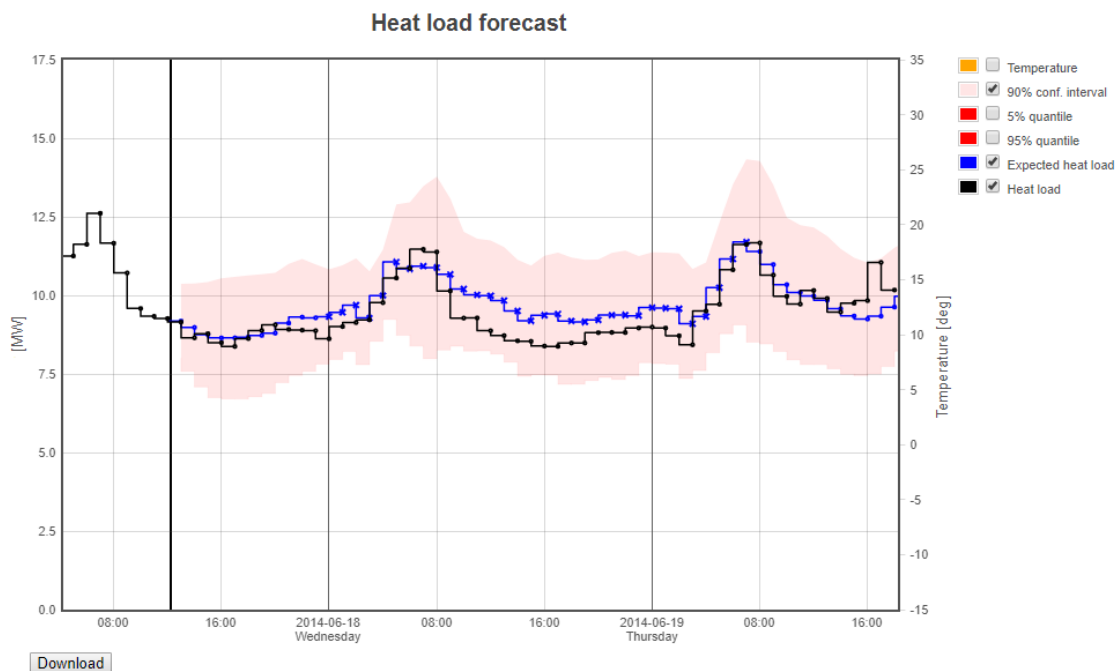


# Potentialet ved dynamisk datadrevet temperaturregulering i fjernvarmesektoren



Forecast af varmelast mv. er yderst vigtig for at få den bedste temperaturoptimering. Her ses et skærmbillede fra en konkret installation.

Kilde: Henrik Madsen, DTU

## F&U Rapport nr. 20XX- XX:

### Titel:

Potentialet ved datadrevet temperaturregulering i fjernvarmesektoren

### Projektdeltagere:

DAMVAD Analytics, Grøn Energi og CITIES forskningscenteret ved Henrik Madsen, DTU.

### Forfattere:

DAMVAD Analytics, Asbjørn Boye Knudsen, Pernille Noer og Cecilia Linn Hansen

### Kontaktperson

Damvad Analytics, Partner Asbjørn Boye Knudsen, [abk@damvad.com](mailto:abk@damvad.com), +45 2022 7443

### Tidsramme:

Projektet blev udført i perioden fra marts 2018 med en afsluttende præsentation af resultaterne til Dansk Fjernvarmes landsmøde i oktober 2018.

# 1 Contents

<b>2</b>	<b>Resume</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Formål med projektet</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Projektbeskrivelse</b>	<b>3</b>
4.1	Potentiel besparelse ved datadrevet temperaturregulering	4
4.2	Værkernes holdning til datadrevet drift	5
4.3	Drejebog	6
4.4	Forsøgsdata	6
<b>5</b>	<b>Økonomi</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Konklusion</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Perspektiv</b>	<b>7</b>
<b>8</b>	<b>Bilag</b>	<b>8</b>
8.1	Fordeling af kraftvarme, fjernvarme og varmevekslere på typer af varmeværker	8
8.2	Fordeling af brændselstyper på fjernvarmeværker	8
8.3	Præsentation af rapporten	8

## 2 Resume

Projektet afdækker potentialet for datadrevet temperaturoptimering i fjernvarmesystemet, og der foretages en kvalitativ sammenligning de kendte metoder til simulationsbaseret temperaturoptimering.

Via erfaringsopsamling gennem interviews med udvalgte fjernvarmeværker og beregninger på baggrund af to forskningsprojekter, er besparingspotentialerne kortlagt både på selskabs- og samfundsniveau. Projektet klarlægger, at datadrevet temperaturregulering har potentiale til at reducere fremløbstemperaturen med i gennemsnit 3-10 grader, hvilket resulterer i et besparelsespotentiale på 240 – 790 mio. kroner årligt i fjernvarmesektoren. Desuden giver datadrevet temperaturoptimering en række yderligere muligheder, såsom bedre mulighed for integration af varmepumper i fjernvarmenettet og et ekstra besparelsespotentiale ved zone-opdelt datadreven regulering af temperatur- og trykniveau. Slutproduktet af analysen er en håndbog til små og mellemstore værker om, hvordan de kommer i gang med at bruge datadrevet temperaturoptimering.

