

Danmarks globale klimapåvirkning - Global afrapportering 2023 (GA23): Grøn eksport og potentielle reduktioner

Kontor/afdeling
Systemanalyse

Dato
04-09-2023

Baggrundsnotat nr. 13

J nr.
/IRB

Indholdsfortegnelse

1. Rammesætning	2
2. Hovedresultater	2
2.1 Værdien af dansk eksport af grønne løsninger	2
2.2 Potentialet for CO ₂ -reduktioner fra dansk, grøn eksport	5
3. Metode og antagelser	8
3.1 Værdien af dansk eksport af grønne løsninger	8
3.2 Potentialet for CO ₂ -reduktioner fra dansk, grøn eksport	12
4. Resultater og analyse	19
4.1 Værdien af dansk eksport af grønne løsninger	19
4.2 Potentialet for CO ₂ -reduktioner fra dansk, grøn eksport	26
5. Kvalificering	32
5.1 Værdien af dansk eksport af grønne løsninger	32
5.2 Potentialet for CO ₂ -reduktioner fra dansk, grøn eksport	33
6. Kilder	36
7. Bilag	38
Bilag 1: Værdien af dansk eksport af grønne løsninger	38
Bilag 2: Potentiel klimaeffekt af dansk energiteknologiekspport	40
Bilag 3: Følsomhedsberegninger for potentiale for CO ₂ -reduktioner	41

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 negative og positive påvirkning af klimaet (KEFM, 2020). I baggrundsnotat 4 omkring drivhusgasudledninger fra dansk eksport opgøres de drivhusgasudledninger, som er forbundet med produktionen af den samlede danske eksport af varer og serviceydelser. I dette baggrundsnotat sættes der fokus på dansk eksports bidrag til reduktioner uden for Danmark. Dette gøres ved først at opgøre værdien af dansk eksport af grøn miljø- og energiteknologi samt –service. Herefter undersøges potentialet for CO₂-reduktioner fra den danske eksport af grønne energiteknologier.

Værdien af dansk eksport af grønne løsninger

Der gives her en status for værdien af den danske eksport af grøn miljø- og energiteknologi samt service. Opgørelsen er i kroner og fordeler eksporten på teknologityper og på lande. Dansk eksport af grønne løsninger udbreder flere grønne produkter og serviceydelser.

Potentialet for CO₂-reduktioner fra dansk, grøn eksport

I denne del sættes fokus på, hvor meget den danske grønne eksport af energiteknologi potentielt kan reducere de udenlandske drivhusgasudledninger med. Opgørelsen belyser hvor meget CO₂ der potentielt reduceres globalt set ift. hvis den grønne eksport ikke havde fundet sted. Der er en lang række varer, som kan tilskrives en grad af CO₂-reduktion, men denne analyse begrænser sig til at omfatte grøn energiteknologi.

2. Hovedresultater

I dette afsnit præsenteres hovedresultaterne fra opgørelsen af grønne eksportløsninger i 2022 samt den potentielle reduktion af udledninger herfra.

2.1 Værdien af dansk eksport af grønne løsninger

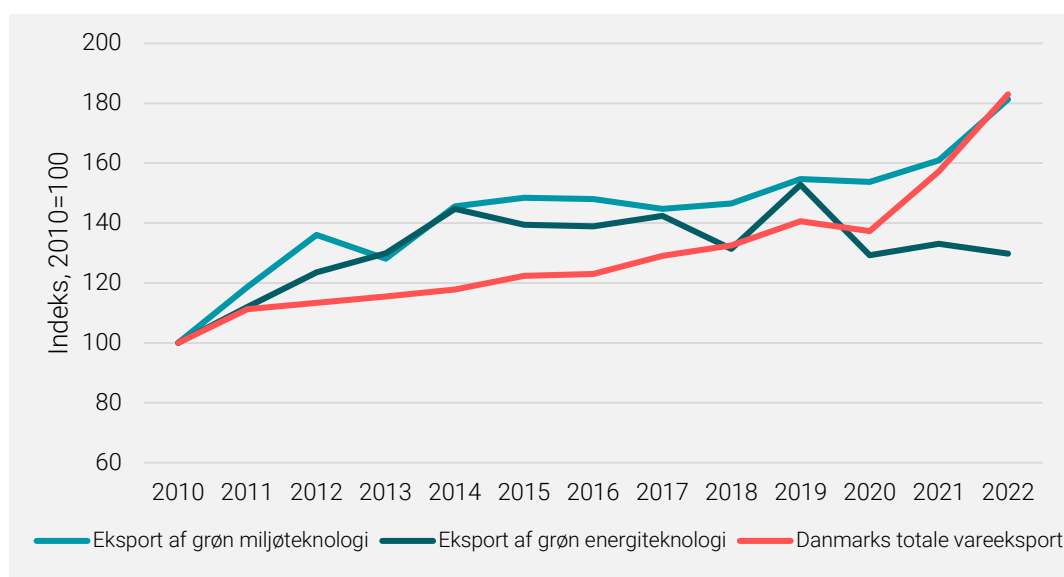
Den grønne eksport er her afgrænset til grøn energiteknologi, grøn miljøteknologi og relateret grøn service, hvor alle kan siges at bidrage positivt til reduktioner af de globale udledninger eller til miljø- og ressourcebesparelser. Grøn service dækker over serviceydelser såsom fx rådgivning eller servicering af produkter inden for grøn energi- og miljøteknologi. Det kan fx være dansk ingeniørrådgivning af projekter indenfor energi eller miljø i udlandet, eller det kan være servicering af vindmøller eller større vandprojekter i udlandet. Opgørelserne for værdi af dansk eksport af grønne løsninger er bl.a. baseret på tal fra Danmarks Statistik, Eurostat og Energistyrelsens egne beregninger.

Grøn vareeksport set ift. den samlede vareeksport

I 2022 er den danske eksport af grøn miljøteknologi opgjort til ca. 23 mia. kr. og grøn energiteknologi til godt 63 mia. kr., hvilket svarer til hhv. ca. 3 og 6 pct. af den samlede danske vareeksport. Både eksport af grøn energiteknologi og grøn miljøteknologi har været stigende siden 2010 og i en længere periode også steget relativt mere end den totale danske vareeksport.

Figur 1 viser, at den opgjorte eksport af både grøn energiteknologi og grøn miljøteknologi voksede hurtigere end den samlede danske vareeksport i de første år af den viste periode hvorefter de begge lå relativt stabilt i en årrække. Efter et mindre dyk på alle tre kurver i 2020 er den totale vareeksport og eksporten af grøn miljøteknologi vokset betydeligt og ligger nu på samme niveau i forhold til 2010. Eksporten af grøn energiteknologi har ligget uændret de sidste 3 år.

Figur 1: Eksportudviklingen af danske, grønne energi- og miljøteknologier sammenlignet med den totale vareeksport



Kilde: (Eurostat, 2023), dst samt egne beregninger.

Der kan være overlap imellem eksporten af grøn miljøteknologi og eksporten af grøn energiteknologi, og derfor kan disse ikke sammenlægges uden risiko for dobbelttælling. Af den grund bliver eksporten af de to teknologier også behandlet separat i dette baggrundsnotat. Det samme er gældende for serviceeksporten af miljø og energi.

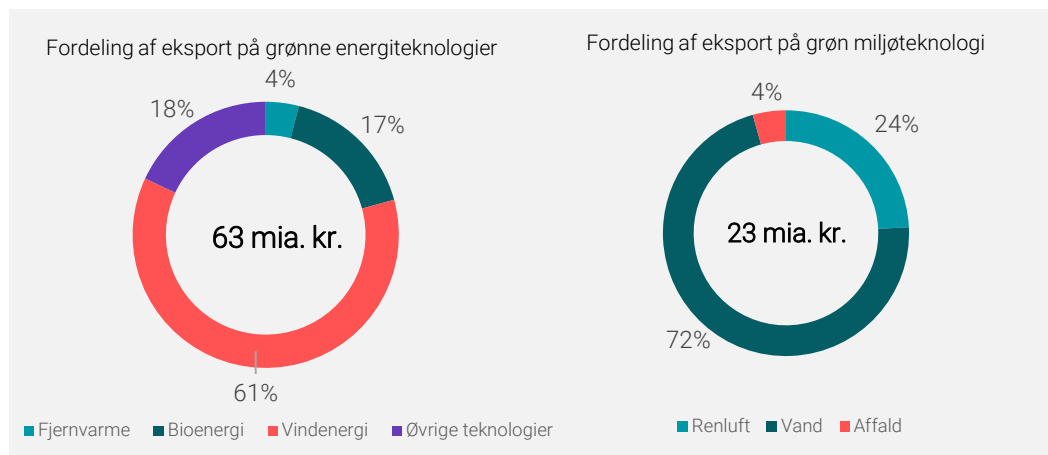
De største teknologityper inden for grøn vareeksport

Figur 2 viser den opgjorte eksportfordeling imellem teknologityperne inden for grøn energi- og miljøteknologi i 2022. Vindteknologi er opgjort til at udgøre langt den største andel af den samlede danske grønne energiteknologiekseport med en eksport på knap 39 mia. kr. Bioenergi og øvrig står for hhv. 11 og 12 mia. kr. mens den opgjorte eksport af grøn fjernvarmeteknologi er på knap 3 mia. kr.

Inden for eksport af grøn miljøteknologi er det eksport af grøn vandteknologi, som er opgjort til at udgøre den største del af den samlede danske grønne miljøteknologiekseport. Knap 19 mia. kr. er eksporten af grøn vandteknologi for 2022 opgjort til. Eksport af grøn

renluftteknologi er opgjort til 6 mia. kr. i 2022, mens eksporten af grøn affaldsteknologi er opgjort til 1 mia. kr. Grundet overlap i eksporten af renluftteknologi, vandteknologi og affaldsteknologi summer disse ikke til den samlede eksport af miljøteknologi.

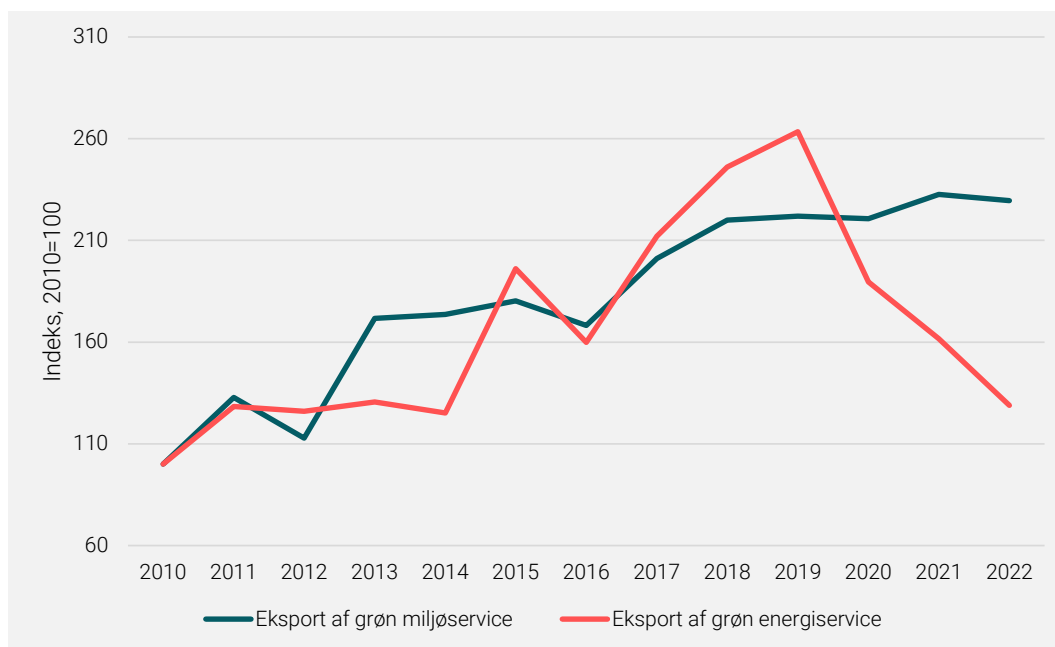
Figur 2: Eksport af grøn energiteknologi og grøn miljøteknologi fordelt på energiformer, 2022



Kilde: (Eurostat, 2023) og egne beregninger.

Figur 3 viser at opgørelsen af dansk eksport af både grøn miljøservice og grøn energiservice har været stigende fra 2010 frem til hhv. 2018 og 2019, hvorefter der er sket et fald i eksporten af grøn energiservice, mens der er sket en lille stigning i eksporten af grøn miljøservice. For 2010 er den danske eksport af grøn miljøservice opgjort til 2,2 mia. kr., og i 2022 steget til 5,1 mia. kr. Det svarer til en stigning på 130 pct. over hele perioden. Ligeledes blev eksporten af grøn energiservice opgjort til 7,7 mia. kr. for 2010 og steg til 9,9 mia. kr. i 2022, hvilket svarer til en stigning på 29 pct. over hele perioden. For energiservice ses et betydeligt fald i den opgjorte eksport efter 2019, hvilket forventes at skyldes covid-19 pandemien. Da serviceeksporten for 2021 og 2022 er fremskrevet på baggrund af vægte skabt på 2020 data, kan den fortsat slå igennem her. Den opgjorte serviceeksport for disse år vil derfor være behæftet med ekstra stor usikkerhed.

Figur 3: Eksportudviklingen af dansk, grøn energiservice samt miljøservice



Kilde: Energistyrelsens beregninger på baggrund af data fra Danmarks Statistik.

Serviceeksporten til ikke-EU-lande er en beregnet størrelse, idet der er for stor usikkerhed omkring data. Derfor vil det heller ikke være retvisende at sammenligne eksporten af energiservice og miljøservice med den samlede danske serviceeksport på samme måde som det er gjort for eksporten af teknologier.

Såvel grøn vareeksport som grøn serviceeksport er uddybet i afsnit 4.1.

2.2 Potentialet for CO₂-reduktioner fra dansk, grøn eksport

I forlængelse af den grønne eksport af miljø- og energiteknologi ovenfor belyses her hvad dansk, grøn eksport potentielt kan bidrage til af CO₂-reduktioner udenfor Danmark.

