



29. oktober 2015

# Smart Energy

## Fra Smart Grid til Smart Energy

I 2010 lavede Dansk Energi og Energinet.dk en analyse af den samfundsøkonomiske værdi af **Smart Grid**. Præmissen for analysen var, at Smart Grid ville være fuldt udbygget i 2025.

Forventningerne til hvor hurtigt elbiler og elvarmepumper udbredes i Danmark er imidlertid blevet nedjusteret de seneste fem år. Analysen er derfor blevet opdateret og har fået et bredere fokus og inddrager desuden udlandet i højere grad. Da fokus er bredere, er overskriften **Smart Energy**.

Udover fleksibilitet fra elbiler og elvarmepumper i individuelle huse behandler analysen øget integration med fjernvarmesystemet gennem elpatroner og elvarmepumper og med gassystemet gennem brintproduktion vha. elektrolyse. Endvidere inddrages betydningen af udlandets fleksibilitet for værdien af dansk fleksibilitet.

Formålet er at analysere behovet for fleksibilitet i elsystemet i Danmark og udlandet i 2035 samt at beregne den økonomiske værdi af, at dele af elforbruget i fremtiden kan afbrydes ved høje elpriser, og at elforbrug til elbiler, elvarmepumper og elektrolyse reagerer på elpriserne.

Find hovedrapporten, dette notat samt "Smart Grid i Danmark"-rapporten fra 2010 her:

[www.energinet.dk/energianalyser](http://www.energinet.dk/energianalyser)

[www.danskeenergi.dk/Analyse](http://www.danskeenergi.dk/Analyse)

1	Indhold
2	Fra Smart Grid til Smart Energy
3	Vi kan sikre strømmen ved at handle med hinanden
4	Hvor kommer værdien af fleksibelt elforbrug fra?
5	Samfundsøkonomisk gevinst på EUR 113 mio. Danmark i 2035
6	Gevinster for elforbrugere, elproducenter og elnetsoperatører
7	Fleksibilitet kan mindske behov for udbygning af elnet
8	Gevinst for ejerne er nødvendig for at realisere potentialet
9	Hvordan har vi gjort?

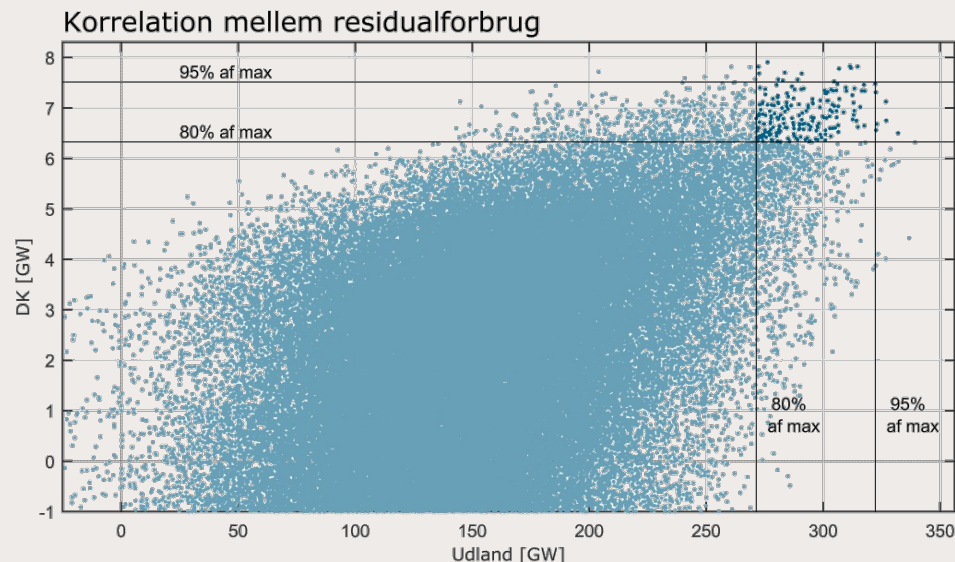
## Vi kan sikre strømmen ved at handle med hinanden

Behovet for fleksibilitet i form af pålidelig elproduktionskapacitet og afbrydeligt forbrug i Danmark er drevet af perioder med sammenfaldende højt residualforbrug (forbrug der skal dækkes ud over vindkraft og solcelleproduktion) i udlandet og Danmark.