## 3 Formål med projektet

Formålet med projektet er todelt. For det første ønskes det at beregne besparelsespotentialet ved datadrevet drift af fjernvarmesektoren. For det andet undersøger projektet hvilke barrierer sektoren oplever i processen ved at implementere datadrevet temperaturoptimering i driften.

## 4 Projektbeskrivelse

I løbet af projektet har vi været i kontakt med otte fjernvarmeværker for at afdække potentialet ved datadrevet temperaturregulering og sammenholde med de simulationsbaserede metoder (TERMIS TO, mv.). På to værker har DTU tidligere lavet forskningsprojekter med datadrevet optimering, hvilket dannede businesscasene til grundlaget for potentialeberegningerne. De resterende seks værker deltog i interviews og delte deres erfaringer med forskellige typer temperaturregulering, f.eks. simulationsbaseret styring, manuel styring efter lokale vejrstationer eller sommer- og vintertemperaturer.

Simulationsbaserede metoder er typisk baseret på tegninger og optegnelser over ledningsnettet og på grundlag heraf kan der foretages en simulation af f.eks. temperaturforholdene. Databaserede metoder derimod tager afsæt i de mange data som efterhånden findes i fjernvarmesystemer.

	<b>Simulationsbaseret drift</b>	<b>Datadrevet drift</b>
Teoretisk tilgang	Deduktiv (simulation/teoretiske værdier)	Induktiv (datadrevet)
Optimal anvendelse	Kan simulere nye netværk/tilstande i nettet (uden man allerede har data for det)	Regulering af temperatur og minimering af ledningstab ud fra faktisk forbrug med realtidsmålere.
Temperaturbestemmelse	Simuleret forbrug og optimal temperatur ud fra teori	Temperatur bestemmes af faktisk forbrug og tilstand
Ledningsnettet	<u>Tager ikke højde</u> for stand og forskelle i ledningsnettet, bl.a. snavs i ledningerne, jordforhold/temperatur i jorden, brud, vådisolering, afvigelser fra tegningerne.	<u>Tager højde</u> for stand og forskelle i ledningsnettet, bl.a. snavs i ledningerne, jordforhold/temperatur i jorden, brud, vådisolering, afvigelser fra tegningerne

System	<u>Konstant</u> . Kræver kalibrering, som kan være tidskrævende og omkostningstungt	<u>Selvkalibrerende/selvindstillende</u> . Opdaterer sig selv ved f.eks. ny pumpe eller nye kunder, brugere, boligområder mm.
Nye produktionsenheder	Nye produktionssteder kræver recalibrering	Nye produktionssteder kræver recalibrering

Datadrevet temperaturstyring kan eksempelvis tilvejebringes ved at anvende temperaturmålinger enkelte steder i nettet som kan udgøre kritiske punkter. Datadrevet optimering anvender realtidsdata fra nettet, værket, klimastationer, vejrprognoser, mv. til at forudsige varmebehov, pumpebehov og temperaturer i de kritiske punkter. Systemet er selvkalibrerende og dermed selvlærende. Det tilpasser sig automatisk det aktuelle fjernvarmesystem, dvs. teknologien er adaptiv i forhold til ændringer og/eller udbygninger af systemet, med en oplæringstid på 1-3 måneder.

Det lavere temperaturniveau giver desuden endnu bedre muligheder for f.eks. varmepumper i ledningsnettet. Da de datadrevne metoder er selvkalibrerende, giver det også nye og bedre muligheder for at have differentierede temperatur- og trykzoner i ledningsnettet. De nuværende temperaturer indrettes efter brugeren med den højeste efterspørgsel på temperatur, hvorfor det kan lede til væsentlige ekstra besparelser med anvendelse af zoner bygget på datadrevne metoder.

#### 4.1 Potentiel besparelse ved datadrevet temperaturregulering

De to businesscases på Roskilde og Esbjerg fjernvarmeværk viste en besparelse på hhv. 2,1 og 9 mio. kr. for et normalt år. Før den datadrevne løsning blev implementeret blev fremløbstemperaturen reguleret på baggrund af udetemperaturen på begge værker. På Roskilde fjernvarmeværk blev fremløbstemperaturen ændret af operatørerne, og på Esbjerg blev de ændret ved hjælp af erfaringskurver. Resultaterne fra analyserne i Esbjerg og Roskilde viste blandt andet at besparelspotentialet er størst i de måneder på året hvor den omgivende temperatur er lavere end 15 grader. Udover en bedre regulering af fremløbstemperaturen, gav systemet også mulighed for bedre at kontrollere temperaturerne i distributionsnetværket for brud og lækager, hvilket kan give yderligere besparelser, som ikke var regnet med i første omgang.<sup>1</sup> Desuden blev det vist at besparelserne opnås uden at påvirke driften af distributionsnettet eller forsynings sikkerheden.<sup>2</sup>

Business casene viste en reduceret fremløbstemperatur på 3-10 grader ved brug af datadrevet temperaturregulering. Denne reduktion giver både udslag i en besparelse i ledningstab, og desuden får kraftvarmeværker en mere effektiv produktion samt bedre muligheder for at bruge varmepumper når temperaturen falder.

