

Notat

## Rapport tilstandsvurdering af rør i drift vers. 001

F & U projektnummer 2020-04



Effektiv forsyning,  
til for dig

17-02-2021

Sagsnr.  
S-2020-0931

Ref.  
kbr



## Indhold

|   |    |
|---|----|
| Rapport tilstandsvurdering af rør i drift vers. 001 .....           | 1  |
| Resumé.....   | 3  |
| Baggrund .....  | 4  |
| Formål: Test af metoden Long Range til detektion af korrosion ..... | 6  |
| Metodebeskrivelse .....   | 7  |
| Case: Jyderup.....  | 8  |
| Faseopdeling af projektet.....                                      | 9  |
| Resultater .....  | 10 |
| Konklusion .....  | 16 |
| Perspektivering.....  | 16 |

## Resumé

### **Kan man bruge kendt måleteknologi til at måle godstykkelse på nedgravede fjernvarmerør i drift?**

Vi satte os for at teste om kendt måleteknologi med ultralyd kunne anvendes til at identificere tæring og slagger i fjernvarmerør i drift.

Metoden er Long Range (Guided waves), hvor en målemanchet samles rundt om et isoleret stykke af røret og herefter sendes ultralyd i begge retninger. Forandringerne i røret aflæses på en tilknyttet pc i form af en kurve. Her vil svejsninger, tilhæftninger, tæring og slagger fremgå som peaks.

Trods systematik og vedholdenhed blev pilotprojektet afsluttet med den konklusion, at ledningens isolering af polyuretanskum har en markant dæmpende virkning på ultralydens udbredelse i ledningen ved brug af måleudstyret Long Range (Guided waves).

Vi fandt frem til, at der var en smule bedre effekt ved lav frekvens, men ikke noget i en størrelsesorden, som er brugbart til formålet. Inden forsøgets start var den forventede inspektionslængde op til 100 meter, men i forsøgene nåede vi aldrig over 15-20 meter ved den bedste frekvens og ofte ikke over 10 meter.

Trods de dårlige resultater fastholdt vi i projektet en systematisk tilgang til at afdække måleresultaterne på flere typer og størrelser af ledninger samt forskellige typer målehoveder og forskellige frekvenser.

Den korte inspektionslængde betød desværre også, at det ikke blev muligt at få data af en sådan kvalitet, at tæring i godstykkelsen kunne detekteres. Vores testcase havde ellers til formål at afdække, hvilken nøjagtighed tæringerne kunne eftervises med.

Det er fortsat økonomisk interessant at arbejde på at finde en teknologisk løsning, som kan måle på rør i drift.

## Baggrund

I fjernvarmens barndom, da rørene blev lagt, var ledningsregisteret ofte placeret i hukommelsen på en medarbejder eller i bedste fald som en skitse på værket. Derfor er det ikke altid, at vi ved, hvad vi har i jorden.

Fjernvarmen er under forandring, og der stilles nye krav til benchmarking, asset management og POLKA. Det er en udfordring for mange af de varmeselskaber, som ikke har det fulde kendskab til de rør, vi har i jorden. Det gælder også, når man har et brud og skal beslutte, om hullet skal lappes, eller om hele røret bør skiftes.

Danske fjernvarmeselskaber mangler et nyt proaktivt værktøj i kassen, som kan vurdere beskaffenheden af rør i jorden både i drift, i planlægning og når det handler om værdiansættelse og prioritering. I dag har vi termografering, som først kan anvendes, når der er sket et brud.