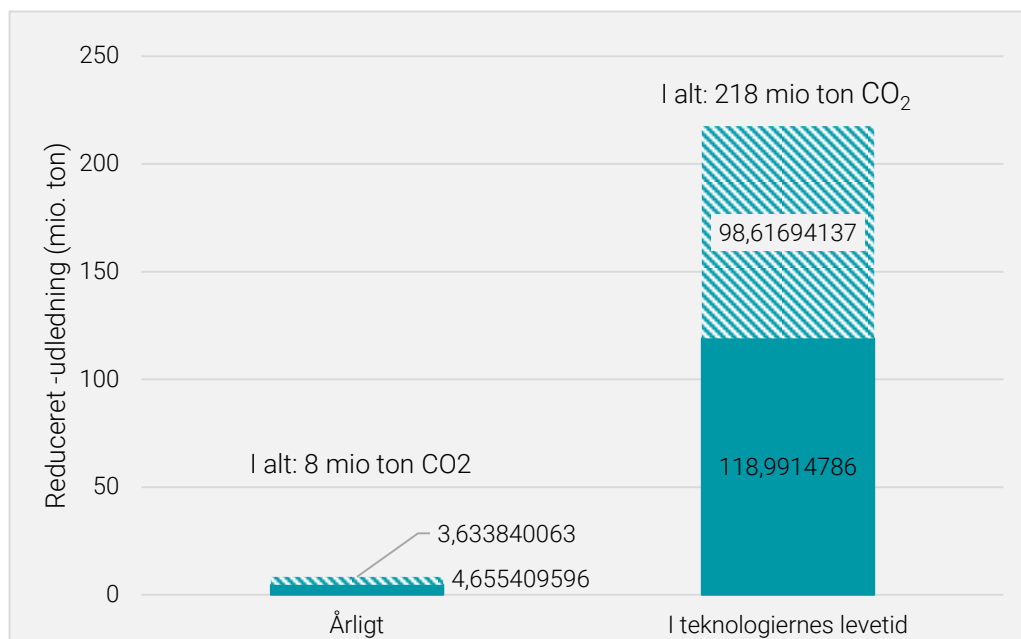
I baggrundsnotat nr. 5 "[Klimaaftrykket af eksport](#)", opgøres klimaaftrykket fra den danske eksport opgjort i form af alle udledninger fra hele værdikæden af produktionen af eksportvarer, indtil de skifter fra danske til udenlandske hænder. Opgørelsen inkluderer dog ikke hvad forbruget af varerne medfører eller potentielt reducerer af udledninger i udlandet. I nærværende analyse er fokus på brugsfasen af eksporteret, grøn, dansk energiteknologi. Der opgøres ikke hvor meget teknologien i sig selv udleder i brugsfasen, men hvor meget reduktion den potentielt kan bidrage med.

Grundstenen i analysen er en sammenligning med en hypotetisk referencesituation, hvor eksporten ikke har fundet sted. Det er væsentligt, at der er tale om et potentiale og at al den potentielle reduktion er tilskrevet vareeksporten, selvom andre aktiviteter såsom transport og installation af teknologien kan være nødvendige for at udløse reduktionen.

Opgørelse af potentialet for CO₂-reduktion i udlandet

I Figur 4 er vist hovedresultaterne af den potentielle CO₂-reduktion fra dansk eksport af grøn energiteknologi i 2022. Den ene søjle angiver, at dansk eksport af grøn energiteknologi i 2022 i ét givent år indenfor teknologiernes levetid har potentiale til at reducerer de globale udledninger med imellem 5 og 8 mio. ton CO₂. I den anden søjle tages der højde for, at de eksporterede teknologier grundet deres levetid vil reducere udledningerne i en årrække. Inddrages levetiden på teknologier estimeres den danske eksport af grønne energiteknologier i 2022 at have potentiale til at kunne reducere udledningerne uden for Danmark med imellem 119 og 218 mio. ton CO₂ i løbet af levetiden.

Figur 4: Potentielle CO₂-reduktioner foranlediget af dansk, grøn energiteknologiekspport i 2021

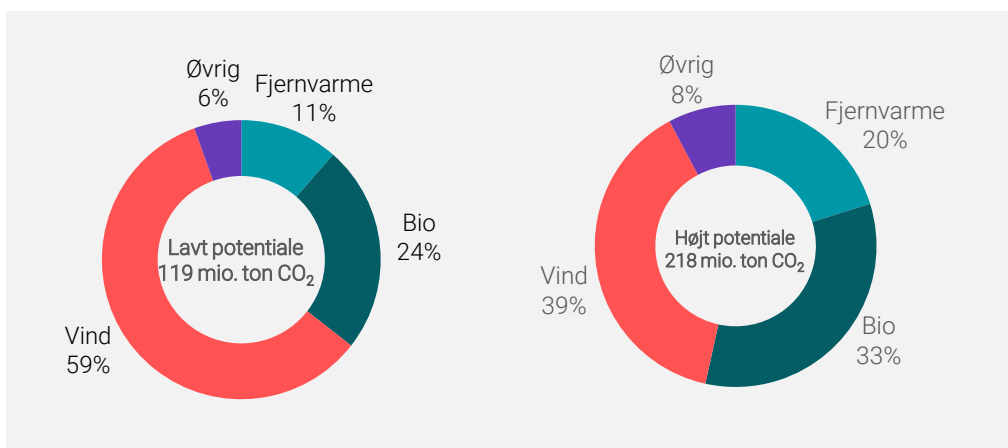


Kilde: Energistyrelsen. **Anm.:** Det fuldt farvede område indikerer et minimum for potentialet for reduktion af udledninger i udlandet. Sammen med det skraverede område udgør det et maksimum.

Den potentielle CO₂-reduktion fra grøn, dansk eksporteret energiteknologi er beregnet med udgangspunkt i de fire teknologikategorier, som den grønne energiteknologiekspport (se afsnit 1.2) også er opdelt i: fjernvarmeteknologi, vindteknologi, bioteknologi og øvrig teknologi.

I Figur 5 er vist hvor stor en andel af de totale estimerede reduktioner udenfor Danmark, som de fire teknologier hver især står for, når der tages højde for levetiderne på teknologierne. Cirkeldiagrammet til venstre viser et minimum for potentialet og cirkeldiagrammet til højre et maksimum for potentialet.

Figur 5: Fordeling af CO₂-reduktionerne på teknologityper over hele levetiden



Kilde: Energistyrelsen. **Anm.:** Cirklen til venstre viser fordelingen af imellem de fire teknologikategorier ved et minimum for potentialet og cirklen til højre ved et maksimum for potentialet.

Potentiale for CO₂-reduktioner knyttet til vindteknologi er dominerende i den lave del af spændet. Det hænger sammen med, at langt størstedelen af den grønne, danske eksport udgøres af netop vindteknologi jf. ovenfor. I den høje del af spændet fylder både vindenergi og bioenergi. Det skyldes, at det for bioenergi i det høje spænd er biomassekraftvarme, der erstatter kraftvarme på kul, mens det i den lave del af spændet er biogas, der erstatter naturgas.

Eksempler på anden grøn eksport

Ud over eksport af grøn energiteknologi er der også anden eksport, der kan kategoriseres som grøn og kan understøtte reduktion af drivhusgasudledninger i udlandet. De eksempler bliver givet på dette i afsnit 4.3 under Resultater og analyse.

3. Metode og antagelser

Indeværende notat belyser som nævnt i afsnit 1 opgørelsen af værdien af de grønne varer og serviceydelser Danmark eksporterer, og hvad de består af, og dels konsekvenserne af dansk grøn eksport i modtagerlandene, ved at afdække potentialet for CO₂-reduktioner fra dansk, grøn energiteknologiekspport.

I dette afsnit gennemgås metoder og antagelser bag de to eksportanalyser.

3.1 Værdien af dansk eksport af grønne løsninger

I dette afsnit gennemgås metode og antagelser inden for opgørelsen af dansk eksport af grøn miljø- og energiteknologi og services.

Overordnet opgøres eksporten af grønne miljø- og energiteknologier ud fra Danmarks samlede vareeksport fordelt på varekoder. Her summeres den del af eksporten inden for hver varekode der kan kategoriseres som grøn miljø- eller energiteknologi. For serviceeksporten estimeres hvor stor en del af hver virksomheds serviceeksport der kan kategoriseres som grøn inden for miljø- eller energi, og summeres for at få den samlede grønne serviceeksport for hhv. miljø og energi. I tabel 1 er yderligere skitseret hvordan eksporten af den grønne vare- og serviceeksport er beregnet for hhv. energi og miljø.

Tabel 1: Overblik over metode til opgørelsen af hhv. vare- og serviceeksporten inden for grøn energi og miljø

	Energi	Miljø
Varer	Baseret på data fra Eurostat, Baseret på varekoder. Dækker alle grønne teknologier indenfor fjernvarme, bioenergi, vindenergi og anden effektiv energi	Baseret på data fra Eurostat, Baseret på varekoder. Dækker alle grønne teknologier indenfor renluft, affald og vand
Service fra vareproducerende virksomheder	Baseret på data fra Danmarks Statistik. Frem til 2020: Beregnet ud fra virksomhedens andel af grøn energiteknologi i forhold til den totale vareeksport, hvorefter andelen er ganget på virksomhedens serviceeksport. Derefter: For ovenstående er beregnet en vægt ud fra 2020 data, der fortæller hvor stor en del den grønne serviceeksport udgør af den totale eksport for hver branche. Denne vægt er brugt til at fremskrive serviceeksporten til 2022. På grund af ændring i eksportmønstrene i 2020 som følge af covid-19 pandemien, er der betydelig usikkerhed om fremskrivningen med 2020-vægtende. Dækker samme kategorier som for varer	Baseret på data fra Danmarks Statistik. Tilnærmelsesvis samme metode som for energi. Dækker samme kategorier som for varer

	Energi	Miljø
Service fra rådgivende ingeniører	Data er fra Danmarks Statistik. Dækker energiplanlægning, vedvarende energi og andre energiopgaver uden nærmere skelnen mellem hvorvidt det er grøn eksport. Opgøres hvert 2. år, og fremskrives lineært for manglende statistikår	Data er fra Danmarks Statistik. Dækker ingeniørtjenester i forbindelse med affaldshåndtering, vandforsyning og kloak & afvanding. Der bruges samme metode som for energi

Kilde: Energistyrelsen

3.1.1 Metodebeskrivelse

Opgørelsen af eksporten i denne rapport bygger på de årlige statistikker over eksport af energiteknologi (ENS, 2023c), miljøteknologi (Damvad, 2023) og service indenfor disse områder, men dækker her alene den del af eksporten, der kategoriseres som "grøn".

Varekoder for eksport danner grundlag for opgørelsen af teknologi

Eksporten er opgjort på baggrund af den danske eksport på varekodeniveau, hvor alle danske virksomheder indberetter deres eksport fordelt på mere end 9.000 varetyper. Det er herudfra opgjort hvilke, og hvor stor en andel, af varekoderne der knytter sig til hhv. energi- og miljøteknologi. Listen indeholder både faktiske produkter og delkomponenter. Fx indgår gearkasser som en delkomponent i vindmøller, men det er vurderet, at omkring halvdelen af eksporten af gearkasser, indgår i andre teknologier, der ikke knytter sig til miljø- og energiteknologi.

Definition af den grønne andel

Herefter er det opgjort hvor stor en del der er "grøn". Her er brugt Eurostats definition af grønne produkter, der blandt andet omfatter produkter der:

- måler, kontrollerer, genopbygger, forebygger, behandler, minimerer og inddriver viden om miljømæssige skader på luft, vand og regenerer ressourceudnyttelse samt håndterer problemer med affald.

Eftersom denne opgørelse alene har fokus på eksport af grøn miljø- og energiteknologi vil resultaterne blive mindre end den totale eksport af hhv. miljø- og energiteknologi som fremgår af Miljøstyrelsens eksportdashboard (Damvad, 2023) og analysen af eksport af energiteknologi (ENS, 2023c). I tillæg til den grønne liste, er det her antaget, at alt eksport der knytter sig til vindmølle- og bioenergiteknologi kan betegnes som grøn.

Opgørelse af serviceeksporten

Foruden opgørelsen af vareeksporten af grøn miljø- og energiteknologi er eksporten af de grønne serviceydelser som den danske miljø- og energibranche leverer samt eksporten fra de rådgivende ingeniører inden for samme område også beregnet. Samlet betegnes denne del af opgørelsen "serviceeksporten" i det følgende. Serviceeksporten kan deles op i 2. Hvor 1. del er serviceeksport fra de vareproducerende virksomheder, mens 2. del er eksport fra

rådgivende ingeniører. Serviceeksporten kan fx være servicering af solgte grønne energi- og miljø produkter og ingeniøropgaver der knytter sig til miljø- og energiprojekter.

Opgørelserne baserer sig på statistiske data, men for serviceeksport fra vareproducerende virksomheder findes der ikke tilstrækkelig statistik for eksporten til lande udenfor EU. Derfor beregnes serviceeksporten for disse virksomheder. Det gøres ud fra en servicefaktor, der angiver, hvor mange kroner den enkelte virksomhed eksporterer service for hver krone vareeksport. Denne kan kun regnes på EU-niveau. Det antages derfor, at forholdet er det samme for eksporten til lande uden for EU. Den samlede serviceeksport til verden er beregnet ved at gange servicefaktoren på den samlede vareeksport fra udenrigshandelsstatistikken.

Serviceeksporten for 2021 og 2022 er fremskrevet, da statistikken til ovenstående beregning kommer med et par års forsinkelse. Det antages, at serviceeksporten udvikler sig på samme måde som den samlede eksport af varer og service, og dermed ganges virksomhedernes energiandel på firmaernes køb og salg på brancheniveau. Dermed estimeres udviklingen i serviceeksporten på baggrund af udviklingen i branchernes samlede eksport i 2021 og 2022. Fremskrivningen sker på baggrund af andelen af grøn service eksport indenfor miljø og energi i 2020. Da eksporten i 2020 var præget af covid-19 pandemien, er fremskrivningen i år forbundet med ekstra stor usikkerhed.

2. del af serviceeksporten, der er eksport fra rådgivende ingeniøren på energi- og miljøområdet, trækkes fra Danmarks Statistiks ingeniørstatistik. Statistikken udkommer hvert andet år, hvorfor eksporten er beregnet via en lineær tilgang i manglende statistikår, hvilket også gælder for eksporten i 2022.

3.1.2 Overordnede forudsætninger og afgrænsninger

Eksporten af energi og miljøteknologi opgøres alene for Danmark, og dækker dermed alene eksport fra virksomheder, der har deres fysiske produktion i Danmark. Dermed indgår salget fra de mange danske virksomheder, der har produktion i andre lande, og som eksporterer grønne løsninger derfra ikke i opgørelsen

Boks 1: Dansk eksport i GA23 omfatter ikke danske datterselskaber i udlandet

I GA23 er opgørelsen af dansk eksport af grøn teknologi og service baseret på offentligt tilgængelig data fra Eurostat der er indberettede af Danmarks Statistik. Det betyder helt konkret, at dansk eksport defineres som noget der skifter fra danske hænder til udenlandske hænder. Det vil sige ejerskabsskifte af varer og serviceydelser fra enheder, der er danske (såkaldte danske residenter) til enheder, der ikke er danske. Det indebærer, at varer og tjenester ikke behøver at krydse den danske grænse for at tælle med i opgørelsen af den danske eksport, så længe der er tale om ejerskifte fra danske til ikke-danske enheder.

En konsekvens af ejerskabsskiftekravet er imidlertid at danske datterselskaber i udlandet ikke defineret som danske residenter, og aktivitet fra disse er derfor ikke med i opgørelsen af den danske eksport, også selvom de er ejet af en enhed, der er dansk resident.

Serviceeksporten opgøres for hhv. rådgivende ingeniører og serviceeksport beregnet for vareproducerende virksomheder, der eksporterer grøn energi- eller miljøteknologi. Eventuel grøn serviceeksport fra andre virksomheder er ikke medtaget i denne opgørelsen. Det vil sige, at hvis en virksomheder, udover rådgivende ingeniører, alene eksporterer grøn energi- eller miljøservice, uden samtidig at eksportere varer, så indgår denne eksport ikke i beregningerne.

3.1.3 Primære datakilder

Data til eksport af grøn energi- og miljøteknologi hentes fra Eurostat, og opgøres i løbende priser.

Eurostat opdaterer løbende data og dermed kan størrelsen af eksporten ændres alt efter hvornår data er trukket fra Eurostat. Erfaringer viser, at Eurostats løbende opdatering af data kan betyde at der kan ske opdateringer bagud i tid.

