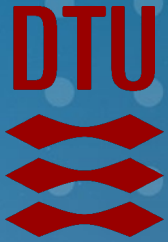


Data-drevne værktøjer (AI) har stor økonomisk potentiale i fjernvarme



DBDH Medlemsmøde Frederiksberg Forsyning juni 2025

Henrik Madsen
DTU Compute

(IFD projects: **CITIES** + FED + SEM4Cities + **HEAT4.0** + Cool Data + RePUP)
(EU projects: Top-Up + syn.ikia + **ELEXIA** + ARV + ebalanceplus + CitCom.ai +
BEGONIA + SEEDs + **BIPED**)



Innovation Fund Denmark

This initiative is funded by



Tak til:

- Brønderslev Fjernvarme
- Albertslund Forsyning
- TREFOR Varme
- VEKS
- Hillerød Fjernvarme
- HOFOR
- Svebølle-Viskinge Fjernvarme
- Varmelast
- Sindal Fjernvarme
- Hvide Sande Fjernvarme
- Kredsløb
- Middelfart Fjernvarme
- Roskilde Fjernvarme (FORS)
-



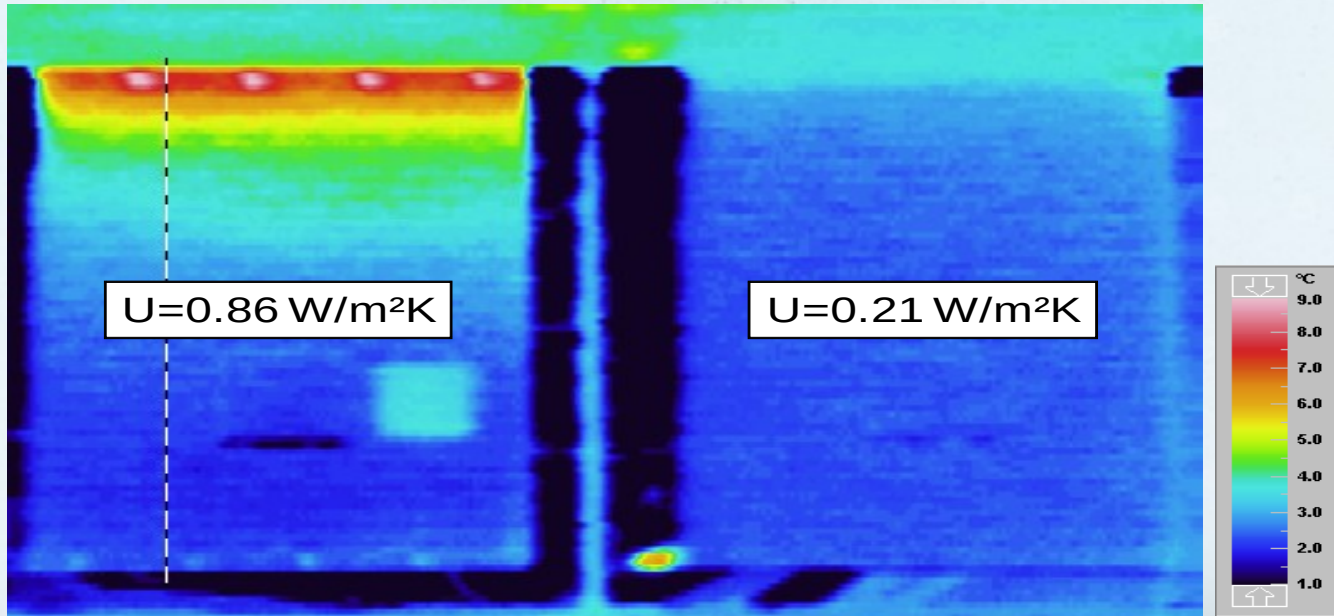
- Center Danmark
- ENFOR a/s
- Danfoss
- NIRAS
- Kamstrup
- ABB
- EMD
- Dansk Fjernvarme / Grøn Energi
- Erhvervshus Syddjylland

Data-drevne metoder gør det muligt at se skjulte tilstande



Eksempel

(samme teoretiske U-værdi – men i praksis...)



Konsekvens af godt og dårligt håndværk

Vejrprognoser Lokalt kalibrerede

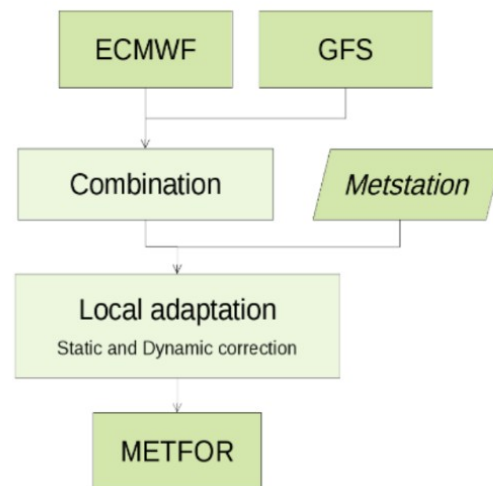
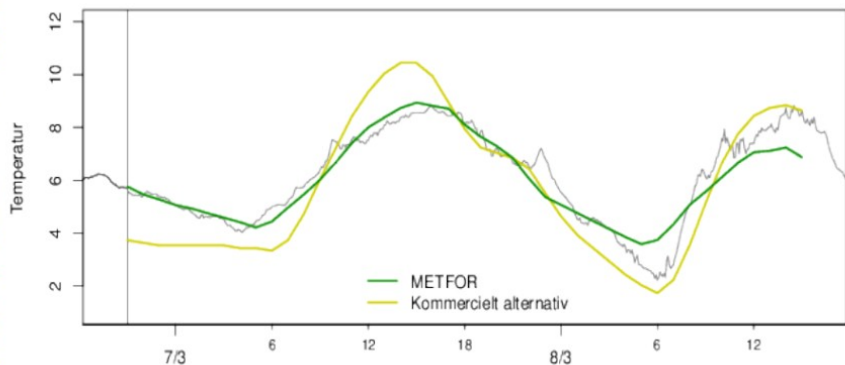