Den samlede besparelse i Danmark er baseret på en besparelse i varmeproduktionsomkostningerne på ca. 0,5 pct. per reduceret grad i ledningstab, og er afhængig af det enkelte værks type, størrelse og brændsel. Såfremt der er tale om et kraftvarmeværk er der en yderligere besparelse på 0,8 pct. per grad i mere effektiv produktion grundet den lavere temperatur.

---

<sup>1</sup> Madsen, Henrik; Søgaard, Henning Tangen; Sejling, Ken; Palsson, Olafur Petur. Models and Methods for Optimization of District Heating Systems.: Part II: Models and Control Methods. Technical University of Denmark: Institut for Matematisk Statistik og Operationsanalyse, 1992. 206 p.

<sup>2</sup> Nielsen, Torben Skov; Madsen, Henrik. Control of Supply Temperature in District Heating Systems. Proceedings of the 8th International Symposium on District heating and Cooling. 2002.

Størrelsen på potentialet afhænger af typen af fjernvarmeværk, hvor kraftvarmeværker giver den største besparelse, da de både producerer el og varme, men mindre værker, som kun producerer varme eller får varme fra varmevekslere kan også opleve betydelige besparelser.

Besparelsen blev udregnet ved at tage udgangspunkt i energiproduktionen fra hhv. centrale samt store og små decentrale selskaber, hvorefter energibesparelsen ved 3 og 10 graders temperaturreduktion blev omregnet til værdi i kroner og ører. Dansk Fjernvarme leverede input i form af omkostningerne ved brug af forskellige slags brændsel og type af kraft- eller varmeværk. I bilag 1 findes fordelingen af brændselstyper og energityper for hvert fjernvarmeværk.

Ligningen nedenfor viser den samlede besparelse ved en vilkårlig temperaturreduktion,  $x$ , for de tre typer fjernvarmeværker.

$$Besparelse = \sum (omkostning_{f\ddot{o}r} * x \text{ } ^\circ\text{C} * 0,5 \%) + andel_{kraftvarme}(omkostning_{f\ddot{o}r} * x \text{ } ^\circ\text{C} * 0,8 \%)$$

Den samlede effekt i Danmark ved brug af datadrevet drift er beregnet til 240-790 mio. kroner om året. Nedenfor ses potentialet delt op på forskellige typer fjernvarmeværker ved de to scenarier for en temperaturreduktion på hhv. 3 og 10 grader.

	3 grader temperaturreduktion		10 grader temperaturreduktion	
	Mindre ledningstab	Effektiv produktion	Mindre ledningstab	Effektiv produktion
Centrale selskaber	69	93	231	300
Store decentrale selskaber	26	17	86	55
Små decentrale selskaber	28	8	94	24
Alle selskaber	124	118	412	379
Samlet potentiale	242 mio. kr.		791 mio. kr.	

## 4.2 Værkernes holdning til datadrevet drift

Der blev lavet 6 interviews med driftschefer i fjernvarmeværkerne i Ringkøbing, Hedensted, Ribe, Kalundborg, Solrød og Høje Taastrup. Interviewene er anonymiserede, men alle de interviewede fra fjernvarmeværkerne var interesserede i datadrevet drift. Ingen havde dog selv afprøvet det i praksis på interviewtidspunktet. Enkelte værker gav udtryk for, at de var på vej den datadrevne vej, da de kender besparelspotentialerne eller i forvejen henter måler-data, men der var generelt udtryk for at metoden mangler markedsføring. Den generelle tendens i interviewene viste at værkerne ikke ser nogle konkrete barrierer for implementering, og at de er villige til at afprøve det, men at de mangler evidens for at det virker. Deres væsentligste barriere for at anvende



teknologien var derfor manglende viden om systemet. Derudover blev følgende barrierer nævnt som afgørende:

- Frygt for kompleksitet som ved tidligere systemer f.eks. Termis. Termis er ikke et datadrevet driftssystem, men et simulations-baseret driftssystem.
- Fordomme om at løsningerne er dyre. Det på trods af at løsninger er billigere og giver væsentlig større besparelser end eksisterende systemer.
- Manglende kompetencer (ukendt verden for mange driftsfolk).
- Uoverensstemmelse mellem forventninger fra bestyrelsen og driftsfolk.
- Svært at overbevise direktøren.
- Frygt for driftsstabiliteten – hvorfor ændre noget, der virker?
- Værkerne vil hellere investere i hardware (f.eks. en ny kedel) end software, da det kan være svært at forstå/se.