Opgørelsen af serviceeksporten bygger på fire kilder fra Danmarks Statistik¹:

- 1) Momsstatistikken, der indeholder den samlede eksport af varer og service,
- 2) Udenrigshandelsstatistikken, der indeholder vareeksporten på vareniveau
- 3) Den generelle firmastatistik, der indeholder baggrundsvARIABLE f.eks. branche
- 4) Statistikken for rådgivende ingeniørvirksomhed og anden teknisk rådgivning, "ingeniørstatistikken".

Serviceeksporten for rådgivende ingeniørvirksomheder og anden teknisk rådgivning opgøres i ingeniørstatistikken fra Danmarks Statistik.

¹ Hele metodebeskrivelsen for serviceeksporten er baseret på (ENS, 2018).

3.2 Potentialet for CO₂-reduktioner fra dansk, grøn eksport

I dette afsnit gennemgås metode, forudsætninger og datakilder inden for opgørelsen af potentialet for CO₂-reduktioner i udlandet knyttet til Danmarks eksport af grøn energiteknologi.

Opgørelsen er baseret på en konsekvenstilgang for at belyse potentialet for reduktionen af emissioner i udlandet. Det betyder, at opgørelsen søger at svare på spørgsmålet om hvilke udledninger, der havde fundet sted, hvis ikke eksport af dansk grøn energiteknologi havde fundet sted. Opgørelsen er dermed delvist baseret på hypoteser om alternativet, det vil sige hvad der ville være sket i fraværet af dansk grøn eksport. Opgørelsen er afgrænset til brugsfasen for teknologierne i eksporten, og medtager dermed ikke udledninger relateret til produktion af produktet, transport i forbindelse med eksporten eller bortskaffelse efter endt brug. Opgørelsen tilskriver hele potentialet for reduktioner til værdien af vareeksporten, selvom andre aktiviteter såsom transport og installation af teknologien kan være nødvendige for at udløse reduktionen.

Der foreligger dog ikke data for præcis hvad der er eksporteret og i hvilke installationer og projekter det indgår. For at nå frem til en kvantificering af potentialet er der derfor gjort antagelser, der er mundet ud i beregninger af cases:

- For eksporten er der opstillet en række cases for teknologier, der rent metodisk antages at være repræsentative for den samlede eksport. Fx en havvindmølle med en hvis omkostning, en hvis årlig produktion og en hvis levetid.
- For alternativet er der opstillet en række cases, der rent metodisk antages at repræsentere situationen uden dansk grøn eksport. Fx individuel opvarmning med naturgas eller emissioner for elproduktion.

Der er i valget af alternative cases antaget fuld additionalitet for den grønne danske eksport. Det betyder, at det antages, at dansk eksport vælges i stedet for eksisterende teknologi. Dermed er der ikke taget højde for, at en lignende løsning fra et andet land kunne være alternativet. For dansk vindkrafteksport ses der således ikke på et alternativet med en anden vindmølle (fra et andet land), men i stedet på hvilke teknologier i elnettet vindkrafteksporten reducerer. Og for eksport af fjernvarmesystemer ses der ikke på et alternativt fjernvarmesystem men fortsat individuel opvarmning. Resultaterne skal derfor ses som et potentiale for CO₂-reduktion snarere end et forsøg på at opgøre den egentlige reduktion, der kan vise sig reelt at være lavere, hvis alternativet er en lignende teknologi, der blot ikke er fra Danmark.

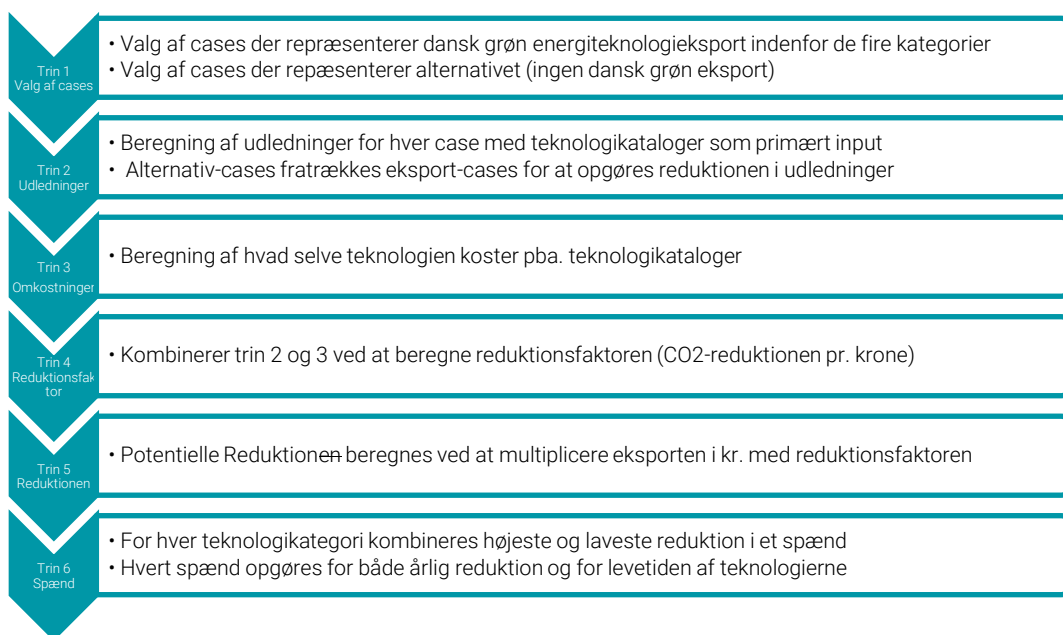
3.2.1 Metodebeskrivelse

Trinene i den overordnede metode er vist i figur 6. Kernen i metoden er først og fremmest beregninger af såkaldte *reduktionsfaktorer* (trin 4 i figur 6). Reduktionsfaktorerne udtrykker den potentielle CO₂-reduktion per krone, dvs. omkostningen af en teknologi relativt til den potentielle CO₂-reduktion den estimeres til at medvirke til.

Reduktionsfaktorerne er beregnet for hver af de fire teknologikategorier som eksporten af grøn, dansk energiteknologi er opdelt i: Fjernvarme, vind, bio og øvrig. Der defineres herefter

et interval, som udgøres af den laveste og højeste reduktionsfaktor indenfor hver teknologikategori. På baggrund af de resulterende reduktionsintervaller (potentielt CO₂-reduktion /mio. kr.) og eksportværdien for hver teknologikategori (fra afsnit 2.1) kan der således beregnes en potentiel CO₂-reduktion for den samlede grønne eksport. Reduktionsfaktorerne beregnes både for ét gennemsnitligt år (simpelt gennemsnit) og for hele levetiden af teknologien.

Figur 6: Trinvis gennemgang af metoden for at beregne den potentielle reduktion i udlandet knyttet til dansk eksport af grøn energiteknologi



Kilde: Energistyrelsen

3.2.2 Overordnede forudsætninger og afgrænsninger

For alle fire teknologikategorier er beregningerne baseret på cases inden for energiproduktion og -anvendelse med udgangspunkt i Energistyrelsen og Energinets teknologikataloger. De valgte cases antages således rent metodisk at være repræsentative for den samlede eksport indenfor hver kategoris reduktion. Der anvendes kun omkostninger relateret til den materielle udgift fra teknologikatalogerne, som antages, at være repræsentativ for eksportværdien af grøn energiteknologi. Særligt for mindre anlæg, vil denne antagelse formentlig føre til højere omkostninger end eksportpriserne, idet teknologikatalogerne angiver forbrugerpriser, der bl.a. indeholder avancer, som eksportpriserne ikke gør.

Nedenfor bliver forudsætninger, herunder valgte teknologier, indenfor hver af de fire teknologikategorier gennemgået. I afsnit 4.2 opstilles og gennemgås de resulterende reduktionsfaktorer og den potentielle reduktion foranlediget af de fire forskellige teknologikategorier.

Energiteknologi, der anvender biomasse, er indeholdt i bioenergi og afbrænding af biomasse antages for CO₂-neutral jf. FN's retningslinjer. Således indgår den udledning, der forekommer i forbindelse med forbrænding af biomasse i brugsfasen, ikke. Globale klimaefekter ved forbrug af biomasse er belyst i baggrundsnotat 10 faste biomassebrændsler.

Antagelser for fjernvarmeteknologi

Eksporten af fjernvarmeteknologi består af dele og komponenter til fjernvarmesystemer, herunder både ledninger, pumper og varmevekslere. Til beregning af reduktionsfaktoren tages der derfor udgangspunkt i et komplet fjernvarmesystem med data fra teknologikatalogerne², hvor både transmissions- og distributionsledninger samt fjernvarmeanheder hos forbrugerne er medtaget som en del af omkostningen. Teknologien er afgrænset til ikke at omfatte selve varmeproduktionen (fx et varmeværk der fører ind i fjernvarmesystemet) eller forbrugernes egne varmesystemer (fx et centralvarmesystem der modtager varme fra fjernvarmeanheden hos forbrugeren). Dvs. at det antages, at der et eksisterende varmeværk med overkapacitet eller noget overskudsvarme, der kan levere grøn fjernvarme ind i fjernvarmesystemet.

I Tabel 2 er den antagede omkostningsfordeling imellem transmission, distribution inkl. stik og pumper samt forbrugerens fjernvarmeanhed angivet. Ligeledes er levetiderne for de tre elementer angivet.

Tabel 2: Antaget omkostningsfordeling mellem dele af fjernvarmesystemet

	Levetider, år	Andel af samlet omkostning
Transmissionsledning	40	4%
Fjernvarmeledningsnet inkl. stik, pumper m.v.	40	56%
Fjernvarmeanhed	25	40%

Kilde: (ENS, 2021) og (ENS, 2021b)

Det antages, at den leverede fjernvarme er grøn og dermed CO₂-neutral, og at den erstatter individuel opvarmning. Som alternativ til den danske eksport af fjernvarmesystemer regnes der således på tre forskellige typer af individuel opvarmning: naturgas, olie og kul, hvor naturgassen antages at være udelukkende fossil. Dermed estimeres den potentielle reduktion indenfor fjernvarmeteknologi altså på baggrund af tre forskellige kombinationer af cases. De anvendte emissionsfaktorer går på tværs af alle energiteknologier og er angivet i tabellerne nederst i dette afsnit.

² (ENS, 2021) og (ENS, 2021b)

Antagelser for vindteknologi

Den danske eksport af vindteknologi består af dele og komponenter til vindmøller bredt set. Det antages, at de materielle omkostninger ved en vindmølle inkl. tilslutninger er repræsentative for denne eksport, og der er derfor anvendt data for en stor havvindmølle samt en stor landvindmølle fra teknologikatalogerne (ENS, 2022) til at definere et interval for den potentielle reduktion af drivhusgasser foranlediget af dansk eksport af grøn vindteknologi. I data indgår også omkostninger til kabler og nettilslutninger.

Som alternativ til el leveret fra dansk eksport af vindkraft antages el leveret fra det pågældende lands eksisterende elproduktion. Således er der regnet med at dansk eksport af vindkraft fortrænger el svarende til det gennemsnitlige elmiks i modtagerlandene. Samme antagelse bliver gjort for andre teknologier. Uddybning omkring beregning af emissionsfaktoren for det gennemsnitlige elmiks gennemgås længere nede. Der anvendes levetider på 27 år for både landvind og havvind jf. teknologikatalogerne (ENS, 2022).

Antagelser for bioenergiteknologi

Eksporten af bioenergiteknologi indeholder, som beskrevet i afsnit 4.1 omkring energi- og miljøteknologiekspport, al eksport, der vedrører el- og varmeproduktion baseret på bio-brændsler samt produktion af biogas. Derfor er der til brug for beregningen af potentiel CO₂-reduktion relateret til grøn, dansk eksport af bioteknologier anvendt cases for komplette produktionssystemer indenfor disse teknologier baseret på data fra teknologikatalogerne³. Der er tale om tre cases for produktionssystemer, der rent metodisk antages at repræsentere dansk eksport af bioteknologi samt fem cases for alternativet (ingen dansk eksport), vist i Tabel 3:

1. Et middelstort træpillefyret biomassekraftvarmeværk hvor det antages at alternativene, der fortrænges, er el og varmeproduktionen baseret på både på kul og fossil naturgas i form af kraftvarme.
2. Et biogasproduktionsanlæg, hvor det antages, at alternativet der fortrænges med den producerede biogas er fossil naturgas
3. Et træpillefy i et eksisterende enfamiliehus, hvor det antages, at der fortrænges olie

Tabel 3: Teknologier og deres reduktion indenfor bioenergiteknologi

Teknologi	Levetid, år	Antaget fortrængt energi
Kraftvarme	25	Fossil gas
Kraftvarme	25	Kul
Biogasanlæg	20	Fossil gas
Træpillefy	20	Individuel opvarmning med fossil gas

Kilde: (ENS, 2022), (ENS, 2022a) og (ENS, 2021b).

³ (ENS, 2022), (ENS, 2022a) og (ENS, 2021b)

Antagelser for øvrig energiteknologi

I eksporten af den øvrige, grønne energiteknologi indgår teknologier til mange forskellige formål jf. afsnittene omkring dansk, grøn eksport. Det er udfordrende at få repræsenteret alle typer på baggrund af data fra teknologikatalogerne⁴, og for at simplificere er det valgt, at tage udgangspunkt i de data som forligger og som vurderes indenfor kategorien: kommercielle solcelleanlæg og individuelle luft-vand varmepumper (se Tabel 4):

1. Kommercielt solcelle-taganlæg hvor det antages at alternativer, der fortrænges, er eksisterende elproduktion svarende til det gennemsnitlige elmiks.
2. Kommercielt solcelle-markanlæg, hvor det ligeledes antages at fortrænge emissioner svarende til det gennemsnitlige elmiks.
3. Individuel luft-vand varmepumpe, hvor det antages at alternativet, der fortrænges er individuel opvarmning med olie eller naturgas. I disse beregninger indgår desuden udledninger forårsaget af elforbruget til varmepumperne.

Tabel 4: Teknologier og deres reduktion indenfor øvrig energiteknologi

Teknologi	Levetid, år	Antaget fortrængt energi
Stort solcelleanlæg, tag	35	Elmiks
Stort solcelleanlæg, mark	35	Elmiks
Individuel varmepumpe	16	Individuel opvarmning med fossil gas
Individuel varmepumpe	16	Individuel opvarmning med fossil olie

Kilde: (ENS, 2022) og (ENS, 2021b)

Emissionsfaktorer for el som dansk eksport fortrænger eller forbruger

For at kunne beregne reduktionsfaktorerne skal der gøres antagelser omkring drivhusgasudledningerne fra den fortrængte energi i alternativet til dansk grøn eksport i form af emissionsfaktorer. Dette afsnit omhandler emissionsfaktorer for den el, som de elproducerende, grønne teknologier fortrænger eller som de forbruger (gælder for den individuelle varmepumpe).

En påvirkning af elproduktionen, ved fx installation af en vindmølle, vil have både kortsigtede og langsigtede effekter, idet vindmøllen fortrænger elproduktion fra andre kilder. På kort sigt vil elproduktionen på eksisterende anlæg nedjusteres, fx på gas og kulkraft. Samtidig kan opstilling af en vindmølle betyde, at kommende opstilling af produktionskapacitet udskydes, det kan fx være investering i vind- og solkraft. Påvirkningen på brændselsmikset til elproduktion ved opstilling af ny kapacitet kan altså ramme bredt ift. hvilke typer produktion, der fortrænges.

