

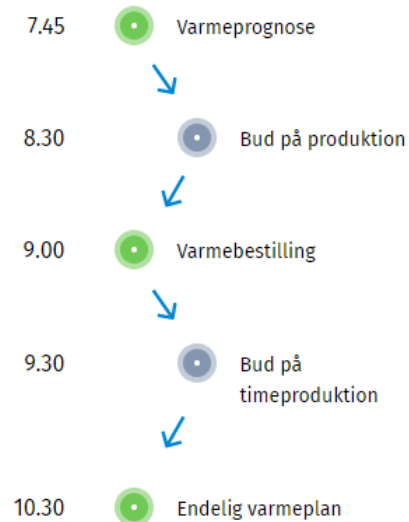


INTEGRATE 2, Deliverable 3.3

Dayahead plan

Hvilke værker skal producere i hvilke timer af det kommende døgn? Mouseover de enkelte tidsangivelser

-  VARMELAST
-  VARMEPRODUCENTER



Juni 2024



INTEGRATE 2-projektet har projektnummer:
64020-2025 hos EUDP

**Deliverable 3.3 Description of business models and regulatory
framework for Copenhagen**

Deltagere i INTEGRATE 2-projektet:

- PlanEnergi – Projektleder
- Vestegnens Kraftvarmeselskab I/S (VEKS)
- Ea Energianalyse
- Hjørring kommune
- JKU Linz

Forfatter:

Jesper Troelsgaard Werling

E: jw@eaea.dk



Indledning

I INTEGRATE 2-projektet har formålet været at udvikle løsninger på termisk langtidslagring, som kan integreres i alle typer af eksisterende fjernvarme- og fjernkølesystemer. Lagrene udvikles, så de kan have funktioner både som lagre for overskudsvarme, for power to heat, som lager for solvarme, som lager til fjernkøling og til optimering af kraftvarmeproduktion.

Udviklingen har fundet sted i to cases i henholdsvis København og Hjørring/Hirtshals.

INTEGRATE 2 projektet har desuden bidraget til udvikling af metoder til aktiv inddragelse af aktører og forbrugere i planlægning og implementering af store varmelagre, udvikling af mere præcis beregningssoftware for optimal integration af varmelagre i fjernvarme og som regulering af elproduktion samt udvikling af tekniske løsninger til damvarmelagre, så de kan anvendes i alle typer af fjernvarmesystemer.

Projektets arbejdspakke 3 "Copenhagen Case" har omhandlet case analyse af udvikling af et stort damvarmelager til indpasning i fjernvarmesystemet i hovedstadsområdet. VEKS og Høje Taastrup Fjernvarme har sammen etableret et 70.000 m³ damvarmelager i Høje Taastrup, der nu er i drift. Case analysen har haft fokus på analyse af et nyt muligt damvarmelager på 200.000 m³ i Roskilde. Arbejdspakken har omfattet udvikling af det tekniske koncept, modelanalyser af lagerets drift og værdi i energisystemmodellerne Balmorel og energyPRO samt aktørinddragelse og udvikling af forretningsmodeller for et damvarmelager i hovedstadsområdet.

Ea Energianalyse har i arbejdspakken været ansvarlig for modelanalyser i Balmorel for beskrivelse og udvikling af forretningsmodeller. Modelanalyserne er afrapporteret i en særskilt rapport fra arbejdspakke 3, mens dette notat giver afrapportering af arbejdet med forretningsmodeller for et damvarmelager i hovedstadsområdet.