Data på lokale vejrforhold + flere MET prognoser

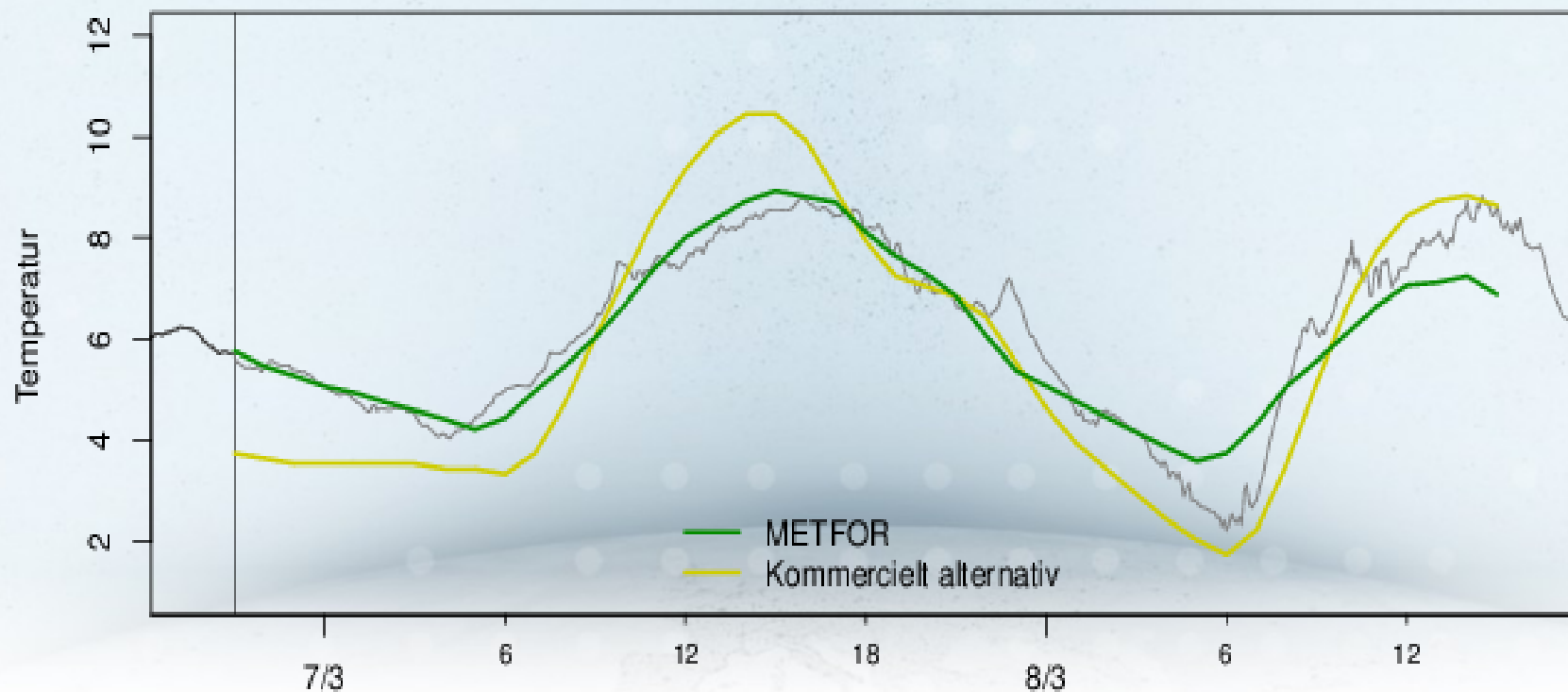
Forbedring i nøjagtighed:
20 – 90 pct

Gothersgade
Temperatur +1
Luftfugtighed 87%
Vind 3 m/s

Holmens kanal
Temperatur -1
Luftfugtighed 84%
Vind 7 m/s



Eksempel på METFOR prognose



Prognoser for Varmebehov



BIPED projektet (Kredsløb)

