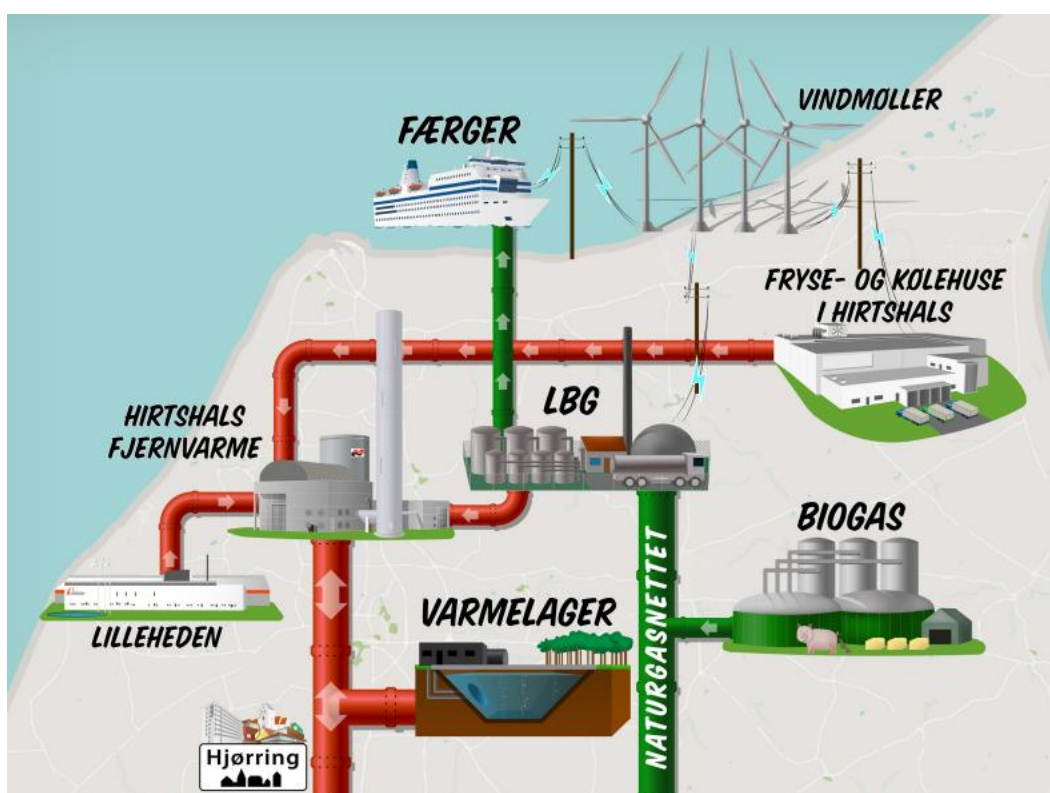


Integrate 2, Deliverable 4.2A

Scenarieberegninger med Balmorel



Kilde: Energiplan 2.0

Hjørring Kommune

April 2023



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

Deliverable 4.2A Scenarieregninger med Balmorel

Deltagere i Integrate 2-projektet:

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

Forfattere på D4.2A

Jesper Troelsgaard Werling

E: jw@eaea.dk

Camilla Lund



Indledning

Som en del af EUDP-projektet INTEGRATE 2 undersøges bl.a. værdien af et damvarmelager i eksisterende fjernvarmesystemer. Et damvarmelager er et stort nedgravet vandreservoir med et isolerende låg, der bruges til at lagre varme i et fjernvarmesystem. Et damvarmelager har markant større volumen, men typisk også lavere op- og afladningskapacitet i forhold til varmelagerets størrelse, sammenlignet med fx VAK'er (ståltanke). Derfor anvendes damvarmlagere ofte til mere langsigtet lagring af varme.

En af delopgaverne i INTEGRATE 2 er at udføre en økonomiske optimering i hhv. energyPRO og Balmorel for værdien af et damvarmelager i Hjørring/Hirtshals fjernvarmeområdet. PlanEnergi har i april 2023 afsluttet en analyse i energyPRO, og Ea Energianalyse har i projektet gennemført en tilsvarende analyse med den matematisk optimeringsmodel, Balmorel. Dette notat beskriver resultatet af Balmorel analysen. Som udgangspunkt lægger denne analyse sig så vidt muligt op af PlanEnergis såkaldte L2-scenarie, der indeholder en udvidelse af fjernvarmenettet i Hjørring/Hirtshals og en markant udbygning med overskudsvarme i fjernvarmesystemet.

