



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

R154:1984

Inventering av plastmaterial i värmedistributionssystem

**Göran Berglund
Mats Ifwarson**

K
AND

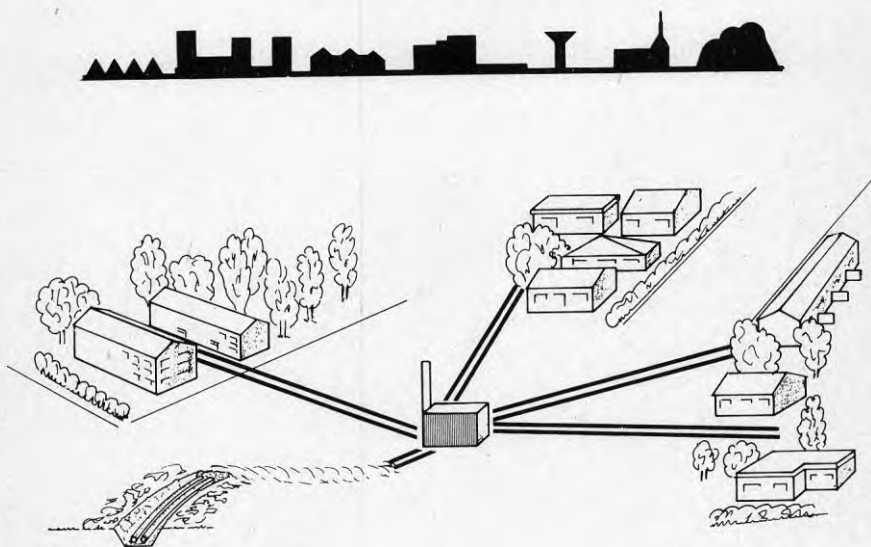
INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>Se</i>

Byggeforskningsrådet

R154:1984

INVENTERING AV PLASTMATERIAL I
VÄRMEDISTRIBUTIONSSYSTEM

Göran Berglund
Mats Ifwarson



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811849-4 från Statens råd för byggnadsforskning
till Studsvik Energiteknik AB, Nyköping.

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

R154:1984

ISBN 91-540-4245-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

FÖRORD

Bakgrunden till GRUDIS-projektet är att det blivit allt svårare att ansluta abonnenter till centrala uppvärmningssystem till konkurrenskraftiga priser. Huvudskälet är att värmeunderlaget i bebyggelser har sjunkigt samtidigt som vi har mycket låga elpriser. I ett längre tidsperspektiv är det emellertid angeläget att hushålla bättre med energin genom att utnyttja spillvärme, inhemska bränslen och stora värmepumpar. Samtliga dessa system fordrar ett ledningsbundet värmedistributionssystem. GRUDIS (gruppcentraler och distribution) syftar till att fylla behovet av ett effektivt värmedistributionssystem med lägre installations- och driftkostnader än de system som används idag. Projektet som skall pågå i en treårsperiod arbetar med en målsättning enligt följande:

- | | |
|-------------|---|
| UTVECKLA | - initiera utveckling av komponenter och system. |
| STUDERA | - komponenter och system i laboratorie- och fältförsök. |
| VÄRDERA | - teknik och ekonomi |
| DEMONSTRERA | - fullständiga lösningar för en ekonomisk anslutning av gruppcentraler. |

En genomgång av möjligheterna visar att det främst är med nya material i kombination med effektivareläggning och bättre system som kostnadsbesparingar kan göras.

Nedanstående rapport "M-1 Inventering av plastmaterial i värmedistributionssystem" ingår i materialavsnittet och har som syfte att fastställa om plastmaterial och isoleringsmaterial med rätt egenskaper dvs styrka, långtidshållfasthet och flexibilitet finns tillgängliga.

Rutger Roseen
Projektledare "GRUDIS"

SAMMANFATTNING

I rapporten redovisas materialdata för plastmaterial som anses kunna bli intressanta till mediarör och komponenter i en varmvattenkulvert.

De intressantaste mediarörsmaterialen är PEX och polybuten. Dessa materials långtidshållfasthet vid högre temperaturer är relativt väl undersökta.

Temperaturvaraktigheten på olika platser i landet behandlas och därur beräknas vilken temperatursäkerhet som erhålls för olika material.

Tillverkare av och dimensioner för PEX och PB-rör redovisas liksom prisindikationer för dessa. De flesta tillverkare har bara små dimensioner på sitt program. Endast ett fåtal har ett brett dimensionsutbud. Priserna på rören varierar kraftigt.

Vidare behandlas vilka isoleringsmaterial som är användbara i en GRUDIS-kulvert. PE-skum eller PEX-skum bedöms vara de intressantaste materialen om man vill ha en flexibel kulvert, men även styv PUR när det gäller små dimensioner. Kunskapsnivån vad avser flexibla isoleringsmaterial behöver höjas. Materialens långtidsegenskaper är dåligt redovisade i litteraturen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
FÖRORD	
SAMMANFATTNING	
1. INLEDNING	3
2. PROBLEMSTÄLLNING	4
3. MÅLSÄTTNING	5
4. ARBETSUPPLÄGGNING	6
5. PLASTMATERIAL FÖR VARMVATTENDISTRIBUTION	7
5.1 Materialinventering	7
5.2 Sammanfattning rörmaterial	19
6. TEMPERATURSÄKERHET FÖR PLASTMATERIAL I EN VARMVATTENKULVERT	20
7. PLASTRÖRSTILLVERKARE	30
7.1 PEX-tillverkare	30
7.2 PEX-dimensioner och priser	30
7.3 PB-tillverkare	32
7.4 PB-dimensioner och priser	32
8. MARKNAD OCH UTVECKLINGSLÄGE FÖR VARMVATTENRÖR AV PLAST	35
9. ISOLERINGSMATERIAL FÖR VARMVATTENKULVERTAR	36
9.1 Indelning av isoleringsmaterial	36
9.2 Flexibla isoleringsmaterial	36
9.3 Styva isoleringsmaterial	40
10. DISKUSSION - ISOLERINGSMATERIAL	43
11. SLUTSATSER	44
REFERENSFÖRTECKNING	45
BILAGOR: Tabell A.1 - A.6	

1. INLEDNING

I framtiden kommer det att bli alltmer aktuellt med alternativa energikällor för husuppvärmning, exempelvis kol, torv och flis. Dessa energislag är mest användbara i större uppvärmningsanläggningar, typ panncentraler och gruppcentraler. Detta kommer att kräva att man på ett billigt sätt kan ansluta hus till sådana grupp- och värmecentraler. Genom att använda mediatorer av plast kan man få en flexibel och billig kulvert med låg lägningskostnad.

2. PROBLEMSTÄLLNING

Plaströr är betydligt mer tryck- och temperaturkänsliga än metallrör. Vid högre temperaturer accelereras olika nedbrytningsmekanismer. Det är därför av största vikt att fastställa vid vilken högsta vattentemperatur och vid vilket högsta tryck ett visst plaströr kan användas.

Ett GRUDIS-system kommer att kräva plaströr i flera olika rördimensioner, varför en inventering av dagens och framtidens utbud av både användbara plastmaterial och rörsortiment är nödvändig.

En rad olika isoleringsmaterial, vilka är användbara som kulvertisolering, finns på marknaden idag. En inventering av utbudet för att utröna vilka isoleringsmaterial som är användbara i ett GRUDIS-system är också nödvändig.

Ett GRUDIS-system ställer speciella krav på isoleringsmaterialen, varför nya typer kan behöva nyutvecklas eller vidareutvecklas.

3. MÅLSÄTTNING

Målsättningen med det här delprojektet har varit att:

- undersöka vilka plaströrsmaterial som är användbara i ett GRUDIS-system
- undersöka vilka plastmaterial som är lämpliga till komponenter i ett kulvertsystem
- ta reda på i vilka dimensioner de intressanta rören finns att tillgå idag
- ta fram priser på olika material och olika rördimensioner
- undersöka och bedöma vilka utvecklingstrender som finns vad avser plaströrsmaterial
- inventera utbudet av isoleringsmaterial som är intressanta för en GRUDIS-kulvert
- ta fram priser på olika isoleringsmaterial.

4. ARBETSUPPLÄGGNING

Arbetet har framför allt inriktats på kontakter med plastråvarutillverkare, plaströrstillverkare och isoleringsmaterialtillverkare. Både svenska och utländska företag kontaktades. De företag som kontaktades under arbetets gång återfinns i Tabell A.6.

Dessutom genomfördes en litteraturundersökning. De databaser som undersöktes var:

Chemical Abstracts	1967 - 71
	72 - 76
	77 - 79
	80 - 81
	82 -

Rapra och EDB

5. PLASTMATERIAL FÖR VARMVATTENDISTRIBUTION

5.1 Materialinventering

I dagsläget finns ett mycket stort utbud av polymera material. Normalt brukar man dela in de polymera materialen i termoplaster och hårdplaster. Rör kan tillverkas av både hårdplast och termoplast. Hårdplaströr (epoxi- och polyesterrör) är dock inte så intressanta för en GRUDIS-kulvert eftersom de är mycket styva. De intressantaste plastmaterialen för varmvattendistribution är:

Tvärbunden polyeten, PEX
Polybuten, PB
Polypropen, PP
Efterklorerad PVC, CPVC
Polyvinylidenfluorid, PVDF
Polysulfon, PSu

Intressanta material under utveckling är också:

Medium densitet polyeten för högre temperaturer,
PEM
Tvärbunden PVC

Tvärbunden polyeten, PEX

PEX erhålls genom att tvärbinda polyeten. I vanlig PE är det i första hand kristalliterna i strukturen som ger styrka hos materialet. Genom att dessutom förbinda de ingående polymerkedjorna med kemiska bindningar får man ett betydligt resistentare material än PE. Det är framför allt stesscrackingbeständigheten vid högre temperaturer som förbättras. Flera olika tvärbindningsprocesser har utvecklats (1):

Engelprocessen (peroxidförnätning): Peroxider tillsätts råmaterialet, dessa sönderdelas under

högt tryck och temperatur varvid de kan avspjälka väteradikaler från molekyllkedjorna. Reaktiva centra bildas på så sätt på kedjorna. Dessa kan sedan para ihop sig och ger då en tvärbinding. Metoden används bl a av Wirsbo Bruk AB.

AZO förnätning: Här åstadkoms tvärbindingen med hjälp av en AZO-förening. AZO-föreningen reagerar på liknande sätt som peroxiden. Metoden används av Uponor AB.

Silanförnätning: Processen utvecklades av Dow Chemical. Silanföreningar "ympas" på molekyllkedjorna. Dessa grupper får sedan reagera med fukt, varvid tvärbinding mellan kedjorna erhålls. Här får man dock inga direkta kol-kol tvärbindingar, utan istället svagare siloxanbryggor.

Pont-à-Mousson (PAM) förnätning: Även här använder man sig av peroxid som åstadkommer reaktiva centra på molekyllkedjorna. I motsats till Engelprocessen sker dock tvärbindingen efter formningen av rören. Rören passerar en saltsmälta som har så hög temperatur att peroxiden sönderdelas och ger tvärbinding.

Ett par andra metoder finns också, bl a strålningsförnätning. Här utsätter man vanliga PE-rör för elektronbestralning, varvid tvärbinding åstadkommes. Metoden är mycket enkel. I princip kan vilken PE-rörtillverkare som helst skicka sina rör för bestrålning.

