



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Dansk Fjernvarme
Distributionsgruppen
Merkurvej 7
6000 Kolding

Kongsvang Alle 29
DK-8000 Aarhus C
Tel. +45 72 20 10 00
Fax +45 72 20 20 19

info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

15. december 2025
295752 JRB

Prærørskontrol 2025 – foreløbig V2

Omfang, leverancer og udførelse

Prærørskontrollen 2025 har omfattet fleksible rør fra Thermaflex, Logstor, EcoTech (Pipe-Link), Uponor samt lige twinrør fra AquaTherm.

Prøvningsparametrene var som følger:

- Prøvning af varmekonduktivitet (λ_{50}) i uældede fleksible og lige twinrør
- Prøvning af varmekonduktivitet (λ_{50}) i fleksible og lige twinrør efter ældning i 17 uger ved 70 °C.
- Beregning af U-værdi baseret på målinger af varmekonduktivitet (λ_{50}) og gennemsnitlig afstand mellem medierør
- Undersøgelse af afstand mellem medierør samt beregning af kortslutning/isolans
- Prøvning af densitet af isoleringsmateriale i fleksible twinrør
- Prøvning af vanddamppermeabilitet i et helt fjernvarmerør med isolering og kappe

Leveringen af rørene til prærørskontrollen skete i perioden 27. maj 2025 - 29. juli 2025. Prøvningerne er udført i perioden 3. juni 2024 - **X**. december 2025.

Rørene er denne gang bestilt og leveret via Dansk Fjernvarme, Kolding. Leverandørerne har dermed været bekendt med, at rørene skulle anvendes til årets Prærørskontrol. Hvert rør blev leveret i ruller á 50 m – AquaTherm dog kun 3 x 5,8 m lige rørstykker og Eco-tech/Pipelink kun ca. 30 m fleksibelt enkeltrør.

Typebetegnelser og størrelser var som følger:

- Thermaflex FLEXALEN PU (2x32/126 mm)
- AquaTherm Energy (2x50/200 mm)
- Logstor PertFlextra (2x32/140 mm)
- EcoTech/PipeLink – Alu-PEX Kevlar (40/90 mm)
- Uponor Ecoflex VIP (2x25/140 mm)

Efter modtagelsen af rørene blev leveringsdato noteret, rørmærkaterne blev fotograferet og der blev udtage/udskåret prøver til de forskellige prøvninger.

I nedenstående skema ses rørenes produktionsnumre og -tidspunkter:

Thermaflex# 2x32/126	24105101389 903203032126
	Produktionsdato: 08/03.2024
	Modtaget 27.05.2025
AquaTherm 2x50/200	Aquatherm Energy
	Produktionsdato: 02.06.2025
	Modtaget 10.06.2025
Logstor*# 2x32/140	PE-RT Type II SDR 7,4
	Produktionsdato: 17.06.2025
	Modtaget 20.06.2025
EcoTech/PipeLink# 40/90	TKX1040090KEV2
	Produktionsdato: 08.07.2025
	Modtaget 27.07.2025
Uponor# 2x25/140	UPONOR ECOFLEX VIP THERMO TWIN MLCP
	Produktionsdato: Xx/xx xxxx
	Modtaget 10.08.2025

Korrugeret kapperør

* Diffusionsspærre

Bestemmelse af varmekonduktivitet blev gennemført ved hjælp af sondemålinger i forskellige positioner i isoleringsmaterialet.

Ved prøvning af rørenes varmekonduktivitet blev der anvendt en middelmåletemperatur på ca. 50 °C, således at der bestemmes en varmekonduktivitet ved 50 °C (λ_{50}).

Resultater af bestemmelse af varmekonduktivitet blev sammen med måling af afstand mellem medierør anvendt til beregning af isolans mellem medierør samt beregning af en samlet U-værdi for hele røret.

Medierørsafstanden blev bestemt i min. 10 tværsnit fordelt over hver rørrulles længde.

U-værdi blev beregnet for deltagende twinrør baseret på simulering i COMSOL Multi-physics (Heat Transfer in Solids).

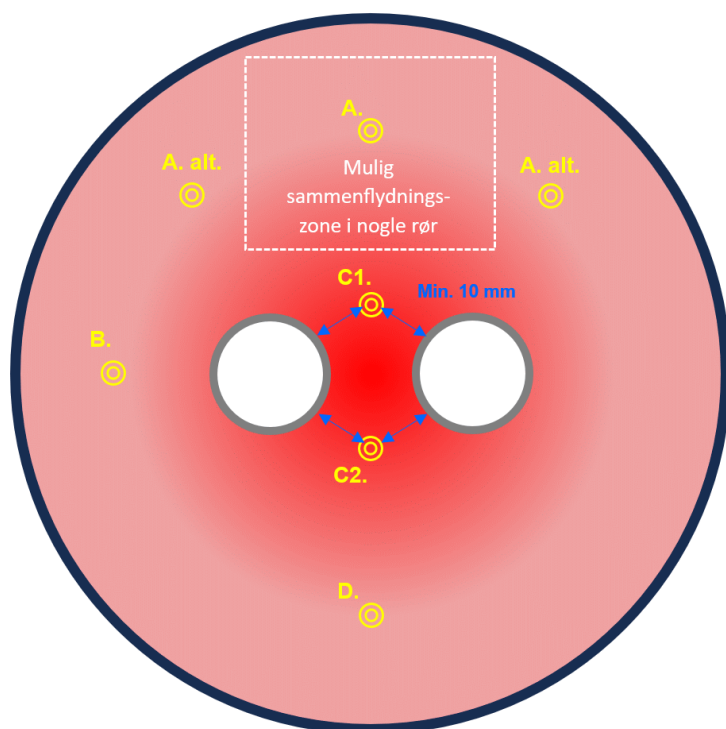
I årets Præørskontrol blev der udført målinger af vandlækage igennem et helt rør med isoleringsmateriale og rørkappe.