Der optimeres følgende to scenarier:

- BAU (Business-as-usual): Eksisterende fjernvarmeanlæg i Hjørring-Hirtshals fjernvarmesystemet bibeholdes. Der tilføjes en ny elkedel og spildevandsvarmepumpe til Hjørring, da Hjørring Varmeforsyning er i gang med at undersøge muligheden herfor. Derudover er der planlagt en række udvidelser af fjernvarmeområdet. Der antages, at halvdelen af de planlagte udvidelser er gennemført i 2025 og alle er gennemført fra 2030 og frem.
- Damvarmelager: Samme som BAU, men der tilsluttes et 200.000 m³ damvarmelager i Hirtshals.

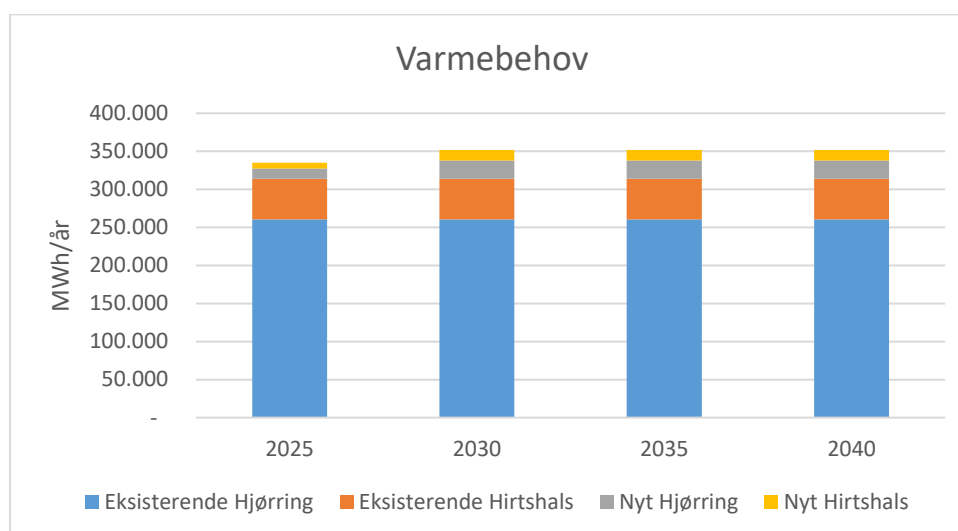
Hjørring-Hirtshals fjernvarmesystemet

De nuværende varmebehov i Hjørring og Hirtshals er hhv. ca. 260.600 MWh/år og 53.500 MWh/år eksklusive varmetab. I PlanEnergis kortlægning "Kortlægning af fremtidigt varmebehov, overskudsvarme og placeringsmuligheder for damvarmelagre" fremlægges også de potentielle varmeudvidelser. I PlanEnergi's L2 scenarie medtages alle



konverteringsområder, hvilket medfører en stigning i varmegrundlaget på hhv. ca. 26.700 MWh/år og 15.300 MWh/år ekskl. tab for Hjørring og Hirtshals. I nærværende analyse optimeres driften over flere år, hvor det første beregningsår er 2025. Der indregnes en indfasning af konverteringsområderne, og det antages, at 50% af varmegrundlaget er konverteret i 2025 og 90% i 2030 og frem.

Sammenlagt er varmebehovet i hele systemet ca. 351.800 MWh/år ekskl. tab. Nettabet er også opgivet af PlanEnergi og er ca. 18% og 22% for hhv. Hjørring og Hirtshals.



De to byer er forbundet af en 11 MW transmissionslinje. I denne analyse med Balmorel gennemføres systemberegninger, hvor det antages, at transmissionslinjen kan benyttes frit i begge retninger, og der tages ikke hensyn til eventuelle kontrakter eller aftaler, der måtte være for brugen af transmissionslinjen.

