyttjades en eller två lastmaskiner beroende på längden på kulvertsektionen.

#### 4.1.2 Skarvning av hålrörskulvert

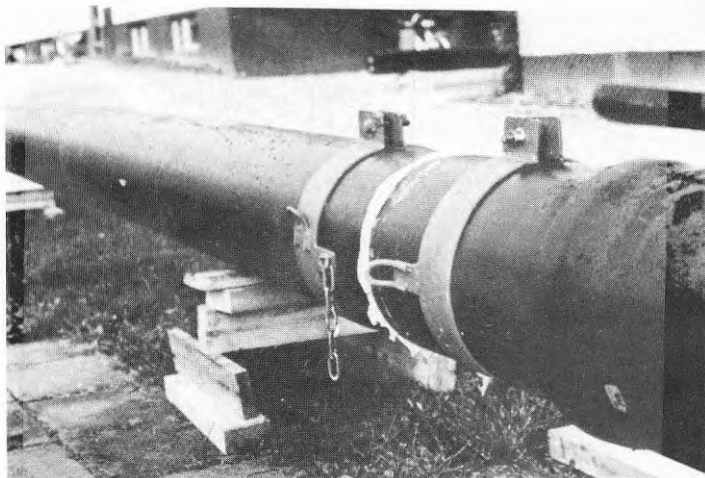
Hålrören skarvas direkt mot varandra med Swedish joint teknik. Spalten mellan hålrören isolerades med ett enkomponents polyuretanhärdlim. Polyuretanhärdlimmet applicerades på kulvertändarna. För att skapa ett presstryck mellan kulvertändarna monterades klämringar på vardera kulverten. Dessa tjänstgjorde som fästpunkter så att ändarna kunde spelas ihop.

För att minska de långa härdtiderna vid kall väderlek sattes en speciell värmebox över skarven. På detta sätt kunde härdtiderna för limmet minskas från 1 timme till 10 min.



Figur 9

Skarvning av hålrörskulvert.



Figur 10

Limfog hålrörskulvert.

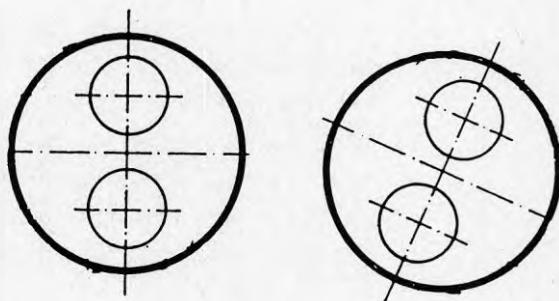
Användningen av polyuretanhärddlimmet är att betrakta som ett experiment från kulvertleverantörens sida. Man kan efter användning konstatera att det inte med dess nuvarande egenskaper lämpar sig för isolering av kulvertskarvar beroende på:

- att limmet inte är anpassat till användning vid normala utomhustemperaturer beroende på de långa härdtiderna
- vattenabsorbtionen är större än för vanligt PUR-skum.

Mantelrörsskarvningen genomfördes problemfritt med den beprövade Swedish joint tekniken.

Det enda montagetekniska problem som uppstod vid skarvningen av hålrörskulverten var att man i

vissa fall fick en vridning av hålrören vid skarvning av många hålrörselement.



Figur 11

Vridning av styrrören, kulvertändar på samma kulvertsektion.

Det innebar att monteringen av mediarörkopplingar blev svår och tog längre tid än nödvändigt samt att kopplingen rent tekniskt utsätts för en större vridbelastning. Orsaken till vridningen kan dels vara att själva styrrören är vridna inuti hålrören och att felet byggs på vid varje skarv, dels kan en viss förskjutning ske vid själva skarvningen genom att hålrören inte placeras exakt mitt för varandra.

#### 4.1.3 Genomdragning av PEX-mediärör

Mediärören till hålrörskulverten levererades på rulle till Hammarstrand. Från en central lagringsplats transporterades rullen på en lastmaskin till kulvertstråket. Där placerades mediäröret i ena kulvertändan upphängd på lastaren. För att kunna dra igenom mediäröret utnyttjades en vinsch. Vajern trädde först in i kulverten med hjälp av ett rensband. Vajern fästes sedan i en dragkona, som skruvats fast i mediäröret. Därefter drogs mediäröret igenom hålröret med hjälp av vinschen. Den utnyttjade dragkraften var inte större än att en man orkade dra igenom röret. Det längsta mediärör som drogs igenom hålrörskulverten var ca 100 m långt och av dimension  $\varnothing 110$  mm.



Figur 12

Transport av PEX-mediärör till rörgrav.



Figur 13

Genomdragning av mediarör i hålrörskulvert.



Figur 14

Vinsch för genomdragning av PEX-mediarör.

Vid några genomdragningar fick man problem på grund av att limmet expanderat ut i hålröret. Det gjorde det svårt att dra igenom PEX-röret. Ett annat problem var att hålrören vid några rörskarvar inte låg exakt mitt för varandra, varför PEX-röret fastnade mot en utstickande kant. Dessa problem kunde emellertid lösas genom att vrida på mediaröret.