Prøverør bestemmelse af vandlækage var leveret af Ecotech/Pipelink og af typen:

- PEX enkeltrør PN6 Serie 1 (40/90 x 3,7)

Varmekonduktivitet for uældede og ældede fleksible twinrør

Bestemmelse af varmekonduktivitet blev udført i 5 målepunkter i tre snitflader. Placering af målepunkter er vist på nedenstående figur 1:



Figur 1. Målepositioner til bestemmelse af varmekonduktivitet

Måleresultater fra de enkelte målepunkterne anvendes til:

- Resultater fra målinger i punkterne A, B & D anvendes til bestemmelse af den overordnede varmekonduktivitet.
- Resultater fra målinger i punkterne C1 og C2 anvendes til bestemmelse af varmekonduktivitet tæt på og imellem medierørene for beregning af "kortslutning/isolans". Målepunkter er placeret min. 10 mm fra overfladen af medierørene.
- Målepunkt A flyttes til alternativ placering ved tydelige sammenflydningsfronter i måleområdet ved punkt A.

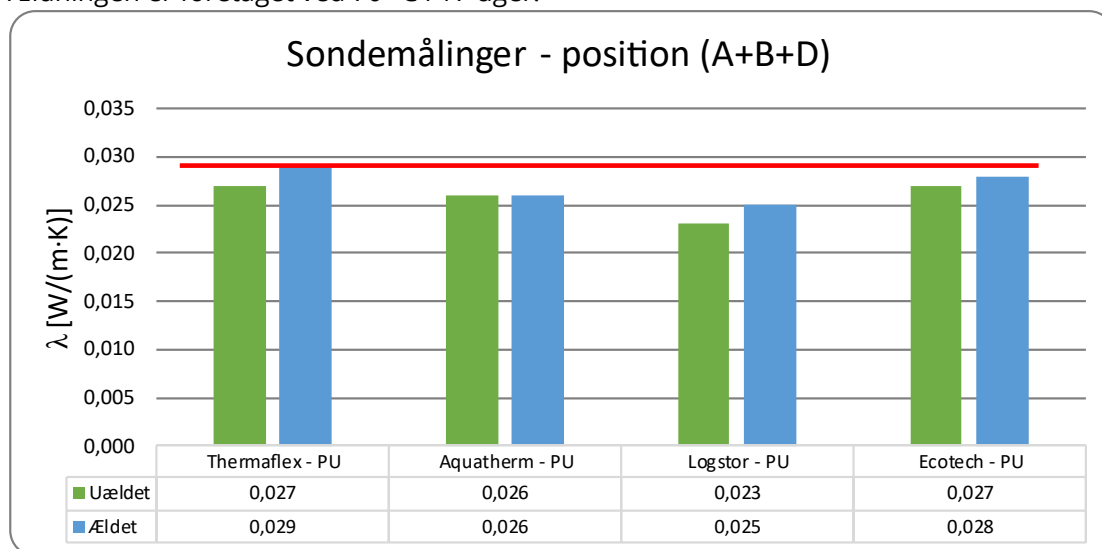
Ved stor afstand mellem medirør blev der fastholdt en lodret minimumsafstand mellem målepunkt C1 og C2 på 10 mm.

Ved prøvning af rørenes varmekonduktivitet blev der anvendt en middelmåletemperatur på ca. 50 °C, således at der bestemmes en varmekonduktivitet ved 50 °C (λ_{50}).

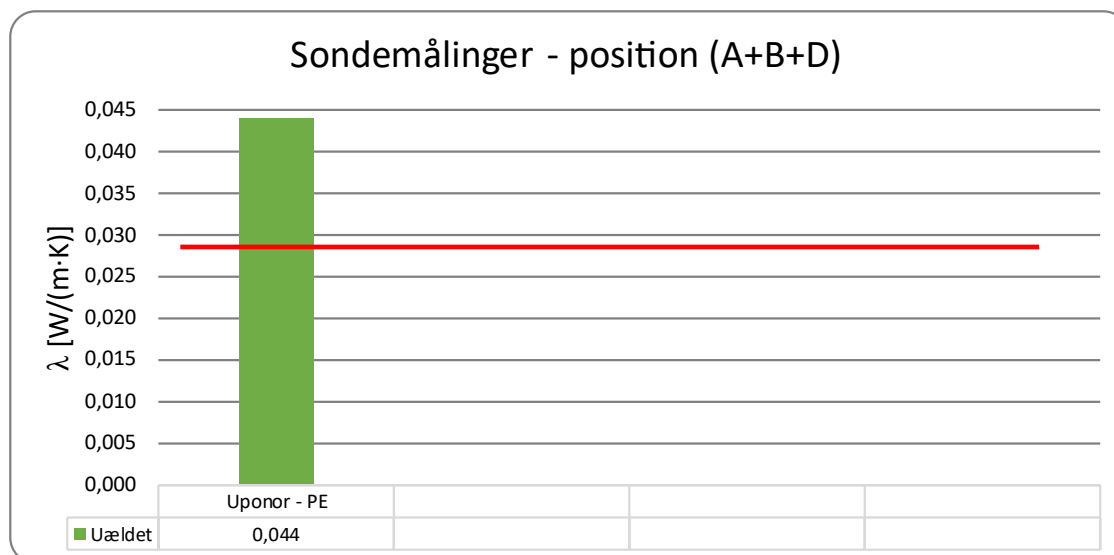
Resultater

Varmekonduktivitet for rør i Prærerørskontrollen 2025

Ældningen er foretaget ved 70 °C i 17 uger.



Figur 2. Grafisk præsentation af bestemte værdier for varmekonduktivitet for rør med PU-isolering



Figur 3. Grafisk præsentation af bestemte værdier for varmekonduktivitet for rør med alternativ isolering (Uponor). Varmekonduktivitet er alene bestemt i grå PE-isolering.