Udvikling af forretningsmodellerne hænger i høj grad sammen med de lokale forhold i hovedstadsområdet. Derfor indledes notatet med en beskrivelse af systemet og af principperne for lastfordeling og afregning af varme i fjernvarmesystemet. Dernæst gennemgås overvejelser om forskellige, mulige forretningsmodeller for et damvarmelager i hovedstadsområdets fjernvarmesystem, og herefter gennemgås en konkret case for

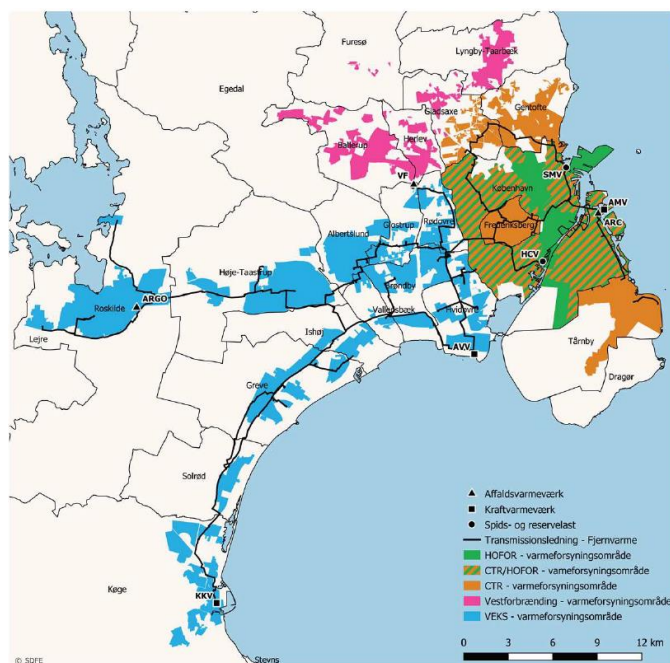
forretningsmodel i Høje Taastrup. Endelig gives anbefalinger om valg af forretningsmodel for fremtidige projekter.

Hovedstadsområdet fjernvarmesystem og Varmelast

Hovedstadsområdet fjernvarmesystem dækker ca. 25 % af det samlede danske fjernvarmeforbrug. Fjernvarmesystemet består af en lang række distributionsnet og et transmissionsnet, der leverer varmen hertil ved en højere temperatur. Dagens fjernvarmesystem er domineret af store centrale kraftvarmeanlæg baseret på affald og biomasse:

- Fire kraftvarmeværker på i alt 2.050 MJ/s. Værkerne er ejet af tre forskellige selskaber: Ørsted, HOFOR og VEKS.
- Tre affaldsenergiværker på i alt 400 MJ/s: ARGO, Vestforbrænding og Amager Ressource Center.
- Reserve- og spidslastanlæg på i alt 1.900 MJ/s. Baseret på naturgas, med reservelast på letolie. De seneste år er der etableret flere elkedler til spids- og reservelast.
- To varmeakkumulatorer på i alt 660 MJ/s

CTR, HOFOR og VEKS køber varme fra de større produktionsanlæg. De senere år er der sket en udvikling mod etablering af mindre lokale produktionsanlæg i tilknytning til industriel overskudsvarme og spildevandsanlæg.





Figur 1: Oversigt over det sammenhængende fjernvarmesystem i hovedstadsområdet.

Varmelast og lastfordeling af produktionsanlæg

Lastfordelingen af varmeproduktionsanlæggene i systemet sker på daglig basis og er afgørende for, hvordan fjernvarmen produceres i det sammenhængende fjernvarmesystem. Lastfordeling er et udtryk for, hvordan varmeproduktionen dagligt tilrettelægges, så den altid bliver produceret på de billigste anlæg

Principper for lastfordeling fastlægges af varmeselskaberne CTR, HOFOR og VEKS og er aftalt med aktører i systemet. Den daglige lastfordeling varetages af enheden Varmelast, som er ejet af CTR, HOFOR og VEKS.

Der er i dag forskellige typer af lastfordeling:

- Store produktionsanlæg lastfordeles centralt gennem Varmelast via en økonomisk optimering, der minimerer de samlede omkostninger ved varme- og elproduktion time-for-time.
- Enkelte anlæg kan blive prioriteret før øvrige store anlæg. I dag gælder det affaldsvarme baseret på anvisningspligtigt affald (prioriteret produktion).
- Decentral optimering. Den enkelte lokale varmeproducent optimerer selv sin varmeproduktion på basis af varierende prissignaler, fx fra transmissionsselskabet. Typisk små producenter af fx overskudsvarme i de lokale distributionsnet.