Nogle af de udfordringer fjernvarmeværkerne kan møde, når der opstår brud er:

- Brud giver en usikkerhed og belastning i budgettet og i sidste ende i både i selskabs- og kundeøkonomien. Det kan påvirke andre prioriteringer som for eksempel renoveringsbudgettet.
- Det er dyrt for både kunder, fjernvarmeselskabet og miljøet, når der er brud.
- Forsyningssikkerheden bliver mere udfordrende at håndtere.
- Brud giver problemer og tabte indtægter hos det lokale erhvervsliv, som er afhængig af varmt vand eller varme. Ligesom kunderne og særligt institutioner bliver hårdt ramt af manglende fjernvarme.
- Uopdagede brud i rør under en hovedvej eller jernbanestræk er kritiske. Sandmateriale kan vaskes væk, og der kan opstå et hulrum under banen med katastrofale følger. At åbne ned til denne type rør er meget omkostningstungt, og i dag kender man reelt ikke til rørenes tilstand.
- Når rørledninger tappes for vand, og fyldes igen opstår der rystelser i nettet. For i forvejen skrøbelige og gamle rør, er det en belastning der ofte fører til flere utætheder eller hvis ikke brud.
- Grave arbejdet i vejene er til gene for hele det omkringliggende samfund.

- Ved brud spildes mange tusinde m<sup>3</sup> varmt fjernvarmevand. Vandet er drikkevand, som i de kommende år kan blive en knap ressource.

Bedre kendskab til ledningsnettets beskaffenhed kan give følgende fordele:

- Når vi kender mere til rørenes tilstand, kan vi agere på forkant og tage det med i prioriteringer og budgetlægning.
- Driftsbudgettet kan bruges proaktivt og målrettet med rettidig handling i stedet for ved brud og brandslukning.
- Kritiske ledninger med kompliceret adgang kan måles fra begge sider, før det komplicerede stykke.
- På sigt forbedres forsyningssikkerheden i de problematiske områder.
- Det bliver nemmere at sikre kunderne en stabil pris.
- Arbejdet med asset management kan blive mere fokuseret - ligesom indberetning til POLKA og benchmarking. Målingerne kan hjælpe selskaberne ind i den nye regulering på konstruktiv vis.
- Samfundsmæssigt giver ikke-varslede opgravninger og lukket varmforsyninger ofte større gener for trafik, kunder og erhverv end varslede lukninger.

## Formål: Test af metoden Long Range til detektion af korrosion

Projektets formål er at få demonstreret og testet Long Range (Guided waves) metoden til at detektere korrosion på rør i drift uden at skulle tømme rørene eller blotlægge hele røret.

Metoden er enkel, hurtig og forholdsvis billig.

Projektet skal belyse, om denne metode kan blive et værktøj for fjernvarmeselskaberne til at få styr på rørenes beskaffenhed og aktiver i jorden. Og samtidig bidrage til at stabilisere økonomien ved at gøre det muligt at flytte påtvungne udgifter forbundet med brud, over til planlagte udgifter til renoveringsopgaver.

Hvis projektet med Long Range giver positive resultater, kan det spare ressourcer for både kunder, selskaber, samfund og miljø.

Fokus vil være på, hvordan vi med metoden som værktøj kan:

- Teste og afprøve anvendeligheden til tilstandsvurdering af rør i drift på vegne af fjernvarmeværker i hele Danmark.
- Stole på de resultater metoden leverer. Altså en validering af metodens præcision, når den anvendes på fjernvarmerør i drift. Det gør vi på de rør, som, metoden viser, bør udskiftes frem for repareres.
- Prioritere indsats ved brud. Skal der repareres eller udskiftes rør?
- Identificere tilstanden på rør, der ligger på kritiske og svært tilgængelige stræk uden at grave i hele strækningen (jernbane og trafiktunge veje).
- Oparbejde generelt kendskab til sandsynlige konditioner på identiske rør (og tidsrum), ved hjælp af erfaringer fra scanninger af brud.
- Skabe grundlag for at optimere asset management, benchmarking og POLKA.
- Skabe grundlag for bedre styring af budgetter på sigt til henholdsvis brud og planlagt vedligeholdelse, samt øget kendskab til nettets tilstand for at kunne optimere budget- og planlægningsprocesser.
- Tilegne os væsentlig, faktisk information til vores ledningsregister om ukendte rørs fabrikat, alder og rørenes support/ophæng.