⁴ (ENS, 2022) og (ENS, 2021b)

For at indfange, at påvirkningen på brændselsmikset potentielt rammer bredt anvendes det pågældende lands gennemsnitlige emissionsfaktor til at opgøre det miks af elproduktion der fortrænges. Dette er en forsimpning af de virkelige forhold, hvor der kan være anlæg i det eksisterende elmiks, der hverken justeres eller hvis kapacitet er uændret på trods af påvirkningen af elproduktionen fra dansk eksport af grøn teknologi. Men udgangspunktet i det pågældendes lands gennemsnitlige emissionsfaktor betyder, at beregningerne er knyttet til specifikke elsystemer, hvor påvirkningen indgår og samtidig afspejler både kortsigtede og langsigtede effekter.

De anvendte emissionsfaktorer til beregning af reduktionsfaktorer er angivet for forskellige teknologier i tabel 5. For at give de mest retvisende emissionsfaktorer tages udgangspunkt i de gennemsnitlige emissionsfaktorer for el fra top 10 over eksportlande indenfor teknologikategorierne, som omtalt i afsnit 4.1 og vist i Tabel 13. Dvs. at der anvendes data på emissioner for 10 forskellige lande for hver af de tre teknologikategorier, hvor der vægtes i forhold til eksportfordelingen.

Der tages udgangspunkt i de enkelte landes emissionsfaktorer for el fra IEA, som senest er opgjort for 2021⁵. Disse nedskrives over tid i henhold til landenes udmeldinger omkring CO₂-neutral elproduktion. I tabel 5 er angivet de omfattede landes emissionsfaktorer i 2021, deres målsætningsår for CO₂-neutral elproduktion samt kilden herfor. Der interpoleres lineært imellem emissionsfaktoren for 2021 og det CO₂-neutralt målsætningsår, og på baggrund af disse tidsserier for emissioner beregnes for hvert land en gennemsnitlig emissionsfaktor for alle teknologierne, hvor levetiderne for hver enkelt teknologi sætter rammen.

Tabel 5: Emissionsfaktorer og CO₂-neutral elproduktion

Land	Emissionsfaktor i 2021	CO ₂ -neutral elproduktion	Kilde for CO ₂ -neutral elproduktion
Storbritannien	220	2035	(BBC, 2021)
Tyskland	356	2035	(Euractiv, 2022)
Sverige	14	2040	(SE, u.d.)
Holland	313	2050	(IEA, 2023)
USA	367	2035	(Ember, 2021)
Taiwan	546	2050	(Taiwan, 2022)
Finland	72	2035	(Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2022)
Norge	4	2050	(EU, 2022)
Kina	614	2060	(IEA c. , 2021)
Frankrig	54	2050	(Ember, 2021)
Italien	269	2050	(Ember, 2021)
Spanien	150	2050	(Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia del Gobierno de España, 2021)
Syd Korea	464	2050	(The Government of the Republic of Korea, 2020)

⁵ Undtagelser er Kina og Taiwan, hvor data er fra 2020.

Kilde: Emissionsfaktorene for 2021 er fra IEA med undtagelse af Kina og Taiwan, hvor senest opdaterede emissionsfaktor er fra 2020. **Anm.:** For Norge er anvendt 2050 som år for CO₂-neutral elproduktion, hvilket passer med EU's målsætning.

Tabel 6 viser at vindteknologi har den laveste emissionsfaktor, hvilket dels skyldes, at den gennemsnitlige, landevægtede emissionsfaktor er lavere end for de andre teknologikategorier, og dels at vindmøllerne har en relativ lang levetid. Indenfor øvrig energiteknologi ses der stor variation grundet forskellig vægtning af lande (ud fra hvor eksporten går til) og forskellige levetider (emissionen i elsystemet bliver mindre jo længere frem i tid teknologien lever). Emissionsfaktoren for varmepumpe ligger betydelig over dem for solceller. Det hænger sammen med de store forskelle i levetider jf. tabel 2, 3, og 4.

Tabel 6: Emissionsfaktorer for el

Teknologi	Teknologikategori	Kg CO ₂ /MWh
Vindkraft	Vindteknologi	112
Biokraftvarme	Bioenergiteknologi	137
Solceller, mark	Øvrig energiteknologi	97
Solceller, tag	Øvrig energiteknologi	108
Varmepumpe (forbrug)	Øvrig energiteknologi	188

Kilde: Energistyrelsens beregninger pba. IEA og øvrige kilder jf. tabel 5.

Emissionsfaktorerne anvendes både til at beregne potentialet for reduktioner i hele teknologiens levetid og for et gennemsnitligt år.

Emissionsfaktorer for individuel opvarmning som dansk eksport fortrænger

For at kunne beregne reduktionsfaktorerne skal der gøres antagelser omkring drivhusgasudledningerne fra den fortrængte energi i alternativet til dansk grøn eksport i form af emissionsfaktorer. Dette afsnit omhandler emissionsfaktorer for den individuelle opvarmning som eksport af fjernvarmeteknologi og varmepumpeteknologi fortrænger

Til beregninger af reduktionsfaktorer, hvor der antages fortrængning af individuel opvarmning, er der taget udgangspunkt i et varmemeforbrug i et standardhus på 65 GJ/år. Der anvendes emissionsfaktorer fra Energistyrelsens årsstatistik og virkningsgrader jf. teknologikatalogerne (ENS, 2021b) til at beregne emissionsfaktorerne angivet i Tabel 7. Som det ses, er emissionsfaktoren fra kul væsentligt højere end for olie og gas. Dette skyldes den meget lave effektivitet, som er antaget, baseret på information for Tyrkiet og Polen.

Tabel 7: Emissionsfaktorer ved individuel opvarmning

Fortrængt energi	Emissionsfaktor brændsel kg CO ₂ /GJ	Virkningsgrad	Emissionsfaktor teknologi ton CO ₂ /standardhus/år
Fossil gas	56	0,95	3,8

Olie	74	0,92	5,2
Kul	94	0,50	12,3

Kilde: (ENS, 2021b)

Emissionsfaktorer for fjernvarmeproduktion og gas som dansk eksport fortrænger

Ud over emissioner fra individuel opvarmning og i elproduktionen, er der i beregningerne også anvendt emissioner ved fortrængning af fossil kraftvarme til fordel for CO₂-neutral biomassekraftvarme. Til beregning af disse er der anvendt data fra teknologikatalogerne (ENS, 2022) og antaget at den fortrængte kraftvarme opnås ved at reducere produktionen med samme mængde varme og el som biomassekraftvarmen leverer.

Tabel 8 er de resulterende emissionsfaktorer angivet for fjernvarmeproduktion som dansk eksport fortrænger.

Tabel 8: Emissionsfaktorer ved biomassekraftvarme

Fortrængt energi	Emissionsfaktor brændsel kg CO ₂ /GJ	Emissionsfaktor pr. varmeproduktion kg CO ₂ /MWh varme
Fossil gas	56	424
Kul	94	216

Kilde: (ENS, 2022). Anm.: Emissionsfaktor pr. varmeproduktion indebærer også en dertilhørende elproduktion

For eksport af biogasteknologi antages det at biogas erstatter fossilt naturgas, og som emissionsfaktor for dette er anvendt 56 kg/GJ gas.

3.2.3 Primære datakilder

Den bærende kilde til teknologidata til beregning omkostninger såvel som emissioner for cases er Energistyrelsen og Energinets teknologikataloger. Dertil kommer input til opgørelse af gennemsnitlige emissionsfaktorer for el i specifikke lande fra IEA. Endelig bør det nævnes, at tal for værdien af eksporten fordelt på teknologikategorier og lande som nævnt i afsnit 3.1 stammer fra Eurostat.

4. Resultater og analyse

Dette afsnit uddyber hovedresultaterne fra afsnit 2. Først udfoldes værdien af grøn dansk eksport ud ved bl.a. at se på udviklingen over tid og de største eksportmodtagere af dansk eksport af grøn miljø- og energiteknologi samt -service. Derefter udfoldes potentialet for CO₂-reduktioner fra dansk, grøn eksport ved bl.a. at gennemgå resultater for teknologikategoriernes spænd for potentialer og uddybe konkrete cases.

4.1 Værdien af dansk eksport af grønne løsninger

I dette afsnit bliver resultaterne omkring den grønne eksport fra afsnit 2.1 udfoldet yderligere.

4.1.1 Eksport af grøn energi- og miljøteknologi

I Figur 2 i afsnit 2 blev vist hvordan den grønne energiteknologiekspport fordelte sig imellem de fire typer teknologier: fjernvarme, bioenergi, vindenergi og øvrig. I Tabel 9 gengives opgørelsen af disse tal for 2022 sammen med data fra de fire foregående år. Som det ses, har vindteknologi de sidste fem år udgjort langt størstedelen af den grønne energiteknologieksport, og den betydelige stigning fra 2018 til 2019 og ligeledes fald fra 2019 til 2020, som Figur 1 viste, kan også primært tilskrives ændringer i eksporten af vindteknologi. Eksporten af grøn fjernvarme har derimod været meget stabil gennem de sidste fire år, mens grøn eksport af bioteknologi har været svagt stigende med et fald i 2020. Eksporten af øvrig grøn energiteknologi er opgjort til at være steget fra 2018 til 2019, hvorefter den lå stabilt frem til 2021 og steg så igen i 2022.

Tabel 9: Fordeling af grøn eksport af energiteknologier efter type

Mia. kr.	2018	2019	2020	2021	2022
Fjernvarme	2,2	2,2	2,1	2,3	2,5
Bio	9,3	9,5	8,8	9,9	10,6
Vind	43,1	52,6	42,1	42,6	38,9
Øvrige teknologier	9,9	10,5	10,2	10,4	11,5
Samlet grøn energiteknologieksport	64,3	74,8	63,3	65,2	63,5

Kilde: (Eurostat, 2023) og egne beregninger. **Anm.:** Kategoriseringen for teknologityper blev foretaget med udgangspunkt i 2018-eksporten, og der ses derfor ikke længere tilbage end 2018 i denne opdeling.

Eksporten af grøn teknologi inden for vindenergi består primært af dele til vindmøller, herunder generatorer, dele til elektriske motorer, tårne- og gittermasker, gearkasser og glasfiber. Grøn energiteknologi inden for fjernvarme omfatter, fjernvarmerør, varmeudvekslere og cirkulationspumper, mens grøn energiteknologi inden for bioenergi omfatter dele til større biomasse- og biogasanlæg, samt individuelle fyr og miniovne til træ og halm.

Eksporten af øvrig grøn energiteknologi vedrører alt, hvad der ikke kan relateres til vindenergi, fjernvarme eller bioenergi. Bl.a. isolering, energilagring, teknologi til vandkraft og solceller samt dele til individuelle varmepumper. Desuden energibesparende produkter som fx automatisk regulering af varme, vand og elforbrug samt isolering og energiruder.

Figur 2 viste opgørelsen af fordelingen af eksport af grøn miljøteknologi i 2022 på de tre typer miljøteknologi: renluft, vand og affald. Tabel 10 viser den samme fordeling sammen med fordelingen for 2018-2022. Vandteknologi opgøres i alle år til at udgøre den klart største andel af den samlede eksport af miljøteknologi, og eksporten af den har været stigende over årene. Eksporten af grøn affaldsteknologi opgøres til at have ligget stabilt med en svagt stigende tendens over perioden, mens grøn renluftteknologi opgøres til at have ligget stabilt over årene med en enkelt dyk i 2021.

Tabel 10: Fordeling af grøn eksport af miljøteknologier efter type

Mia. kr.	2018	2019	2020	2021	2022
Renluft	6,31	6,84	6,15	5,71	6,30
Vand	14,01	14,76	15,04	16,45	18,55
Affald	0,84	0,89	0,85	0,96	1,13
Samlet grøn miljøteknologiek- sport	18,6	19,6	19,5	20,4	23,0

Kilde: (Eurostat, 2023) og egne beregninger. **Anm.:** Kategoriseringen for teknologityper blev foretaget med udgangspunkt i 2018-eksporten, og der ses derfor ikke længere tilbage end 2018 i denne opdeling. Grundet overlap i eksporten af renluftteknologi, vandteknologi og affaldsteknologi summer disse ikke til den samlede eksport af miljøteknologi.

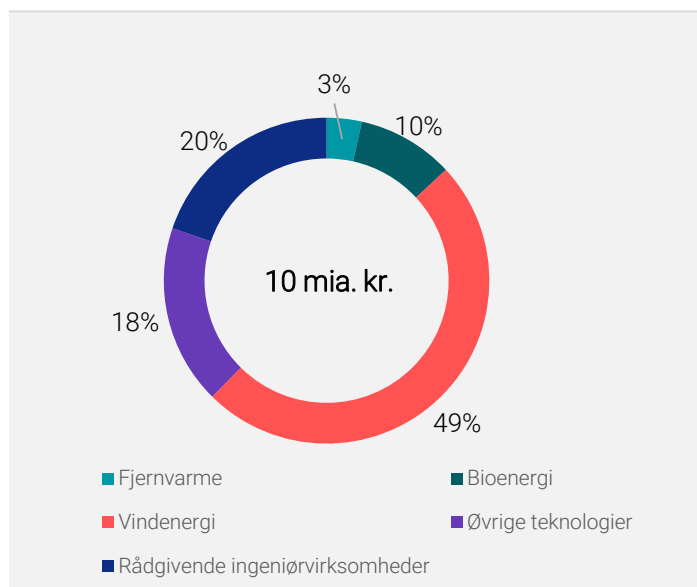
Eksporten af miljøteknologier inden for vand relaterer sig til den brede vandsektor, herunder alt inden for kloakering og spildevandshåndtering, og omfatter bl.a. cirkulationspumper, måleudstyr, centrifuger, dykpumper, dele til spildevandsfiltre og væskepumper samt ventiler og haner. Desuden kloakrør og komponenter samt pumper til kloaksystemer. Miljøteknologi indenfor renluft omfatter bl.a. varmevekslere samt katalysatorer til brug for luftkvalitet mens eksport af grøn miljøteknologi inden for affald vedrører feje- og sugemaskiner, fragmenteret affald og skrot samt dele til affalds- og sorteringsanlæg.

4.1.2 Eksport af grøn energi- og miljøservice

Udover eksport af grønne teknologier eksporterer Danmark også grønne services inden for miljø og energi, og som vist i Figur 3 er eksporten af disse opgjort til at være stigende siden 2010. Grøn miljø- og energiservice omfatter bl.a. servicering af de eksporterede, grønne varer samt rådgivning. I figur 7 er fordelingen af eksport for grønne energiservices for 2022 visualiseret og tabel 11 er data for perioden 2018-2022 angivet. Dataene er detaljer for de energiservice-data, som blev vist i Figur 3. Eksporten af energiservices er fordelt ud på samme teknologityper, som eksporten af energiteknologi ovenover; fjernvarme, bio, vind og øvrig. Dertil kommer serviceeksporten fra rådgivende ingeniørvirksomheder.