Lastfordelingen af store produktionsanlæg sker ud fra et princip om samlet, omkostningsbaseret optimering for el og varme. Lastfordeling sker uden hensyntagen til afregning (lastfordeling og afregning dækkes af separate kontraktsæt)

Som en del af lastfordelingen laves der varmeplaner minimum 6 gange om dagen:

- 1 day ahead plan (før elspotmarkedet lukker)
- 5 intraday reguleringer (efter spot) + evt. ekstrareguleringer

Lastfordelingen gennemføres på baggrund af forbrugsprognoser (opdateres 6 gange i døgnet), producenternes ønskede produktion (produktionsplaner), begrænsninger i net og på værker, varmelagre samt leverede marginalpriser fra producenter.

Varmelast foretager endvidere dagligt driftsopfølgning for at vurdere: Følger produktionen planerne? Hvor langt er produktionen fra den optimale lastfordeling?

Day-ahead og intraday planer

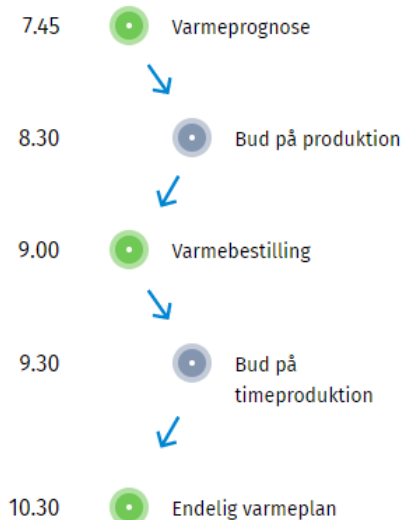
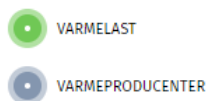
Producenterne udbyder varmeproduktion til Varmelast. Disse udbud baseres på variable omkostninger og er baseret på:

- Brændselspriser
- Kapaciteter og virkningsgrader på anlæggene
- Variable drifts- og vedligeholdelsesomkostninger
- Energi- og CO₂-afgifter på varmeproduktion
- CO₂-kvoteomkostninger
- Prognoser for indtægter fra elmarkedet
- Produktionstilskud for biomassebaseret elproduktion

I Varmelasts efterfølgende bestilling af varmeproduktionen hos producenterne tages der højde for de væsentligste tekniske begrænsninger i fjernvarmenettet og på produktionsanlæggene. Varmelast har desuden mulighed for at lagre varme i store varmelagre i kortere perioder.

Dayahead plan

Hvilke værker skal producere i hvilke timer af det kommende døgn? Mouseover de enkelte tidsangivelser



Figur 2: Day ahead planer I den daglige lastfordeling i hovedstadsområdet.

I løbet af driftsdøgnet udvikler virkeligheden sig oftest anderledes end prognoserne. Seks gange i døgnet bliver varmeplanerne derfor justeret på



baggrund af opdaterede forbrugsprognoser, den offentliggjorte markedspris på el, samt uforudsete nedbrud på kraftvarmeværkerne.

Forretningsmodeller for damvarmelagre i hovedstadsområdets fjernvarmesystem

Overordnet set er det afgørende for en god forretningsmodel, at den sikrer følgende:

- At der kan skaffes finansiering til etablering af energilagere, der reducerer omkostningerne ved at producere og levere fjernvarme.
 - Sikkerhed for investorer
- Administrativ simpel og effektiv løsning
- Mulighed for god teknisk drift og vedligehold af anlægget