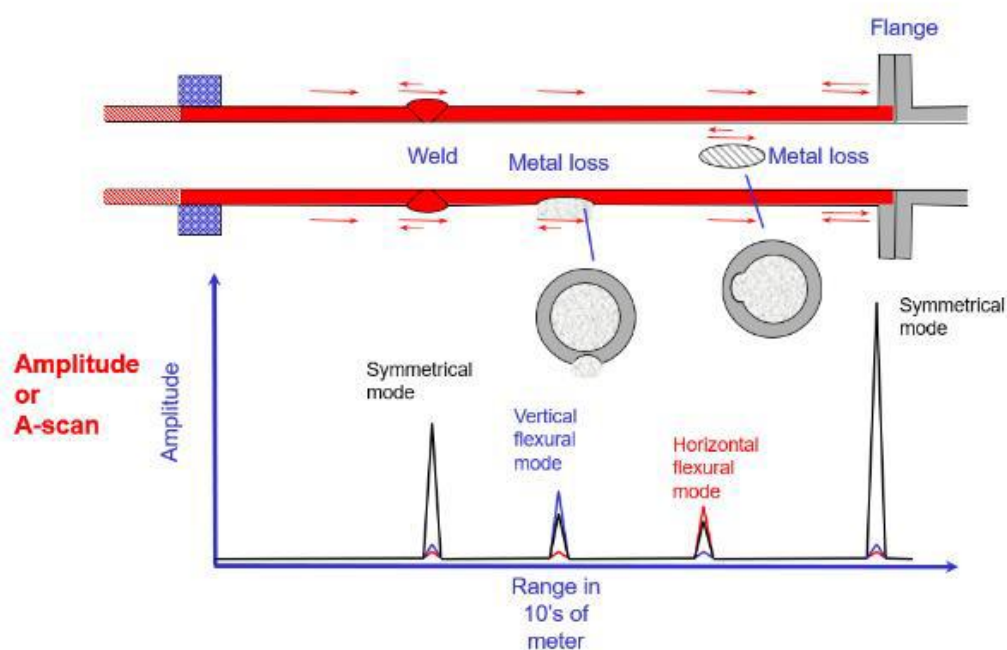
## Metodebeskrivelse

Long Range (Guided waves) metoden er en ultralyds screening, som viser ændringer i rørets tværsnitsareal. Kritiske områder inkl. huller detekteres, hvor godstykkelsen er reduceret med 15-20 % eller mere grundet korrosion.

Metoden er enkel og hurtig. En lille del af røret fritlægges, isoleringen afmonteres på et område på cirka 30 cm, LR-ringen monteres på røret, og derefter kan målingen foretages på røret, mens det samtidig leverer fjernvarme til kunderne. Det hele tager cirka 20 minutter. Målingen udgår fra LR-Ringen i begge retninger på røret.

Hvis der ønskes en mere nøjagtig måling af de områder, som Long Range har detekteret, kan der foretages en separat måling på det detekterede problemområde med f.eks. en ultralyds-scanner. Long Range metodens rækkevidde er afhængig af rørets korrosionsmæssige tilstand, antal rørbøjninger, supports- (understøtninger) og rørtype. Man kan under optimale forhold undersøge op til cirka 100 meter fra hver måleposition.

### Long Range Ultrasonic Pipe Screening



## Case: Jyderup

Jyderup er et fjernvarmeområde fra 1960'erne med knap 1000 målere. Størstedelen af kunderne har direkte anlæg. Det vil sige, at det er vandet fra distributionsnettet, som løber videre i kundernes radiatorsystemer.

Området er repræsentativt for fjernvarmerørens udvikling gennem tiderne. Der er rør i betonkanaler, rør i bitumen, stjerne-, løgstør- og fast rør.

Der er to jernbanestrækninger samt fjernvarmerør under Skovvejen, som er en firesporet hovedvej mellem Knabstrup og Kalundborg.

Området er præget af mange og store brud, mangelfulde data på de ældste rør, et stort varme tab og masser af potentiale for besparelser blandt andet ved at blive i stand til at planlægge renovering og udskiftninger målrettet og kvalificeret.