#### 4.1.4 Nedlyftning av kulvert på ledningsbädd

När PEX-röret dragits igenom kulverten lyftes hela kulvertsektionen ner på ledningsbädden. Det går till så att kulverten först rullas ut på regler lagda över rörgraven, därefter ställs bockar med kedjespel grensle över rörgraven. Bockarna placeras ut på vartannat hålrör, dvs med ca 10 m avstånd från varandra. Därefter spelas kulverten ner i den trånga schaktgraven.



Figur 15

Nedlyftning av hålrörskulvert i trång schaktgrav.

På grund av korsande el- eller teleledningar var man ibland tvungen att dra eller skjuta kulverten med grävmaskin under ledningen.

En förutsättning för den ovan beskrivna läggningstekniken är att mantelrörskarvning gjorts enligt Swedish joint tekniken eller motsvarande.

#### 4.2 Flexibel kulvert

Den flexibla kulverten levererades rullad och emballerad i längder mellan 20-50 m. För att få en rationell läggning av flexkulverten utnyttjades en kabeltrumma, som monterades på en frontlastare. Kabeltrumman fästes på ett utstickande rör på själva lastaren.

Den flexibla kulverten rullades upp på trumman och fraktades på detta sätt till rörgraven. Vid själva läggningen kördes lastaren vid sidan av rörgraven med den rullbara trumman över själva rörgraven, varvid kulverten lätt kunde rullas ner på ledningsbädden utan risk för några större belastningar på manteln. När det var för trångt att köra utefter rörgraven drogs kulverten av rörtrumman, som satt på den stillastående lastaren.



Figur 16

Läggning av flexibel kulvert.



Figur 17

Läggning av flexibel kulvert i kedjegrävd schaktgrav.

För att effektivisera lägningsarbetet ytterligare kopplades, provtrycktes och skarvades kulverten inomhus i avpassade längder ( $\leq 150$  m). Detta innebar att man kom ifrån motsvarande arbete nere i rörgravarna. Det innebar också att återfyllningen kunde ske på hela längden direkt efter läggningen.

#### 4.3 Montering av mediarörkopplingar och rördetaljer

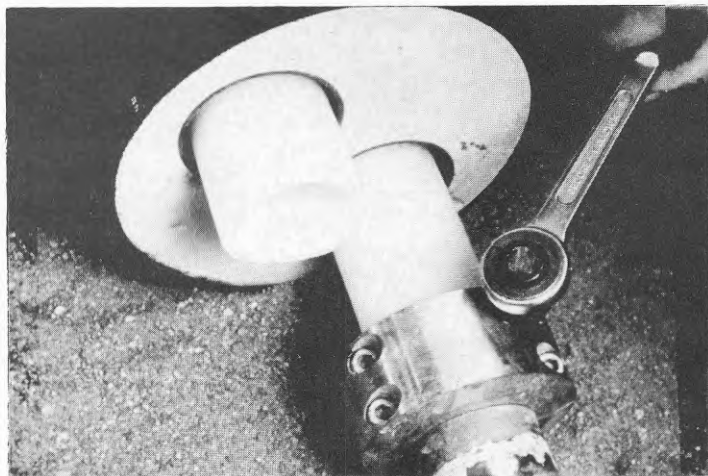
Montering av rördetaljer och mediarörkopplingar gjordes i rörgraven. Generellt bör rördetaljer och eventuella rårörskopplingar monteras successivt i takt med att rörlägningsarbetet framskrider. På grund av kvalitets- och leveransproblem för rördetaljerna till Hammarstrandsanläggningen tillstötte onödiga svårigheter vid



monteringsarbetet. Detta berodde på att hålrörsektionerna (20-60 m) var fixerade genom att återfyllning redan skett när rördetaljerna skulle monteras. Hålrören var därför svåra att röra och anpassa till rördetaljerna vid montering. När montaget av rördetaljer gjordes successivt i takt med den övriga rörläggningen gick arbetet problemfritt.

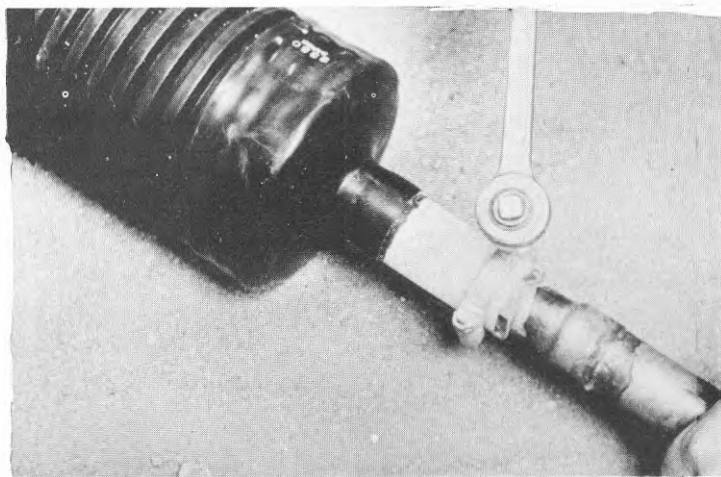
Rördetaljerna med pålödda instickshylsor lyftes för hand ner i rörgraven.