Flere af de interviewede værker har brugt Termis-systemet og nogle har overvejet det, men besluttet imod det, da de synes Termis er for dyrt og kompliceret. Enkelte værker bruger stadig Termis og er glade for systemet. De har dog ikke det præcise overblik over hvor stor besparelse Termis medførte. Værket, der har afsluttet brugen af Termis, tog det valg da systemet tog for meget tid, var for avanceret og licenserne kostede for meget at vedligeholde.

De interviewede værker har stort set alle datainfrastrukturen på plads til at kunne gå i gang med datadrevet temperaturregulering, da det blot kræver at kunne håndtere måler-data gennem et SRO-system. Alle værkernes vigtigste prioritet er tilfredse kunder, hvilket for nogle betyder, at de ikke overgår til datadrevet temperaturregulering af bekymring for driftssikkerheden. De har altså behov for flere overbevisende business cases til at overbevise direktøren.

### 4.3 Drejebog

For at et småt eller mellemstort fjernvarmeværk kan komme godt i gang med at bruge datadrevet temperaturregulering i driften, skal de opfylde følgende fire krav:

1. For det første skal der indsamles temperaturer i minimum én brønd eller andet kritisk punkt i systemet via smarte målere i nettet. Målingen bør være mindst én gang i timen.
2. For det andet skal værket indsamle 2-3 forskellige vejrprognoser (f.eks. fra YR, DMI, etc.).
3. For det tredje skal værket kunne håndtere data enten gennem et SRO-system eller en tilkøbt serviceløsning.
4. Det fjerde krav for at komme godt i gang med datadrevet temperaturregulering er blot en kort introduktion til hvordan det skal styres. Derudover er der ingen kompetencekrav.

Der findes allerede velafprøvet software på markedet fra fx ENFOR og OE3i (nu Danfoss), som anvender datadrevet temperaturregulering. Systemerne kræver ikke andet end de fire ovenstående punkter for at komme i gang.

### 4.4 Forsøgsdata

*Projektet indeholder ikke forsøgsdata. Der er dog anvendt erfaringsdata fra nogle ældre forskningsprojekter hvor besparelserne ved tidligere versioner af datadreven temperaturoptimering har været evalueret.*

## 5 Økonomi

Økonomien afhænger af det enkelte værk og den valgte løsning/leverandør. Leverandørerne ønsker ikke at oplyse deres eksakte priser pga. konkurrencen, men investeringen er i størrelsesordenen en halv mio. kr. Derudover kommer driftsomkostningerne, som er minimale, da systemet er selvkalibrerende. Både prisen og besparelserne afhænger af den temperatur værket kører med, hvor komplekst nettet er, og om det er et kraftvarmeværk. Generelt er set er besparelspotentialet større, jo ældre og mere kompliceret nettet er og der er yderligere gevinster i produktionen, hvis man er et kraftvarmeværk. På samme måde er prisen højere hvis nettet er komplekst eller hvis værket modtager varme fra flere forskellige steder.

Interview med Henrik Madsen, DTU CITIES, viser at de datadrevne løsninger kræver en initial investering, der er ca. halvt så stor som investeringen i et simulationsbaseret system (f.eks. Termis) og besparelsen er dobbelt så stor. Derudover kommer at et databaseret system har langt lavere løbende driftsomkostninger, da systemet er selvkalibrerende.

Ingen af de seks interviewede værker havde på interviewtidspunktet erfaring med datadrevet temperaturregulering, hvorfor det ikke er muligt at få deres inputs til økonomien ved datadrevet drift. Erfaringsmæssigt er tilbagebetalingstiden dog ofte under 1 år på løsningen. Flere af de interviewede værker havde dog brugt et simulationsbaseret system, og et enkelt af dem har også droppet det igen. Mindst ét af de interviewede værker er i dag på vej mod en databaseret løsning til driften af fjernvarmeværket. Nogle værker tror det kun kunne lade sig gøre at lykkes med datadrevet drift for Roskilde fordi Roskilde er et stort værk, og de tror investeringen er for dyr. I interviewene kom det frem, at en mulig forretningsmodel kunne være differentieret pris i forhold til selskabsstørrelse eller gratis implementering og betaling i form af halvdelen af den realiserede besparelse.

## 6 Konklusion

Projektet konkluderer, at der er væsentlige besparelser ved at implementere datadrevet temperaturregulering frem for f.eks. simulationsbaseret temperaturregulering eller regulering via faste regler. Sektoren kan i alt spare op til 790 mio. kroner om året alene ved de nuværende metoder for datadreven temperaturregulering. Alle de interviewede fjernvarmeværker var interesserede i datadrevet temperaturregulering, men mange manglede viden om systemet. Hvis datadrevet temperaturregulering bliver implementeret har det både fordele på selskabsniveau i form af simpel styring, varme- og dermed pengebesparelser, samt fordele på samfundsniveau i form af særligt miljøeffekter og effektivisering af hele fjernvarmesystemet.