Kun røret fra Uponor overholder ikke standardens krav på 0,029 W/(m k) til uældet varmekonduktivitet i isoleringen/PUR-skummet.

De udførte sondemålinger viste en klar forskel i varmekonduktiviteten i forskellige positioner i de fleksible twinrør. Varmekonduktiviteten er for alle deltagere med twinrør klart højere omkring medierørene end i det øvrige isoleringsmateriale.

Høje værdier for varmekonduktiviteten centralt i de fleksible twinrør øger "kortslutningen" mellem fremløb og returrør. Det samme gør sig gældende, hvis afstanden mellem medierørene formindskes.

Stor afstand mellem medierørene giver en høj isolans og reducere varmeoverførselen mellem fremløb og retur. Omvendt stiger det samlede varmetab fra twinrøret til omgivelserne, fordi medierørene ligger tættere på rørkappen.

Varmetransmissionskoefficient (U-værdi) for fleksible twinrør

I årets Prærørskontrol er rørenes varmetransmissionskoefficient (U-værdi) bestemt ved simulering i beregningsprogrammet COMSOL Multiphysics (Heat Transfer in Solids). Programmet er anvendt til at simulere den stationære varmekonduktivitet gennem et 2D tværsnit, der repræsenterer medierør, isoleringskum samt yderkappe.

Valget af beregningsmetode skyldes den forholdsvis store forskel på de deltagende rørs opbygning der gør, at det ikke er muligt at anvende samme metode som i 2024, hvor af U-værdier blev beregnet med det formelsæt der er angivet i EN 15698-1: 2009 – annex B.

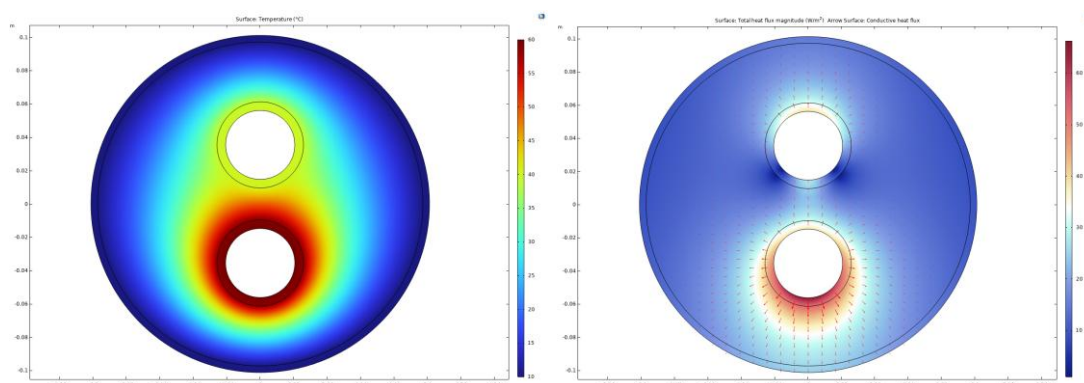
Beregningerne blev udført for stationære forhold, med henblik på at vurdere varmeudvekslingen mellem medierør, isolering, kapperør og omgivelser.

Der blev i forbindelse med beregningerne gjort følgende antagelser:

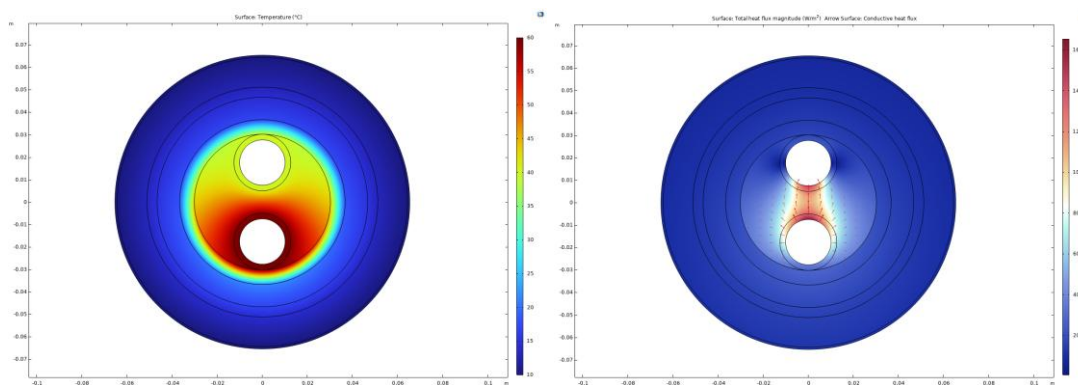
- Stationær tilstand uden transiente effekter.
- Ensartet og homogen termisk ledningsevne i alle materialeg.
- Ideelle, fuldt kontaktende grænseflader uden varmetab eller defekter.
- Dirichlet-randbetingelser: Temperaturen på fremløbsrøret, tilbageløbsrøret og yderkappen blev sat til hhv. 60 °C, 40 °C og 10 °C, svarende til typiske driftsforhold i praksis.
- Varmeoverførsel antages at være begrænset udelukkende af varmeledning gennem isoleringen; konvektion og stråling inddrages ikke i denne model.

Output fra beregningerne omfattede:

- Temperaturfordeling (se eksempel i figur 4 & 5)
- Varmestrømme (se eksempel i figur 6 & 7)
- Integrerede varmemstrømme ved de angivne temperatur-randbetingelser (se efterfølgende resultatskema). Disse værdier anvendes til at udregne U-værdierne



Figur 4 & 5: Temperaturfordeling og varmemstrømme i twinrør fra AquaTherm



Figur 6 & 7: Temperaturfordeling og varmestrømme i twinrør fra Uponor

Til beregning af varmetransmissionskoefficienten skal der ud over varmekonduktiviteten også anvendes data fra opmåling af de fleksible twinrør's dimensioner samt medierørens centerafstand.