Ett problem vid monteringen av mediarörkopplingen var att mediarören i regel var böjda eftersom de kapats ur en rulle. För att få dem mer hanterliga och lättarbetade uppvärmdes PEX-rörändrarna med en varmluftpistol till ca 100°C. Uppvärmningen var också en nödvändighet för att kunna trycka på PEX-röret på instickshylsan. Uppvärmningen innebär också att PEX-röret får en permanent deformation när det kläms mellan instickshylsan och överfallet, vilket gör den säkrare än om mediaröret monterats kallt.



Figur 18

Mediarörkopplingar för grövre dimensioner  
Ø110-Ø75 mm.



Figur 19

Mediarörkopplingar för klenare dimensioner  
Ø63-Ø32 mm.

#### 4.4 Mantelrörskarvning vid rördetaljer och rårörskopplingar

Efter provtryckning svetsas en Swedish joint muff över mediarörkopplingen vid anslutning mot hålrörskulvert eller vid rårörskoppling av mediarör i hålrörskulvert. Mantelrörskarvning av flexkulvert sker med en vanlig PEH-skarvmuff och krympförband. Beroende på att mantelröret på flexkulverten  $\emptyset 128$  mm är spiralkorrugerat krävs speciell noggrannhet vid krympningen. Innan montering av mediarörkopplingen och skarvning av mantelröret krymper man på en ändtätning på flexkulverten för hindra inträngande vatten i skarven att nå den övriga kulvertisoleringen.

#### 4.5 Isolering av kulvertskarv vid rördetalj

För isolering av mantelrörskarv vid rördetalj utnyttjades ett högdensitets PUR-skum. För att få ett bra resultat krävs att skumningen genomförs under goda temperaturbetingelser. Eftersom vissa leveransproblem uppstod för rördetaljer och den flexibla kulverten fick provtryckning och därmed mantelrörskarvningen ske vid låga utomhustemperaturer. Det innebar att uppvärmning fick ske för respektive skarvställe.

#### 4.6 Rörläggningstider

Nedanstående tabeller anger genomsnittliga arbetstider för läggning av helplastkulvert i Hammarstrand. Montering och hantering av hålrörs- och flexkulverten förutsätter två rörläggare på heltid samt någon typ av lastmaskin på deltid. En av dessa rörläggare förutsätts klara skarvning av mantelrör med Swedish joint teknik. De angivna tiderna är exklusive störningar som hörde samman med objektets experimentbyggnads-karaktär.



Figur 20

Arbetsmoment vid läggning av hålrörskulvert.

Tabell 7

Specifik metoddid för läggning av hålrörskulvert, avser dimensionerna  $\varnothing 355$ ,  $\varnothing 315$  och  $\varnothing 250$  mm.

Moment	Mantid	Maskintid	Kommentar
Transport till rörgrav, pallning av kulvert	2x45 min		Avser 10 hålrörselement <50 m kulvert
Limning av kulvert	1x25 min		Per skarv (Swedish joint)
Mantelrörskarvning	1x15 min		
Genomdragning av PEX-rör (inkl transport till rörgrav)	1x90 min	1x90 min	Avser två mediarör 50-75 m långa
Nedlyftning av färdig kulvertsektion i rörgrav	1x30 min	1x30 min	Avser kulvertsektion på ca 50-75 m
Montering av rördetalj (mediarörkoppling)	2x15 min		Per mediarörkoppling
Mantelrörskarvning + isolering vid mediarörkoppling	1x30 min		Per skarv, Swedish joint

Tabell 8

Specifik metodtid för läggning av flexkulvert, avser dimensionerna  $\varnothing 175$  mm (1x $\varnothing 63$  mm, 1x $\varnothing 50$  mm, 2x $\varnothing 60$  mm) och  $\varnothing 28$  mm (2x $\varnothing 32$  mm).

Moment	Mantid	Maskintid	Kommentar
Förberedelser Transport till rör- grav	1x20 min +1x10 min	1x20 min 1x10 min	$\leq 50$ m för varje extra 50 m längd
Utrullning av flexkulvert i rörgrav	1x30 min +1x10 min	1x30 min 1x10 min	$\leq 50$ m för varje 50 m längd
Mediarörkoppling (rak och vid rör- detalj)	2x10 min		4 st per mediarör- skarv (två media- rör, en på varje sida)
Mantelrörskarv och isolering	1x30 min		2 st (1 st för twinkulvert) vid räkkoppling och 4 st per rördetalj
Montering av ven- til	1x30 min		

Tabell 9

Metodtid för läggning av komplett flexkulvert.\*

	<50 m	50-100 m	100-150 m	150-200 m
Ø63 mm** Ø50 mm	3 h, 40 min	6 h	8 h 20 min	10 h
Ø2x40 mm*** Ø2x32 mm	2 h 20 min	4 h 45 min		

\* Inkluderar montering mot T-rör, plus en skarv för varje extra 50 m längd.

\*\* Två enkelrörskulvertar.

\*\*\* Tvåörskulvert.

#### 4.7 Rörläggningens kostnader

För att erhålla kostnader för rörläggningen har vi utnyttjat de metodtider som angivits under avsnitt 4.6. Dessa kostnader är exklusive störningar som sammanhänger med objektets experimentkaraktär.