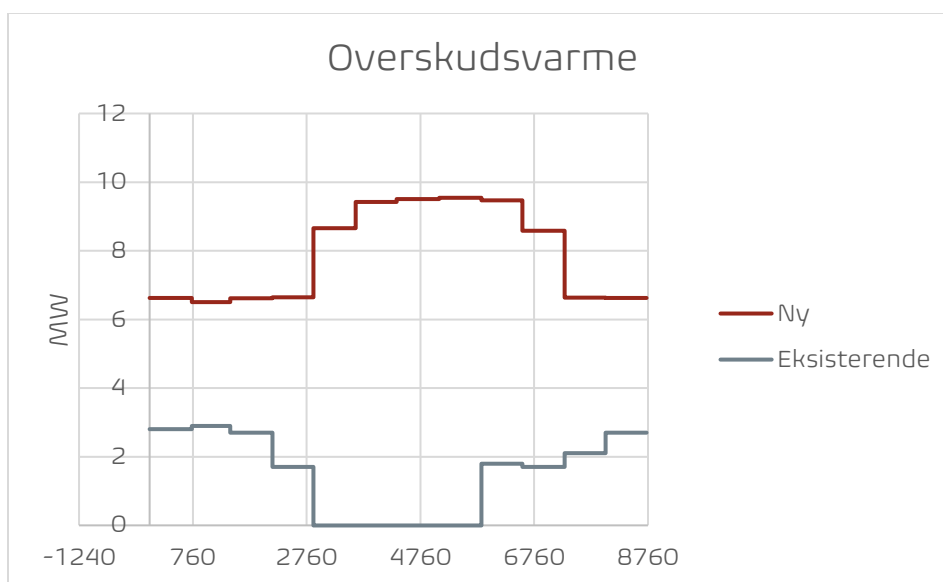
Tabellen herunder opsummerer de fjernvarmeanlæg inkluderet i Balmorel-analysen og deres kapaciteter. Kapaciteterne er baseret på Energiproducenttællingen fra 2021.



| MW | Varmekap. | Elkap. | Indfyret kap. |
|-----------------------------|-----------|--------|---------------|
| Hirtshals gaskedler | 16,5 | | 18,3 |
| Hirtshals Kraftvarmeværk | 17,7 | 9,0 | 29,0 |
| Hjørring gas kraftvarmeværk | 48,2 | 56,2 | 132,0 |
| Hjørring gaskedler | 59,4 | | 66,0 |
| Fliskedel | 25,0 | | 23,3 |
| Træpillekedel | 18,0 | | 17,4 |
| Grøngas 1 | 0,9 | 0,9 | 2,1 |
| Grøngas 2 | 1,7 | 1,4 | 3,4 |
| Nordværk Ovn 2 | 18,5 | | 16,2 |
| Nordværk Ovn 3 | 16,8 | 4,6 | 20,5 |
| Ny elkedel | 57,5 | | 57,5 |
| Ny spildevandsvarmepumpe | 6,5 | | 2,0 |

Tabel 1: Anlæggene og deres kapaciteter. Alle gaskedler i hhv. Hirtshals og Hjørring er grupperet. Kapaciteterne for elkedlen og varmepumpen stammer fra: <https://danskjernvarme.dk/aktuelt/nyheder/2024/hjoerring-har-faaet-ja-til-vindmoeller>. Overskudsvarme og lagre fremgår ikke af tabellen.

Der er indregnet overskudsvarme i Hirtshals. Figuren herunder viser den tilgængelige overskudsvarme over året. Data stammer fra PlanEnergis kortlægning. Den eksisterende overskudsvarme er tilgængelig i de koldere måneder, mens den nye overskudsvarme forventes at være tilgængeligt året rundt, men med størst potentiale om sommeren.



I optimeringen indgår kun anlæggenes variable omkostninger, da de faste omkostninger antages at være ens i scenarierne.

Investeringsomkostningen og de faste omkostninger for damvarmelagret inkluderes ikke, men i stedet beregnes værdien af lagret. Værdien af lagret sammenlignes derefter med de forventede omkostninger for damvarmelagret.