Som det ses af figur 7, udgjorde den opgjorte eksport af service indenfor vindteknologi med knap 5 mia. kr. i 2022 over halvdelen af den grønne, danske energiserviceeksport. Af tabel 11 ses, at dette har været gældende igennem de sidste fire år. Opgørelsen af energiservice relateret til øvrige teknologier var i 2022 på 1,8 mia. kr. og har igennem de sidste fire år udgjort omkring 12-19 pct. af den samlede grønne serviceeksport indenfor energi. Energiservice relateret til fjernvarme, bioenergi og rådgivende ingeniørvirksomheder udgjorde med samlet 3,3 mia. kr. i eksport i 2022 en tredjedel af den samlede serviceeksport indenfor energiteknologi.

Figur 7: Eksport af grøn energiservice fordelt på teknologier, 2022



Kilde: Energistyrelsens beregninger på baggrund af data fra Danmarks Statistik

Af tabel 11 ses desuden at den grønne serviceeksport indenfor særligt vindteknologi er faldet i 2019-2022, mens den grønne serviceeksport indenfor rådgivende ingeniørvirksomheder har ligget forholdsvis stabilt. Heraf kan også konkluderes at faldet i den samlede danske grønne eksport af energiservice gennem de sidste 4 år særligt er drevet af et fald i eksporten af service indenfor vindteknologiservice. Det forventes, at faldet i serviceeksporten er sket som følge af covid-19 pandemien.

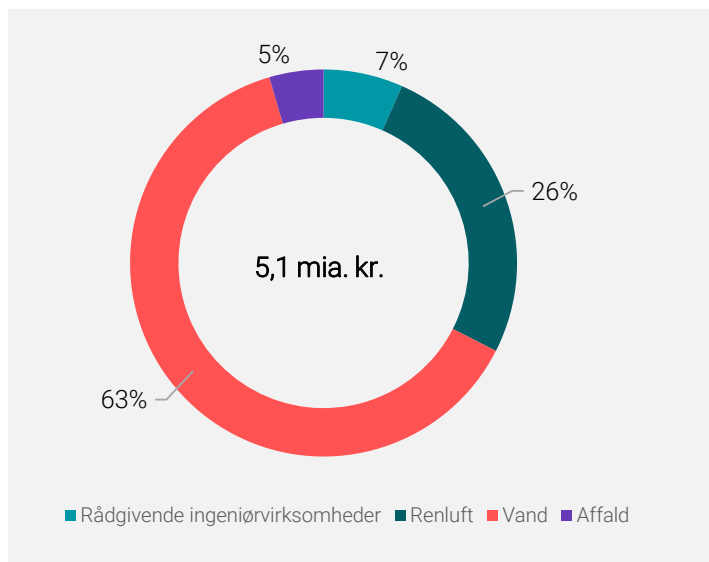
Tabel 11: Fordeling af grøn eksport af energiservice efter teknologitype

Mia. kr.	2019	2020	2021	2022
Fjernvarmeteknologi	0,6	0,4	0,3	0,3
Bioenergiteknologi	2,7	1,5	1,5	1,0
Vindenergiteknologi	12,8	8,0	6,6	4,9
Øvrige teknologier	2,5	2,8	1,9	1,8
Rådgivende ingeniørvirksomheder	1,7	1,8	2,1	2,0
Den totale grønne energiserviceeksport	20,2	14,6	12,4	9,9

Kilde: Energistyrelsens beregninger på baggrund af data fra Danmarks Statistik.

Den opgjorte eksporten af service relateret til miljøteknologier er vist i Figur 8 og Tabel 12. Eksport af grøn service indenfor vandteknologi udgjorde med 3,2 mia. kr. ud af en samlet eksport på 5,1 mia. kr. den største andel af den samlede grønne serviceeksport indenfor miljøteknologier i 2022.

Figur 8: Eksport af grøn, dansk miljøservice fordelt efter teknologi, 2022



Kilde: Energistyrelsens beregninger på baggrund af data fra Danmarks Statistik

Af Tabel 12 ses, at serviceeksport indenfor vandteknologi har udgjort den største andel gennem de sidste fire år, og at den har været stigende over perioden. Eksporten af grøn service indenfor affaldsteknologi samt renluftteknologi har været stabil over hele perioden,

Tabel 12: Fordeling af grøn eksport af miljøservice efter teknologitype

Mia. kr.	2019	2020	2021	2022
Rådgivende ingeniørvirksomheder	0,3	0,3	0,3	0,3
Renluftteknologi	1,4	1,4	1,3	1,3
Vandteknologi	3,0	3,0	3,1	3,2
Affaldsteknologi	0,2	0,2	0,2	0,2
Den totale grønne miljøserviceeksport	4,9	4,9	4,9	5,1

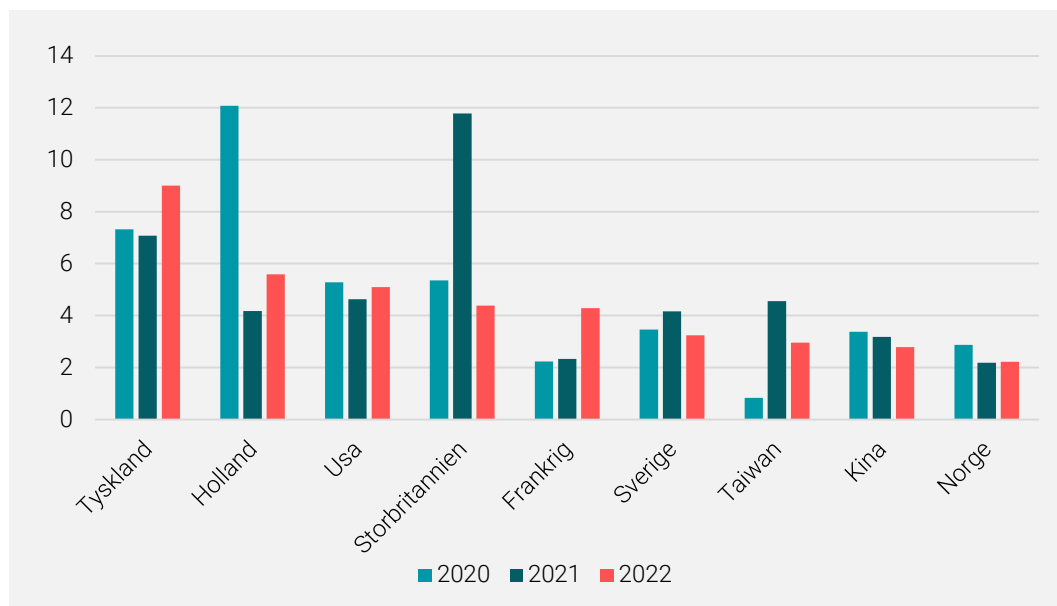
Kilde: Energistyrelsens beregninger på baggrund af data fra Danmarks. **Anm.:** Data er estimeret og vil blive opdateret med realiseret data inden offentliggørelsen af GA22. Den samlede eksport er estimeret på baggrund af eksporten af vandteknologiservice og fordelt i forhold til vareeksporten af miljø. Estimatet vil blive beregnet på baggrund af alle tre miljøteknologier til offentliggørelse.

4.1.3 Eksportlande for energi og miljø

Den danske eksport af grøn energiteknologi og grøn miljøteknologi går til mange forskellige lande både inden- og udenfor EU. I Figur 9 er vist de 10 største eksportlande i opgørelsen sammen med den samlede opgjorte eksport af energiteknologi gennem de seneste tre år. Det ses at Storbritannien, Tyskland, USA og Holland har været Danmarks største eksportmarkeder indenfor grøn energiteknologi igennem de sidste 3 år. Det ses også at den op-

gjorte eksport til især disse lande varierer meget fra år til år. Dette skyldes i stor udstrækning eksporten af vindteknologi, som i høj grad er store leveringer af eller til havvindmølleparker målt i værdi, og som naturligt vil give nogle store udsving.

Figur 9: Eksport af grøn energiteknologi fordelt på eksportlande, 2020-2022



Kilde: (Eurostat, 2023) og egne beregninger.

I Tabel 13 er de 10 største eksportlande indenfor de fire energiteknologier; fjernvarme, vind, bio og øvrig teknologi i 2022 angivet. Her ses, at Tyskland var den absolut største importør af af grøn energiteknologi på tværs af alle fire teknologier.

Tabel 13: Top 10 over lande for grøn energiteknologiekseport i 2022

Fjernvarmeteknologi		Vindteknologi		Bioteknologi		Øvrig energiteknologi	
Land	Mia. DKK	Land	Mia. DKK	Land	Mia. DKK	Land	Mia. DKK
Tyskland	0,3	Tyskland	4,5	Tyskland	1,2	Tyskland	1,3
USA	0,2	Holland	11,2	USA	0,7	USA	1,0
Kina	0,2	Storbritannien	4,5	Kina	0,8	Kina	1,0
Sverige	0,2	Frankrig	1,3	Sverige	0,5	Storbritannien	0,5
Holland	0,1	USA	3,4	Frankrig	0,5	Sverige	0,6
Norge	0,1	Taiwan	0,7	Holland	0,4	Holland	0,4
Frankrig	0,1	Sverige	2,2	Norge	0,4	Frankrig	0,4
Storbritannien	0,1	Finland	0,5	Storbritannien	0,3	Spanien	0,3
Italien	0,1	Norge	2,0	Sydkorea	0,3	Italien	0,3

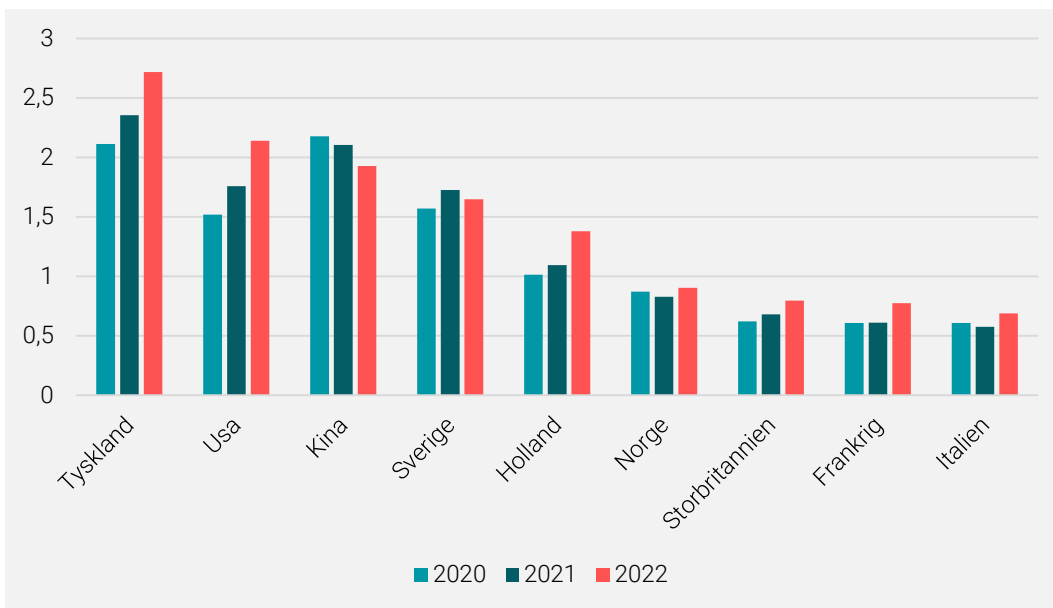
Fjernvarmeteknologi		Vindteknologi		Bioteknologi		Øvrig energiteknologi	
Sydkorea	0,0	Kina	1,4	Polen	0,3	Norge	0,4

Kilde: (Eurostat, 2023) og egne beregninger

I år i de enkelte lande.

Figur 10 er vist de 10 lande, hvortil der er blevet eksporteret den største værdi af miljøteknologi til igennem de sidste tre år samt værdien af eksporten til de enkelte lande. Tyskland er det land, som er opgjort til at have importeret mest grøn, dansk miljøteknologi målt i værdi i 2022, men også Kina, USA og Sverige har været nogle af de større aftagere de seneste år. Sammenlignes med eksporten af grøn energiteknologi ses også, at eksporten af grøn miljøteknologi er mere stabil for de enkelte lande. Dette kan jf. ovenfor tilskrives eksporten af vindteknologi, som variere meget fra år til år i de enkelte lande.

Figur 10: Eksport af grøn miljøteknologi fordelt på eksportlande, 2020-2022



Kilde: (Eurostat, 2023) og egne beregninger

I Tabel 14 ses de største aftagerlande af de forskellige miljøteknologier: renluft, vand og affald. Ligesom for energiteknologi ligger Tyskland og USA blandt nogle af de største importører.

Tabel 14: Top 10 over lande for grøn miljøteknologiekseport, 2022

Renluftsteknologi		Vandteknologi		Affaldsteknologi	
Land	Mia. DKK	Land	Mia. DKK	Land	Mia. DKK
Tyskland	1,7	USA	0,5	Tyskland	0,1

Renluftsteknologi		Vandteknologi		Affaldsteknologi	
USA	1,2	Tyskland	0,6	USA	0,1
Kina	1,8	Kina	0,6	Holland	0,1
Sverige	1,3	Sverige	0,4	Kina	0,1
Holland	0,9	Italien	0,3	Sverige	0,1
Norge	0,8	Indien	0,2	Storbritannien	0,0
Frankrig	0,5	Storbritannien	0,2	Norge	0,1
Storbritannien	0,4	Spanien	0,2	Italien	0,0
Sydkorea	0,3	Holland	0,3	Frankrig	0,0
Italien	0,4	Frankrig	0,2	Polen	0,0

Kilde: (Eurostat, 2023) og egne beregninger

4.1.4 Sammenligning ift. GA22

I forhold til GA22 er teknologieksperten opdateret med 2022-data. De historiske data (2021 og tilbage) er desuden også blevet opdateret og kan derfor differentiere fra data i GA22.

4.2 Potentialet for CO₂-reduktioner fra dansk, grøn eksport

I afsnit 2.2 blev hovedresultatet for potentialet for CO₂-reduktioner i udlandet præsenteret ved et spænd. Dette spænd dækker over en række forskellige teknologiberegninger indenfor de fire energiteknologikategorier (fjernvarme, vind, bioenergi og øvrig), som bliver gennemgået i dette afsnit. Således udfolder dette afsnit hvad der ligger bag hovedresultatet i afsnit 2.2. Først gennemgås dog resultaterne for de reduktionsfaktorer, der som nævnt i afsnit 3.2 er kernen i at beregne potentialerne for reduktioner.

4.2.1 Reduktionsfaktorer – CO₂-reduktion pr. krone

For alle de anvendte teknologier, der er med til definere spændet indenfor hver energiteknologikategori, er der beregnet en såkaldt reduktionsfaktor. Denne faktor definerer hvor meget CO₂ teknologierne potentielt kan reducere med i eksportlandene. Reduktionsfaktoren er dermed af stor betydning først og fremmest for det reduktionsfaktor-spænd, der estimeres for hver teknologikategori, og dernæst for det resulterende potentiale for reduktion. Reduktionsfaktoren belyser for hver teknologi, potentialet for CO₂-reduktionen for hver krone materialeudgift (dvs. ekskl. installation og transport).