Kostnaderna har beräknats sträckvis där den totala rörläggningstiden inklusive montage av rördetaljer beräknats. Timkostnaden för rörarbete uppgår till 210 SEK/tim och 250 SEK/tim för lastmaskin plus förare.

Tabell 10

Rörläggningens kostnader helplastkulvert SEK/m.

	Ø32	Ø40	Ø50	Ø63	Ø75	Ø90	Ø110
Rörläggning totalt	34	34	61	61	75	75	75

#### 4.8 Slutsatser - rörläggning

När det gäller erfarenheter av rörläggning av helplastkulvert kan man dra följande slutsatser:

- Principen med att allt rörarbete utom montage av rördetaljer ska ske vid sidan av rörgraven har kunnat fullföljas för både hålrörskulverten och den flexibla kulverten med avsevärda rationalitetsvinster.
- De fördelar som finns med den flexibla kulverten har vad avser långa leveranslängder och därmed få skarvar samt undvikande av hinder i mark kunnat utnyttjas och givit rationalitetsvinster för rörläggningsarbetet
- Skarvningen av hålrörskulverten vad avser isolering (limning) och Swedish joint muffning har inte visat sig rationellt. Polyuretanlimmet gav vid rådande väderleksförhållanden för långa montagetider. Swedish joint-skarvning var femte meter ger en tekniskt tillförlitlig kulvertskarv men är ur montage- tids- och kostnadssynpunkt ineffektiv.
- Eftersom leveranslängderna för den flexibla kulverten för detta objekt högst uppgick till 50 m var man vid ett flertal tillfällen tvungen att rakskarva kulverten. Detta drog ner rörläggningstakten och gav följdkostnader i form av provtryckning och extra markarbeten.
- Montaget av rördetaljer i grövre dimensioner försvårades p g a att mediasändarna i regel var krokiga eftersom de kapats ur en rulle. För att få dem hanterliga och lättarbetade uppvärmdes PEX-mediasändarna, vilket ledde till ökad montagetid.



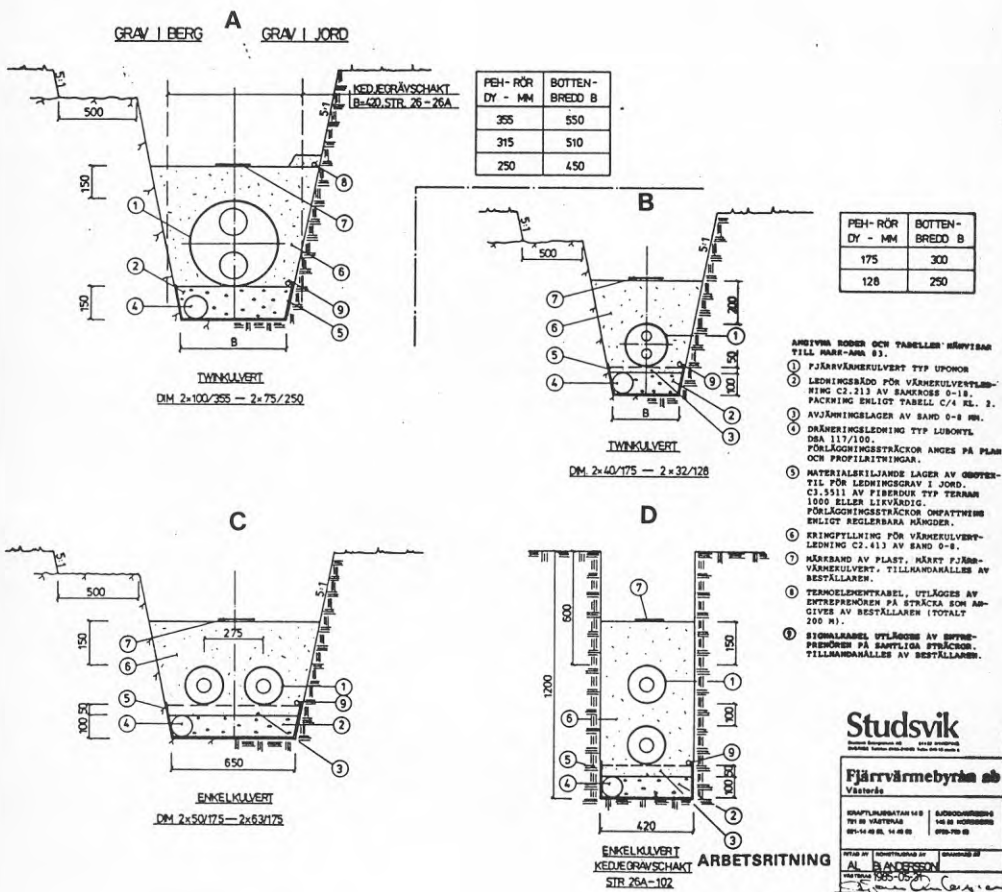
## 5 ERFARENHETER AV MARKARBETEN

### 5.1 Förutsättningar

Förutsättningarna för projektering av markarbeten för helplastkulvert var att inget rörmontage förutom vid rördetaljer skulle ske i rörgraven. Man skulle därmed ta tillvara plastkulvertens möjlighet och minska markarbetenas omfattning genom att projektera för avsevärt smalare schaktgravar än för konventionell fjärrvärme (30-50%), se typsektioner Figur 20.