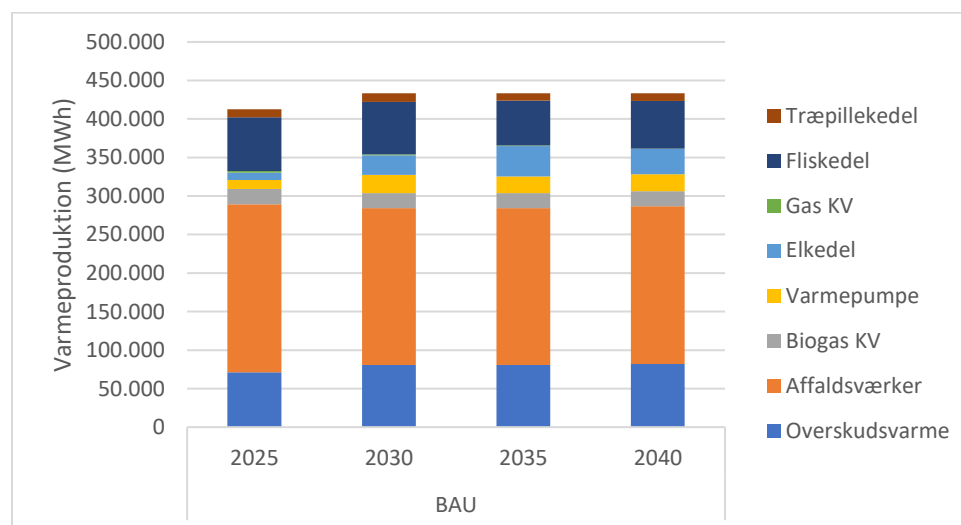
Damvarmelager

I denne analyse regnes på et 200.000 m³ damvarmelager forbundet ved Hirtshals. Under antagelse af der er en temperaturforskel på 40 grader og en udnyttelsesgrad på 90%, betyder det, at lagret har en varmekapacitet på 8.360 MWh.

Det antages, at lagret har en op-/afledningstid på 2 uger, altså at det tager 2 uger, at enten tappe al varmen af lagret eller fylde det op. Dette betyder at varmeeffekten er 25 MW.

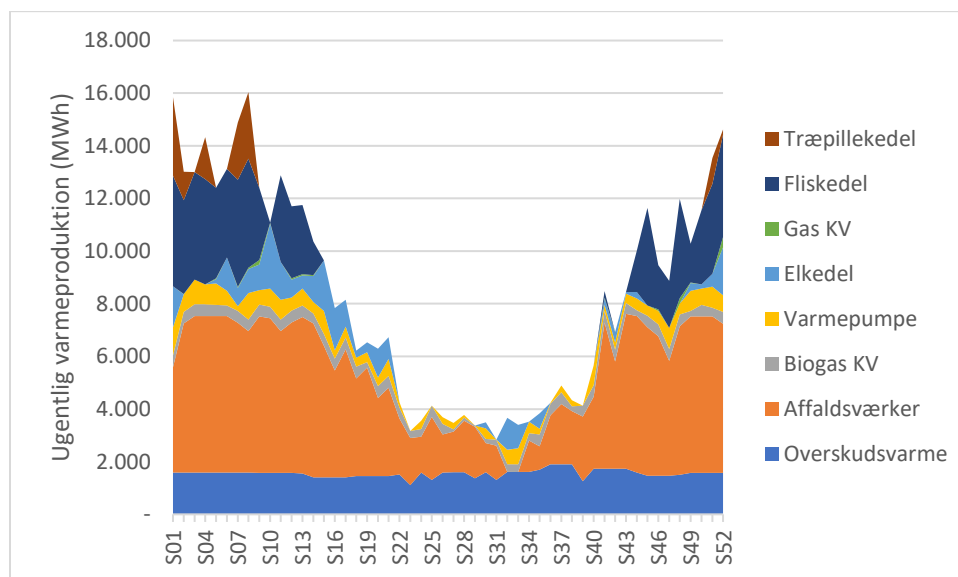
Resultater

Herunder gennemgås resultaterne af analysen. I Figur 1 ses varmeproduktion i BAU scenariet for de forskellige årstal. Overskudsvarme og affaldsvarme leverer størstedelen af varmen (ca. 65-70% afhængig af året). Derudover leverer fliskedlen også en stor andel af varmen (ca. 14-17%)



Figur 1: Varmeproduktion i scenariet BAU for de forskellige år.