Utvecklingen på PEX-rörssidan har gått ständigt framåt det senaste årtiondet. Tillverkarna får fram rör som är allt bättre stabiliserade och långtidshållfastheten på dagens kvaliteter är betydligt bättre än de som fanns för några år

sedan. Livslängden på dagens bästa kvaliteter överstiger 20 000 h vid 110°C. Krypbrottkurvor för PEX redovisas i Diagram 1. Diagrammet visar resultaten för PEX av 1973 års kvalitet. Dessa rör har idag testats vid 80°C och 60°C i över 9 år. I diagrammet är också inlagt resultaten för nyare, i vissa fall ännu inte kommersiella, PEX-kvaliteter.

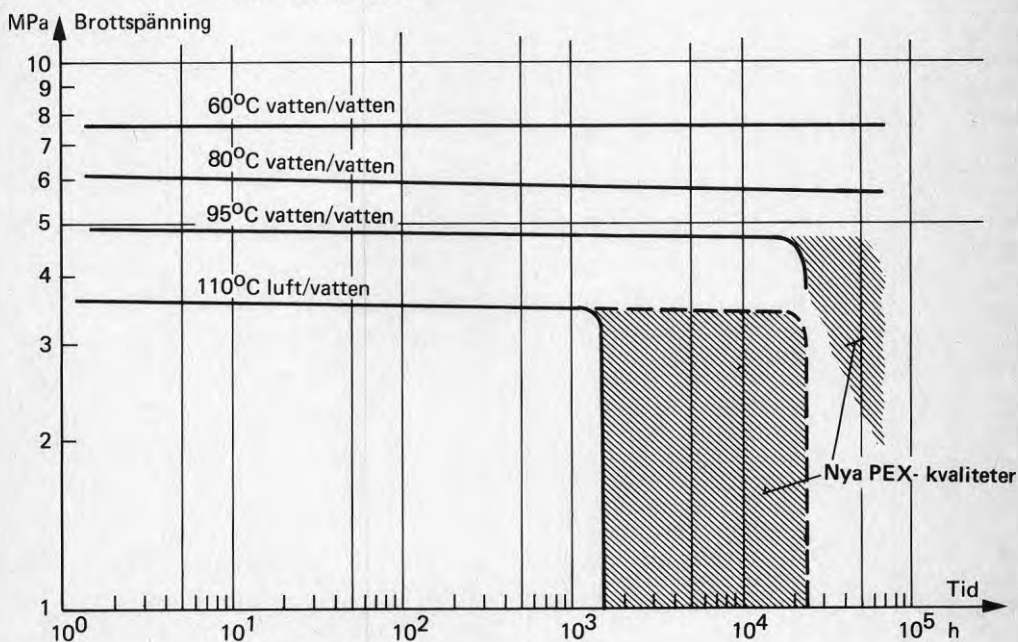


Diagram 1

Krypbrottkurvor för PEX av 1973 års kvalitet, samt vissa nyare kvaliteter.

Egenskaper	Peroxidförnätad PEX
Densitet g/cm^3	0.94
Tvärbindningsgrad (MPAD-K201)	~ 80 %
Elasticitetsmodul, tangentmodul, MPa vid 23°C, $\epsilon = 1 \%$, $\dot{\epsilon} = 10 \%/min$	350
Dragbrottspänning, MPa vid 23°C, $\dot{\epsilon} = 10 \%/min$	17
Längdutvidgningskoefficient $10^{-8} \text{ m/m}\cdot\text{K}$	140
Värmeledningstal, λ , W/m·K	0.38

Tillverkare av polyeten råvara	Varunamn
Basf, Västtyskland	Lupolen
Unifos, Sverige	DGDS
Hoechst, Västtyskland	-
Hüls, Västtyskland	Vestolen
ICI, England	Alkathene
m fl	

Polybuten, PB

Ett annat mycket intressant material för varmvattenrör är polybuten. Den stora fördelen hos polybuten gentemot PEX är att det är svetsbart, vilket PEX inte är. PB har mycket god kemikaliebeständighet liksom alla övriga polyolefiner.

PB är ganska mjukt och är lättare att böja än både PEX och polypropen.

PB finns i flera olika kvaliteter. Både varmvatten och kallvattenrör finns. Även hos PB tillverkarna sker en ständig utveckling mot bättre och bättre kvaliteter. Långtidshållfastheten för de bästa, kommersiella, varmvattenkvaliteterna redovisas i Diagram 2.

Polybutens egenskaper beror till stor del på dess långa sidokedja (2). Materialet är mycket slagsegt beroende på att sidokedjorna kan ta upp energi.

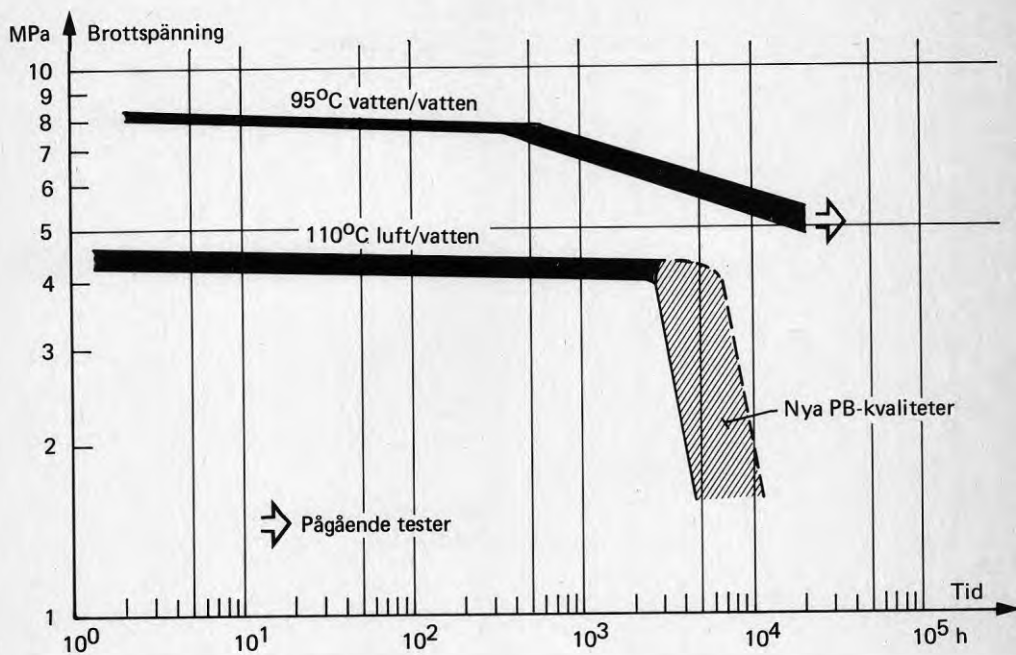


Diagram 2

Krypbrottskurvor för PB av 1977 års kvalitet samt vissa nya kommersiella kvaliteter.

Egenskaper	Polybuten, PB
Densitet g/cm^3	0.925
Kristallin smälttemperatur $^{\circ}\text{C}$	125
Elasticitetsmodul, MPa, 23°C	200 - 350
Dragbrottspänning, MPa, 23°C	34
Längdutvidgningskoeff, $10^{-6} \text{ m/m}\cdot\text{K}$	130
Värmeledningstal, λ , W/mK	0.22
Pris, SEK/kg	~ 23

Tillverkare av PB-råvara	Varunamn
Shell, USA	-

Polypropen, PP

Polypropen är en semikristallin plast. Dess egenskaper beror till stor del av kristalliniteten. De intermolekylära krafterna hos PP är starkare än hos PEH, vilket gör den styvare. Slagsegheten är relativt låg. Genom införande av lämplig sampolymer kan emellertid slagsegheten förbättras.

I Västtyskland finns en lång erfarenhet av PP som rör till golvvärme (3). Vid högre temperaturer, aktuella för en "GRUDIS-kulvert", kan det bli problematiskt för polypropen. Materialet uppvisar en knäpunkt redan efter $\sim 10^4$ h vid 80°C i vatten (se Diagram 3). Som framgår av Diagram 3 så har polypropen ett betydligt större spänningsberoende än både PEX och PB vid krypbrottsundersökningar. PP är dessutom mycket "weeping-känsligt".

Egenskaper	Polypropen, PP
Densitet, g/cm^3	0.91
Kristallin smälttemperatur $^\circ\text{C}$	160 - 165
Elasticitetsmodul, MPa, 23°C	1 200
Dragbrottspänning, MPa, 23°C	41
Längdutvidgningskoefficient, 10^{-6} m/m·K	100
Värmeledningstal, λ , W/m·K	0.14
Pris, SEK/kg	6.25

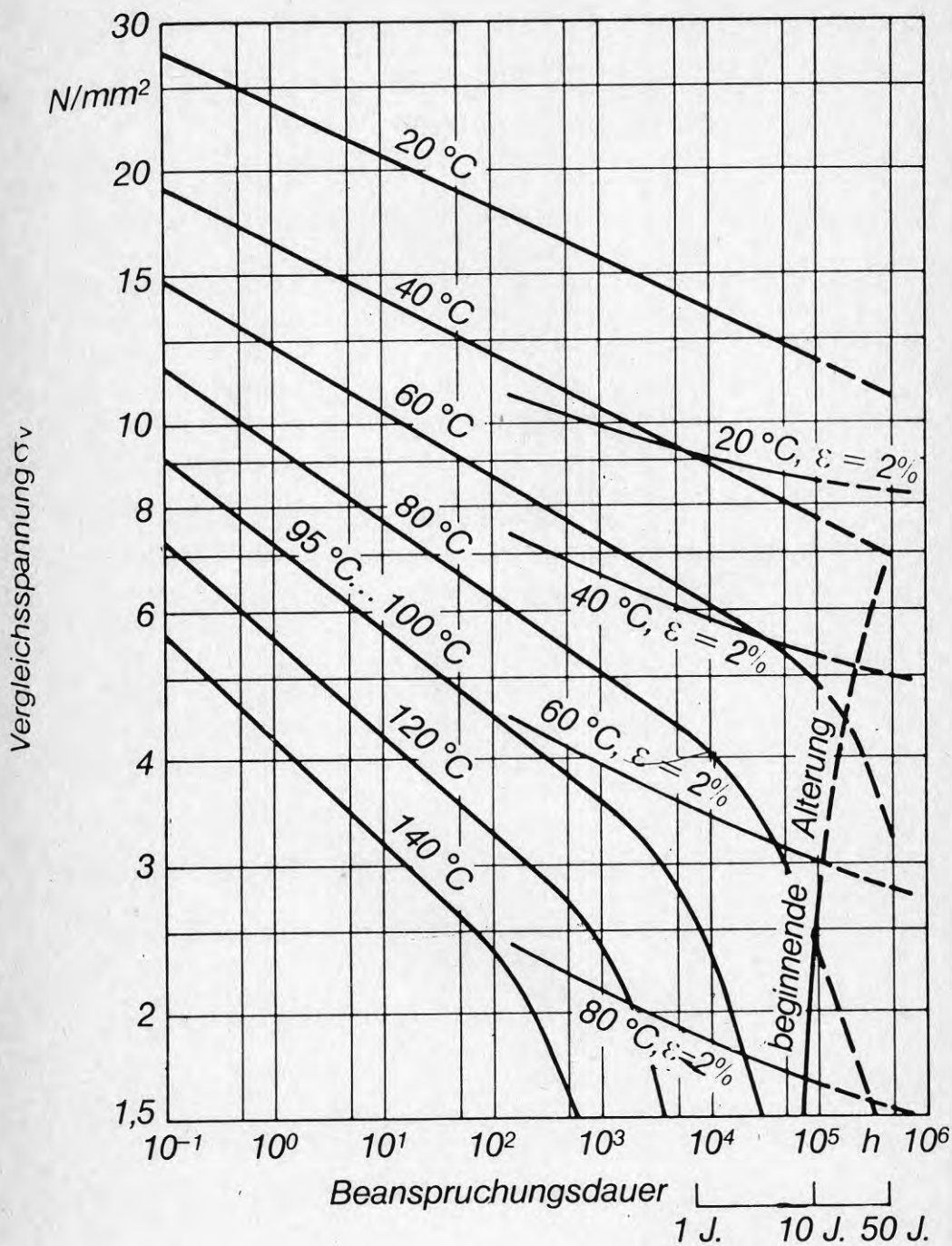


Diagram 3

Krypbrottskurvor för PP-rör i vatten vid olika temperaturer (9)

Efterklorerad PVC, CPVC

Genom att efterklorera PVC så höjer man den högsta användningstemperaturen för materialet. Vanlig PVC har en glastemperatur vid $\sim 75^{\circ}$, vilket begränsar dess övre användningstemperatur. Vid efterkloreringen höjs klorhalten från $\sim 57\%$ till $\sim 73\%$ (4). Materialet blir då också styvare, vilket gör det svårt att böja. En annan nackdel med materialet är att det ej kan svetsas beroende på att stabiliteten förloras vid så stor uppvärmning (5).