När det gäller övriga kvalitetskrav på markarbetena såsom dränering, packning och materialkrav för ledningsbädd och kringfyllning gäller samma krav som för konventionell fjärrvärme (se Figur 20). Merparten av kulvertnätet lades med twinkulvert, vilket innebar att rörgravarna kunde reduceras till ett minimum (250-550 mm). Vissa dimensioner av den flexibla kulverten levererades emellertid som enkelrörskulvert (Ø50 mm och Ø63 mm). För dessa dimensioner projekterades två typer av typsektioner, dels en konventionell förläggning med rören vid sidan av varandra, dels en okonventionell med rören vertikalt ovanför varandra (våningsmontage).

Målsättningen var att utvärdera om några rationalitetsvinster kunde göras genom att utnyttja en vertikal förläggning. I samband med denna typ av förläggning skulle även kedjegrävning testas på vissa sträckor.



Figur 21

Typsektioner för helplastkulvert.

Eftersom kulvertsträckningen i stor utsträckning går i tomt- och parkmark eftersträvades en schaktteknik som minimerade det påverkade området, varför det i projekteringen förutsattes att endast lätta grävfordon skulle utnyttjas. Den maskinella utrustningen utgjordes därför av traktorgrävare. Den personella bemanningen utgjordes av grävmaskinist och grovarbetare.

## 5.2 Jordschakt

I praktiken kunde schaktgravarna göras med mindre släntlutning än vad som förutsattes i projekteringen. På grund av att kring- och återfyllningen normalt genomfördes samma dag eller dagen efter det att kulverten lagts fick man inga problem med nerrasande massor i schaktgravarna.



Figur 22

Schaktning av trång rörgrav.

På två sträckor inträffade dock vissa ras på grund av en kombination av häftiga regn, lerig mark och kulvertgravar som stod öppna för länge p g a förseningar av vissa komponenter. Generellt är erfarenheterna goda av schaktning av trånga rörgravar. Det beror som ovan sagts att rörgravarna i normala fall inte behöver stå öppna mer än två dagar, vilket innebär att rasrisken är minimal.

För att kunna genomföra nödvändigt kopplings- och skarvarbete vid rördetaljer och raka media-rörkopplingar ökades schaktbredden vid dessa punkter till ca 1 m.

Det i entreprenadhandlingarna föreskrivna begränsade arbetsområdet (6 m) för markarbetena kunde normalt sett innehållas.

### 5.3 Dränering

Dräneringsledning lades genomgående för hela kulvertnätet utom för sträckor som gick i mycket genomsläppligt material (sand, 20% av ledningssträckningen).

### 5.4 Kringfyllnad

Kringfyllning utfördes enligt föreskrift i entreprenadhandlingarna till en nivå 150 mm över mantelrörens hjässa med icke skarpkantiga grusmaterial 0-8 mm.

När det gäller jämförelsen mellan konventionell läggning av flexkulvert (enkelrör bredvis varandra) och våningsmontage kan här noteras att de tidsvinster, som kunde göras vid schaktningar för våningsmontage, inte uppvägde de tidsförluster som gjordes p g a att kringfyllningen blev mer komplicerad än för konventionell förläggning.

### 5.5 Återfyllning

Resterande fyllning gjordes så att den föreskrivna minimitäckningen erhöles. Kring- och återfyllning kunde i allmänhet genomföras samma dag som rörläggningen.



Figur 23

Kring- och återfyllning sker omedelbart efter rörläggning.

#### 5.6 Kedjegrävning

Målsättningen var att genomföra kedjegrävning på vissa längre sträckor inom ramen för objektet. På grund av flera faktorer som sammanhängde med leveransproblem av kulvertmaterial kunde endast kedjegrävning genomföras på en kortare sträcka. En smal rörgrav (300 mm) schaktades upp för läggning av twinkulvert 2x40/175. Erfarenheterna från detta mindre jobb blev goda men flera faktorer pekar på att kedjegrävning i normala fall kan vara svårt att genomföra rationellt beroende på att:

- det ofta finns en stor mängd hinder i mark såsom korsande ledningar, stenblock och berg
- att överblivna massor normalt måste lastas på lastbil av annan grävmaskin
- att återfyllning måste ske med annan maskin.

#### 5.7 Maskin- och mantider för markarbeten

Maskin- och mantider i nedanstående tabell avser effektiv tid, dvs reduktion för störningar som sammanhänger med objektets experimentbyggnads-karaktär.

Tabell 11

Typsektion A: hålrörskulvert.

Moment	Maskintid kulvert- m/h	Mantid kulvert- m/h	Kommentar
Jordschaktning	6.2	6.2	
Dränering	13.6	13.6	
Kringfyllning	21.2	21.2	
Återfyllning	42.4	42.4	

Det innebär en genomsnittlig hastighet för markarbetena på 3.3 m/h, dvs ca 26 m/dag för återfylld schaktgrav. Under normala förhållanden vad avser levererat kulvertmaterial skulle markarbetena sannolikt kunna drivas fram snabbare.

