

ELEKTRIFICERINGSANALYSE

# VÆRDIEN AF ELEKTRIFICERET OG FLERSTRENGET FJERNVARME

# Et energisystem i verdensklasse – understøttet af samspillet mellem el og fjernvarme

Sektorintegration og energieffektivitet udgør fundamentet for det tætte samspil mellem el- og varmesystemet i Danmark. Hvor koblingen tidligere var båret af kraftvarme, er samspillet i dag under forandring. Elproduktionen baseres i stigende grad på vind og sol, mens varmeproduktionen elektrificeres gennem varmepumper og elkedler. Udviklingen ændrer imidlertid ikke på behovet for et fortsat tæt samspil – tværtimod. I et energisystem baseret på fluktuerende vedvarende energi er integration mellem el og varme en forudsætning for både høj energieffektivitet, forsyningsikkerhed og konkurrencedygtige priser.

Netop det tætte samspil mellem el- og varmesystemet i Danmark bidrager til Danmarks globale førsteplads i World Energy Councils seneste rangering af 120 landes energisystemer efter deres evne til at levere grøn, billig og sikker energi.

Den centrale udfordring i planlægningen af et energisystem er at omstille til vedvarende energi samtidig med, at der opretholdes en høj forsyningsikkerhed og sikres overkommelige priser. For eksempel kan sol- og vindenergi bidrage til den grønne omstilling og overkommelige priser, men kan udfordre forsyningsikkerheden i perioder.

Omvendt kan regulerbare produktionsanlæg styrke forsyningsikkerheden, men samtidig være forbundet med højere omkostninger eller en større klimabelastning.

## Fjernvarme forener grøn, billig og sikker energi

I Regeringsgrundlaget fra 2026 'Det politiske grundlag for firløvsregeringen' fremgår det, at Regeringen med grøn, billig og sikker energi vil gøre Danmark mere robust og mindre sårbar i en verden med flere krige og svingende priser, sikre danskerne stabil energi og dansk erhvervsliv større konkurrencekraft.

Fjernvarmens flerstrengede produktionsstruktur er et konkret eksempel på, hvordan grøn, billig og sikker energi kan forenes i praksis. Når forskellige energikilder og teknologier spiller sammen, øges robustheden og fleksibiliteten i systemet. Det gør det muligt løbende at vælge de mest omkostningseffektive og hensigtsmæssige produktionsformer, afhængigt af priser, tilgængelighed og behov i energisystemet.

For energisystemet betyder det bedre udnyttelse af ressourcer og større fleksibilitet til at integrere fluktuerende vedvarende energi. For varmekunderne betyder det stabile og konkurrencedygtige priser samt mindre sårbarhed over for udsving i enkelte energikilder.

Ved at kombinere flere uafhængige energikilder og teknologier kan fjernvarmen dermed både styrke forsyningsikkerheden, reducere omkostninger ved løbende at prioritere de billigste produktionsformer og samtidig understøtte den grønne omstilling gennem integration af vedvarende energi og overskudsvarme.

Denne analyse udgør den første af tre delanalyser, som tilsammen skal give et sammenhængende billede af værdien for samfundet og varmekunderne af den elektrificering af fjernvarmen, som allerede er i fuld gang. De tre analyser er opbygget således, at Delanalyse 1 beskriver værdien af en elektrificeret og flerstrengt fjernvarme. I Delanalyse 2 fokuseres der på, hvordan fjernvarmen understøtter et effektivt og grønt energisystem. Delanalyse 3 beskriver mere detaljeret, hvordan fjernvarmen allerede i dag spiller en afgørende rolle for elforsyningsikkerheden.

## Analysens budskaber

- **Elektrificeringen af fjernvarmen er i fuld gang og driver en stor del af den samlede elektrificering i samfundet**

Fjernvarmesektorens elforbrug udgjorde ca. 2,7 TWh i 2025, hvilket svarer til det årlige elforbrug i omkring 750.000 husstande og er dermed en af de sektorer, der er med til at drive en stor andel af elektrificeringen i Danmark.
- **Antallet af elbaserede varmeproduktionsanlæg er mere end tredoblet siden 2019**

Bag denne stigning ligger store investeringer i særligt elkedler, varmepumper (baseret på luft, havvand, geotermi, drikkevand og spildevand samt overskudsvarme) og akkumuleringsstanke i fjernvarmesektoren.
- **Fjernvarmens flerstrengethed er udvidet og styrker både forsyningsikkerhed, fleksibilitet og konkurrencedygtige priser**

Fjernvarmens flerstrengede varmeproduktion er udvidet fra forskellige brændsler og anlægstyper som kedler og kraftvarmeanlæg til også at omfatte elkedler og varmepumper. Hermed styrkes robustheden over for knaphed og prisudsving, samtidig med at fjernvarmesystemets fleksibilitet i forhold til elsystemet øges.
- **Elektrificeringen fortsætter, men fjernvarmen forbliver flerstrengt**

Andelen af elbaseret fjernvarme forventes at udgøre op imod 60 pct. af den samlede varmeproduktion i 2050 mod ca. 13 pct. i 2025. Dansk Fjernvarme forventer, at elektrificeringsgraden i fjernvarmesektoren vil stige til godt 40 pct. inden for de næste ti år.
- **Fjernvarmesektoren spiller en vigtig – men ofte overset – rolle i at levere fleksibilitet til elsystemet**

Fleksibilitet er en central forudsætning for at kunne basere fremtidens energisystem på vejrafhængig elproduktion. Der findes i praksis tre forskellige former for fleksibilitetsbehov: nettilstrækkelighed, balancering og effekttilstrækkelighed. Fjernvarmesektoren kan levere på alle tre former.
- **En fuld elektrificering er hverken realistisk eller hensigtsmæssig**

En fortsat flerstrengt energiforsyning er nødvendig af hensyn til forsyningsikkerheden, klimaet og forbrugernes pengepung. Det forudsætter en balance mellem øget elektrificering og bevarelse af regulerbar kraftvarmekapacitet og sikrer samtidig, at fjernvarmen fortsat kan levere på alle tre fleksibilitetsbehov til gavn for fremtidens elsystem.

# Tempo på elektrificering

Fjernvarmesektorens elforbrug rundede i 2025 ca. 2,7 TWh, hvilket svarer til det årlige elforbrug i omkring 750.000 husstande. Udviklingen af elforbrug i fjernvarmen er illustreret i Figur 1 og viser, at elektrificeringen af fjernvarmen er accelereret de seneste år. Fra 2019 til 2025 er elforbruget i fjernvarmesektoren steget med ca. 2,3 TWh og fjernvarmesektoren er dermed en af de sektorer, der er med til at drive en stor andel af elektrificeringen i Danmark.

Bag denne stigning ligger store investeringer i særligt elkedler, varmepumper og akkumuleringstanke i fjernvarmesektoren. Antallet af elbaserede varmeproduktionsanlæg er mere end tredoblet siden 2019.

Samlet set har Danmarks elforbrug over de seneste fire år udviklet sig hurtigere end udviklingen i elproduktionen. Det har medført en stigende ulighed mellem Danmarks import og eksport af elektricitet, og i 2025 importerede Danmark væsentligt mere el fra nabolandene, end der blev eksporteret. Det afspejles i Figur 2, som viser en stigende difference mellem Danmarks elforbrug og -produktion og dermed en stigende nettoimport af el siden 2022.

## Fjernvarmens værdi for elsystemet er stigende

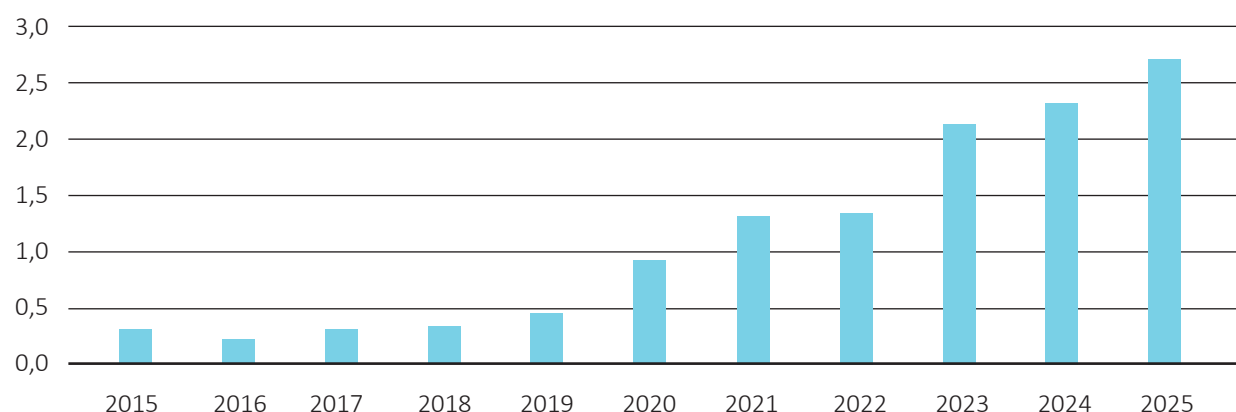
Elektrificering af fjernvarmen indebærer, at fjernvarmen ikke længere blot er koblet til elsystemet gennem

kraftvarmeproduktion, men også gennem et betydeligt elforbrug til varmeproduktion med varmepumper og elkedler. Fjernvarmens vigtige rolle med at sikre en høj energiudnyttelse i el- og varmesystemerne er ikke ny. De første kraftvarmeværker blev etableret i København og Aarhus i 1920'erne, og siden fulgte kraftvarmen i alle de centrale kraftvarmeområder.