## 7 Perspektiv

Potentialerne ved at implementere datadrevet temperaturoptimering er store, og mange selskaber har allerede taget investeringen med udrulning af smarte målere i nettet, som er en forudsætning for at benytte den nyeste version af teknologien bag datadrevet temperaturoptimering. Næste skridt er derfor, at selskaberne udnytter de smarte målere til at optimere deres drift. I den sammenhæng mangler der gode og let formidlede businesscases for konkrete værker, der beskriver hvilke tiltag, der er foretaget og hvilke gevinster der er høstet. Teknologien er i rivende udvikling og i CITIES forskningsprojektet testes pt. 4 generation af teknologien, hvor man også anvender data fra målere helt ude ved slutbrugerne. Potentialerne vil derfor kun stige yderligere de kommende år i takt med at varmepumper i højere grad bliver brugt i ledningsnettet, og at de nye datadrevne metoder giver mulighed for temperatur- og trykzoner.

## 8 Bilag

### 8.1 Fordeling af kraftvarme, fjernvarme og varmevekslere på typer af varmegværker

Fjernvarmeproduktion	Kraftvarme	Fjernvarme	Varmeveksler*
Centrale selskaber	85%	11%	4%
Store decentrale selskaber	42%	57%	1%
Små decentrale selskaber	17%	81%	2%

\* Note: Den gennemsnitlige pris af kraftvarme og fjernvarme bruges til varmevekslere, da det ikke vides hvorfra den leverede varme kommer.

### 8.2 Fordeling af brændselstyper på fjernvarmegværker

	Biomasse kraftvarme	Naturgas-kedel	Affald kraftvarme	Naturgas-motor	Biomasse	Olie
Central kraftvarme	80%	5%	15%			
Decentral kraftvarme		65%		35%		
Fjernvarme					99.9%	0.1%

### 8.3 Præsentation af rapporten





# Dynamisk datadrevet drift i fjernvarmesektoren

# Introduktion

**Hvem:** Projektet er et samarbejde mellem [DAMVAD Analytics](#), [Grøn Energi](#), og [CITIES forskningscenteret](#) ved Henrik Madsen, DTU.

**Formål:** Afdække potentialet for dynamisk [datadrevet temperaturregulering](#).

**Hvad:** Automatisk regulering af temperaturen i fjernvarmesystemet på baggrund af [realtidsmålinger](#) af varmeforbrug, vejr, mm.

**Hvordan:** Erfaringsopsamling gennem [interviews](#) med udvalgte fjernvarmeværker og beregninger.

**Hvorfor:** Der er store besparelspotentialer ved dynamisk datadrevet drift på både selskabsniveau og samfundsniveau.

**Slutprodukt:** Drejebog til hvordan små og mellemstore fjernvarmeselskaber kommer i gang med at blive datadrevne.

# Fjernvarmeværker der har deltaget i projektet



Fjernvarmeværker der har deltaget i interviews og delt deres erfaringer.



Fjernvarmeværker der er lavet forskningsprojekt og businesscases for.

 Ringkøbing Fjernvarme

 Hedensted Fjernvarme

 Kalundborg Fjernvarme

 Høje Taastrup Fjernvarme

 Esbjerg Fjernvarme

 Roskilde Fjernvarme

 Ribe Fjernvarme

 Solrød Fjernvarme

# Hvad er dynamisk datadrevet drift?



Teknologien anvender **data** til at **forudsige** varmebehov, pumpebehov og temperaturer på kritiske steder i fjernvarmen.



Værkernes **omkostninger reduceres** ved dynamisk styring af temperaturniveauer og flow i distributionssystemer.



**Data-intelligent** temperaturoptimering er fundamentalt forskelligt fra **simulationsbaseret styring** (f.eks. Termis).



**Systemer til datadrevet** drift er **selv-kalibrerende** og dermed **selvlærende**. De tilpasser sig automatisk det aktuelle fjernvarmesystem, dvs. teknologien er **adaptiv** ift. ændringer og/eller udbygninger af systemet, med en oplæringstid på ca. 1-3 måneder.