Derfor bliver varmen i Jyderup prioriteret i de kommende år. Der investeres i udskiftning af gamle kedler, som skal erstattes med varmepumper som led i optimeringen af vores fjernvarmenet. Det er vores håb, at Long Range metoden kan hjælpe os med til denne fokusering, da denne testcase umiddelbart har potentiale til at kunne kvalificere vores rørregister betydeligt.

Jyderup er en oplagt case til at teste metoden Long Range på mange forskellige rørtyper og tilstande i.



## Faseopdeling af projektet

Fors A/S har samarbejdet med Force Technology. Fors A/S har inden projektstart (i fyringssæsonen) dronetermograferet hele området. Det giver et overblik over, hvor i distributionsnettet der er brud samt bruddenes størrelse.

### *Fase 1. forundersøgelse*

I Jyderup har vi tre særligt interessante/kritiske steder, vi vil have testet i en for-analyse. De er kritiske for os, så vi ønsker at teste dem så hurtigt som muligt.

Indledningsvis startede vi med Long Range-målinger på de to jernbanestrækninger samt rørunderføringen under hovedvejen. Den ene strækning under jernbanen ligger i en ingeniørgang. Den anden er nedgravet.

Både medarbejdere og rådgiver var med i opmålingen i fase 1 for at se hvordan undersøgelsen foregår og hvilke muligheder der er.

### *Fase 2, scanning af brud, lækager og validering (start umiddelbart efter fase 1)*

Fors A/S har på baggrund af termograferingen udpeget de problemområder, der skal undersøges nærmere og repareres.

Det var planlagt således, at der skulle graves huller nok til, at rådgiver har målinger nok til en dags arbejde. Dette skulle gentages efter behov. Hensigten var, at der efterfølgende skulle sættes der gang i reparation eller udskiftning af det pågældende rør på baggrund af scanningsresultaterne, inden hullet blev lukket igen. I de situationer, hvor man fandt at røret skulle udskiftes, ville der have været udført kontrol af målingens resultater ved, at røret gennemskæres, og måleresultaterne på denne kunne måle valideres.

Der var planlagt med opsamlende møder, hvor rådgiver, medarbejdere fra driften og projektleder kunne drøfte resultater og erfaringer, og vurdere, om det eventuelt krævede justeringer i fokusområde eller fremgangsmetode.

## Resultater

Vi testede i en periode fra juli til ultimo september 2020.

Måleudstyret gav forskellige udfordringer, og indledningsvis viste de ingenting. Det forsinkede og ændrede vores testplan og tilgangen til målingerne. Faktisk blev fase 1 udvidet en del, mens det ikke gav mening at gå i gang med fase 2.

Hvor vi indledningsvis forventede at gå direkte i gang med måling på rør i drift, skulle vi i stedet som det første undersøge, hvordan vi fik brugbare data ud af målingerne. Så vi måtte i stedet starte med at måle på helt nye rør. Det vil sige rør, hvor vi i forvejen kendte resultatet. Vi målte derfor på helt nye 12 meters rør, som ikke var taget i brug.



Force Technologys leverandører af måleudstyret blev involveret. De foreslog, at vi prøvede med nyere målehoveder, som måler ved lavere frekvens. De sendte nyt måleudstyr fra England. Det gav læsbare resultater. Nu havde vi en indikation af, at inspektionen af de helt nye 4" rør sluttede efter 12 meter.

Herefter startede en udveksling af målehoveder i forskellige størrelser og frekvenser over Nordsøen.



Næste fase blev at måle på ældre sammensvejsede rør, som var gravet op og nu lå på jorden. Her målte vi afstanden op fysisk til sammenligning med de digitale måleresultater. Det tegnede indledningsvist succesfuldt, men krævede yderligere justeringer og behandling af data.

Vi kunne se signaler, som indikerede sammensvejsninger, men de var forholdsvist svage og utydelige. Derfor bad vi leverandøren i England om at rense data op og spurgte, om de kunne instruere i, hvordan udstyret kom til at virke til opgaven. Selv om de prøvede at rense

data op, blev det ikke så optimalt, at det kom til at stemme overens med de fysiske opmålinger, og de blev aldrig gode. De kom med et forslag om, at vi lagde madfilm mellem rørene og målehovederne for at sikre en bedre kontaktflade mellem rør og instrument. Det testede vi af og konkluderede, at det ikke havde en effekt.