Det finns endast två tillverkare av CPVC: Chloé Chimie i Frankrike och BF Goodrich i USA. Då det gäller långtidsegenskaperna så behövs mer data för att kunna göra några exaktare hållfasthetsberäkningar. Tillverkaren Chloé Chimie har tagit fram krypbrottdiagram, se Diagram 4. I dessa har man emellertid extrapolerat till längre tider utan att ha tagit hänsyn till eventuella knäpunkter där hållfastheten sjunker.

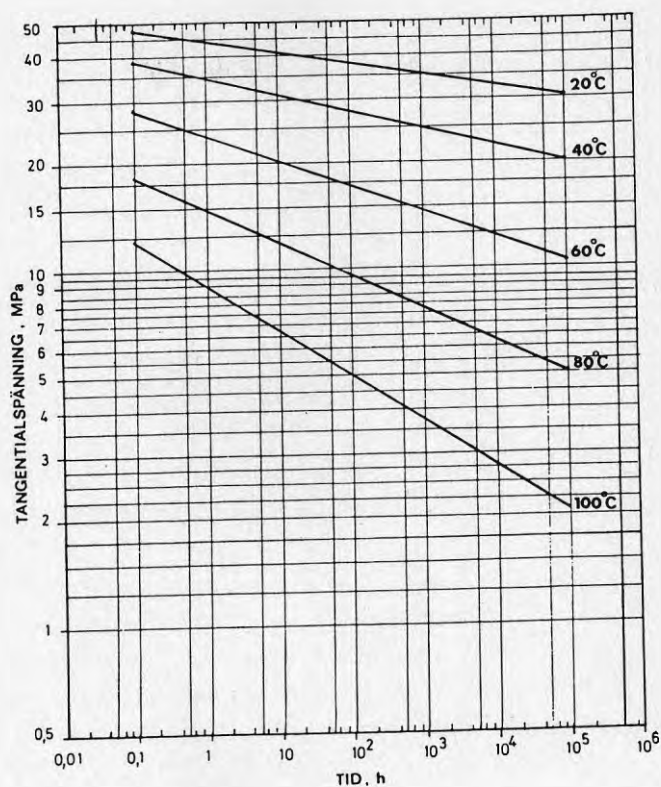


Diagram 4

Krypbrottkurvor för CPVC-rör i vatten vid olika temperaturer

Egenskaper	Efterklorerad PVC
Densitet, g/cm ³	1.56
Kristallin smälttemperatur	amorf
Elasticitetsmodul, MPa, 23°C	3 400
Dragbrottsstress, MPa, 23°C	59
Längdutvidgningskoefficient, 10 ⁻⁶ m/m·K	61
Värmeledningstal, λ, W/m·K	0.16
Pris SEK/kg	11 - 12

Tillverkare	Varunamn
Chloé Chimie, Frankrike	Lucalor
BF Goodrich, USA	Temp Rite CPVC

Polyvinylidenfluorid, PVDF

PVDF är en högkristallin termoplast med mycket hög hållfasthet. Den kristallina smältpunkten ligger så högt som 178°C . Materialet kan därför användas från -40°C till $+140^{\circ}\text{C}$ (6). PVDF används främst till rörledningar, som används, i hårda miljöer, exempelvis vid bromframställning.

Materialet är mycket styvt, vilket naturligtvis är en stor nackdel för en GRUDIS-kulvert. Man kan dock tänka sig att använda materialet till mediator i en kulvert med lösa isoleringslådor.

Krypbrottediagram för PVDF finns framtagna (7), se Diagram 5. Som synes är långtidsegenskaperna mycket bra. Enligt diagrammet så uppvisar materialet ingen knäpunkt, vilket kan ifrågasättas. Dessutom har en del försök gjorts vid Studsvik som tyder på att brottiden är mer spänningsberoende än vad Diagram 5 visar.

I dagsläget är priset på råmaterialet 70 - 80 SEK/kg, för högt för att vara konkurrenskraftigt till rör för en GRUDIS-kulvert. Materialet är dock mycket intressant och får anses ha en stor potentiell framtida användning om priset sjunker. Tillverkarna uppger att priset kan sjunka om nya marknader öppnas så att tillverkningsvolymen kan öka.

**STRESS RUPTURE DATA PLOTTED AGAINST TIME
AT DIFFERENT TEMPERATURES**

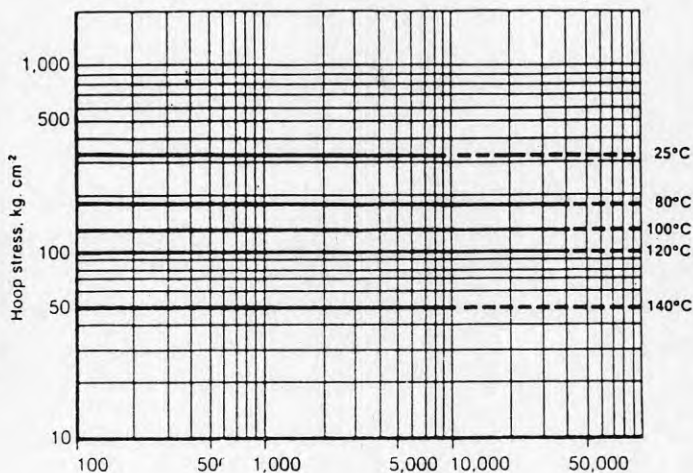


Diagram 5

Krypbrottsskurvor för PVDF

Egenskaper	PVDF
Densitet, g/cm ³	1.78
Kristallin smälttemperatur, °C	170
Elasticitetsmodul, MPa, 23°C	1 800
Dragbrottspänning, MPa, 23°C	50
Längdutvidgningskoefficient, 10 ⁻⁸ m/m·K	132
Värmeledningstal, λ, W/m·K	0.15
Pris, SEK/kg	69 - 80

Tillverkare	Varunamn
Dynamit Nobel, Västtyskland	Trovidur, Dyflor 2000
Solvay & Cie S.A, Belgien	Solef

Polysulfon, PSu

Polysulfon är en helt amorf termoplast med mycket god kemisk och oxidativ stabilitet. Materialet har fått stor användning inom medicin och livsmedelsbranschen. Bl a används polysulfonrör till att transportera mjölk.

Några långtidshållfasthetsdata, krypbrottsdiagram, för materialet har inte påträffats, varför sådana undersökningar behövs för att säkerställa materialets livslängd. Polysulfon är ganska styvt, vilket gör det olämpligt som mediarör till en flexibel kulvert. Däremot är materialet intressant till komponenter i ett GRUDIS-system, exempelvis kopplingar.

Egenskaper	Polysulfon, PSu
Densitet, g/cm ³	1.24
Kristallin smälttemperatur	amorf
Elasticitetsmodul, MPa, 23°C	2 480
Dragbrottsspänning, MPa, 23°C	70
Längdutvidgningkoefficient, 10 ⁻⁸ m/m·K	56
Värmeledningstal, λ, W/m·K	0.26
Pris, SEK/kg	~ 46

Tillverkare	Varunamn
Union Carbide	Udel

"Utvecklings"-material

Ett intressant material som ännu så länge endast framställts på laboratorium är förnätad PVC (8). Genom att bestråla en PVC-blandning där man tillsatt olika "förnättningshjälpmedel" kunde man tvärbinda PVC. På så sätt tror man sig kunna höja den högsta användningstemperaturen för PVC.

Liknande försök har också gjorts på polybuten. Här har man dock fått försämrade långtidshållfasthet (9).

En stark utveckling mot mer temperaturtåliga kvaliteter sker också på polyetensidan. I dagsläget har man fått fram tryckrör som tål temperaturer upp till 60°C (10). Unifos material DGDS 0909 kan vara användbart till vissa delar av ett GRUDIS system där temperaturen ligger mellan 30 - 60°C.

5.2 Sammanfattning rörmaterial

De två intressanta mediarörsmaterialen för en flexibel plaströrskulvert är PEX och PB, vilket framgår av föregående materialgenomgång. Dessa materials långtidshållfasthet är också relativt väl undersökta. Undersökningar av dessa materials långtidsegenskaper pågår även i Studsvik (18). Fördelarna med dessa material kan sammanfattas i:

- lågt pris
- relativt flexibla
- finns i stort antal dimensioner
- dokumenterad långtidshållfasthet.

6. TEMPERATURSÄKERHET FÖR PLASTMATERIAL I EN VÄRMVATTENKULVERT

För att få en uppfattning om vilka långtids-hållfasthetskrav som måste ställas på mediarörs-materialet i en GRUDIS-kulvert så har temperatur-varaktigheten vid tre olika orter studerats: Malmberget, Bromma och Malmö (17).

