



Danmarks globale klimapåvirkning - Global afrapportering 2024 (GA24): Brændselsbalance

Kontor/afdeling

Systemanalyse & Innovation

Dato

29-04-2024

Baggrundsnotat nr. 7a

Indholdsfortegnelse

1	Rammesætning.....	2
2	Resultater.....	3
2.1	Udvikling i import og eksport af brændsler.....	3
2.2	Udledninger fra brændsler, som importeres eller eksporteres.....	5
2.3	Oprindelses- og aftagerlande af brændsler.....	9
2.4	Eksport af PtX-brændstoffer og dets påvirkning i udlandet.....	14
3	Metode og antagelser.....	20
3.1	Metodebeskrivelse.....	20
3.2	Overordnede forudsætninger og afgrænsninger.....	21
3.3	Overlap med andre dele af GA24.....	22
3.4	Primære datakilder.....	23
4	Kvalificering.....	23
4.1	Usikkerheder.....	23
4.2	Perspektivering.....	24
5	Kilder.....	25

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

T: +45 3392 6700

E: ens@ens.dk

www.ens.dk



1 Rammesætning

Målet med Danmarks globale klimapåvirkning - Global afrapportering 2024 (GA24) er at kaste lys over Danmarks globale klimapåvirkning, med særligt fokus på landets energiimport og -eksport. Givet Danmarks betydelige handel med energiressourcer er det essentielt at forstå denne dynamik i en global klimakontekst. Mens tidlige versioner af GA fokuserede på elektricitetsudveksling med omverdenen, går GA24 skridtet videre ved også at inkludere en opdateret gennemgang af Danmarks brændselsbalance, hvilket giver en mere detaljeret forståelse for landets energistrømme.

Brændselsbalancen kategoriserer forskellige brændstoftyper såsom kul, olie, naturgas, fast biomasse, flydende biobrændsler, PtX og andre. Den indeholder fire hovedsektioner:

Udviklingen målt i energi (PJ):

Dette afsnit præsenterer et overblik over Danmarks nettoeksport af brændstoffer, hvorvidt Danmark har eksporteret mere end det har importeret, baseret på både historiske data og fremskrivninger fra Energistyrelsens Klimastatus 2023.

Udviklingen målt i emissioner (ton CO₂e):

Her fokuseres der på emissioner relateret til import og eksport af fossile brændstoffer.

Handelspartnere i brændselsimport og -eksport:

Afsnittet beskriver hvilke nationer der er centrale i Danmarks brændselsimport og -eksport, hvilket giver indsigt i Danmarks vigtigste handelspartnere inden for energisektoren.

Fremtidig eksport af PtX-brændsler:

Denne del analyserer potentialerne ved eksport af PtX-produkter og deres indflydelse på CO₂-reduktion globalt.

Det er vigtigt at bemærke, at GA24's fokus primært er på Danmarks energiimport og -eksport og ikke direkte på landets territoriale emissioner. Denne tilgang stemmer overens med Klimarådets anbefalinger om at overvåge både grønne og fossile energikilder i GA-rapporterne.

GA24 indeholder desuden en sektion dedikeret til Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk. Mens delen omkring Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk tager højde for emissioner fra både brændstoffer og elektricitet forbrugt i Danmark, er det vigtigt at skelne mellem den generelle brændselsbalance og det forbrugsbaserede klimaaftryk for at undgå dobbelttælling.