I 1980'erne tog udbygningen med decentrale kraftvarmeværker fart, og indtil el fra vind og sol blev dominerende, sørgede fjernvarmen for at udnytte størstedelen af restvarmen fra elproduktionen i Danmark. Fjernvarmens udnyttelse af restvarmen har medført en væsentlig forøgelse af den samlede virkningsgrad for produktionen af el og varme. Udtrykket 'ingen el uden varme' var ikke blot et mundret slogan, men afspejlede samtidig den grundlæggende tilgang til effektiv energiudnyttelse i et termisk baseret energisystem.

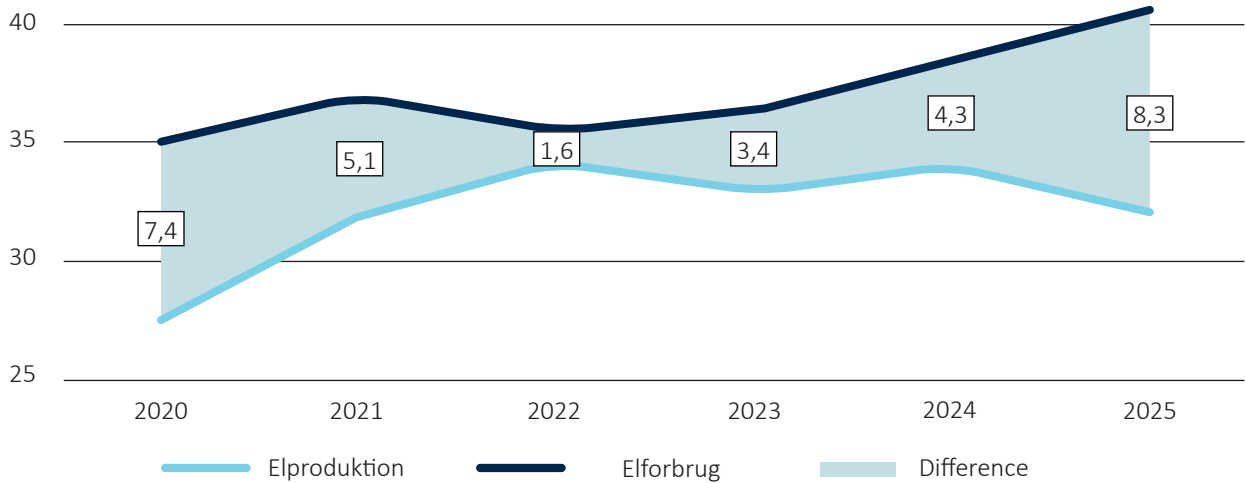
Udbygningen med vindkraft og solceller har medført et paradigmeskift i energisystemet, idet kraftvarmen ikke længere udgør den overvejende leverandør af el og varme, som illustreret i Figur 3. El fra vind og sol bliver den primære energikilde – ikke blot i elsystemet, men på tværs af hele energisystemet. Selv om elproduktionen i stigende grad baseres på vind og sol, er fjernvarmens rolle i forhold til at sikre høj energiudnyttelse ikke blevet mindre, men har ændret karakter.

**Figur 1: Historisk tilbageblik på udviklingen af elforbrug i fjernvarmen (TWh)**



**Kilde:** Energistatistik 2024 (Energistyrelsen) og Energi Data Service (Energinet).

**Note:** Data fra 2015-2024 er fra Energistyrelsens Energistatistik, mens data fra 2025 er fra Energinets Energi Data Service.

**Figur 2: Danmarks elforbrug og -produktion (TWh)**

**Kilde:** Egne beregninger baseret på data fra Energi Data Service (Energinet).

**Note:** Figuren viser, at det indenlandske elforbrug er steget over tid og generelt overstiger den indenlandske elproduktion. Differencen mellem forbrug og produktion har været stigende siden 2022 og afspejler en stigende nettoimport af el.

Fjernvarmens fleksibilitet, både i forhold til elproduktion og -forbrug, udgør en vigtig forudsætning for et robust elsystem. Fjernvarmens kraftvarmeværker producerer el, når der ikke er vind og sol, og fjernvarmens varmepumper og elkedler forbruger el, når der er rigeligt med vind og sol. Udover fjernvarmens hidtidige rolle med at sikre en høj energiudnyttelse, bidrager fjernvarmen således i stigende grad også til forsyningsikkerheden i elsystemet.

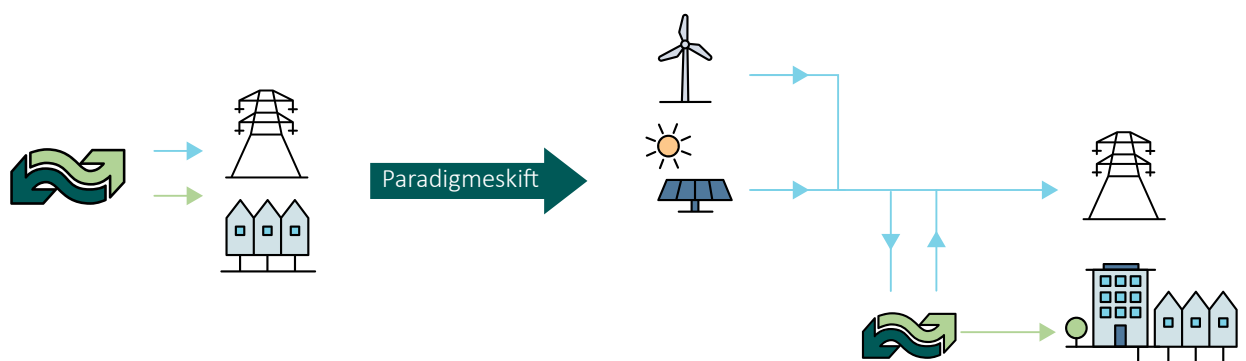
Det er bemærkelsesværdigt, at fjernvarmesystemet, på trods af det markante paradigmeskifte i elproduktionen, fortsat spiller en helt central rolle i forhold til at sikre en høj energiudnyttelse. Fjernvarmen bidrager blandt andet til at øge værdien og udnyttelsen af elproduktion vind og sol og understøtter samtidig elforsyningsikker-

heden. Det tidligere princip om 'ingen el uden varme', kan i dag beskrives som 'ingen sikker el og effektiv udnyttelse af vind og sol uden fjernvarme'.

Dette understreger fjernvarmens betydning for både forsyningsikkerhed og integration af vedvarende energi. Elektrificeringen af fjernvarmen går stærkt og demonstrerer sektorens evne til at tilpasse sig udviklingen af energisystemet og til enhver tid at sikre en høj energiudnyttelse og understøttelse af elsystemet.

### Elektrificering af fjernvarmen i fremtiden

Ea Energianalyse har ved hjælp af Balmorel fremskrevet det danske energisystem, inklusive fjernvarmesystemet.<sup>1</sup> Fremskrivningen viser, at langt hovedparten af de nye investeringer i varmeproduktionsanlæg i fremti-

**Figur 3: Fjernvarmens værdi for elsystemet øges med elektrificeringen**

Fjernvarmen sikrede høj udnyttelse af brændslet

Fjernvarmen sikrer høj udnyttelse af vind, sol og forsyningsikkerhed

**Kilde:** Illustration af Dansk Fjernvarme.

<sup>1</sup> Energisystemanalyse af fremtidens fjernvarme 2026 (Ea Energianalyse).