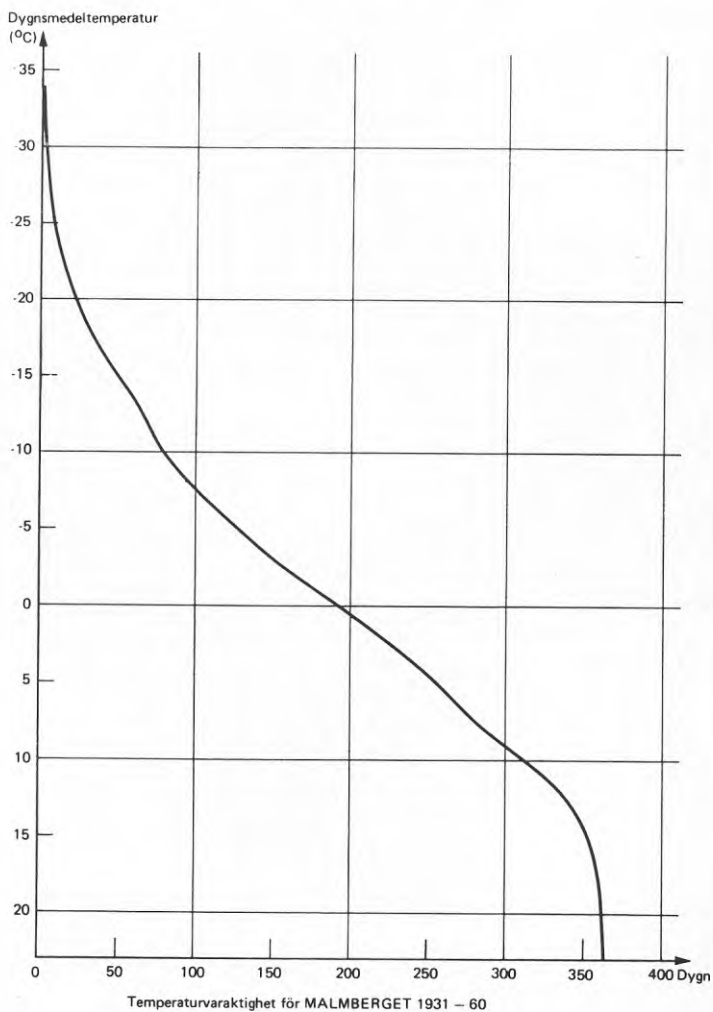


Diagram 6

Kurvan är baserad på dygnsmiddeltemperaturen

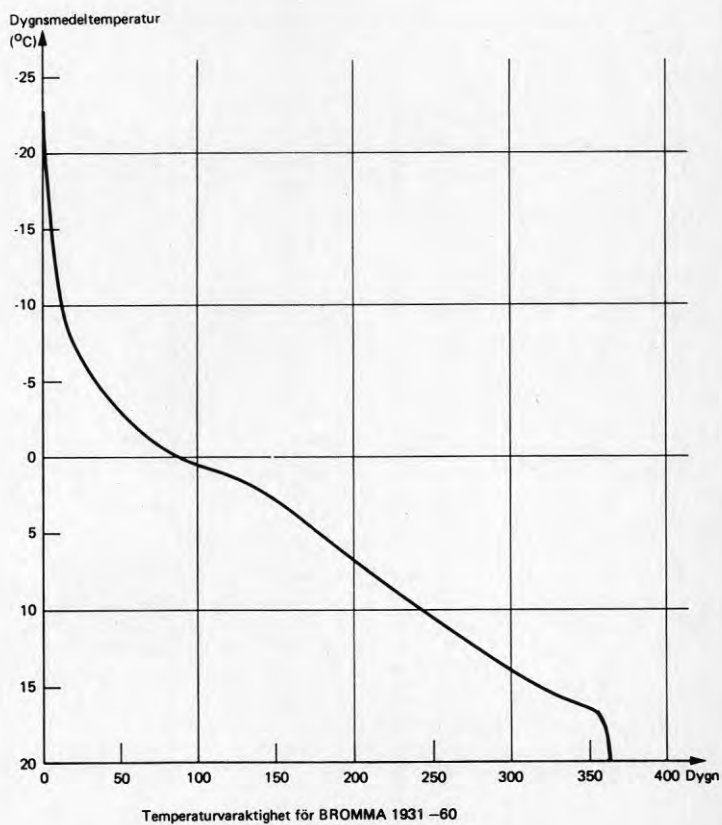


Diagram 7

Kurvan är baserad på dygnsmiddeltemperaturen

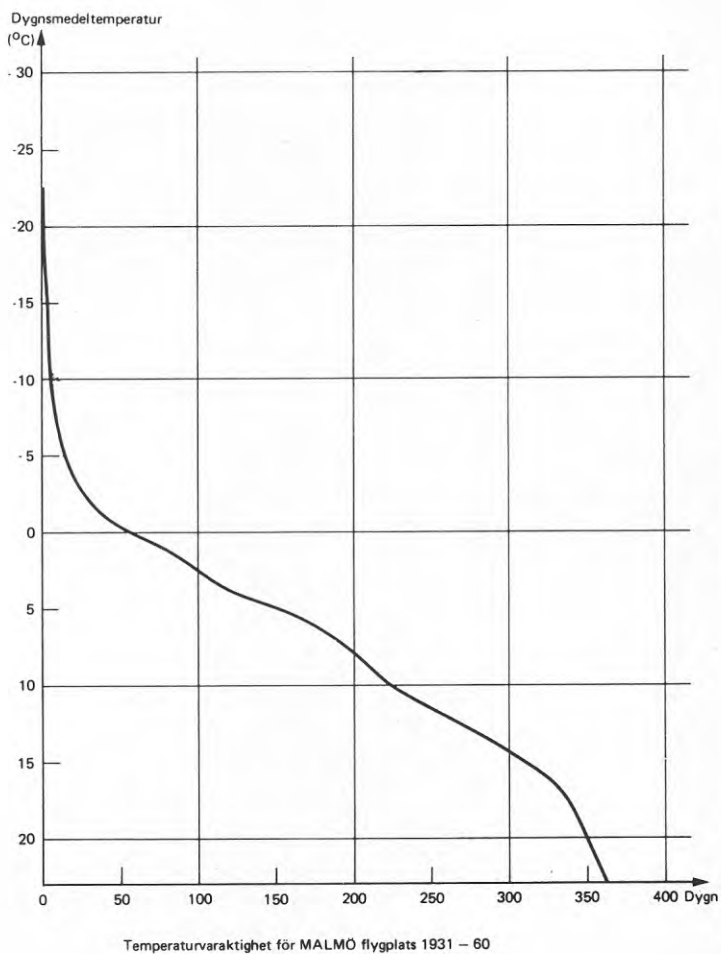


Diagram 8

Kurvan är baserad på dygnsmiddeltemperaturen

Temperaturvaraktigheten för dessa orter finns i Diagram 6, 7 och 8.

Det som kommer att bestämma livslängden för mediarrören i en GRUDIS kulvert är temperaturvaraktigheten på framledningstemperaturen. Den högsta framledningstemperaturen kommer att bestämmas av temperaturvaraktigheten vid orten och den lägsta framledningstemperaturen bestäms av önskad temperatur på tappvarmvattnet.

Fem olika temperaturdimensioneringsfall har studerats:

Högsta framlednings- temperatur	Lägsta framlednings- temperatur
90	60
90	55
80	55
80	50
70	50

I Diagram 9 visas för MalMBERGET vilken total temperaturvaraktighet som erhålls under systemets 50-åriga livslängd om man väljer ett 90/60 system. Brytpunkten har satts till 0°C (vid 0°C utomhustemperatur eller varmare kommer man att ha lägsta framledningstemperatur).

Ur Diagram 9 kan man utläsa att den högsta framledningstemperaturen endast behöver användas en mycket kort tid (< 1 år). Den längsta tiden av den 50-åriga livslängden kommer systemet att ha den lägsta framledningstemperaturen (> 25 år).

Arbete pågår vid STUDSVIK (12, 18) att utgående från accelererade tryckprovningar av plaströr vid hög temperatur kunna extrapolera livslängden vid lägre temperaturer. Vid dessa arbeten har man för olika polyolefiner funnit att man erhåller en livslängdsökning med en faktor 2.66 om temperaturen sänks med 10°C . Sambandet är inte linjärt utan följer troligen ett Arrhenius-samband. I avvaktan på det slutliga sambandet kan man dock som en första konservativ bedömning räkna med en faktor $2.66/10^{\circ}\text{C}$.

Detta innebär alltså att om livslängden vid 110°C för ett plaströr är 2 år så blir livslängden vid 100°C : $2.66 \times 2 \text{ år} = 5.3 \text{ år}$. Omvänt kan naturligtvis en viss livslängd vid lägre temperatur överföras till en viss livslängd vid högre temperatur.

Med utgångspunkt från en given temperaturvaraktighet kan man alltså räkna ut vilken provtid som behövs vid en förhöjd provningstemperatur för att bevisa att ett visst plaströr klarar hela kulvertens livslängd.

Om man utgår från Diagram 9 och delar upp temperaturvaraktigheten i delsteg erhålls vid varje temperaturintervall en viss varaktighet. Varaktighetskurvan i diagram 9 kan alltså mycket grovt approximeras till följande temperaturtidsintervall:

Tabell 1

brukstemp:	80°	70°	60°
brukstid :	3 år	12 år	35 år

Med accelerationsfaktorn $2.66/10^{\circ}\text{C}$ kan värdena i Tabell 1 sammanföras till en provning vid 110°C . Nödvändig provningstid vid 110°C för att bevisa livslängden enligt Tabell 1 blir då:

$$\frac{3}{2.66^3} (80^{\circ}\text{C}) + \frac{12}{2.66^4} (70^{\circ}\text{C}) + \frac{35}{2.66^5} (60^{\circ}\text{C}) = 0.7 \text{ år} = 6\ 100 \text{ h}$$

Genom att prova röret minst 6 100 h vid 110°C skulle alltså röret klara den uppställda temperaturvaraktigheten enligt Diagram 9, under 50 år.

Om ett plaströr uppvisar en längre livslängd än 6 100 h vid 110°C skulle det röret klara en ännu högre driftstemperatur än den som finns i Diagram 9. Röret klarar alltså en högre temperaturvaraktighet. Denna erhålls om man parallellförflyttar kurvan, i Diagram 9, efter y-axeln tills man når en temperaturvaraktighet som motsvarar den akutella livslängden vid 110°C .

Temperaturskillnaden mellan den gamla kurvan och den nya blir en sorts "temperatursäkerhet" för röret. Proceduren visas i Diagram 10. "Temperatursäkerheten" har på liknande sätt räknats fram med hjälp av dator (då har en mycket noggrann stegning enligt Diagram 9 kunnat göras) för samtliga fem dimensioneringsfall vid de 3 orterna Malmberget, Bromma och Malmö. Resultaten av dessa beräkningar återfinns i Diagram 11, 12 och 13.

Med utgångspunkt från Diagram 11, 12, 13 och dagens provningsresultat så bör både PEX och PB kunna användas i en GRUDIS kulvert.

