



El- og fjernvarmeforsyningens fremtidige CO₂-emission

Københavns Energi gennemfører i en række sammenhænge samfundsøkonomiske og miljømæssige vurderinger af forskellige forsyningsalternativer. Det gælder f.eks. vurdering af nye varmeforsyningsområder, bl.a. i Nordhavn. Til brug for disse vurderinger har Københavns Energi bedt Ea Energianalyse om at gennemføre en beregning af miljøpåvirkningen fra en øget anvendelse af el og fjernvarme i nybyggeri på både kort og længere sigt. Emissionsfaktorerne skal anvendes til at vurdere CO₂-emissioner for både fjernvarme og fjernkøling samt el-baserede forsyningsalternativer i form af forskellige typer varmepumper.

Modelværktøj og forudsætninger

Samlet elmarkedsmodel for Norden og Tyskland og detaljeret fjernvarmemodel for Hovedstadsområdet

Til beregning af emissionsfaktorerne er anvendt elmarkedsmodellen Balmorel med data fra CO₂-neutral scenariet i Varmeplan Hovedstaden 2 (VPH2). Modellen optimerer produktionsfordeling mellem anlæg i det samlede el- og kraftvarmesystem. På elsiden indgår Norden og Tyskland i modellen. Modellen afspejler en optimal lastfordeling baseret på velfungerende varme- og elmarkeder og standardiserede teknologibeskrivelser. I modellen kan også indregnes investeringer i nye produktionsanlæg baseret på velfungerende markeder og gældende rammevilkår. For hovedstadsområdet indeholder modellen en særlig detaljeret repræsentation af værker og varmenet.

Priser baseres på IEA's "New Policies" scenario

Brændsels- og CO₂-priser baseres på Energistyrelsens seneste prisforudsætninger, der igen er baseret på IEA's World Energy Outlook 2010. Prisforudsætningerne følger IEA's såkaldte "New Policies" scenario, der beskriver en energifremtid, hvor nationale politikker og målsætninger på energiområdet, der er udmeldt i forbindelse med de globale klimaforhandlinger, indregnes.

I tråd med principperne for "New Policies" scenariet er det valgt at opdatere Balmorel modellens forudsætninger, så det danske mål om, at el- og varmeforsyningen skal være CO₂-neutral i 2035, indregnes. For Tyskland indregnes den tyske regerings plan, Energiekonzept, som indebærer forøgelse af andelen af VE i elsektoren til 80 % i 2050. For de øvrige lande indregnes ikke VE-mål udover de af EU fastsatte mål for 2020. På varmesiden tages der for ho-

vedstadsområdet udgangspunkt i CO₂-neutral scenariet fra Varmeplan Hovedstaden 2 (VPH2), da varmeselskaberne har sat som mål, at varmforsyningen skal være CO₂-neutral i 2025.

Marginal eller gennemsnitlig emissionsfaktor

Ved opgørelse af miljøpåvirkningen ved anvendelse af mere el eller fjernvarme drøftes det, om det er mest korrekt at bruge gennemsnitlige eller marginale emissionsfaktorer. Den marginale emission er her den ændring i emission, som følger af tilslutning af nye el og varmekunder, mens den gennemsnitlige emission beregnes ved at dividere den samlede emission med det samlede energiforbrug eller den samlede energiproduktion.

Ved vurdering af nye tiltag i energiforsyningen anvendes marginal emissionsfaktor

Om den ene eller anden faktor bør anvendes, vil være afhængig af formålet med analysen. Gennemsnitlige emissionsfaktorer anvendes typisk ved opgørelse af historiske emissioner, mens man ved vurdering af nye, fremtidige tiltag bør se på den marginale emission som følge af ændringer i energiforbruget. I denne analyse er der derfor beregnet marginale emissionsfaktorer. Metodisk beregnes emissionsfaktorerne ved at gennemregne to scenarier: en reference og et scenario, hvor hhv. el- og varmemforbruget forøges. Konkret er der i denne analyse set på hhv. et scenario med forøgelse af elforbruget i det samlede elsystem i Norden og Tyskland og et scenario med forøgelse af fjernvarmemforbruget i hovedstadsområdet.