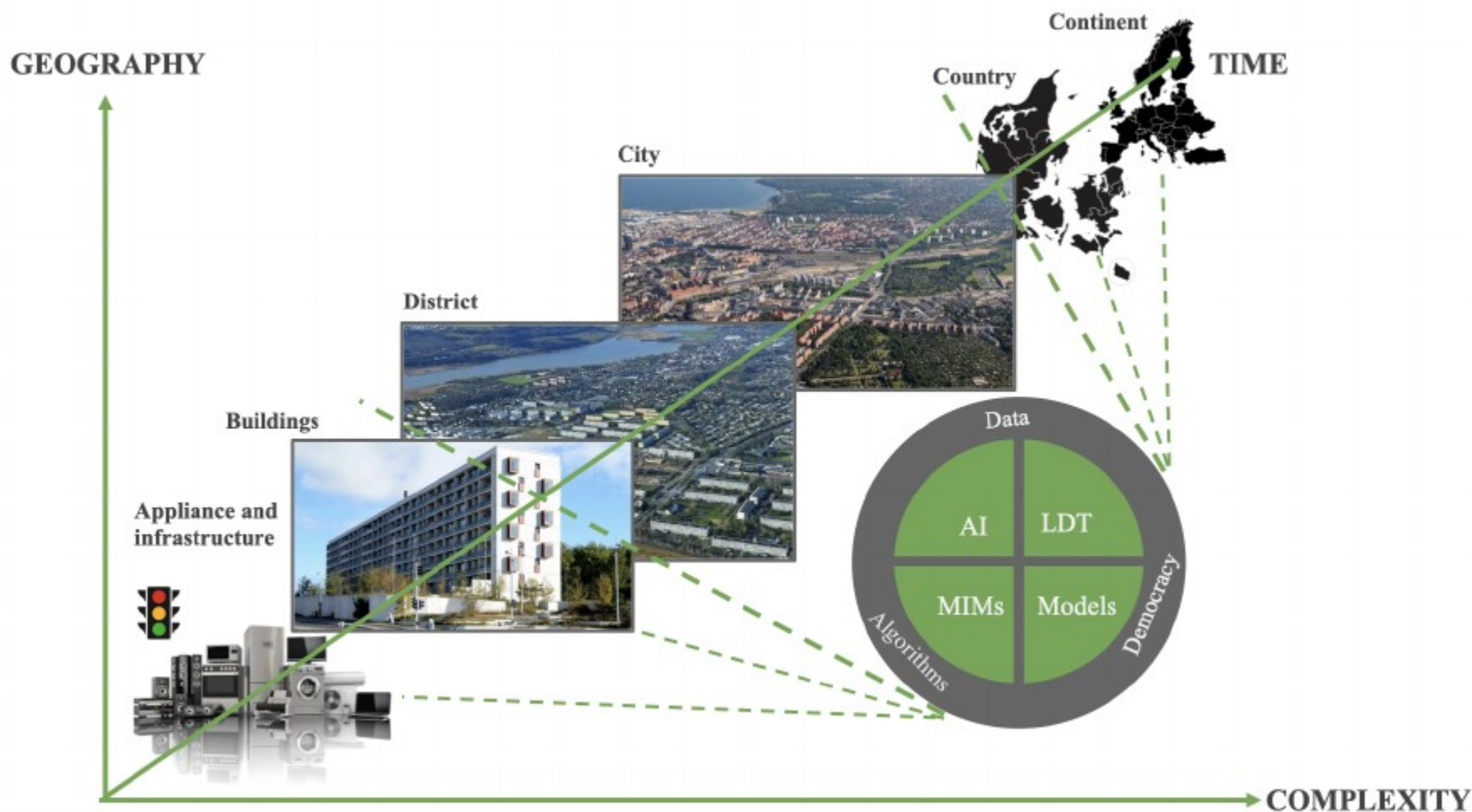
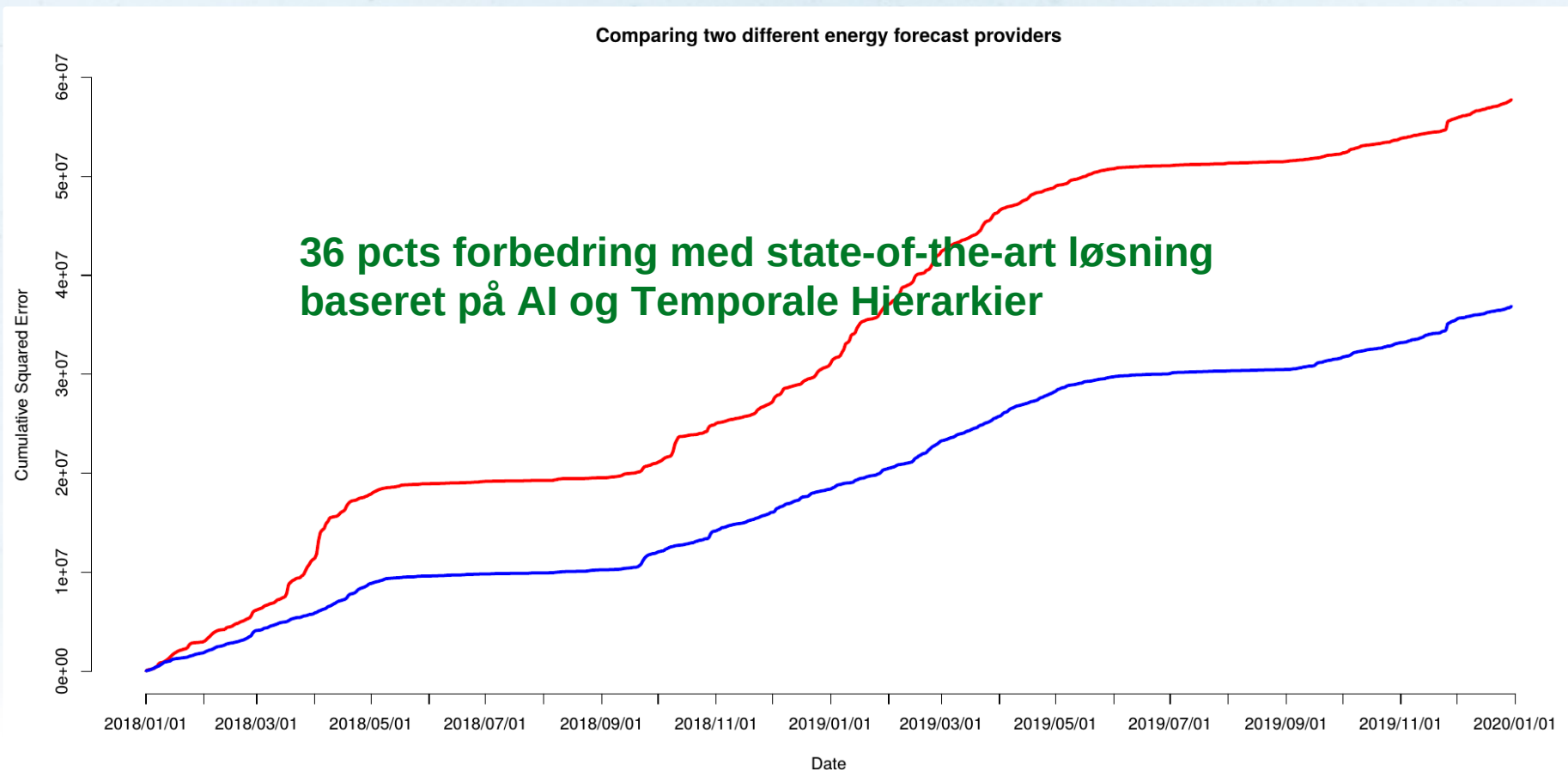


Fig 2: Spatial, temporal and complexity hierarchy of PED Digital Twin

Prognoser af Varmebehovet i København (Varmelast)



Eksempel: Spatial Hierarki

Prognoser af Varmebehov (Fjernvarme Fyn)

Forbedring: ca. 15 pct

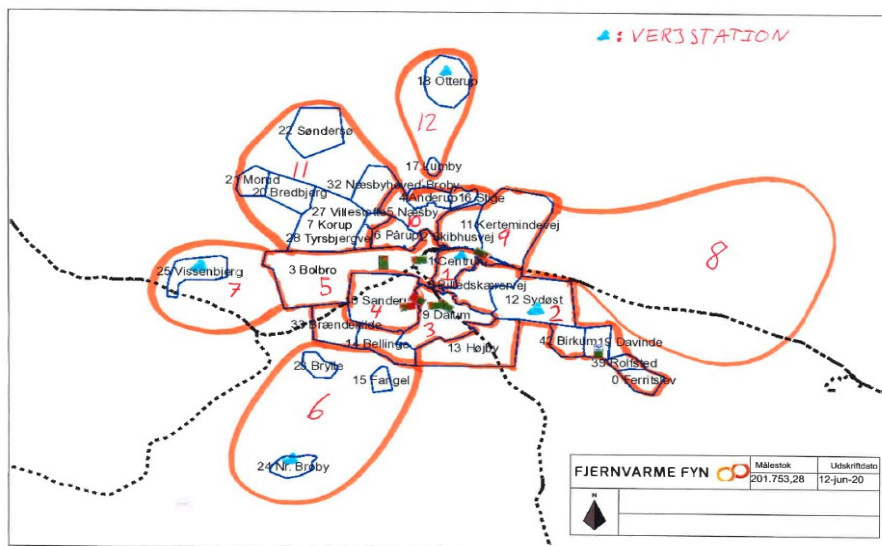


Figure 2: Layout of the areas at *Fjernvarme Fyn*.