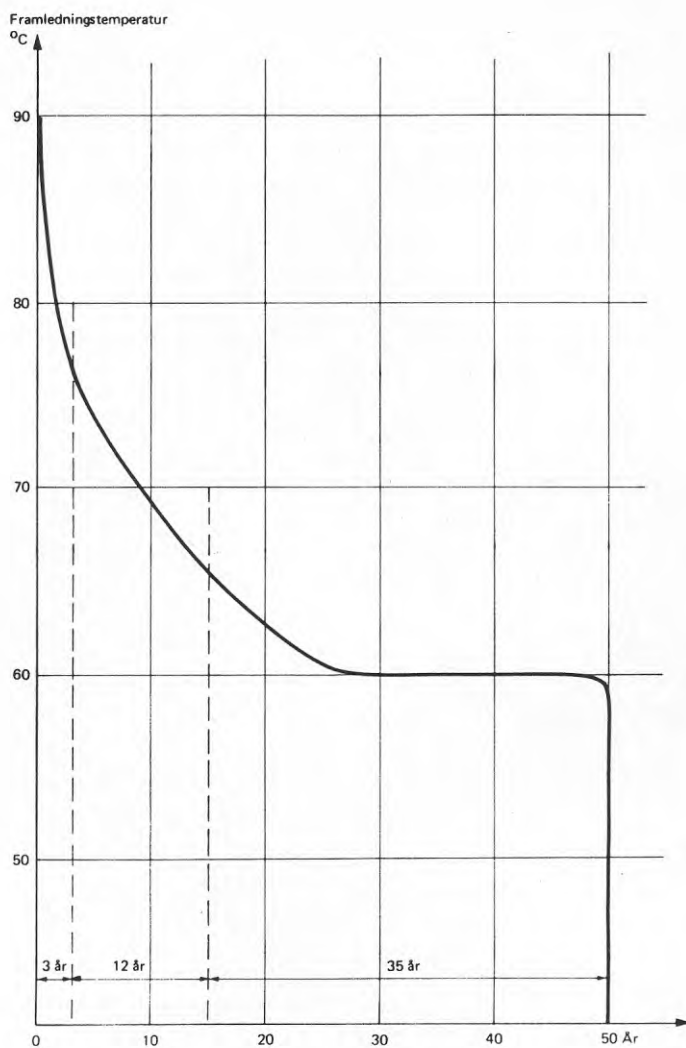


Diagram 9

Framledningstemperaturens varaktighet vid
Malmberget för ett 90/60 system

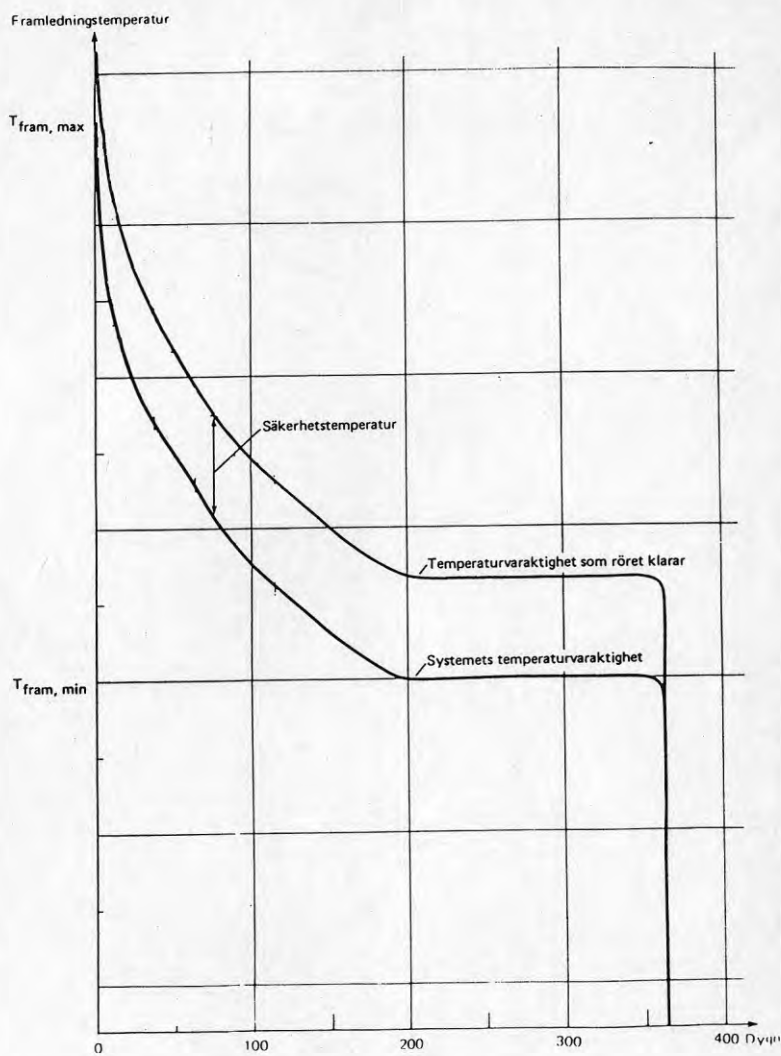


Diagram 10

Beräkning av säkerhetstemperatur

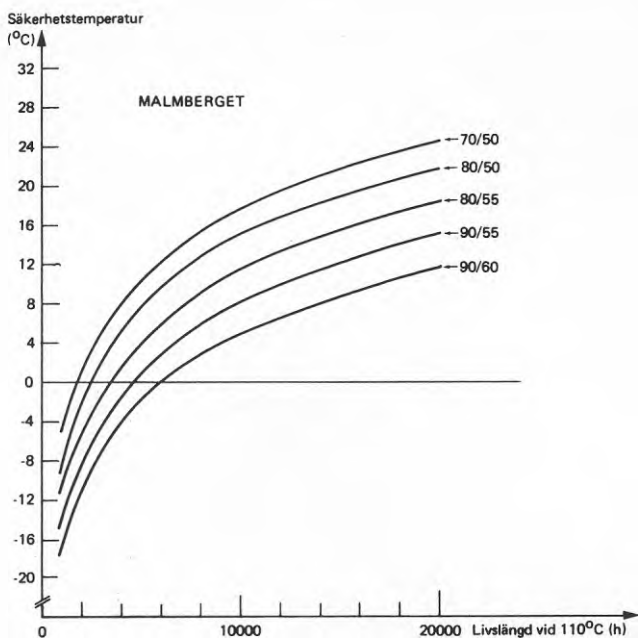


Diagram 11

Säkerhetstemperaturen som funktion av livslängden vid 110°C för MalMBERGET

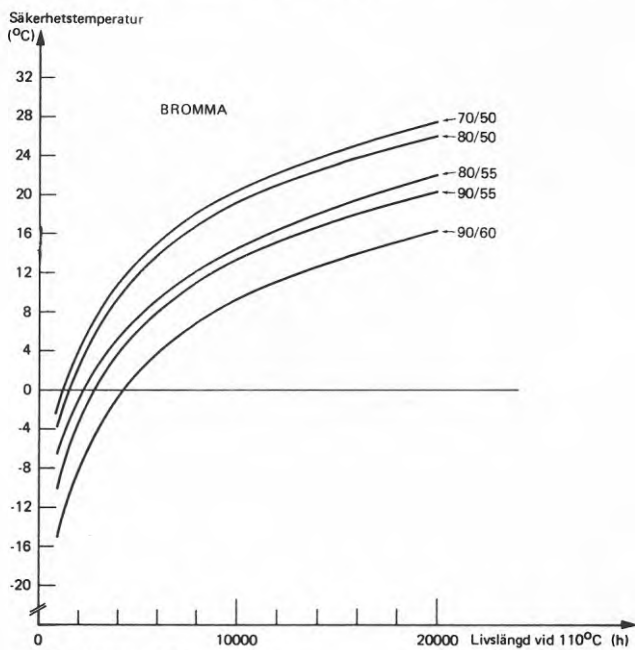


Diagram 12

Säkerhetstemperaturen som funktion av livslängden vid 110°C för Bromma

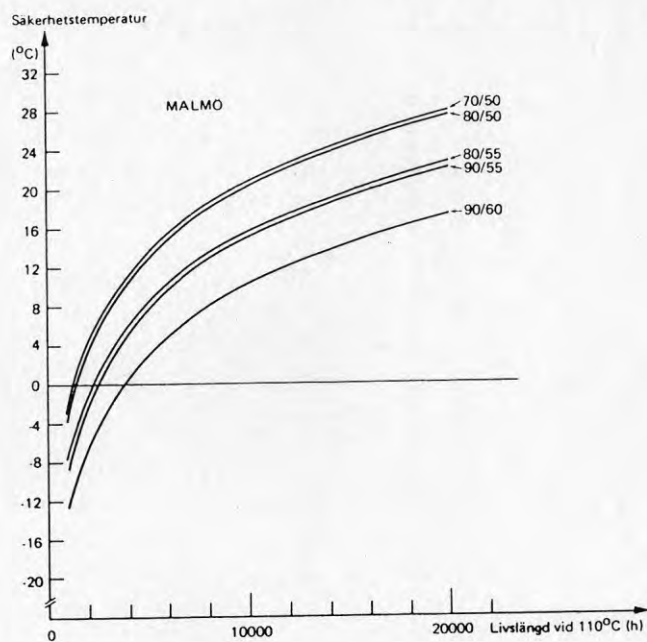


Diagram 13

Säkerhetstemperaturen som funktion av livslängden vid 110°C för Malmö

7. PLASTRÖRSTILLVERKARE

7.1 PEX-tillverkare

De flesta PEX-rörtillverkare är relativt "små" och mycket inriktade på golvvärmemarknaden. Detta medför att det finns många tillverkare med dimensioner mellan $\sim \emptyset 15 - \emptyset 30$ mm. Den idag enda riktigt stora tillverkaren med ett produktionsprogram mellan $\emptyset 18 - \emptyset 110$ mm är Wirsbo Bruk AB.

Den andra svenska tillverkaren Uponor (f d Lubonyl) håller på att utöka sitt tillverkningsprogram så att man räknar med att kunna tillverka $\leq \emptyset 110$ mm årsskiftet 83-84.

Tillverkare	Dimensioner, ytterdiameter
Wirsbo Bruk, Sverige	$\emptyset 16 - \emptyset 110$
Uponor, Sverige	$\emptyset 12 - \emptyset 28$ (83-84 $\leq \emptyset 110$)
Nordrohr, Västtyskland	$\emptyset 20$
Hewing, Västtyskland	$\emptyset 14 - 32$
Simona, Västtyskland	$\emptyset 16 - 75$
Fränkische Rohrwerke, Västtyskland	$\emptyset 13 - 20$
Sogecan, Frankrike	$\emptyset 10 - 63$
Rothwerke, Västtyskland	$\emptyset 8 - 25$
Rehau, Västtyskland	$\emptyset 16 - 25$

Övriga tillverkare se Tabell A1 - A3.

7.2 PEX - dimensioner och priser

Prisuppgifterna varierar starkt mellan tillverkarna. Uppgifter på mellan ca 30 - 70 SEK/kg har erhållits.

Då Wirsbo idag är den enda tillverkaren med ett mycket brett dimensionsprogram så tas deras dimensioner och priser upp här. Man tillverkar rör i två olika tryckklasser: 6 bar/90°C och 10 bar/90°C. Tryckklass 6 tål 10 bar upp till 70°C.

Tryckklass 6 bar/90°C:

Dimension	SEK/m	SEK/kg
18 x 2	6	
20 x 2	6	107
25 x 2.3	12	73
32 x 3.0	20	73
40 x 3.7	25	59
50 x 4.6	34	52
63 x 5.8	42	44
76 x 6.9	60	41
90 x 8.2	80	38
110 x 10	120	38

Tryckklass 10 bar/90°C:

Dimension	SEK/m
16 x 2.3	7
20 x 2.8	7
22 x 3.0	9
25 x 3.5	14
28 x 4.0	17
32 x 4.5	23
40 x 5.5	29
50 x 7.0	39
63 x 8.8	48

Priserna är uppskattade för stora kvantiteter (1 000-tals meter) och ett par år framåt i tiden.

7.3 PB-tillverkare

Wavin i Holland är den största tillverkaren. Man tillverkar både "nakna" rör och kompletta kulvertar med mediarör av PB. Även bland polybutentillverkarna finns många "små" tillverkare som är inriktade på golvvärmemarknaden. Flera PEX-rörstillverkare har också polybutenrör på sitt program, men då tillverkar man alltid små dimensioner.

Tillverkare	Dimensioner, ytterdiameter
Wavin, Holland	Ø 20 - 125
Upo, Finland	Ø 10 - 63
Fränkische Rohrwerk, Västtyskland	Ø 13 - 20
Simona, Västtyskland	Ø 16 - 20
Salen, Österrike	Ø 18 - 125

Övriga tillverkare se Tabell A1 - A3.

7.4 PB - dimensioner och priser

Även polybutenrörpriserna skiftar mycket mellan olika tillverkare från 36 till 93 SEK/kg.