Faktoren for ét år er et udtryk for hvor meget teknologien potentielt kan reducere udledningerne med i et gennemsnitligt år af teknologiens levetid, mens faktoren for hele levetiden viser hvad teknologien potentielt kan reducere udledningerne med i hele teknologiens levetid. Det er antaget, at alternativet til den danske, grønne energiteknologiekspert er den samme i hele eksportens levetid med undtagelse af den elproduktion som evt. fortrænges eller forbruges. Som nævnt i afsnit 3.2 anvendes eksportlandenes gennemsnitlige elmiks for at fastlægge hvad der reduceres og der er taget højde for at elproduktionen i udlandet bliver grønnere over tid. Derved vil dansk eksporteret vindkraft give en mindre reduktion i slutningen af sin levetid, da det elsystem, som den indgår i og påvirker, er grønnere.

I Tabel 15 nedenfor er reduktionsfaktorerne angivet for alle teknologier, der indgår. Som det ses af tabellen opnås de højeste reduktionsfaktorer med fjernvarme. Under antagelse af at fjernvarme erstatter individuel forsyning med kul, så opnås den højeste reduktionsfaktor på over 17.000 ton CO₂/ mio. kr. set over levetiden. Erstatte den derimod individuel forsyning med olie er reduktionsfaktoren på godt 7000 ton CO₂/ mio. kr. set over levetiden. Havvind har en reduktionsfaktor på mere end 2.000 ton CO₂/mio. kr. set over levetiden. I den nedre ende af spektret ligger solceller installeret på tage og individuelle varmepumper, der har reduktionsfaktorer omkring 1.000 ton CO₂/mio. kr. set over levetiden. Eksport af individuel grøn energiteknologi giver altså mindre end 1/3 reduktion pr. krone sammenlignet med kollektive løsninger såsom biomassekraftvarme og fjernvarme.

Tabel 15: Reduktionsfaktorer for alle beregnede teknologier for eksport i 2022

Teknologi	Potentiel fortrængt energi	Reduktionsfaktor, levetid, 1.000 ton CO ₂ /mio. kr.
Fjernvarme		
Fjernvarme	Fossil gas, individuel	5,3
Fjernvarme	Olie, individuel	7,4
Fjernvarme	Kul, individuel	17,2
Vind		
Landvind	Elmiks	1,8
Havvind	Elmiks	2,2
Bioenergi		
Kraftvarme	Fossil gas, kraftvarme	3,5
Kraftvarme	Kul, kraftvarme	6,8
Biogasanlæg	Fossil gas, kollektive net	2,7
Træpillefyr	Olie, individuel	3,5
Øvrig		
Stort solcelleanlæg, tag	Elmiks	0,6
Stort solcelleanlæg, mark	Elmiks	1,5
Individuel varmepumpe	Fossil gas, individuel	0,8
Individuel varmepumpe	Olie, individuel	1,2

Kilde: Energistyrelsen

I den følgende gennemgang af potentialer for CO₂-reduktioner er det forholdet mellem reduktionsfaktorer inden for den enkelte teknologikategori, der giver forskellige potentialer, og dermed et spænd for det samlede potentiale.

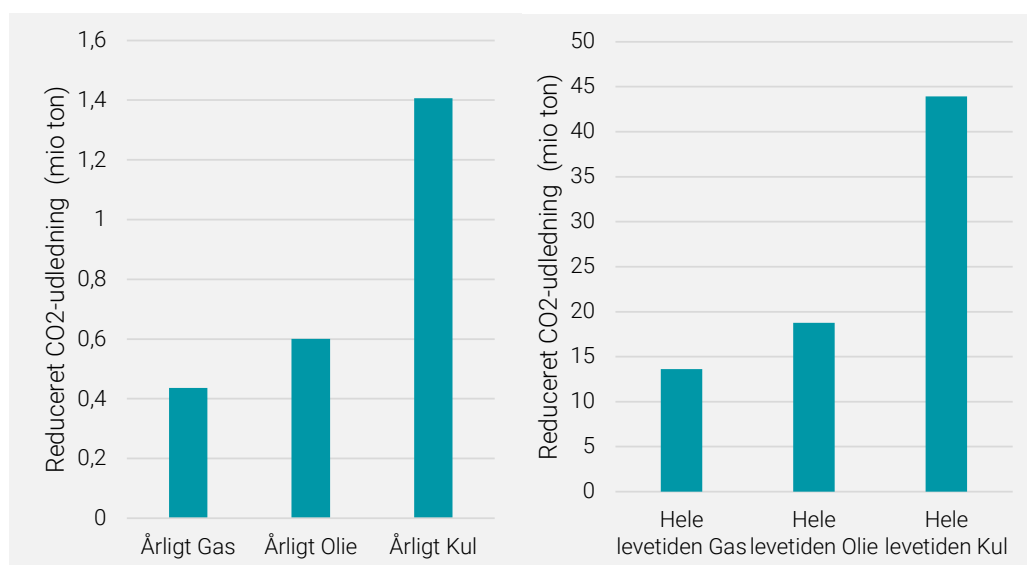
4.2.2 Spænd for fjernvarme - potentialet for CO₂-reduktion fra eksport

Som beskrevet i 3.2 er potentialet for CO₂-reduktion afledt af dansk eksport af grøn fjernvarmeteknologi estimeret ved at inddrage omkostninger og fortrængninger ved et komplet

fjernvarmesystem, som antages at levere grøn fjernvarme. Resultaterne ved estimering af fortrængning af hhv. gas, olie og kul ses i Figur 11. Til venstre vises potentialer for CO₂-reduktion for ét år og til højre for hele levetiden af fjernvarmesystemet. Alle resultater er regnet for den samlede fjernvarmeeksport i 2022.

Figuren viser, at et fjernvarmesystem, der fortrænger individuel opvarmning med kul, giver den absolut højeste reduktion imens gas vil give den laveste, der er ca. 30 pct. lavere end for kul. Disse to resultater anvendes som et maksimum og et minimum for potentialet for CO₂-reduktion fra dansk eksport af fjernvarme og danner dermed et spænd, som anvendes i den samlede opgørelse. Den relativt store forskel imellem resultaterne understreger også at alternativet til dansk eksport har stor betydning for potentialet for reduktion.

Figur 11: Potentialer for CO₂-reduktion fra dansk eksport af fjernvarmeteknologi i 2022 ved fortrængning af hhv. gas, olie og kul



Kilde: Energistyrelsen

At fortrængning af kul giver højere reduktioner end olie, som igen giver højere potentielle fortrængninger end gas, skyldes for det første, at emissionsfaktorerne er højere for kul end for olie, og højere for olie end for gas. Det fremgår også af Tabel 7 i afsnit 3.2. For det andet skyldes det, at virkningsgraden for individuel opvarmning med kul er antaget at være meget lav.

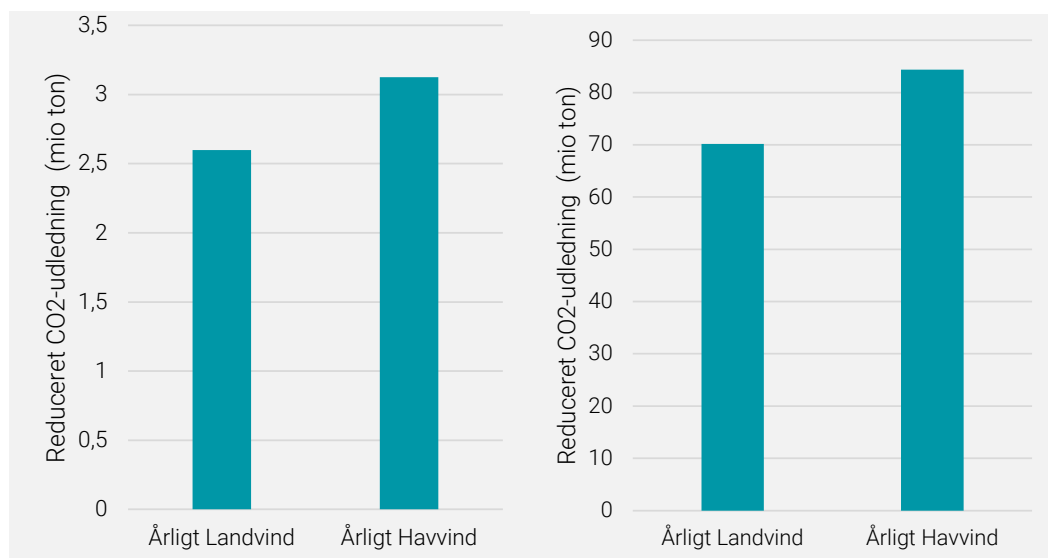
4.2.3 Spænd for vindenergi - potentialet for CO₂-reduktion fra eksport

Eksport af vindenergiteknologi udgør jf. Figur 2 i afsnit 2.1 langt størstedelen af dansk energiteknologiekseport, og det estimerede potentiale for CO₂-reduktion herfra er derfor også af væsentlig betydning for den grønne eksports samlede potentiale. For vindenergiteknologi er potentialet regnet for teknologiekseport af udelukkende landvind og udelukkende havvind,

som er vist i Figur 12. Differencen imellem de to teknologier danner spændet for potentielt reduceret drivhusgasudledning fra eksport af dansk vindenergiteknologi som indgår i Figur 5.

Til venstre i Figur 12 er illustreret potentialet i ét år og til højre vises potentialet for hele levetiden af produkterne. Både for havvind og landvind er levetiden jf. energiteknologikataloget 27 år (ENS, 2022), og derfor er potentialet for hele levetiden 27 gange højere end for ét år.

Figur 12: Potentialer for CO₂-reduktion fra dansk eksport af vindteknologi i ét år og i hele levetiden



Kilde: Energistyrelsen

Som det ses af Figur 12, estimeres eksport af havvind, til at kunne reducere større mængder CO₂ end eksport af landvind. Dette skyldes, at havvind er billigere at etablere i forhold til den forventede elproduktion teknologien kan producere end landvind er, og dermed bliver det resulterende potentiale for reduktion højere. Resultatet skal dog ses i lyset af, at elproduktionen er meget afhængig af lokale forhold og at der derfor for driften af specifikke vindmøller kan opnås CO₂-reduktion, der er væsensforskellig fra det her estimerede.

4.2.4 Spænd for bioenergi - potentialet for CO₂-reduktion fra eksport

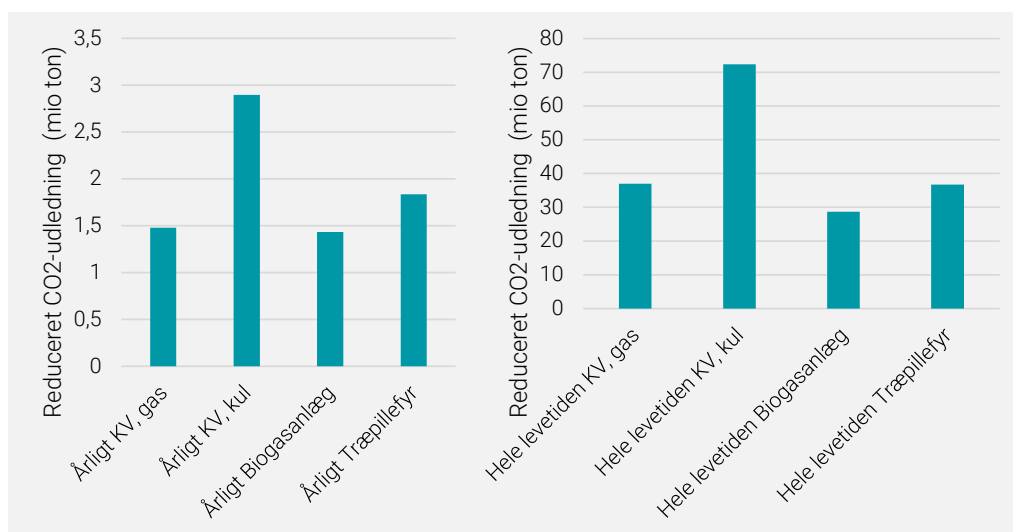
Eksport af grøn bioenergi inkluderer en række varettyper, som alle relaterer sig til biobaseret energi, og potentialet for CO₂-reduktion er derfor beregnet ved tre forskellige teknologier; biomassebaseret kraftvarme, biogasanlæg samt individuelt træpillefyr. For kraftvarme er der lavet beregninger på fortrængning af to forskellige kraftvarmekilder: Naturgas og kul. Biomassebaseret kraftvarme antages således at fortrænge både el såvel som fjernvarme (baseret på alternativ kraftvarmeproduktion på de to nævnte fossile brændsler).

I Figur 13 ses resultaterne for de forskellige biobaserede teknologier. Til venstre vises de potentielle fortrængninger for ét år og til højre for hele levetiden af produkterne. Alle resultater er regnet for den samlede bioenergieksport i 2022.

Hvis der antages, at al den grønne danske eksport af bioenergiteknologi udgøres af teknologi indenfor biogasanlæg, bliver de potentielle reduktioner lavere end for kraftvarmeanlægget. Dette skyldes at, biogasanlæg er en relativ dyr teknologi i forhold til mange af de andre, der indgår i denne opgørelse.

Potentialet for CO₂-reduktion fra individuelle træpillefyr ligger imellem biogas og kraftvarme på kul. Spændet for potentialet for CO₂-reduktioner fra eksport af grøn bioenergiteknologi udgøres dermed i den høje ende af eksport af biobaseret kraftvarme, som fortrænger kul, og i den lave ende eksport af biogasanlæg som fortrænger fossil gas.

Figur 13: Potentialer for CO₂-reduktion fra dansk eksport af grøn bioenergiteknologi



Kilde: Energistyrelsen. **Anm:** KV er forkortelse af kraftvarme

Dermed er der altså et relativt stort spænd for potentialet for CO₂-reduktion fra eksport af bioenergiteknologi i forhold til de tre andre teknologikategorier, nemlig 29-72 mio. ton CO₂ i hele levetiden og 1,4-2,9 mio. ton CO₂ for ét år. Dette understreger at valget af teknologi til at repræsentere eksporten har stor betydning for det resulterende potentiale for CO₂-reduktion.

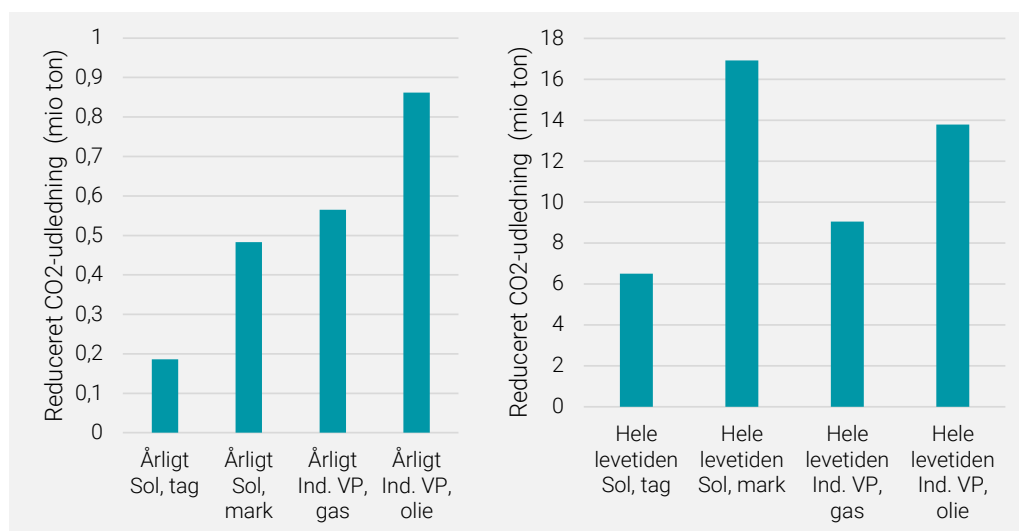
4.2.5 Spænd for øvrig energiteknologi - potentialet for CO₂-reduktion fra eksport

Eksporten af øvrig energiteknologi udgøres af et større antal forskellige varegrupper, som for mange er svære at kategorisere i form af en konkret teknologi. Dele til solceller og dele

til varmepumper er nogle af de varer under øvrig energiteknologi, som kan repræsenteres ved konkrete teknologier, der er indeholdt i energiteknologikatalogerne.