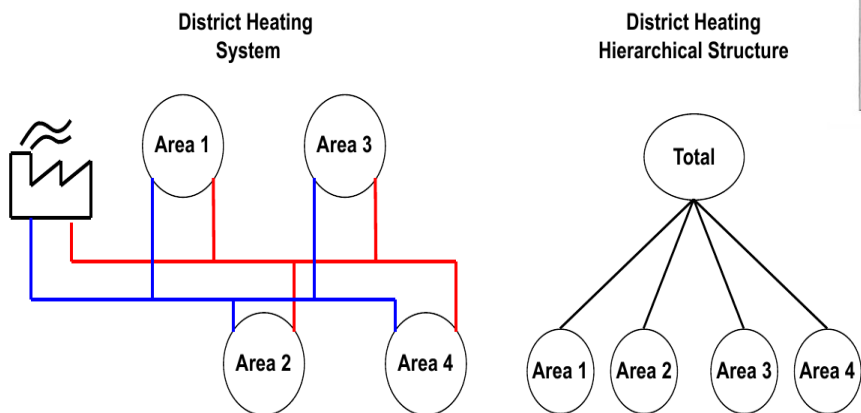


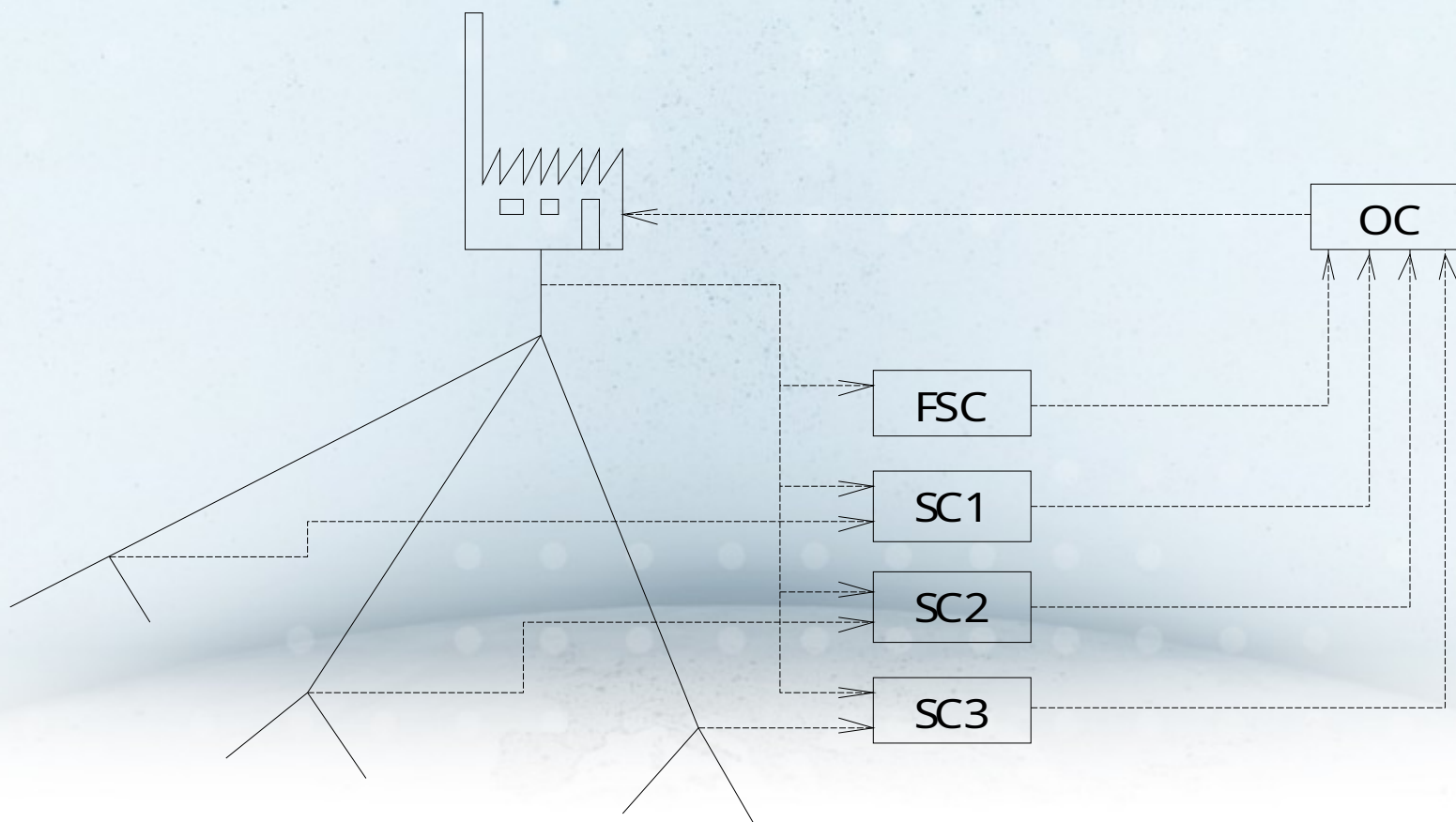
Figure 3: Example of a simple spatial hierarchy structure for heat load forecasting.