### Modellering af energisystemet med Balmorel

Balmorel-modellen indeholder en detaljeret repræsentation af fjernvarmesektoren i Danmark. De 45 største fjernvarmeområder er modelleret individuelt, mens de øvrige, mindre fjernvarmenet er aggregeret i 11 områder. For at kunne modellere elbaserede teknologier er modellen udviklet til at håndtere temperaturvarierende COP-værdier baseret på varierende temperaturer i fjernvarmesystemer og varmekilder. Modellen understøtter desuden optimerede investeringer i udbygning med nye teknologier under hensyn til energipriser, teknologidata og potentialer for de enkelte teknologier. Derudover er modellen opdateret med afgiftsstrukturen i Grøn Skattereform samt den nyeste timebaserede eltarifstruktur.

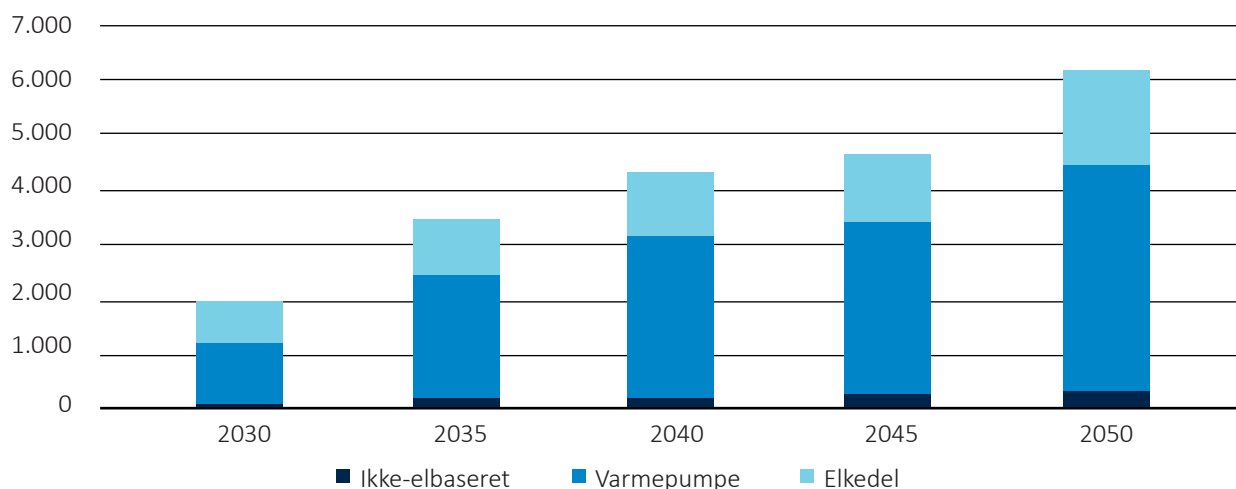
Foruden en detaljeret repræsentation af fjernvarmen i Danmark indeholder modellen en samlet repræsentation af el- og fjernvarmesystemet i Europa, herunder fremtidig brintproduktion og -forbrug. I analysens resultater anvendes den europæiske model til at fastlægge udviklingen i det europæiske elmarked og elprisen, som danner ramme for analyserne af energisystemet i Danmark. På baggrund af de timevarierende elpriser gennemføres der herefter detaljerede analyser af de danske fjernvarmesystemer. Gennem denne totinsproces sikres det, at udviklingen i Danmark analyseres i sammenhæng med den overordnede europæiske systemudvikling, samtidig med at den danske fjernvarmesektor kan modelleres med den nødvendige detaljeringsgrad. For flere informationer om modelleringen af fremtidens fjernvarme se *Energisystemanalyse af fremtidens fjernvarme 2026* udarbejdet af Ea Energianalyse.

den forventes at være i elkedler og varmepumper baseret på forskellige varmekilder, herunder luft, havvand, grundvand, overskudsvarme og geotermi.

Figur 4 viser, at der frem mod 2050 idriftsættes omkring 6 GW ny varmeproduktionskapacitet, og at over 90 pct. af denne kapacitet er elbaseret. Den resterende,

ikke-elbaserede kapacitet fordeler sig på flere forskellige brændsler og bidrager til at opretholde et flerstrengt system, som både er fleksibelt i forhold til elsystemet og robust i forhold til at sikre stabile og konkurrencedygtige varmepriser. Den elbaserede varmeproduktion med varmepumper baseres ikke alene på el, men integrerer også varmekilder som overskudsvarme og geotermi

**Figur 4: Investeringer i ny varmeproduktionskapacitet i Danmark (MW)**

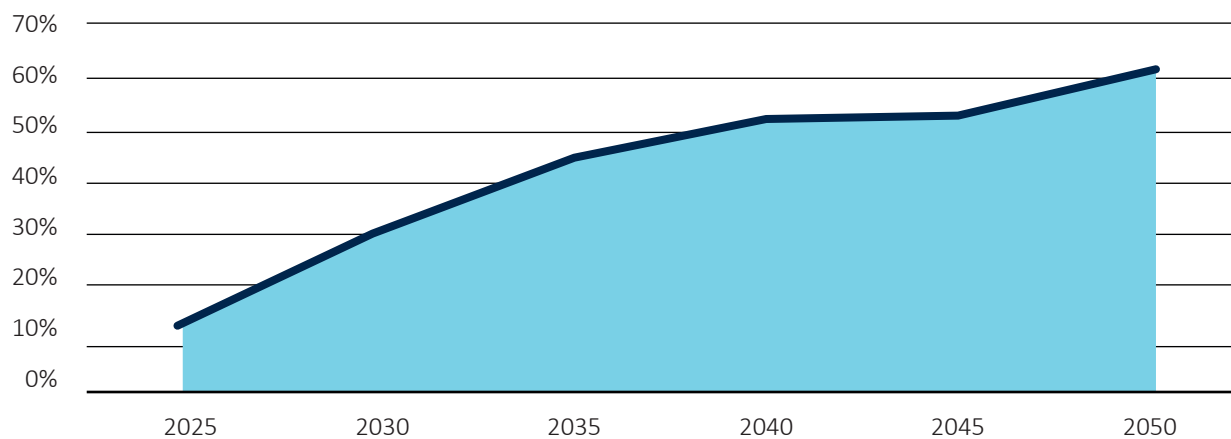


**Kilde:** Energisystemanalyse af fremtidens fjernvarme 2026 (Ea Energianalyse). Illustration af Dansk Fjernvarme.

**Note:** Varmepumper baseres ikke alene på el, men integrerer også varmekilder som overskudsvarme og geotermi i fjernvarmesystemet.



**Figur 5: Udvikling i andelen af elbaseret varmeproduktion (pct.)**



**Kilde:** Energisystemanalyse af fremtidens fjernvarme 2026 (Ea Energianalyse). Illustration af Dansk Fjernvarme.

i fjernvarmesystemet. Udviklingen skal bl.a. også ses i lyset af, at varmeproduktion baseret på overskudsvarme, geotermi og lignende energikilder forudsætter anvendelse af varmepumper til at løfte temperaturen til fremløbstemperaturen i et fjernvarmesystem. Dermed bidrager elektrificeringen samtidig til at nyttiggøre flere forskellige energikilder og styrker den samlede ressourceudnyttelse. Figur 5 viser en tydelig elektrificering af varmeproduktionen frem mod 2050.

Dansk Fjernvarme forventer, at elektrificeringsgraden i fjernvarmesektoren vil stige til godt 40 pct. inden for de næste ti år. Det er en meget hurtig omstilling af en kapitalintensiv forsyningssektor, hvor anlæg ofte afskrives over 40 år.

Med udbredelsen af store varmepumper og elkedler bliver fjernvarmen i stigende grad i stand til at udnytte el, når den er billig og rigeligt tilgængelig. Fjernvarmens

fleksibilitet sikrer samtidig, at varmekunderne kan få konkurrencedygtig varme uafhængigt af udsving i elmarkedet.

Fjernvarmens elektrificering understøtter dermed både den grønne omstilling og hensynet til overkommelige priser. Samtidig bidrager fjernvarmens fleksible elforbrug til at opretholde forsyningsikkerheden.

Det er dog væsentligt at være opmærksom på, at selvom elektrificeringen allerede er godt i gang, og udviklingen går hurtigt, vurderes det hverken sandsynligt eller hensigtsmæssigt, at fjernvarmen når en elektrificeringsgrad på 100 pct. Det skal desuden bemærkes, at elektrificeringen af fjernvarmen forudsætter tilstrækkelig kapacitet i elnettet til at understøtte tilslutningen af fjernvarmens store elforbrugende anlæg.

Dette stiller øgede krav til både transmissions- og distributionsnettets kapacitet. En rettidig udbygning og tilpasning af elnettet er derfor en afgørende forudsætning for, at fjernvarmens elektrificering kan gennemføres som forudsat i analysen.





