



## Danmarks globale klimapåvirkning - Global afrapportering (GA23): Eludveksling

Dato  
27-04-2023

Baggrundsnotat nr. 9

### Indholdsfortegnelse

1. Rammesætning.....	2
2. Hovedresultater.....	4
2.1 Dansk eludveksling og beregningstekniske emissioner i udlandet.....	5
2.2 Import og eksport af el fra og til udlandet.....	8
2.3 Effekten ved en yderligere elimport eller –eksport i Danmark.....	8
3. Metode og antagelser.....	9
3.1 Metodebeskrivelse – historiske år.....	14
3.2 Metodebeskrivelse – fremskrivningsår.....	15
3.3 Værktøjer/modeller.....	16
3.4 Overordnede forudsætninger og afgrænsninger:.....	16
3.5 Primære datakilder.....	17
3.6 Overlap med andre dele af GA23.....	18
4. Resultater og analyse.....	19
4.1 Dansk eludveksling og beregningstekniske emissioner.....	19
4.2 Elimport og -eksport i Danmark – samspil med udlandet.....	23
4.3 Effekten ved yderligere dansk eleksport fra vedvarende energi.....	29
4.4 Energiøer.....	31
4.5 Sammenligning af resultater med sidste års globale afrapportering.....	32
5. Kvalificering.....	33
5.1 Usikkerhed.....	33
5.2 Følsomhedsanalyser.....	35
5.3 Perspektivering.....	36
6. Kilder.....	36
7. Bilag.....	38

**Energistyrelsen**

Carsten Niebuhrs Gade 43  
1577 København V

T: +45 3392 6700

E: ens@ens.dk

www.ens.dk



## 1. Rammesætning

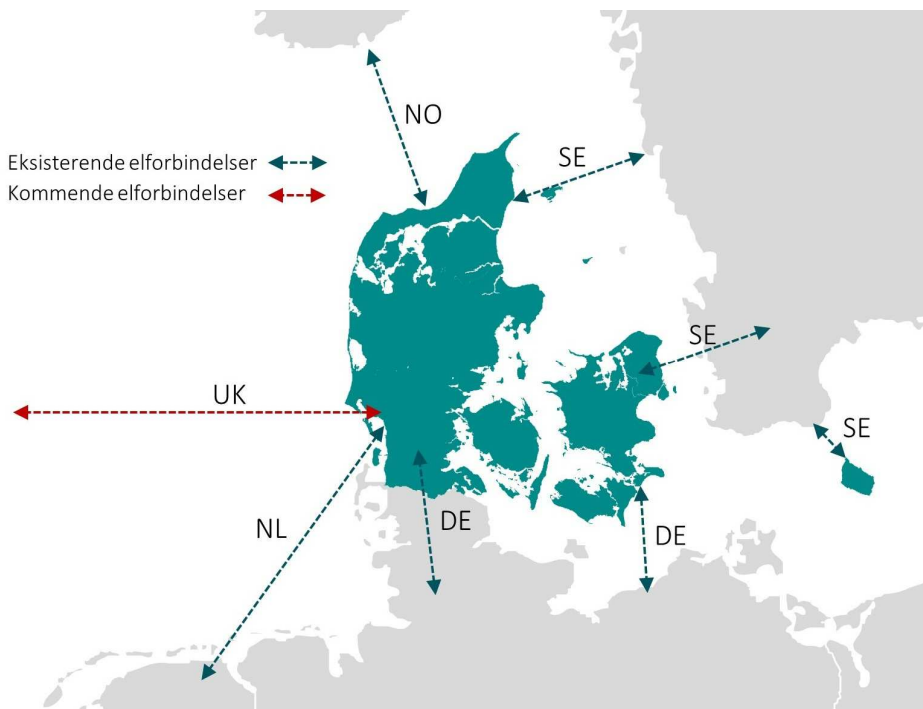
Den globale afrapportering skal – ifølge klimaloven – synliggøre Danmarks globale påvirkning af klimaet både positivt og negativt (KEFM, 2020a).

Danmarks globale klimapåvirkning - Global afrapportering (GA23) fokuserer på de emissioner, der ikke knytter sig til det nationale drivhusgasudledningsregnskab for Danmark, men som alligevel påvirkes af danske aktiviteter, herunder forbrug og produktion<sup>1</sup>. Af bemærkningerne til klimaloven fremgår det, at den globale afrapportering skal belyse de globale effekter af eleksport fra VE. Dette notat omhandler de udenlandske emissioner, der knytter sig til dansk elimport og -eksport.

### *Danmarks eludveksling påvirker de globale udledninger fra elproduktion*

El er en vare, der af natur kræver, at produktion og forbrug til enhver tid er i balance. Denne balance opnås på tværs af landegrænser via elsystemet. Når der i Danmark ikke er balance mellem elproduktion og –forbrug, bruges elsystemet således til at sikre balancen ved at transportere el på tværs af landegrænser. Danmark har stærke elforbindelser til udlandet (se figur 1), som anvendes til elimport og –eksport, hvilket er afgørende for at sikre balancen mellem forsyning og forbrug – både i Danmark og udlandet.

**Figur 1:** I dag har Danmark direkte elforbindelser til Tyskland (DE), Nederlandene (NL), Norge (NO) og Sverige (SE). Derudover forventes "Viking link", som vil skabe elforbindelse til Storbritannien (UK), at være i drift fra og med 2024 (striplet rød linje).



<sup>1</sup> Emissioner, der knytter sig til det nationale drivhusgasudledningsregnskab for Danmark opgøres hvert år i Danmarks klimastatus og –fremskrivning: ENS (2022)

**Kilde:** Energistyrelsen

Ses der på national elforsyning, kan elimport til at dække et indenlandsk elforbrug reducere det respektive lands territoriale udledninger, fordi produktionen sker i et andet land. Den omvendte situation gør sig gældende ved eleksport. Når Danmark eksporterer el fra fx havvindmøller, kan det reducere elproduktionen på kulkraft i Tyskland, hvilket vil reducere udledningerne i Tyskland.

#### *Notatet omhandler effekten på både danske og udenlandske udledninger*

Udledninger fra dansk elproduktion er afrapporteret i Danmarks Klimastatus og – fremskrivning (KF). Dette baggrundsnotat til GA23 forholder sig til udledninger knyttet til eludveksling mellem Danmark og udlandet. Udledninger på dansk jord ifm. dansk eleksport indgår således som i et balanceregnskab mellem import og eksport.

#### *Energiøen i Nordsøen indgår ikke*

I *Klimaaftale for energi og industri* (KEFM, 2020b) indgår etablering af bl.a. to energiøer, hhv. Energiø Nordsøen og Energiø Bornholm med en samlet elkapacitet på 6 GW i første fase. Energiøen i Nordsøen anses på nuværende tidspunkt stadig for at være i planlægningsfasen, og der foreligger ikke endelig aftale omkring etablering, hvorfor energiøen ikke medregnes i grundforløbet i KF23 (ENS, 2022a) og dermed ikke i nærværende notat. Energiø Bornholm indgår i dette års grundforløb i KF23, og derfor også i GA23. Ligeledes indgår aftalen om *Udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer* (KEFM, 2022).

#### *Notatet baserer sig på to forskellige metoder*

*Balancemetoden* opgør den samlede udledning knyttet til eludveksling mellem lande. Balancemetoden er en beregningsteknisk metode til at afrapportere udledninger knyttet til eludveksling mellem Danmark og udlandet baseret på de gennemsnitlige udledninger i det enkelte lands elproduktion. I GA23 er metoden revideret i forhold til GA22, idet der ikke længere kun tages udgangspunkt i den udenlandske elproduktion. Der tages også højde for det danske elproduktionsmiks, når der eksporteres el. Dertil angiver GA23 som noget nyt to nøgletal: 1. VE-andelen i dansk eleksport. 2. Reduktion i udlandet knyttet til dansk eleksport.

*Marginalmetoden* opgør effekten af en fremtidig ændring i dansk elhandel på udlandets udledninger. Metoden giver ikke en samlet effekt af dansk eludveksling, men ser på effekten af en ændring (fx en mindre forøgelse af dansk elproduktion).

Notatet dækker over status for historiske år, men anvender i tillæg fremskrivningen af elproduktion og –forbrug i KF23, som en indikation på den fremtidige påvirkning af udlandets udledninger knyttet til dansk eludveksling. Notatet gennemgår først analysens hovedresultater, hvorefter der redegøres for metoden. Herefter udfoldes resultater og analyser inden usikkerheder og perspektivering dækkes under afsnittet om kvalificering.

Baggrundsnotatet er udarbejdet af Energistyrelsen.

## 2. Hovedresultater

I dette afsnit vil de væsentlige hovedpointer fra afsnit 4. *Analyse og resultater* blive fremhævet.

- Opgøres den danske nettoimport af el time for time, har den samlet udledt mellem 0,5 og 0,8 mio. ton CO<sub>2</sub>e årligt i udlandet for at dække dansk elforbrug i perioden 2019-2021.
- I 2019-2021 har Danmark haft mere elimport end eleksport, og denne nettoimport har svaret til mellem 14 og 22 pct. af det indenlandske elforbrug<sup>2</sup>.
- Fremskrivningen viser, at dansk eleksport stiger i løbet af indeværende årti, at Danmark bliver nettoeksportør, og at VE-andelen i eksporten stiger og nærmer sig 100 pct.
- Fremskrivningen indikerer også, at hvis der ses isoleret på udlandets territoriale udledninger, så er dansk elhandel en gevinst, da udlandet både modtager meget el og da den el udlandet eksporterer til Danmark er mere grøn end det elmiks udlandet har, når udlandet importerer fra Danmark.
- Danmark har de sidste 3 år hovedsageligt importeret el fra Norge og Sverige og på tidspunkter, hvor deres el hovedsageligt er produceret af vandkraft – på sigt vil import fra Storbritannien få en stigende rolle og det gælder også vindkraft fra alle Danmarks elhandelspartnere.
- Danmark eksporterede i 2021 hovedsageligt el til Tyskland og Nederlandene og på tidspunkter, hvor dansk elproduktion havde en høj andel af vindkraft.
- Hvis Danmark øger sin eleksport set i forhold til KF23, så estimeres det – alt andet lige – at medføre reduktion i udlandets emissioner, idet udlandet, herunder særligt Tyskland, i fremskrivningen forsat gør brug af gas til elproduktion.
- Modsat vil en øget dansk elimport medføre yderligere emissioner i udlandet pga. merproduktion til at dække dansk elforbrug. Udlandets gennemsnitlige emissionsfaktor falder dog kraftigt de næste 10 år fordi elproduktionen bliver stadig mere grøn.

I de efterfølgende afsnit præsenteres hovedresultaterne nærmere.

- Afrapportering af historiske år (2019-2021) skal ses som en beregningsteknisk gennemsnitsbetragtning for, hvordan dansk eludveksling har påvirket udledninger såvel i Danmark som i udlandet.
- Afrapporteringen for den fremskrevne periode efter 2021 skal anses som et pejlemærke for udviklingen i dansk eludveksling. Det skyldes, at resultaterne

---

<sup>2</sup> Indenlandsk elforbrug opgjort jf. Energistatistik 2021 (ENS, 2020)

er baseret på modelsimulationer frem til 2035 med samme forudsætninger som i KF23.

## 2.1 Dansk eludveksling og beregningstekniske emissioner i udlandet

### *Hovedresultater for de tre historiske år 2019-2021*

I 2021 har det danske elsystem, for at dække det danske elforbrug, importeret mere el, end der er eksporteret. Det kan med udgangspunkt i udlandets og Danmarks gennemsnitlige emissioner ved hhv. import til og eksport fra Danmark beregningsteknisk siges at have medvirket til emissioner svarende til ca. 0,6 mio. ton CO<sub>2e</sub> per år i gennemsnit i perioden 2019-2021, jf. tabel 1.

Nettoelimporten, dvs. årets elimport fratrukket eleksporten, er på ca. 5 TWh i 2021, hvilket svarer til ca. 14 pct. af det indenlandske elforbrug. Da eludvekslingen kan svinge meget i enkeltår, er det relevant at se på flere historiske år. Ses der på nettoelimporten for 2019-2021, har Danmarks nettoelimport dækket mellem 14-22 pct. af det indenlandske elforbrug i de tre år.

Det skal bemærkes, at 2020 var et særligt år, da der var tale om overskud i vandreservoarerne pga. en mild vinter og store mængder sne i vinteren 2019/20<sup>3</sup>, hvilket har givet anledning til øget elproduktion på vandkraft i Norge og Sverige, som bl.a. har medført højere dansk elimport. Derudover påvirkede Corona-pandemien adfærdsmønstrene, som havde afledte effekter på energimarkedet, hvilket også har haft en indflydelse på eludvekslingen i hele Europa. 2021 var et år med mere normalt klima og adfærd, og import og eksport er tilbage på niveau med 2019.

Tabel 1 afrapporterer nøgletal for emissioner knyttet til dansk eludveksling og VE-andele i eksporten. Tabellen omfatter også elimport og –eksport (TWh) og Danmarks og udlandets gennemsnitlige emissionsfaktorer (g CO<sub>2e</sub>/kWh), der danner baggrunden for nøgletallet. Danmarks og udlandets gennemsnitlige emissionsfaktorer opgøres for de timer, hvor Danmark enten eksporterer til eller importerer fra udlandet. Eleksport giver udledninger i Danmark, og elimport giver udledninger i udlandet. De positive nettoudledninger i tabellen betyder, at der er udledt udledninger i udlandet til at dække dansk elforbrug, selv når udledninger fra dansk eleksport fratrækkes. Afsnit 4.1 uddyber tallene yderligere.

**Tabel 1:** Elimport og eleksport i Danmark samt estimeret effekt på de udenlandske og danske emissioner for historiske år

Nøgletal	Type	2019	2020	2021
Nettoimport	Import af el	6,3	8,4	6,75
	Eksport af el	1,9	1,3	2,0

<sup>3</sup> 2020 er at betegne som et såkaldt vådår. Et vådår er et år med 10 pct. mere nedbør end normalt.



TWh (ekskl. transitflow)	Nettoimport	4,4	7,2	4,7
Gennemsnitlige emissionsfaktorer, g CO <sub>2</sub> e/kWh	I udlandet ved dansk import	114	101	99
	I Danmark ved dansk eksport	98	71	84
Opgørelse af emissioner, mio. ton CO <sub>2</sub> e	Ved dansk elimport, udledning i udlandet	0,7	0,9	0,7
	Ved dansk eleksport, udledning i Danmark	0,2	0,1	0,2
	<b>Nettoudledning</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>
Nøgletal: VE-andel (inkl. biomasse) når Danmark eksporterer, pct.		83	88	86
Udlandets gennemsnitlige emissionsfaktor når Danmark eksporterer, g CO <sub>2</sub> e/kWh.		80	178	272
Nøgletal: Reduceret udledning i udlandets emissioner ved dansk eksport, Mio. ton CO <sub>2</sub> e.		0,2	0,2	0,5

**Kilde:** Energistyrelsen. **Anm.:** Opgørelsen af emissioner er: import (eller eksport) x Emissionsfaktor når Danmark importerer (eller eksporterer) = Opgørelse af emissioner.

Ud over nettoudledningen, der opgør, at udlandet samlet set har udledt CO<sub>2</sub> for at dække dansk elforbrug, viser resultaterne i Tabel 4 også, at Danmarks elproduktion gennemsnitligt har en VE-andel på mere end 80 pct. i de timer vi eksporterer el. Den el Danmark eksporterer har en lavere emissionsfaktor end den el, der produceres i udlandet i de timer, hvor Danmark eksporterer. Dermed eksporterer Danmark relativt grøn el til områder med mindre grøn elproduktion på eksporttidspunktet.

### Hovedresultater fra fremskrivningsperioden 2021-2035

I fremskrivningen forudsættes det, at dansk elproduktion oplever en større relativ procentvis stigning ift. udviklingen i dansk elforbrug frem mod 2030. Den primære årsag er, at flere havvindmølleparker<sup>4</sup> forventes at komme i drift inden udgangen af 2030. Dermed øges eleksporten, og nettoimporten falder. Det betyder, at Danmark i analysen vurderes at bevæge sig fra at være nettoimportør til nettoeksportør af el i 2030 og 2035 baseret på frozen-policy forudsætningerne i KF23<sup>5</sup>.

Danmark bliver i fremskrivningen nettoeksportør af el, samtidig bliver nettoudledningen negativ, hvilket indikerer, at udlandet ikke har udledninger for at dække dansk elforbrug, når udledninger fra dansk eleksport fratrækkes.

Derudover skal det også bemærkes, at resultaterne indikerer, at VE-andelen i dansk eleksport vil stige til op imod 100 pct., og at eksporten har lavere emissioner end det

<sup>4</sup> Vesterhav Nord og Syd, Thor og Hesselø samt de to yderligere aftalte parker ifm. Finansloven 2022. De 4 GW havvind omtalt i klimaaftale om grøn strøm og varme 2022 er ikke med i grundforløbet for KF23 og dermed ikke i GA23.

<sup>5</sup> Der findes flere detaljer om frozen-policy og forudsætningerne i KF (ENS, 2022b).



elmiks, der forekommer i udlandet på de tidspunkter, hvor Danmark importerer. Ses der alene på udlandet, så importerer udlandet en stigende mængde el fra Danmark på tidspunkter, hvor udlandets elproduktion er mindre grøn, end når udlandet eksporterer til Danmark. Dansk eludveksling er for udlandets territoriale emissioner isoleret set således en gevinst.

Tabel 2 afrapporterer nøgletal for emissioner i Danmark og i udlandet knyttet til dansk eludveksling. Tabellen omfatter også elimport og –eksport (TWh) og Danmark og udlandets gennemsnitlige emissionsfaktorer (g CO<sub>2</sub>e/kWh), der danner baggrunden for beregning af nøgletallet. Udlandets gennemsnitlige emissionsfaktor opgøres for de timer, hvor Danmark importerer og Danmarks gennemsnitlige emissionsfaktor opgøres for de timer, hvor Danmark eksporterer. Eleksport vil overordnet øge udledninger i Danmark, og elimport vil øge udlandets udledninger. At nettoudledningerne er nul eller negative i tabellen betyder, at der ikke er udledt drivhusgasser i udlandet til at dække dansk elforbrug (vel at mærke fratrukket de emissioner, som dansk eleksport giver). Afsnit 4.1 uddyber tallene yderligere.

**Tabel 2:** Import og eksport af el i Danmark samt estimeret effekt på de udenlandske og danske emissioner for fremskrivningsår

Nøgletal	Type	2025	2030	2035
Nettoimport TWh (ekskl. transitflow)	Import af el	8,3	5,6	8,1
	Eksport af el	3,9	19,1	22,1
	<b>Nettoimport</b>	<b>4,4</b>	<b>-13,5</b>	<b>-14,1</b>
Gennemsnitlig emissionsfaktor, g CO <sub>2</sub> e/kWh	I udlandet ved dansk import	16	15	21
	I Danmark ved dansk eksport	34	11	5
Opgørelse af emissioner, mio. ton CO <sub>2</sub> e	Ved dansk elimport, udledning i udlandet	0,1	0,1	0,2
	Ved dansk eleksport, udledning i Danmark	0,1	0,2	0,1
	<b>Nettoudledninger</b>	<b>0,0</b>	<b>-0,1</b>	<b>0,0</b>
Nøgletal: VE-andel (inkl. Biomasse) når Danmark eksporterer, pct.		<b>0,97</b>	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>
Udlandets gennemsnitlige emissionsfaktor når Danmark eksporterer, g CO <sub>2</sub> e/kWh		<b>65</b>	<b>14</b>	<b>11</b>
Nøgletal: Reduceret udledning i udlandets emissioner ved dansk eksport, Mio. ton CO <sub>2</sub> e		<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>

**Kilde:** Energistyrelsen. **Anm.:** Opgørelsen af emissioner er: import (eksport) x Emissionsfaktor når Danmark importerer (eksporterer) = Opgørelse af emissioner. Det skal bemærkes, at fremskrivningen er baseret på frozen-policy og at energigøen i Nordsøen samt evt. markant udbygning med PtX mv. ikke indgår i beregningen.

## 2.2 Import og eksport af el fra og til udlandet

### *Hovedresultater for de tre historiske år 2019-2021*

Danmark importerede hovedsageligt el fra Norge og Sverige, men også en mindre mængde fra Tyskland i 2021, hvilket ligeledes var tilfældet i de to tidligere år. Samlet set kom omtrent 80 pct. af elimporten fra Norge og Sverige i 2021.

Analysen viser også, at dansk eleksport hovedsageligt gik til Tyskland og Nederlandene i 2021. Det er en ændring ift. de foregående år, hvor Norge og Sverige har været de lande, som Danmark har eksporteret mest til.

Overordnet set har Danmark i 2021 importeret el på tidspunkter, hvor vandkraft er dominerende i de lande, der importeres fra. For eleksporten gælder, at den er sket på tidspunkter, hvor Danmark har haft en høj andel af vindkraft. Afsnit 4.2 uddyber figurer og tal yderligere.

### *Resultater for den fremskrevne periode 2021-2035*

I fremskrivningsperioden estimeres dansk elimport at fortsætte med primært at komme fra Norge og Sverige samt en betydelig import fra Storbritannien via den kommende Viking Link-forbindelse. Primært er elimporten fra de nordiske lande karakteriseret ved tæt på nul-emissioner, hvilket især skyldes vandkraft, hvor elimporten fra Storbritannien i større grad udgøres af bl.a. kul og gas, men en stigende andel vil komme fra vedvarende energikilder frem mod 2035.

El fra Danmark bliver i fremskrivningen primært eksporteret til Tyskland, Sverige og Norge, men på sigt også Storbritannien og Nederlandene. Fremskrivningen af den danske eleksport viser, at Danmark hovedsageligt vil eksportere el produceret på vindkraft samt en stigende mængde fra solceller frem mod 2035. Dette afspejles i den høje VE-andel i den danske eksport, hvor bioenergi vil udgøre ca. 5 pct.-point af VE-andelen i 2030.

## 2.3 Effekten ved en yderligere elimport eller –eksport i Danmark

Generelt kan det siges, at analysen af en yderligere dansk eleksport ud over KF23 indikerer yderligere reduktioner i udlandets emissioner, idet udlandet fortsat forudsættes at gøre brug af kul og gas. Udlandets elproduktion vil dog blive grønnere og grønnere bl.a. pga. nedlukning af konventionelle kraftværker i Europa. Derfor vil yderligere dansk eleksport fortsat reducere udlandets emissioner, men med en aftagende effekt i fremtiden.

En yderligere dansk elimport vil medvirke til opjusteringer af udlandets elproduktion og derfor øge emissionerne i udlandet. En yderligere import vil dog dækkes af øget elproduktion i udlandet, der i stigende grad forudsættes at blive mere grøn. Det betyder, at en yderligere dansk elimport fremadrettet fortsat vil give yderligere emissioner i udlandet, men også med en aftagende effekt pga. stigende andel af VE i udlandet.



Overordnet giver tabellen indikationer på, hvad yderligere elimport eller –eksport vil betyde for udlandets kortsigtede marginale udledninger. Generelt viser analysen, at øget eleksport ved at etablere yderligere sol eller havvind reducerer emissioner i udlandet fra mellem 282-208 g CO<sub>2</sub>e/kWh til mellem 27-85 g CO<sub>2</sub>e/kWh for sol og havvind i perioden 2025 til 2035.

Øges det danske elforbrug med 1 TWh årligt, knyttes der til den medførende elimport en udenlandsk marginal emissionsfaktor på 372 g CO<sub>2</sub>e/kWh faldende til 111 g CO<sub>2</sub>e/kWh i perioden fra 2025 til 2035. For såvel øget eleksport og øget elimport er disse resultater en indikation på, at effekten af ændringer i eludvekslingen vil reduceres set i forhold til i dag.

Tabel 3 opgør beregningsteknisk udlandets marginale emissionsfaktor, hvis Danmark enten øger elforbruget (øget import) eller installerer mere sol eller havvind (øget eksport).

**Tabel 3:** Udlandets gennemsnitlige marginale emissionsfaktor når Danmark hhv. øger elforbrug eller –produktion.

Udlandets gennemsnitlige marginale emissionsfaktor			
(g CO <sub>2</sub> e/kWh)	2025	2030	2035
Solceller (1 TWh ekstra årlig produktion)	282	25	27
Havvind (1 TWh ekstra årlig produktion)	308	46	85
Øget elforbrug (1 TWh ekstra årlig forbrug)	372	128	111

**Kilde:** Energistyrelsen. **Anm.:** Emissionsfaktoren for hhv. øget elforbrug eller elproduktion (Vind eller sol) har modsatrettede effekt, idet øget elforbrug øger den marginale emissionsfaktor, hvor øget elproduktion reducerer udlandets gennemsnitlige udledninger.

Afsnit 4.3 uddyber tallene og udviklingen yderligere.

### 3. Metode og antagelser

Eludvekslingen (elimport og -eksport) belyses både for historiske år (2019-2021) og for fremskrivningsår frem til 2035. Selve metodebeskrivelsen er i det følgende opdelt på historiske år og fremskrivningsår.

#### *Der er overlap med Klimastatus og –fremskrivning*

Klimastatus og –fremskrivning opgør årligt emissioner på dansk jord – de såkaldte territoriale udledninger. Eludveksling i GA23 omfatter også emissioner udledt på

dansk jord (i forbindelse med eksport af el). Dermed er der med balancemetoden overlap mellem KF23 og GA23 inden for opgørelserne af eludveksling. Væsentligt er dog, at opgørelsen for fremskrivningsår i GA23 er baseret på de samme beregninger og forudsætninger, der ligger bag netop KF23.

#### *Eludveksling indgår også andre steder i GA23*

Udledninger i udlandet knyttet til dansk import, eksport og forbrug af varer og serviceydelser, herunder el, behandles i andre dele af GA23. I disse dele beregnes samlede opgørelser over globale emissioner, hvor eludveksling delvist indgår. Nærværende baggrundsnotat har udelukkende fokus på at belyse eludvekslingen, mens det i de andre dele indgår i bredere opgørelser som et delelement. Se afsnit 3.7 for uddybning af overlap til andre dele af GA23.

#### *Analyser er baseret på to metoder*

Opgørelsen af de udenlandske udledninger, som dansk elforbrug og elproduktion påvirker, bliver i dette notat kvantificeret ud fra en gennemsnitsmetode (balancemetoden) samt en marginalmetode.

Samlet set er der tre beregninger bag opgørelsen af de udenlandske udledninger, som dansk elforbrug og elproduktion påvirker:

- En for historiske år baseret på statistik og balancemetoden
- En for fremskrivningsår baseret på modelberegning og balancemetoden
- En for fremskrivningsår baseret på modelberegning og marginalmetoden

Balancemetoden lægger sig op ad den metode, der benyttes i den øvrige GA23 (se ovenstående omkring overlap), mens marginalmetoden skal ses som en hvad-nu-hvis beregning.

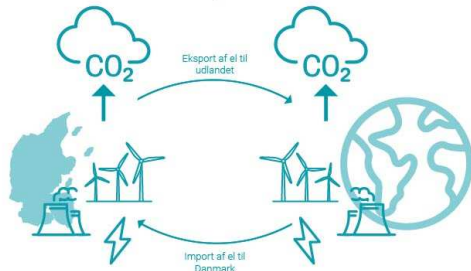
De to metoder forsøger at belyse forskellige dele af effekten af dansk eludveksling med udlandet. Balancemetoden giver et billede af effekten ud fra en gennemsnitlig emissionsfaktor og opgør et samlet regnskab for udledninger knyttet til eludveksling i et specifikt år og balancerer danske (dansk eleksport) og udenlandske (dansk elimport) udledninger. Marginalmetoden, derimod, viser hvad effekten af ekstra import og eksport (i tillæg til KF23) ville være.

**Figur 1:** Illustration af hhv. balancemetoden, nøgletal og marginalmetoden.



## Balancemetoden

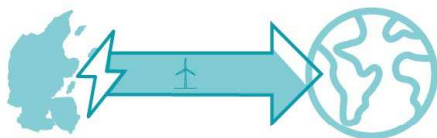
Emissioner i Danmark til elsekspert



Nettoemission:  
Emissioner (i udlandet) fra dansk  
import minus emissioner fra  
dansk eksport (i Danmark)

## Nøgletal

Andel af vedvarende energi i den danske eksport af el



Fortæller hvor grøn Danmarks  
elekseport er

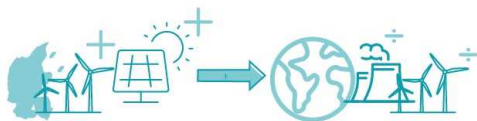
Reducerede udledninger i udlandet knyttet til import fra Danmark



Belyser, med et isoleret syn på  
udlandets territoriale udledninger,  
hvor mange emissioner  
Danmarks elekseport reducerer

## Marginalmetoden

Ekstra produktion af vedvarende energi i Danmark = ekstra eksport



Belyser hvad en ændring i dansk  
elekseport får, på kort sigt, for  
udlandets udledninger

Nedjustering af elproduktion grundet ekstra  
import fra Danmark = sparet CO2

**Kilde:** Energistyrelsen. **Anm.:** Balancemetoden regner med et gennemsnit af den samlede produktion. I marginalmetoden er eksporten repræsenteret som den ændring i den marginale elproduktion i udlandet, eksempelvis gasturbiner.

### Balancemetoden

I balancemetoden regnes der med, at udledningerne per kWh produceret el i et land er ens for både den del der går til indenlandsk forbrug, og den del der eksporteres. Her tages der ikke stilling til hvilke produktionsanlæg, der mere specifikt påvirkes af elhandlen. Balancemetoden er således udviklet til at skabe sammenlignelige



resultater på tværs af historiske år og fremskrivningsår. Metoden er sammenlignelig med den attributive metode, der i GA23 bl.a. anvendes til forbrugsbaserede opgørelser<sup>6</sup>, men selve beregningerne og datagrundlaget herfor er væsensforskelligt.

Energinets miljødeklaration opgør udledninger for hver kWh forbrugt i Danmark og anvendes fx i forbindelse med virksomheders CSR-rapportering. Balancemetoden i GA23 kan sammenlignes med Energinets metode i miljødeklarationen for dansk elforbrug, da der i begge tilfælde benyttes en gennemsnitlig emissionsfaktor for hhv. udlandet og Danmark, og for historiske år er begge opgørelser baseret på samme data. Forskellen er, at i Energinets beregning har fokus på de emissioner, som er forbundet til *dansk elforbrug*, mens balancemetoden har til formål at belyse de samlede udledninger ved *eludveksling* mellem Danmark og udlandet.

Balancemetoden er mindre god, hvis man skal se på, hvad danske tiltag (ændringer) vil have af kortsigtet effekt i udlandet. Det skyldes at fx øget dansk eksport i højere grad vil reducere termisk elproduktion (kul- eller gasfyret), end at den vil medføre mindre elproduktion på solceller eller vindmøller på kort sigt<sup>7</sup>. Disse nuancer vil man ikke kunne se ved balancemetoden der anvender et gennemsnit af elproduktionen. Her vil marginalmetoden, der også indgår i GA23 og som beskrives nedenfor, i større grad kunne belyse effekten af danske tiltag.

### Nøgletal

For at belyse den globale effekt af eksport af el baseret på VE udregnes to nøgletal for eksport af el fra Danmark udover selve balancemetoden: 1) VE-andelen af den eksporterede el fra Danmark. Andelen bliver beregnet på for timebasis ud fra data på produktion fra sol, vind, vand og biobrændsler set ift. den samlede danske elproduktion.

2) En gennemsnitlig emissionsfaktor for Danmarks udvekslingslande i de timer, hvor Danmark eksporterer el. Med denne emissionsfaktor beregnes, hvor meget dansk eksport har reduceret CO<sub>2</sub>e i modtagerlandet.

### Transitflow

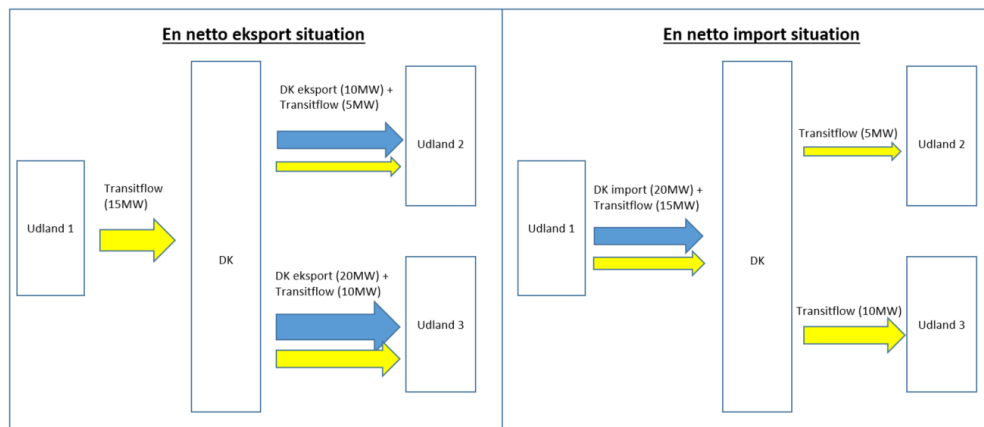
Der tages højde for, at en del af eltransmissionen er transitflow ved bestemmelse af, hvor meget elimport eller eksport, der er i Danmark i en given time. Dvs., at en del af den el, der importeres til Danmark, samtidigt eksporteres til et andet land. Der ses bort fra transitflow i beregningerne, dvs. at el, der inden for den samme time både importeres og eksporteres til/fra Danmark, ikke indregnes som en del af import og eksport af el. På den måde regnes Danmark som værende enten nettoeksportør eller nettoimportør i hver time. I de timer, hvor Danmark er nettoeksportør, beregnes der udledninger fra det danske elproduktionsmiks som fordeles på de

<sup>6</sup> Både den attributive metode og balancemetoden i GA23 anvender et gennemsnit af emissioner for en sektor, der attribueres til strømme af hhv. penge eller el.

<sup>7</sup> Ændringer i elhandlen vil alt andet lige medføre ændringer i elpriserne, som på længere sigt enten vil tilskynde til udbygning af VE eller omvendt, og dermed på længere sigt påvirke produktion på VE.

lande, der importerer fra Danmark, og i de timer, hvor Danmark er nettoimportør, regnes der udledninger fra det elproduktionsmiks, der er i de lande, der eksporterer til Danmark.

**Figur 2:** Illustration af metoden for opgørelse af transitflow



**Kilde:** Energistyrelsen. **Anm.:** De gule pile illustrerer transitflow, mens de blå netto eksport/import. Til venstre illustreres en tænkt situation, hvor Danmark har en nettoeksport på 30 MW (10 MW til Udland 2 og 20 MW til Udland 3). Til højre illustreres en tænkt situation, hvor Danmark har en nettoimport på 20 MW fra Udland 1.

### Marginalmetoden

At det på kort sigt i højere grad er termisk produktion, der justeres, kan belyses ved at anvende en marginal metode. Metoden belyser eleksportens effekt på udlandets emissioner fra en anden vinkel end balancemetoden (beskrevet ovenfor), idet der ses på en hvad-nu-hvis tilgang. Her beregnes effekten af øget elforbrug eller eleksport fra Danmark på udenlandske udledninger fra elproduktionen. Denne tilgang er væsentlig forskellig fra tilgangen for balancemetoden og tilgangen til opgørelse af Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk, hvor der også anvendes en gennemsnitstilgang, og hvor der ikke ses på en ændring men udledninger knyttet til hele eludvekslingen eller forbruget.

Marginalmetoden ser på den kortsigtede konsekvens af en fremtidig ændring i dansk elforbrug og elproduktion, dvs. metoden belyser klimaeffekten ved en fremtidig ændret produktion på det marginale værk i udlandet. Marginalmetoden benyttes kun på fremskrivningsår pga. tilgangen, og skal ses som et fremadskudende bud på en marginal ændring ift. den potentielle udvikling i KF23. Marginalmetoden blev også anvendt i GA22.



### Boks 1: Andre opgørelsesmetoder i forbindelse med eludveksling

Der findes mange metoder til at opgøre betydningen af elhandel. I dansk kontekst er der bl.a. elhandelskorrektion i Energistyrelsens energistatistik (ENS, 2020) og Energinets miljødeklaration (Energinet, 2020) for dansk elforbrug.

Intentionen med elhandelskorrektion i Energistyrelsens energistatistik er at opgøre, "hvad energiforbruget ville have været, hvis den danske elproduktion lige netop havde svaret til elforbruget i Danmark" (ENS, 2016). Beregningen af elhandelskorrektionen baseres på et regulerbart referenceanlæg. Brændselsforbruget på referenceanlægget beregnes ud fra et 5-årigt gennemsnit af brændselsforbruget til elproduktion på de anlæg, der antages at ville op- eller nedregulere afhængigt af elhandlen. I dette gennemsnit indgår brændselstyperne kul, olie, naturgas, skovflis og træpiller.

I Energinets miljødeklaration for dansk elforbrug beregnes en emissionsfaktor (i g CO<sub>2</sub>e/kWh-el) for hver emissionstype, herunder metan, NO<sub>x</sub> m.fl. I de timer, hvor dansk elproduktion overstiger dansk elforbrug, er det kun dansk elproduktion der indgår i emissionsberegningerne, mens der i timerne med nettoelimport tages højde for produktionen i de lande, Danmark importerer fra (Energinet, 2021). I den forbindelse beregner Energinet en emissionsfaktor for hvert naboland, som Danmark har direkte elhandel med for hver time. Emissionsfaktoren i Energinets miljødeklaration er baseret på et simpelt gennemsnit for produktionen i det givne land på timebasis, dvs. summen af de elproduktionsrelaterede udledninger delt med den samlede elproduktion.

#### *Der tages ikke højde for effekten på og fra kvotemarkedet*

Der er ikke taget højde for, hvilken effekt kvotemarkedet har på en mérproduktion/ fortrængning af elproduktion i udlandet. Der vurderes dog ikke at være en effekt af kvotemarkedet<sup>8</sup>.

### 3.1 Metodebeskrivelse – historiske år

Til at belyse den globale klimaeffekt af både eleksport fra og elimport til Danmark i historiske år (2019-2021) anvendes balancemetoden til opgørelsen.

Balancemetoden tager udgangspunkt i, at udlandet øger sine udledninger fra elproduktionen, når Danmark importerer og at Danmark øger sine udledninger når der eksporteres.

Klimaeffekten i historiske år beregnes på basis af Energinets beregninger i forbindelse med deres beregning af miljødeklaration for elforbrug i Danmark. Metoden til at beregne klimaeffekten af dansk eleksport antager, at den el, der eksporteres, følges af udledninger, baseret på en dansk emissionsfaktor, i den givne

---

<sup>8</sup> Se afsnit 5.1 Usikkerheder for yderligere forklaring

time. Klimaeffekten af dansk elimport beregnes ud fra udlandets emissionsfaktor i de timer, Danmark importerer el. Metoden har således balance i de udledninger, der følger Danmarks eksport og import af el: Ved eksport er det dansk elproduktions udledninger og ved import er det udlandets elproduktions udledninger.

Balancemetoden afspejler ikke de kortsigtede effekter af, hvad der ville være sket i udlandet, hvis der ikke var nogen elhandel med Danmark. Dette afdækkes i GA23 med marginalmetoden, hvor det udelukkende ville være de marginale værker, der indgik i beregningen. Det skyldes, at på kort sigt er fx vindmøller og solcellers produktion i høj grad uafhængige af forbruget, herunder elhandlen, mens andre anlæg som gasturbiner og vandkraft især reguleres for at balancere forbrug og produktion.

### 3.2 Metodebeskrivelse – fremskrivningsår

Både balance- og marginalmetoden anvendes til at belyse den globale klimaeffekt af elhandlen fra Danmark i fremtiden.

Balancemetoden giver et overordnet og samlet billede af det klimaaftryk, dansk elhandel forårsager. Den gennemsnitlige tilgang er også velegnet til at sammenligne med den historiske opgørelse, der jf. afsnit 3.1 også anvender en gennemsnitstilgang. Balancemetoden indebærer, at der ligesom for historiske år på timeniveau beregnes en emissionsfaktor for hvert af de områder, som Danmark har elimport fra. Ligeledes regnes der for de timer, hvor Danmark har eksport en emissionsfaktor for dansk elproduktion. Dertil beregnes for hvert år i fremskrivningen som ekstra nøgletal for at belyse påvirkningen i udlandet VE-andelen af dansk eksport og en emissionsfaktor *i udlandet* for de timer hvor Danmark har eksport. Emissionsfaktoren og eludvekslingen beregnes ud fra de samme forudsætninger, som ligger til grund for KF23. Der er således ikke udviklet nye fremskrivninger eller scenarier specifikt til brug for GA23. KF23 indeholder elproduktion og brændselsforbrug for hver time i Danmark og i hvert af Danmarks nabolande, samt eludvekslingen fra og til disse, og indeholder dermed det nødvendige datagrundlag.

Marginalmetoden tager udgangspunkt i referenceberegningen (grundforløbet i KF23). Med udgangspunkt i referenceberegningen laves yderligere beregninger, hvor der ændres på dansk VE produktion eller dansk elforbrug. Ved at beregne forskellen mellem referencen og alternativet estimerer man groft, hvad de kortsigtede konsekvenser af ændret udbygning med dansk VE eller ændring i dansk elforbrug vil betyde for udledningerne i udlandet. Hermed fås et billede af de effekter, ændringer i dansk elproduktion eller elforbrug påvirker klimaaftrykket fra elproduktion i udlandet.

Dette gør den marginale tilgang mere velegnet til at belyse de klimamæssige konsekvenser af tiltag, der enten ændrer dansk elforbrug (fx flere elbiler, mere PtX

eller øget energibesparelsesindsats) eller øger dansk elproduktion (fx ved en øget udbygning solceller).

I den valgte marginale tilgang ses der på, hvordan øget eller mindsket dansk eleksport forskyder elproduktionen i udlandet ift. KF23. Den marginale metode belyser den kortsigtede marginal, dvs. forskydninger i produktionen på den givne produktionskapacitet i udlandet, og ikke på, hvordan øget eller mindsket eleksport påvirker investeringsbeslutningerne i udlandet som følge af lavere eller højere elpriser.

### 3.3 Værktøjer/modeller

Fremskrivningen af den samlede el- og fjernvarmeproduktion finder sted i Ramses. Ramses er en teknisk-økonomisk model udviklet i Energistyrelsen, der beregner den fremtidige produktion af el og fjernvarme i et vilkårligt antal elområder og varmeområder.

På nuværende tidspunkt omfatter modellen det meste af Europa i form af 23 lande fordelt på 18 elprisområder: Danmark (to prisområder), Norge, Sverige, Finland, Tyskland-Luxembourg, Østrig, Nederlandene, de britiske øer, Frankrig, Belgien, Spanien-Portugal, Schweiz, Italien, Baltikum (Estland-Letland-Litauen), Polen, Tjekkiet-Slovakiet samt Ungarn.

Ramses er en lineær optimeringsmodel, der kan beregne elproduktion, varmeproduktion, brændselsforbrug, emissioner m.m. for et meget stort antal på forhånd givne værker på timebasis. Da modellen primært er beregnet til analyser af effekter i Danmark, er de danske værker p.t. beskrevet mere detaljeret end værkerne i udlandet. Modellen beregner desuden en række systemresultater. Fx estimeres spotprisen for el, fordelt på prisområderne, og eludvekslingen mellem prisområder. Antagelserne i forbindelse med KF23 er beskrevet i ENS (2022a).

### 3.4 Overordnede forudsætninger og afgrænsninger:

I beregningerne for emissionerne fra elproduktion medtages udelukkende de direkte emissioner ved elproduktion. Det skal forstås som emissionerne fra forbrænding af fossile brændsler i elproduktion og ikke emissionerne til opførelse af elproducerende anlæg eller andre indirekte emissioner som fra fx transport af brændsler og udledninger ved drift og vedligehold.

#### *Balancemetoden*

I balancemetoden antages det, at dansk elhandel ses som et regnskab for el og udledninger ved elhandel for Danmark og de lande, Danmark har en direkte eludveksling med (dvs. Norge, Sverige, Tyskland og Nederlandene samt Storbritannien efter Viking link bliver taget i drift). I virkeligheden betyder eleksport til fx Tyskland, at Tysklands eleksport til fx Frankrig påvirkes, og igen Frankrigs eleksport til Spanien osv. Med andre ord er det europæiske elsystem af sådan en



karakter, at dansk elhandel har betydning for hele det europæiske elsystem. Med udgangspunkt i Energinets beregninger af emissionsfaktorer til miljødeklarationen for dansk elforbrug er der valgt en tilgang, hvor der udelukkende ses på udledningerne i de lande, som er direkte forbundet med Danmark.

### *Marginalmetoden*

I marginalmetoden antages det, at dansk elhandel påvirker udledningerne i de lande, der indgår i modellen Ramses (se afsnit 3.3).

I marginalmetoden regnes der med, at elproduktionskapaciteten i udlandet udvikler sig over tid, jf. KF23, men at udviklingen sker på den samme måde i alle beregninger uanset variationerne i den danske eleksport. Hvis dansk eleksport øges markant, kan det have en effekt på eksempelvis tempoet i kuludfasning i det kontinentale elsystem. Det kan ligeledes medføre, at en planlagt udbygning med vedvarede energi bliver udskudt. Sådanne effekter er ikke inkluderet.

Metoden er dermed afgrænset til at se på effekten på driftsmønstrene for elproduktionsanlæggene i udlandet, dvs. uden hensyntagen til yderligere afledte effekter, herunder betydningen for udbygningen med VE og udfasningen af eksisterende anlæg i udlandet. En øget dansk elimport kan fx medføre en større udbygning af VE samt langsommere kuludfasning i udlandet. Omvendt kan en øget dansk eleksport fx medføre en langsommere udbygning af VE samt hurtigere udfasning af fossile brændsler i udlandet. Dertil er der heller ikke taget højde for, at en stigning i elforbrug som følge af udbygning med Power-to-X-teknologier kan give en afledt effekt i form af sparet brændstof andetsteds i energisystemet.

### 3.5 Primære datakilder

I forhold til beregningerne i de historiske år er datakilderne Energinets beregninger af emissionsfaktorer for Norge, Sverige, Tyskland og Nederlandene, samt statistik for eludvekslingen fra Energinets Energidataservice (Energinet, 2022a).

De anvendte resultater fra Energinet er et datasæt bestående af udledningsfaktorer i g/kWh for hhv. CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC<sup>9</sup>, CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, partikler, flyveaske og slagger. Alle emissionsfaktorer er udregnet to gange, med henholdsvis 125%-metoden og 200%-metoden for fordelingen mellem el- og fjernvarmeproduktion<sup>10</sup>. Disse udledningsfaktorer er opgjort pr. time pr. land og pr. produktionstype. De opgjorte produktionstyper er:

- Affald

<sup>9</sup> Non-metan flygtige organiske forbindelser

<sup>10</sup> Når brændselsforbruget og udledninger fra kraftvarmeværker skal opgøres på hhv. el- og fjernvarmeproduktion, er en gængs metode at antage en virkningsgrad for varmeproduktionen for dermed at beregne hvor meget af brændslet der tilskrives fjernvarmeproduktionen, mens det resterende brændselsforbrug tilskrives elproduktionen. 125%-metoden betyder, at man regner med en virkningsgrad for varmeproduktionen på 125%. I Energistyrelsens beregninger til GA23 benyttes 125%-metoden.

- Anden VE
- Atomkraft
- Brunkul
- Fuelolie
- Kul
- Naturgas
- Havvind
- Landvind
- Træ mm.
- Vandkraft

For hver produktionstype er det også angivet, hvor stor andel af den samlede elproduktion i den givne time, typen udgjorde af elproduktionen i det givne land. Fra Energidataservice er datasættet "transmissionlines" tilgået, som bl.a. indeholder den mængde el, som er blevet udvekslet på hver af de danske udlandsforbindelser for hver time.

I forhold til beregningerne på fremskrivningen (for både balance- og marginalbetragtningen) er datakilden fremskrivningen fra KF23, som igen bygger på en lang række datakilder for elproduktionskapaciteter, handelskapaciteter, VE-produktion og elforbrug, herunder evt. energiøer. Primært bygger fremskrivningerne for elproduktionskapaciteter, handelskapaciteter, VE-produktion og elforbrug i udlandet på TYNDP22 scenarieret "Distributed Energy" fra ENTSO-E (ENS, 2022c).

### 3.6 Overlap med andre dele af GA23

I GA23 er Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk opgjort (se baggrundsnotat nr. 2: "Klimaaftrykket af forbrug"). Det forbrugsbaserede klimaaftryk inkluderer både danskproducerede varer forbrugt i Danmark og importerede varer forbrugt i Danmark. Elektricitet indgår blandt de varer, som er opgjort i det forbrugsbaserede klimaaftryk. Der er dermed et vist overlap mellem opgørelserne i nærværende baggrundsnotat om eludveksling og det forbrugsbaserede klimaaftryk, da opgørelserne begge steder inkluderer klimaaftrykket for dele af den importerede elektricitet såvel som dele af danskproduceret elektricitet.

Der er dog en væsentlig forskel på opgørelsesmetoderne. Det forbrugsbaserede klimaaftryk inkluderer en bred vifte af forskelligartede varer og er udregnet på basis af emissioner per kr. ud fra en koblet Input-Output-model (IO-model). Den koblede IO-model anvender en top-down tilgang, hvor det forbrugsbaserede klimaaftryk beregnes med udgangspunkt i danske og internationale økonomiske transaktioner. Klimaaftrykket beregnes dermed ud fra værdien af varer og ydelser og ikke ud fra mængden af varer og ydelser.

I nærværende notat er grundlaget en bottom-up analyse baseret på historiske data for timeværdier for den specifikke fysiske elhandel og elproduktion. Dette

baggrundsnotat udfolder derfor klimaeffekten ved dansk eludveksling mere detaljeret sammenlignet med både det forbrugsbaserede klimaaftryk (hvor det kun indgår som en mindre del) og den del af GA23, der omfatter import (se baggrundsnotat nr. 1: "Klimaaftrykket af import"), som er opgjort på samme måde som klimaaftrykket.

Det gælder for dansk eleksport, at det ikke karakteriseres som dansk elforbrug, og fratrækkes derfor det forbrugsbaserede klimaaftryk ligesom andre eksporterede varer. Eleksport indgår derimod som et delelement i den del af GA23, der omhandler eksport (se baggrundsnotat nr. 4: "Klimaaftrykket af eksport"), hvor der er overlap til resultaterne i nærværende baggrundsnotat. Resultaterne er dog væsensforskellige da nærværende er baseret på faktiske data for dansk elproduktion men udledningsmæssigt afgrænset til forbrænding af brændsler, mens eksportafsnittet ser på en tilnærmet opgørelse, men til gengæld omfatter udledninger for hele værdikæden frem til selve eksporten af el.

## 4. Resultater og analyse

El er en vare, der af natur kræver, at produktion og forbrug balanceres time for time. For Danmark er eludveksling med udlandet afgørende ift. at sikre denne balance. Danmark forventes i de kommende år i stigende omfang at eksportere el baseret på VE til en række lande i Europa. En øget eleksport fra fx havvind i Danmark kan alt andet lige medføre en tilsvarende reduktion i produktionen på udenlandske elproduktionsanlæg for at sikre balancen.

Eludveksling med udlandet har en klimaeffekt, fordi den påvirker elproduktionen i Danmark og i landene omkring os. Formålet med dette afsnit er at belyse disse effekter bredere, end det gøres ved opgørelse af Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk (baggrundsnotat nr. 2), hvor der alene fokuseres på effekten af den el, der forbruges i Danmark.

Afsnittet udfolder hovedresultater, der indgår i afsnit 2, og er opdelt i hhv. eludveksling og emissioner, import og eksport og effekten af yderligere dansk eleksport. Dertil indeholder afsnittet en række yderligere elementer: Sammenligning med sidste års globale afrapportering samt belyser energiøernes betydning.

### 4.1 Dansk eludveksling og beregningstekniske emissioner

Dette afsnit udfolder hovedresultaterne fra afsnit 2.1: Estimerede emissioner i relation til 1) dansk elhandel, 2) elimport til Danmark og 3) eleksport fra Danmark. Resultater for emissioner er baseret på balancemetoden beskrevet i afsnit 3 og tager dermed udgangspunkt i en beregningsteknisk opgørelse i mio. ton CO<sub>2</sub>e baseret på Danmarks og udlandets udledninger på tidspunkter med dansk elhandel. Opgørelsen siger noget om udledninger knyttet til Danmarks eleksport og elimport, og mere

specifikt viser opgørelsen af nettoudledninger, hvor meget CO<sub>2</sub>e der er udledt i udlandet til at dække dansk forbrug.

Ved elimport til Danmark vil der være en negativ effekt i udlandet – alt andet lige – fordi den el, Danmark importerer, skal produceres i udlandet med dertilhørende udledninger. Ved eksport er der tilsvarende en negativ effekt i Danmark. Dertil kan man vise effekten i udlandet ved dansk eksport ved at se på, hvilken el den danske eksport fortrænger. I analysen estimeres udledninger baseret på timeniveau. Når effekten henover et år opsummeres fås nettoudledninger:

*Udledninger i udlandet ved dansk import – Udledninger i Danmark ved dansk eksport = nettoudledning*

#### Fald i nettoudledninger i 2021

Dansk nettoimport<sup>11</sup> af el er i 2021 estimeret til at have en effekt på udledningerne svarende til 0,5 mio. ton CO<sub>2</sub>e. Det er næsten en halvering ift. det foregående års estimerede effekt på udledningerne. Halveringen skyldes at 2020 var et vådår, hvorimod 2021 ligner 2019 i større grad. Sammenlignes 2019 og 2021 blotlægges det, at nettoudledningen i begge år var på 0,5 mio. ton CO<sub>2</sub>e samtidig med, at elimport og eksport var næsten den samme.

Lægges import og eksport sammen har det danske elsystem i de seneste historiske år haft mere elimport end eksport, hvilket også er afspejlet i rækken nettoudledninger i tabel 4. Det har betydet, at dansk elforbrug har medvirket til en stigning i elproduktionen i udlandet pga. import til at dække det danske elforbrug, og selvom emissioner knyttet dansk eksport fratrækkes ved balancemetoden, så er der samlet set tale om øgede udledninger (positive nettoudledninger).

**Tabel 4:** Elimport og eksport i Danmark samt estimeret effekt på de udenlandske og danske emissioner for historiske år

Nøgletal	Type	2019	2020	2021
Nettoimport TWh (ekskl. –transitflow)	Import af el	6,3	8,4	6,75
	Eksport af el	1,9	1,3	2,0
	<b>Nettoimport</b>	<b>4,4</b>	<b>7,2</b>	<b>4,7</b>
Gennemsnitlige emissionsfaktorer, g CO <sub>2</sub> e/kWh	I udlandet ved dansk import	114	101	99
	I Danmark ved dansk eksport	98	71	84
Opgørelse af emissioner, Mio. ton CO <sub>2</sub> e	Ved dansk elimport, udledning i udlandet	0,7	0,9	0,7
	Ved dansk eksport, udledning i Danmark	0,2	0,1	0,2

<sup>11</sup> Nettoimport er import til Danmark minus eksport til udlandet og giver således et samlet tal for både import og eksport og hvis det er større end nul er importen større end eksporten.



	Nettoudledninger	0,5	0,8	0,5
Nøgletal: VE-andel (inkl. biomasse) når Danmark eksporterer, pct.		83	88	86
Udlandets gennemsnitlige emissionsfaktor når Danmark eksporterer, g CO <sub>2</sub> e/kWh		80	178	272
Nøgletal: Reduceret udledning i udlandets emissioner ved Dansk eksport, Mio. ton CO <sub>2</sub> e		0,2	0,2	0,5

Kilde: Energistyrelsen

Udover at Danmark importerede en mindre mængde el i 2021 end det foregående år samtidig med, at eksporten af el steg, har det også betydning for halveringen af nettoudledninger, at den eksporterede el blev mindre grøn.

Forklaringen på forskellen i emissionsfaktoren ligger dels i, at der er forskel på landenes elproduktionsapparater, og dels at elmarkedet aktiverer forskellige anlæg afhængig af udbud og efterspørgsel i den enkelte time. Opgørelsen tager således højde for, at Danmark fx ofte eksporterer el, når der er meget vindkraft (lav emissionsfaktor), mens at import fra landene syd for Danmark i højere grad er baseret på fossile brændsler (højere emissionsfaktor).

#### *Danmark var nettoimportør af el i 2021*

Der bliver i dag sendt mere el til Danmark for at dække elforbruget, end der bliver sendt til udlandet. I de to foregående år har det danske elsystem dermed været nettoimportør af el, hvilket også er tilfældet i 2021. I tabel 4 afrapporteres dansk elimport og -eksport i perioden 2019-2021 samt beregnede udledninger på baggrund af eludvekslingen i de respektive år.

I tabellen ses det bl.a., at det danske elsystem havde en nettoimport på 5 TWh i 2021. Til sammenligning var Danmarks indenlandske elforsyning i 2020 ca. 35 TWh. Det er på niveau med 2018 og 2019, men et fald ift. 2020, hvor der var en højre nettoimport. At nettoimporten i 2021 er tilbage på niveau med 2019 skyldes, at både eksporten og importen er tilbage på samme niveau.

At 2020 adskiller sig fra 2021 samt fra foregående år ved en højere nettoelimport skal ses i lyset af, at 2020 var et såkaldt vådår. Et vådår er et år med 10 pct. mere nedbør end normalt. Det betyder lavere elpriser, fordi det er billigt at producere el på vandkraft i Norge og Sverige, hvilket igen betyder, at det er en god forretning at øge importen af el til Danmark, da vi ikke har nævneværdig elproduktion på vandkraft.

#### *Danmark eksporterer hovedsageligt vedvarende energi*

I 2020 bestod den danske eleksport af 88 pct. VE<sup>12</sup>. Andelen af VE i eleksporten faldt til 85 pct. i 2021, til trods for en øget eksport af el i 2021 sammenlignet med 2020. Det kan bl.a. forklares med, at der var mere dansk elproduktion fra vind i 2020 end i 2021.

De to nederste rækker i tabel 4 viser den gennemsnitlige udledningsfaktor i udlandet når Danmark eksporterer og den reducerede udledning i udlandet ved dansk eleksport. Fra 2019 til og med 2021 har den gennemsnitlige udledningsfaktor i udlandet når Danmark eksporterer været stigende. Den reducerede udledning i udlandet som effekt af dansk eleksport har været 0,2 Mio. ton CO<sub>2</sub>e i både 2019 og 2020. I 2021 var den reducerede udledning i udlandet på 0,5 Mio. ton CO<sub>2</sub>e.

#### *Kommende år: Skift til nettoeksport af el*

Danmark importerer i dag mere el, end der eksporteres. Resultaterne indikerer, at Danmark skifter til at blive nettoeksportør, hvilket kan ses i figur 4 ved, at nettoimporten bliver negativ i fremskrivningsårene. Det betyder, at Danmark trækker mindre på udlandets elproduktion for at dække det danske elforbrug, end vi reducerer udlandets elproduktion pga. eksport af danskproduceret el.

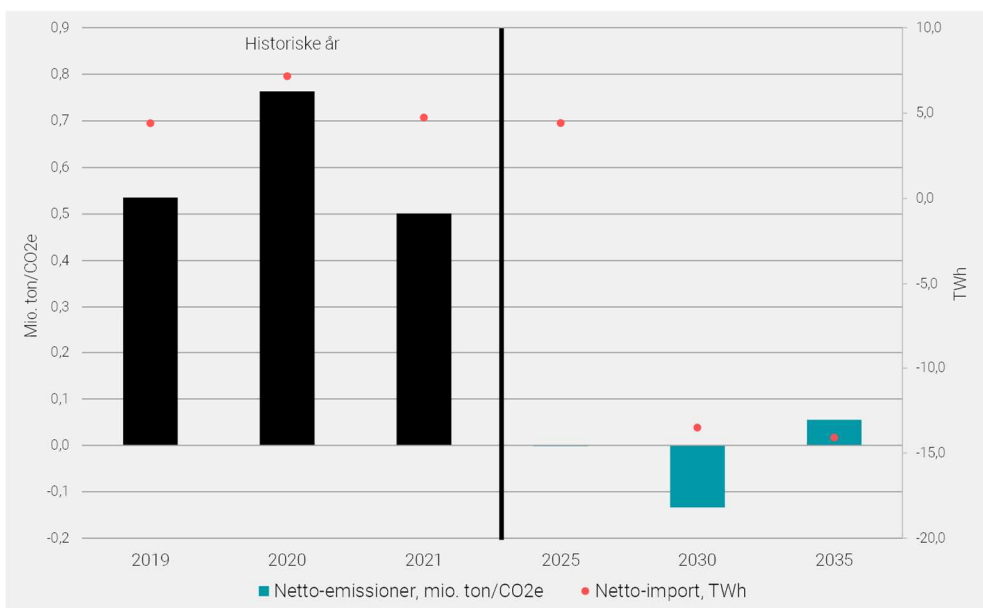
En af årsagerne er, at flere havvindmølleparker<sup>13</sup> forventes at komme i drift inden udgangen af 2030. Det bør bemærkes, at den planlagte energiø i Nordsøen ikke indgår (men energiøen ved Bornholm indgår), idet den ikke er en del af grundforløbet i KF23, som fremskrivningen baserer sig på.

**Figur 4:** Nettoudledning og nettoimport (elimport fratrukket eleksport) for historiske og fremskrivningsår

---

<sup>12</sup> Dette skal ikke forveksles med VE-andelen for elforbrug (RES-E), da RES-E beregnes for et lands elforbrug. Nøgletallet for VE-andel i eleksporten ser kun på de timer, hvor der er eleksport og er et simpelt udtryk for, hvor stor en andel af eksporten kommer fra vedvarende kilder.

<sup>13</sup> Vesterhav Nord og Syd, Thor og Hesselø samt de to yderligere aftalte parker ifm. Finansloven 2022. De 4 GW havvind omtalt i klimaaftale om grøn strøm og varme 2022 er ikke med i grundforløbet for KF23 og dermed ikke i GA23.



**Kilde:** Energistyrelsen. **Anm.:** Årsagen til faldet mellem historiske år og fremskrivningsår er en relativt højere stigning i eleksport end elimport i fremskrivningsperioden, jf. forudsætningerne i KF23.

Opgørelsens resultater nederst i tabel 2 i afsnit 2.1 viser, at dansk eleksport kommer til at have en stigende VE-andel, der frem mod 2030 nærmer sig 100 pct.

For de fremskrevne år skal det bemærkes, at nettoimport af el først falder i 2030. Dette skyldes udbygningen af dansk VE i 2030, herunder særligt Energiø Bornholm, som bliver tilsluttet i 2030. Det skal bemærkes, at nettoudledningen stiger frem mod 2035. Dette skyldes, at selvom der er en yderligere udbygning VE i udlandet, så er der også en betydelig mængde af elimport fra gas, især fra Tyskland, Nederlandene, og en mindre mængde fra Storbritannien.

Ses der isoleret på udlandets territoriale udledninger, så er dansk elhandel en gevinst, da udlandet både modtager meget el, og da den el, de eksporterer til Danmark, er mere grøn, end det elmiks udlandet har, når de importerer fra Danmark. Men eftersom udlandet også har en større udbygning af VE, vil der være større overlap mellem dansk og udenlandsk VE-produktion. Fx når det blæser i Jylland, blæser det højst sandsynligt også i Nordtyskland. Derfor vil der ofte være timer, hvor der ikke er tilgængelig produktion via VE, at der skal importeres. Disse timer vil oftere være fra gasproduktion.

#### 4.2 Elimport og -eksport i Danmark – samspil med udlandet

Afstemningen af elproduktion og -forbrug foregår på det nordeuropæiske elmarked. Norges og Sveriges elsystemer har en høj andel af vandkraft, som fungerer som el-lager i elmarkedet. Ellagrene fungerer således, at produktionen kan udskydes, og

vandet gemmes til elproduktion, når der er højere efterspørgsel på el, og elprisen dermed er høj. Det vil den fx være i perioder med lav vindkraftproduktion.

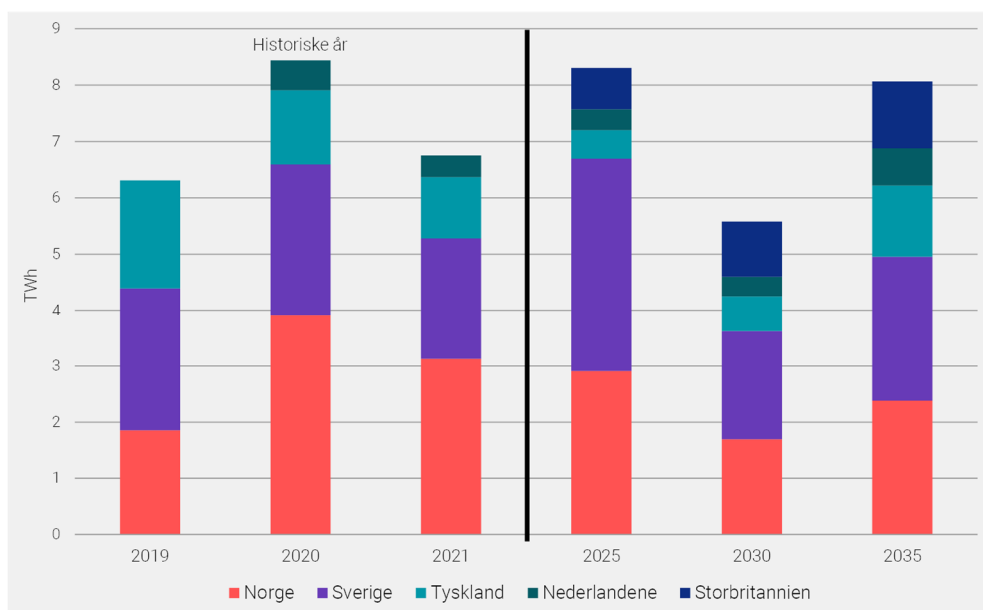
Dette afsnit udfolder hovedresultaterne fra afsnit 2.2 som omhandler den danske eludveksling, der har til formål at balancere Danmarks elforbrug og produktion. I ovenstående afsnit viste resultaterne for fremskrivningsårene, at Danmark skifter til at blive nettoeksportør af el i indeværende årti. I nærværende afsnit udfoldes hhv. elimport og eksport for at give et billede af elementerne i udviklingen fra nettoimportør til –eksportør, som resultaterne indikerer Danmark vil gennemgå. Resultaterne i dette afsnit er baseret på balancemetoden både for fremskrevne og historiske år.

### Danmark får mest el fra Norge og Sverige – det gælder også fremadrettet

I de historiske år (2019-2021) har det danske elsystem importeret mere el for at dække det danske elforbrug, end der er blevet eksporteret. Det har betydet, at dansk elforbrug har medvirket til en stigning i elproduktionen i udlandet og har dermed haft indflydelse på udlandets elproduktion og udledninger.

Elimporten kom hovedsageligt fra Norge og Sverige, men også Tyskland i 2021. Tæt på 80 pct. af elimporten kom fra Norge og Sverige i 2021. Efter en høj elimport i 2020 faldt elimporten i 2021 tilbage på niveau med 2019. Det var især den øgede elimport fra Norge, som medførte, at dansk elimport var høj i 2020, hvilket fremgår af figur 5. Der var flere vandressourcer nordpå i 2020 pga. vådår, hvorfor det var muligt for Danmark at importere større mængder billig el fra Norge og Sverige sammenlignet med 2019 og 2021.

Figur 5: Dansk elimport fordelt på lande Danmark importerer fra





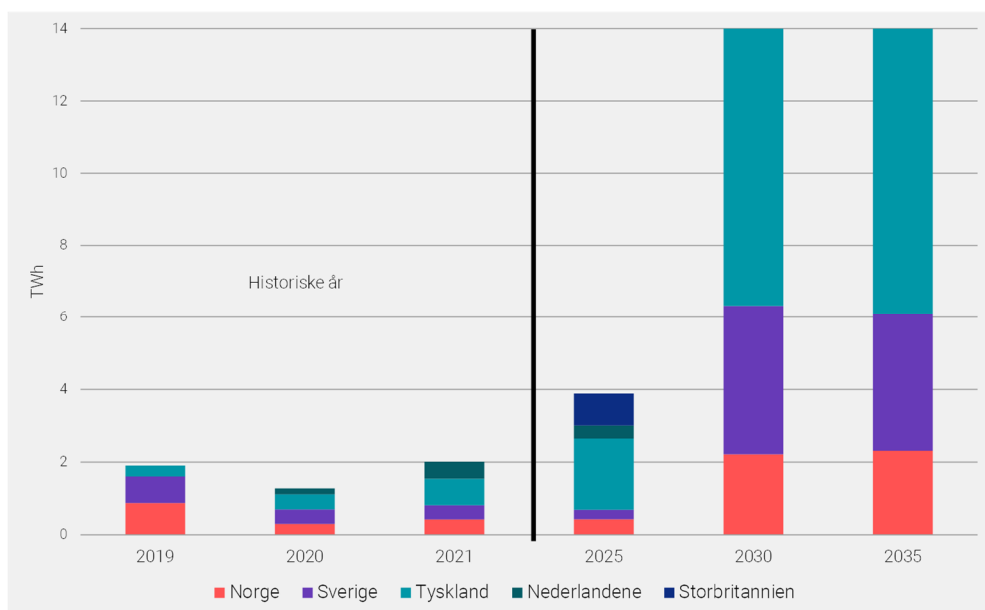
**Kilde:** Energistyrelsen. **Anm.:** Eksklusiv transit, dvs. elimport der importeres for derefter at blive eksporteret igen. En stor del af dansk elimport vil fortsat komme fra Sverige og Norge, men også øget elimport fra Storbritannien efter 2024, jf. forudsætningerne i KF23.

I fremskrivningsperioden 2022-2035 viser resultaterne, at Danmark fortsat vil importere meget el fra Norge og Sverige. De to nabolande, Norge og Sverige, vil gennemsnitligt stå for omkring 70 pct. af dansk elimport i perioden, som hovedsageligt består af VE, og derfor ikke resulterer i større yderligere udledninger. Derudover vil der forekomme elimport fra Storbritannien via en ny udlandsforbindelse til Storbritannien, der forventes etableret primo 2024. Der vil også importeres el fra Tyskland og Nederlandene.

#### *Danmarks eleksport tilbage på niveau med 2021 – stor stigning de kommende år*

Det danske elsystem eksporterer hvert år el til udlandet, hvilket betyder en reduktion i udenlandske emissioner. Der er sendt el til Norge, Sverige og Tyskland i 2021 som i de to foregående år, selvom der også blev importeret endnu mere el samlet set fra disse lande. Den danske elproduktion resulterede i en eksport på 2,0 TWh til udlandet i 2021. Sammenlignet med året før betyder det, at eleksporten steg med 0,7 TWh i 2021, hvilket skyldtes en væsentlig større eleksport til Tyskland og Nederlandene. Eksempelvis var eksporten til Tyskland over 70 pct. højere i 2021 i forhold til 2020.

**Figur 6:** Dansk eleksport fordelt på lande Danmark importerer fra. En stor del af dansk eleksport vil i stigende grad eksporteres til Tyskland, jf. forudsætningerne i KF23.



**Kilde:** Energistyrelsen

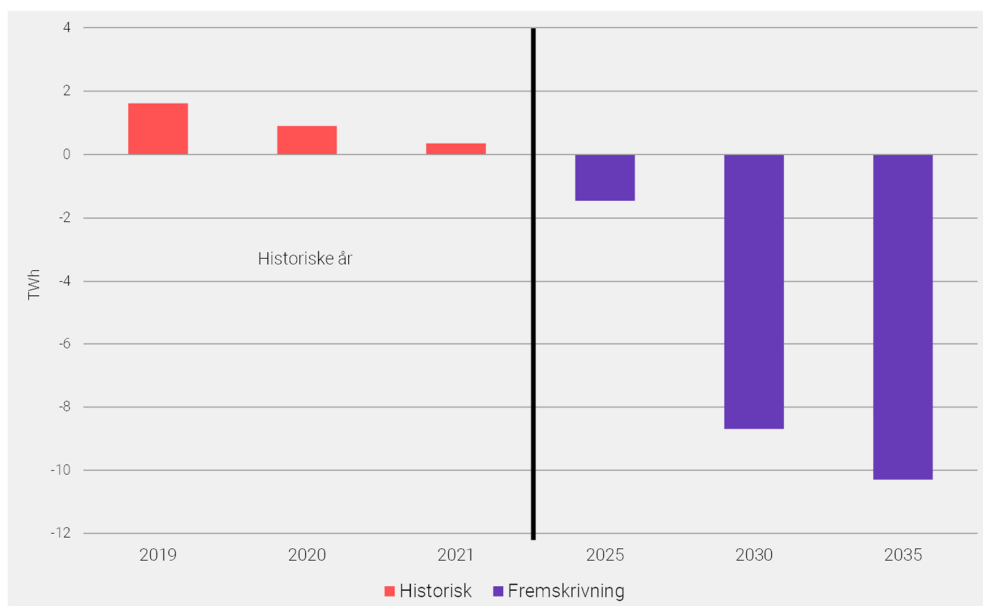
I fremskrivningsperioden (2022-2035) begynder Danmark at eksportere større mængder el til udlandet. Generelt kan det ses i figur 6, at der på baggrund af forudsætningerne i KF23 estimeres en ca. fordobling af dansk eleksport frem mod 2025 og mere end en tidobling i 2030 sammenlignet med 2021. Den store stigning i fremskrivningsperioden hænger bl.a. sammen med, at flere havvindmølleparker formodes at komme i drift i løbet af 2020'erne samt Energiø Bornholm i 2030.

Ligesom det var tilfældet i de historiske år, vil der fortsat eksporteres el til Danmarks nabolande. Det er dog især Tyskland, hvor dansk elproduktion eksporteres hen i løbet af 2020'erne, idet omkring 50 pct. af dansk eleksport sendes til Tyskland i fremskrivningsperioden.

#### *Tyskland formodes at gå fra primært at eksportere til Danmark til at importere*

Som nævnt ovenfor spiller Tyskland en stor rolle i resultaterne for eksporten i de kommende år. I de tre seneste år har Danmark nettoimporteret el fra Tyskland, men dette billede vil ifølge analysen i fremtiden være omvendt. I figur 7 kan det ses, at dansk eludveksling går fra at være nettoimportør på det tyske elmarked til nettoeksportør i 2025. Denne udvikling formodes at blive forstærket frem mod 2030, hvor eksporten til især Tyskland stiger (baseret på forudsætningerne i KF23).

**Figur 7:** Historisk har vi importeret mere el fra Tyskland end vi har eksporteret. Det billede ændrer sig i løbet af 2020'erne, hvor Danmark vil eksportere mere el end vi importerer til det tyske elnet



**Kilde:** Energistyrelsen

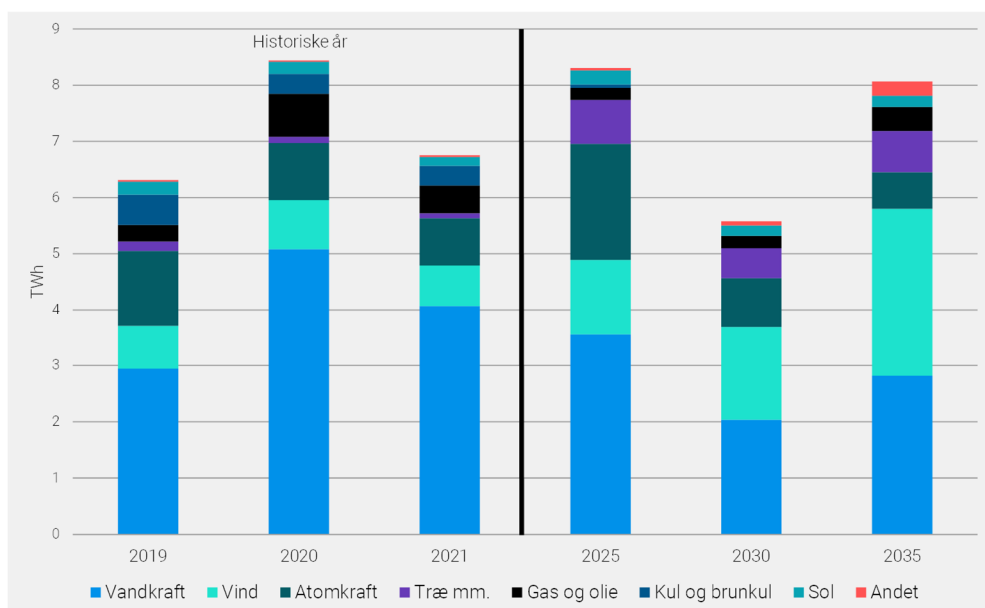
Det bemærkes, at danske vindmøller i et omfang er blevet nedreguleret de seneste par år. Danmark eksporterede ca. 3 TWh (Energinet, 2022b) færre til Tyskland i 2020 end muligt pga. specialregulering af vindenergi for at løse udfordringer med flaskehalse i det tyske interne elnet<sup>14</sup>. Hvis den nedregulerede el var eksporteret til Tyskland, kunne det teoretisk have resulteret i større eksport og færre emissioner i udlandet pga. reduceret drift på fx et kulkraftværk i Tyskland. Fremskrivningerne tager ikke højde for denne nedregulering, og forventes at overestimere eksporten til Tyskland i det omfang flaskehalsproblemerne ikke bliver løst.

Fremskrivningsårenes udvikling i udlandet, herunder Tyskland, er baseret på scenarier fra ENTSO-E. Med disse scenarier er der taget højde for den Europæiske aftale "fit for 55", som forpligter EU til at reducere sine udledninger med 55 pct. i 2030. Scenarierne fra ENTSO-E betyder en hurtigere grøn omstilling af Europa, hvilket betyder, at effekterne på udlandets udledninger fra dansk eludveksling vil være aftagende i størrelse, eftersom der er mindre fossil energi at erstatte samt mere VE i udlandet.

#### Danmark importerer vandkraft fra nord

Figur 8 viser dansk elimport opgjort på teknologi- og brændselstype, og indikerer hvilke teknologier, Danmark importerede el fra. Det ses bl.a., at elimporten hovedsageligt sker på tidspunkter, hvor el er baseret på vandkraft i 2021, men også i de forrige to år.

**Figur 8:** Dansk elimport i historiske og fremskrivningsår opgjort på teknologi- og brændselstype baseret på elmikset i udlandet på de tidspunkter, hvor vi importerer.



<sup>14</sup> Betydningen af flaskehalsene i det tyske elnet er nærmere belyst under usikkerheder i afsnit 5.

**Kilde:** Energistyrelsen

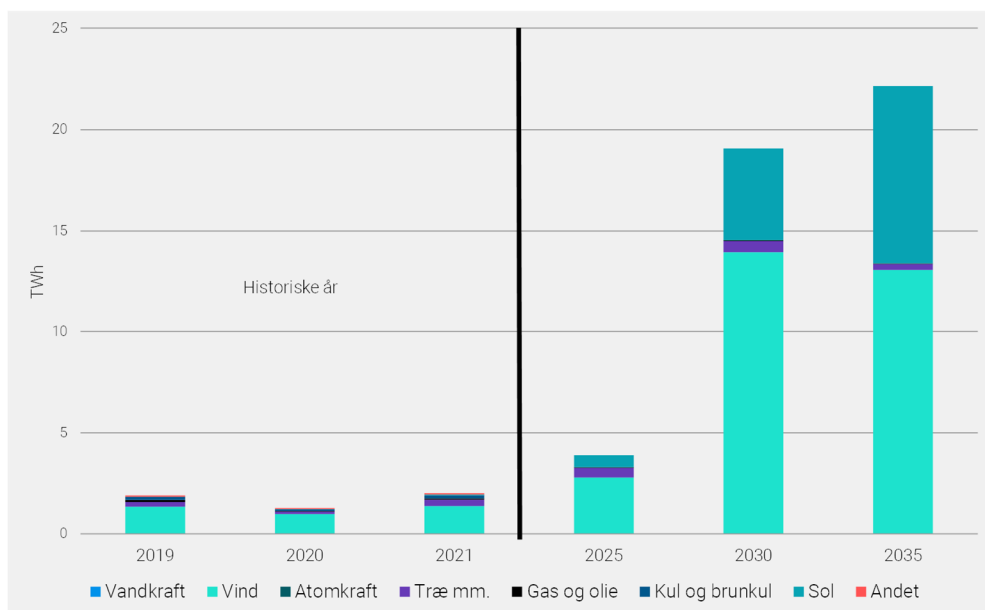
Ligeledes viser figur 8, at Danmark i dag importerer el på tidspunkter og fra lande, hvor vandkraften er hovedbestanddelen i elmikset, mens vindkraft vil få en stigende andel af importen fremadrettet. Elmikset i importen til Danmark forventes at blive grønnere og grønnere, bl.a. pga. den stigende mængde vindkraft. Dette er bl.a. en af årsagerne til, at den estimerede effekt fra dansk eludveksling (nettoudledningerne) falder i fremskrivningsperioden.

På trods af en stigende mængde vindkraft i udlandets elmiks vil der være stor korrelation mellem danskproduceret el fra vindkraft og udlandets produktion fra vindkraft. Derfor vil der, når det danske forbrug skal dækkes, importeres el fra andre kilder. Her vil gas indgå især fra Tyskland og Nederlandene. Dette giver en udledning i udlandet for at dække det danske forbrug.

#### *Danmark vil fortsat eksportere, når der er meget vindkraftproduktion*

Det fremgår af figur 9, at den danske eleksport historisk og frem mod 2035 vil ske på tidspunkter, hvor vindkraft er dominerende i det danske elsystem. Eleksport fra vind er mellem 60 og 75 pct. af den samlede eleksport fra Danmark i fremskrivningsperioden. Det ses også, at el produceret fra solceller kommer til at fylde mere frem mod 2035. Eleksporten fra solceller nærmer sig 40 pct. frem mod 2035, og eleksport på vind og sol bliver dominerende.

**Figur 9:** Eleksport fra Danmark opgjort på teknologitype baseret på det danske elmiks på de tidspunkter hvor vi eksporterer. Danmark vil i stigende grad sende el ud, når der er elproduktion på vind og sol, jf. forudsætningerne i KF23.



**Kilde:** Energistyrelsen

### 4.3 Effekten ved yderligere dansk eleksport fra vedvarende energi

Dette afsnit udfolder hovedresultaterne fra afsnit 2.3: Effekten ved en yderligere dansk eleksport fra VE eller import til at dække et øget dansk elforbrug. Resultater for emissioner er baseret på marginalmetoden beskrevet i afsnit 3 og tager dermed udgangspunkt i beregninger af, hvilke elproduktionsanlæg i Nordeuropa der justeres, hvis dansk elhandel med udlandet justeres set ift. KF23. Resultaterne belyser effekten i udlandet af fremtidige ændringer i Danmarks eleksport og elimport. Metoden er anderledes end i afsnit 4.1 og 4.2, der er baseret på balancemetoden og ikke ser på en ændring men på ét års samlede udledninger.

Når der sker ændringer i det danske elsystem enten ved nye initiativer, som øger elforbruget, eller der etableres flere havvindmøllerparker, påvirker det ikke kun det danske elsystem. Hvis Danmark skulle øge elproduktionen uden tilsvarende stigning i indenlandsk elforbrug, ville en del af elektriciteten eksporteres til udlandet, og dermed reducere udlandets udledninger fra elproduktionen. Omvendt vil et øget elforbrug uden en tilsvarende stigning i elproduktionen alt andet lige resultere i, at dele af elektriciteten må importeres fra udlandet, og dermed øge udledningerne i udlandet.

Der skal altid være balance mellem elforbrug og –produktion i elsystemet. Det betyder, at der på alle tidspunkter er et anlæg, som producerer den sidste kWh til at dække elforbruget, dvs. det marginale elproducerende anlæg. Et øget elforbrug i Danmark – uden tilsvarende stigning i indenlandsk elproduktion – vil medvirke til, at udlandet i større grad skal dække elforbruget i Danmark, hvorfor der på kort sigt opreguleres for anlæg i udlandet. Det marginale anlæg skal her forstås som et gennemsnit af de marginale anlæg fra flere lande, og ikke som ét specifikt anlæg.

I dette afsnit vil effekten af ændringer i dansk eludveksling belyses vha. en beregningsteknisk opgørelse baseret på udlandets marginale emissionsfaktor (emissionsfaktoren for det marginale elproducerende anlæg) baseret på KF23.

#### *Øget dansk eleksport har effekt i udlandet – men den reduceres over tid*

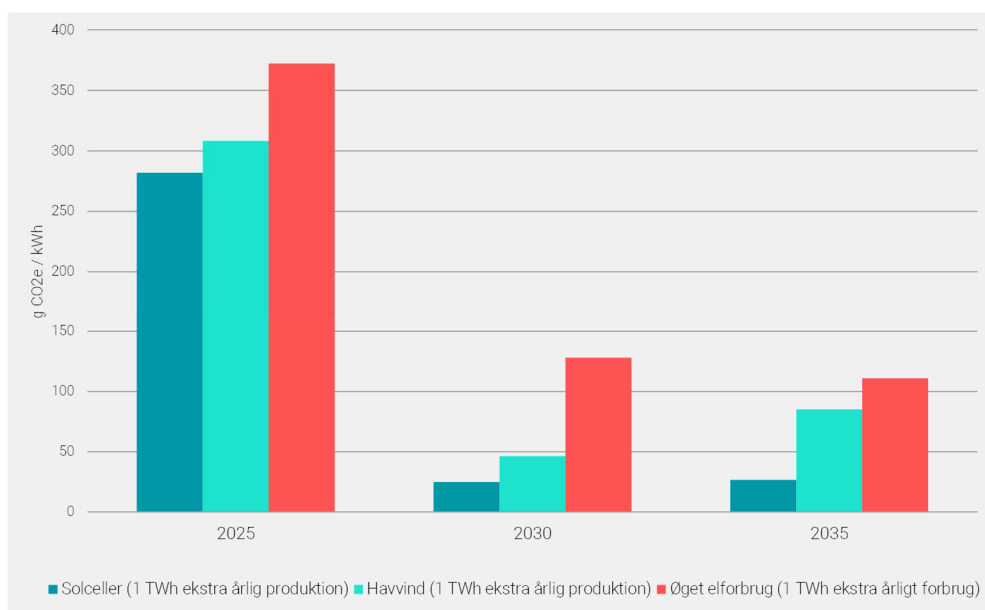
I figur 10 præsenteres analysens resultater i form af udlandets emissionsfaktor ved øget elforbrug eller elproduktion i Danmark<sup>15</sup>. De første to søjler (hhv. sol eller havvind) i figur 10 viser udlandets marginale emissionsfaktorer ved øget dansk elproduktion for årene i fremskrivningsperioden. Det betyder, at en fremtidig ændring resulterende i en øget eksport af dansk el, vil reducere emissioner fra udenlandske elproduktionsanlæg. Søjlerne viser emissionsfaktoren ved at installere flere solceller eller havvindmøller, dvs. ved øget eleksport.

---

<sup>15</sup> Det er antaget for både elproduktion og elforbrug at stigningen sker i 2022 og er konstant for resten af fremskrivningsperioden.

Figuren viser også indikationer på, at klimaeffekten i udlandet af en eventuel øget eleksport af dansk grøn elektricitet (havvind eller sol) vil være faldende over tid. Det skyldes, at udlandets elproduktion i større grad vil blive baseret på grøn energi på sigt. Det resulterer i, at selvom Danmark skulle eksportere mere grøn el løbende, så vil det i mindre grad erstatte elproduktion på fx et termisk værk i udlandet for fremtiden, og dermed resultere i en faldende effekt over tid.

**Figur 10:** Emissionsfaktoren i figuren er den marginale elproduktion fra det gennemsnitlige marginale elproduktionsanlæg. I dag er det marginale anlæg typisk et termiske værker, men i fremtiden vil det i større grad være vind og sol



**Kilde:** Energistyrelsen. **Anm.:** Emissionsfaktoren for hhv. øget elforbrug eller elproduktion (Vind eller sol) har modsatrettede effekt, idet øget elforbrug øger den marginale emissionsfaktor, hvor øget elproduktion reducerer udlandets gennemsnitlige udledninger.

#### *Klimaeffekt fra en øget dansk elimport er ligeledes faldende over tid.*

Klimaeffekten i udlandet af en situation, hvor Danmark *importerer* mere el fra udlandet end forudsat i KF23, vil også være faldende over tid. Årsagen er den samme som nævnt ovenfor for øget eleksport, nemlig at udlandets elproduktion frem mod 2035 forudsættes at blive grønnere, og har fx færre værker som producerer på kul eller brunkul. Det har den betydning, at ved en ændring, hvor Danmark øger sin import af el, vil en stigende del af elektriciteten være baseret på vedvarende energikilder, også i udlandet. Derfor kan man i figur 10 se, at den marginale emissionsfaktor i udlandet er faldende for direkte stigning i elforbrug, dvs. øget dansk elimport.

#### 4.4 Energiøer

Udbygning med energiøer i Nordsøen og Østersøen med dertilhørende eleksport forventes til dels at fortrænge fossilt energiforbrug i andre lande. Når Danmark eksporterer grøn el til udlandet, reducerer det udledningerne i udlandet, fordi landene omkring os kan skrue ned for produktionen af el baseret på fossil energi. Danmark vil eksportere mere grøn energi i fremtiden med beslutningen om at bygge verdens første energiøer.

Med aftalen "Tillægsaftale om Energiø Bornholm den 29. august 2022" er energiøen ved Bornholm medtaget i grundforløbet i KF23. Som følge af tillægsaftalen bliver Energiø Bornholm udvidet fra 2 til 3 GW. Energiøen ved Bornholm forventes at blive tilsluttet i 2030 med en kapacitet på 3 GW.

Energiøen i Nordsøen anses på nuværende tidspunkt stadig at være i planlægningsfasen, og der foreligger ingen endelig aftale omkring etableringen. Derfor er energiøen i Nordsøen endnu ikke medtaget i KF23s grundforløb, og derfor heller ikke i denne analyse. Det forventes, at energiøen ville skulle fungere som knudepunkt for distribution af energi til Danmark og andre lande, hvilket forudsætter enten forbindelser til udlandet, eller markant øget elforbrug i Danmark (fx gennem PtX). Med vedtagelse af regeringens Power-to-X-strategi (KEFM, 2022) er aftalepartierne enige om, at Danmark skal sigte efter 4-6 GW elektrolysekapacitet i 2030. Dette ville kunne bidrage til en markant forøgelse af Danmarks elforbrug, men indgår kun i begrænset omfang i KF23.

En del af energiøernes elproduktion vil øge dansk eleksport med nuværende forudsætninger for udlandets elforbrug i KF23, men der kan inden etableringen af energiøerne nå at ske væsentlige udviklinger i både det danske og udenlandske energisystem. Generelt har energiøerne dog til hensigt at muliggøre en øget eksport af Danmarks havvind, hvilket forventes at bidrage positivt til hastigheden og omfanget af Europas samlede grønne omstilling. Dertil skal bemærkes, at energiøerne kan have en langsigtet global reduktionseffekt i det omfang, at udviklingen af konceptet omkring energiøerne kan inspirere andre dele af verden til at være mere ambitiøse med udbygningen af havvind. Samtidig vil der være mulighed for teknologiudvikling i forbindelse med etableringen af energiøerne, hvilket også indirekte kan få betydning for de globale udledninger.

I takt med en forventet omfattende elektrificering af samfundet i Danmark og udlandet, vil det muligvis også være relevant at anskue eludveksling i et større perspektiv – også ifm. etablering af energiøerne. Planer for en betydelig udbygning af Power-to-X i EU og Danmark åbner således for, at man potentielt kan nyttiggøre endnu mere af Danmarks VE-ressourcer. I stedet for at eksportere elektriciteten direkte til udlandet, kan der også eksporteres grønne brændsler til udlandet. Der vil altså være en sammenhæng mellem eksport af energi i form af brændsler og



eksport af energi i form af el, som tilsammen kan gøre, at Danmarks VE-udbygning kan øges, hvilket kan være til fordel for både Danmark og vore nabolande.

#### 4.5 Sammenligning af resultater med sidste års globale afrapportering

Sidste års globale afrapportering inkluderede for eludveksling resultater ved brug af en gennemsnitsmetode samt ved brug af marginalmetoden. I dette års afrapportering er gennemsnitsmetoden ændret (til balancemetoden). Resultaterne for gennemsnitsmetoderne i hhv. GA22 og GA23 kan derfor ikke sammenlignes. Nedenstående sammenligning med GA22 er derfor afgrænset til marginalmetoden.

Det er kun muligt at sammenligne emissionsfaktorerne for udenlandsk el ved enten øget elforbrug eller elproduktion i Danmark, som alt andet lige medfører enten øget elimport eller eksport. I tabel 5 sammenlignes udlandets gennemsnitlige marginale emissionsfaktorer ved ændringer i det danske elsystem for GA22 og GA23. Forudsætningerne, som ligger til grund for GA22 og GA23, er ikke direkte sammenlignelige, idet det er hhv. KF22 og KF23, som anvendes. Der er mellem KF22 og KF23 sket en opdatering af brændselspriserne samt dansk elforbrug og elproduktion, og for udlandet er der lagt et nyt datasæt ind for elproduktionsapparatet<sup>16</sup>, hvorfor sammenligningsgrundlaget ikke er identisk.

På trods af forskelle i forudsætningsgrundlaget indikerer tallene, at både øget dansk elimport og –eksport har en markant mindre effekt på udlandets udledninger sammenlignet med sidste års globale afrapportering. Dette skyldes bl.a. en opdatering af forudsætningerne for brændselspriser, inden- og udenlandsk elforbrug samt elproduktion.

**Tabel 5:** Udlandets gennemsnitlige marginale emissionsfaktorer ved hhv. øget elproduktion og øget elforbrug i Danmark. Resultat af sammenligning med GA22

Udlandets gennemsnitlige marginale emissionsfaktor (g CO <sub>2</sub> /kWh)	Sammenligning af marginalmetoden (2030)	
	GA22	GA23
Øget elproduktion (Vind) <i>+1TWh årlig elproduktion</i>	210	46
Øget elforbrug <i>+1TWh elforbrug</i>	260	128

**Kilde:** Energistyrelsen

<sup>16</sup> TYNDP2022 fra den europæiske sammenslutning af transmissionsansvarlige (ENTSO-E)



## 5. Kvalificering

### 5.1 Usikkerhed

Opgørelsen af klimaeffekten af den danske eludveksling frem mod 2035 er behæftet med stor usikkerhed. Dels er resultaterne betinget af det anvendte scenarie for udviklingen i elproduktionskapacitet og elforbrug i udlandet såvel som i Danmark. Et grønnere udland vil fx betyde lavere udenlandske CO<sub>2</sub>-udledninger for at dække det danske elforbrug, mens et mere konservativt udland vil betyde en større CO<sub>2</sub>-udledning i udlandet for at dække dansk elforbrug. Dertil har især fremskrivningen af brændselspriserne betydning for, hvilke anlæg driften ændres på, når dansk eksport ændrer sig.

Ser man på en ændring af eksporten (marginalmetoden) kan størrelsen af ændringen af eksporten også have betydning for resultatet. Hvis ændringen i eksporten er dobbelt så stor, vil der være flere anlæg, der reducerer deres drift, og det kan give en anden sammensætning af fortrængt elproduktion.

I de næste afsnit uddybes specifikke usikkerheder, som vurderes at have væsentlig betydning for resultaterne i analysen.

#### *Afgrænsninger ift. forudsætninger for udlandet*

Udlandets og især Danmarks nærmeste elhandelspartnere har relativ stor betydning for analysens resultater. I den forbindelse skal det bemærkes, at forudsætningerne for udviklingen i de andre europæiske elsystemer er baseret på TYNDP2022 og ERAA2022, der i et vist omfang tager højde for politiske udmeldinger fra de seneste år. Ud over en hurtigt udviklende energisektor har Ukraine-situationen også skabt øget usikkerhed på energimarkederne, hvilket yderligere afgrænser analysens robusthed. Dog kan fremskrivningen stadig skabe indsigt og give en indikation på, hvordan dansk eludveksling påvirker udlandets gennemsnitlige udledninger.

#### *Håndtering af transitflow mht. fremskrivningsperioden*

I analysen med balancemetoden er der ikke taget højde for, hvorvidt elektriciteten, Danmark importerer, rent faktisk er produceret i det land, som der importeres fra eller om elektriciteten oprindeligt er produceret i et tredjeland.

Det betyder, at når Danmark importerer fra fx Tyskland, er det muligt at en del af elimporten til Danmark blot anvender det tyske elnet som transit fra et tredje land.

Det er en begrænsning, at det i dette tilfælde er Tysklands gennemsnitlige emissioner, som anvendes på tidspunkter, hvor Danmark importerer fra Tyskland, selvom dele af elektriciteten kan være videreproduceret i et tredje land.

### *Energiø Nordsøen er ikke en del af grundforløbet i KF23*

I *Klimaaf tale for energi og industri mv. 2020* (KEFM, 2020b) indgår etablering af bl.a. to energiøer, hhv. Energiø Nordsøen og Bornholm. Energiøen i Nordsøen anses på nuværende tidspunkt stadig at være i planlægningsfasen, og der foreligger ingen endelig aftale omkring etableringen. Derfor kan energiøen endnu ikke medtages i KF23s grundforløb, og derfor heller ikke direkte i dette notat. Energiø Bornholm indgår efter "Tillægsaftale om Energiø Bornholm den 29. august 2022" i KF23s grundforløb. Energiøerne vil øge dansk elproduktion væsentligt, når de etableres, og forventeligt også elektricitetsnettet. Der er derfor en vis ekstra usikkerhed forbundet med resultaterne for den sidste del af fremskrivningsperioden.

### *Reduktioner inden for kvotesektoren giver reel klimaeffekt*

Elsektoren i EU er omfattet af EU's kvotehandelssystem og en mindre udledning fra kulkraftværkerne medfører, at der opstår et større overskud af CO<sub>2</sub>-kvoter i EU's kvotehandelssystem. Imidlertid er vurderingen, at dette større overskud kun i meget begrænset omfang sænker kvoteprisen og dermed fører til, at udledningen øges andre steder i kvotesektoren. Dermed vil det have en reel klimaeffekt, når eksport af dansk grøn el reducerer kulkraftproduktion i udlandet. Det skyldes, at kvotehandelssystemet sørger for hvert år at "opsuge" 24 pct. af kvoteoverskuddet på markedet.

### *Interne problemer på det tyske elnet og sammenhængen til dansk eludveksling*

Som beskrevet under afsnit 3. "Metode og antagelser", er grundlaget for fremskrivningen inden for både balancemetoden og marginalmetoden resultater fra Ramses, som modellerer elmarkedet (svarende til day-ahead spotmarkedet). Elproduktionen i Europa er primært styret efter elmarkedet, hvilket gør Ramses resultater til et godt bud, men TSO'erne er ofte nødt til at foretage regulering i elproduktionen for at undgå overbelastning på elledningerne.

Normalt er reguleringen meget lille i forhold til den samlede elproduktion. Dette gælder dog ikke altid for Tyskland, der i elmarkedet fungerer som én priszone, dvs. at alle producenter i Tyskland samt eludveksling med nabolandene er ligestillede på elmarkedet uden hensyntagen til flaskehalse i det interne elnet i Tyskland.

De eksisterende flaskehalse i transmissionsnettet mellem det nordlige og sydlige Tyskland skaber situationer på elmarkedet, hvor clearing på markedet giver en elproduktion, som det tyske elnet ikke kan håndtere. Disse situationer opstår når der er en høj elproduktion fra vindmøller i Nordtyskland, hvilket giver et stort behov for transmission til Sydtykland. Da der er en stor korrelation mellem vindproduktion i Nordtyskland og Jylland, vil markedsclearing i disse situationer give en stor elimport fra Vestdanmark til Tyskland, som yderligere sætter pres på det tyske elnet. Den tyske TSO gør derfor brug af nedregulering i Nordtyskland og i bl.a. Danmark for at undgå overbelastning i på det tyske elnet.



I 2020 blev der foretaget en nedregulering på i alt 3 TWh i Danmark, hvor de 1,5 TWh blev ydet af vindmøller, som undlod at producere pga. interne flaskehalse i Tyskland. Det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at forudsige, hvor længe der fortsat vil være behov for nedregulering i samme størrelsesorden som i 2020. Dette afhænger af, hvorvidt det tyske elnet bliver forstærket og hvornår, eller om den tyske priszone bliver opdelt i mindre priszoner, der tager højde for de fysiske forhold i elnettet.

I Ramses er det forsøgt at modellere de interne flaskehalse i Tyskland ved brug af en tilgængelighedsprofil for forbindelsen mellem Jylland og Tyskland, som sænker kapaciteten på transmissionskablet. Fra 2028 antages det, at de interne flaskehalse i det tyske net er løst, og der er fuld tilgængelighed på forbindelsen. Tyskland er en vigtig del af grundlaget for, at dansk elhandel har en positiv klimapåvirkning i udlandet, og det er derfor en væsentlig præmis for de fremskrevne resultater for elhandel i GA23, at der tages højde for Tysklands flaskehals.

## 5.2 Følsomhedsanalyser

Følsomhedsanalyserne dækker fremskrivningsperioden, eftersom det er denne del af resultaterne, der er størst usikkerhed omkring. Beregningerne er foretaget for 2030. Der er gennemført følsomhedsanalyser for hhv. balancemetoden og marginalmetoden. Resultaterne for følsomhedsberegningerne er beskrevet og vist i bilaget.

### *Følsomhedsanalyse for balancemetoden*

En række følsomhedsberegninger er foretaget omkring de centrale forløb for at teste robustheden af resultaterne. Følsomhedsberegningerne viser, at det centrale forløb er robust ift. ændringer i CO<sub>2</sub>-kvotepriisen samt øget produktion fra vind- og vandkraft. De tre omtalte følsomheder varierer mellem 0-5 pct. mhp. netto-udledningerne sammenlignet med det centrale forløb i 2030. Til gengæld viser følsomhedsberegningerne, at resultaterne er relativt følsomme over for ændringer i klimaår samt mindre vind og nedbør. Det skyldes en forskel i produktionsmønstre fra vind-, sol- og vandkraft. En ændring i klimaår ændrer netto-udledningerne med 24 pct. ift. centralforløbet og mindsket nedbør ændrer netto-udledningerne med 14 pct.

### *Følsomhedsanalyse for marginalmetoden*

En række følsomhedsberegninger er foretaget omkring de centrale forløb for at teste robustheden af resultaterne. På baggrund af følsomhedsberegningerne konkluderes det, at resultaterne er meget følsomme over for klimaåret, især ved forøget elproduktion. En ændring i vind- og vandkraftproduktion i Danmark og udlandet ændrer produktionen fra vind- og vandkraft, og de fossile anlæg vil have flere eller færre driftstimer. Dette har dog kun nævneværdig betydning ved en forøgelse af vind- og vandkraft, hvilket reducerer den marginale emissionsfaktor i udlandet ift. centralforløbet. Begrænses vind- og vandkraften skal de fossile anlæg derimod kompensere, men dette har ikke mærkbar effekt pga. den allerede store udbygning af

VE i 2030. Følsomhedsberegninger på CO<sub>2</sub>-kvoter viser, at både en forøgelse og en sænkning af CO<sub>2</sub>-kvoteprisen medfører en forøgelse af udlandets marginale emissionsfaktor. Ved en forøgelse af CO<sub>2</sub>-kvoteprisen stiger forbruget af gas imens forbruget af kul falder, på samme tid med at elproduktion fra vedvarende kilder forbliver relativt ens. Det modsatte gør sig gældende når CO<sub>2</sub>-kvoteprisen sænkes.

### 5.3 Perspektivering

Der eksisterer ikke nogen universel og fyldestgørende metode til at opgøre, hvordan et lands eludveksling påvirker udlandets udledninger. Analysen præsenteret i dette notat har anvendt hhv. en gennemsnitsmetode (balancemetoden) og en marginalmetode. Gennemsnitsmetoden søger at opgøre den samlede klimaeffekt af et års dansk eludveksling. Marginalmetoden anvendes til at undersøge, hvad ændringer i elsystemet muligvis ville kunne betyde, altså hvilke anlæg, som evt. tændes eller slukkes ved ændringen.

Der vil fortsat blive udviklet på opgørelsen af dansk eludvekslings klimapåvirkning. En del af dette er muligheden for en større detaljegrad vedr. teknologi, lande og emissionsfaktorer.

## 6. Kilder

- Energinet. (2020). *Miljødeklaration 2020*. Energinet.
- Energinet. (2021). *Revisionspraksis, Miljø- og eldeklaration*. Energinet.
- Energinet. (2022a). *Energi data service - Production and Consumption - Settlement*.  
Hentet 21. april 2022 fra <https://www.energidataservice.dk/tso-electricity/productionconsumptionsettlement>
- Energinet. (2022b). *Nedreguleret hos danske aktører*. Hentet 21. april 2022 fra <https://energinet.dk/-/media/14D743CB30764B7C965823F049573F75.pptx>
- ENS. (2016). *Notat om opdatering af elhandelskorrektion*. Energistyrelsen.
- ENS. (2020). *Energistatistik 2019*. Energistyrelsen.
- ENS. (2021). *Månedlig elstatistik*.
- ENS. (2022a). *Klimastatus og -fremskrivning 2022*. Energistyrelsen.
- ENS. (2022b). *Klimastatus og -fremskrivning 2022 (KF22): Ny politik, der indgår i KF22, samt politik der ikke indregnes*. Energistyrelsen.
- ENS. (2022c). *Klimastatus og -fremskrivning 2021 (KF22): Ramses modellen*.  
Energistyrelsen.
- FM. (2021). *Investeringer i et fortsat grønnere Danmark (4. december 2021)*.  
Finansministeriet.
- FT. (2021). *V 22 Om regeringens fremtidige klimapolitiske initiativer set i lyset af redegørelsen for klimaeffekter*. Folketinget.
- KEFM. (2012). *Aftale om den danske energipolitik 2012-2020*. Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.
- KEFM. (2018). *Energiaftale af 29. juni 2018*. Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet.
- KEFM. (2020a). *Lov om klima*. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet.
- KEFM. (2020b). *Klimaaftale for energi og industri mv. 2020 af 22. juni 2020*. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet.
- KEFM. (2022). *Udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer (Power-to-X strategi)*. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet.



## 7. Bilag

Følsomhedsanalyserne dækker fremskrivningsperioden, eftersom det er denne del af resultaterne, der er størst usikkerhed omkring. Beregningerne er foretaget for 2030. Der er gennemført følsomhedsanalyser for hhv. balancemetoden og marginalmetoden.

### *Følsomhedsanalyse for balancemetoden*

En række følsomhedsberegninger er foretaget omkring de centrale forløb for at teste robustheden af resultaterne. Beregningerne baseres på følgende seks følsomhedsscenarier:

- Scenarie A: CO<sub>2</sub>-kvoteprisen øges 10 pct.
- Scenarie B: CO<sub>2</sub>-kvoteprisen reduceres 10 pct.
- Scenarie C: Øget vind og nedbør. Elproduktion i alle områder i modellen er 115 pct. for vindkraft og 115 pct. for vandkraft set ift. normalåret.
- Scenarie D: Mindsket vind og nedbør. Elproduktion i alle områder i modellen er 85 pct. for vindkraft og vandkraft set ift. normalåret.
- Scenarie E: Klimaår ændret til 2009, hvilket ændre el produktions mønster for vind- og vandkraft.
- Scenarie F: Klimaår ændret til 1995, hvilket ændre el produktions mønster for vind- og vandkraft.

Resultaterne vises i tabeller nedenfor i form af procentafvigelsen i CO<sub>2</sub>-emissionsfaktoren ift. det centrale forløb i 2030.

**Tablet 6:** Resultater af følsomhedsberegningerne på effekten på netto-udledningerne med balancemetoden i 2030

Scenarie 2030	Netto-udledninger (mio. ton CO <sub>2</sub> )	Variation ift. centralt forløb
Centralt forløb	-0,21	-
Scenarie A (Højere kvotepris)	-0,22	5 pct.
Scenarie B (Lavere kvotepris)	-0,21	0 pct.
Scenarie C (øget vind og nedbør)	-0,21	0 pct.
Scenarie D (mindsket vind og nedbør)	-0,18	-14 pct.
Scenarie E (Klimaår 2009)	-0,26	24 pct.
Scenarie F (Klimaår 1995)	-0,26	24 pct.

**Kilde:** Energistyrelsen

På baggrund af følsomhedsberegningerne konkluderes det, at:

- Ved højere kvotepriser har Danmark en højere eleksport, hvilket afspejles i lavere nettoudledninger som følge af, at el produceret på gas reduceres i udlandet sammenlignet med det centrale forløb. Til gengæld stiger produktionen fra gas ikke betydeligt ved at sætte kvoteprisen ned med 10 pct. Dette skyldes, at der bl.a. allerede er en stor eksport af el fra dansk

havvind i 2030 som følge af Energiø Bornholm. Derved er effekten mindre af en lavere CO<sub>2</sub>-kvotepris.

- Det centrale forløb i GA23 (og dermed også KF23) er med klimaår 2008. Ved variation af klimaår fås en lavere netto-udledning, pga. mindre import og mere eksport fra vedvarende kilder i både klimaår 2009 og 1995. Det kan ses fra tabellen, at begge klimaår giver en forskel på 24 pct. Derved er resultaterne mest følsomme overfor Klimaår.
- En øget elproduktion fra vind- og vandkraft vil ikke have en bemærkelsesværdig betydning for de samlede netto-udledninger. Dette skyldes den allerede store udbygning af vedvarende energikilder i Danmark og udland frem mod 2030. Til gengæld har en mindsket vind- og vandkraft en betydning for netto-udledningerne. Dette skyldes, at når der er mindre vind og mindre nedbør, skal der kompenseres - ofte med fossil elproduktion. I dette tilfælde vil der blive skruet op for produktionen på gasværker.

#### Følsomhedsanalyse for marginalmetoden

Ligeledes er der foretaget en række følsomhedsberegninger omkring de centrale forløb ved marginalmetoden for at teste robustheden af resultaterne. Beregningerne er baseret på de samme fire følsomhedsscenarier:

Følsomhederne foretages på hvert forløb (øget elforbrug samt øget elproduktion fra hhv. havvind og solceller). Resultaterne vises i tabeller nedenfor i form af procentafvigelse i CO<sub>2</sub>-emissionsfaktoren ift. det centrale forløb i 2030.

**Tabel 8:** Resultater af følsomhedsberegninger for marginalmetoden på emissionsfaktor i 2030

kgCO <sub>2</sub> /MWh el	Forbrug (+1 TWh)		Havvind (+1 TWh)		Solceller (+1 TWh)	
	Emissions-faktor	Forskel	Emissions-faktor	Forskel	Emissions-faktor	Forskel
Centralt forløb	128	-	46	-	25	-
Scenarie A Højere kvotepris	104	-19 pct.	49	7 pct.	27	8 pct.
Scenarie B Lavere kvotepris	116	-9 pct.	54	17 pct.	29	16 pct.
Scenarie C øget vind og nedbør	95	-26 pct.	39	-15 pct.	21	-16 pct.
Scenarie D mindsket vind og nedbør	128	0 pct.	46	0 pct.	25	0 pct.
Scenarie E Klimaår 2009	133	4 pct.	91	99 pct.	35	40 pct.
Scenarie F Klimaår 1995	130	2 pct.	69	50 pct.	41	64 pct.

Kilde: Energistyrelsen

På baggrund af følsomhedsberegningerne konkluderes det, at:

- Ved en lavere kvotepris øges elproduktionen fra kul og brunkul i udlandet og elproduktionen fra gas falder. Det omvendte gør sig gældende ved forøgelse af CO<sub>2</sub>-kvoteprisen. Her falder elproduktionen fra kul og brunkul, men til gengæld stiger elproduktionen fra gas. Derved stiger landets marginale udledningsfaktor ved både at hæve og sænke CO<sub>2</sub>-kvoteprisen.
- Resultaterne for følsomhedsberegningerne viser, at grundforløbet er meget robust over for et fald i udenlandsk vind og nedbør. Derimod er grundforløbet ikke ligeså robust ift. øget vind og nedbør. Dette er bl.a. p.g.a. en større udfasning af fossile energikilder i udlandet allerede i 2030 kombineret med en stor udbygning af vedvarende energikilder.
- Resultaterne er relativt følsomme på ekstra produktion når det kommer til klimaår. Den højere emissionsfaktor for klimaår 2009 og klimaår 1995 ved øget produktion skyldes, at selvom der er et fald i produktion fra næsten alle kilder i udlandet, så er det et større fald i produktion fra CO<sub>2</sub>-frie kilder ift. fossile kilder. Når der er øget forbrug stiger produktion fra CO<sub>2</sub>-frie kilder derimod næsten lige så meget som produktion fra fossile kilder.