Resultater

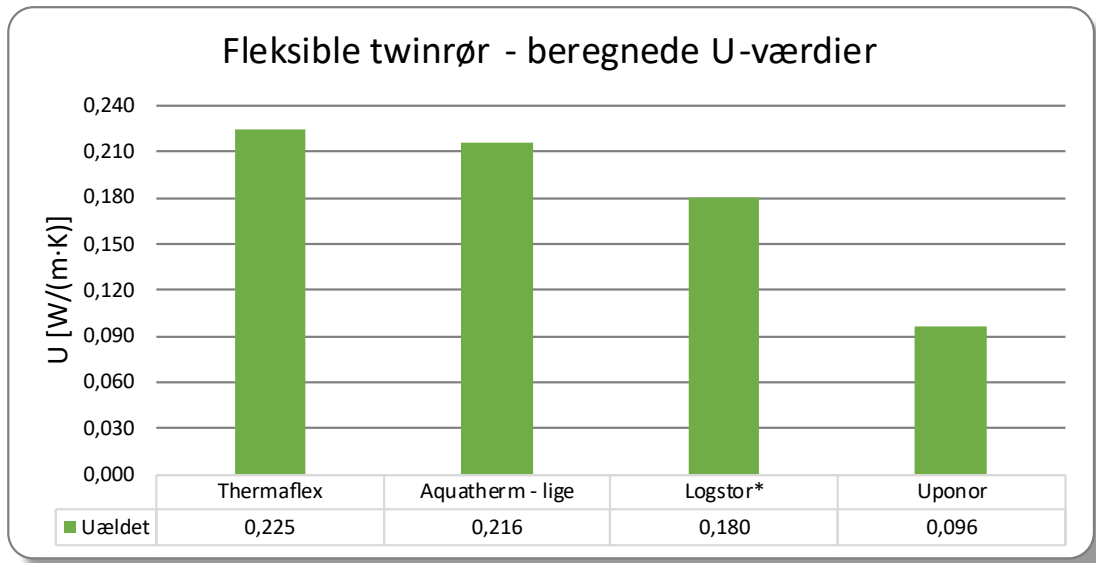
Nedenstående skema viser de beregnede værdier for varmetransmissionskoefficienten baseret på bestemte gennemsnitlige værdier for varmekonduktivitet og den gennemsnitlige centerafstand mellem medierør:

	Aquatherm	ThermaFlex	Logstor	Uponor
Fremløb varmefflux (W/m)	-6,591	-6,881	-5,635	-5,684
Retur varmefflux (W/m)	-2,032	-2,122	-1,580	1,842
Yderrør varmefflux (W/m) absolutværdi	8,623	9,002	7,215	3,842
Delta T [K]	40	40	40	40
Beregnet U-værdi [W/m/K]	0,216	0,225	0,180	0,096
Flux-ratio (fremløb/yderrør)	0,764	0,764	0,781	1,479

En negativ varmefflux fjerner varme fra fremløb og/eller returrør. En positiv varmefflux tilfører varme til fremløb og/eller returrør.

Varmefflux for yderrøret er en absolut værdi.

Nedenstående diagram viser en grafisk præsentation af de beregnede værdier for varmetransmissionskoefficienten



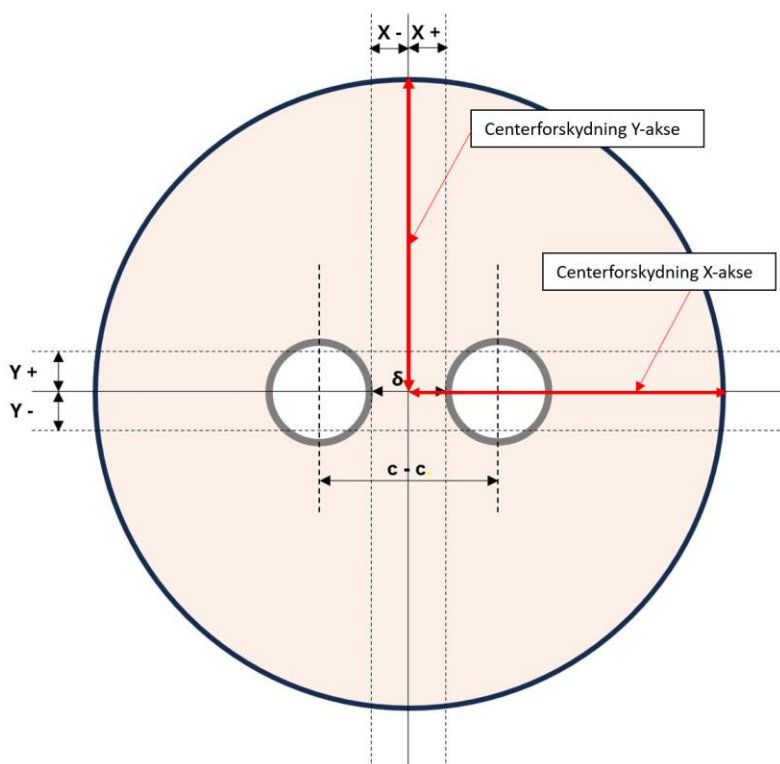
Figur 8. Grafisk præsentation af de beregnede værdier for varmetransmissionskoefficienten

Undersøgelse af afstand mellem medierør

Til undersøgelsen er der fra hver rulle (30 - 50 meter) udskåret 10 - 15 stk. rørstykker jævnt fordelt over hele rullens længde. For røret fra Aquatherm blev prøvestykker udskåret fra alle tre modtagne rørlængder.

I hver udskæringsposition er afstanden mellem medierør (δ), medierørscenterafstand (c-c) og placering af medierør i forhold til kapperør (centerlinjeforskydning) opmålt.

Figur 9 viser hvilke mål der er bestemt.