# Elektrificering i et flerstrengt fjernvarmesystem

Fjernvarmens flerstrengede varmeproduktion er udvidet fra forskellige brændsler og anlægstyper som kedler og kraftvarmeanlæg til også at omfatte elkedler og varmepumper. Hermed styrkes robustheden over for knaphed og prisudsving, samtidig med at fjernvarmesystemets fleksibilitet i forhold til elsystemet øges.

Et fjernvarmeværk kan eksempelvis bestå af kraftvarmeanlæg, varmepumper, elkedler, solvarmeanlæg og varmelagre. Kraftvarmeanlæggene kan være baseret på gas (naturgas, biogas eller syntetisk gas), biomasse eller affald, mens varmepumper kan udnytte en række forskellige varmekilder, herunder luft, havvand, geotermi og spildevand.

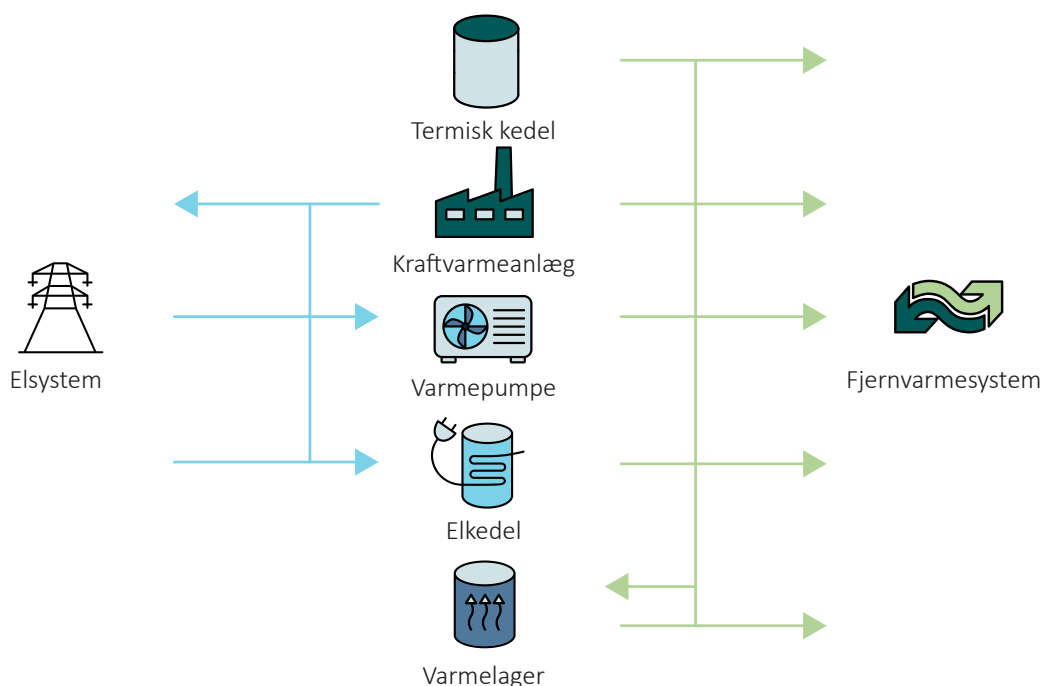
Fjernvarmeselskaberne tilrettelægger driften med henblik på at minimere omkostningerne til varmeproduktion. En effektiv optimering af produktionsmikset og en

optimal udnyttelse af varmelagre prioriteres højt. Det er en vigtig pointe, at elektrificering af fjernvarmen både bidrager til at reducere varmeprisen for fjernvarmekunderne og samtidig understøtter et effektivt energisystem i Danmark.

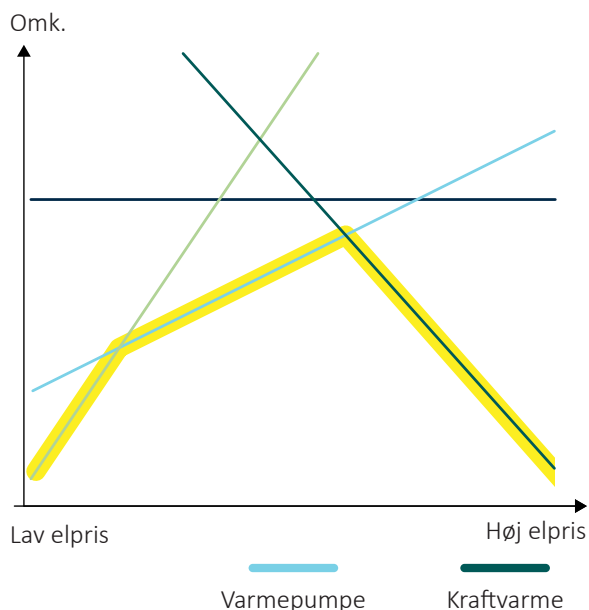
Principperne kan illustreres ved et forholdsvist enkelt eksempel, hvor anlægsporteføljen består af en termisk kedel, et kraftvarmeanlæg, en varmepumpe, en elkedel og et varmelager, som vist i Figur 6.

De blå pile i figuren viser, hvordan de forskellige fjernvarmeanlæg kan producere strøm til elsystemet eller trække strøm fra elsystemet. De grønne pile viser den flerstrengede fjernvarmeproduktion, der leverer varme til fjernvarmesystemet. Varmelageret muliggør en tidsmæssig afkobling mellem el- og varmesystemet, så elproduktionen kan optimeres uafhængigt af det øjeblik-

**Figur 6: Illustration af flerstrengt fjernvarmeanlæg med varmelager og samspil med el- og fjernvarmesystem**



**Kilde:** Illustration af Dansk Fjernvarme.

**Figur 7A: Varmeproduktionsomkostninger i et flerstrengt fjernvarmesystem**

**Kilde:** Illustration af Dansk Fjernvarme.

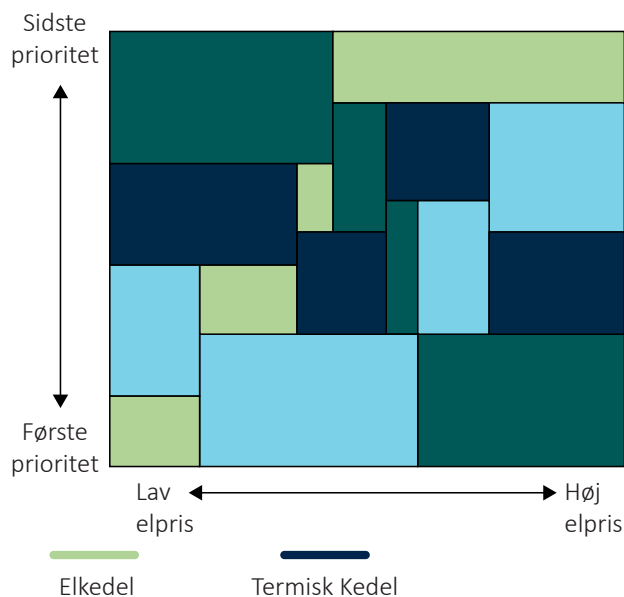
**Note:** Figur 7A viser, hvordan varmemproduktionsomkostninger varierer med elprisen for forskellige teknologier. Den gule markering fremhæver den billigste løsning ved forskellige elpriser. I praksis betyder det, at fjernvarmeselskabet skifter mellem anlæg for at minimere omkostningerne og derved bidrager til at balancere elsystemet. Figur 7B illustrerer, hvordan produktionen på fjernvarmens forskellige anlæg prioriteres ved henholdsvis høje og lave elpriser. Boksenes højde illustrerer kapacitetsmængden, der aktiveres. Samlet illustrerer Figur 7A og 7B den store fleksibilitet, som et flerstrengt fjernvarmesystem kan bidrage med til elsystemet.

kelige varmebehov. Det øger fleksibiliteten i systemet, men også kompleksiteten i sammensætningen af produktionsmikset. Med mulighed for varmelagring indgår ikke alene de aktuelle elpriser, men også forventningerne til de fremtidige elpriser i optimeringen.

Det er primært elprisen, der er afgørende for, hvilke anlæg der aktiveres i fjernvarmesystemet. Denne sammenhæng er illustreret i Figur 7A og 7B.

Figur 7A viser et eksempel på varmemproduktionsomkostninger som funktion af elprisen for de forskellige anlæg, der indgår i produktionsmikset. Kun for den termiske kedel er produktionsomkostningerne uafhængige af elprisen, hvorfor denne fremstår som en vandret linje i figuren. For både elkedel og varmepumpe stiger varmemproduktionsomkostningerne med elprisen, mens produktionsomkostningerne for kraftvarmeanlægget falder i takt med en stigende elpris. Den gule markering angiver den billigste teknologi som funktion af elprisen.