#### 5.8 Markarbetskostnader

En detaljerad uppföljning av markarbetskostnaderna har gjorts för ca hälften av objektet. Det gäller framför allt typsektion A för hålrörskul-

vert (twinkulvert). När det gäller resterande del av objektet har en kostnadsuppföljning gjorts mot anbud och efterkalkyl. Av kalkylerna framgår att kostnaden för de aktuella typsektionerna i stort sett är jämförbara. Kalkylen nedan blir därför representativ för hela objektet. Däremot finns endast begränsade erfarenheter från typsektion B (se Figur 19) p g a att markarbeten gjordes vintertid och från typsektion D p g a att kedjegrävning endast genomfördes på en sträcka.

Tabell 12

Markarbetskostnader avseende typsektion A och C (se Figur 19).

Arbete	Kostnad SEK/m
Schakt	71
Ledningsbädd + dränering	52
Kringfyllning	35
Återfyllning	11
Återställning	52
Övrigt, brunnar, netton, håltagning	57
Extra arbeten (oförutsett)	<u>30</u>
	309

### 5.9 Slutsatser - markarbeten

Följande erfarenheter kan dras från markarbeten för helplastkulvert i Hammarstrand:

- Förslaget om trånga schaktgravar vid läggning av helplastkulvert visade sig vara både tekniskt genomförbart och ge avsevärda kostnadsbesparingar.
- Helplastkulverten gav snabb framdrivningshastighet för markarbeten.



Återfyllning kunde i regel ske samma dag eller en dag efter rörläggning.

- Snabb återfyllning ger små kringkostnader i form av bevakning, avspärrningar, broar osv.
- Man bör vid markarbeten för helplastkulvert eftersträva samma kvalitetskrav som för förläggning av konventionell fjärrvärmekulvert vad gäller dränering, packning, kringfyllning osv.
- För att uppnå samma kapacitet för markarbetena som för ett rörläggarlag (två personer) bör man utnyttja två maskinuppsättningar (inklusive två grovarbetare).
- Optimalt är att utnyttja en lätt runtomsvängande grävmaskin för schaktning och en traktorgrävare för kringfyllning och återfyllning.
- Kedjegrävare lämpar sig bäst i mark med få hinder typ stenblock, kablar osv. Kedjegrävning gav heller inte någon kostnadsreduktion för detta objekt beroende på ställtider och behov av andra maskiner för kringfyllning och återfyllning.
- Okonventionella schaktgravar typ våningsmontage gav heller inte avsedd kostnadseffekt beroende på ökade kostnader för rörarbete.

## 6 KOSTNADSJÄMFÖRELSE

I nedanstående kostnadssammanställning görs en jämförelse mellan totalkostnaden för kulvertnätet i Hammarstrand (exklusive störningar som sammanhänger med objektets experimentkaraktär) och ett konventionellt stålkulvertsystem (enkelrör med friktionshämmande förläggning) baserad på erfarenhetskostnader och de speciella förhållanden som gällde för Hammarstrands-anläggningen.

Tabell 13

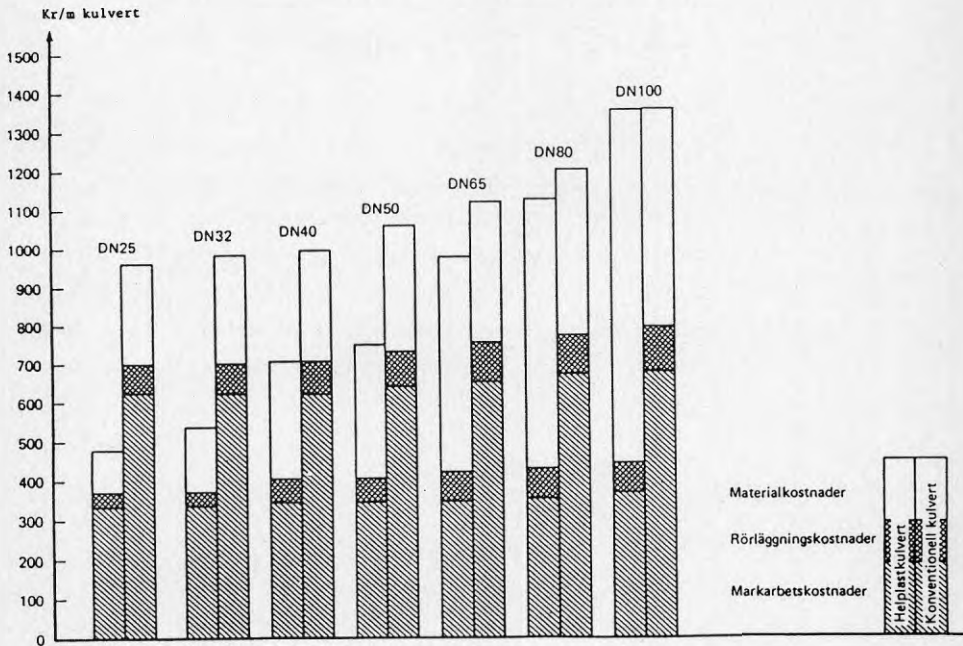
Totalkostnader för helplastkulvertnät (SEK/m, 1985 års priser).