Analysen viser, at der er en positiv sammenhæng mellem residualforbruget i Danmark og nabolandene, men det er sjældent, at residualforbruget er meget højt samtidigt. Fx er residualforbruget i Danmark og udlandet kun i 0,016 pct. af timerne over 90 pct. af det maksimale samtidigt, og det er aldrig over 95 pct. samtidigt.

Endvidere varierer de højeste residualforbrug meget i størrelse. Residualforbruget i den ene procent af timerne med højest forbrug varierer således fra 6 til 8 GW for Danmark og 270 GW til 340 GW for udlandet. Vi får altså brug for ressourcer, som kun vil komme i brug ganske få timer om året. Her tilbyder afbrydeligt forbrug med forhåbentligt relativt lave investeringsomkostninger en attraktiv mulighed.

Da Danmark er afhængig af import fra udlandet, er det nødvendigt at følge udviklingen af fleksibilitet på tværs af Europa fremadrettet.



*Residualforbrug i hver enkelt time for udlandet og Danmark for 12 års variationer i vindkraft- og solcelleproduktion. Tilgangen er, at bruge 12 års historiske målinger af vindhastigheder og solindfald i timeopløsning i kombination med forventet installeret effekt og effektkurver i 2035 til at beregne produktionen fra sol og vind. Udlandet består af Belgien, England, Finland, Frankrig, Holland, Irland, Norge, Sverige, Tyskland og Østrig. Data vises kun for residualforbrug større end -1 GW i Danmark og større end -20 GW i udlandet.*

## Hvor kommer værdien af fleksibelt elforbrug fra?

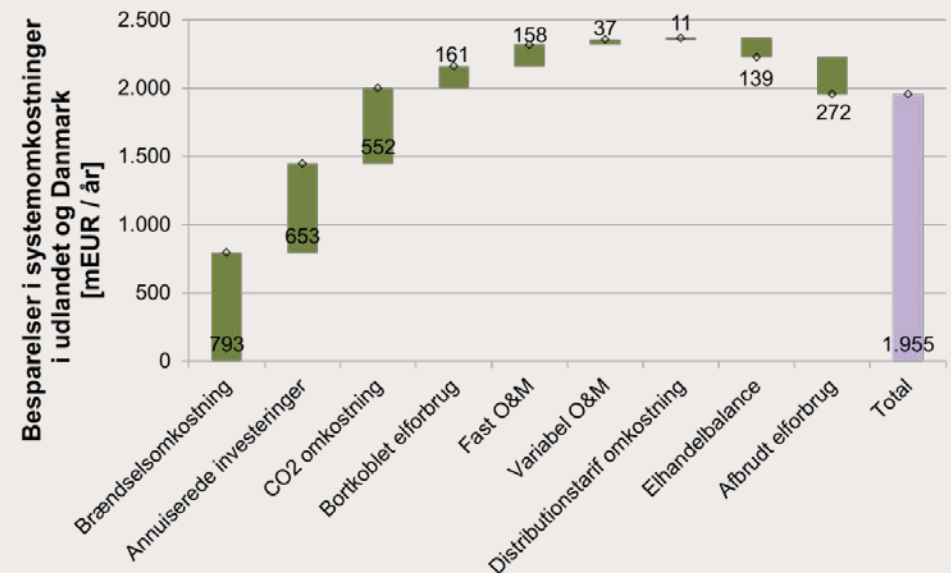
I takt med at svingende elproduktion – vind og sol – udgør en større del af elproduktionen i Danmark og nabolandene, vil der være mindre regulerbar elproduktion fra kraftværker. Flexibelt og afbrydeligt forbrug får dermed stor værdi, når balancen i elsystemet skal opretholdes og til at øge værdien af den fluktuerende elproduktion.

Afbrydeligt elforbrug optræder, når elprisen bliver meget høj, mens fleksibelt forbrug flytter elforbruget fra timer med høje elpriser til timer med lave elpriser. I begge tilfælde reduceres de høje residualforbrug. Dette giver mindre bortkobling af ikke-flexible elforbrugere samt mindre drift på mellem- og spidslastkraftværker, som typisk er naturgasfyrede.

Vindkraftproduktionen må reduceres i nogle få timer på grund af manglende forbrug, men flytning af elforbrug til timer med lave elpriser reducerer problemet.