Herefter forsøgte vi forskellige målehoveder. Vi målte på rør i gangtunneler, rør under jernbanen i ingeniørgang, rør i jorden, retur- og fremløb, forskellige aldre, størrelser og producenter.

Selv der hvor skummet om de ældste rør var krympet og efterlod et hulrum mellem rør og skum, opnåede vi ikke signaler af sådan en kvalitet, at vi kunne detektere tæringerne. Vi kunne i bedste fald vurdere, at røret sandsynligt ændrede retning ved et lille buk, umiddelbart efter opgravningen.

Vi måtte desværre afslutte vores projekt uden at påbegynde fase 2, som var efterprøvning af de målte resultater med en gennemskæring af røret.



## Rapport

Afd. 151 NDT Services

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| Kunde<br>Fors A/S<br>Tåstrup Møllevej 5<br>4300 Holbæk<br>Att. Kamille Brix<br>Projektudvikler, Plan, Udvikling og Gis | FORCE Technology projekt nr.<br>120-26739-OPS. |                  |
|  | Kunde ref.<br>Kamille Brix                     |                  |
|  | Projekt Manager<br>Jens Peter Bertelsen        |                  |
|  | Antal sider<br>4                               | Antal bilag<br>0 |

|  |                   |                    |         |
|--|-------------------|--------------------|---------|
| Title<br><br><p style="text-align: center;"><b>Opsummering på Long Range (Guide Wave Ultralydsundersøgelse)<br/>på 4" og 6" fjernvarmerør.</b></p> |                   |                    |         |
| Rapport nr.<br>120-26739-OPS   | Revision No.<br>0 | Dato<br>05-10-2020 | Periode |

| Dato       | Forberedt af<br>FORCE Technology |  | Godkendt af |
|------------|----------------------------------|--|-------------|
| 05-10-2020 | J. Peter Bertelsen               |  |             |

Prøvningsrapporten må kun gengives i uddrag med FORCE Technology's skriftlige tilladelse. Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de prøvede emner.

## Long Range test på 4" og 6" Fjernvarmerør



| Revision nr.. | Dato       | Revision beskrivelse                          | Forberedt af |
|---------------|------------|---|--------------|
| 0             | 13-08-2020 | Nyt dokument                                  | JSB          |
| 1             | 05-10-2020 | Guided Ultrasonic bemærkninger til målingerne | JSB          |

**Baggrund.**

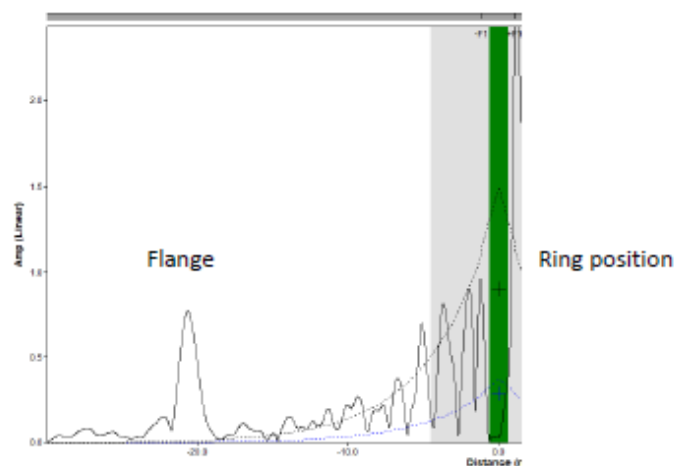
På baggrund af henvendelse fra Kamille Brix, Forc A/S har FORCE Technology gennemført en række målinger med Long Range for at undersøge mulighederne for detektering af korrosionstilstanden af nedgravet Fjernvarmerør.

Rørene er af typen IsoPlus: Præisoleret rør, hvor isoleringen er Polyuretanskum med Polyethylen Kapperør.