Data-drevne metoder til Temperatur-Optimering



Modeller og Styring

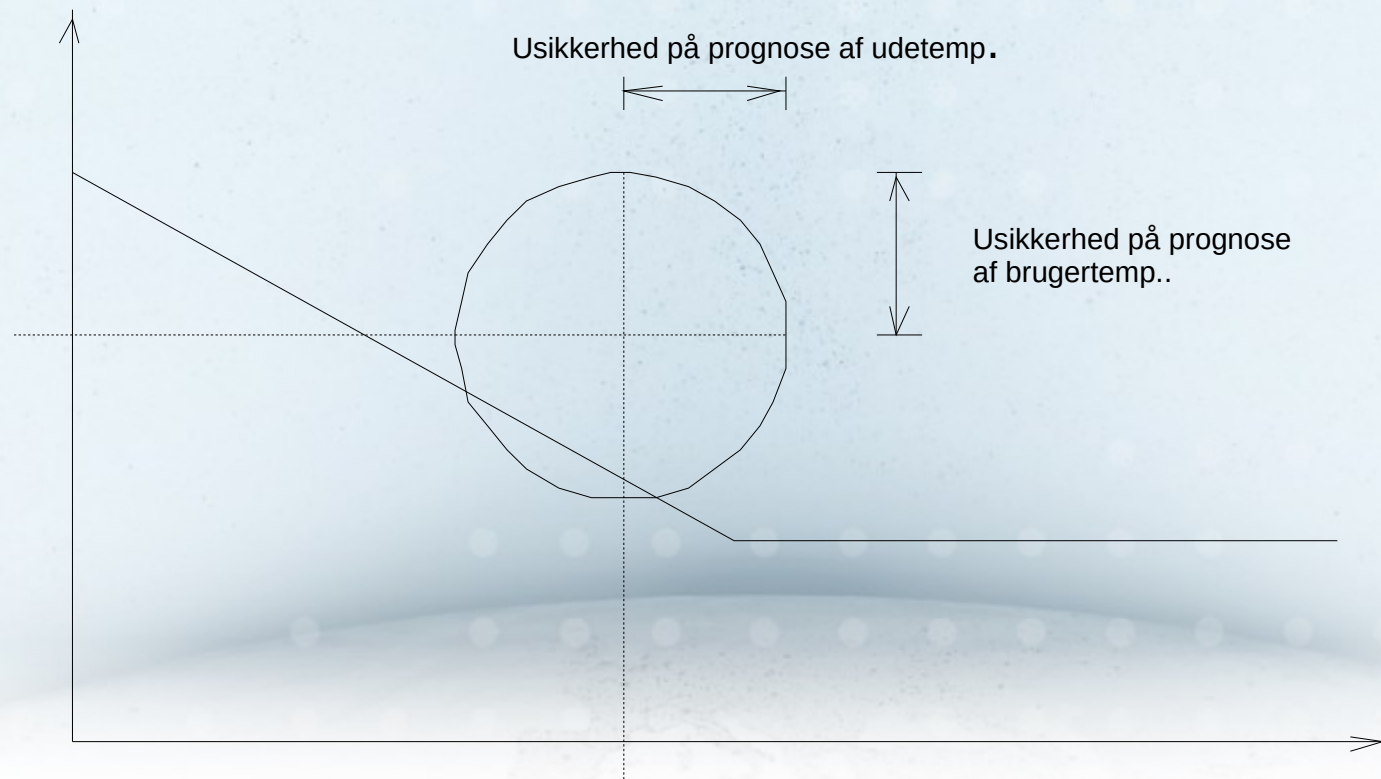
(Stærkt simplificeret!)



Bestemmelse af 'set-point' for temperaturen hos brugerne

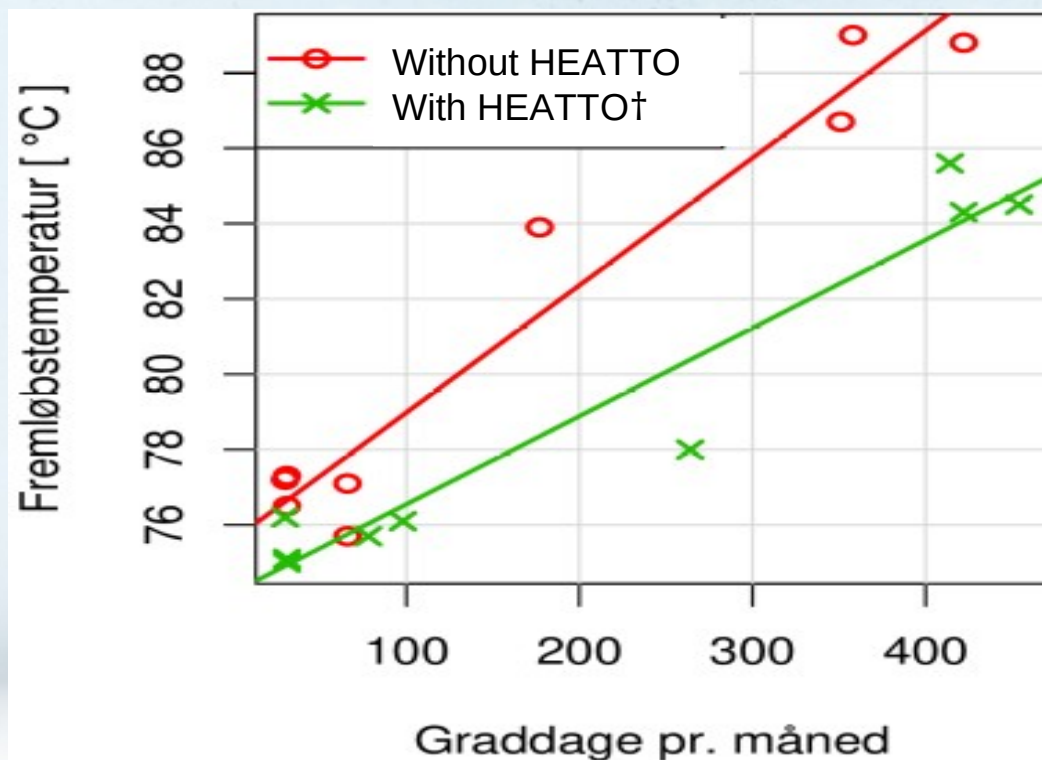
Usikkerheden skal tages i regning

Brugertemperatur



Udetemperatur

Temperatur med/uden data-dreven temperatur-optimering



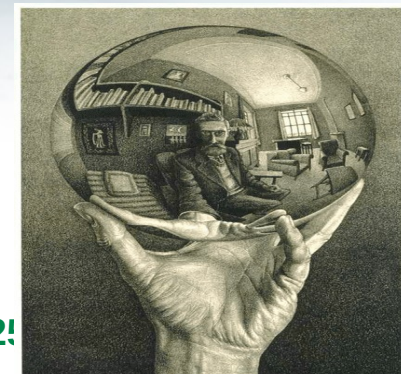
Besparelse:

Reduktion i varmetab
18.4 pct

Årlige besparelse
2.4 mill dkk

Data-drevne metoder til Optimering af Fremløbstemperaturen

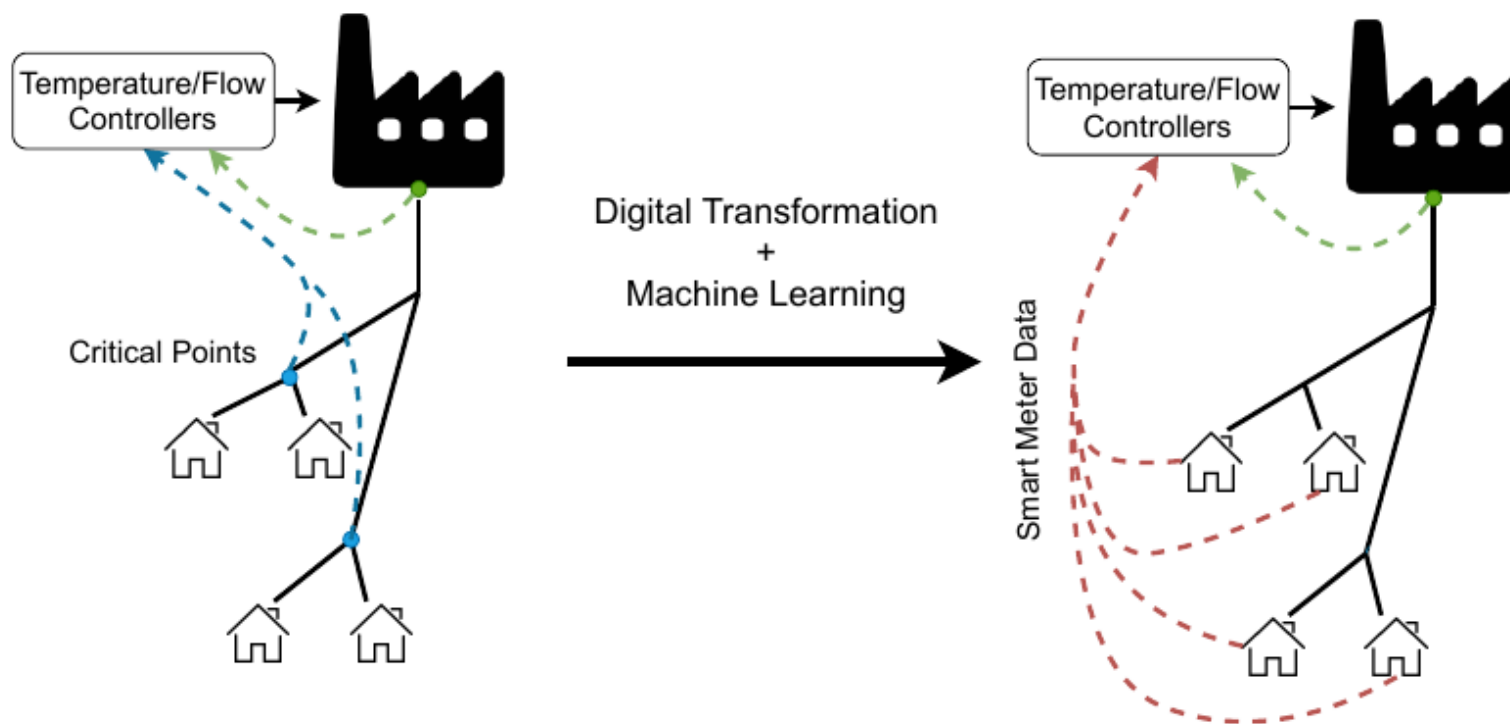
- Udnytter informationen i data
- Vægter udgifter til pumper ift. besparelser på varmetab mv.
- Udnytter de kalibrerede MET prognoser
- Automatisk / selv-kalibrering af modeller for nettet
- Anviser hvor nettet bør **opgraderes**
- **Hurtige** (real time) beregninger
- Indbyggede metoder for udnyttelse af **nettet til lagring og reduktion af spidslast**
- **Damvad rapport (2019):**
Op til 800 mill dkk i årlige besparelser.



Data-drevne metoder til Temperatur Optimering (v.4.0) (med online målerdata)

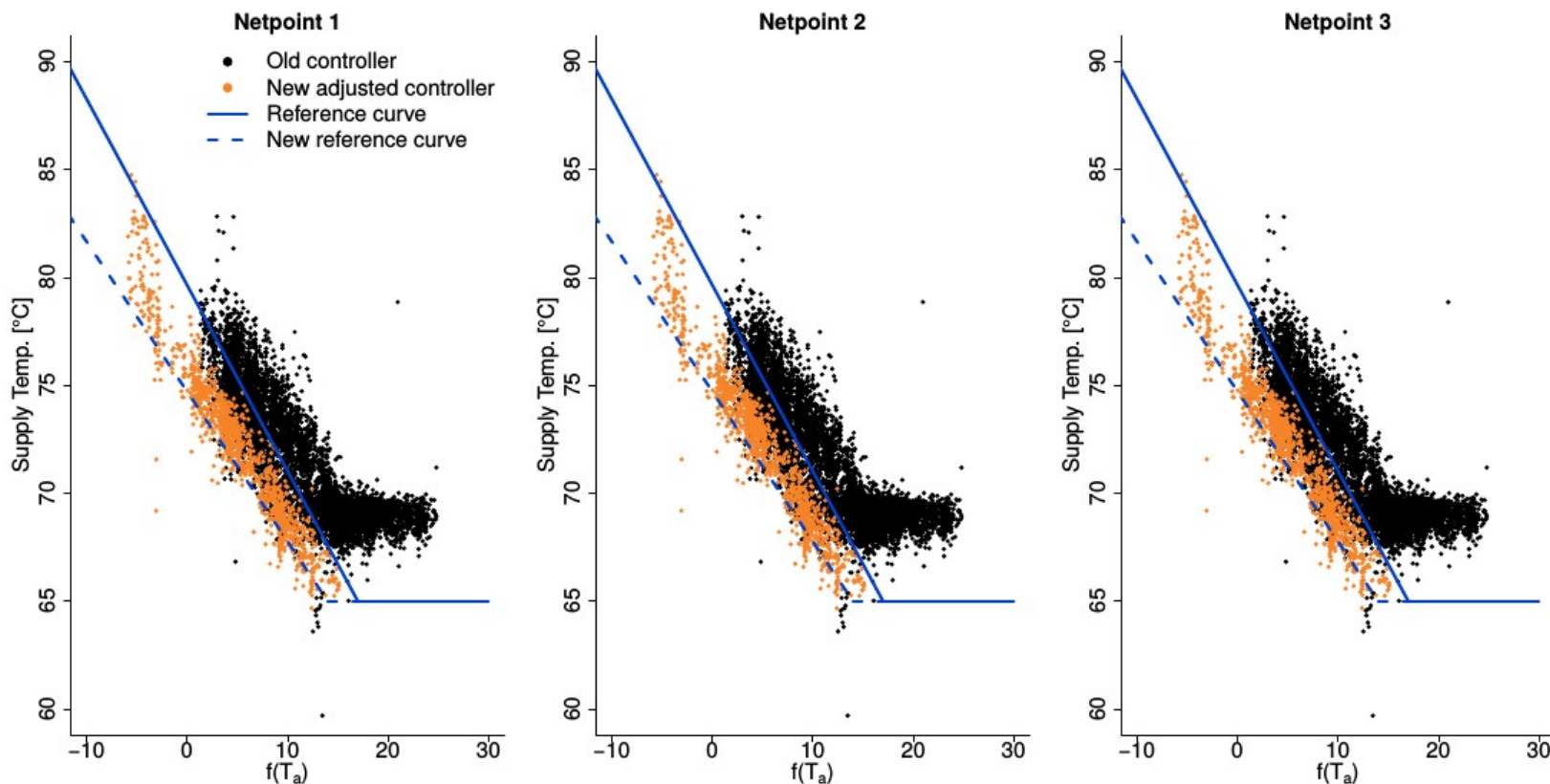


Brug af online data fra målere giver nye muligheder – og yderligere besparelser



Temperaturen ved slutbrugerne (HOFOR/Tingbjerg)

Højere præcision => 5 °C temp. reduktion



DIGITALISERING

I FJERNVARMEN BIDRAGER TIL 2030-MÅL

Det sparer penge og CO₂, når fjernvarmesektoren styrer temperaturen med data og lokale vejrudsigter i stedet for tegninger af ledningsnettet og mavefornemmelsen.