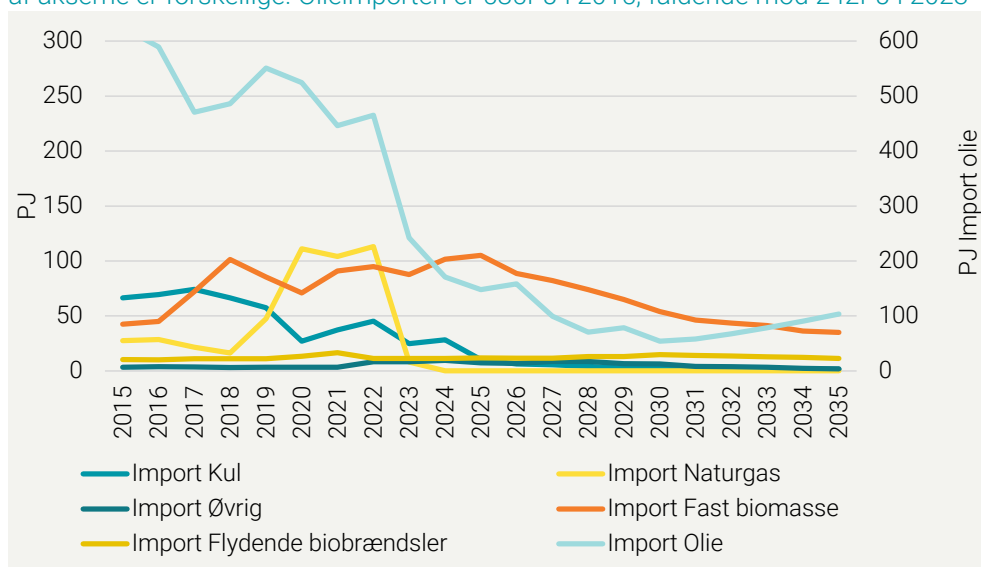
2 Resultater

2.1 Udvikling i import og eksport af brændsler

Samlet udvikling

Danmark har svinget mellem samlet set at være nettoeksportør og nettoimportør af brændsler, med primært olie og naturgas som værende de drivende brændsler i den samlede nettoeksport. I Figur 1 ses den historiske udvikling fra 2015 og frem. Historisk data løber til og med år 2022 mens der i årene 2023-2035 anvendes tal fra fremskrivninger i Klimastatus og -fremskrivning 2023 (ENS, Klimastatus og -fremskrivning 2023, 2023). De fire kategorier kul, olie, naturgas og fast biomasse er aggregerede kategorier som hver især indeholder en række brændselsprodukter fx indeholder "olie" både råolie og raffinerede brændsler som benzin og diesel.

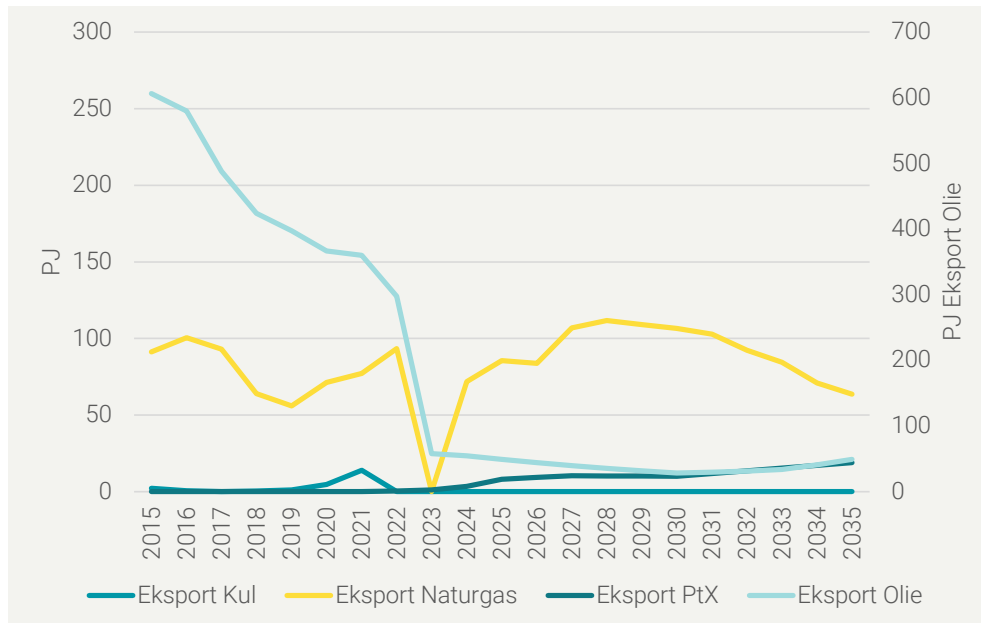
Figur 1: Oversigt på import af brændsler i perioden 2015-2035. Perioden 2022-2030 er fremskrevet baseret på KF23. Grafens højre akse tilhører udviklingen af olieimport og grafens venstre akse de resterende brændsler. Vær opmærksom på at værdierne af akserne er forskellige. Olieimporten er 585PJ i 2015, faldende mod 242PJ i 2023



Kilde: Energistyrelsen



Figur 2: Oversigt på eksport af brændsler i perioden 2015-2035. Perioden 2022-2030 er fremskrevet baseret på KF23. Grafens højre akse tilhører olieeksport, venstre akse tilhører eksport af resterende brændsler begge i PJ. Olieeksporten er 565PJ i 2015, faldende mod 58PJ i 2023



Kilde: Energistyrelsen

Tabel 1: Kategorier og underprodukter benyttet i dette baggrundsnotat

Aggregeret kategori	Underliggende produkter
Olie	Råolie
	Raffinerede olieprodukter
Øvrige fossile	Affald – ikke bionedbrydeligt
	LPG (gas)
Fast biomasse	Affald – bionedbrydeligt
	Halm
	Træflis
	Træpiller
	Øvrigt træ
Flydende biobrændsler	Biodiesel
	Bioetanol
	Biolie
	Biogas
Kul	Stenkul
	Brunkul
	Koks



Fast biomasse

Øget dansk efterspørgsel efter fast biomasse har resulteret i en støt stigning i nettoimporten af fast biomasse. Denne tendens ses i takt med, at brugen af kul blevet mindsket. Danmarks øgede nettoimport af fast biomasse synliggør, at det danske biomasseforbrug i dag er afhængigt af import fra udenlandske aktører. Selvom biomasse i en vis udstrækning har afløst kul på en række kraftværker er nettoimporten af fast biomasse, målt i energiindhold (PJ), langt mindre end kulimporten var, da nettoimporten af kul var på sit højeste. Dette skyldes til dels udbygningen af sol- og vindenergi i samme periode, hvis elproduktion dækker en del af energibehovet. Den aggregerede kategori "fast biomasse" indeholder biobrændslerne bioaffald, halm, træflis, træpiller og øvrig træmasse.

Kul

Danmark har ikke kulindvinding hvorfor nettoimporten vist på Figur 1 svarer til ren import. Danmarks import af kul var toppede i 1990'erne, hvor den i dag er importen meget begrænset. Det skyldes dels, at kul på de danske kraftvarmeværker i vid udstrækning er udfaset fordi en række af de kulfyrede kraftværker i dag anvender biomasse, herunder træflis og træpiller, i stedet, og fordi der generelt er stigende elproduktion fra kraftvarmeværker. Den aggregerede kategori "kul" indeholder kulbrændslerne stenkul, brunkul og koks.

Naturgas

Når det gælder naturgas har Danmark historisk haft en stabil nettoeksport. I 2019-2020 vendte situationen, og Danmark blev nettoimportør. Årsagen til dette er hovedsageligt den planlagte reovering af Tyra platformen, som er central for Danmarks naturgasudvinding. Det forventes, at den positive nettoeksport vender tilbage, når naturgasudvindingen gennem Tyra platformen genoptages i 2023/2024.

Olie og olieprodukter

I 2004 toppede Danmarks nettoeksport af olie, hvorefter der har været et markant fald i eksport frem mod 2021. Dette skyldes primært, at de fleste felter i den danske del af Nordsøen har produceret størstedelen af den forventede indvindelige olie, samt at de aldrende felter kræver mere vedligeholdelse. 2015-2017 var et vendepunkt, hvor Danmark skiftede til at være nettoimportør af olie. Udviklingen korrelerer med en faldende olieudvinding i Nordsøen, men i fremskrivningerne fra 2023 til 2030 ses dog at udviklingen forventes at vende for olie, med en nettoimport der går mod nul. Olie er en aggregeret kategori bestående af råolie samt raffinerede olieprodukter, heriblandt gas og diesellole, benzin, petroleum m.m.

2.2 Udledninger fra brændsler, som importeres eller eksporteres

Udledninger i dette afsnit er beregnet ved at gange emissionsfaktorer ved forbrænding på energimængderne for hver brændselstype i et givent år (se metode i kapitel 3). Det er udelukkende de fossile emissioner der beregnes. Der ses her ikke på udledninger fra fast og flydende biomasse. For mere viden om biogene emissioner henvises der til