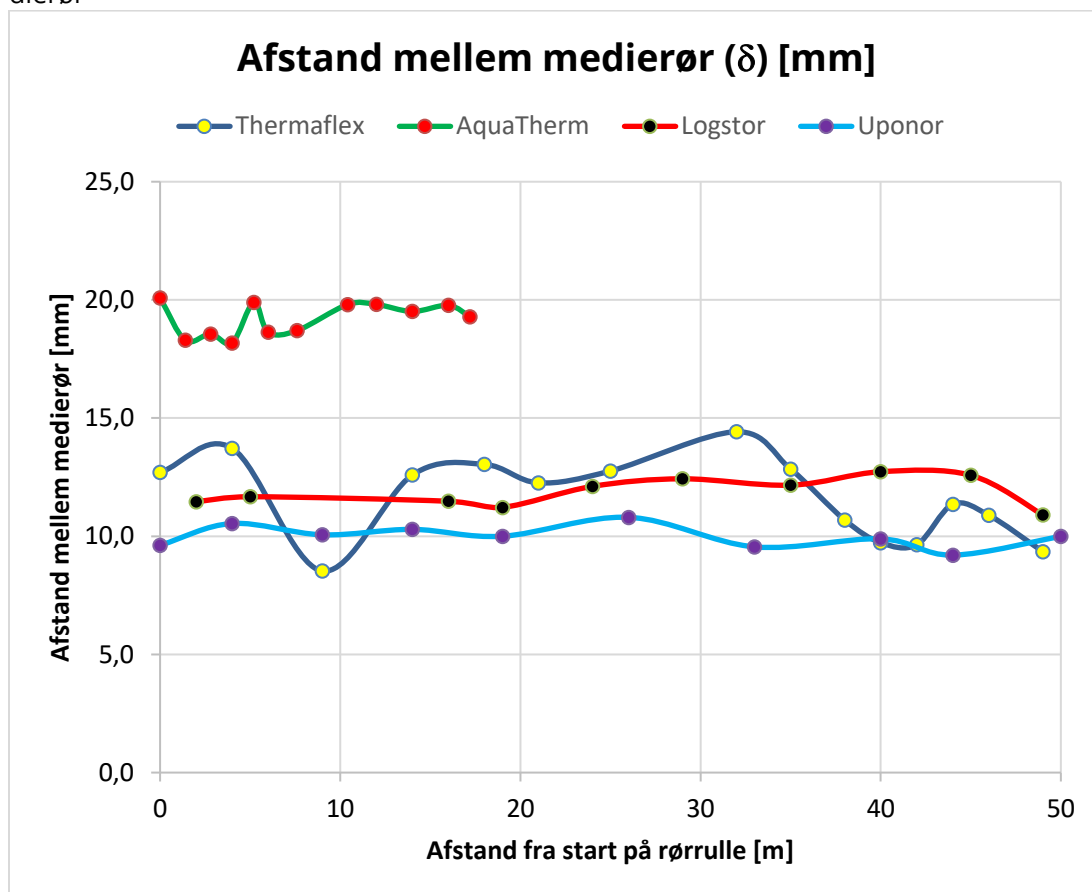
Figur 9. Tværsnit af fleksibelt twinrør med angivelse af medierørsafstand (δ), medierørscenterafstand (c-c) og centerlinjeforskydning

Resultater

De gennemsnitlige målte afstande mellem medierør er vist i nedenstående skema:

Producent	Afstand mellem medierør (δ)			
	Afstand mellem medierør [mm]	Std. afvigelse [mm]	Maks. [mm]	Min. [mm]
Thermaflex	11,6	1,7	14,4	8,5
AquaTherm	19,2	0,7	20,1	18,2
Logstor	11,9	0,6	12,7	10,9
Uponor	10,0	0,4	10,8	9,2

Nedenstående diagram viser en grafisk præsentation af alle målte afstande mellem medierør



Figur 10. Grafisk præsentation af de bestemte afstande mellem medierør.

De fleste undersøgte fleksible twinrør udviste en ret ensartet afstand mellem medierørerne over hele rullernes længde. De fleste rør udviste kun mindre udsving i størrelsesordenen 1 – 2 mm.

Kun røret fra Thermaflex udviste store udsving i medierørsafstanden. Her kunne der måles afstande mellem ca. 8,5 og 14,4 mm.

Producenternes strategi med valg af afstand mellem medierørerne er ikke ens, hvorfor rørenes termiske performance heller ikke er ens.

Rørenes nominelle størrelse påvirker også den valgte afstand. Fx er rørene fra AquaTherm lige rør og væsentlig større end de øvrige deltagende rør. Dette har helt sikkert en indflydelse på den valgte afstand mellem medierørerne, fordi der skal være plads til installation af fittings.

Placeres medierørene tæt på hinanden øges kortslutningseffekten mellem rørene. Samtidig forøges også varmekonduktiviteten i isoleringen mellem rørene, fordi isoleringsmaterialet (polyuretanskum) i forbindelse med opskumningsprocessen har svært ved at paccere snævre mellemrum og ophobes. Herved øges densiteten og den resulterende varmekonduktivitet.

Øget varmekonduktivitet omkring medierørene øger altså også kortslutningseffekten. Samlet set resultere dette i en høj kortslutningseffekt og et lavere varmetab til omgivelserne – lavere U-værdi.

Modsat giver stor afstand mellem medierørene en højere isolans og reducere varmeoverførselen mellem fremløb og retur. Dette betyder også, at det samlede varmetab fra twinrøret til omgivelserne stiger, hvis medierørene ligger for tæt på rørkappen – højere U-værdi.

De fleste leverandører (3 ud af 4 deltagende leverandører af twinrør) har en middelfastand mellem medierørene på mellem 10 og 12 mm, hvilket må formodes at være tæt på den optimale afstand.