# Hvad styrer fjernvarmeselskaberne temperaturen med i dag?

- Kører med vinter og sommertemperatur
- Kører med vinter og sommertemperatur, samt sænker temperaturen om natten
- Styrer temperaturen manuelt efter lokale vejrstationer
- Styrer temperaturen efter prognoser
- Simulationsmodeller
- Datadrevet styring

# Hvordan virker dynamisk datadrevet drift?

1. På baggrund af vejrudsigter (lokale og/eller prognoser) foreslår systemet en start temperatur.
2. Systemet får løbende input fra reeltidsdata.
  - Temperatur i nettet.
  - Varmeforbrug (efterspørgsel).
  - Vejr.
3. Temperaturen sænkes og trykket øges i rørene (prognosebaseret pumpestyring)

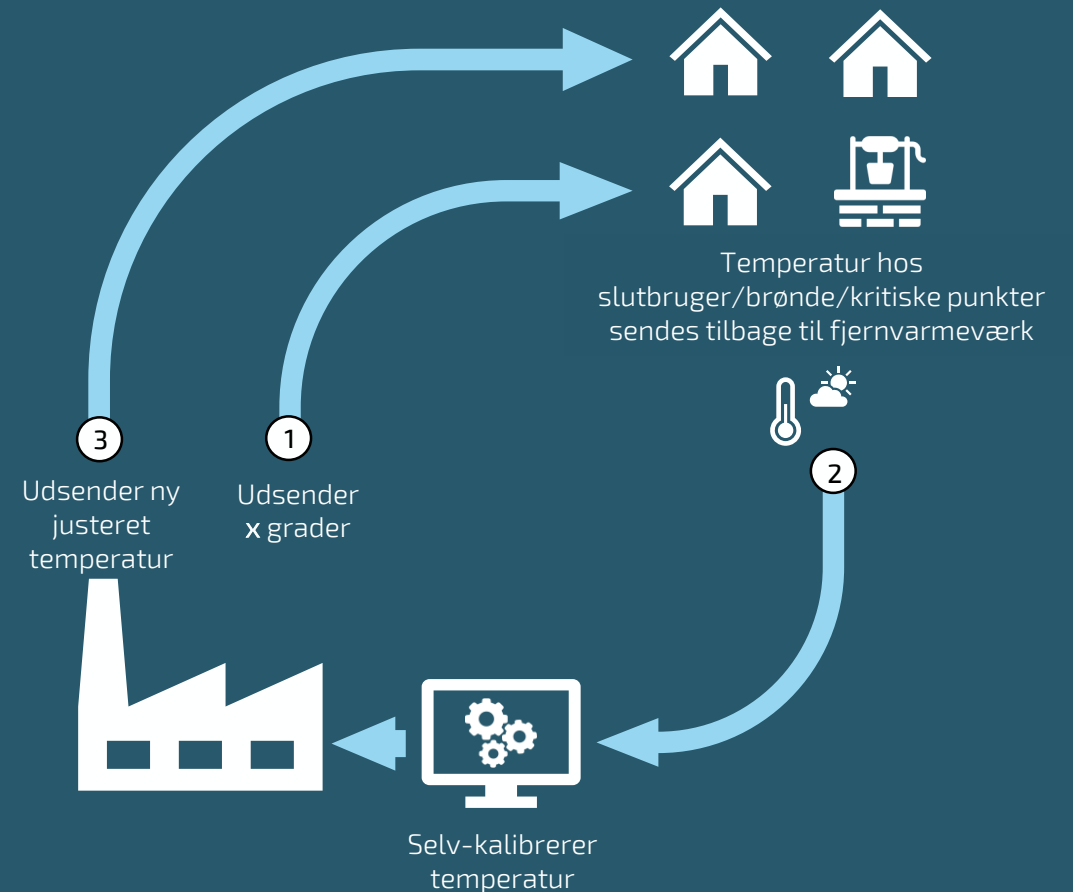
➡ Optimeret og effektiviseret varmeregulering

## Driftsbetingelser systemet tager højde for:

- Den døgnmæssige maksimale temperatur må ikke stige
- Retur-temperaturen må ikke stige
- Store og hyppige ændringer i temperaturniveauet skal undgås

## Forhold systemet tager højde for løbende:

- Stand (isoleringsevne) og ændringer i ledningsnettet (ledningstab)
- Transporttider



# Sammenligning af simulationsbaseret og datadrevet drift

	Simulationsbaseret drift	Datadrevet drift
<b>Teoretisk tilgang</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deduktiv (simulation/teoretiske værdier)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Induktiv (datadrevet)</li> </ul>
<b>Optimal anvendelse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kan simulere nye netværk/tilstande i nettet (uden man allerede har data for det)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulering af temperatur og minimering af ledningstab ud fra faktisk forbrug med realtidsmålere.</li> </ul>
<b>Temperaturbestemmelse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simuleret forbrug og optimal temperatur ud fra teori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatur bestemmes af faktisk forbrug og tilstand</li> </ul>
<b>Ledningsnettet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Tager ikke højde</u> for stand og forskelle i ledningsnettet               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Snavs i ledningerne</li> <li>• Jordforhold/temperatur i jorden</li> <li>• Brud,</li> <li>• Vådisolering,</li> <li>• Afvigelser fra tegningerne</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ <u>Tager højde</u> for stand og forskelle i ledningsnettet               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Snavs i ledningerne</li> <li>• Jordforhold/temperatur i jorden</li> <li>• Brud,</li> <li>• Vådisolering,</li> <li>• Afvigelser fra tegningerne</li> </ul> </li> </ul>
<b>System</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Konstant               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kræver kalibrering, som kan være tidskrævende og omkostningstungt</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Selvkalibrerende/selvindstillende               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Opdaterer sig selv ved f.eks. ny pumpe eller nye kunder/brugere/boligområder mm.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Nye produktionsenheder</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nye produktionssteder kræver recalibrering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nye produktionssteder kræver recalibrering</li> </ul>