Hanne Kokkegård

Sven Müller, DTU, Dansk Fjernvarme/Nils Rosenvold

1,7 mio. husstande i Danmark (ca. 64 pct.) bliver opvarmet med fjernvarme, der løber gennem 60.000 kilometer fjernvarmenet. Rejsen fra fjernvarmeværket til radiatorerne tager typisk flere timer, og derfor skal varmebehovet kunne forudsiges.

Man skal ikke skruer mere op for varmeproduktionen end nødvendigt, for det koster penge og er energispild, ligesom temperaturtabet i rørene er større ved højere temperaturer. Samtidig skal vandet være tilstrækkeligt varmt på de såkaldte kritiske punkter i udkanten af ledningsnettet. Så det er en videnskab at styre fjernvarmeproduktionen optimalt.

På DTU Compute arbejder professor Henrik Madsen og hans kolleger med datadrevet energi- og temperaturoptimering. Flere forskningsprojekter viser, at digitalisering forbedrer prognosen for varmebehovet og tilmeldt leveret vejen til Danmarks 2030-klimamål.

En undersøgelse, som Damvad Analytics har lavet sammen med Danmarks største smart city-projekt, CITIES, ledet af netop Henrik Madsen, samt tænketanken Gron Energi under Dansk Fjernvarme, viser, at fjernvarmesektoren kan spare mellem 240 og 790

mio. kr. ved at indføre datadrevet temperaturregulering af fremløbs-temperaturen, fordi temperaturen kan sænkes tre til ti grader. Lavere temperatur sparer også CO₂, ligesom varmetabet i nettet mindskes.

"Der er store potentialer ved at gå fra erfaring og simulationsbaseret styring ud fra tegninger af ledningsnettet til datadynamisk optimering af fjernvarmen. Vores projekter viser, at når fremløbstemperaturen er baseret på flere her og nu-datakilder, herunder vejrdata fra lokale målestationer, optimerer vi produktionen og accelererer den grønne omstilling," siger Henrik Madsen.

Lavere varmepriser

Svebølle Viskinge Fjernvarmeselskab med 535 husstande er ét af de forsyningselskaber, der har øget digitaliseringen. Siden oktober 2019 har fjernvarmeselskabet i Nordvestsjælland benyttet bearbejdede data fra DTU-spinout-firmaet ENFOR til optimal styring af fremløbstemperaturen.

På få måneder har man kunnet sænke fremløbstemperaturen med over 20 grader. Hvor temperaturen før lå på 80,9 grader, blev den først sænket til 68,1 grader, hvorefter den kunne sænkes yderligere til 60 grader.

Billedet viser udstyret til temperaturmåling i ventiltrøndene: en PT100-temperaturføler og en radiosender samt et motorcykelbatteri, der holder i seks år og forsyner udstyret med strøm, så det kan sende data videre.

Dynamisk datadrevet fjernvarmedrift

- Teknologien anvender AI til at bearbejde data til at forudsige varmebehov, pumpebehov og temperatur på kritiske steder i fjernvarmenettet, hvor temperaturen er lavest.
- Ud fra vejrudsigter og lokale målestationer foreslår systemet en starttemperatur. Systemet sender realtidsdata for temperaturen i nettet, kritiske steder, varmeforbruget hos slutbrugeren og vejr tilbage. Temperaturen og trykket reguleres i rørene. Systemet agerer efter de lokale forhold og lærer nettet at kende på en til tre måneder.
- Data kan identificere potentielle fejl og brud.
- Forskerne i CITIES og andre DTU-lejede projekter arbejder også med styring af varmepumper efter CO₂-baserede elpriser, så produktionen øges, når strømmen er grøn.

KILDE: RAPPORTEN POTTENTIALT I DET DYNAMISKE DATADREVTE FJERNVARMESYSTEM I FJERNVARMESSEKTOREN, FRA DAMVAD ANALYTICS, GRØN ENERGI OG CITIES.

"Dengang kørte vi lidt med blind for øjnene, fordi vi ikke vidste, hvordan det reelt stod til med temperaturen i fjernvarmenettet. Vi havde slet ikke forestillet os, at digitalisering kunne blive så stor en gevinst."

SVEND MÜLLER, BESTYRELSESFORMAND FOR SVEBØLLE VISKINGE FJERNVARMESKAB

Transformationen

Figuren skitserer, hvordan den digitale transformation i fjernvarmen kommer til at foregå med data fra fjernafleste målere (smartmeters).

KILDE: INTRODUKTION AF LØSTEMPERATUR- / FJERNVARMETIL FJERNVARMESSEKTOREN, JANUAR 2020, DTU FPA.



Det giver en anslået besparelse på mindst 550 MWh og en reduktion på 110.000 kr. i årlige produktionsomkostninger. Man regner med på sigt at sænke varmetabet i nettet til under 30 pct., og at varmeprisen falder med 47 pct. i perioden 2015-2025.

Inden Svebølle Viskinge Fjernvarmeselskab gik over til datadrevet drift, benyttede man såkaldt simulationsbaseret drift baseret på viden om fjernvarmenettet, erfaring og kun lidt forecast.

■ Svebølle-Viskinge: Datadrevet drift = 10-12 oC lavere temperatur



Innovation Fund Denmark

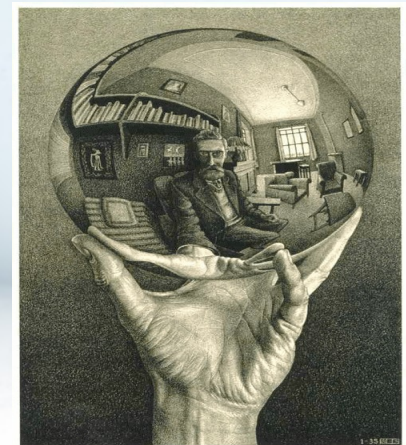
DBDH Medlemsmøde – Kunstig Intelligens, juni 2025



This initiative is funded by EU

Data-Intelligent Temperatur-Optimering med udnyttelse af målerdata

- **Selvkalibrerende modeller**
- Eliminerer eller reducerer **behovet for kritiske punkter / målerbrønde ude i nettet**
- Identifikation af behov for opgraderinger/udskiftning (fx. stikledninger)
- Mulighed for **rådgivning** af slutbruger
- Giver mulighed for mange **temperatur zoner**
- Bedre integration af **varmepumper**
- Brug af **bygninger som varmelager**
- **Dynamiske tariffer** – løsning af netproblemer mv.