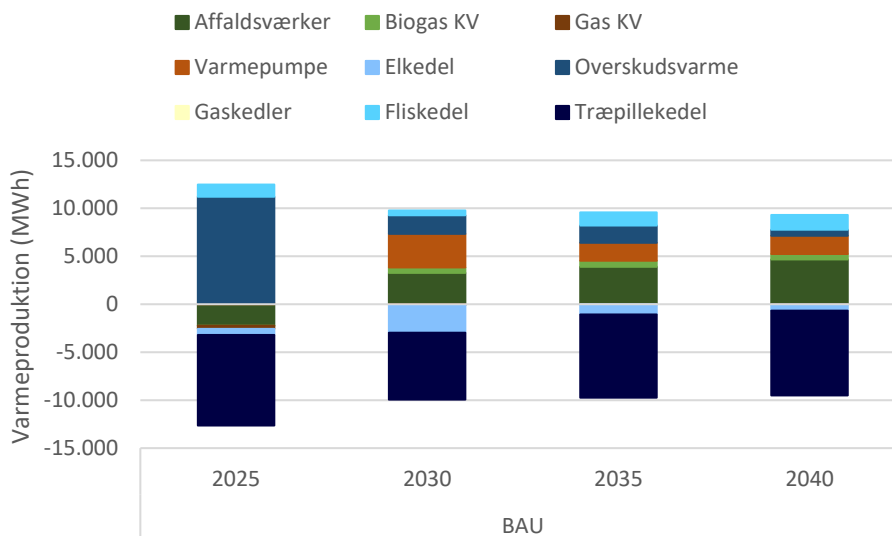
I Figur 2 ses varmeproduktionen over året for BAU for året 2030. Varmeproduktionen hen over året for de forskellige beregningsår minder meget om hinanden.



Figur 2: Varmeproduktion i scenariet BAU for året 2030 summeret på uger.

Når lagret introduceres i systemet, kan der udnyttes mere af den billigere varmeproduktion, som ellers ikke kunne afsættes. Figur 3 viser ændringen i varmeproduktion ved tilføjelse af damvarmelagret. I alle år, er det især træpillekedlens og elkedlens varmeproduktion der reduceres til fordel for billigere varmekilder.

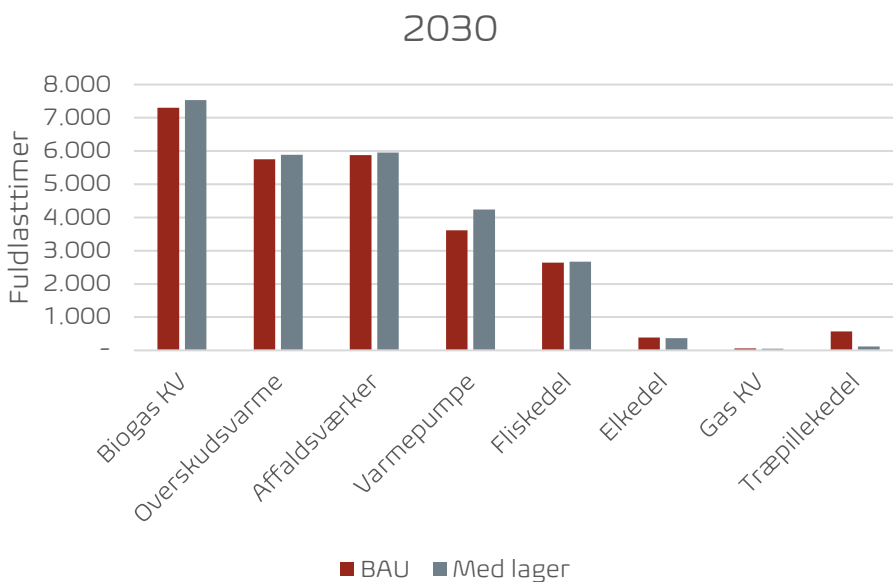
I 2025, er det primært overskudsvarme der øges vha. lagret. I 2030-40 er der mere variation for hvilke varmekilder får større varmeproduktion vha. lagret, men især varmepumpen, fliskedlen, affaldsvarme og overskudsvarme får større varmeproduktion. I 2030-40 er overskudsvarme næste helt udnyttet grundet bl.a. det øget varmegrundlag, og derfor ses ikke en så stor effekt af damvarmelagret herpå som ses i 2025.