# Fordele ved dynamisk datadrevet drift



## Fjernvarme-perspektiv

### Drift:

- Simpelt og nemt system at holde i drift. Det er et selvlærende system (selv-kalibrerende) med minimal vedligeholdelse
- Få parametre at styre ud fra, blandt andet:
  - Minimum og maksimums temperatur
  - Faktor ( $\lambda$ ) sættes for hvor meget vi tillader temperaturen kan svinge
- Kan foregribe spidsbelastninger (producere forud)
- Kan anvendes til at vise hvor nettet bør opgraderes/renoveres.
- Lovligt at bruge forbrugsdata (undtagelse i GDPR regler).

### Økonomi:

- Kort tilbagebetalingstid (ofte under et år).
- Koster under halvdelen af simulationssystemer såvel i anskaffelse og drift og giver større besparelser.
- Specielt stort potentiale i reduceret ledningstab.



## Samfunds-perspektiv

- Direkte miljø- og klimamæssig effekt, da optimering af temperaturregulering vil mindske input på værkerne.
  - Det er muligt at styre driften efter at omkostnings-minimere eller CO<sub>2</sub>-minimere.
- Giver bedre kobling mellem el og varme. Kan bruge el, når prisen er lavere til pumperne. Øger fjernvarmesektorens rolle i indpasning af vind- og solenergi i energisystemet.
- Mere effektiv fjernvarmeforsyning, der udnytter realtidsdata til at optimere temperaturregulering
- Minimerer omkostningerne ved brug af varmepumper.
- Gør det mere fordelagtigt at indpasse overskudsvarme.




# Hvorfor begynde på det?


## Fordele på selskabsniveau


 Besparelser for selskab og forbrugere


 Driftsikkerhed

 Lavere temperaturer stiller selskabet bedre ift. udnytte nye muligheder fx. investeringer i varmepumper eller mulighed for temperatur- og trykzoner

## Fordele på samfundsniveau

 Miljøforbedring – bedre energiudnyttelse og sammenhæng mellem varme og el

 Timebaseret varmepris – lagerstyring ift. elpriser (dynamiske tariffer)

 Konkurrencedygtig fjernvarmesektor (potentielt bortfald af tilslutnings- og forblivelsespligt)

# Businesscase og forskningsprojekt – for allerede afprøvede datadrevne løsninger

## Roskilde fjernvarme

Forsyner Roskilde og forstadsområder

Varmeleverance fra VEKS

Type Får varme vha. varmevekslere (producerer ikke selv)

Årligt varmeforbrug 1.700.000 GJ

Årligt elektricitetsforbrug 1.500.000 kWh

Maksimalt varmebehov 110 MW

Inden den datadrevet løsning blev **fremløbstemperaturen** ændret regelmæssigt i forhold til udetemperatur af operatørerne

Ændring efter datadrevet løsning

## Esbjerg fjernvarme

Forsyner

Varmeleverance fra Vestkraft

Type Kraftvarmeværk (producerer både el og varme)

Årligt varmeforbrug 3.600.000 GJ

Årligt elektricitetsforbrug 4.600.000 kWh

Maksimalt varmebehov 250 MW

Inden den datadrevet løsning blev **fremløbstemperaturen** ændret regelmæssigt i forhold til udetemperaturen vha. erfaringskurver.

Ændring efter datadrevet løsning

# Businesscase: Ændring efter datadrevet løsning

## Roskilde fjernvarme

### Ændring efter datadrevet løsning

- En **samlet besparelse** for et normal år på ca. **2,1 mio. DKK**
  - En **besparelse i energikøb** hos VEKS på 49.900 GJ svarende til en reduktion i omkostninger (2002) på 2.347.000 DKK
  - Et **merforbrug af el** på 199.000 kWh svarende til en stigning i omkostninger (2002) på 259.000 DKK
  - Fremløbstemperaturen blev sænket med ca. **2-7 grader**.
  - **Sparet ledningstab 18,3 pct.**
- **Forbedret kvalitet** i reguleringen – f.eks. mindre vilde temperaturændringer
- **Tilbagebetalingstid på under ét år**

## Esbjerg fjernvarme

### Ændring efter datadrevet løsning

- En **samlet besparelse** for et normal år på ca. **9 mio. DKK**
  - Fremløbstemperaturen blev sænket med ca. **9 grader**.
- **Forbedret kvalitet** i reguleringen – f.eks. bedre forudsigelse af spidsbelastningsperioder.
- **Tilbagebetalingstid på under ét år**

I Esbjergs business case blev der ikke lavet samme detaljerede beregning af besparelsen i energikøb og merforbrug af el, som der blev lavet i Roskilde.