De eksisterende varmelagre i Danmark ejes og drives typisk af et enkelt varmeselskab eller en enkelt varmeproducent, typisk for at integrere solvarme eller optimere driften af egne kraftvarmeværker. Dette er ikke tilfældet i et sammenhængende fjernvarmesystem som i hovedstadsområdet, hvor varmelagre i højere grad vil skulle etableres for at gavne det samlede system og dermed flere aktører i systemet. Dette er tydeliggjort ved modelanalyser af et damvarmelager i Roskilde. Her er det vist, at damvarmelageret dels gavner varmeproducenter med elkøb eller elsalg, idet de kan optimere driften i forhold til elprisvariationer time for time, og dels gavner det varmeselskaber og producenter, fordi det kan reducere driften på dyre spidslastanlæg og øge produktionen på billigere anlæg som fx kraftvarme og varmepumper. Der er derfor behov for at nytænke forretningsmodel for at sikre maksimal værdi af lagre i systemer med flere producenter og aktører.

Tre forskellige forretningsmodeller er vurderet:

- **A. Kommerciel model:** Selskabet køber og sælger fjernvarme. Prisforskellen mellem køb og salg samt betaling for reguleringsydelse og reservelast/ spidslastydelser driver økonomien.
- **B. Infrastruktur (Varmelast) model:** Varmeselskaber eller Varmelast.dk etablerer og driver varmelageret. Varmelageret indgår i lastfordelingen på åbne og objektive vilkår.
- **C. Varmeselskab eller -producent model:** Varmeselskab eller -producent etablerer og driver varmelageret. Driften optimerer

økonomien for selskabets køb til forbrugere eller produktion fra egne anlæg.

Desuden kan der overvejes kombinationsmodeller mellem B og C.

Et overblik over modellerne ses i tabellen nedenfor.

Emne	Kommercielt	Infrastruktur	Selskabsejet
Modelbeskrivelse	Selskabet køber og sælger fjernvarme. Prisforskellen mellem køb og salg samt betaling for reguleringsydelser og reservelast/spidslastydelser driver økonomien.	Varmeselskaber (eller Varmelast.dk) etablerer og driver varmelageret. Varmelageret indgår i lastfordelingen på åbne og objektive vilkår.	Varmeselskab eller -producent etablerer og driver varmelageret. Driften optimerer økonomien for selskabets køb til forbrugere eller produktion fra egne anlæg.
Investeringsomkostninger og driftsomkostninger inkl. tab	Dækkes af investor	Afholdes af varmeselskaber. Kan deles mellem aktører pro rata efter nytte. <i>Kan suppleres med salg af lagerydelser</i>	Dækkes af varmeselskab eller producent
Sikkerhed for investering	Usikker – afhænger af prisudvikling i markedet	Varmeforsyningsloven giver mulighed for indregning i varmeprisen	Nytten drives alene af optimering af eget anlæg. Kan helt eller delvist indregnes i varmeprisen, men vanskeligt at få god samfundsøkonomi
Ansvar for drift	Investor	Varmeselskaber	Producent eller varmeselskab
Fordele	I princippet simpel investerings- og afregningsmodel.	Bedst mulig udnyttelse af lageret, da det kommer alle aktører til gode. Kan godkendes.	Simpel investerings- og afregningsmodel. Lettere at reagere på hurtige udsving i elmarkedet. Sværere at få godkendt.
Ulemper	Kræver etablering af timebaseret marked / transparent pris. Vurderes stærkt risikobetonet.	Vanskeligt at fastlægge hvem der får nytte og dermed fordeling af investering- og driftsomkostninger	Suboptimering at lageret kun anvendes af den pågældende producent.

Tabel 1: Oversigt over karakteristika ved forretningsmodeller.

Afregningsmodellen for model A og C er i princippet ukompliceret, da én aktør etablerer lageret og sikrer indtjening ved optimering af eget/egne anlæg op mod markedspriserne. I model A kræves dog etablering af et



timebaseret marked eller en transparent prisreference, som kan anvendes til afregning af købt og solgt varme. Dette marked er ikke etableret i dag.