Figur 3: Ændring i varmeproduktion ved tilføjelse af et damvarmelager i Hirtshals.

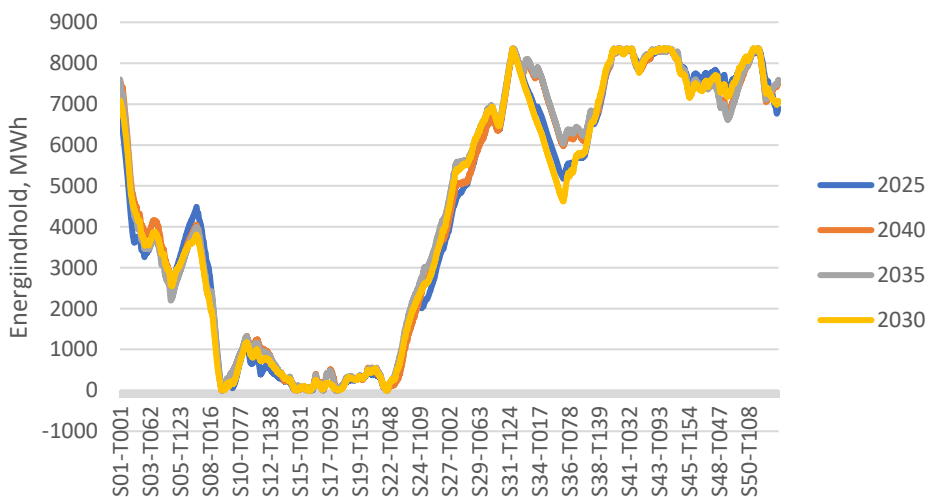
Figur 4 viser hvordan fuldlasttimerne af fjernvarmeanlæggene ændrer sig ved tilføjelsen af et lager i 2030. Biogaskraftvarme får flest fuldlasttimer, men det er vigtigt at pointere at disse anlæg udgør en forholdsvis lille andel af den samlede varmeproduktion.

Der er mindre forskelle i fuldlasttimer afhængig af årstallet, men overordnet minder alle år meget om Figur 4.



Figur 4: Fuldstastimer med og uden damvarmelager.

Figur 5 viser lagerindholdet i damvarmelagret over året. Det ses, at lagret tømmes hovedsageligt i de koldeste måneder af året (januar-februar) og ligger derefter mere eller mindre tomt op til sommerperioden, hvorefter det fyldes med billig affaldsvarme og overskudsvarme.



Figur 5: Energiindhold i lagret fra starten til slutningen af hvert af beregningsårene.



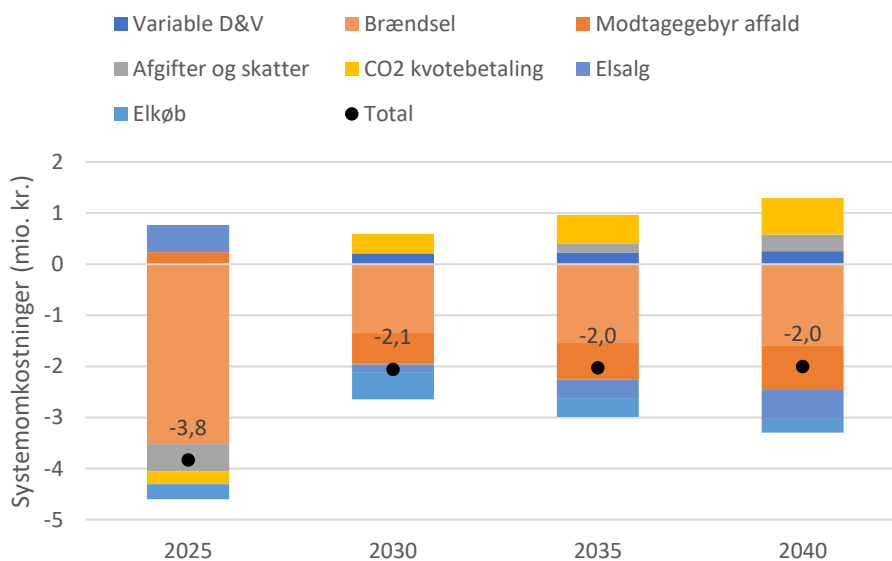
På baggrund af systemanalyserne af lagerets drift og af de variable omkostninger på alle anlæg på timebasis kan værdien af lagret i de simulerede år beregnes til 2,0-3,8 mio. kr. afhængig af året, som vist i Figur 6. Desværre er værdien størst i 2025, og falder i efterfølgende år.