Dimension	Flexibel kulvert				Hålrörskulvert		
	Ø32	Ø40	Ø50	Ø63	Ø75	Ø90	Ø110
Material	115	170	295	340	556	694	901
Rörläggning	34	34	61	61	75	75	75
Markarbeten	309	309	309	309	309	309	309
	458	513	665	710	940	1079	1285

Tabell 14

Kostnader kulvertnät, konventionell kulvert (SEK/m).

Dimension	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Material	261	282	288	324	372	423	555
Rörläggning	76	77	81	86	92	104	112
Markarbeten	626	626	626	644	650	672	675
	763	985	995	1054	1114	1199	1342



Figur 24

Kostnadsjämförelse mellan helplastkulvert och konventionell kulvert i Hammarstrand.

Kostnadssammansättningen visar att helplastkulverten är mycket konkurrenskraftig i klenare dimensioner men att konkurrensfördelarna som uppnås vid förläggningen successivt äts upp vid grövre dimensioner av de ökade materialkostnaderna.

Den största besparingen kan göras på markarbetena. Orsaken till kostnadsminskningen är enkelt uttryckt den minskning av tvärsektionsarean, som uppnås genom den ovan beskrivna läggningstekniken, samt twinkulvertens minskade utrymmeskrav. Generellt har schaktgravarna kunnat minskas till hälften gentemot en konventionell kulvert. Det innebär således att

tvårörskulverten har fördelar gentemot en enkelkulvert vad avser markarbetena.

När det gäller rörläggning kan de största kostnadsbesparingarna göras för flexibel tvårörskulvert. Endast mindre vinster uppnås för hålrörssystemet. Konkurrentskraften på materialområdet är mycket dimensionsberoende. I klena dimensioner är konkurrentskraften mycket god medan de grövre dimensionerna är upp till 60% dyrare än konventionell kulvert.

## 7 SLUTSATSER - SAMMANFATTNING

7.1 Material

Målsättningen med anläggningen var att en flexibel kulvert skulle installeras i hela dimensionsområdet. Av produktionstekniska skäl var detta emellertid inte möjligt. Därför levererades istället ett hålrörssystem där plaströr utnyttjas som mediator. Hålrörssystemet av den här typen får därför endast betraktas som ett komplement till den flexibla kulverten för att kunna genomföra projektet.

Erfarenheterna från Hammarstrand vad avser kulvertmaterial är följande:

- Den flexibla kulverten har i stort sett tillverkats i enlighet med GRUDIS-projektets specifikationer och rekommendationer. Erfarenheterna från förläggningsarbetet och övrig utvärdering visar att funktionskraven vad avser lastupptagningsförmåga, minsta böjradie och värmeförluster kunnat innehållas (se ref 10).
- De levererade rördetaljerna och mediarörkopplingarna i grövre dimensioner har tidigare inte provats inom ramen för GRUDIS-projektet. De aktuella mediarörkopplingarna för klenare rördimensioner  $\leq \emptyset 63$  mm har provats enligt GRUDIS-projektets förslag till typprovningsprogram för mediarörkopplingar och där innehållit uppställda krav. När det gäller de grövre mediarörkopplingarna och konstruktionen av rördetaljerna accepterades dessa då de i båda fallen bygger på etablerad teknik.
- Mediarören i kulvertnäten utgörs av tvärbunden polyeten och har tillverkats enligt uppställda kravspecifikationer med avseende på livslängd och tappvarmvattenkvalitet.

## 7.2 Dimensioner

Erfarenheterna från förläggingsarbetet samt kostnadskalkylerna visar att man bör eftersträva ett helplastkulvertsystem som konstrueras:

- flexibelt i hela dimensionsregistret
- som tvårörskulvert i hela dimensionsregistret.

Dessa två målsättningar kan vara svåra att förena beroende på en flexibel kulvert i grövre dimensioner och tvårör utförande blir svårt att hantera och montera. Erfarenheterna från förläggningen visar emellertid att om någon typ av flexibelt hålrörssystem utnyttjas kan man sannolikt konstruera ett flexibelt twinkulvertsystem.

Tabell 15

Förslag till flexibelt kulvertsystem baserat på erfarenheter från Hammarstrand.

Mantel/mediarör Typ			Leveranslängder (m)
dy (mm)/dy (mm)			kulvert/mediarör
128/	2x25	flexibel/integrerad	25, 50, 100
128/	2x32	flexibel/integrerad	25, 50, 100
200/	2x40	flexibel/integrerad	25, 50*
200/	2x50	flexibel/integrerad	25, 50*
225/	2x63	flexibel/hålrör	12/skräddarsydd
250	2x75	flexibel/hålrör	12/skräddarsydd
315	2x90	flexibel/hålrör	12/skräddarsydd
355	2x110	flexibel/hålrör	12/skräddarsydd

\* Eventuellt skräddarsydd längder.