Wavins dimensioner och priser:

Tryckklass 6 bar/90°C:

Dimension	SEK/m	SEK/kg
20 x 2.0	5.0	48
25 x 2.3	6.7	44
32 x 3.0		
40 x 3.7		
50 x 4.6		
63 x 5.8		
75 x 6.9	34.5	36
90 x 8.2		
110 x 10	93.1	32
125 x 11.4		

Priserna gäller fritt Holland och är baserade på en valutakurs på 1 hfl = 2.78 SEK.

Upos dimensioner och priser:

Tryckklass 10 bar/80°C:

Dimension	SEK/m	SEK/kg
10 x 1.8	4.0	93
12 x 2.0	4.4	75
15 x 2.5	6.0	66
18 x 2.5	7.6	67
22 x 3.0	10.3	62
28 x 4.0	15.5	56

Tryckklass 6 bar/80°C:

Dimension	SEK/m	SEK/kg
32 x 2.9	17.0	69
40 x 3.7	27.7	71
50 x 4.6	43.5	72
63 x 5.7	64.3	68

Priserna är baserade på en valutakurs på 1 FM = 1.38 SEK. Om några år räknar man med att kunna tillverka dimensioner upp till \emptyset 110 - 120 mm om det finns någon marknad för det.

8. MARKNAD OCH UTVECKLINGSLÄGE FÖR VARM- VATTENRÖR AV PLAST

Som framgår av den föregående materialgenomgången så är de intressantaste rörmaterialen för en GRUDIS-kulvert PEX och PB.

Den största marknaden för varmvattenrör av plast har hittills varit golvvärmerör, speciellt i Västtyskland. Följdaktligen finns också de flesta tillverkarna där. Polypropen har länge varit det dominerande materialet på det området.

I Västtyskland har man installerat $\sim 100\ 000$ km golvvärmerör/år under åren 1975 - 80. Under denna period ökade PEX-andelen betydligt (11).

Den svenska marknaden har hittills inte kunnat nås då något typgodkännande inte finns. Ett förslag finns dock (12) och när detta blir klart kommer antagligen en marknadsexpansion att ske här både för PEX och PB.

Utvecklingen på varmvattenrörsidan har gått starkt framåt det senaste decenniet. I dagsläget jobbar man främst med att få fram bättre stabilisatorsystem för rörmaterialen. Detta gäller både PEX och PB. En klar utveckling mot större och större dimensioner kan också skönjas. PEX kan idag framställas i dimensioner upp till $\emptyset 110$ och PB upp till $\emptyset 125$. Både PEX och PB kommer antagligen att kunna tillverkas i ännu större dimensioner om marknaden kräver det.

9. ISOLERINGSMATERIAL FÖR VARMVATTENKULVERT

9.1 Indelning av isoleringsmaterialen

Man kan dela in isoleringsmaterialen för en värmekulvert i två olika grupper:

- A. Flexibla isoleringsmaterial
- B. Styva isoleringsmaterial

De intressantaste flexibla isoleringsmaterialen är:

- 1. Polyetenscum
- 2. Tvärbundet polyetenscum
- 3. Mineralull

Till de intressantaste styva materialen hör:

- 1. Polyuretanscum
- 2. Polystyrenscum

9.2 Flexibla isoleringsmaterial

Polyetenscum

Polyetenscum kan tillverkas med helt slutna celler. Det kan framställas i skivor, mattor eller runda stavar. Till kulvertisolering skulle antagligen rörskålar passa bäst. Någon tillverkare av skummade polyetenrörskålar har emellertid inte påträffats. Man kan också tänka sig att omsluta kulvertröret med skivor av polyetenscum.

Dow Chemical tillverkar skummad polyeten med varunamnet Ethafoam. Flera olika licenstillverkare av Ethafoam finns. Egenskaper, se Diagram 12.

MEDELVÄRDEN¹

Egenskap (norm)		ETHAFOAM 222	ETHAFOAM 220	ETHAFOAM 400	ETHAFOAM 700	ETHAFOAM 900
Densitet (DIN 53420)	kg/m ³	45	35	64	104	144
Belastning (DIN 53577) vid { 10% samman- tryckning 25% 50%	N/mm ²	0.011	0.035	0.060	0.20	0.34
	N/mm ²	0.030	0.055	0.085	0.23	0.38
	N/mm ²	0.074	0.105	0.15	0.35	0.53
Kvarstående deforma- tion efter 24 timmars återhämtning (22 h, 50%, 23°C)	%	15	11	15	15	16
Draghållfasthet (DIN 53571)	N/mm ²	0.29	0.14	0.25	0.42	0.70
Brottförlängning (DIN 53571)	%	120	90	90	100	100
Rivhållfasthet (DIN 53575)	N/mm	0.21	0.14	0.18	0.27	0.52
Vattenabsorption under 24 timmar (ASTM C-272)	Vol%	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Änggenomsläpplighet (DIN 52615)	μ-Faktor	> 640	> 320	> 320	> 320	> 320
Värmeledningstal vid 25°C (DIN 52612)	W/m K	0.043	0.043	0.06	0.06	0.06
	kcal/m h°C	0.037	0.037	0.05	0.05	0.05

1. Medelvärdena får ej förväxlas med försäljningsspecifikationerna.

Diagram 12

Egenskaper för polyetenscum (13)

Priser:

Ethafoam kvalitet	Pris, SEK/m ³
220	1 200
400	1 920
700	2 600

Priserna gäller mycket stora volymer (~ 100 -tals m^3) och i form av skivor.

Tvärbundet polyetenscum

Det finns flera olika tillverkare av förnätat polyetenscum. Också detta material kan fås i flera olika former. Egenskaperna är mycket lika de för polyetenscum, se Diagram 13.

Egenskaper	Enhet	Din	30	50	90	175
Draghållfasthet	kp/cm ²	53571	2,6	4,1	7,5	18,3
Brottöjning	%	53571	85	95	110	143
Rivhållfasthet med anvisning utan anvisning	kp/cm ²	53575	1,0 2,0	2,0 3,0	4,2 5,4	13,0 15,0
Rivförsök med nål	kp/cm	53506	1,5	2,0	5,0	13,0
Studselasticitet	%	53512	23	30	28	26
Hoptryckningsmotstånd 10 % deformation 25 % .. 50 % ..	kp/cm ²	53577	0,07 0,33 1,07	0,12 0,51 1,48	0,18 1,05 2,80	0,20 2,5 8,0
Kvarstående deformation 70 h/23°C efter 100 h belastning	%	53572	41 15	35 12	26 11	18 10
Krympning efter 96 h/80°C q efter 90 h/100°C q	%	Intern metod	-2,0 -1,2 -3,2 -2,5	-1,8 -1,3 -3,0 -2,1	-1,0 -0,5 -1,5 -0,7	-0,5 -0,1 -1,8 -0,5
Värmeledningsförmåga (20°C)	W/(k·m)	52612	0,034	0,036	0,042	0,047
Dielektrisk förlustfaktor (10 ⁶ Hz)	—	—	0,9·10 ⁻⁴	0,9·10 ⁻⁴	1,1·10 ⁻⁴	1,2·10 ⁻⁴
Vattenabsorption efter 7 dagar efter 28 dagar	Vol. %	53428	0,6 2,0	0,6 1,9	0,5 1,9	0,5 1,5
Faktor för motstånd mot difussion av vattenånga	—	53429	ca 2000	ca 3000	ca 6000	ca 10.000

Diagram 13

Egenskaper PEX-skum (14)

Dynamit Nobel och Freudenberg tillverkar båda PEX-skum på licens från Bayer.

Freudenbergs PEX-skum har varunamnet Frelen. Frelen tillverkas i form av skivor, som metervara på rulle eller i form av rörskålar. Rörskålarna går att få utan eller med längsgående skarv. Metervaran finns i 20 mm tjocklek som standard. Prisindikation för metervara 1.54 m bred och 20 mm tjock, densitet 30 kg/m^3
 $\sim 2\ 100 \text{ SEK/m}^3$.

Lohja i Finland tillverkar också PEX-skum. Man tillverkar materialet i skivform och som metervara. För metervaran i 10 mm:s tjocklek, 1.5 m bredd och densiteten 30 kg/m^3 uppges ett pris på 1 500 - 1 600 SEK/m³.

Mineralull

Mineralull är uppbyggt av oorganiskt material och är därför obrännbart. Rockwool tillverkar mineralull i form av skivor eller rörskålar. Mineralull har i motsats till många andra isoleringsmaterial ett mycket lågt diffusionsmotstånd mot fukt. Mineralull fungerar enligt principen att det skall kunna släppa igenom all fukt så att ingen fuktupbyggnad kan ske i materialet. I kulverttillämpningar kan detta naturligtvis vålla problem.

Man tillverkar en speciell mineralullskiva avsedd för läggning i mark. Denna kan fås i fem olika tjocklekar 50 - 100 mm. Densitet 160 kg/m^3 . Pris 28 - 56 SEK/m². $\lambda = 0.045 \cdot W/m \cdot ^\circ\text{C}$ (vid 100°C).

Rörskålar tillverkas i diametrar mellan 10 - 419 mm (innerdiameter).

9.3 Styva isoleringsmaterial

Polyuretanskum

Polyuretanskum eller enklare PUR-skum omfattar ett mycket vidsträckt produktområde. Materialets sammansättning kan varieras nästan obegränsat. Dessutom kan själva skumningsprocessen göras på flera olika sätt, vilket gör att egenskaperna hos produkten kan varieras inom vida gränser.

PUR skiljer sig från PE- och PEX-skum så tillvida att själva materialet inte är någon termoplast. PUR erhålls genom reaktion mellan två olika komponenter. Själva reaktionen kan ske vid exempelvis direktskumning av en kulvert.

Det finns flera tillverkare av PUR-råvara, t ex Bayer, Shell samt en rad olika bearbetande PUR-industrier som framställer PUR i form av skivor m m, exempelvis Bofors Plast.

En kulverttillverkare kan antagligen köpa PUR i form av råvara och stå för bearbetningen själva. Därför är det endast intressant att utgå från råvarupriset när man jämför PUR med andra isoleringsmaterial.

Bayer som är en stor tillverkare av PUR-råvara uppger ett pris på 14 - 15 SEK/kg, vilket skulle ge ett volymspris på $\sim 720 \text{ SEK/m}^3$ vid en densitet på 50 kg/m^3 . Egenskaper på styv PUR redovisas i Diagram 14.

Eigenschaften von PUR-Hartschaum (Richtwerte)¹⁾

Eigenschaft	Einheit	Wert				Prüfvorschrift DIN
Rohdichte	kg/m ³	30	40	60	80	53 420
Mechanische Eigenschaften						
Druckfestigkeit	N/mm ²	0,20	0,25	0,40	0,60	53 421
Biegefestigkeit	N/mm ²	0,30	0,45	0,70	0,95	53 423
Zugfestigkeit	N/mm ²	0,30	0,50	0,85	1,10	53 430
E-Modul aus dem Biegeversuch	N/mm ²	5	7	12	20	53 457
Wärmeschutztechnische Eigenschaften						
Wärmeleitfähigkeit Meßwert $\lambda_{10 \text{ tr}}$	W/(m · K)	0,019				52 612
Rechenwert λ_R 2)						
für Platten nach DIN 18 164						
mit gasdiffusionsdichten Deckschichten	W/(m · K)	0,020 und 0,025				
ohne gasdiffusionsdichte Deckschichten	W/(m · K)	0,030 und 0,035				
für PUR-Ortschaum nach DIN 18 159						
Linearer Ausdehnungskoeffizient	1/K	5–8 · 10 ⁻⁵				
Rohdichte 30–60 kg/m ³						
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ		30–100				52 615
Rohdichte 30–100 kg/m ³						
Wasseraufnahme (20 °C)						
nach 24 h	Vol.-%	2–5				53 433
nach 28 d	Vol.-%	2–5				
Konturstabilität (AGK 7)						
–30 °C	Vol.-%	0–0,2				
Temperaturbeständigkeit						
(Rohdichte \geq 30 kg/m ³)						
in der Kälte	°C	bis –180°C				
in der Wärme (langzeitig)	°C	ca. 100°C				
in der Wärme (kurzzeitig)	°C	ca. 250°C				
Sonstige Eigenschaften						
Brandverhalten:						4102
B1 schwerentflammbar						
B2 normalentflammbar						
B3 leichtentflammbar						
Hartschaumstoffe, die im Hochbau in der Bundesrepublik und Westberlin eingesetzt werden, müssen mindestens der Baustoffklasse B2 entsprechen.						