Dette skyldes bl.a. at brændselspriserne er højere i 2025 end de efterfølgende år, samtidig med at der er mere overskudsvarme som ikke allerede er udnyttet. Derved bliver dyrt brændsel erstattet af billig overskudsvarme, når lagret er i drift. I 2030-40 er størstedelen af overskudsvarmen allerede udnyttet og brændselspriserne er lavere, og derved får lagret en lavere værdi.

PlanEnergis notat giver følgende vurdering af investeringsomkostninger til lageret:

“Antages en pris på 300 kr./m³, fås en investering på 60 mio. kr. Med en afskrivningsperiode på 20 år og en rentesats på 2,5 % svarer dette til årlige kapitalomkostninger i omegnen af 3,8 mio. kr.”

På den baggrund vurderes systemværdien ikke at være tilstrækkelig til at dække investeringsomkostningerne til det analyserede damvarmelager i de opstillede scenarier for udvikling af fjernvarmesystemet og den antagne prisudvikling.



Figur 6: Ændring i systemomkostninger ved tilføjelse af damvarmelageret i Hirtshals.



Opsamling og konklusion

I analyserne er der set på et scenario, hvor Hjørring-Hirtshals fjernvarmesystemet i fremtiden i høj grad vil blive forsynet af affaldsvarme og overskudsvarme. Dette forudsætter, at overskudsvarmen realiseres, og at der foretages eventuelle nødvendige levetidsforlængelser på affaldsværket Nordværk. Begge varmekilder er forholdsvis billige.

Derudover består systemet af andre forholdsvis billige varmekilder: Varmepumpe, fliskedel og elkedel (ved lave elpriser).

Et lager har værdi, når det kan flytte billig varmeproduktion til andre timer, hvor en dyrere varmeproduktion ellers ville være nødvendig. Da Hjørring-Hirtshals fjernvarmesystemet har forholdsvis meget billig kapacitet ift. varmebehovet, har et damvarmelager ikke tilstrækkelig stor værdi til at opveje dets investeringsomkostning.



Bilag 1: Forudsætninger

Herunder præsenteres udvalgte forudsætninger anvendt i analysen.

Teknologidata:

For teknologidata tages der udgangspunkt i hovedsageligt 2 kilder: Teknologikataloget og Energiproducenttællingen 2021.

For virkningsgrader anvendes data fra Energiproducenttælling, og for variable drift- og vedligeholdelsesomkostninger anvendes Teknologikataloget.

Der regnes ikke med faste omkostninger, da systemet fastholdes i scenarierne uden og med damvarmelager, og derved er de faste omkostninger ens og påvirker ikke lagerets økonomiske værdi.

Herunder opsummeres de anvendte forudsætninger for anlæggene:

| | Varmevirk. | Totalvirk. | Var. D&V |
|--|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| Hirtshals gaskedler | 90% | - | 8,7 kr./MWh _{varme} |
| Hirtshals Kraftvarmeværk | 61% | 92% | 19,7 kr./MWh _{el} |
| Eksisterende overskudsvarme (Lilleheden) | 100% | - | 21,3 kr./MWh _{varme} |
| Ny overskudsvarme | 400% | - | 21,5 kr./MWh _{varme} |
| Hjørring gas kraftvarmeværk | 37% | 79% | 34,9 kr./MWh _{el} |
| Hjørring gaskedler | 90% | - | 8,7 kr./MWh _{varme} |
| Fliskedel | 107% | - | 21,4 kr./MWh _{varme} |
| Træpillekedel | 104% | - | 15,5 kr./MWh _{varme} |
| Grøngas 1 | 43% | 85% | 27,5 kr./MWh _{el} |
| Grøngas 2 | 51% | 94% | 27,5 kr./MWh _{el} |
| Nordværk Ovn 2 | 114% | - | 58,5 kr./MWh _{varme} |
| Nordværk Ovn 3 | 82% | 104% | 215,7 kr./MWh _{el} |
| Ny elkedel | 100% | - | 9,3 kr./MWh _{varme} |
| Ny spildevandsvarmepumpe | 320% | - | 17,0 kr./MWh _{varme} |