I Figur 14 er vist potentialer for CO₂-reduktion fra eksport af grøn øvrig energiteknologi i 2021, hvis den udgjordes af hhv. solcelle-taganlæg, solcelle-markanlæg, individuelle varmepumper, som fortrængte gas eller individuelle varmepumper, som fortrængte olie. Til venstre vises de potentielle reduktioner for ét år og til højre for hele levetiden af teknologierne. Forskellen mellem de to figurer viser tydeligt, at varmepumper kan levere reduktioner på højde med solcelle-markanlæg, men set over levetiden så er varmepumpernes reduktion markant lavere fordi solceller har en markant længere levetid (mere end dobbelt så lang).

Figur 14: Potentialer for CO₂-reduktion fra dansk eksport af øvrig energiteknologi i ét år og i hele levetiden



Kilde: Energistyrelsen. **Anm:** VP er forkortelse for varmepumpe

4.2.6 Dansk eksport inden for andre sektorer bidrager også

Beregningerne ovenfor af potentialer for CO₂-reduktioner uden for Danmark afledt af dansk eksport, dækker udelukkende over eksport af grøn dansk energiteknologi. Dansk eksport af grøn energiteknologi udgjorde 8 pct. af den samlede danske vareeksport i 2021. Iblant resten af den danske eksport kan der dog også findes mange produkter, som kan tilskrives bidrag til reduktion af CO₂-udledninger. Nedenfor er givet et konkret eksempel på dette.

Case: intelligente staldløsninger bidrager til reduktion af CO₂-udledninger

SKOV A/S leverer klimaløsninger, farm management og digitale værdikædetjenester til animalsk produktion verden over. Virksomheden eksporterer ca. 90 pct. af sine løsninger.

Staldklimaet er vigtigt for klimaaftrykket ved produktionen. Skov A/S har bl.a. udviklet ventilationssystemer til alle forskellige klimaforhold. Virksomheden eksporterer også løsninger, der kan optimere produktiviteten i stalden ved at overvåge og effektivisere foderblandning og -skift. Løsningerne kan spare foderenheder i produktionen, hvilket medfører en reduktion i klimaudledningen.

Virksomheden har staldløsninger til både fjerkræ, svin, malkekvæg og insekter. Insekterne genererer meget varme, ligesom CO₂ og NH₃ niveauet bliver højt. Det kræver et effektivt ventilationsanlæg med højt og ensartet luftskifte.

Kilde: SKOV A/S

4.2.7 Sammenligning med GA22

Der er i dette års Globale Afrapportering (GA23) foretaget en data-opdatering af sidste års analyser af samme emne. Der er ikke ændret i nogle metodemæssige dele.

5. Kvalificering

Dette afsnit kvalificerer baggrundsnotatet Usikkerheder, følsomheder og fremtidige perspektiver for beskrives. Først kvalificeres analysen af værdien af dansk eksport af grønne løsninger og herefter analysen af potentialet for CO₂-reduktioner fra dansk, grøn eksport.

5.1 Værdien af dansk eksport af grønne løsninger

Dette afsnit beskriver 1) usikkerheder og 2) perspektivering for opgørelsen af dansk eksport af grøn miljø- og energiteknologi samt service.

5.1.1 Usikkerhed

Om end brugen af varekoder til at opgøre grøn eksport af miljø- og energiteknologi er en meget anvendt metode, så er der en række udfordringer ved metoden. Eksempelvis er der usikkerhed knyttet til vurderingen af, hvilke varekoder der er grønne og varekodernes grønne vægt. Usikkerheden skyldes blandt andet, at Eurostats liste over grønne varekoder ikke er blevet opdateret de seneste år. Listen tager heller ikke højde for, at det i mange tilfælde kun vil være en procentdel inden for en given varekode, der er grøn, ligesom det afhænger af brugen af varen, om den kan kategoriseres som grøn eller ej. Det betyder, at en varegruppe hvor under 50 pct. eksporten ventes at være grøn, ikke vil fremgå af Eurostats liste.

Af andre mulige fejlkilder er der en risiko for, at virksomheder indberetter på forkerte varekoder og dertil kommer at udenrigshandlen er "diskretioneret" således, at ikke alle virksomheders eksport indgår i opgørelsen.

Derudover er opgørelsen af serviceeksporten omfattet af en betydelig usikkerhed da data er beregnede størrelser og er delvist surveybaseret og delvist baseret på indberettede regnskabsoplysninger. Serviceeksporten for 2021 og 2022 baserer sig på fremskrivning, der er foretaget på baggrund af momsstatistikken, men med udgangspunkt i fordeling af eksporten i 2020, der på grund af covid-19 pandemien ikke nødvendigvis er repræsentativ for 2022, og dermed medfører en ekstra usikkerhed.

5.1.2 Perspektivering

Opgørelsen af eksporten i GA23 følger metode og grundlag for opgørelserne af hhv. energiteknologi opgjort af Energistyrelsen, Dansk Industri, Green Power Denmark og Dansk Fjernvarme og miljøteknologi opgjort af Damvad og Miljøministeriet. Såfremt der laves opdateringer i metode eller grundlag til disse udgivelser, vil det også blive medtaget i fremtidige versioner af GA.

5.2 Potentialet for CO₂-reduktioner fra dansk, grøn eksport

Der er i beregningen af potentialet for CO₂-reduktioner fra dansk, grøn energiteknologiekspport gjort en række forsimplinger af virkelighedens tilstand. Ligeledes er der gjort en række antagelser for at kunne lave nogle gennemsnitsbetragtninger. I dette afsnit diskuteres de overordnede linjer omkring dette og der præsenteres enkelte følsomhedsberegninger.

5.2.1 Usikkerheder

Den danske eksport af grøn energiteknologi dækker over en lang liste af forskellige varer, som enten er eller indgår som en del af en energiteknologi. Der er i denne analyse udvalgt nogle få teknologier, til at repræsentere det brede spektrum af teknologier, som bliver eksporteret fra Danmark. Det er gjort ud fra en antagelse om, at de udvalgte teknologier er repræsentative for den energiteknologikategori, som de indgår i. Særligt for teknologikategorien 'øvrige energiteknologier' har det dog været vanskeligt med udgangspunkt i teknologikatalogerne, at få repræsenteret de mange forskelligartede varegrupper som indgår i kategorien. Dette skal der naturlig tages forbehold for.

På samme måde som for eksporten er der valgt nogle få teknologier, der repræsenterer alternativet til dansk eksport. Energistyrelsen har ikke en fyldestgørende viden omkring hvilke sammenhænge, som dansk grøn eksport indgår i, og ligeledes heller ikke viden omkring hvad et potentielt alternativ til dansk energiteknologi ville være i udlandet. Situationen, hvor der ikke er dansk, grøn eksport af energiteknologi, har afgørende betydning for beregningen af hvor stort potentialet for CO₂-reduktion er. Disse antagelser, der som nævnt er meget usikre, er samtidig meget afgørende. Ved at angive resultatet i et spænd, er der i nogen grad taget højde for disse forhold.

I beregningen anvendes eksportværdien for 2022 og jf. afsnit 4.1 udgøres denne både i 2022, men også i tidligere år, af en betydelig vindenergiteknologi. Som også beskrevet i afsnit 4.1 har der de seneste år været ét land, som har været primær aftager på dansk eksport af vindenergiteknologi. Det betyder, at udledningerne som vind fortrænger, og dermed den samlede potentielle reduktion, i høj grad er hængt op på emissionsfaktoren for el i det land, som der eksporteres mest vindenergiteknologi til.

I beregningerne anvendes i høj grad data og standarder fra teknologikatalogerne, som tager udgangspunkt i danske forhold og gennemsnitsdata. Bl.a. anvendes som grundlag for flere af teknologiernes potentielle reduktion en antagelse om, at de gennemsnitlige huse i eksportlandene svarer til danske standardhuse med et varmebehov på 65 GJ årligt. Dette vil givetvis ikke være i overensstemmelse med virkeligheden. Dertil kommer, at danske vindforhold, solindstråling og forventede driftstimer for værker givetvis vil være anderledes i de situationer, hvori dansk eksport af grøn teknologi indgår.

5.2.2 Følsomhedsberegninger

For at teste robustheden af det samlede resultat er der blevet foretaget en række forskellige følsomhedsberegninger. Følsomhedsberegningerne dækker over justeringer af den centrale beregning på parametre for vind- og solressourcer, årlige driftstimer for kraftvarmeværker og biogas og emissionsfaktorer for el. Dertil er der set på konsekvensen hvis fjernvarmesystemets CO₂-reduktion også kræver at der bygges et varmeværk. Følsomhedsberegningerne er nærmere beskrevet i Bilag 3: Følsomhedsberegninger for potentiale for CO₂-reduktioner.

Følsomhedsberegningerne viser, at de samlede resultater for potentialet for CO₂-reduktion knyttet til dansk, grøn energiteknologiekseport er robust ift. de nævnte parametre med undtagelse af vindressourcerne. Dette skyldes til dels, at vindkraft udgør en meget stor andel af potentialet. Beregningerne er i vid udstrækning baseret på data fra teknologikatalogerne, som er baseret på danske forhold. Danmark har set i sammenligning med resten af verden meget gode vindressourcer. Følsomhedsberegningerne viser, at hvis dansk eksport af vindkraftteknologi installeres i områder med væsentlig ringere vindforhold (beregnet som 25 pct. lavere antal fuldlasttimer) så vil det samlede potentiale blive reduceret med 10-15 pct. og dermed være op omkring 20 mio. ton CO₂ mindre.

5.2.3 Perspektivering

Opgørelsen af den potentielle reduktion af drivhusgasudledninger fra dansk, grøn eksport begrænser sig til at omfatte energiteknologi, og opgøres i forhold til en hypotetisk referencesituation, hvor eksporten ikke havde fundet sted. Ideelt set skulle der foretages livscyklusanalyser, hvor produkternes klimapåvirkning i hele levetiden blev medregnet. Ligeledes ville det også have givet et mere komplet billede, hvis hele den danske vareeksport var lagt til grund for beregningen.

Det har inden for rammerne af dette arbejde dog ikke været muligt, at anvende en sådan komplet og omfattende tilgang. Det, der i høj grad er en begrænsning for at komme nærmere den metodisk korrekte CO₂-reduktion fra dansk grøn eksport, er adgang til relevant data. Fremadrettet vil Energistyrelsen afsøge muligheden for at få mere detaljerede data og informationer om både eksporten og den kontekst som den indgår i, for således at forbedre de antagelser der ligger bag beregningerne.

6. Kilder

- BBC. (2021). *BBC News*. Hentet 22. april 2022 fra <https://www.bbc.com/news/uk-politics-58792261>
- Damvad. (2023). *Eksportdashboard*. Hentet 6. april 2022 fra <http://eksport.damvad.io/>
- Ember. (2021). *G7 poised to lead the world towards clean electrification*. Hentet 22. april 2022 fra <https://ember-climate.org/insights/commentary/g7-poised-to-lead-the-world-towards-clean-electrification/>
- ENS. (2018). *Eksport af energiteknologi og -service 2017*. Energistyrelsen, Green Power Denmark, DI Energi og Dansk Fjernvarme.
- ENS. (2021). *Technology catalogue - Energy transport*. Energistyrelsen og Energinet.
- ENS. (2021b). *Technology catalogue - Heating Installations*. Energistyrelsen og Energinet.
- ENS. (2022). *Technology data - Generation of electricity and district heating*. Energistyrelsen og Energinet .
- ENS. (2022a). *Technology catalogue - Renewable fuels*. Energistyrelsen og Energinet.
- ENS. (2023c). *Eksport af energiteknologi og -service 2022*. Energistyrelsen, Green Power Denmark, DI Energi og Dansk Fjernvarme.
- EU. (2022). *Climate action*. Hentet 22. april 2022 fra https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_da
- Euractiv. (2022). Hentet 22. april 2022 fra Renewable Energy: <https://www.euractiv.com/section/energy/opinion/germany-leads-europe-with-target-to-reach-100-clean-power-by-2035/>
- Eurostat. (2023). *EU trade since 1999 by HS2,4,6 and CN8*. Hentet 6. april 2022 fra <https://ec.europa.eu/eurostat/web/international-trade-in-goods/data/database>
- IEA. (22. april 2023). Hentet fra Countries: <https://www.iea.org/countries/the-netherlands>
- IEA, c. (2021). Hentet 22. april 2022 fra Country report: <https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-carbon-neutrality-in-china>
- IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. (S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Red.) IGES. Hentet fra <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- KEFM. (2020). *Lov om klima*. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet.
- Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland. (2022). *Carbon neutral Finland 2035 – national climate and*. Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland.
- MST. (2023). *Eksport af vandteknologi 2021*. Miljøstyrelsen.
- Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia del Gobierno de España. (2021). *Estrategia Espana 2050*. Hentet fra https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf
- SE. (u.d.). *Energy use in Sweden*. Hentet 22. april 2022 fra <https://sweden.se/climate/sustainability/energy-use-in-sweden>
- Taiwan, F. (2022). Hentet 22. april 2022 fra Business: <https://focustaiwan.tw/business/202203300019>

The Government of the Republic of Korea. (2020). *2050 CARBON NEUTRAL STRATEGY OF THE REPUBLIC OF KOREA*. The Government of the Republic of Korea.

7. Bilag

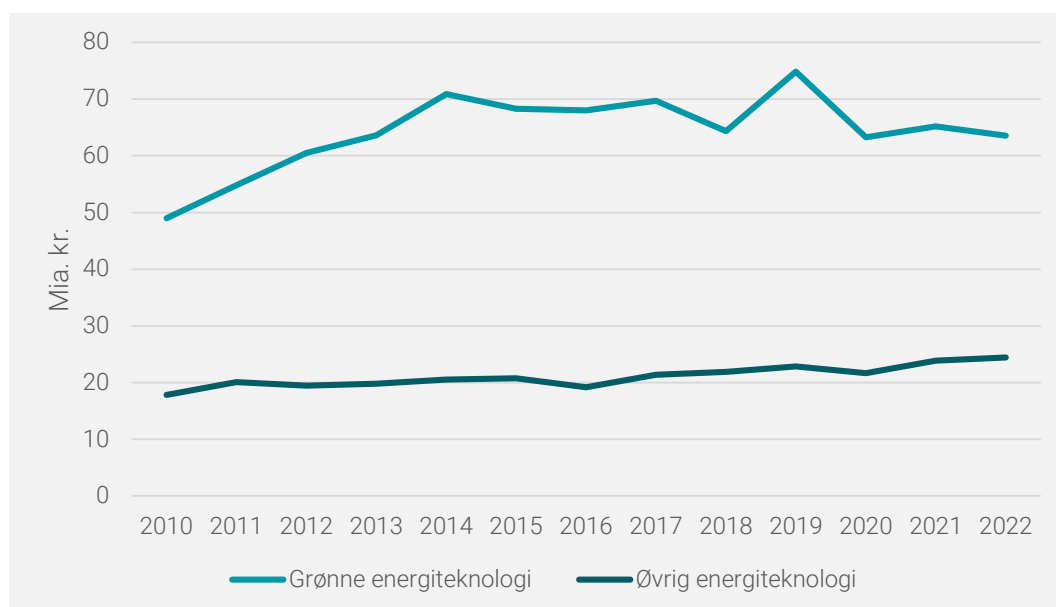
Bilag 1: Værdien af dansk eksport af grønne løsninger

Grøn teknologi som andel af den samlede teknologieksporteksport

Den grønne energiteknologi og den grønne miljøteknologi er en delmængde af hhv. den samlede energiteknologi og den samlede miljøteknologi. I den samlede energiteknologi og den samlede miljøteknologi indgår også teknologier, som ikke kan tilskrives et grønt formål. Det kan for eksempel være naturgasrør, dele til fossildrevne motorer eller transmissionskabler til el, da den europæiske elektricitet fortsat overvejende kommer fra fossil energi. I Figur 15 og Figur 16 er vist hvordan den grønne eksport af energiteknologi og miljøteknologi har udviklet sig siden 2010 i forhold til eksporten af den øvrige, og altså ikke-grønne teknologieksport.