Kortsigtet eller langsigtet marginal

Ved beregning af den marginale emissionsfaktor har det væsentlig betydning, om der anvendes en kortsigtet eller en langsigtet betragtning. I den langsigtede betragtning tages hensyn til, at en forøgelse af forbruget kan medføre nye investeringer i produktionskapacitet. Ved vurdering af en forøgelse af el- eller varmemforbruget flere år ude i fremtiden, er det mest korrekt at benytte den langsigtede betragtning. Det kan dog være vanskeligt præcist at fastlægge, hvilke investeringer der er direkte betinget af det øgede forbrug, hvorfor det er nødvendigt at foretage visse antagelser.

I denne analyse indregnes investeringer i marginal betragtning

I denne analyse er der beregnet en langsigtet marginal elproduktion ved at indregne mulige investeringer i modellens optimering. For varmforsyningen er der ikke indregnet nye investeringer, idet et marginalt øget varmemforbrug ikke vurderes at påvirke investeringen¹. Der er i CO₂-neutral scenariet indreg-

¹ I øvrigt vil den marginale varmeproduktionsteknologi formentlig være flisfyret kraftvarme, og indregnes dette i den marginale varmeproduktion vil det ikke i 2025 og 2035 påvirke resultaterne for den marginale emissionsfaktor, der i forvejen beregnes til 0 kg CO₂/GJ.

net en investeringsplan med bl.a. etablering af et flisfyret kraftvarmeanlæg og et større geotermianlæg.

Sammenhæng mellem investeringer i elproduktionskapacitet og mål for VE

Det kan diskuteres, om en forøgelse af elforbruget i sig selv giver anledning til forøgede investeringer i VE. I denne analyse regnes der ikke med, at der investeres i mere VE alene som følge af et marginalt øget elforbrug. Dette sker kun, hvis vilkårene i markedet (teknologiomkostninger, brændsels- og CO₂-priser, evt. subsidier og afgifter) tilsiger det. I modellen er dette implementeret, så de danske vind-mål og de nationale VE-mål for elsektoren holdes fast i absolut energimængde (TWh) og ikke i %, når elforbruget øges.

Marginal emissionsfaktor for el

Nedenstående tabel viser de beregnede marginale emissionsfaktorer for el for årene 2015, 2025 og 2035 for det samlede elsystem i Norden og Tyskland. Emissionsfaktoren er vist for 4 sæsoner og for hele året.

kg/MWh	2015	2025	2035
Vinter (dec.-feb.)	795	601	641
Forår (marts-maj)	951	747	684
Sommer (juni-aug.)	904	767	853
Efterår (sep.-nov.)	886	750	721
Hele året	879	709	716

Tabel 1: Marginal emissionsfaktor for el i 2015, 2025 og 2035. Emissionsfaktoren er angivet an forbruger.

Den langsigtede marginale produktionsteknologi vil fortsat være kul-kondens

Den langsigtede, marginale emissionsfaktor for hele året er i 2015 beregnet til at være på 879 kg/MWh faldende til ca. 700 kg/MWh i 2025 og 2035. Den marginale elproduktionsteknologi i det nordeuropæiske marked vil således med de anvendte forudsætninger fortsat være fortrinsvis baseret på kul, men også på naturgas.

Til sammenligning beregnes den gennemsnitlige emissionsfaktor for dansk el til 360 kg/MWh i 2015 faldende til 230 kg/MWh i 2025 og 30 kg/MWh i 2035. Det skyldes, at det danske mål om, at el- og varmforsyningen skal være CO₂-neutral i 2035, indregnes i modellen. En marginal forøgelse af elforbruget vil dog fortsat betyde, at kondensværker på kul- og gas skal idriftsættes og er derfor medregnet.

Den marginale emission for el er lavere om vinteren end om sommeren

For den marginale emission på sæsonbasis er der en vis variation mellem sæsonerne. I elsystemet er elforbruget højere om vinteren end om sommeren, særligt fordi der i Norden anvendes en del el til opvarmning. Det betyder, at man om vinteren må idriftsætte flere og dermed dyrere kraftværker til elpro-

duktion. Disse kraftværker vil typisk have dårligere effektivitet, eller anvende dyrere brændsler som naturgas eller evt. olie. Disse to faktorer, lavere effektivitet og anvendelse af naturgas eller olie, trækker i hver sin retning mht. CO₂-emission, da lavere effektivitet forøger den marginale emissionsfaktor, mens anvendelse af naturgas og olie nedsætter emissionen, fordi alternativet er kul, som har en højere CO₂-udledning end naturgas. Modellens resultater peger dog på, at den større anvendelse af naturgas og olie om vinteren er den vigtigste faktor i forhold til sæsonvariationer, da emissionen er lidt lavere om vinteren end om sommeren.