Fra 2035 sparer fleksibelt og afbrydeligt elforbrug ca. EUR 2,0 mia./år i Danmark og udlandet. De sparede omkostninger består hovedsageligt af:

- Sparede brændsels- og CO<sub>2</sub>-omkostninger, fordi elproduktion på naturgas erstattes af afbrydeligt elforbrug samt øget elproduktion på vind-, biomasse- og kernekraft.
- Mindre investering i spidslastværker, hvor 20 GW ud af 45 GW spidslastanlæg erstattes af fleksibelt og afbrydeligt elforbrug.
- Reduktion i bortkoblet elforbrug.



*Besparelse i systemomkostninger i 2035 i Danmark og udlandet beregnet ved at fratække omkostningerne i scenariet med fleksibelt elforbrug fra omkostningerne i scenariet med ufleksibelt elforbrug.*

## Samfundsøkonomisk gevinst på EUR 113 mio. til Danmark i 2035

Fleksibelt og afbrydeligt elforbrug er en samfundsøkonomisk god løsning i fremtidens elsystem.

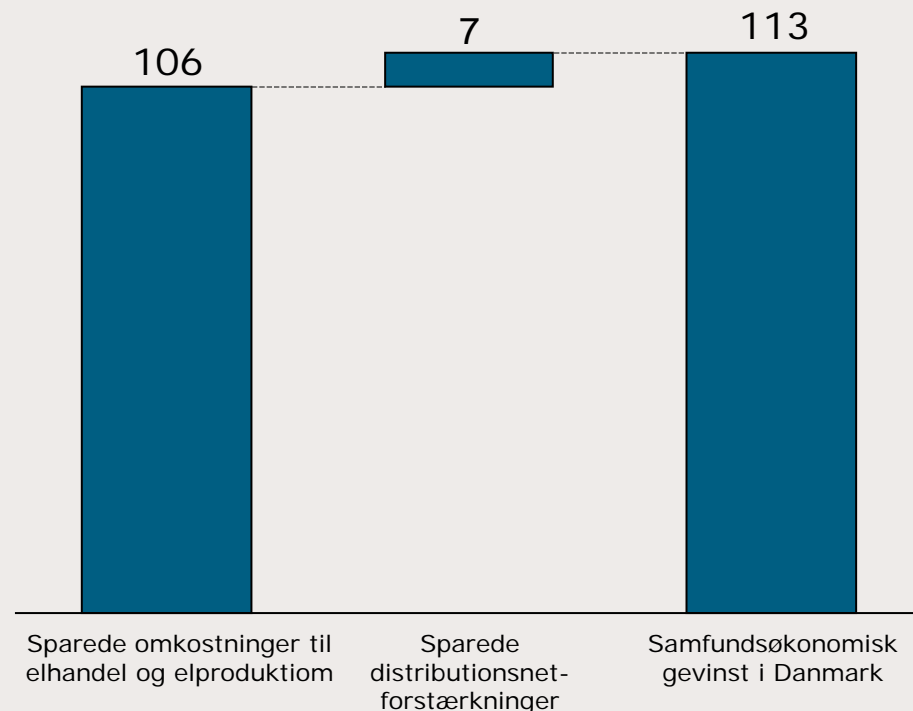
Analysen viser, at den samfundsøkonomiske gevinst i Danmark ved fleksibelt og afbrydeligt elforbrug i 2035 er EUR 113 mio./år.

Det største bidrag til den samfundsøkonomiske gevinst opstår som følge af sparede omkostninger til elhandel og elproduktion på i alt EUR 106 mio./år. Når fleksible elforbrugere flytter elforbruget til timer med lavere elpriser, spares der omkostninger til elproduktion. Endvidere spares investeringer til at fastholde effekttilstrækkeligheden i Danmark.

Når fleksibelt elforbrug flyttes væk fra spidslastperioder på grund af høje elpriser og tidsvarierende distributionstariffer, spares der ligeledes omkostninger til forstærkning af distributionsnet på i alt EUR 7 mio./år.

I 2025 viser analysen en noget lavere gevinst ved fleksibelt elforbrug i Danmark, primært på grund af mindre volumen af fleksibelt elforbrug og mindre variation i elpriserne.

På de efterfølgende sider uddybes gevinster fra fleksibelt og afbrydeligt elforbrug i 2035.