Simulations- versus Data+AI-baseret Temperatur-Optimering

(Fra 2019 Damvad Report)

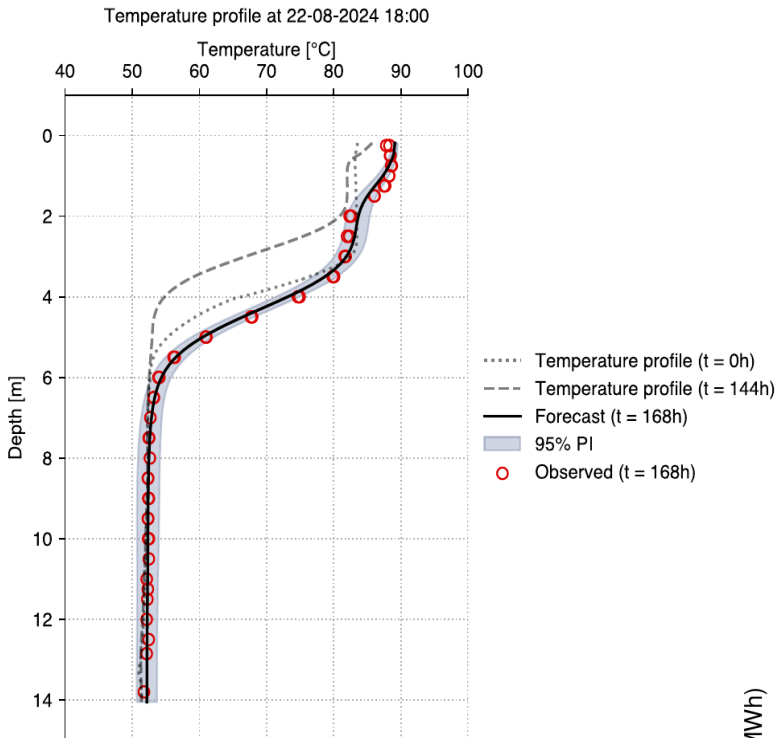
	Simulations-baseret TO	Data-baseret TO
Metode	Deduktiv (simulation, teoretiske værdier)	Induktiv (data- og prognosebaseret, selvlærende)
Optimal anvendelse	Simulation af nye drifts-scenarier (hvor der ikke findes historiske data)	Styring af temperatur og flow (vægtet), reduktion af varmetab og pumpeomkostninger, målerdata, realtid
Temperatur profil	Temperatur beregnet pga teoretiske værdier for rør, isolering, jorden, mv.	Temperatur estimeret v.h.j.a. AI, brug af data fra net og anlæg
Distributionsnettet	- <u>Tager IKKE hensyn til:</u> • Snavs i rør mv, • Jordens egenskaber (temperatur, fugtighed, ..) • Leakager, • Fugtig eller beskadiget isolering, • Afvigelse fra designværdier / tegninger	+ <u>Tager hensyn til:</u> • Snavs i rør mv, • Jordens egenskaber (temperatur, fugtighed, ...) • Leakager, • Fugtig eller beskadiget isolering, • Afvigelse fra designværdier / tegninger
Karakteristik	- Konstante parametre • Kræver jævnlig recalibrering, som kan være vanskelig og tidskrævende	+ Auto-kalibrering / selvlærende • Automatisk recalibrering fx pga nye forbrugere, megen regn, beskadiget isolering, mv.

Data-drevne modeller for damvarmelager

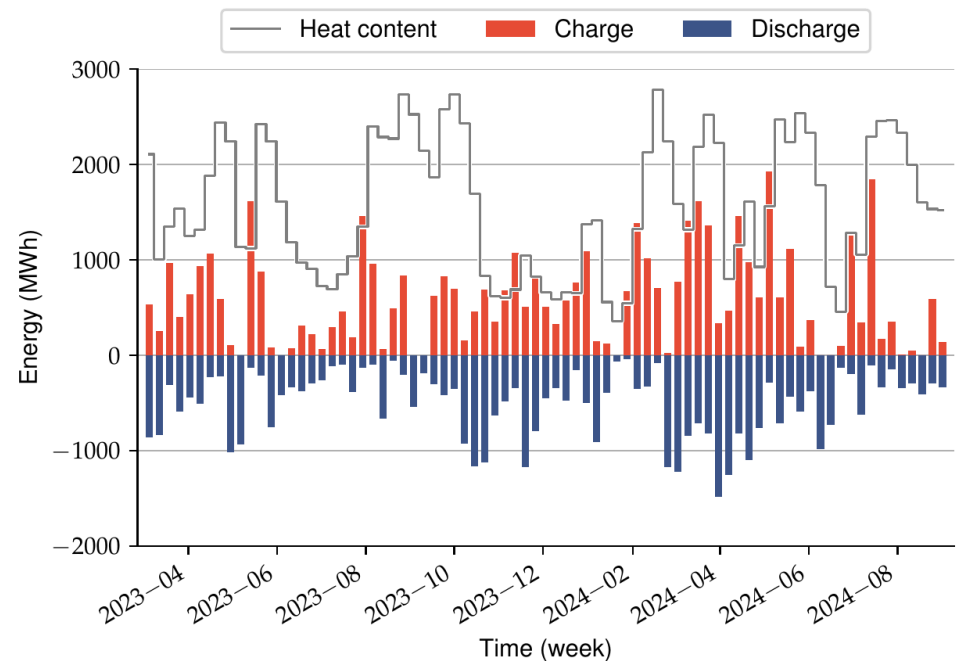




Data-drevet model for damvarmelager



Præcise langtidsprognoser giver
Mulighed for optimeret drift



Tak til:

- Torben Skov Nielsen
- Henrik Aa. Nielsen
- Hjörleifur Bergsteinsson
- Henning T. Søborg
- Ken Sejling
- Amos Schledorn
- Sven Muller
- Lars Gullev
- Daniela Guericke
- Phillip Brink Vetter
- Jan Lorenz Svendsen
- Sven C. Thomsen
- Vincent Olesen
-