Emissionsfaktorer for el i alternative forløb

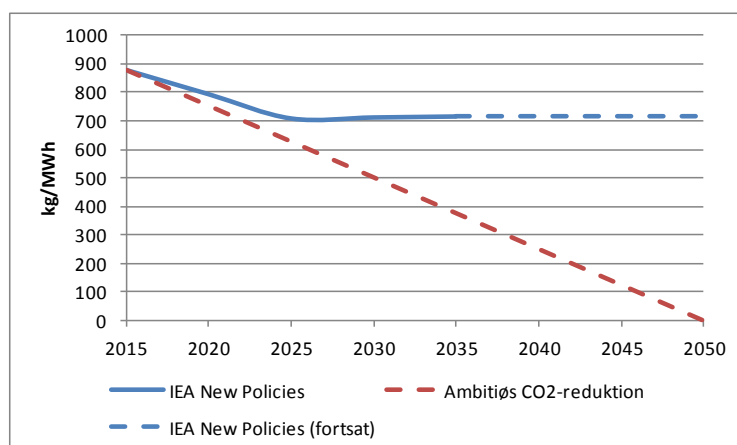
Ovenstående marginale emissionsfaktorer viser, at med de brændsels- og CO₂-kvotepriser og de politiske rammer, der er udstukket med IEA's New Policies scenario, vil det fortsat være kul og naturgas, der er de marginale elproduktionsteknologier i elmarkedet i de kommende mange år. Dette kan dog ændres, hvis målsætningerne for udbygning med VE eller reduktion af CO₂ bliver væsentligt strammere end antaget, eller hvis priserne på fossile brændsler og CO₂-kvotepriserne udvikler sig anderledes end forudset af IEA.

IEA og EU har opsat scenarier for mere ambitiøse reduktioner af CO₂

F.eks. har IEA også opsat et såkaldt 450 ppm scenario, hvor der gøres en markant mere ambitiøs indsats for CO₂-reduktion. EU har i sin Energy Road Map 2050 fra december 2011 også vist scenarier med en betydelig reduktion af CO₂ frem mod 2050. Både IEA og EU forudser i dette tilfælde, at CO₂-prisen stiger til over 500 kr./ton efter 2030 og endnu højere på længere sigt. I dette tilfælde vil det sandsynligvis være VE-teknologier og måske også a-kraft og CCS, der er de marginale elproduktionsteknologier, og den marginale emissionsfaktor vil falde betydeligt. I EU's scenarier nærmer elsektorens CO₂-emission sig 0 i 2050, og her må også den marginale emissionsfaktor være 0.

De alternative scenarier kan betyde, at den marginale emissionsfaktor reduceres betydeligt

Der er ikke i dette projekt gennemført en egentlig gennemregning af et alternativt forløb med en mere ambitiøs CO₂-reduktion, men figuren nedenfor illustrerer sammenligning af resultaterne fra dette projekt med et skitseret alternativt forløb, hvor CO₂ fra elsektoren i hele Nordeuropa reduceres til 0 omkring 2050. Afhængig af udviklingen i ambitionerne for CO₂-reduktion og dermed CO₂-prisen, vil den marginale emissionsfaktor lægge sig et sted mellem de skitserede forløb.



Figur 1: Det beregnede forløb (IEA New Policies) for den marginale emissionsfaktor for nordeuropæisk el sammenlignet med et skitseret forløb, hvor der sættes en mere ambitiøs politik for reduktion af CO₂ i elsystemet.

Marginal emissionsfaktor for varme

For fjernvarme tages der udgangspunkt i scenario med reduktion af CO₂ til 0 i 2025

Som tidligere nævnt er der taget udgangspunkt i CO₂-neutral scenariet fra VPH2. I dette scenario gøres en væsentlig indsats for at reducere CO₂-emissionen til 0 i 2025, herunder etablering af et nyt flisraftvarmeværk, et nyt geotermianlæg og et stort varmelager. Desuden udsorteres 50 % af plastikfraktionen af affald i 2025 (reduceres lineært fra 100 % til 50 % i 2010 til 2025), og i 2025 er alle kraftvarmeanheder på SMV og HCV lukket, og al spidslast er omstillet til biomasse.