*Den samfundsøkonomiske gevinst ved øget fleksibelt elforbrug i Danmark i 2035 udgøres af sparede omkostninger til elhandel og elproduktion samt sparede distributionsnetforstærkninger.*

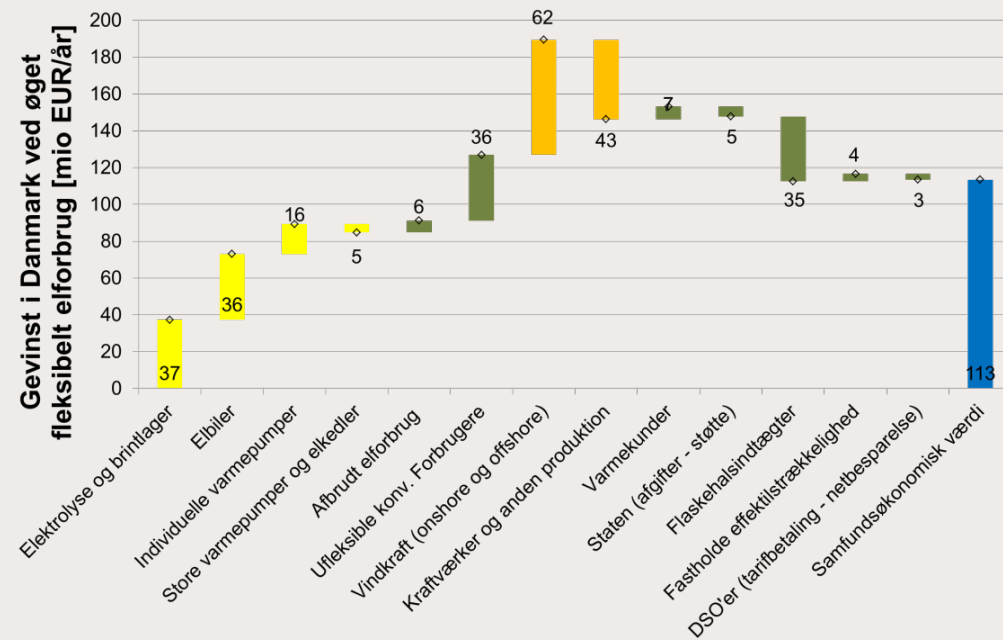
## Gevinster for elforbrugere, elproducenter og elnetsoperatører

Fleksibelt og afbrydeligt forbrug vil give en økonomisk gevinst for de fleksible elforbrugere på grund af lavere elomkostninger og tariffbetaling. Når det fleksible elforbrug flyttes, øges elprisen i lavprisperioder og sænkes i højprisperioder, hvilket hermed påvirker andre aktørers elproduktionsindtægt og elbetaling. Figuren viser, hvordan den danske samfundsøkonomiske gevinst i 2035 bliver fordelt på forskellige aktører.

Analysen viser, at det er rentabelt at gøre elforbruget til elektrolyse fleksibelt ved at investere i større elektrolyseanlæg og brintlagring. Nettogevinsten herved er EUR 37 mio./år. De fleksible elbiler og individuelle varmepumper opnår hhv. EUR 36 og 16 mio./år i gevinst, primært på grund af lavere elbetaling. Store varmepumper og elkedler taber EUR 5 mio./år på grund af øget konkurrence fra det nye fleksible forbrug.

De almindelige, ufleksible elforbrugere sparer samlet EUR 36 mio./år på elregningen, svarende til EUR -1,1 pr. MWh. Vindmøllejeerne får samlet EUR 62 mio./år mere, svarende til EUR +1,3 pr. MWh vind, og der bortkobles mindre vindproduktion. Flexibelt forbrug betyder færre flaskehalsindtægter til Energinet.dk – og dermed i sidste ende elforbrugerne – fordi elhandlen og prisforskellen til nabolande bliver ændret.

Der spares desuden EUR 4 mio./år i investering i spidslastanlæg til fastholdelse af effekttilstrækkeligheden i Danmark.



Fordeling af den samfundsøkonomiske gevinst på EUR 113 mio./år viser, at de fleksible teknologier tilsammen opnår EUR 85 mio./år, mens ændringen i elprisen på grund af det fleksible elforbrug øger betalingen til vindmøller med EUR 62 mio./år, men sænker betaling til kraftværker med EUR 43 mio./år. Samtidig skal de almindelige elkunder betale EUR 36 mio./år mindre.

## Fleksibilitet kan mindske behov for udbygning af elnet

Elbiler og elvarmepumper i individuelle huse vil kræve forstærkninger i distributionsnettene, fordi elforbruget øges. Men fleksibelt forbrug vil mindske behovet for udbygning af distributionsnettet, fordi toppen tages af spidslasttimerne.