En varmepumpe leverer typisk tre til fire gange så meget varme pr. enhed el sammenlignet med en elkedel, hvilket skyldes den bagvedliggende teknologi. Dette kan aflæses ved, at varmepumpens omkostningskurve har en lavere hældning end elkedlens. Som følge heraf er varmepumper generelt dyrere at anskaffe og anvendes

**Figur 7B: Prioriteringsrækkefølge af anlæg som funktion af elprisen**

ofte som grundlast, mens elkedler generelt anvendes som spids- og reservelast samt til balancering af elsystemet. For hvert elprisinterval vil det anlæg, der har de laveste varmemproduktionsomkostninger ved den pågældende elpris, blive prioriteret i produktionsmikset.

Figur 7B viser, hvordan fjernvarmens produktionsmikset ændrer sig ved henholdsvis høje og lave elpriser. Ved meget lave elpriser prioriteres elkedler og varmepumper højest i varmemproduktionen, mens kraftvarmeanlæggene har lavest prioritet. Omvendt vil kraftvarmeanlæggene ved høje elpriser blive prioriteret højest, mens de elforbrugende anlæg prioriteres lavest. Den elprisafhængige varmekedel indtager en forholdsvis konstant position mellem disse yderpunkter.

Det beskrevne eksempel illustrerer den store fleksibilitet, som et flerstrengt fjernvarmesystem kan bidrage med til elsystemet.

### Lagre og flerstrengt produktion er nøglen til fleksibilitet

Fjernvarmens fleksibilitet afhænger både af størrelsen på varmelagrene og af alternative varmemproduktionskilder. Akkumuleringstanke øger fleksibilitetspotentialet i fjernvarmens mange elkedler og varmepumper. I dag har fjernvarmen et lagringspotentiale på omkring

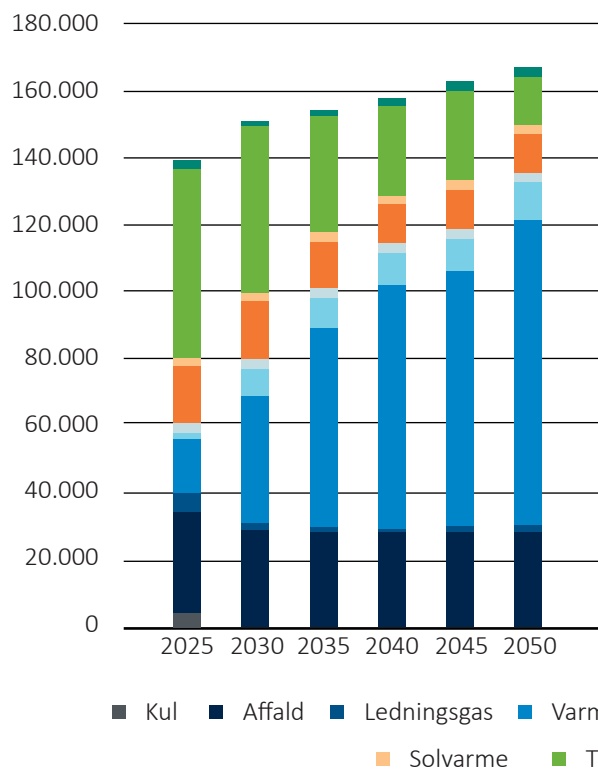
100 GWh varme om vinteren, og der vurderes fortsat at være potentiale for udbygning af lagerkapaciteten, jf. Dansk Fjernvarmes analyse *Smarte varmelagre i fjernvarmen*.

Selvom varmelagre isoleret set ikke kan levere elektricitet tilbage til elnettet, er de nøglen til, at elforbruget i fjernvarmen kan absorbere store mængder elproduktion i perioder med rigelig vind og sol. Til sammenligning svarer 100 GWh omtrent til opladning af 1,5 mio. elbiler fra 0 til 100 pct.

Ved høje elpriser vil kraftvarmeanlæggene blive prioriteret højest i produktionsmikset. Samtidig har kapaciteten i eksempelvis kedler og andre alternative varmeproduktionsanlæg betydning for fjernvarmens forbrugsfleksibilitet.

Når der er knaphed i elsystemet, er det den regulerbare elproduktionskapacitet, der sikrer elforsyningsikkerheden, men værdien af, at fjernvarmen i sådanne situationer kan reducere elforbruget markant, gør fjernvarmen til storleverandør af den forbrugsfleksibilitet, som elsystemet efterspørger.

**Figur 8A: Fjernvarmeproduktion frem mod 2050 (TJ)**

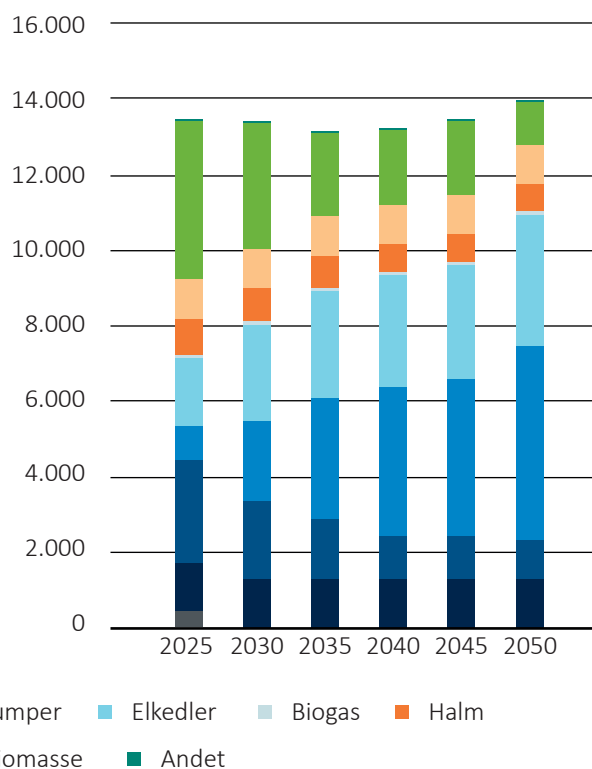


## Fremtidens fjernvarme er flerstrengt

Fremskrivningerne udarbejdet af Ea Energianalyse for Dansk Fjernvarme viser også, at den samlede varmeproduktion forudsættes at stige omkring 18 pct. fra 2025 til 2050. Udviklingen ses i Figur 8A. Modelresultaterne peger samtidig på en markant omstilling af fjernvarmeproduktionen. Andelen af elbaseret fjernvarme forventes således at udgøre op imod 60 pct. af den samlede varmeproduktion i 2050 mod ca. 13 pct. i 2025.

Udviklingen i den samlede fjernvarmeproduktion drives blandt andet af forventninger om tilslutning af flere fjernvarmekunder og øget tilslutning af større erhvervs-kunder. I takt med at en stadig større del af fjernvarmeproduktionen elektrificeres, reduceres anvendelsen af træbiomasse. Samtidig forventes affaldsenergi fortsat at bidrage stabilt til varmeproduktion, ligesom der også vil være varmeproduktion baseret på solvarme og lokalt produceret halm. En fuld elektrificering vil være forbundet med høje omkostninger og praktiske udfordringer i forhold til tilslutning til elnettet inden for en relativt kort årrække. Samtidig skaber fjernvarmens flerstrengede produktionsstruktur både værdi for varmekunderne og det samlede energisystem. En elektrificeringsgrad på

**Figur 8B: Udvikling i fjernvarmekapacitet frem mod 2050 (MW)**



**Kilde:** Energisystemanalyse af fremtidens fjernvarme 2026 (Ea Energianalyse). Illustration af Dansk Fjernvarme.

**Note:** Det skal noteres, at overskudsvarme og geotermi indgår i kategorien 'varmepumper' i begge figurer. I Figur 8B indgår ikke spidslastkapacitet.

100 pct. vil indebære et mere enstrengt system, hvor fjernvarmens fleksibilitet ikke udnyttes. I et fremtidigt energisystem med høj elektrificering og en stor andel vejrafhængig elproduktion er der behov for regulerbare og fleksible aktører. Det taler for, at fjernvarmen både øger sin elektrificeringsgrad og samtidig fastholder alternative varmeproduktionskilder – herunder særligt kraftvarme – samt øger den termiske lagerkapacitet.