Kilde: Madsen, Henrik; Søgaard, Henning Tangen; Sejling, Ken; Palsson, Olafur Petur. Models and Methods for Optimization of Districts Heating Systems. Part II: Models and Control Methods. Technical University of Denmark: Institut for Matematisk Statistik og Operationsanalyse, 1992. Journal no. 1323/89-14

# Generelle forventede potentialer

## Forskellige typer potentiale efter størrelse og type af fjernvarmeværk

- Besparelserne ved en reduceret fremløbstemperatur er ca. **0.5 pct. af varmeproduktionsomkostningerne per grad.**
- Dvs. man kan spare mellem **7 pct. og 20 pct.** af det totale ledningstab - og i det fleste tilfælde ser vi besparelser tættest på de 20 pct.
  - I Roskilde var det eksempelvis 18.3 pct.
- Såfremt der er tale om et **kraftvarmeværk** er der **yderligere 0.8 pct. per grad** i mere effektiv produktion (grundet den lavere temperatur).
- Sænke temperaturen mellem **3 og 10 grader** afhængig af værk og af tidspunktet på året. De største besparelser findes om vinteren. (gælder for første generation af Data Intelligent Temperaturoptimering)
- Tilbagebetalingstid på under et år
- Efterfølgende årlige millionbesparelser
- Jo ældre og mere kompliceret fjernvarmenet, jo større besparelser

Stadig usikre parametre som formentlig vil kunne øge besparelserne



Lokale vejrprognoser i forhold til globale prognoser.



Målinger hos brugerne i forhold til brøndmålinger



# Potentialet for forskellige værker

Størrelsen på potentialet afhænger af type af fjernvarmeværk



Værk som producerer  
både **el og varme**  
(Kraftvarmeværk)

For et kraftvarmeværk gælder det at el-produktionen er mere effektiv når fremløbstemperaturen er lav, og derfor er der et (endnu) større potentiale for den type værk. F.eks. Esbjerg.



Værk som blot selv  
producerer **varmen**

Potentialet er stort, dog er der ikke den ekstra gevinst ved den mere effektive el-produktion som ved kraftvarmeværket.



Værk som ikke selv  
producerer, men får  
varme vha. **varmevekslere**

Stort potentiale selv for værker som ikke selv producerer, men får varmen fra varmevekslere. F.eks. Roskilde.

# Fjernvarmesektoren kan spare op til 790 mio. kroner

Det forventede potentiale i Danmark er en besparelse på mellem **240 og 790 mio. kroner**

Besparelsen fordeler sig forskelligt afhængig af værkets størrelse, type og brændsel. Beregningerne baserer sig på en temperaturreduktion på 3-10 grader og en besparelse i varmeproduktionsomkostningerne på ½ pct. per reduceret grad.



Reduktion i  
fremløbstemperatur  
på 3 – 10 grader.



120 – 410 mio. DKK

Besparelse ved  
reduktion af  
ledningstab.



120 – 380 mio. DKK

Besparelse ved mere  
effektiv produktion i  
kraftvarmeværker når  
temperaturen falder.



**240 – 790  
mio. DKK**

# Oplevet holdning til datadrevet drift

- Alle har været **interesserede** og synes datadrevet drift lyder **spændende**
- Ingen store barrierer
- **Villige** til at afprøve det, hvis der er evidens for at det virker
- **Mangler information** om området for at komme i gang

## Barrierer



### Viden

- Manglende information
- Frygt for kompleksitet som ved tidligere systemer f.eks. Termis
- Fordomme om at løsningerne er dyre. Det på trods af at løsninger er billigere og giver væsentlig større besparelser end eksisterende



### Organisering

- Manglende kompetencer (Ukendt verden for mange driftsfolk)
- Uoverensstemmelse mellem forventninger fra bestyrelsen og driftsfolk
- Svært at overbevise direktøren
- Frygt for driftsstabiliteten (hvorfor ændre noget der virker?)



### Infrastruktur

- Vil hellere investere i hardware (f.eks. en ny kedel) end software (svært at forstå/se)

# Hvordan kommer I i gang

## Minimumskrav for at komme i gang



Indsamling af temperatur i brønde/kritiske punkter.

- Minimum en måling i én **brønd/kritisk punkt**. Målingerne bør være (mindst) **en gang i timen**.



Indsamling af 2-3 forskellige **vejrprognoser** (DMI, YR etc.)



SRO **system** skal kunne håndtere data, ellers skal der tilkøbes en serviceløsning.



Kort intro til hvordan det skal styres – ellers **intet kompetencekrav**.



# Kontakt

DAMVAD Analytics  
Havnegade 39,  
DK-1058 Copenhagen K

Energy & Utilities  
Partner Asbjørn Boye Knudsen  
+ 45 2022 7443 [abk@damvad.com](mailto:abk@damvad.com)