En enkelt leverandør (Uponor) har på grund af den specielle opbygning af røret en ekstra udfordring med kortslutning mellem medierørene. Dels er isoleringsevnen i det valgte afstandsmateriale mellem medierørene ikke på samme niveau som de øvrige rør, dels bevirker placeringen af det specielle VIP-lag, at varmetabet til omgivelserne er lavt. Samlet set giver dette en lav U-værdi for røret som helhed, men kortslutningseffekten mellem medierørene er høj.

Beregning af kortslutning/isolans

I nedenstående skema er gentaget de gennemsnitlige afstande der er målt mellem medierørene. Ligeledes er vist de bestemte værdier for varmekonduktiviteten central omkring medierørene.

	Afstand mellem medierør (δ)	Bestemt varmekonduktivitet (λ) (C1+C2)
Producent	[mm]	[W/m K]
Thermaflex	11,6	0,030
AquaTherm	19,2	0,031
Logstor	11,9	0,027
Uponor	10,0	0,065

Materialeisolansen mellem medierørene kan herefter beregnes ud fra formlen:

$$R_m = \frac{\delta}{\lambda}$$

Hvor δ er tykkelse af materialelag og λ er varmekonduktiviteten.

Resultater

Nedenstående skema viser den beregnede isolans i materialelaget (høje værdier er bedst!).

Gennemsnitlig isolans i materialelag R_m	
	Uældet
	[m ² K/W]
Thermaflex	387
AquaTherm	619
Logstor	441
Uponor	153

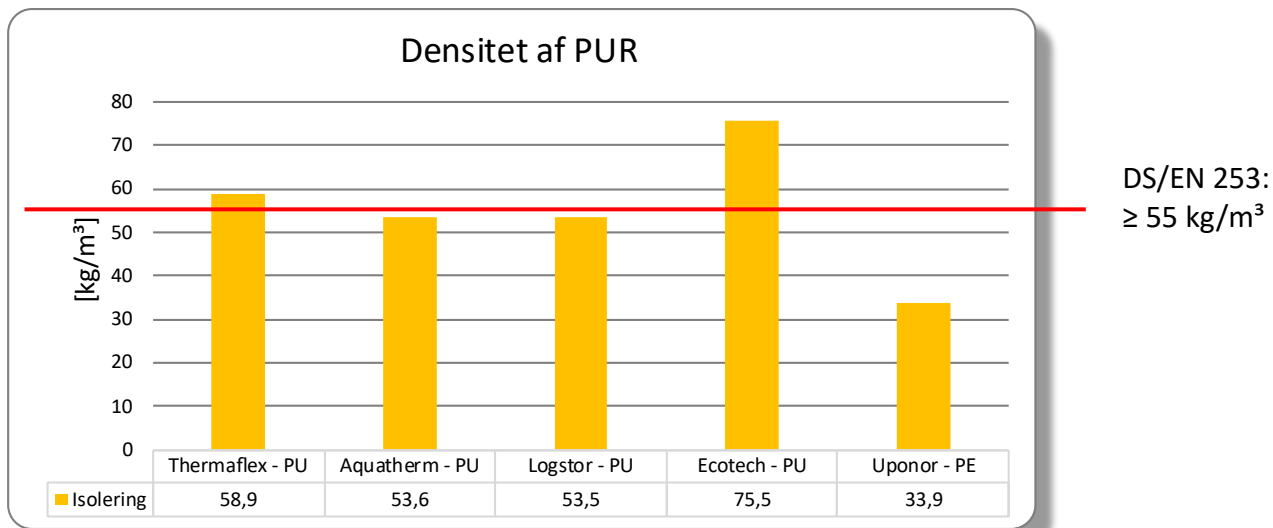
Resultatet af beregningerne viser, at røret fra Logstor har næsten 3 gang højere isolans i materialelaget end røret fra Uponor. Dette forhold skyldes i høj grad den specielle opbygning af Uponor-røret.

Røret fra Thermaflex er næsten på niveau med røret fra Logstor og har også en god isolans.

Isolans for Aquatherm kan ikke direkte sammenlignes med de øvrige rør, da røret er væsentlig større og ikke er et fleksibelt twinrør.

Densitet i isoleringsmaterialer – deltagende rør

Resultater



Figur 11. Grafisk præsensation af bestemte værdier for densitet i isoleringseskum for alle rør

Det lige twinrør fra AquaTherm har en gennemsnitlig densitet i PUR-isoleringen på 53,6 kg/m³, hvilket er lige under kravet i standarden (DS EN 253).

Densiteten i røret fra Uponor er bestemt i det grå PE-skum der er anvendt i isoleringsopbygningen.

Der er ingen krav til densitet i fleksible rør.

Vandlækage (vanddamppermeabilitet) i et helt fjernvarmerør med isolering og kappe

Foreløbig

I årets Prærørskontrol blev der udført målinger af vanddamppermeabilitet i et helt fjernvarmerør med PEX-rør, PU-isolering og yderkappe i PE-HD.

Røret var leveret af Ecotech/Piepink og var af typen 40/90 DN32 40x3,7 PEXa SDR11.