Diagram 14

Egenskaper hos styv PUR (15)

Polystyrenskum

Polystyrenskum tillverkas i form av skivor. Materialet är mycket styvt och kan antagligen bara användas som kulvertisolering i form av en isoleringslåda.

Dow tillverkar en strängsprutad isoleringslåda av polystyren. Produkten säljs av Rockwool. Lådan tillverkas i form av en U-profil med löst lock. Fem olika dimensioner och två olika tjocklekar finns: 300 x 200 mm - 600 x 440 mm. Priset varierar mellan 54 och 117 SEK/m. Materialegenskaper se Diagram 15. En stor nackdel med materialet är dess övre användningstemperaturgräns 75°C.

Värmeledningsförmåga (λ_n)	0,034 ¹ W/mK
Densitet	32 kg/m ³ minimum
Tryckhållfasthet vid max 5% kompression (DIN 53 421)	250 kPa (2,5 kp/cm ²)
Långtidslast	80 kPa vid 20°C
Skjuvhållfasthet (DIN 53 427)	250 kPa
Krympning	<0,2%
Utvidgningskoefficient	70 × 10 ⁻⁶ m/m °C
Änggenomsläpplighet (tjockleksberoende)	0,15 × 10 ⁻⁶ m ² /s (50 mm)
Vattenabsorption (DIN 53 428)	< 0,2 vol%
Kapillaritet	0
Cellstruktur	sluten
Högsta kontinuerliga användningstemperatur	75°C
Brandegenskaper	se anvisningar
Format	600 × 1250 mm med fals
Tjocklek	50, 60, 70, 80, 100 och 120 mm

* Medelvärden där ej annat anges.

¹Värmeledningsförmåga enligt Statens Planverk Typgodkännandebevis 918/79. Praktiskt tillämpbar värmeledningsförmåga för utvändigt källarväggsisolering samt isolering av kantbalk med Roofmate SL.

Diagram 15

Materialegenskaper för polystyrenskum (16)

10. DISKUSSION OM ISOLERINGSMATERIAL

I en flexibel GRUDIS-kulvert kommer naturligtvis relativt flexibla isoleringsmaterial att vara mest intressanta. De bästa materialen för dessa är PE- och PEX-skum. Vid små dimensioner på mediaröret, \varnothing 10 - 25 mm ytterdiameter, bör också styv PUR kunna användas till en flexibel kulvert. Bestämmande för dess användbarhet blir naturligtvis hur pass flexibel kulverten måste vara. Om den kan rullas i stora diametrar \sim 2 - 3 m är antagligen styv PUR tillräckligt flexibel. Bestämmande för flexibiliteten blir också mantelns utformning. En nackdel med PUR är att den antagligen fordrar en mantel för att skydda isoleringen. Både PE och PEX-skum kan tillverkas med ett skyddande skinn, varför dessa material bör vara möjliga att använda utan någon mantel.

Vid större dimensioner på mediaröret $>$ 60 - 70 mm kan det tänkas att styvheten på mediaröret gör att man inte kan rulla kulverten. En kulvert med isolering typ isolerlådor kan bli aktuell då, varvid styvt polystyrenskum är intressant. En stor nackdel med detta material är emellertid dess låga övre användningstemperatur. Naturligtvis så kan även styv PUR användas till denna kulverttyp.

En sammanställning av de intressantaste isoleringsmaterialen finns i Bilaga A.5.

11. SLUTSATSER

- De mest lovande materialen till flexibla rör är PEX och PB.
- Den allmänna kunskapsnivån är tillräckligt hög för att kunna acceptera dessa material inom ett GRUDIS system med måttliga temperaturer.
- Mer sofistikerade material kommer antagligen att bli för dyra för ett GRUDIS system. Vissa material är dock intressanta till komponenter i systemet.
- Det pågår en ständig utveckling mot ytterligare förbättrad temperaturstabilisering både för PEX och PB.
- Vissa temperaturtåliga PE-kvaliteter finns eller är under utveckling.
- Det finns ett stort antal tillverkare av både PEX och PB rör. Dessa tillverkar dock främst små dimensioner. Ett fåtal tillverkare marknadsför ett mycket brett dimensionssortiment.
- De intressantaste materialen till en flexibel kulvert är PEX och PE skum.
- Både PEX och PE skum kan antagligen användas utan mantel.
- Kunskapsnivån vad avser isoleringsmaterial till en GRUDIS kulvert behöver höjas. Speciellt materialens långtids-hållfasthetsdata är dåligt redovisade i litteraturen.

REFERENSFÖRTECKNING

1. HOFFMAN, M
Vernetzte polyethylen-rohre für flächen-
heizungen.
Heizungs-Journal 2/1981.
2. BERGMAN, J
Nya plastmaterial i varmvattendistribu-
tionssystem.
Studsvik Report E1-79/117.
3. MEINHARD, J, GEBLER, H
Polypropylen als Werkstoff für Heizrohre
in Warmwasserfussbodenheizungen.
Plastverarbeiter 30, 1979 nr 12.
4. JUILLARD, M
The properties of PVCC and its appli-
cations in the transport of hot fluid
with or without applied pressure.
Plastic pipe conference no 5.
5. Muntlig information från P Välimaa,
Asko-Upo, Finland.
6. KIRSCH, A
PVDF - ein Kunststoff im modernen Rohr-
leitungs und Apparatebau.
Verfahrenstechnik 13, 1979, nr 10.
7. DILLEY, E R
PVDF for piping operating under highly
corrosive conditions.
Plastic pipe conference no 5.
8. ZYBALL, A
Strahlenvernetzung von Polyvinylchlorid
in Gegenwart von polymerisierbaren
Monomeren.
Kunststoffe 72 (1982) 8.
9. WILSKI, H, RÖSINGER, S, DIEDRICH, G
Langzeitbestrahlung von Rohren aus
Polybuten-1.
Kunststoffe 70 (1980) 4.
10. DGDS-0909.
Datablad från Unifos Kemi.
11. JANSSON, J-F, GEDDE, U W
Yttre faktorerers inverkan på material-
valet.
Modern Plastteknik 4-82.

12. IFWARSON, M
Förslag till typgodkännande- och
provningsregler för varmvattenrör av
plast.
13. Ethafoam.
Datablad från Dow Chemical.
14. Frelen.
Datablad från Freudenberg Sverige AB.
15. Polyurethan-Eigenschaffen.
Informationsskrift från Bayer.
16. Roofmafe, OV-metoden.
Informationsskrift från Dow.
17. TAESLER, R
Klimatdata för Sverige, 1972.
18. IFWARSON, M
Metoder för accelererad provning av
värmerör av plast.
Studsviksrapport EI-83/143.

Tabell A.1

Tillverkare av golvvärmerör av plast

Dokumentation Fußbodenheizungsrohre aus Kunststoffen

nach Firmenangaben zusammengestellt

Hersteller Firmenname Anschriften s. Seite 106	Rohre nach DIN	Werkstoff				Maße Nennweiten in mm	Standard- lieferlängen in m	Sonderlängen		Anmerkungen	
		PE	PP-C	VPE	Schweißmuffen Klemmfitting			Ver- bindung	bis		max. °C bar
<u>2. Becker-Prünke</u> diverse diverse	8078, T. 2	o	o	o	o	16x2, 17x2, 18x2, 20x2	120, 150, 200	600	65	3, 5	
		a				16x2, 17x2, 18x2, 20x2	120, 150, 200	600	65	3, 5	
<u>3. Dehoust</u>	8078	o	o			16x2, 17x2, 18x2, 20x2	120, 200		60	3	
<u>5. Deutsche Kapillar</u> Dekatherm	8078, T. 2	o	o			16, 18, 20, 25, 32 ¹⁾	100, 200	500			¹⁾ alles Außendurchm.
<u>6. Draka-Plast</u> Draka-Therm	8078, T. 2	o				16x2, 20x2, 25x2, 7	120	¹⁾	60	4	¹⁾ auf Anfrage
<u>7. Egeplast</u> Egetherm Egetherm "AO" ¹⁾	8078, T. 2	o	o	o	o	12, 13, 14, 16	120, 200	500	65	2, 5	
	8078, T. 2	o	o	o	o	12, 13, 14, 16	120, 200	500	70	2	¹⁾ sauerstoffdicht mit Alu-Ummantelung
<u>8. eht Siegmund</u> Thermax PP-C FeVeKa / eht HD / ¹⁾ rmo VPE	8078, T. 2	o	o	o	o	17x2, 20x2	120, 200	400	60	4	
	16892 (E)	o	o	o	o	17x2, 20x2	120, 200	-	110	6	¹⁾ TE VPE
		o	o	o	o	17x2, 20x2	120, 200	400	95	6	
<u>9. Europlast</u>				o	o	10 bis 20	300	500	65	3	
				o	o	10 bis 20	300	500	65	3	
<u>10. EWFE</u> Konfort	8078, T. 2	o	o	o	o	16, 17, 20	120, 200		140	4	
<u>11. Exte</u> Exte		o	o			20x2	120, 200	250	65		
<u>12. Fränkische</u> FF-therm S FF-therm S FF-therm S	16968 (V)	o	o	o	o	16, 17, 18, 20	120	240	¹⁾	¹⁾	¹⁾ dimensionsabhängig
	8078, T. 2	o	o	o	o	16, 17, 18, 20	120	240	¹⁾	¹⁾	¹⁾ dimensionsabhängig
	16892 (E)	o	o	o	o	16, 17, 18, 20	120	240	¹⁾	¹⁾	¹⁾ dimensionsabhängig
<u>13. Halo-Therm</u> Halo-Therm Halo-Therm	8078, T. 2	o	o	¹⁾	¹⁾	16x2, 17x2, 18x2, 20x2	120, 200	240	65	4	¹⁾ Verbindungskupplg.
		o	o	¹⁾	¹⁾	16x2, 17x2, 18x2, 20x2	120		95	6	¹⁾ Verbindungskupplg.