I et elsystem, hvor elbiler og varmepumper er ufleksible, vil der i 2035 være behov for at have udbygget distributionsnettet for samlet EUR 460 mio. Med fleksibelt forbrug vil der kun være behov for at udbygge distributionsnettet for EUR 370 mio. Dvs. sparede investeringer for netto EUR 90 mio., svarende til ca. EUR 7 mio./år.

Såfremt det blev muligt at indføre en grænse for den samtidige opladning fra alle elbiler og varmepumper (Gridmax), ville de sparede investeringer vokse til EUR 120 mio. i 2035 eller ca. EUR 9 mio./år.

Forskellen på ca. EUR 30 mio. vil sandsynligvis ikke kunne forrente den omfattende investering i netovervågning og styring af enheder, som vil være nødvendig for at realisere en sådan begrænsning.

Besparselsen i udbygning af distributionsnettet udgør under 10 pct. af den samlede samfundsøkonomiske gevinst ved øget fleksibelt forbrug. Det bliver altså ikke hovedargumentet for øget fleksibelt forbrug.

2035 scenarium	0,4 kV	10-20 kV	Total
<b>Nonflex</b>	EUR 210 mio.	EUR 250 mio.	EUR 460 mio.
<b>Flex</b>	EUR 120 mio.	EUR 220 mio.	EUR 340 mio.
<b>Flex (uden Gridmax)</b>	EUR 140 mio.	EUR 230 mio.	EUR 370 mio.

*Nødvendige netforstærkninger/udbygninger i distributionsnettet på 0,4 til 20 kV-niveau i Danmark frem til 2035.*

*Nonflex – ufleksibelt forbrug.*

*Flex – fleksibelt forbrug med begrænsning på samtidig opladning.*

*Flex (uden Gridmax) – fleksibelt forbrug uden begrænsning på samtidig opladning.*

## Gevinst for ejerne er nødvendig for at realisere potentialet

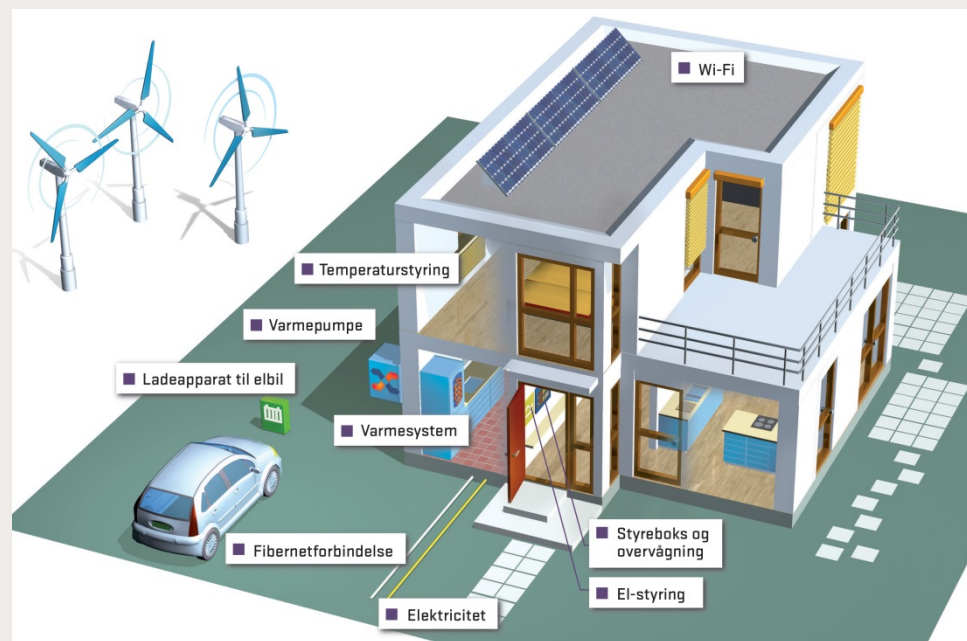
Sammenlignet med at oplade straks når elbilen kommer hjem, vil en elbilejer, der tillader opladning i forhold til elprisen i 2025, have en gevinst på EUR 65 årligt og i 2035 EUR 83 årligt.

En husejer med fleksibel varmepumpe, som tillader, at temperaturen i huset kan variere med op til tre grader, vil have en årlig gevinst på EUR 128 i 2025 og EUR 110 i 2035.