For model B er afregningen mere kompliceret, da investering og gevinster skal fordeles mellem flere aktører. For model B kan følgende typer afregning overvejes:

- 50% betales af varmeselskaberne og producenter betaler investering og løbende D&V efter varmeproduktion pr. GJ leveret varme
 - Det er en simpel model
 - I så fald vil producenter skulle betale en årlig tarif på XX kr./GJ varmeproduktion til investeringen og løbende D&V.
 - Sikrer ikke nødvendigvis 1-1 sammenhæng mellem betaling og driftsnytte
 - Her ses investeringen som forbedring af alle aktørernes infrastruktur, og et udviklingsprojekt
 - Denne model kan måske direkte kopieres til næste varmelager.
- Betaling af investering og løbende D&V efter beregnet driftsnytte inden projektstart
 - Investering kan betales over årene eller investering kan betales up-front
 - D&V kan betales som årsregning
 - Sikrer ikke nødvendigvis 1-1 sammenhæng mellem beregnet nytte og realiseret nytte
 - Kan blive en udfordring at alle bliver enige om den forventede driftsnytte
- Betaling af investering og løbende D&V efter årlig beregning af værdi af lager pr. aktør
 - Administrativ tung

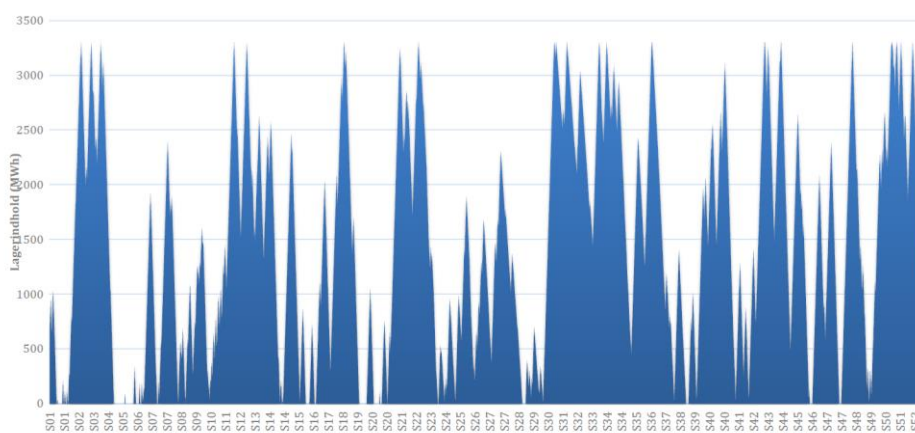
Konkret case for damvarmelagers drift, værdi og forretningsmodel i hovedstadsområdet fjernvarmesystem

INTEGRATE 2-projektet har haft fokus på analyser af et nyt damvarmelager i Roskilde. Der er imidlertid tidligere gennemført en række analyser af et damvarmelager i Høje Taastrup, som dannede udgangspunkt for valg af forretningsmodel for dette varmelager. Damvarmelageret blev endelig idriftsat i 2023, men forud for idriftsættelsen blev der gennemført en række analyser, der bl.a. dannede udgangspunkt for lagerets business

case og for forhandlinger om forretningsmodel og aftaler mellem projektets mange parter.

Varmelageret i Høje Taastrup har et volumen 70.000 m³ svarende til et energiindhold på 3.300 MWh med de gældende driftstemperaturer. Lageret har en op- og afladningskapacitet 30 MW, og kan dermed tømmes/fyldes på 110 timer. Varmelageret oplades fra transmissionsnettet og aflades til distributionsnettet. Lageret kan ikke levere varme tilbage til transmissionsnettet.

Modelanalyser viste, at lageret vil fungere som ugelager som vist i figuren nedenfor.



Figur 3: Simuleret lagerindhold over året i 2025.