Tabell A.2

Kunststoffe im Bau		Fußbodenheizungsrohre											
Hersteller Handelsname Anschriften s. Seite 106	Rohre nach DIN	Werkstoff					Maße		Standard- lieferlängen in m	Sonderlängen	Einsatzkriterien für Dauerbetrieb		Anmerkungen
		PE	P.P.C.	VPE	Schweißmuffen, Klemmfitting	Ver- bindung	Nennweiten in mm in mm				bis	max. °C	
14. Hewing Hewing	16892 (E)			o			16x2, 17x2, 18x2, 20x2	60, 90, 120	240	95	6		
15. Höhn Brandalen				o			20x2	100	300	60	2,5		
16. H-Therm H-Therm	8078, T. 2			o			20 ¹⁾	120		65	3	¹⁾ andere auf Anfrage	
17. Inefa Inefa	8078, T. 2			o	o		20x2	120		65	3		
18. Kömmerling KömaTherm	16892 (E)			o	o		18x2	120, 240	-	65	4		
21. Nordrohr Nordrohr	8078, T. 2			o	o		20x2	120, 240		60	2,5		
Nordrohr	16892 (E)			o	o		20x2	120, 240		60	2,5		
22. Omniplast Omniplast				o	o		16, 17, 18, 20, 25	120, 240					
24. Pfeleiderer Pfeleiderer					o	o	16x2, 20x2	200		50	4		
28. Rehau Rautherm				o			16x2, 18x2, 20x2, 25x2	120	250	60	3		
Rautherm					o		16x2, 20x2	120	250	60	3		
Rautherm VPE 210					o		20x2	120	240	75	6		
29. RM-Rotex Rotex Varioflex	8078, T. 2			o			16x2, 17x2, 18x2, 20x2	120, 240		¹⁾	²⁾	²⁾ ¹⁾ auf Anfrage ²⁾ dimensionsabhängig	
Rotex Varioflex	16892 (E)			o			16x2, 17x2, 18x2, 20x2	120, 240		¹⁾	²⁾	²⁾ ¹⁾ auf Anfrage ²⁾ dimensionsabhängig	
32. Simona Rhiatherm				o	o		16x2, 17x2, 18x2, 20x2	120, 200		¹⁾	60	3	¹⁾ auf Anfrage
Rhiatherm	8078, T. 2			o	o		16x2, 17x2, 18x2, 20x2	120, 200		¹⁾	60	3	¹⁾ auf Anfrage
Rhiatherm					o	o	16x2, 17x2, 18x2, 20x2	120, 200		¹⁾			¹⁾ auf Anfrage
34. Terratherm Terratherm	8078, T. 2			o	o		20x2	100	300	110	4		
37. Thyssen Plastik GaboTherm GTFH	16968 (V)			o	o		18x2	120, 200			60	4	
GaboTherm GTFN	8078, T. 2			o	o		18x2	120, 200			60	4	
40. Wavin Wavitherm	8078, T. 2			o	o		16 bis 20	120, 240		¹⁾	60	2,5	¹⁾ auf Anfrage
42. Westfälische WKT	8078, T. 2			o			20x2	120, 200	500				
43. Wirsbo Wirsbo Pex	16892 (E)			o	o		20x2	120	250	95	6		

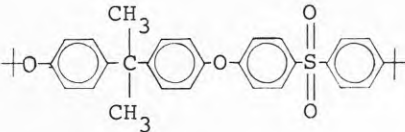
Tabell A.3

Hersteller- und Lieferantenanschriften zu den Dokumentationen auf den Seiten 102-105

- | | | | |
|--|--|---|--|
| 1. Anwo GmbH & Co. KG
Postfach 2009
4760 Werl
Telefon 02922/5051 | 12. Fränkische Rohrwerke
Göbr. Kirchner GmbH + Co.
8729 Königsberg/Bay.
Telefon 09525/81 | 23. Perobe GmbH & Co.
Postfach 1405
4792 Bad Lippspringe
Telefon 05252/4081 | 34. Terratherm Gesellschaft
für Wärmetechnik mbH
Kaltenmoserstraße 34
8120 Weilheim/Obb.
Telefon 08809/512 |
| 2. Becker-Prünke GmbH
4354 Datteln
Telefon 02363/6061 | 13. Halo-Therm GmbH & Co.
Industriegebiet Süd
4442 Salzbergen
Telefon 05976/1077 | 24. G. A. Pfeleiderer
GmbH & Co. KG
Postfach 1480
8430 Neumarkt 1
Telefon 09181/281 | 35. Thermolutz GmbH & Co.
Heizungstechnik KG
Bebenhäuserhofstraße 3
7410 Reutlingen 1
Telefon 07121/370011 |
| 3. Dehoust GmbH
Postfach 1140
6906 Leimen
Telefon 06224/71034 | 14. Hewing KG
Waldstraße 3
4434 Ochtrup 2
Telefon 02553/1041 | 25. Pflüger Apparate-
bau GmbH & Co. KG
Postfach 3056
4690 Herne 1
Telefon 02323/63024 | 36. Thermoval Systemheizungen
Deutschland GmbH
Postfach 400229
5000 Köln 40 (Lövenich)
Telefon 02234/74036 |
| 4. Deria-Destra GmbH
für Strahlungswärme
Postfach 100507
4630 Bochum
Telefon 0234/16037 | 15. Kunststoffwerk
Höhn GmbH
5439 Höhn
Telefon 02661/8055 | 26. Polytherm GmbH & Co. KG
Postfach 225
4434 Ochtrup 2
Telefon 02553/2012 | 37. Thyssen Plastik Anger KG
Postfach 801040
8000 München 80
Telefon 089/41351 |
| 5. Deutsche Kapillar-
Plastik GmbH & Co. KG
Postfach 1204
3560 Biedenkopf
Telefon 06461/2007 | 16. H-Therm-Rohr GmbH
Werner-von-Siemens-Str. 4
2807 Achim
Telefon 04202/8093 | 27. Purmo
Verkaufsgesellschaft mbH
Postfach 210425
3000 Hannover 21
Telefon 0511/793014 | 38. Ufermann GmbH
Roßbergiring 2
6107 Reinheim 5 Zeilhard
Telefon 06162/4687 |
| 6. Draka-Plast GmbH
Postfach 210369
5600 Wuppertal 21
Telefon 0202/464068 | 17. Inefa Kunststoffe AG
Postfach 1369
2210 Itzehoe
Telefon 04821/61091 | 28. Rehau Plastiks AG + Co.
Ytterbium
8520 Erlangen
Telefon 09131/605265 | 39. Universa GmbH + Co. KG
Postfach 4267
4500 Osnabrück
Telefon 0541/572041 |
| Egeplast Werner
Strumann GmbH & Co.
Postfach 1229
4407 Emsdetten
Telefon 02572/4051 | 18. Gebrüder Kömmerling
Kunststoffwerke GmbH
Postfach 2165
6780 Pirmasens
Telefon 06331/881 | 29. RM-Rotex GmbH
Langwiesenstraße 10-12
7129 Guglingen-Frauenz.
Telefon 07135/6044 | 40. Wavin GmbH
Kunststoffröhrenwerk
4477 Twist 1
Telefon 05936/121 |
| eht Siegmund GmbH
Heideweg 28
5340 Bad Honnef 6
Telefon 02224/80012 | 19. D. F. Liedelt
Velta Produktions- und
Vertriebs-GmbH
Postfach 5209
2000 Norderstedt
Telefon 040/529020 | 30. Roth-Werke GmbH
Postfach 60
3563 Dautphetal 2
Telefon 06466/220 | 41. Wecoflex Energiesyst. GmbH
Hanauer Landstraße 208-216
6000 Frankfurt am Main 1
Telefon 0611/445080 |
| 9. Europlast Rohrwerk GmbH
Postfach 130160
4200 Oberhausen 13
Telefon 0208/68981 | 20. Adolf Netzow - Lavagrund
Gasstraße 46
2210 Itzehoe
Telefon 04821/74071 | 31. Felix Schuh + Co. GmbH
Postfach 130440
4300 Essen 13
Telefon 0201/18961 | 42. Westf. Kunststofftechnik
Postfach 1280
4322 Sprockhövel
Telefon 02324/7555 |
| 10. EWFE GmbH
G. Schlagowski
Schwachhauser Ring 103
2800 Bremen 1
Telefon 0421/211210 | 21. Nordrohr Kunststoff-
röhrenwerk GmbH & Co. KG
Postfach 1269
2200 Elmshorn
Telefon 04121/22026 | 32. Simona GmbH
Kunststoffwerke
Postfach 133
6570 Kirn-Nehe
Telefon 06752/141 | 43. Wirsbo-Pex GmbH
Postfach 1128
6056 Hausenstamm
Telefon 05104/2044 |
| 11. Exte
Extrudertechnik GmbH
Postfach 1220
5272 Wipperfürth 1
Telefon 02267/87071 | 22. Omniplast GmbH & Co. KG
Postfach 1256
6332 Ehringshausen
Telefon 06443/901 | 33. TA Rokal GmbH
Neckarstraße 37
4330 Mülheim
Telefon 0208/58051 | 44. WKR Anlagen-Bau-
und Vertriebs-GmbH
Postfach 6019
5860 Iserlohn
Telefon 02374/74141 |

Tabell A.4

Plastmaterials struktur

<u>Material</u>	<u>Strukturformel</u>
Polyeten (PE)	$+CH_2-CH_2+$
Tvärbunden polyeten (PEX)	$+CH_2-\underset{\substack{ \\ CH_2}}{CH}-CH_2+$ $+CH_2-CH-CH_2-CH_2+$ osv oregelbundet
Polybuten-1 (PB)	$+CH_2-\underset{\substack{ \\ CH_2 \\ \\ CH_3}}{CH}+$
Polypropen (PP)	$+CH_2-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH}+$
Efterklorerad polyvinylklorid (CPVC)	$+CH_2-\underset{\substack{ \\ Cl}}{CH}-\underset{\substack{ \\ Cl}}{CH}-CH_2-\underset{\substack{ \\ Cl}}{CH}+$ osv oregelbundet
Polyvinylidenfluorid (PVDF)	$+CH_2-CF_2+$
Polysulfon (PSu)	

Tabell A.5

Isoleringsmaterial, tabell

Material	Tillverkare	Densitet (kg/m ³)	λ (W/m·K)	Pris (SEK/m ³)	Pris (SEK/kg)
PE-skum, skivor	Dow	35	0.043	1 200	34
"	Dow	64	0.06	1 920	30
"	Dow	104	0.06	2 600	25
PEX-skum, metervara	Freudenberg	30	0.034	2 100	70
"	Lohja	30	0.040	1 500 - 1 600	50 - 54
Mineralull	Rockwool	160	0.045	560	3.5
PUR, råvara	Bayer	40	0.019	560 - 600	14 - 15
"	Bayer	60	0.019	840 - 900	14 - 15
"	Bayer	80	0.019	1 120 - 1 200	14 - 15
Polystyrenskum, isoleringslåda	Dow	32	0.034	925 - 1 340	29 - 42

Tabell A.6

Företag som kontaktades under arbetets gång

Sverige

Hoechst Svenska AB
Rohne Poulenc Sverige AB
Montedison Scandinavien A/S
BASF Svenska AB
Hüls Kemi AB
Shell Svenska AB
Solvay Svenska AB
Dow Chemical AB, Sverige
Du Pont de Nemours Nordiska AB
Svenska ICI AB
AB Isoleringsmetoder
Nordisk Phillblack AB
Rubber & Plastics
Union Carbide Norden AB
Uponor AB
Wirsbo Bruk AB
Rockwool AB
Freudenberg Sverige AB
Cirrus AB
Georg Fischer
AB Förenade Plast
General Electric
Sveriges Plastförbund
Recticell AB
Sweten rör
Trelleborg AB
Unifos Kemi AB

samt ett 100-tal rörtillverkare i Västtyskland,
Finland, England, Frankrike, Italien och USA.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811849-4 från Statens råd för byggnadsforskning
till Studsvik Energiteknik AB, Nyköping.**

R154: 1984

ISBN 91-540-4245-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704154

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms