



Klimastatus og –fremskrivning 2021 (KF21): El og fjernvarme (ekskl. affaldsforbrænding)

Sektornotat nr. 8A

Kontor/afdeling
Systemanalyse

Dato
24-04-2021

J nr. 2021 – 2554

KST/MTNG/JNON/RSMS/MIS

Indholdsfortegnelse

1. KF21 forløbet: Status og fremskrivning til 2030.....	2
2. Analyse af KF21 forløbet	3
2.1 Overordnet udvikling i sektoren.....	3
2.2 Nøgletal og indikatorer for el- og fjernvarmesektoren.....	8
2.3 Udvalgte elementer i sektorens udvikling.....	9
3. Kvalificering af KF21 forløbet.....	12
3.1 Usikkerhed	12
3.2 Følsomheder	13
3.3 Planlagt udvikling fremadrettet.....	16
4. Kilder	17
5. Bilag	17
5.1 Sektorens udledning fordelt på brændsler	17
5.2 Biogene udledninger i el- og fjernvarmesektoren	18
5.3 Udledning fra affaldsforbrænding og sekundære producenter til el- og fjernvarmeproduktion.....	19

Dette sektornotat er en del af afrapporteringen for Klimastatus og –fremskrivning 2021 (KF21). KF21 er en såkaldt frozen policy fremskrivning, hvilket indebærer, at udviklingen i fremskrivningen er betinget af et "politisk fastfrosset" fravær af nye tiltag på klima- og energiområdet ud over dem, som Folketinget har besluttet før 1. januar 2021 eller som følger af bindende aftaler. KF21 resultaterne og de bagvedliggende analyser i sektornotaterne skal derfor ses i denne frozen policy kontekst. For yderligere information om frozen policy tilgangen, se KF21 udledningsrapporten og KF21 forudsætningsnotat 0.

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

T: +45 3392 6700
E: ens@ens.dk

www.ens.dk

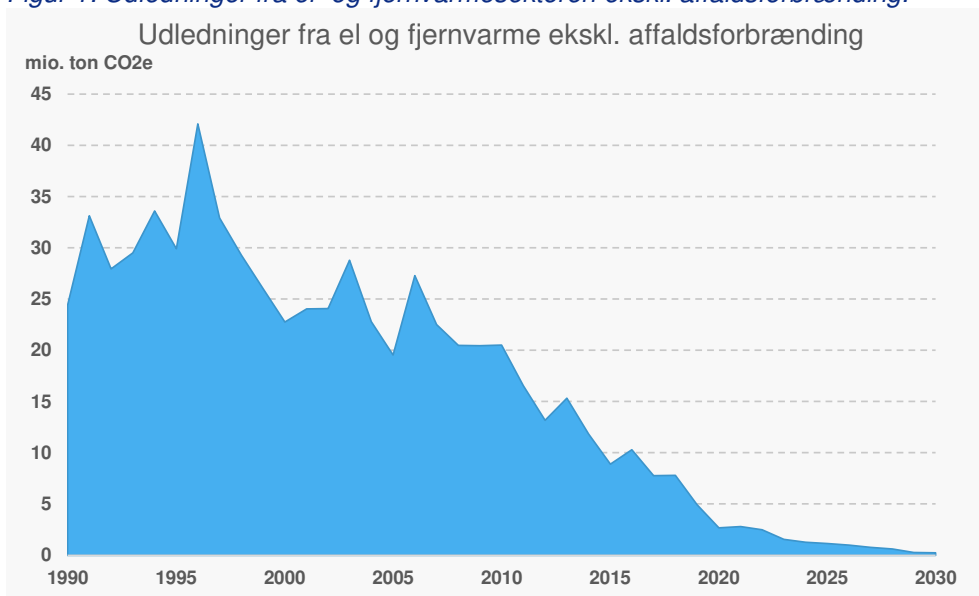
1. KF21 forløbet: Status og fremskrivning til 2030

Dette notat omhandler udviklingen i el- og fjernvarmesektoren. Sektoren omfatter hovedparten af de anlæg, der forsyner det danske samfund med el og fjernvarme, fx større og mindre kraftvarmeanlæg, der leverer både el og fjernvarme, vindkraftanlæg og solcelleanlæg, der alene leverer el, og kedler, solvarmeanlæg, overskudsvarmeanlæg og varmepumper, der leverer varme til fjernvarmesystemer.

Selv om affaldsforbrændingsanlæg også leverer el- og varme, indgår de ikke i KF21 som en del af el- og fjernvarmesektoren, men behandles som en del af affaldssektoren (jf. sektornotat 9A)¹.

Udviklingen i drivhusgasudledningen fra el- og fjernvarmesektoren vises i Figur 1.

Figur 1: Udledninger fra el- og fjernvarmesektoren ekskl. affaldsforbrænding.



Note: En figur der viser sektorens udledning opdelt på brændselstyper findes i bilag sidst i notatet.

Produktionen af el og fjernvarme har fra 1990 frem til i dag bevæget sig fra at være en sektor med store CO₂-udledninger til i dag at have et væsentligt mindre klimaaftryk. I fremskrivningsperioden frem mod 2030 forventes denne udvikling at fortsætte, og udledningen fra el- og fjernvarmeproduktionen forventes under fravær af nye tiltag at være 0,2 mio. ton i 2030, hvilket svarer til en reduktion på 99 pct. i forhold til 1990-niveauet.

¹ For fuldstændighedens skyld vises udviklingen for drivhusgasudledningen fra el- og fjernvarmesektoren inkl. affaldsforbrænding i bilag til dette notat. Affaldsforbrug til el- og fjernvarmeproduktion indgår derimod i opgørelsen af el- og fjernvarmesektorens energiforbrug og de øvrige energirelaterede opgørelser, der præsenteres i dette notat.



Hvor sektoren i 1990 således var en væsentlig del af klimaudfordringen, betragtes den i fremtiden i høj grad som en del af løsningen, idet el og fjernvarme produceret på basis af vedvarende energi forventes at spille en vigtig rolle i nedbringelse af klimabelastningen fra andre sektorer, fx gennem elektrificering af transport, opvarmning og industrielle processer og gennem udvidet brug af fjernvarme i tidligere naturgasopvarmede bygninger.

I et langsigtet klimaperspektiv er udfordringerne for sektoren derfor i højere grad, hvordan og i hvilket omfang den vil kunne levere el og fjernvarme på de tidspunkter og i de mængder, der er behov for, og hvilke ressourcer, økonomiske såvel som naturgivne fx i form af arealer og råstoffer, det vil kræve.

Den stærkere kobling mellem el- og fjernvarmesektoren og øvrige sektorer sammenholdt med den bærende rolle som fluktuerende vedvarende energi fra sol og vind vil spille i el- og fjernvarmeproduktion peger dog på, at denne udfordring skal tackles i et samspil mellem alle de involverede sektorer, fx gennem øget fleksibilitet på forbrugssiden.

2. Analyse af KF21 forløbet

2.1 Overordnet udvikling i sektoren

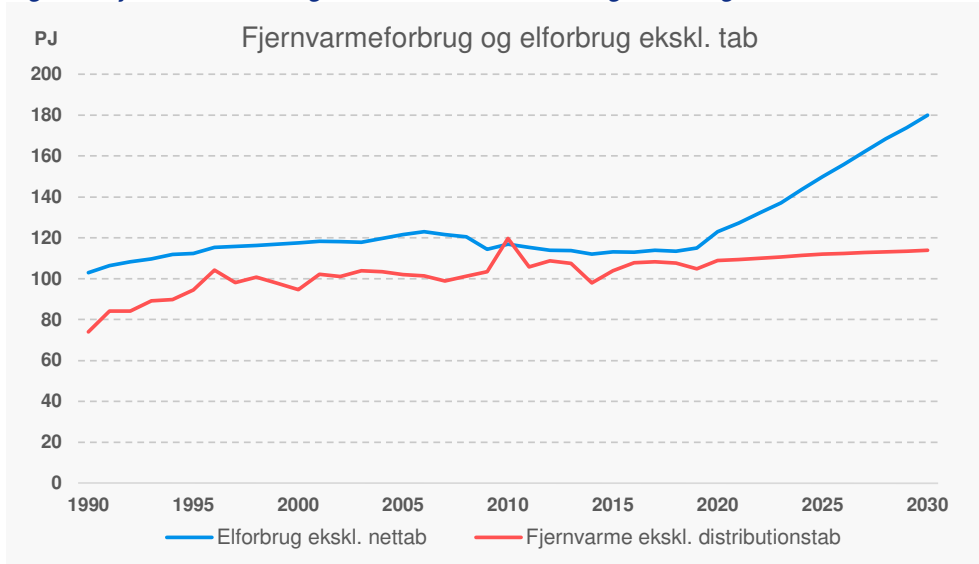
Aktiviteten i el- og fjernvarmesektoren

Den danske produktion af el og fjernvarme har oprindeligt være tæt knyttet til forbruget. For fjernvarme er dette, trods en lille import af fjernvarme over den dansk-tyske grænse, tilfældet i dag og det forventes at forblive sådan i fremtiden.

For el er situationen helt anderledes. Danmark har i en lang årrække haft stærke elforbindelser til vore nabolande, og den danske elsektor er stærkt integreret i det nordeuropæiske elmarked. Hvor udviklingen i aktiviteten i fjernvarmesektoren derfor kan afspejles stort set 1:1 i udviklingen i fjernvarmeforbruget, er billedet et andet på elområdet. Markedsmæssige forhold såvel som udsving i vejret fx nedbørs-, temperatur- og vindforhold, medfører forskydninger i, hvilke anlæg der producerer og hvilke der står stille, og hvorvidt disse befinder sig i Danmark eller i vore nabolande og fører til perioder med nettoimport og perioder med nettoeksport. Det indenlandske elforbrug har dog, både historisk og – forventeligt – i fremtiden væsentlig indflydelse på aktiviteten i elsektoren og sektorens udledninger af drivhusgasser.

Figur 2 viser udviklingen i hhv. fjernvarmeforbrug ekskl. distributionstab og elforbrug ekskl. nettab frem til i dag og i fremskrivningsperioden frem mod 2030, under fravær af nye tiltag.

Figur 2: Fjernvarmeforbrug ekskl. distributionstab og elforbrug ekskl. nettab.



En forholdsvis kraftig udbygning med fjernvarme i 1990'erne er i de sidste tyve år blevet afløst af en svag vækst, som forventes at fortsætte frem mod 2030. Den fremtidige udvikling dækker bl.a. over to modgående tendenser. På den ene side forventes at ske en udbygning af fjernvarmen til at dække nye områder, primært gennem konvertering af tidligere naturgasforsynede områder, men samtidig forventes faldende varmeforbrug i eksisterende fjernvarmeområder på grund af stigende energieffektivitet i bygningsmassen. Fjernvarmeforbruget forventes således at stige fra 105 PJ i 2019 til 114 PJ i 2030, hvilket svarer til en stigning på 9 pct.

Elforbruget steg ligeledes svagt i 1990'erne, men har siden da holdt sig på et forholdsvis konstant niveau frem til i dag, om end det udviste en moderat stigning efterfulgt af fald i årene før og efter finanskrisen 2008. I modsætning til fjernvarmeforbruget, forventes elforbruget at stige markant i fremskrivningsperioden frem mod 2030. Elforbruget forventes således at stige fra 115 PJ (31,9 TWh) i 2019 til 179,9 PJ (50 TWh) i 2030, hvilket svarer til en stigning på 57 pct.

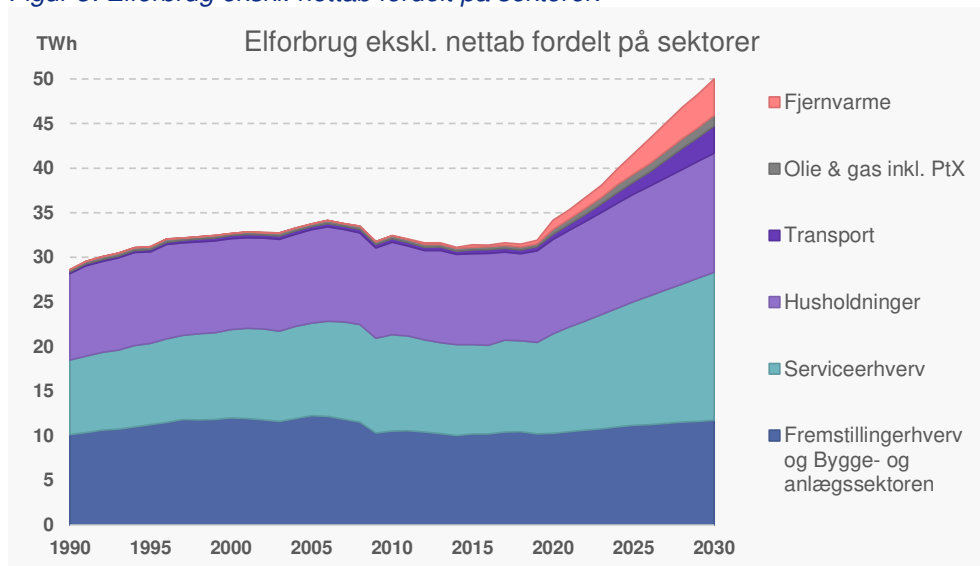
For den historiske periode 1990 – 2019 viser Figur 2 ligeledes, hvordan vejrudsving har haft betydning for fjernvarmeforbruget, mens det historisk ikke har påvirket elforbruget nævneværdigt. I takt med at en stadig større del af varmeforbruget vil blive fremstillet vha. varmepumper, må det forventes, at også elforbruget i højere grad vil blive påvirket af vejrudsving. Dette forhold er dog ikke analyseret nærmere i forbindelse med KF21. Fremskrivningen er baseret på et normalt klimaår og tager derfor ikke højde for vejrudsving.



Baggrunden for den forventede kraftige vækst i elforbruget frem mod 2030 er illustreret i nedenstående Figur 3, som viser den forventede udvikling i elforbruget ekskl. nettab fordelt på anvendelsessektorer. Stigningen i elforbruget er således drevet af en række forhold, herunder:

- En yderligere elektrificering i produktionserhvervene, hvilken medfører en stigning i elforbruget på 15 pct. i 2030 ift. 2019.
- Øget brug af varmepumper til bygningsopvarmning i husholdningssektoren. Elforbruget i husholdninger forventes at stige fra 10,2 TWh i 2019 til 13,4 TWh i 2030.
- Udbygningen med store datacentre, som vil betyde en markant forøgelse af elforbruget i servicesektoren fra 10,3 TWh i 2019 til knap 16,6 TWh i 2030.
- Udbygningen med store varmepumper i fjernvarmesektoren. Elforbruget til fjernvarmeproduktion forventes at blive omtrent tidoblet fra 0,4 TWh i 2019 til 4,1 TWh i 2030.
- En stigning i antallet af elbiler. Elforbruget i transportsektoren forventes at stige fra 0,5 TWh i 2019 til 3 TWh i 2030.
- Et øget elforbrug til fremstilling af syntetiske grønne brændstoffer (Power-to-X), som forventes at nå 0,5 TWh i 2030 under fravær af nye tiltag.

Figur 3: Elforbrug ekskl. nettab fordelt på sektorer.



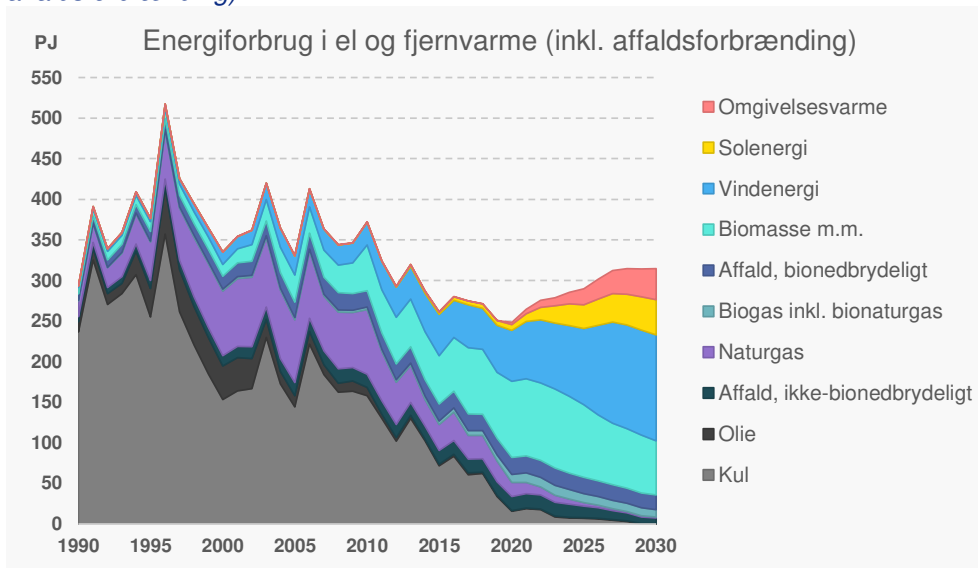
Det er således, som det fremgår af Figur 3, vækst i en række forskellige sektorer, som samlet fører til den betydelige vækst i elforbruget frem mod 2030. En nærmere beskrivelse af den forventede udvikling i de forskellige sektorer findes i de respektive sektornotater (3A, 4A, 5A og 6A).



Teknologisk udvikling i el- og fjernvarmesektoren

Årsagen til det kraftige fald i udledningerne fra el- og fjernvarmesektoren skal således ikke findes i en faldende aktivitet i sektoren, men derimod i en fundamental omlægning af den måde el- og fjernvarme fremstilles på. Dette illustreres i Figur 4, der viser udvikling i sektorens energiforbrug fordelt på energiformer.

Figur 4: El- og fjernvarmesektorens energiforbrug fordelt på energiformer (inkl. affaldsforbrænding).



El- og fjernvarmesektoren er karakteriseret ved en næsten fuldstændig omstilling til vedvarende energi, hvilket især er et resultat af udfasningen af kulfyret kraftvarme på centrale værker, konvertering til biomasse, samt fortsat udbygning med landvind, havvind og solceller. Forbruget af fossile brændsler til el- og fjernvarmeproduktion forventes at være reduceret med 89 pct. i 2030 ift. 2019. Kulbaseret el- og fjernvarmeproduktion forventes at ophøre med lukningen af Nordjyllandsværket ultimo 2028 (Forudsætningsnotat 4A), hvorved målet om kuludfasning inden 2030 indfries (KEFM, 2018).

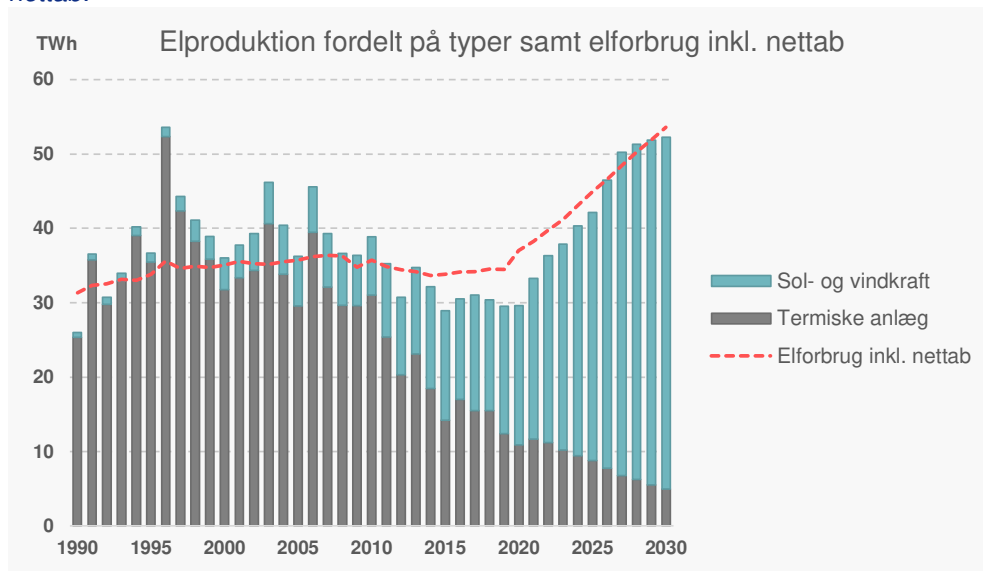
Et voksende bidrag til fjernvarmeproduktionen fra varmepumper og overskudsvarme fra erhvervene forventes herudover at begrænse forbruget af bioenergi, hovedsageligt træbiomasse, i perioden frem mod 2030.

Fokus på elforsyningen

Den grundlæggende omstilling af den danske el- og fjernvarmesektor indebærer en markant forandring i produktionsmikset. Figur 5 illustrerer den teknologiske udvikling i elforsyningen frem til i dag, og hvordan den forventes at fortsætte i fremskrivningsperioden. I 1990 foregik 98 pct. af den indenlandske elproduktion på termiske anlæg, hvoraf hovedparten var kulfyrede, og kun 2 pct. på sol- og vindkraftanlæg. I 2019 var den termiske andel faldet til 42 pct. og i 2030 forventes den termiske andel i elproduktionen kun at udgøre 9 pct. og hovedsagelig at være

baseret på biomasse (jf. også *Tabel 1* i afsnit 2.2), med et begrænset bidrag fra fossile brændsler.

Figur 5: Indenlandsk elproduktion fordelt på produktionstyper samt elforbrug inkl. nettab.



VE-udbygningstakten i de første år af fremskrivningsperioden forventes at overstige væksten i det indenlandske elforbrug, hvorfor Danmark forventes at blive nettoeksportør af el fra 2027 frem til 2029. Dette forventes at vende frem mod 2030, hvor Danmark under fravær af nye tiltag igen forventes at blive nettoimportør af el i 2030. Nettoimporten af elektricitet vil i 2030 dog kun udgøre 3 pct. af det indenlandske elforbrug inkl. nettab. Resultatet er en konsekvens af en fortsat stigning i elforbruget samtidig med, at der ikke indgår nye større VE-projekter i slutningen af fremskrivningsperioden, som beskrevet i forudsætningsnotatet om havvind (Forudsætningsnotat 4E). Resultatet er dog forbundet med store usikkerheder og er især betinget af idriftsættelsestidspunkter for kommende havvindmølleparker, herunder energigøer, og store solcelleanlæg. Realisering af energigøerne vil kraftigt øge eksporten af VE-baseret elektricitet fra Danmark (jf. følsomhedsberegningen i afsnit 2.3) og vil dermed have en positiv klimaeffekt i det europæiske elsystem takket være fortrængningen af fossilbaseret elproduktion i udlandet. Dette illustreres nærmere i afsnit 3.4 i Global Afrapportering.

Forholdet mellem elforbruget og VE-udbygningen betinger også udviklingen i VE-andelen i elforbruget (RES-E). RES-E er en målestok for overskud/underskud af VE-baseret elproduktion i det danske elsystem ift. det danske elforbrug, og kan derfor overstige 100 pct. Fremskrivningen viser, at VE-andelen i elforbruget (RES-E) er støt stigende frem mod 2028, hvor den forventes at nå 100 pct., og faldende derefter. RES-E forventes at være 97 pct. i 2030 under fravær af nye tiltag.



Realiseringen af energier forventes at ændre dette billede markant (jf. følsomhedsberegningen i afsnit 2.3).

Når VE-andelen i KF21 er lavere ved slutningen af fremskrivningsperiode end i sidste års BF20, skyldes det dels, at der samlet set er en lidt mindre elproduktion fra solceller, havvind og landvind, dels at fremskrivningen peger mod et væsentligt større indenlandsk elforbrug. Den mindre havvindproduktion skyldes, at den tredje havvindmøllepark fra Energiaftale 2018 indgår i energierne ifm. Klimaaftalen for energi og industri, og derfor ikke regnes med i KF21. Den mindre produktion fra landvind skyldes en lille nedjustering af den forventede udbygning med ny kapacitet.

Fokus på fjernvarmeforsyningen

Produktionen af fjernvarme har også undergået store forandringer, primært væk fra fossile brændsler som kul og naturgas mod en større anvendelse af biomasse.

Omlægningen af rammevilkårene for investeringer i fjernvarmeproduktionskapacitet (Forudsætningsnotat 4A) kombineret med nedsættelsen af elvarmeafgiften (Forudsætningsnotat 2A) samt faldende elpriser resulterer i fremskrivningen i en stor udbygning med varmepumper. Den installerede varmekapacitet på varmepumper forventes at stige fra 110 MW i 2019 til knap 2.550 MW i 2030, og varmepumper forventes at dække godt en tredjedel af fjernvarmeforbruget i 2030 under fravær af nye tiltag. 2.550 MW varmekapacitet fra varmepumperne kræver en elkapacitet på ca. 700 MW, da varmepumper har en såkaldt "COP-faktor" (virkningsgrad) som kan variere mellem 300 pct. og 500 pct. afhængigt af varmekilden og anlægsstørrelsen (Energistyrelsen og Energinet, 2020).

2.2 Nøgletal og indikatorer for el- og fjernvarmesektoren

El- og fjernvarmesektorens udledninger af drivhusgasser afhænger af, hvor stor en del af produktionen, der er baseret på fossile brændsler. Herudover er det, i et lidt bredere perspektiv, interessant at følge om det er biomassefyrede termiske anlæg, vindkraft eller solceller, eller overskudsvarme, solvarme eller varmepumper, der overtager produktionen af el og fjernvarme. De nye forsyningskilder og teknologier, som erstatter den fossilbaserede produktion, har nemlig meget forskellige karakter, fx hvor store arealer de kræver eller hvor fleksible de er og dette giver dem forskellige styrker og svagheder i den samlede grønne omstilling af el- og fjernvarmesektoren.

På denne baggrund er der som indikatorer for udviklingen i el- og fjernvarmesektoren valgt at betragte udviklingen i fordelingen af hhv. elproduktion og fjernvarmeproduktion på disse produktionstyper.

I nedenstående Tabel 1 og Tabel 2 angives fordelingen i fire udvalgte nedslagsår, hvor 1994 er det første år, hvor data på denne form findes, hvor 2019 er det seneste statistiske år (Energistyrelsen, 2020), og 2030 er det sidste fremskrivningsår.

Tabel 1: Elproduktion i 1994, 2010, 2019 og 2030 fordelt på brændsler/typer.

Elproduktion fordelt på brændsler/typer	1994		2010		2019		2030	
	TWh	Pct.	TWh	Pct.	TWh	Pct.	TWh	Pct.
Fossile brændsler	38,2	95,3	25,7	66,1	5,4	18,3	0,1	0,2
Affald	0,5	1,2	1,7	4,4	1,8	6,1	1,0	1,9
Biomasse	0,3	0,7	3,7	9,5	5,2	17,6	3,8	7,3
Vindkraft	1,1	2,7	7,8	20,1	16,1	54,6	36,3	69,5
Solenergi	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,4	11,0	21,1
I alt	40,1	100	38,9	100	29,5	100	52,2	100

Som det fremgår af Tabel 1, er der sket en kraftig reduktion i andelen af elproduktion fra fossile brændsler siden 2010. Produktion, som primært er blevet erstattet af produktion fra vindkraft samt biomasse og sol.

Tabel 2: Fjernvarmeproduktion i 1994, 2010, 2019 og 2030 fordelt på brændsler/typer.

Fjernvarmeproduktion fordelt på brændsler/typer	1994		2010		2019		2030	
	PJ	Pct.	PJ	Pct.	PJ	Pct.	PJ	Pct.
Fossile brændsler	87,5	77,4	85,5	57,1	30,1	22,9	1,1	0,8
Affald	13,5	11,9	23,6	15,7	29,2	22,2	19,7	13,9
Biomasse	9,2	8,1	38,1	25,3	63,5	48,3	59,2	41,7
Overskudsvarme ²	2,8	2,5	2,5	1,7	4,3	3,3	5,3	3,7
Solvarme	0,0	0,0	0,1	0,1	2,3	1,8	3,8	2,7
Elkedler og varmepumper	0,1	0,1	1,2	0,1	2,0	1,5	53,0	37,3
I alt	113,1	100	150,3	100	131,4	100	142,1	100

En næsten tilsvarende reduktion i andelen der dækkes af fossilbaseret produktion kan, som det fremgår af Tabel 2, ses i fjernvarmeproduktionen, men her har biomasse spillet den vigtigste rolle efterfulgt af affald, overskudsvarme og sol. Frem mod 2030 forventes varmepumper at få en meget fremtrædende rolle i fjernvarmeproduktionen.

2.3 Udvalgte elementer i sektorens udvikling

Dette afsnit præsenterer uddybende oplysninger og forklaringer om udviklingen i el- og fjernvarmesektoren, herunder den forventede sammensætning af hhv. el- og fjernvarmeproduktion frem mod 2030.

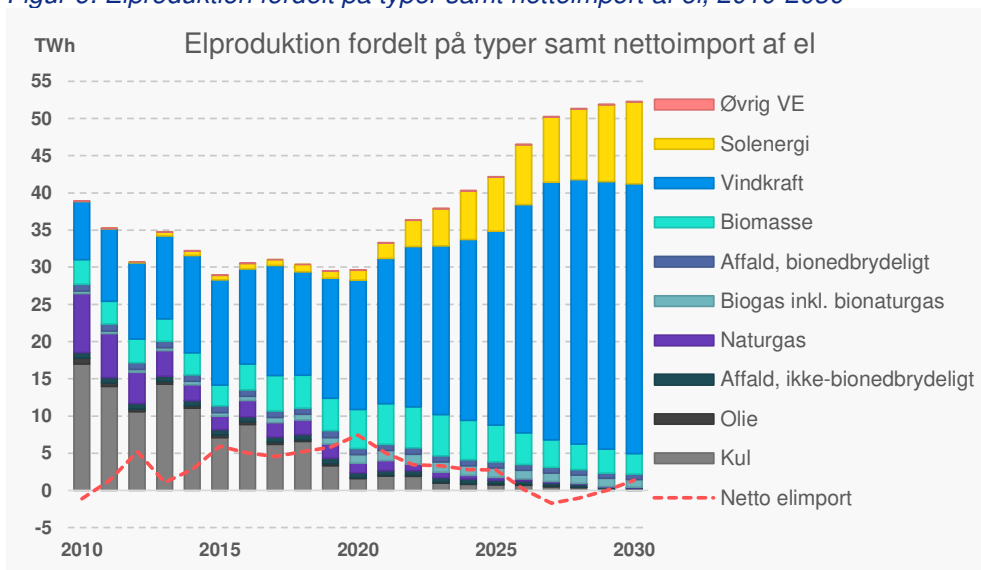
² Direkte udnyttelse af varme til fjernvarme fra fx industrielle processer.

Elsektorens rolle i den grønne omstilling

Fremskrivningen viser, at el- og fjernvarmesektoren kun bidrager marginalt til Danmarks drivhusgasudledning i 2030. Elproduktionen i Danmark vil i 2030 primært være baseret på sol- og vindenergi, mens den resterende termiske andel af elproduktion hovedsageligt vil være baseret på biomasse, som det fremgår af Figur 6.

I et klimaperspektiv forventes den danske elforsyning derfor at blive en del af løsningen i stedet for at være en del af problemet, idet VE-baseret strøm kan forsyne andre sektorer og dermed bidrage til nedbringelsen af deres respektive udledninger, via enten en direkte elektrificering af samfundet eller en indirekte elektrificering via fremstillingen af syntetiske grønne brændstoffer (Power-to-X). Forudsætningen herfor er dog, at det stigende elforbrug ledsages af en fortsat VE-udbygning.

Figur 6: Elproduktion fordelt på typer samt nettoimport af el, 2010-2030



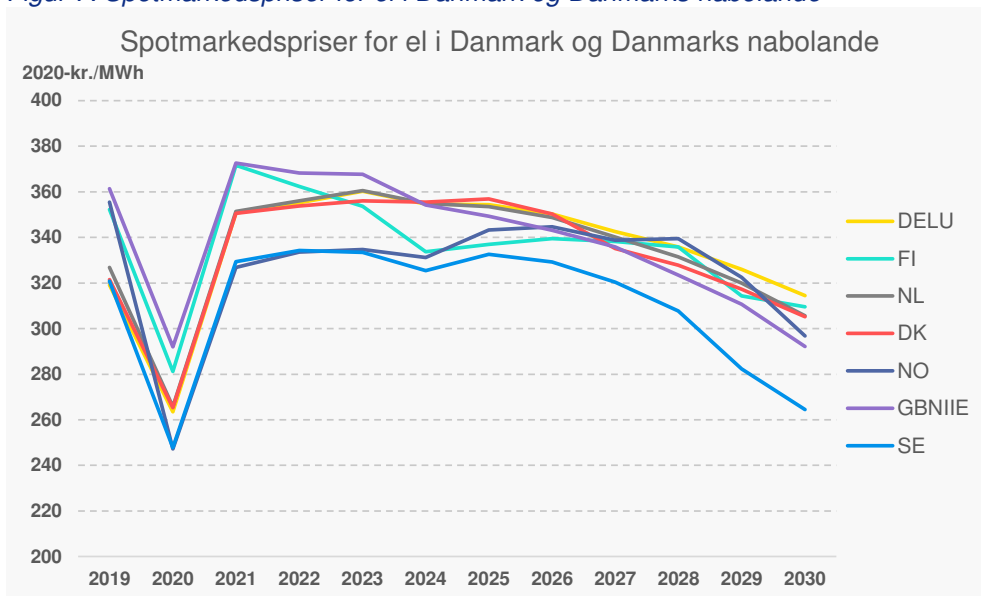
I KF21's centrale forløb, hvor energijørerne ikke medregnes, indgår der ikke nye større VE-projekter ved slutningen af fremskrivningsperioden. Kombineret med et fortsat stigende elforbrug, betyder dette, at det indenlandske elforbrug forventes at overstige den indenlandske elproduktion, og at Danmark derfor forventes at blive nettoimportør af el i 2030 under fravær af nye tiltag. Som beskrevet tidligere, er dette resultat især betinget af, hvornår de kommende havvindmølleparker forventes idriftsat. Dertil indgår usikkerheder om udviklingen i det indenlandske elforbrug, herunder udviklingen i elforbruget fra store datacentre.



Udviklingen i elprisen

Danmark er en del af et fælles europæiske elsystem og udveksler elektricitet med de lande, Danmark er forbundet med via udlandsforbindelser. Sammensætningen af elproduktionskapacitet i Danmarks nabolande forventes at udvikle sig mod en større udbygning med VE-produktionskapacitet og udfasningen af konventionelle produktionsenheder (Forudsætningsnotat 3C). Samtidig er forventningen, at det europæiske net udvides med flere og stærkere elforbindelser mellem landene (Forudsætningsnotat 3C). Denne udvikling forventes at resultere i svagt faldende elpriser og en reduceret forskel i elprisen mellem de fleste markedsområder som Danmark er forbundet til, jf. Figur 7 nedenfor³.

Figur 7: Spotmarkedspriser for el i Danmark og Danmarks nabolande



Note: Priser i alle år er modelresultater. I forbindelse med Energistyrelsens anvendelse af elprisresultater anvendes statistiske priser og forward priser for 2019-2022. DELU: Tyskland-Luxembourg, FI: Finland, GBNIIE: Storbritannien, NL: Holland, NO: Norge, SE: Sverige.

Sammensætningen af fjernvarmeproduktionen

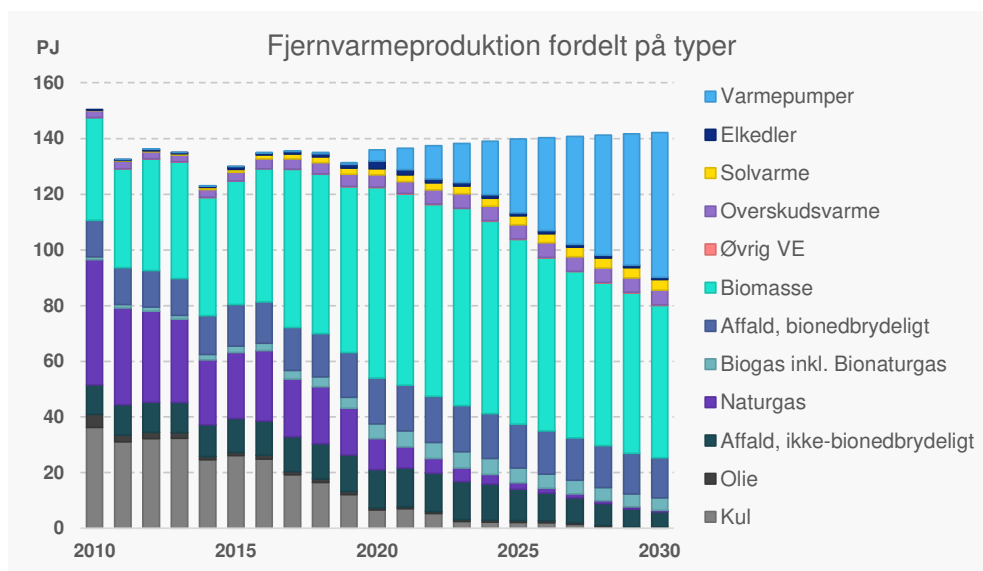
Faldende elpriser har bl.a. betydning for den fremtidige udviklingen i den danske fjernvarmesektor. Fordelingen af fjernvarmeproduktion i perioden 2010 – 2030 kan ses i Figur 8. Lavere elpriser forventes at gøre investeringer i store varmepumper mere rentable, og varmepumper forventes at dække mere end en tredjedel af

³ Elprisudviklingen i Figur 7 er forbundet med stor usikkerhed og er især betinget af det anvendte scenarie for kapacitetsudvikling i udlandet. Hvordan fremtidige elpriser påvirkes af alternative udlandsscenarier er ikke undersøgt nærmere i KF21, men vil blive analyseret i løbet af 2021. Elprisen er i øvrigt følsom ift. ændringer i prisen på energiinput, herunder CO₂-kvoteprisen.

fjernvarmeproduktionen i 2030 under fravær af nye tiltag. Samtidig betyder lavere elpriser en forringelse af driftsøkonomien for kraftvarmeverker, hvilket i fremskrivningen resulterer i en gradvis udfasning af kraftvarmekapacitet, især den naturgasbaserede.

Udviklingen i sammensætning af fjernvarmeproduktion er bl.a. betinget af den nyligt implementerede omlægning af rammevilkårene for investeringer i fjernvarmeproduktionskapacitet, hvilket giver fjernvarmeproducenter et mere frit valg, når der tages beslutninger om nye investeringer (Forudsætningsnotat 4A).

Figur 8: Fjernvarmeproduktion fordelt på typer, 2010-2030.



Biomasse har de sidste ti år spillet en stigende rolle i fjernvarmeproduktionen. I centrale kraftvarmeområder har ny kraftvarmekapacitet på biomasse erstattet kulbaseret fjernvarmeproduktion, og i de mindre fjernvarmeområder har nye biomassebaserede varmeverker delvist fortrængt naturgasforbruget. Fjernvarmeproduktion fra biomasse var 45 pct. af den samlede produktion i 2019 og den forventes at nå sit højeste i 2023. Biomasseandelen i fjernvarmen forventes derefter at falde til under 40 pct. i 2030, hvilket især skyldes større produktion fra varmepumper. Betydningen af biomasseforbruget til el- og fjernvarmeproduktion for sektorens udledninger præsenteres i bilaget til dette notat.

3. Kvalificering af KF21 forløbet

3.1 Usikkerhed

Fremskrivningen af el- og fjernvarmesektoren er forbundet med store usikkerheder. De væsentlige kilder til denne usikkerhed er:

- Udvikling i brændselspriser og CO₂-kvotepris



- Elforbrugsudvikling, herunder især elforbrug til datacentre
- Indenlandsk udbygning med havvind, landvind og solceller
- Udvikling i sammensætningen af elproduktionskapaciteter i udlandet

Dertil kommer usikkerheder om fremtidige investeringer i fjernvarmeproduktionskapaciteter, herunder store varmepumpers prisudvikling og indflydelse fra lokale forhold på investeringsbeslutninger.

Der henvises til de respektive forudsætningsnotater (3A. Brændselspriser, 3B. CO₂-kvotepris, 3C. Elproduktionskapaciteter i udlandet og interkonnektorer, 4A. Produktionskapaciteter i fjernvarmesektoren, 4B. Havvind, 4C. Landvind, 4D. Solceller) for en mere detaljeret beskrivelse af de specifikke usikkerheder.

3.2 Følsomheder

I dette afsnit præsenteres resultaterne fra fire partielle følsomhedsanalyser, der forsøger at afdække usikkerhederne forbundne med den teknologiske udvikling i el- og fjernvarmesektoren, adfærdsændringer og eksterne faktorer. Med "partiel" menes, at der foretages en ændring i forhold til KF21 grundforløb "alt andet lige" uden at medregne afledte effekter i det samlede system, og at resultaterne fra følsomhederne ikke umiddelbart kan aggregeres.

Alternativt forløb med energier

Som beskrevet i forudsætningsnotatet om havvind (Forudsætningsnotat 4B), indgår energierne ikke i KF21 grundforløbet. De system- og klimamæssige konsekvenser af idriftsættelsen af energierne for den danske el- og fjernvarmesektor søges derfor her belyst med en partiel alternativberegning, hvor de to energier antages realiserede og nettilsluttede per 1. januar 2030. Alternativberegningen ser alene på effekterne af energierne på det danske forsyningssystem og antager dermed, at det indenlandske elforbrug holdes uændret i beregningsperioden (frem til og med 2030).

Energien i Nordsøen forventes at have en elkapacitet på 3 GW, mens energien ved Bornholm forventes at have en elkapacitet på 2 GW. Det antages, at energien i Nordsøen forbindes med Vestdanmark og Holland, og at energien ved Bornholm forbindes med Østdanmark og Tyskland. Øernes kapacitet fordeles ligeligt mellem Danmark og udlandet⁴.

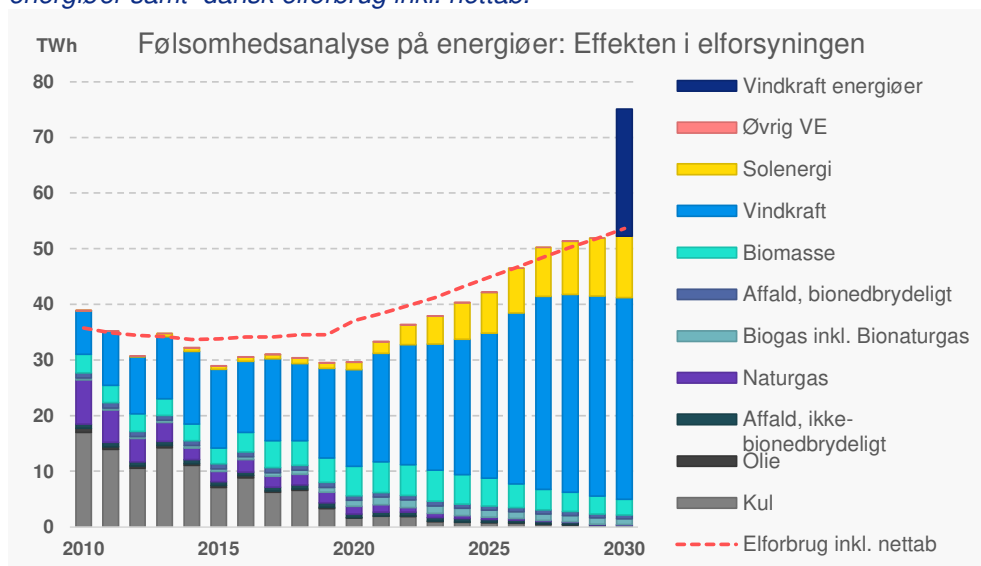
På nuværende tidspunkt er det ikke klarlagt, til hvilke lande øerne skal forbindes. Alternativberegningen vedrørende energier tilstræber blot at beskrive de system- og klimamæssige konsekvenser af energierne i en dansk kontekst, hvilket ikke

⁴ Forbindelsen mellem Vestdanmark og energien i Nordsø har således en kapacitet på 1.5 GW, og forbindelsen mellem Østdanmark og energien i Østersøen har en kapacitet på 1 GW.

vurderes at variere nævneværdigt ved en ændring i de lande, øerne forbindes til, så længe produktionskapaciteten og kapaciteten på eltransmissionsforbindelserne holdes konstant.

Under antagelsen af, at det danske elforbrug holdes konstant som i KF21 grundforløbet, forventes energioerne at gøre Danmark til nettoeksportør af el i 2030. Modelberegningen viser, at netto elekporten i 2030 øges til 20,5 TWh, hvilket svarer til knap 40 pct. af det danske elforbrug inkl. nettab.

Figur 9: Følsomhedsanalyse på energioer: Elproduktion fordelt på typer inkl. energioer samt dansk elforbrug inkl. nettab.



Note: På forsyningsiden adskiller 2030 sig fra KF21 grundforløbet pga. idriftsættelsen af energioerne per 1. januar 2030. Det indenlandske elforbrug er derimod uændret i.f.t. grundforløbet.

Eksporten af den vindbaserede elektricitet fra energioerne forventes at påvirke det europæiske elmarked. Den danske gennemsnitlige elpris forventes således at falde med ca. 25 2020-kr./MWh i 2030 ift. KF21, mens det gennemsnitlige fald på tværs af alle modelberegnete markedszoner er ca. 7,5 2020-kr./MWh.

Alternativberegningen med energioerne indebærer en betydelig stigning i VE-andelen i elforbruget (RES-E) til 122 pct., hvilket er en forøgelse på 26 procentpoint sammenlignet med KF21 i 2030. En VE-andel i elforbruget som er højere end 100 pct. betyder, at Danmark med energioer forventes at have et stort overskud af grøn elektricitet, som kan udnyttes for at nedbringe drivhusgasudledningen fra andre sektorer gennem direkte eller indirekte elektrificering. Beregningen af energioerne inkluderer ikke disse mulige afledte CO₂-fortrængningseffekter, som dog kan være



betydelige, men som også må forventes overvejende at indfindes i perioden efter øernes realisering (dvs. efter 2030).

Alternativberegningen viser også, at energierne isoleret set ikke har stor betydning for den danske drivhusgasudledning. Hvis energierne idriftsættes primo 2030 forventes el- og fjernvarmesektorens udledning at blive reduceret med 0,03 mio. ton CO_{2e} i 2030 i forhold til KF21. Årsagen til den lille effekt på udledningen er den i forvejen høje andel af VE-baseret elektricitet i Danmark, som har fortrængt størstedelen af den fossile elproduktion. Energierne vil dog have en større klimaeffekt i det europæiske elsystem, eftersom den danske eleksport fortrænger fossilbaseret elproduktion i udlandet. Dette illustreres nærmere i afsnit 3.4 i Global Afrapportering.

Nordjyllandsværkets lukningstidspunkt

I KF21 forudsættes det, at driften og dermed kulforbruget på Nordjyllandsværket ophører ved udgangen af 2028 (Forudsætningsnotat 4A). Værkets varmekapacitet erstattes i KF21 grundforløb af et miks af alternative varmekilder, hvor størstedelen af fjernvarmeproduktion forventes at komme fra store varmepumper.

Da der ikke foreligger en endelig beslutning om, hvordan værkets varmekapacitet skal erstattes, regnes der illustrativt på tre alternative forløb, hvor lukningstidspunktet og planlægningsstatus på varmeforsyningen i Aalborgs fjernvarmeområde varierer alt andet lige i KF21 grundforløbet.

- I det første forløb antages det, at værkets lukning fremrykkes til udgangen af 2024. Idriftsættelsen af de fjernvarmeprojekter, der skal erstatte Nordjyllandsværkets varmekapacitet, fremrykkes på samme måde. Det bemærkes, at dette forløb kan være vanskeligt at realisere i fuldt omfang allerede i 2024.
- I det andet forløb antages det, at værkets lukning udskydes til ultimo 2030, dvs. med to år ift. KF21 grundforløb. Idriftsættelsen af de fjernvarmeprojekter, der løbende etableres i forbindelse med Nordjyllandsværkets lukning, udskydes på samme måde med to år ift. KF21 grundforløb. Dette vil kunne indebære et behov for reinvestering i værket.
- I det tredje og mere ekstreme forløb antages det, at Nordjyllandsværket fortsat er i drift i hele 2030 og at der ikke igangsættes forberedelser rettet mod værkets lukning. Dette betyder, at der ikke etableres nye fjernvarmeprojekter til erstatning for Nordjyllandsværkets fjernvarmeproduktion i Aalborgs fjernvarmeområde frem mod 2030 og at varmebehovet dækkes udelukkende med den eksisterende fjernvarmeproduktionskapacitet. Dette vil kunne indebære et behov for reinvestering i værket.



Følsomhedsberegningen viser, at det første forløb medfører en reduktion på 0,7 mio. ton CO_{2e} i 2025 ift. KF21 grundforløbet. Det andet forløb vil derimod betyde en stigning i udledningen i 2030 på 0,3 mio. ton CO_{2e} ift. KF21 grundforløbet. Endelig vil det tredje forløb resultere i en stigning i udledningen på 0,6 mio. ton CO_{2e} i 2030 ift. KF21 grundforløbet.

Vejrudsving

Historisk har den danske elproduktion svinget kraftigt afhængigt af forholdene på det nordiske elmarked. Populært sagt udgjorde de danske fossilyrede kondensværker en "energireserve", som blev aktiveret i år med svigtende nedbør og dermed mindre vandkraftproduktion. Med udfasningen af de kulfyrede værker er dette fortid, men til gengæld betyder varierende vindforhold, at vindkraftproduktionen kan variere betydeligt fra år til år, typisk +/- 15 pct.

Klimafremskrivningen er baseret på normale år, dvs. at fremskrivningen ikke tager højde for svingende vindforhold og nedbør i fremtiden. For at illustrere betydning af varierende vejrforhold for el- og fjernvarmesektorens udledning er der lavet to følsomhedsberegninger. I den ene antages det, at vejrforhold er gunstige for elproduktion fra både vind (+15 pct. ift. KF21) og vandkraftværker (+10 pct. ift. KF21), mens der i den anden følsomhedsberegning antages en samtidig reduktion af elproduktion på vind (-15 pct. ift. KF21) og på vandkraftværker (-15 pct. ift. KF21)⁵. Størrelsesordenen på ændringen er bestemt ud fra statistiske data for Danmark og de øvrige nordiske lande.

Følsomhedsberegningen viser, at udsving i nedbør og vind kan betyde et maksmalt udsving i sektorens udledning i størrelsesordenen +/- 0,1 mio. ton CO_{2e} i 2030. Sektorens udledning forventes derfor at blive mindre påvirkelige af vejrmæssige udsving i takt med omstillingen til VE. Til sammenligning har vejrudsving i de historiske år betydet et udsving på +/- 5 mio. ton CO_{2e}. Vejrudsving vil dog stadig have en stor betydning for andre aspekter af energisystemet, herunder import/eksport af el, elpriser på spotmarkedet og anvendelse af biomasse.

3.3 Planlagt udvikling fremadrettet

Der henvises til forudsætningsmaterialet for den metodemæssige udvikling, der planlægges for de fremtidige Klimastatus og –fremskrivninger.

⁵ Sandsynligheden for sammenfaldet af et vådår med gode vindforhold og af tørår med dårlige vindforhold er ikke undersøgt. Sammenfaldet er antaget for at måle de mest ekstreme variationer i el- og fjernvarmesystemet.



4. Kilder

Energistyrelsen. (2020). *Data, tabeller, statistikker og kort. Energistatistik 2019*. Hentet fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energistatistik2019_dk-webtilg.pdf

Energistyrelsen og Energinet. (2020). *Technology Data. Generation of Electricity and District heating*. Hentet fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_catalogue_for_el_and_dh.pdf

KEFM. (2018). *Energiaftale 2018*. Hentet fra <https://kefm.dk/media/6646/energiaftale2018.pdf>

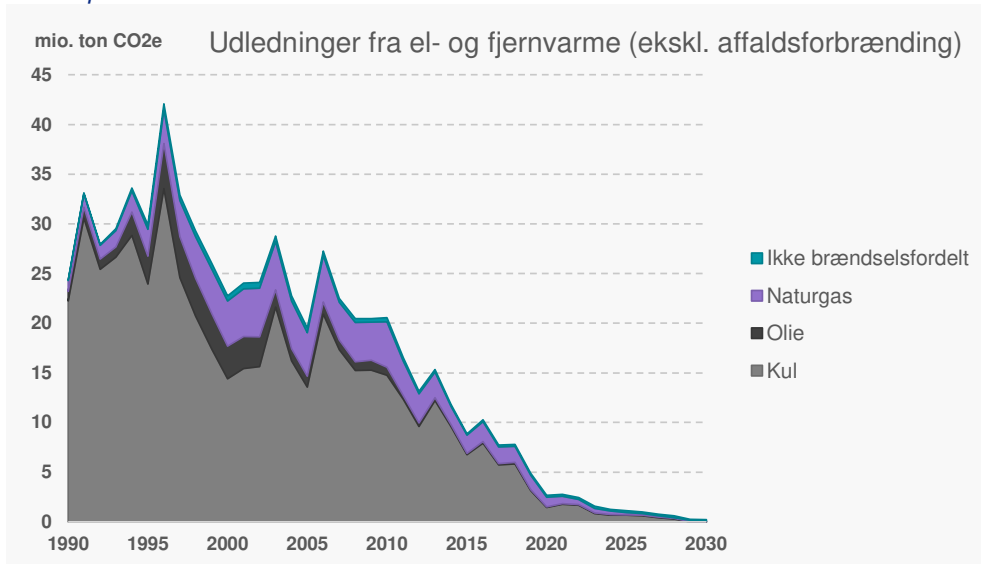
Regering (Socialdemokratiet) og Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Liberal Alliance og Alternativet. (2021). *Tillæg til klimaaftale om energi og industri af 22. juni vedr. Ejerskab og konstruktion af energiløser mv*. Hentet fra <https://kefm.dk/Media/5/E/Aftaletekst%20-%20Energi%C3%B8er%20-%20Ejerskab%20og%20konstruktion%20af%20energi%C3%B8er%20mv.pdf>

5. Bilag

5.1 Sektorens udledning fordelt på brændsler

Sektorens drivhusgasudledning har historisk været drevet af kulforbruget til el- og fjernvarmeproduktion, som det fremgår af Figur 10. Udviklingen frem mod 2030 er især betinget af udfasningen af kulfyret kraftvarme på centrale værker samt en gradvis men vedvarende fortrængning af naturgasforbruget siden 2010.

Figur 10: Udledninger fra el- og fjernvarmesektoren (ekskl. affaldsforbrænding) fordelt på brændsler.



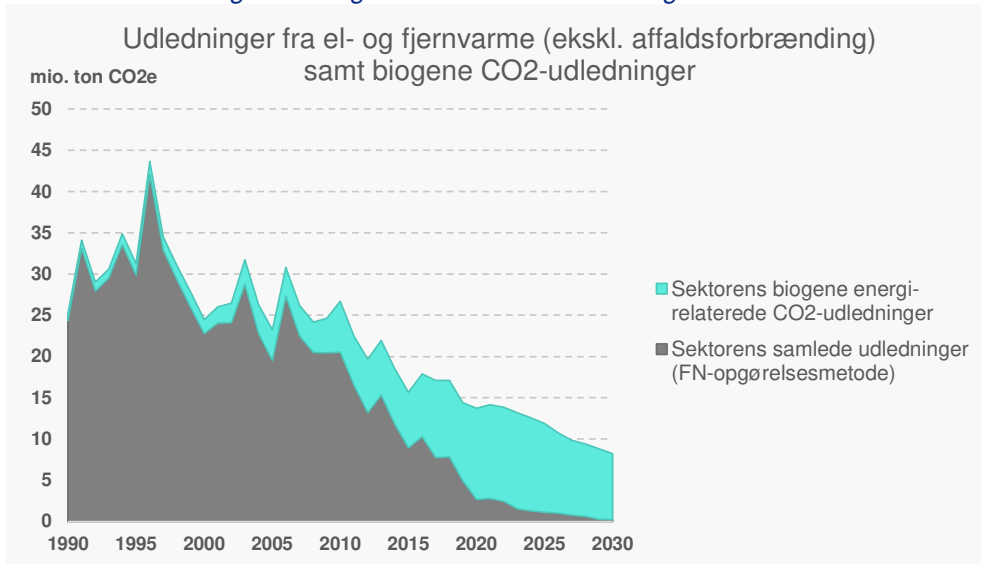
5.2 Biogene udledninger i el- og fjernvarmesektoren

Opgørelsen af sektorernes udledninger i KF21 følger FN's opgørelsesregler, da udledningsopgørelsen i.f.t. 70 pct. målsætningen ifølge klimaloven skal følge disse. CO₂-udledning fra forbruget af biomasse er derfor defineret som drivhusgasneutralt, der hvor det forbruges, og optræder derfor heller ikke i udledningsopgørelsen (jf. KF21 forudsætningsnotat 2B). Ifølge FN-reglerne skal CO₂-udledningerne fra forbruget af biomasse dog opgøres og indberettes under et såkaldt "memo item". Derfor vises i dette bilag de biogene energirelaterede CO₂-udledninger, der er forbundet med sektorens forbrænding af biomasse. CO₂-udledningerne fra forbrug af bioethanol og biodiesel indgår dog ikke i opgørelsen her.

Figur 1 først i notatet illustrerer udvikling i el- og fjernvarmesektorens udledninger opgjort efter FN's rapporteringsmetode. For at vise omfanget af biogene udledninger fra el- og fjernvarmesektoren er denne nedenfor gengivet sammen med en ny kurve, der viser sektorens udledninger inkl. de biogene CO₂-udledninger.

Hvis den biogene del af sektorens udledningerne medtages, forventes el- og fjernvarmesektoren således at udlede 8,2 mio. ton CO₂e i 2030, hvilket svarer til en reduktion på 67 pct. i forhold til 1990-niveau. I 2030 forventes den biogene udledning at udgøre 99 pct. af el- og fjernvarmesektorens samlede udledning, og den forventes primært at komme fra biomasseafbrænding til fjernvarmeproduktion (herunder særligt træbiomasse).

Figur 11: Udledninger fra el- og fjernvarmesektoren (ekskl. affaldsforbrænding) samt sektorens biogene energirelaterede CO₂-udledninger.



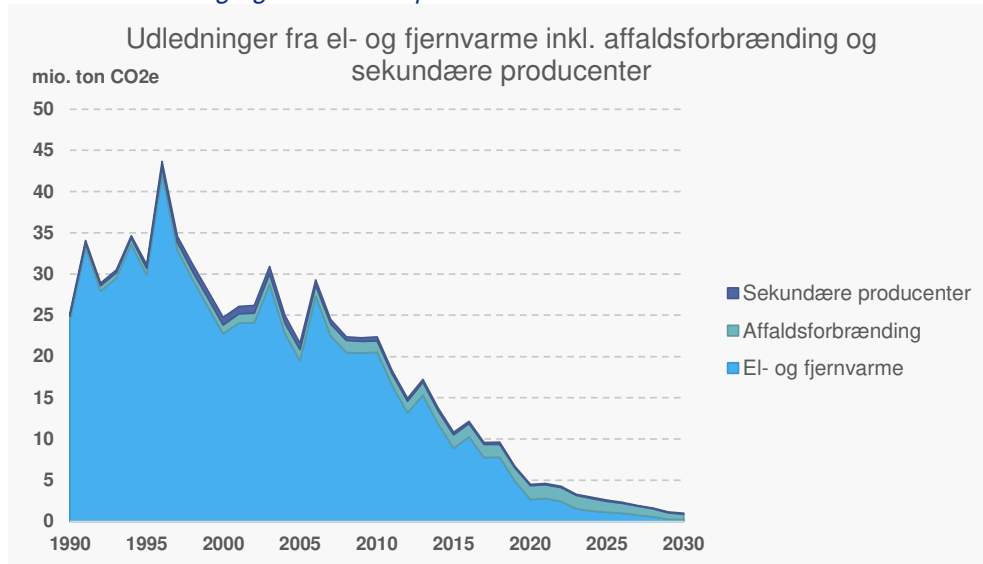
5.3 Udledning fra affaldsforbrænding og sekundære producenter til el- og fjernvarmeproduktion

I KF21 indgår affaldsforbrænding ikke i el- og fjernvarmesektorens opgørelse af drivhusgasudledning. Affaldsforbrænding spiller imidlertid en vigtig rolle i sektoren, især hvad angår fjernvarmeproduktion, som det fremgår af Tabel 2 og Figur 8. Af denne grund er affaldsforbruget medtaget i opgørelsen af el- og fjernvarmesektorens energiforbrug (Figur 4).

Derudover er der en række sekundære producenter, der også bidrager til el- og fjernvarmeproduktion. Sekundære producenter er producenter, hvor hovedprodukt ikke er energi. Energiforbruget og tilhørende drivhusgasudledning fra sekundære producenter opgøres i KF21 under de sektorer, producenterne hører til.

For fuldstændigheds skyld viser Figur 12 drivhusgasudledningen fra el- og fjernvarmeproduktion inkl. bidrag fra affaldsforbrænding og sekundære producenter.

Figur 12: Udledninger i el- og fjernvarmesektoren samt udledninger fra affaldsforbrænding og sekundære producenter.



Udledningen fra affaldsforbrænding forventes at være 0,65 mio. ton CO_{2e} i 2030. El- og fjernvarmeproduktion fra sekundære producenter forventes at udlede 0,1 mio. ton CO_{2e} i 2030. Den samlede udledning tilknyttet til el- og fjernvarmeproduktion forventes således at være 1 mio. ton i 2030.