Ea Energianalyses fremskrivninger peger på, at fjernvarmen også fremadrettet forventes at være karakteriseret ved en flerstrengt og fleksibel produktionsstruktur. I den forbindelse er det væsentligt at bemærke, at hvis alle anlæg havde samme antal driftstimer over året, ville fordelingen af varmeproduktionen svare direkte til fordelingen af den installerede varmeproduktionskapacitet. I praksis er dette imidlertid ikke tilfældet, idet visse anlæg har lavere produktionsomkostninger og derfor anvendes i flere driftstimer end andre.

Analysens resultater viser, at elkedler forventes at udgøre en betydelig andel af den samlede varmeproduktionskapacitet, som illustreret i Figur 8B, men en relativt mindre andel af varmeproduktionen. Omvendt vil store varmepumper stå for en større andel af varmeproduktionen, end kapacitetsopgørelsen isoleret set indikerer.

Det skyldes, at varmepumper har et højere varmeoutput pr. enhed el sammenlignet med elkedler. Det fremgår endvidere, at varmeproduktion baseret på affaldsenergi udgør en relativt større andel af den samlede varmeproduktion end af den installerede varmeproduktionskapacitet. Affaldsenergi og varmepumper vil således have mange driftstimer og fungere som grundlast i fjernvarmesystemet. Omvendt vil gasbaserede anlæg og i stigende grad biomasseanlæg have færre driftstimer, men fortsat udgøre en betydelig del af den samlede kapacitet. Det er netop denne kombination af anlægstyper, der bidrager til at fastholde fjernvarmens flerstrengede karakter også i fremtiden.



# Fjernvarmens bidrag til et sikkert og fleksibelt elsystem

Elsystemet og elmarkederne hviler på en grundlæggende præmis, nemlig kravet om konstant balance mellem elproduktion og elforbrug.

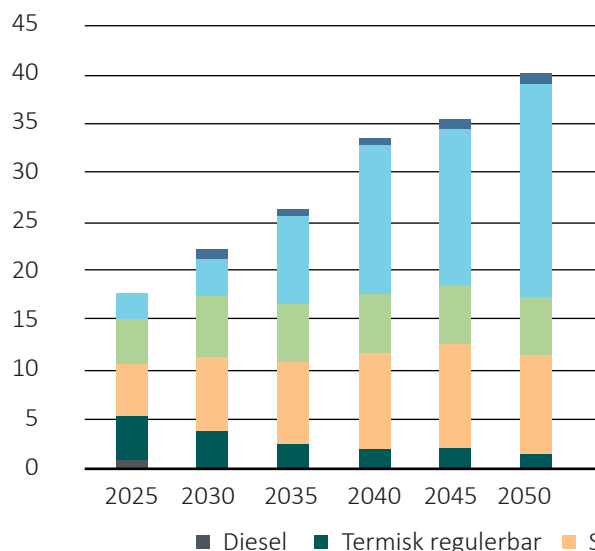
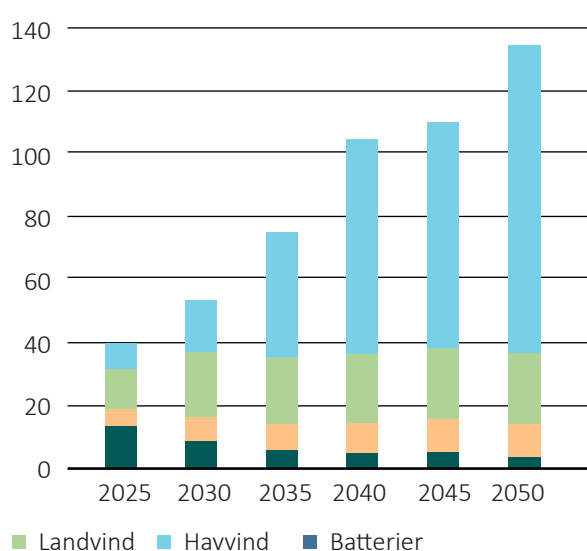
Dette krav er afgørende for værdien af fleksibilitet i elsystemet. Elsystemet er karakteriseret ved, at der hver time, hvert kvarter, hvert sekund, skal være balance

mellem elforbrug og elproduktion. Hvis der opstår ubalance, vil det medføre udsving i frekvensen, som kan påvirke både industri og udstyr.

I værste fald kan der opstå nedlukninger eller udfald, hvor der ikke er strøm i kontakten. I takt med at en større del af elproduktionen bliver vejrafhængig, og el-

**Table 1: Elsystemets fleksibilitetsbehov og fjernvarmens bidrag**

Formål	Forklaring	Fjernvarmens bidrag til fleksibilitet
Nettilstrækkelighed/ interne flaskehalse	Nettilstrækkelighed er elnettets evne til at transportere el fra produktionsstederne til forbrugsstederne.	Fjernvarmens elkedler er ofte tilsluttet med begrænset netadgang, hvilket giver netvirksomheder mulighed for at afkoble forbruget. Dermed reduceres udbygningsbehov og deraf følgende omkostninger til elnetudbygning.  Fjernvarmens fleksible elforbrug gør det også muligt at regulere forbruget i forhold til prissignaler, såsom tidsdifferentierede tariffer, der understøtter nettilstrækkeligheden.
Balancering	Der skal til enhver tid være balance mellem produktion og forbrug i elsystemet for at sikre en stabil frekvens på 50 Hz.  Efter handlen på spotmarkederne (day-ahead og intraday) sikrer Energinet balancen ved at aktivere reserver gennem balance-markedet, som markedsaktørerne stiller til rådighed.	Fjernvarmeselskaberne stiller fleksibilitet til rådighed på balancemarkedet og bidrager derved til at opretholde balancen i elsystemet. Gennem det fleksible samspil mellem elforbrug (varmepumper og elkedler), elproduktion (kraftvarmeanlæg) og varmelagre kan fjernvarmen både øge og reducere sit elforbrug eller elproduktion med kort varsel.  Fjernvarmesektoren kan på den måde balancere meget store mængder energi.
Effekttilstrækkelighed	Elsystemets evne til at dække elforbrugernes samlede efterspørgsel på el.	Fjernvarmesektorens kraftvarmeanlæg kan levere vejruafhængig og regulerbar elproduktionskapacitet. Dvs. de kan bidrage til den samlede elforsyningssikkerhed ved at levere effektstøtte. Samtidig kan fjernvarmen reducere elforbruget til et minimum i perioder med knaphed i elproduktionen.  Fjernvarmesektoren kan gå fra at producere 4.000 MW til at forbruge 2.000 MW.

**Figur 9A: Fremskrivning af installeret elkapacitet i Danmark (GW)****Figur 9B: Fremskrivning af elproduktion i Danmark (TWh)**

**Kilde:** Energisystemanalyse af fremtidens fjernvarme 2026 (Ea Energianalyse). Illustration af Dansk Fjernvarme.

forbruget samtidig stiger som følge af elektrificeringen, bliver det gradvist mere udfordrende at fastholde balancen i elsystemet. Værdien af at kunne regulere både elforbrug og elproduktion er derfor stigende i takt med en voksende andel af elproduktion fra sol og vind.

Dette afspejles også tydeligt i både den offentlige og den politiske debat, hvor fleksibilitet fremhæves som en central forudsætning for at kunne basere fremtidens energisystem på vejrafhængig og i udgangspunktet ikke-regulerbar elproduktion. I den offentlige debat mangler der imidlertid ofte en forståelse for, at fleksibilitet kan antage forskellige former.

Tabel 1 giver en oversigt over de forskellige fleksibilitetsformål i elsystemet og fjernvarmens bidrag hertil. Fjernvarmen adskiller sig fra andre aktører på markederne ved at kunne bidrage til alle typer fleksibilitet.

### Fremtidens elsystem

I fremskrivningerne udarbejdet af Ea Energianalyse for Dansk Fjernvarme forventes elproduktionen at være støt stigende samtidig med, at elsystemet i langt højere grad vil være baseret på vejafhængig elproduktion.

Figur 9A viser den samlede installerede elproduktionskapacitet i Danmark. Fremskrivningen viser en markant udbygning med vedvarende energi, særligt havvind, som sammen med solceller på sigt forventes at udgøre langt hovedparten af den installerede elproduktionskapacitet. Batterier forventes ligeledes at få en rolle i elsystemet fra omkring 2030 med en kapacitet på ca. 400 MW, stigende til omkring 1 GW frem mod 2050.

I 2025 udgjorde vindmøller (land og hav) omkring 45 pct. af den installerede elproduktionskapacitet i Danmark, mens den termiske elproduktionskapacitet udgjorde godt 36 pct. og solceller 19 pct. Frem mod 2050 viser modelresultaterne et markant fald i den termiske elproduktionskapacitet, som i 2050 forventes kun at udgøre knap 3 pct. af samlede kapacitet. Den omfattende udbygning med vindkraft medfører samtidig, at over halvdelen af den installerede elproduktionskapacitet i 2050 forventes at bestå af havvind.

