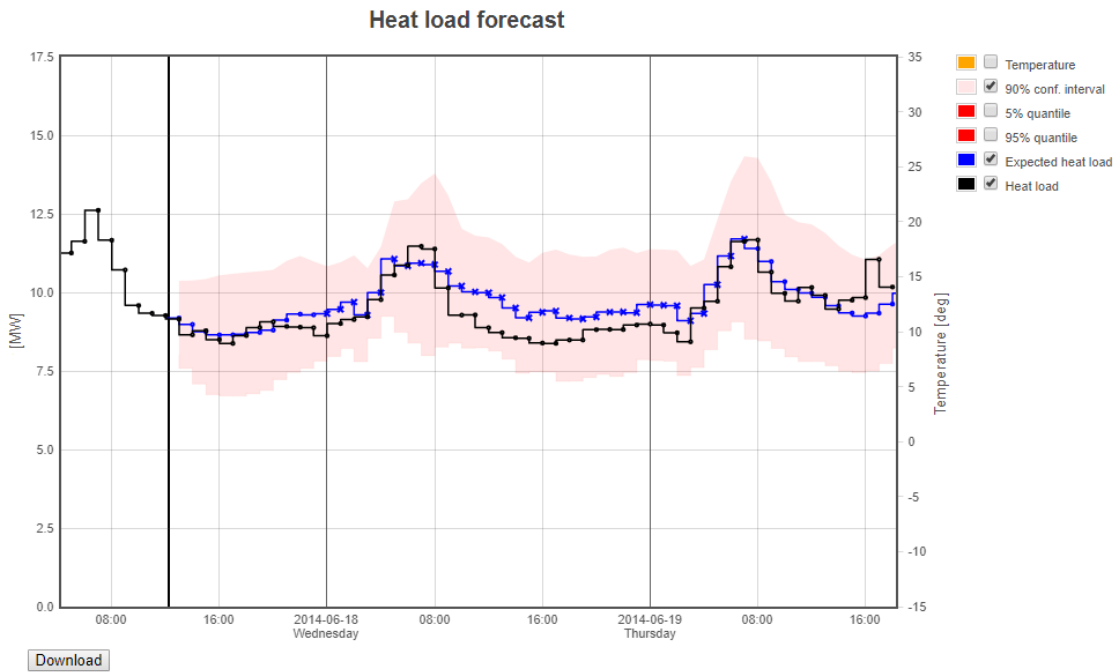


D c h Y b h] U ` Ymh b 'U a j] YgX_ ' ' XX U h U
h Y a d Y f U h i f]f 'Y Z[^ Y fY bf j] Ub f[a' Y g



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

DamvadAnalytics, Partner Asbjørn Boye Knudsen, henrik@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

2	Resume	3
3	Formål med projektet	3
4	Projektbeskrivelse	3
4.1	Potentiel besparelse ved datadrevet temperaturregulering	4
4.2	Værkernes holdning til datadrevet drift	5
4.3	Drejebog	6
4.4	Forsøgsdata	6
5	Økonomi	7
6	Konklusion	7
7	Perspektiv	7
8	Bilag	8
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 sektors og samfundsniveau. Projektet klarlægger, at datadrevet temperaturregulering har et potentiale til at reducere fremløbstemperaturen med i gennemsnit 1,3 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 zonedelt 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 besparelsespotentiale 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 og 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 afsatte mange data som efterhånden findes i fjernvarmesystemer.

	Simulationsbaseret drift	Datadrevet drift
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	Tager ikke højde for stand og forskelle i ledningsnettet, bl.a. snavs i ledningerne, jordforhold/temperatur i jorden, brud, vådisolering, afvigelser fra tegningerne	Tager højde 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 atudsige varmebehov, pumpebehov og temperaturer de kritiske punkter. Systemet er selvkalibrerende og dermed selv-lærende. Det tilpasser sig automatisk det aktuelle fjernvarmesystem, dvs. teknologien er adaptiv i forhold til ændringer og/eller udbygning af systemet, med en oplæringstid på 1 måned.

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 bruger med den højeste efterspørgsel på temperatur. Derfor kan det lede til væsentlige ekstra besparelser med anvendelse af zoner bygget på datadrevne metoder.

4.1 Potentiel besparelse ved datadrevet temperaturregulering

De to business cases 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 det ændret med hjælp af erfaringskurver. Resultaterne fra analyse i Esbjerg og Roskilde viste blandt andet at besparelspotentialer 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. Desuden blev det vist at besparelser opnås uden at påvirke drift af distributionsnettet eller forsyningsikkerheden.

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

Den samlede besparelse i Danmark baseret på en besparelse i varmeproduktionsomkostningerne på ca. 0,5 pct. per reduceret grad 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.

¹ Madsen, Henrik; Søgaard, Henning Tangen; Sejlind, 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.

² 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. Mindre værker, som kun producerer varme eller får varme fra varmevekslere kan også opleve betydelige besparelser. Besparelsen blev regnet 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 øre. Dansk Fjernvarme leverede inputform af omkostningerne ved brug af forskellige slags brændsel og type af kølet varmeværk. Bilag 1 findes fordelingen af brændselstype og energitype for hvert fjernvarmeværk.

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

Den samlede effekt i Danmark ved brug af datadrevet drift er beregnet til 24790 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 de interviewede fra fjernvarmeværkerne var interesserede i datadrevet drift. De 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 måldata men der var generelt udtryk for at metoden mangle markedsføring. Den generelle tendens i interviewene viste at værkerne ikke søgte konkrete barrierer for implementering, og at de er villige til at afprøve det, men de mangler evidens for at det virker. Deres væsentligste barriere for at anvende



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

- < Frygt for kompleksitet som ved tidligere systemer f.eks. Termis er ikke et datadrevet driftssystem, men et simulation-baseret driftssystem.
- < Fordomme om at løsninger 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 driftsstabilitet (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 desyres Termis er for dyrt og kompliceret. Enkelte værker er 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 ligeholde.

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 måledata gennem et SRO system. Alle værkers vigtigste prioritet er tilfredse kunder, hvilket for nogle betyder at overgå 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 forskellige vejrprognoser (f.eks. YR, DMI, etc.).
3. For det tredje skal værket kunne håndtere data enten gennem 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 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.