For både eksisterende og fremtidig overskudsvarme er der forudsat en D&V-omkostning, men ingen brændselsomkostninger.

Profilerne for den tilgængelige overskudsvarme stammer fra PlanEnergi's kortlægning i rapporten "Kortlægning af fremtidigt varmebehov, overskudsvarme og placeringsmuligheder for damvarmelagre". Det antages, at al potentiel overskudsvarme præsenteret i Tabel 41 i rapporten realiseres. For den eksisterende overskudsvarme fra Lilleheden anvendes profilen angivet af PlanEnergi i Kapitel 7.5.



GrønGas producerer også overskudsvarme vha. deres gasmotorer, men disse er lagt ind som producerende enheder i Balmorel og indgår i lastfordelingen på lige fod med de andre anlæg.

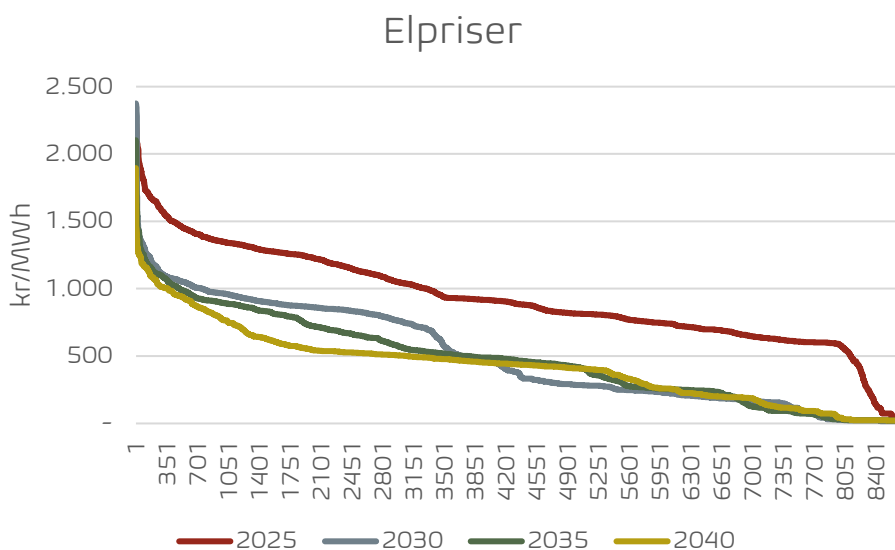
Brændsels- og elpriser

De anvendte priser er taget fra en fremskrivning fra Ea Energianalyse fra december 2022.

Anvendte brændselspriser:

| kr./GJ | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Træpiller | 102,1 | 68,2 | 68,9 | 69,6 |
| Træflis | 86,0 | 58,3 | 58,7 | 59,2 |
| Biogas (Grøngas) | 60,0 | 60,0 | 60,0 | 60,0 |
| Naturgas | 167,2 | 76,1 | 72,7 | 69,2 |
| Affald | -37,7 | -37,7 | -37,7 | -37,7 |

Anvendte elpriser – sorteret



CO₂-omkostninger

Tabellen herunder viser omkostninger for CO₂, som består af 2 elementer: kvoter og CO₂-afgiften besluttet ifm. Grøn Skattereform.



| kr./ton | CO2 kvoter | CO2 afgift | Sum |
|----------------|-------------------|-------------------|------------|
| 2025 | 640 | 76 | 716 |
| 2030 | 1.046 | 381 | 1.427 |
| 2035 | 1.201 | 381 | 1.582 |
| 2040 | 1.356 | 381 | 1.737 |