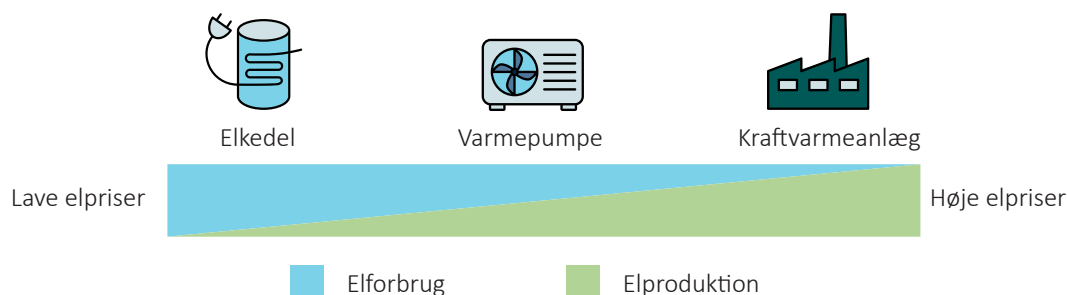
I Figur 9B ses, at havvind, landvind og solceller allerede i 2030 tilsammen forventes at udgøre 85 pct. af elproduktionen i Danmark. Denne andel stiger yderligere frem mod 2050, hvor den forventes at udgøre 98 pct. af elproduktionen.

Udviklingen indebærer således en markant reduktion af termisk elproduktion og et elsystem, der i løbet af få år bliver baseret på vejafhængige og vedvarende energi.

### Elektrificering af fjernvarmen øger fleksibiliteten i elsystemet

Siden introduktionen af kraftvarme i Danmark har fjernvarmen med de regulerbare kraftvarmeværker leveret fleksibilitet til elsystemet. Med den igangværende elektrificering af fjernvarmeproduktionen udvides reguleringsspektret til også at omfatte priselastisk elforbrug på varmepumper og elkedler, som illustreret i Figur 10.

Fjernvarmen kan således regulere udvekslingen med elsystemet fra maksimal elproduktion og minimalt forbrug ved høje elpriser til minimal elproduktion til maksimalt

**Figur 10: Elektrificeringen øger fjernvarmens fleksibilitet overfor elsystemet**

**Kilde:** Illustration af Dansk Fjernvarme.

**Note:** Ved lave elpriser bidrager forbruget fra elkedler og varmepumper til at balancere elsystemet. I længere perioder uden vind og sol (ved høje elpriser) er det kraftvarmeværkerne, der sikrer forsyning af både el og varme.

elforbrug ved lave elpriser. Driftsmønstret for elkedler, varmepumper og kraftvarmeanlæg i spotmarkederne bestemmes ikke udelukkende af anlæggenes indtjeningsmuligheder i disse markeder, men også af mulighederne for efterfølgende levering af balanceringsydelser.

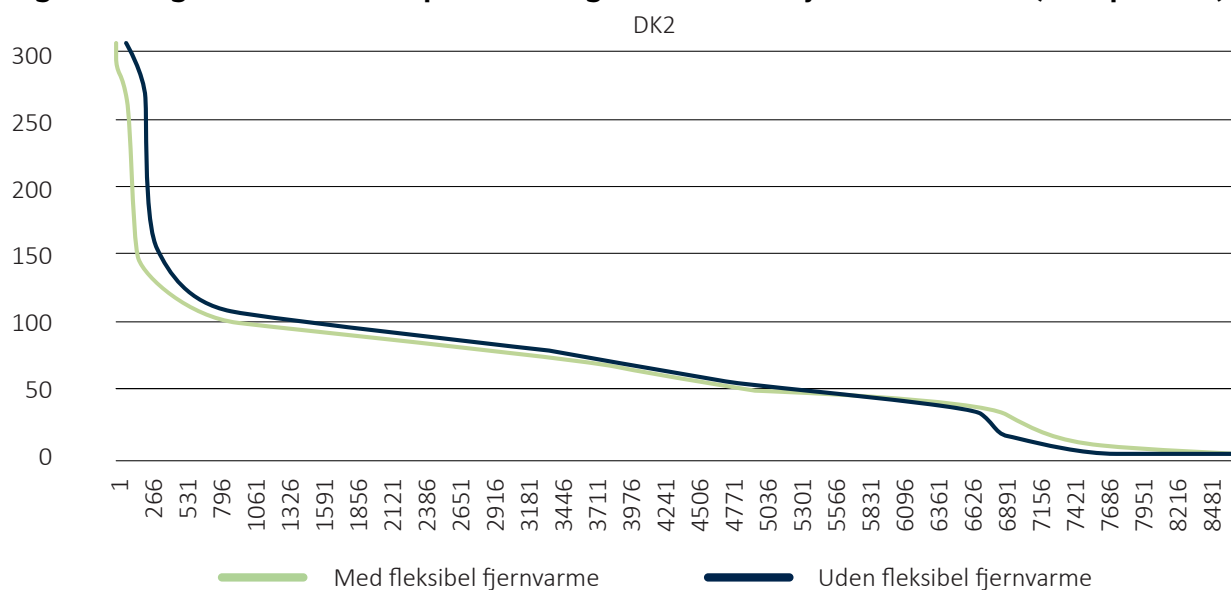
Fjernvarmen fungerer allerede i dag som et stort virtuelt batteri. Fjernvarmesektorens udveksling med elsystemet reguleres fra en nettoleverance af el (elproduktion) på godt 4.000 MW til et nettoforbrug på over 2.000 MW som funktion af elprisen. På den måde kan fjernvarmen i princippet bidrage med op til 6.500 MW til opretholdelsen af balancen i elsystemet i en given situation.

Med en øget elektrificering af fjernvarmen forventes denne fleksibilitet - ifølge beregninger, som Ea Energia-analyse har foretaget for Dansk Fjernvarme - at vokse til 8.000 MW frem mod 2050. En vigtig forudsætning for denne fleksibilitet er fjernvarmens varmelagre og den

flerstrengede varmeforsyning, der muliggør varmeproduktion baseret på flere energikilder, herunder biomasse, affald, lednings- og biogas og el.

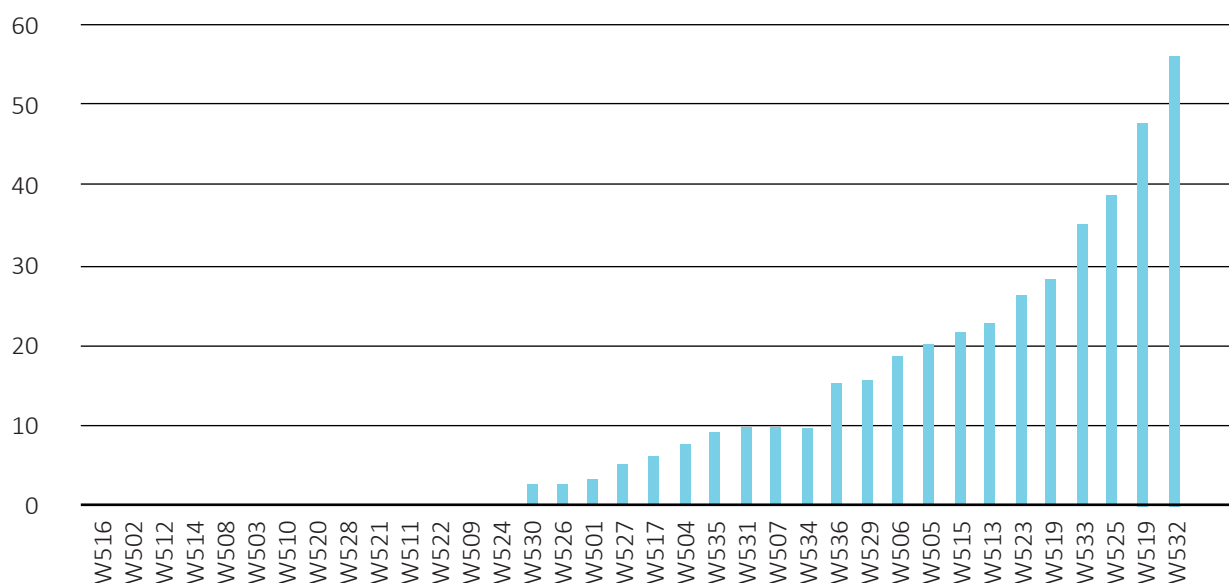
I den daglige driftsplanlægning er forventningerne til elprisen afgørende for lastfordelingen i fjernvarmesystemet. I perioder med høje elpriser og lav elproduktion fra vind og sol vil fjernvarmen øge elproduktionen og reducere elforbruget og dermed dæmpe elpriserne til gavn for elforbrugerne. Omvendt vil fjernvarmen i perioder med lave elpriser og høj elproduktion fra vind og sol reducere sin egen elproduktion og øge elforbruget, så en større del af den producerede vedvarende energi kan nyttiggøres.