Nedenstående tabel viser resultater for den marginale emissionsfaktor for fjernvarme for årene 2015, 2025 og 2035 med 200 %-metoden og 125 %-metoden. 200 %-metoden er et udtryk for, at der er en væsentlig kraftvarmefordel, og metoden anvendes i varmeselskaberne miljødeklarationer, som er baseret på gennemsnit.

kg/GJ	125 %-metoden			200 %-metoden		
	2015	2025	2035	2015	2025	2035
Hele året	27,5	0	0	24,5	0	0

Tabel 2: Marginal emissionsfaktor for fjernvarme i 2015, 2025 og 2035. Emissionsfaktoren er angivet af transmissionsnet.

Den marginale emissionsfaktor er væsentligt højere end den gennemsnitlige i 2015

Det ses, at den marginale CO₂-emission efter 125 % og 200 % metoden ligger på hhv. 27,5 og 24,5 kg/GJ i 2015. Til sammenligning er den gennemsnitlige emissionsfaktor for fjernvarme i 2015 under halvt så stor (hhv. 9,7 og 7,0 kg/GJ). Det skyldes, at en betydelig større del af den marginale varme stadig produceres ved spidslast baseret på naturgas og olie.

I 2025 og 2035 er den marginale CO₂-emissionsfaktor reduceret til 0

I 2025 og 2035 er den marginale emission 0. Dette skyldes, at alle fossile brændsler er udfaset på kraftvarmeværker og spidslastanlæg. Der er fortsat en mindre CO₂-emission fra de affaldsfyrede anlæg og fra geotermi, men da der regnes med en fast affaldsmængde, og da geotermianlægget allerede i udgangspunktet er fuldt udnyttet, forøges CO₂-emissionen ikke ved en forøgelse af varmemeforbruget.

Konklusioner

I dette notat gennemgås beregninger af miljøpåvirkningen fra en øget anvendelse af el og fjernvarme på både kort og længere sigt. Det fremhæves, at man ved vurdering af nye, fremtidige tiltag bør se på den marginale emission som følge af ændringer i energiforbruget og ikke den gennemsnitlige emission. Desuden bør man i langsigtede analyser anvende den langsigtede marginale betragtning, dvs. at investeringer i nye energiproduktionsanlæg bør indregnes.

Beregningerne giver følgende konklusioner:

- I en fremtid, hvor priserne på brændsler og CO₂-kvoter følger prognoserne fra IEA's New Policies scenario (svarende til Energistyrelsens anbefalede prisdokumentation) vil den marginale emissionsfaktor for elmarkedet i Norden og Tyskland i mange år fremover være fastlagt af primært kulfyrede kondensanlæg. Dette betyder, at den marginale emissionsfaktor for el er 879 kg/MWh i 2015 faldende til ca. 700 kg/MWh i 2025 og 2035.
- Den marginale emissionsfaktor er betydeligt højere end den gennemsnitlige, danske emissionsfaktor. Som følge af regeringens målsætning om, at el- og varmemeforsyningen skal være 100 % baseret på VE i 2035, falder den gennemsnitlige emissionsfaktor til 360 kg/MWh i 2015 og videre til 230 kg/MWh i 2025 og 30 kg/MWh i 2035.
- Sæsonvariationer i den marginale CO₂-emissionsfaktor for el, viser at der er en højere marginal CO₂ udledning om sommeren. Det skyldes, at en større del af elproduktionen baseres på kulkondens om sommeren end om vinteren, hvor også kondensværker på naturgas er i drift.
- For fjernvarme i hovedstadsområdet beregnes den marginale CO₂-emissionsfaktor til 0 kg/GJ med 200 %-metoden i 2025 og 2035. Dette skyldes, at det forudsættes, at udviklingen af fjernvarmeforsyningen i hovedstadsområdet følger CO₂-neutral scenariet fra Varmeplan Hovedstaden 2. I dette scenario gøres en betydelig indsats for at gøre fjernvarmeforsyningen CO₂-neutral inden 2025.

- I 2015 er den marginale CO₂-emissionsfaktor for fjernvarme ca. 25 kg/GJ, hvilket er over dobbelt så højt som den gennemsnitlige emissionsfaktor. Dette skyldes, at den marginale varmeproduktion i langt højere grad er baseret på spidslastproduktion på gas og olie.