Ved Long Range (LR)-undersøgelse af rør med fabriksmonteret Polyuretanskum, forventes der en undersøgelses længde på op til ca. 15-20 meter, målt fra hver side af LR- bælte, som er monteret rundt på røret. Dvs. undersøgelses længde på i alt ca. 30-40 meter idet LR-bæltet udsender lyd i begge retninger.

Der er lavet test på 4" og 6" rør på forskellige lokationer i Jyderup, Roskilde og Kalundborg, i perioden 23/6 til 29/9-2020.

Nedenstående billede viser test på et 6" rør foretaget på Fors Varme, Lyngvej 6, Jyderup d. 29/9-2020. Skanningen viser målingerne på røret under jernbanen og er et typisk signal for de målinger der er foretaget.



Generelt har målingerne vist kort inspektions længde, typisk max. 15-20meter.

Den korte inspektions længde skyldes isoleringen af Polyuretanskum, som har en kraftig dæmpende virkning på lydens udbredelse i røret.

## Long Range test på 4" og 6" Fjernvarmerør



Force Technology har været i løbende kontakt med Guided Ultrasonic i London for at undersøge mulighederne for optimering af målingerne og inspektionslængden. Guided Ultrasonic har fremstillet det Long Range udstyr som Force Technology benytter og specialisterne hos Guided Ultrasonic er de absolut bedst kvalificeret specialister på rådgivning og vejledning for denne inspektionsteknik.

Der er skannet med "normal" lyd frekvenser og lav frekvens lyd-hoveder. "Normale" lyd-hoveder resulterer i endnu mindre inspektions-længde, og lav frekvens lyd-hoveder har givet inspektions-længder på ca. 15-20meter.

Det er klart, at for undersøgelse af fjernvarmerør er en inspektions længde på 15-20 meter ikke tilfredsstillende.

Det skal endvidere fremhæves, at benyttelse af lavfrekvent udstyr også betyder laverer følsomhed for detektering af korrosion. Long Range på u-isoleret rør kan typisk en detekterer korrosion på ca. 10-15% godstykkelsesreduktion, men lavfrekvent udstyr kan have detekterer ca. 25% godstykkelsesreduktion.

Force Technology har sendt data på flere målinger til specialister hos Guided Ultrasonic og vi afventer deres konklusion på mulighederne for optimering af inspektionslængden.

Efter aftale med Kamille Brix har undertegnet foreslået Guided Ultrasonic, at der evt. kan fremsendes sende rør stykker til Guided Ultrasonic, som specialisterne kan teste på.

I øjeblikket afventer vi Guided Ultrasonic svar herpå og på eventuelle muligheder for optimering af undersøgelserne.

Rev. 1:

Nedenstående er kommentarerne fra Guided Ultrasonic (GU):

*"So we can see that to get the range we need low attenuation. In this case that means 70mm spacing. The result is lower amplitude weld reflections, an increase in baseline signal amplitudes and no non-symmetric information (red trace) to help interpretation. This makes the analysis difficult and limited.*

*We need to know the expectation of what they want to find. We wont fid small defects with one-off screening testing (monitoring would be different). Also it might be possible to improve the processed SNR by reducing the baseline signals but this is real development and research work that would need to be justified on the basis of significant opportunities for sales and inspection revenues.*

*For now I think a conversation about what the defect threat is and its size is the way to go. This will allow us to know whether he GWT approach can be effective with or without development."*

## Long Range test på 4" og 6" Fjernvarmerør



Som det fremgår af kommentarerne, er der ikke umiddelbart en løsning på, hvordan vi opnår væsentligt længere inspektionslængder.

Der kan være muligheder for optimering af signaler (SNR – støjreduktion) men det øger ikke inspektionslængden.

Det kan naturligvis være interessant at måle på rør med korrosion, men det dominerende problem med inspektionslængder er ikke løst.

**Bemærkninger:**

Med de eksisterende muligheder med Long Range (LR) har vi ikke opnået tilfredsstillende inspektionslængder. Vi har med forskellige lydhoveder målt på rørene, men ikke opnået inspektionslængder på mere end ca. 15-20 meter.