Af Figur 15 ses, at eksporten af den grønne teknologieksport er steget mere målt i værdi end den øvrige energiteknologi siden 2010. Den grønne eksport af energiteknologi er vokset med 15 mia. kr. siden 2010 mens den øvrige er vokset med 6 mia. kr. Relativt set er eksporten af den øvrige energiteknologi dog steget mere end den grønne. Fra 2010 til 2022 er den øvrige energiteknologieksport steget med 37 pct. mens den grønne er steget med 27 pct. Det ses også, at eksporten af den grønne energiteknologi er mere fluktuerende end den øvrige energiteknologi. Dette kan i høj grad tilskrives eksporten af vindteknologi, som bl.a. udgøres af nogle store enkeltstående ordre, der kan give udsving fra år til år.

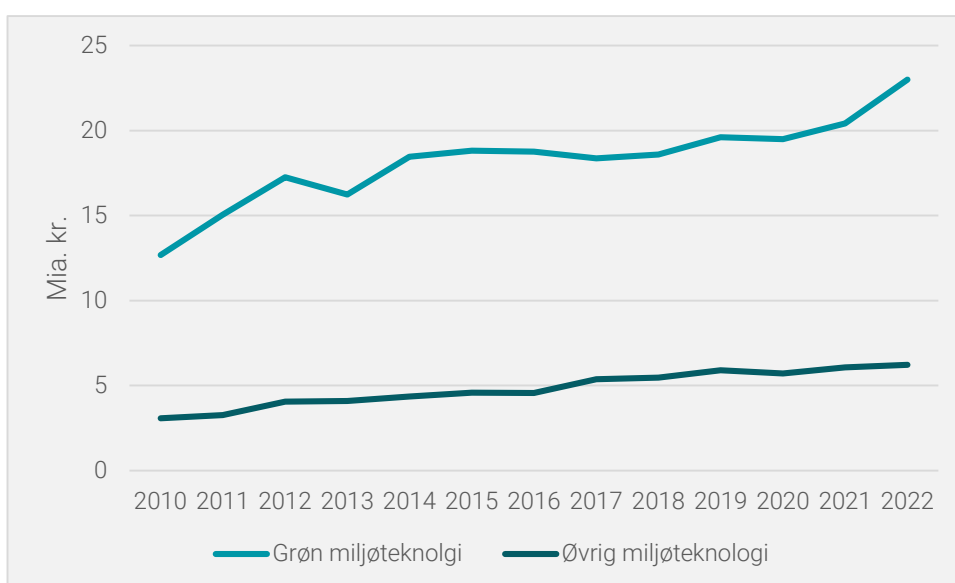
Figur 15: Dansk eksport og grøn og øvrig energiteknologier, 2010-2022



Kilde: (Eurostat, 2023) og egne beregninger

Udviklingen af grøn og øvrig miljøteknologi ligner den for energiteknologi. Af Figur 16 ses, at eksporten af grøn miljøteknologi er steget mere end eksporten af øvrig miljøteknologi siden 2010 målt i værdi. Mens eksporten af grøn miljøteknologi er steget med 10 mia. kr. er eksporten af øvrig miljøteknologi steget med 3 mia. kr. Relativt set er det dog den øvrige miljøteknologi som med mere end en fordobling siden 2010 imod 27 pct. vækst for grøn miljøteknologi er steget mest.

Figur 16: Dansk Eksport af grøn og øvrig energiteknologi, 2010-2022



Kilde: (Eurostat, 2023) og egne beregninger

Varekodeliste for diskretionering

Konkret udgår følgende fire varekoder fra opgørelsen af grøn miljø- og energiteknologiekspport som følge af diskretionering⁶:

Varekode	Beskrivelse af varekoderne
68061000	Slaggeuld, stenuld og lignende mineralsk uld, herunder indbyrdes blandinger af disse varer, i løs masse, plader eller ruller (undtagen varer af letbeton, asbest, asbestcement, cellulosecement og lignende, blandinger og andre varer af eller på basis af asbest samt keramiske varer)

⁶ Diskretionering skal sikre, at der ikke kan udledes fortrolig og individuel data på enkeltpersoner eller virksomheder.

Varekode	Beskrivelse af varekoderne
68069000	Blandinger og varer af varmeisolerende, lydisolierende eller lydabsorberende mineralske stoffer (undtagen slaggeuld, stenuld og lignende mineralskuld; ekspanderet vermiculit, ekspanderet ler, skumslagge og lignende ekspanderede mineralske stoffer; varer af letbeton, asbestcement, cellulosecement og lignende; blandinger og andre varer af eller på basis af asbest; keramiske varer)
84136039	Tandhjulspumper (undtagen håndpumper, pumper henhørende under pos. 8413.11 eller 8413.19, brændstof-, smøremiddel- og kølevæskpumper til stempeldrevne forbrændingsmotorer, samt hydrauliske pumper, herunder hydrauliske aggregater)
90321020	Termostater, elektroniske

Kilde: Danmarks Statistik

Bilag 2: Potentiel klimaeffekt af dansk energiteknologiekspor

I dette bilag ses en tabel med alle resultaterne fra de forskellige teknologiberegninger bag den samlede beregning af potentialet for reduktioner fra grøn, dansk energiteknologiekspor.

Tabel 16: Samlet overblik over teknologier reduktionsfaktorer og potentielt resulterende reduktion i ét år og i hele levetiden

Teknologi	Levetid, år	Fortrængt energi	Reduktionsfaktor, 1.000 ton CO ₂ /mio. kr.	Reduktion, et år	Reduktion, levetid
Fjernvarme					
Fjernvarme	Blandet	Gas	5,3	0,4	14
Fjernvarme	Blandet	Olie	7,4	0,6	19
Fjernvarme	Blandet	Kul	17,2	1,4	44
Vind					
Landvind	27	Elmiks	1,8	2,6	70
Havvind	27	Elmiks	2,2	3,1	84
Bioenergi					
Kraftvarme	25	Fossil gas	3,5	1,5	37
Kraftvarme	25	Kul	6,8	2,9	72
Biogasanlæg	20	Fossil gas	2,7	1,4	29
Træpillefyr	20	Olie	3,5	1,8	37
Øvrig					
Stort solcelleanlæg, tag	35	Elmiks	0,6	0,2	7
Stort solcelleanlæg, mark	35	Elmiks	1,5	0,5	17
Individuel varmepumpe	16	Fossil gas	0,8	0,6	9
Individuel varmepumpe	16	Olie	1,2	0,9	14

Kilde: Energistyrelsen

Bilag 3: Følsomhedsberegninger for potentiale for CO₂-reduktioner

I dette bilag redgøres i detaljer for de følsomheder, som der blev refereret til og konkluderet omkring i afsnit 5.2.2.

Følsomheder for fjernvarme

I beregningerne for potentialet fra fjernvarmeteknologi tages der som beskrevet i afsnit 3.2 udgangspunkt i et komplet fjernvarmesystem uden varmeproduktion. Der antages altså, at den eksporterede fjernvarmeteknologi installeres i forbindelse med en eksisterende CO₂-neutrale fjernvarmekilde og den samlede potentielle reduktion tilskrives udelukkende den eksporterede fjernvarmeteknologi.

Et andet scenarie kunne være, at der skulle opstillet ny, grøn kraftvarme eller udbygges på eksisterende i forbindelse med installation af fjernvarmesystemet. I det tilfælde vil der udover fjernvarmesystemet også skulle inkluderes et fjernvarmeværk i omkostningen til beregning af reduktionsfaktoren for fjernvarme, hvilket naturligt vil reducere den og dermed også det samlede potentiale for reduktion. Hvis det antages, at der i forbindelse med fjernvarmesystemet opsættes et biomasseværk, som skal indgå i den samlede omkostning mens antagelsen omkring fortrængt energi fortsat er individuel fossil opvarmning vil reduktionsfaktoren falde fra godt 5.000 ton CO₂/mio. kr. til knap 3.000 ton CO₂ /mio. kr. Det samlede potentiale for reduktioner bliver i dette tilfælde 112 -228 mio. ton CO₂, hvor den centrale beregning i afsnit 2.3 er 119-228 mio. ton CO₂.

Følsomheder for vind

Den årlige energiproduktion fra vindmøller er stærkt afhængig af hvor meget det blæser på vindmøllens lokation, hvilket kan være meget varierende. Der er først og fremmest en betydelig forskel imellem vindstyrker på hav og på land, men også betydelige variationer inden for land og hav.

De anvendte fuldlasttimer for vindproduktion til beregninger for potentielle reduktioner i udlandet er fra teknologikataloget (ENS, 2022), som tager udgangspunkt i danske gennemsnitlige vindressourcer. De danske forhold for vindproduktion er relativt gode grundet de gode vindressourcer, som findes mange steder i landet, men det er naturligvis ikke sikkert, at den eksporterede vindmølle teknologi anvendes på tilsvarende gunstige lokationer. Omvendt kan de naturligvis også opstilles under bedre forhold. For at belyse dette, er der foretaget følsomhedsberegninger, hvor der antages både højere og lavere vindstyrker end angivet i teknologikataloget. Helt konkret er der antaget en forøgelse af fuldlasttimerne på 10 pct. og en reduktion på 25 pct.

For det samlede potentiale vil en 10 pct. forbedring af vindstyrken resultere i et interval på 126-226 ton CO₂ fremfor de 119-218 ton CO₂, som den centrale beregning giver. Omvendt vil en reduktion af vindstyrken på 25 pct. give et samlet potentiale for reduktioner i udlandet

på 101-197 mio. ton CO₂. Resultaterne for vind ses Tabel 17 nedenfor sammen med de øvrige resultater for følsomhedsberegninger.

Følsomheder for sol

På samme måde som for vind, er elproduktionen fra solceller i høj grad afhængig af soltimerne på den anvendte lokation. De anvendte data fra teknologikataloget (ENS, 2022) tager udgangspunkt i danske forhold, som ikke nødvendigvis er repræsentative i eksportlandene for dansk energiteknologiekspport. For at teste dette, er der blevet foretaget følsomhedsberegninger, hvor der antages både bedre og dårligere forhold end de gennemsnitlige værdier fra Teknologikataloget. Dette er gjort ved at lave beregninger, med hhv. 15 højere og 15 lavere fuldlasttimer.

Som det ses af Tabel 17 vil det samlede potentiale for reduktioner ved en 15 pct. reduktion af elproduktionen fra solceller falde til imellem 118 og 215 mio. ton CO₂ mens en 15 pct. forøgelse vil give en stigning i potentialet til imellem 120 og 220 mio. ton CO₂.

Følsomheder for varmeproduktion

Der er i beregningerne for kraftvarme under bioenergiteknologi antaget, at anlægget har en anvendelse svarende til 4500 fuldlasttimer årligt. Dette kan naturligvis være meget varierende afhængig af forholdene det givne sted, hvor anlægget opsættes. Der er derfor lavet følsomheder på produktionen ved at foretage følsomhedsberegninger med hhv. 15 yderligere og færre fuldlasttimer. Hvis fuldlasttimerne øges vil det øvre interval for den potentielle reduktion stige med 5 pct. Ligeledes hvis fuldlasttimerne reduceres vil det øvre interval falde med 5 pct. Resultaterne kan ses i Tabel 17 sammen de øvrige resultater for følsomheder.

Følsomheder for biogasproduktion

Produktion af biogas indgår i teknologierne under bioenergiteknologi og har den laveste fortræningsfaktor indenfor bioenergi. I de centrale beregninger antages det, at et biogasværk har en årlig produktion svarende til 8000 fuldlasttimer. Robustheden af det samlede resultat i forhold til dette er testet med beregninger, der antager 15 pct. højere fuldlasttimer og 15 pct. lavere. Resultaterne påvirker den nedre del af intervallet ved at være hhv. 4 pct. højere og 4 lavere jf. Tabel 17.

Følsomheder for emissioner

Til beregning af reduktionsfaktoren for alle de elproducerende teknologier er der anvendt en beregnet emissionsfaktor, som tager højde for eksportlandenes nuværende og forventede fremtidige emissioner fra el. Denne emissionsfaktor er naturligvis behæftet med en vis usikkerhed ligesom den også i høj grad afhænger af det eksportland, som i 2022 importerede den største andel vindteknologi jf. metode for beregning af emissionsfaktoren for el-miks i afsnit 3.2.2. For at teste robustheden af emissionsfaktoren for el er der foretaget følsomhedsberegninger med variationer på emissionsfaktoren for vind, hvor der er beregnet hhv. 15 pct. højere og 15 pct. lavere emission fra el. Resultat heraf, er at intervallet for det

samlede potentiale for CO₂-reduktioner i udlandet ændrer sig til hhv. 130-230 og 108-205 mio. ton CO₂.

Table 17: Oversigt over samtlige følsomhedsberegninger

Variation	Samlet potentiale for CO ₂ -reduktion i udlandet over levetiden		Variation ift. centralt forløb	
	mio. ton CO ₂		pct. afvigelse	
GA22 (central beregning)	119	218	-	-
Vindkraft, bedre vindressourcer (+ 10 pct. fuldlasttimer)	126	226	6%	4%
Vindkraft, dårligere vindressourcer (- 25 pct. fuldlasttimer)	101	197	-15%	-10%
Solceller, flere soltimer (+ 15 pct. fuldlasttimer)	120	220	1%	1%
Solceller, færre soltimer (- 15 pct. fuldlasttimer)	118	215	-1%	-1%
Biomassekraftvarme, højere produktion (+ 15 pct. fuldlasttimer)	119	228	0%	5%
Biomassekraftvarme, lavere produktion (- 15 pct. fuldlasttimer)	119	207	0%	-5%
Biogas, højere produktion (+ 15 pct. fuldlasttimer)	123	218	4%	0%
Biogas, lavere produktion (- 15 pct. fuldlasttimer)	115	218	-4%	0%
Fjernvarmesystemet kræver også et varmekværk	112	218	-5%	0%
Udledninger fra el i eksportlande (+15 pct. emissioner)	130	230	9%	6%
Udledninger fra el i eksportlande (-15 pct. emissioner)	108	205	-9%	-6%

Kilde: Energistyrelsen