Det er det større elforbrug der gør, at varmepumper har en højere årlig gevinst end elbilen.

Gevinsterne skal dog fordeles mellem ejeren af elbiler, varmepumper mfl. og de forretningsaktører, der faciliterer, at fleksibiliteten bliver puljet og stillet til rådighed i markedet. Det kræver omkostningseffektive it- og markeds løsninger i forhold til datahåndtering og udveksling af informationer mellem aktørerne.

I det Markedsmodel 2.0-arbejde, som Energinet.dk har gennemført sammen med en stribe aktører i elmarkedet i 2014 og 2015, er der analyseret mulige barrierer for fleksibelt elforbrug, herunder håndtering af måledata og aftaler mellem de forskellige aktører. Arbejdet fortsættes i de kommende år.





## Hvordan har vi gjort?

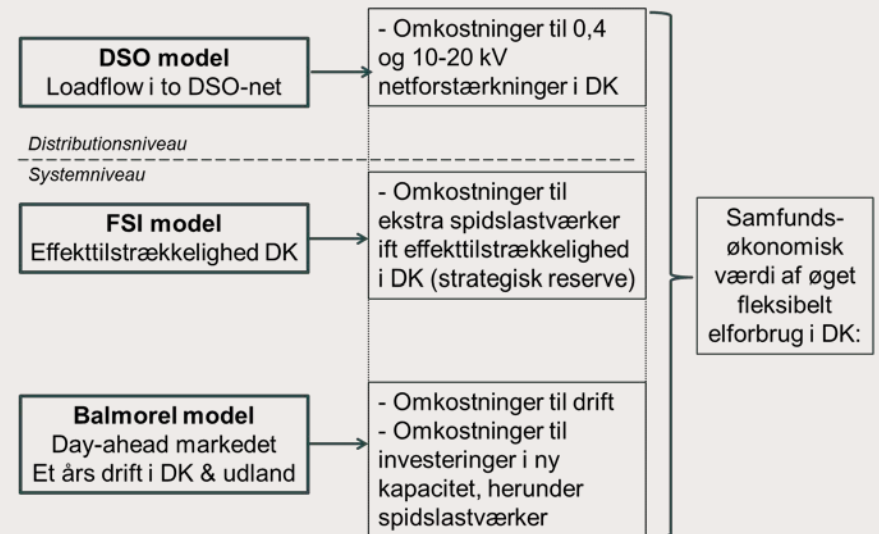
### Værdien af at gøre følgende teknologier prisleksible er blevet analyseret

- Elbiler (Danmark: 740.000 i 2035 og 145.000 i 2025; udland: samme andel af personbilparken som i Danmark).
- Varmepumper i villaer (kun for Danmark: 285.000 i 2035 og 110.000 i 2025).
- Brintproduktion via elektrolyse (kun for Danmark i 2035).
- Afbrydeligt elforbrug ved høje elpriser (6-8 pct. af konventionelt elforbrug; 50% ved 1 DKK/kWh og 50% ved 2 DKK/kWh).

### To scenarier sammenlignes

- Flex: Hvor elforbruget til elektrolyse samt 50 pct. af bestanden af elbiler og individuelle varmepumper antages prisleksibelt, og 50 pct. af potentialet for afbrydeligt forbrug er til rådighed.
- Nonflex: Hvor disse teknologier har et ufleksibelt driftsmønster og der ikke er noget afbrydeligt elforbrug.
- I begge scenarier er kraftværker og store varmepumper samt import og eksport med udlandet også leverandører af fleksibilitet i både Danmark og udlandet.
- Analysen forudsætter altså en bestand af elbiler, varmepumper, brintproduktion og afbrydeligt forbrug og beregner værdien af at gøre en vis andel af disse teknologier prisleksible.

De samlede omkostninger fra modellerne i de to scenarier er sammenlignet, og differencen udgør den samfundsøkonomiske værdi af fleksibiliteten.



### Tre modeller er benyttet i analysen

- Balmorel-modellen beregner omkostningerne til at drive el- og fjernvarmesystemerne i modelområdet, inkl. investering i ny elproduktionskapacitet.
- FSI-modellen beregner behov for investering i spidslastværker som følge af krav til effekttilstrækkelighed i Danmark.
- DSO-modellen beregner spændinger og strømme i udvalgte 10-20 kV-net og 0,4 kV-net med brug af henholdsvis ufleksibel og fleksibel elforbrugsprofil for elbiler og varmepumper.