Analyserne viste, at værdien (driftnytten) af lageret skabes ved:

- Merproduktion på mest effektive ledige kraftvarmeanlæg og affaldsanlæg
- Sparet spidslast og bypassdrift; særligt om vinteren
- Optimering af kraftvarmeanlæggene op imod elprisen

Før etablering af lageret blev driftnytten beregnet til 6-7 mio. kr./året. Lageret har en samlet investering på ca. 75 mio. kr.

Værdien af lageret fordeles mellem aktører ud fra den ændrede lastfordeling og produktion på anlæggene samt ud fra de kontrakter for varmesalg, som er indgået mellem producenter og varmeselskaber. Før etablering af lageret i Høje Taastrup blev det beregnet, at værdien af lageret (før



investeringsomkostninger indregnes) fordeles mellem aktørerne på følgende vis:

- Transmissionselskaber (VEKS og CTR) har ca. 56% af driftsnyttten pga. sparet spidslast
- Kraftvarmeproducenterne har ca. 28% af driftsnyttten pga. bedre optimering mod elprisen og øget varmeafsætning.
- Affaldsforbrændingsanlæggene har ca. 16% af driftsnyttten pga. bedre optimering mod elprisen og øget varmeafsætning.

Forretningsmodel for Høje Taastrup projektet

For projektet i Høje Taastrup blev den ovenfor beskrevne model B – infrastrukturmodellen valgt. Konkret for Høje Taastrup lageret blev følgende aftalt:

- Der er valgt en såkaldt infrastrukturmodel. Alle parter, der får økonomisk nytte af lageret, er med i finansieringen mod, at Høje Taastrup Fjernvarme og VEKS sikrer, at det samlede lager stilles til rådighed i den daglige lastfordeling
- VEKS har indgået aftaler med alle de store kraftvarmeproducenter, affaldsanlæg og CTR, som betaler en fast årlig betaling i 20 år for denne rådighed (efter den beregnede driftsnytte)
- Varmeproducenter og varmetransmissionselskaber betaler til etablering og drift, og der er indgået 20-årige aftaler med parterne
- Ingen af parterne bliver ejere af lageret

Mere specifikt blev følgende aftalt:

- Varmelageret ejes af VEKS og Høje Taastrup Fjernvarme (HTF) (50%/50%)
- Investeringsomkostningerne afholdes af VEKS og HTF (50%/50%)
- VEKS køber rettighed til Høje Taastrup Fjernvarmes andel af lagerkapaciteten i 20 år ved at betale årlig kompensation for, at HTF ikke anvender deres andel af kapaciteten (svarende til HTF's investeringsandel)
- Der er indgået en samarbejdsaftale og en operatøraftale mellem VEKS og HTF
- HTF står for den daglige drift og overvågning af lageret
- HTF ejer grunden
- HTF betaler samme varmepris som øvrige distributionsselskaber



Anbefalinger om forretningsmodel

I INTEGRATE 2- projektet er de forskellige forretningsmodeller blevet drøftet og vurderet. Projektet har på den baggrund ført frem til følgende anbefalinger om forretningsmodel:

- Videreføre den valgte finansieringsmodel til kommende varmelagerprojekter (Infrastrukturmodellen).
- Mest realistisk er nok en forhandlet byrdefordeling for eksisterende producenter (udgangspunkt i nytteberegning), samt indregning i varmekontrakterne (tarif) for nye producenter.
 - Indtægter fra nye varmeproducenter samt udlejning af lagerydelser bør fordeles pro-rata på alle investorer.
- Effektiv indpasning i Varmelast med brug af bedst mulige prognoser for elpriser, varmeforbrug og kapacitet til rådighed er afgørende for udmøntning af lagerets nytte.
- Såfremt der indføres tidsvariable tariffer og tarifiering af ubalancer, kan dette bidrage til prissætning af lagerydelser fremadrettet.
- Udlejning af lagerydelser i et simpelt koncept kan med fordel forberedes, og afprøves.
 - Fx mulighed for at stille lager til rådighed i skulderperioder.