Baggrund:

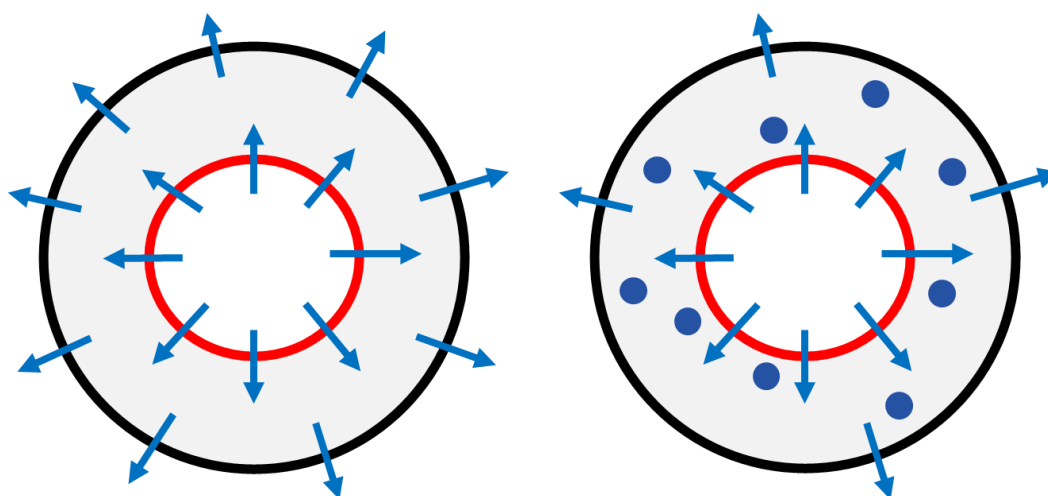
Baggrunden er tidligere gennemførte målinger af vandlækage, hvor der er målt lækage af betydelige mængder vand ud gennem rørvæggen på plastmedierør, hvorimod der på rør med aluminiumsbarriere stort set ikke måles nogen vandlækage.

Det antages at kapperøret også vil fungere som en barriere for vandtransport. Spørgsmålet var, om vandtransporten ud gennem kappen var stor nok til, at der ikke akkumuleres vand i isoleringen.

Kapperøret er også et plastrør og dermed permeabelt overfor vand på samme måde som medierøret.

Temperaturen i kapperøret har stor indflydelse på permeabiliteten ligesom vægtykkelse og overfladeareal også har en stor betydning:

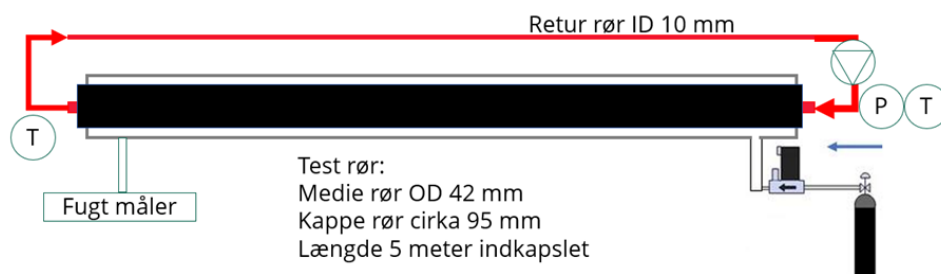
- Lavere temperatur → lavere permeabilitet og omvendt (højere temp. → højere perm.)
- Større godstykkelse → mindre permeabilitet og omvendt
- Større overfladeareal → større permeabilitet og omvendt



Figur 11. Vand diffunderer ud af medierøret igennem rørvæggen. Isoleringen er mere åben, og diffusion sker hurtigere gennem denne. Spørgsmålet er: Bevæger vandet sig videre ud gennem kapperøret (figur til venstre) eller akkumuleres vandet i isoleringen som flydende vand (figur til højre).

Måleopstilling

Nedenstående figur viser en principskitse af testopstillingen, hvor hele fjernvarmerøret ligger inden i et stålrør. Stålrøret er forseget i begge ender.



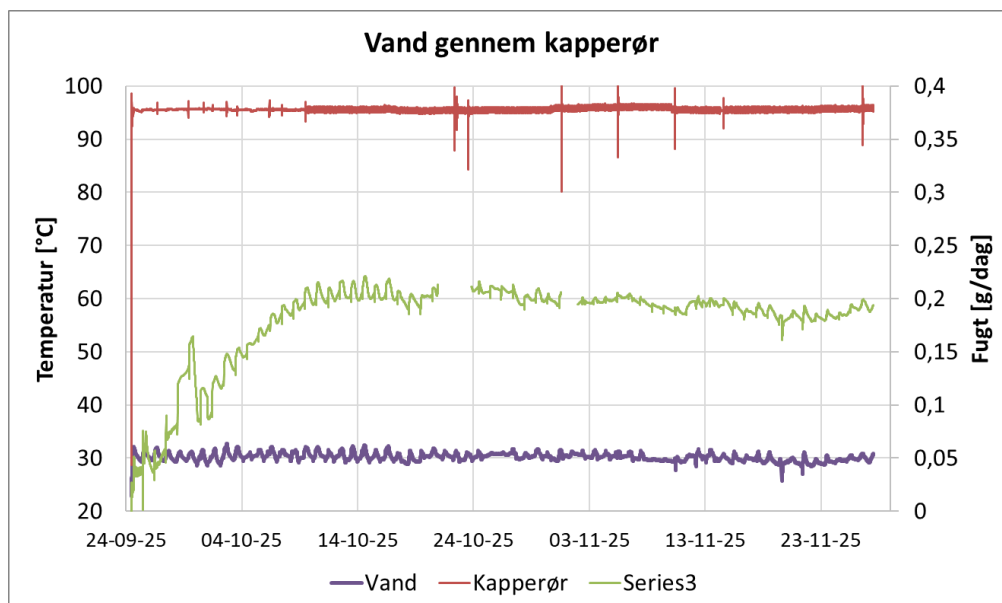
Figur 12, Skitse af test opstilling.

Det præisolerede fjernvarmerør er monteret i et ydre stålrør med lufttæt pakning mod flanger i begge ender. Længden af stålrøret er 5,0 meter. Medierøret indeholder vand ved 96 °C og et tryk på 6 bar. Vandet cirkuleres, så temperaturen i medierøret er konstant inden for ± 1 °C.

På ydersiden af kapperøret – inde i stålrøret – ledes en konstant strøm af tør nitrogen, og den udgående gas analyseres for vandindhold.