Der er ikke foretaget målinger på rør med korrosion, og der kan derfor ikke drages konklusioner om hvilken godstykkelsesreduktioner der kan detekteres på denne type fjernvarmerør.

Svejsninger i rørene, som normalt benyttes som reference ved angivelse af godstykkelsesreduktioner, giver ikke tydelige signaler ved måling på rør med polyuretanskum isolering.

Da signalet fra en svejsning, som normalt defineres til 20% godstykkelsesreduktion, ikke er tydelige på målingerne, vil de mindste godstykkelsesreduktioner der kan detekteres være væsentlige større, måske 40-50%.

Force Technology vil stadig være i kontakt med Guided Ultrasonic angående mulighederne for optimering af inspektionslængder og vil kontakte Fors, hvis der er afgørende nyt herom.

J. Peter Bertelsen  
Force Technology



## Konklusion

Vores test har været bred i forhold til at teste rør med stor variation i alder, størrelse, placering, producent osv. Vi har anvendt forskellige frekvenser og målehoveder, og vi har fået supervision fra specialisterne hos de engelske producenter (GU).

På grund af den markante dæmpning af ultralyden og den deraf følgende udfordringer med korte inspektionslængde og datakvalitet har det ikke været muligt at nå så langt med forsøget, at vi kunne påvise tæring.

På baggrund af denne undersøgelse kan vi konkludere, at den nuværende Longe Range Guided Waves teknologi fra GU ikke kan anvendes til at vurdere fjernvarmerørs godstykkelser.

Den primære årsag er, at polyuretanskum, som isolerer fjernvarmerør, dæmper ultralydssignalerne så kraftigt, at inspektionslængden bliver alt for kort, og data bliver alt for ringe til formålet.

*Andre erfaringer:* Det har været vigtigt for Fors A/S at være åbne omkring faserne i testforsøget. Når vi er åbne og rækker ud, bliver vi flere til at komme med de gode løsninger. Derfor kommunikerede vi både på de sociale medier og i medierne fra starten. Velvidende at det ikke var sikkert, projektet ville have den succes, vi håbede. Der viste sig at være stor interesse for projektet, og flere i branchen bød ind med forslag til, hvordan forsøget kunne lykkes.

## Perspektivering

Fors A/S fandt ikke metoden til at tilstandsvurdere fjernvarmerør i drift denne gang, men vi er fortsat overbeviste om, at en sådan metode vil være værdifuld for hele branchen og ikke kun nationalt.

Vores deling af erfaringerne på LinkedIn har vakt interesse - ikke kun fra danske virksomheder, men også fra Skotland og England. Der har været henvendelser fra virksomheder med forskellige metodetilgange til at undersøge rør. For os har et kriterie været, at målingen skal kunne udføres, mens rørene er i drift. Det gør feltet smallere, men der er fortsat masser af potentielle muligheder, der kan afprøves i branchen, og vi er fortsatte nysgerrige på en løsning - gerne sammen med andre.



Vi er nu i kontakt med en anden engelsk virksomhed, der arbejder med en lidt anderledes teknologi, som ser potentiale i at finde løsninger, der kan være banebrydende for fjernvarmebranchen.

Vores samarbejdspartner fra Force Technology er i kontakt med Guided Ultrasonic, som løbende arbejder på at optimere udstyrets måleevne og de teknikker, der anvendes til målingerne. Måske GU med deres deltagelse på sidelinjen af dette forsøg er blevet opmærksomme på potentialet i at opfinde en metode, der kan bryde gennem ledningens isolering af polyuretanskum til gavn for fjernvarmebranchen i Danmark og resten af Europa. En ting er de mange tusinde kilometer rør, vi allerede har i jorden, men på sigt handler det måske også om at få involveret udviklingsafdelingerne hos rørproducenterne?



*Test-teamet, Jan Foss (Fors A/S), Peter Berthelsen (Force Technology) og Kamille Brix (Fors A/S) Vi mangler sidste mand Niels Henriksen (Fors A/S)*