Ved at tilpasse produktion og forbrug til variationerne i den vind- og solbaserede elproduktion bidrager fjernvarmen således til at øge den samfundsøkonomiske værdi af VE-produktionen. Fjernvarmens værdiskabelse

**Figur 11: Varighedskurver over elpriser med og uden fleksibel fjernvarme i 2030 (Euro pr. MWh)**

**Kilde:** Energisystemanalyse af fremtidens fjernvarme 2026 (Ea Energia-analyse). Illustration af Dansk Fjernvarme.

**Note:** Figuren viser forventningen til elpriserne sorteret fra største til laveste værdi over årets 8.760 timer og illustrerer fjernvarmens fleksible forbrugs påvirkning på elpriserne

**Figur 12: Timer med risiko for effektmangel per vejrscenarie i 2035 (timer/år)**

**Kilde:** Redegørelse for elforsyningsikkerhed 2025 (Energinet). Illustration af Dansk Fjernvarme.

**Note:** LOLE i day-ahead markedet i 2035 opgjort for hvert enkelt vejrscenarie. Vejrscenarierne følger navngivningen fra ERAA 2024 og er navngivet W501-W536.

for elsystemet kan illustreres ved modelberegneede varighedskurver for elpriser med og uden fjernvarmens fleksibilitet. Uden fjernvarmens fleksibilitet vil der forekomme flere timer med meget høje priser og flere timer med meget lave priser, hvor værdien af elproduktion fra vind og sol nærmer sig nul.

### Elforsyningsikkerhed og effektmangel stiller nye krav til energisystemet

Energinet offentliggør hvert år en redegørelse for elforsyningsikkerhed. En central del af redegørelsen er vurderingen af effekttilstrækkelighed, som belyser, om der er tilstrækkelig elproduktionskapacitet til at dække efterspørgslen. I takt med at elforbruget stiger, en større del af elproduktionen bliver vejrafhængig, og at den regulerbare elproduktionskapacitet samtidig reduceres, øges risikoen for effektmangel.

Energinets 'Redegørelse for Elforsyningsikkerhed' opgør antallet af timer med Loss of Load Expectancy (LOLE), som kan oversættes til timer med risiko for effektmangel. Figur 12 viser, at omkring halvdelen af de analyserede scenarier i redegørelsen ikke forventes at opleve udfordringer med effektmangel.

Samtidig viser en, at den anden halvdel af scenarierne indebærer betydelige udfordringer med effekttilstrækkelighed. I de mest kritiske scenarier kan effektmangel

forekomme i op til 55 timer. Resultaterne understreger, at det kan være problematisk alene at basere planlægningen af energisystemet på en gennemsnitsbetragtning.

Energistyrelsen og Forsyningstilsynet har fastsat et nationalt mål for Danmark på 1,5 time årligt, baseret på en samfundsøkonomisk afvejning mellem omkostningerne ved lavere elforsyningsikkerhed og omkostningerne ved at etablere tilstrækkelig elproduktionskapacitet.

Til sammenligning viser ENTSO-E's<sup>2</sup> fremskrivninger, at LOLE i Danmark kan forventes at ligge på 19-46 timer i 2030 og 17-94 timer i 2035.<sup>3</sup> Både Energinets og ENTSO-E's analyser peger således på, at elforsyningsikkerheden kan falde markant, hvis der ikke træffes politiske beslutninger, der sikrer tilstrækkelig regulerbar elproduktionskapacitet. I så fald vil niveauet ligge væsentligt under det samfundsøkonomisk optimale.

I fortolkningen af Figur 12 er det væsentligt at forstå, at LOLE ikke direkte kan oversættes til faktiske timer med afbrydelse eller afkobling af forbrug. Det skyldes især, at Energinet allerede i dag indkøber reserver til at dække udsving i frekvensen, som også kan bringes i anvendelse i situationer med mangel på effekt. Anvendelsen af disse reserver til at dække effektbehov indebærer imidlertid, at de ikke samtidig er til rådighed til at stabilisere fre-

<sup>2</sup> ENTSO-E er den europæiske sammenslutning af transmissionssystem operatører (TSO). I Danmark er Energinet den eneste TSO. Det følger af meddelelse fra kommissionen om Rammebestemmelser for statsstøtteforanstaltninger til støtte for aftalen om ren industri, at det er ENTSO-E's ressource-tilstrækkelighedsvurdering, der skal lægges til grund for indførelse af en kapacitetsmekanisme i et medlemsland.

<sup>3</sup> <https://www.entsoe.eu/eraa/2025/>

## Sammenligning af fremskrivningsmodeller

Fremskrivninger af energisystemet i Danmark og Europa kan gennemføres på forskellige måder og med forskellige formål. For at opnå et retvisende billede er det ofte nødvendigt at sammenholde resultater fra flere modeller, som hver især har forskellige styrker og begrænsninger.

Ea Energianalyse anvender Balmorel-modellen i deres fremskrivninger, som er præsenteret i denne analyse. Balmorel kan dog ikke anvendes til at vurdere, om energisystemet kan opfylde de danske kriterier for elforsyningsikkerhed. En relevant og aktuell udfordring for det danske elsystem er risikoen for effektmangel, som Energinet gennem de senere år har fremhævet som betydelig og stigende. Effekttilstrækkelighed analyseres ofte ved brug af probabilistiske metoder, som anvendes af bl.a. Energinet og ENTSO-E. Her anvendes Monte-Carlo simuleringer, der estimerer sandsynligheden for, at efterspørgslen kan dækkes i forskellige vejrår, og opgøres typisk som Loss of Load Expectation (LOLE) eller Expected Energy Not Served (EENS).

Balmorel er en deterministisk model, som beskriver sammenhængen mellem marked, priser og drift i elsystemet. Modellen kan dermed belyse konsekvenser af forskellige udviklingsscenarier, men ikke konsekvenserne ved de danske mål for forsyningsikkerhed, eksempelvis i form af afbrudsminutter eller probabilistiske mål som LOLE og EENS.

For at opnå et dækkende billede af fremtidens energisystem kan Balmorel-resultaterne derfor med fordel suppleres med probabilistiske analyser, såsom ENTSO-E's årlige analyse af elforsyningsikkerhed og effekttilstrækkelighed, European Resource Adequacy Assessment (ERAA). ERAA er i EU's elmarkedsforordning udpeget som referenceberegning for vurdering af behovet for tiltag, der kan styrke elforsyningsikkerheden.<sup>4</sup>

kvensen. Der er ikke grundlag for at antage, at risikoen for frekvensudfald er lavere i situationer med effektmangel – tværtimod kan risikoen være højere, hvis produktionsanlæg, der har været ude af drift i længere perioder, skal aktiveres.

### Kraftvarme sikrer behovet for regulerbar kapacitet i et VE-baseret elsystem

De stigende udfordringer med effekttilstrækkelighed har medført et øget fokus på behovet for regulerbar elproduktionskapacitet i det danske energisystem.

Kraftvarmeverkernes regulerbare elkapacitet har stor betydning for opretholdelsen af tilstrækkelig elproduktionskapacitet i perioder med lav vind- og solproduktion. Ifølge Energinets Redegørelse for elforsyningsikkerhed er indenlandsk regulerbar elproduktion et af de mest effektive midler til at sikre elforsyningsikkerheden. Det fleksible elforbrug fra varmepumper og elkedler bidrager også til elforsyningsikkerheden. I længere perioder uden vind og sol er det imidlertid kraftvarmekapaciteten, der sik-

rer forsyning af både el og varme. Elektrificering af fjernvarmen er et centralt element i den grønne omstilling, men samtidig bidrager kraftvarmeverkerne til fjernvarmens flerstrengethed. Det er derfor vigtigt at finde den rette balance mellem elektrificeringsgrad og bevarelse af tilstrækkelig kraftvarmekapacitet.

Samlet set understreger udviklingen, at en fortsat flerstrengt fjernvarmesektor – med både elbase-rede teknologier og regulerbar kraftvarmekapacitet – er en central forudsætning for at balancere hensynene til forsyningsikkerhed, omkostninger og den grønne omstilling.

<sup>4</sup> Delanalyse 3 uddyber fjernvarmens rolle i forhold til netop elforsyningsikkerhed.