### 7.3 Rörläggning

- Intentionen med att inget rörarbete ska ske i rörgraven utom montage av rördetaljer har kunnat fullföljas för både hålrörskulverten och den flexibla kulverten.
- Den flexibla kulvertens egenskaper vad avser långa leveranslängder och böjbarhet har givit rationalitetsvinster i form av färre skarvar i mark och möjlighet att undvika hinder i mark i form av ledningar, stenblock och berg.
- Hålrörskulverten är varken ur arbets- eller kostnadssynpunkt effektiv. De korta leveranslängderna (5 m) ger ett omfattande skarvarbete och genom att den inte är flexibel krävs rördetaljer i form av prefabricerade böjar.
- Leveranslängderna för den flexibla kulverten måste ökas (>50 m) och eventuellt levereras i skraddarsydd längder för att få en rationell läggning.

### 7.4 Markarbeten

- Förslaget om trånga schaktgravar vid läggning av helplastkulvert visade sig vara både tekniskt genomförbart och ge avsevärda kostnadsbesparingar.
- Helplastkulverten gav snabb framdrivningshastighet för markarbetena. Återfyllning kunde i regel ske samma dag eller en dag efter rörläggning.
- Snabb återfyllning ger små kringkostnader i form av bevakning, avspärningar, broar osv.
- För att uppnå samma kapacitet för markarbetena som för ett rörläggarlag (två personer) bör man utnyttja två maskinuppsättningar (inklusive två grovarbetare).
- Optimalt är att utnyttja en lätt runtomsvängande grävmaskin för schaktning och en traktorgravare för kringfyllning och återfyllning.
- Kedjegrävare lämpar sig bäst i mark med få hinder typ stenblock, kablar osv.

Kedjegrävning gav heller inte någon kostnadsreduktion för detta objekt beroende på ställtider och behov av andra maskiner för kringfyllning och återfyllning.



## 8 DRIFTERFARENHETER - KULVERTNÄT

Distributionssystemet i Hammarstrand har varit i drift i ca 2 år.

När det gäller kulvertnätet har drifterfarenheterna generellt sett varit goda. Emellertid har det funnits två problem i nätet.

För det första har ett montagefel upptäckts på kulvertnätet. Det gäller montagefel i lödfog mellan rördetalj och mediarörkoppling. Den här typen av rörmontage utgör etablerad teknik och skulle normalt inte ge några problem av den här typen. När det gäller plastmediarören och mediarörkopplingarna och kulverten i övrigt har inga problem uppstått.

För det andra har vissa kapacitetsproblem uppstått i nätet. Bakgrunden är den att i projekteringsförutsättningarna från totalentreprenören ingick en inreglering av anslutna fastigheter enligt lågflödesprincipen, vilket innebar att distributionsnätet skulle kunna dimensioneras efter ett  $\Delta t = 40^{\circ}\text{C}$  med nättemperatur på  $90-50^{\circ}\text{C}$ . Projekteringen gjordes enligt dessa förutsättningar. Emellertid lyckas man inte klara inregleringen varför viss kapacitetsbrist uppkom i nätet under de kallaste dygnet vintertid. Av det skälet har en tryckstegringspump installerats i nätet.

## REFERENSER

- 1 IFWARSON, M  
Metoder för accelererad provning av värmerör av plast.  
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1984.  
GRUDIS M2 - BFR - etapp 2. Delrapport EI-84/123.
- 2 IFWARSON, M  
Undersökning av långtidsegenskaper hos syretätade plaströr och isolering för GRUDIS-kulvertar.  
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1986.  
GRUDIS - M - Material - BFR. Delrapport EX-86/31.
- 3 ODDVING, B  
GRUDIS - Mantelrörskarvar och mediarörkopplingar.  
Studsvik Energiteknik AB 1986. Slutrapport ED-86/28.
- 4 RUNDSTRÖM, T  
Förläggning av flexibla värmekulvertar. Några sätt att reducera läggningkostnaden.  
BFR 811849-4. Studsvik Energiteknik AB. Studsvik Report EI-85/2.
- 5 MOLANDER, A  
Syrepermeabilitet i kulvertar.  
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1985.  
Delrapport EI-85/3.
- 6 BERGLUND, G  
Utvärdering av syretätade plaströr samt undersökning av vattenpermeabilitet hos plaströr.  
Studsvik Energiteknik AB, 1984. GRUDIS M3 Fas II. Delrapport EI-84/109.
- 7 BERGLUND, G  
Inventering av metoder att sänka syre- och vattenpermeabiliteten hos plaströr.  
Bygghälsöversynsrådet, R155:1984.
- 8 LJUNGQVIST, J  
GRUDIS-kulvert. Fältprov.  
Studsvik Energiteknik AB, 1986. Slutrapport ED-86/27.
- 9 BLOMQVIST, P-A  
Studier av ett GRUDIS-system.  
Studsvik Energiteknik AB. Arbetsrapport EI-84/111.

10

BLOMQUIST, P-A m fl  
GRUDIS-Gruppcentraldistribution.  
Handbok för system- och komponentut-  
formning.  
T2:1987. Statens råd för byggforskning,  
Stockholm 1987.







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860118-8  
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik Energy,  
Nyköping**

**R101: 1988**

**ISBN 91-540-4970-9**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6708101**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirkapris: 39 kr exkl moms**