Måleresultater:

Der blev anvendt et nitrogenflow i hulrummet mellem kapperør og stålrør på 100 ml/min. Ved dette flow blev der målt en fugtighed på 1768 ppm (korrigeret efter kalibrering). Det svarer til en vandlækage på 41 mg/(m døgn) = 0,205 g/døgn.



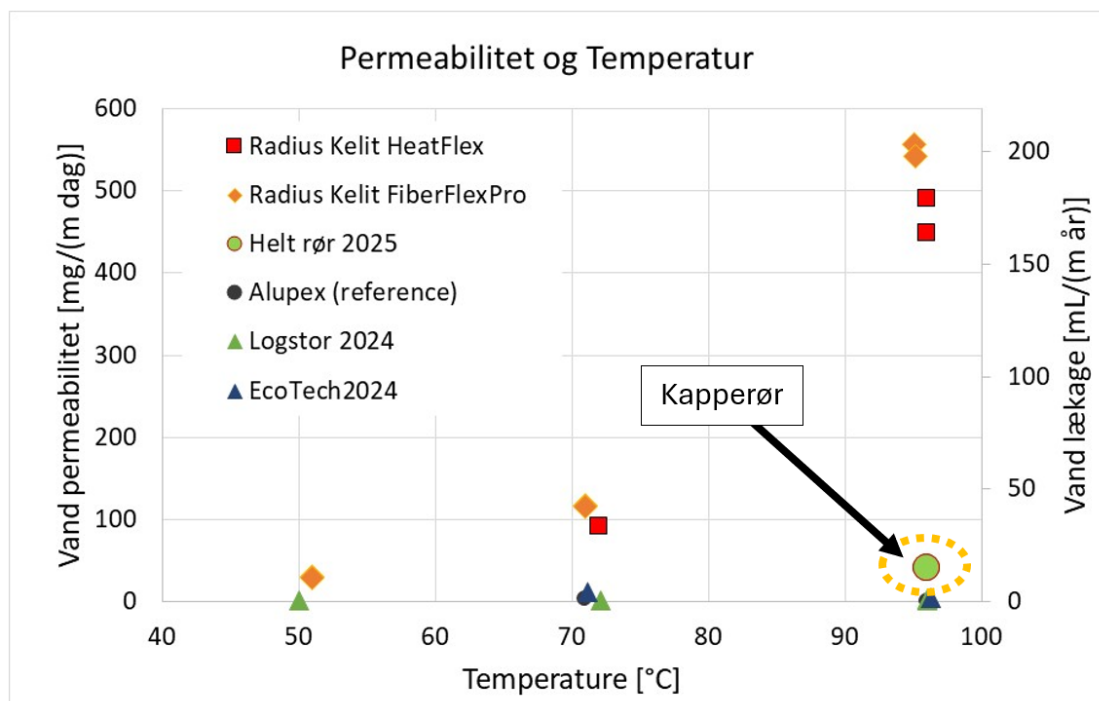
Figur 13. Temperatur af vand i medierør og temperatur på kapperør sammenholdt med fugtmåling. I løbet af perioden 24/9 til 9/10 bliver vandtransporten ud af kapperøret konstant. Derefter var den stort set konstant frem til testen blev afsluttet. Kapperørets temperatur var ca. 30 °C og vandtemperaturen var ca. 95 °C. Vandtryk var ca. 6 bar.

Medierøret ved denne test varierer mellem $\varnothing 41$ & $\varnothing 42$ mm og havde en godstykkelse på 3,9 – 4,0 mm. Tidligere undersøgte medierør modtaget fra Dansk Fjernvarme var af størrelsen $\varnothing 32$ mm og 2,9 mm godstykkelse.

Når der korrigeres for disse størrelsesforskelle, var det forventet, at det aktuelle rør ville have en vandlækage på ca. 670 mg/(m·døgn) – svarende til ca. 3,35 g/døgn for hele røret (5 m).

Testen forløb over 64 døgn. Den forventede lækage ud af medierøret (ud fra tidligere målinger) minus den målte lækage ud gennem kapperøret giver en forskel på ca. 3 g/døgn. En testperiode på 64 dage svarer til ca. 192 g vand der "mangler" i regnskabet

I figur 14 er vist tidligere målinger af vandtransport ud gennem rørvæg på forskellige medierør sammenlignet med vandtransport ud gennem kapperør.



Figur 14. Tidligere målinger af vandtransport ud gennem rørvæg på medierør sammenlignet med vandtransport ud gennem kapperør.

Vejning af rørstykker – bestemmelse af fugtindhold:

Efter testens afslutning er testrøret opskåret i mindre stykker, vejnet og placeret i et varmeskab ved 75 °C for udtørring. Rørstykkerne vejes med passende intervaller indtil der ikke længere kan detekteres et vægttab.

Under tørringen har rørstykkerne indtil videre samlet tabt 125 g (pr. 15. december 2025).

Vejning af rørstykker fortsættes året ud.

Prøvningsrapporter

Alle prøvningsrapporterne fra Præørskontrollen 2025 der ligger til grund for denne samlede slutrapport er fremsendes i selvstændig form, da det ikke er muligt at indeholde/kombinere disse med slutrapporten på grund af den digitale signering.

Udarbejdede prøvningsrapporter for Præørskontrollen 2025:

-  Præørskontrol 2025 - Beregning af U-værdi.pdf
-  Præørskontrol 2025 - Densitet - Uponor.pdf
-  Præørskontrol 2025 - Densitet i PUR-skum F295752RA01.pdf
-  Præørskontrol 2025 - Medierørsafstand _ Isolans.pdf
-  Præørskontrol 2025 - Permeabilitet i fjernvarmerør - foreløbig.pdf
-  Præørskontrol 2025 - Varmekonduktivitet.pdf

Aarhus den 15. december 2025

Jørn Bech
Seniorspecialist

Telefon: 72 20 16 74
E-mail: jrb@teknologisk.dk