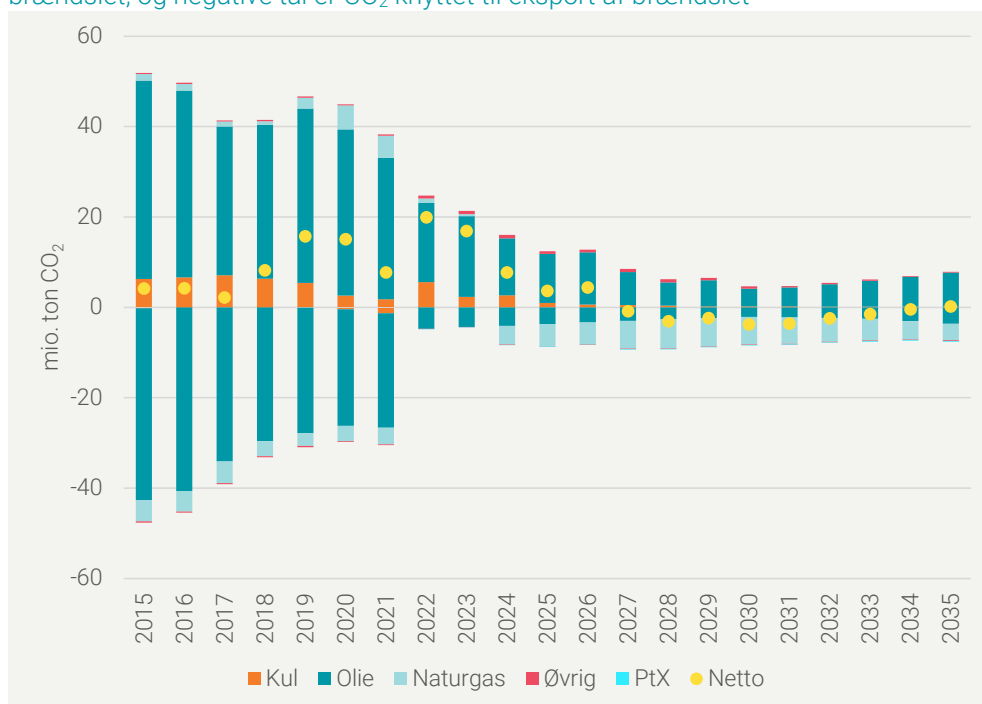
baggrundsnotatet om forbrug af faste biobrændsler, se baggrundsnotat nr. 8 – Faste biobrændsler og for mere viden om biobrændstoffer, se metodenotat nr. 9 – Biobrændsler.

Samlede emissioner

I en summering af samlede udledninger fra alle brændselskategorierne er det tydeligt, at olie kategorien er en driver for de samlede nettoemissioner, se Figur 3.

Det bør bemærkes, at Danmark i 2022 samlet set var nettoimportør af udledninger knyttet til brændsler og det må i overvejende grad tilskrives importen af olie, men samtidig var Danmark også nettoimportør af kul og naturgas. Kategorien "Øvrig" indeholder LPG og ikke bionedbrydeligt affald, og har en marginal størrelse relativt til de andre brændselskategorier.

Figur 3: Emissioner for aggregerede kategorier. Positive tal er CO₂ knyttet til import af brændslet, og negative tal er CO₂ knyttet til eksport af brændslet



Kilde: Energistyrelsen

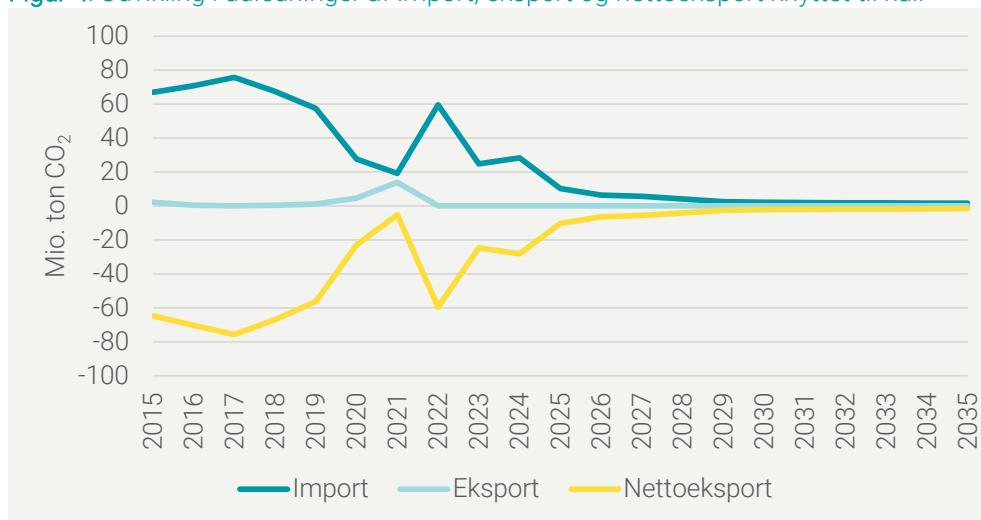
I de følgende opgørelser ses markante skift mellem den historiske opgørelse og fremskrivningen, hvilket delvis skyldes et skift i metodik. Historisk har det været muligt at opgøre import og eksport i detaljeret grad, hvilket derfor også har inkluderet brændsler, som er importeret til Danmark, men som ikke har haft udledninger igennem afbrænding i Danmark fordi de eksporteres videre til andre lande. Derimod bygger fremskrivningen på det forventede forbrug og den danske egenproduktion af det givne brændsel. Herudfra bestemmes således behovet for import eller eksport, og derfor ses ikke evt. transit af brændsel igennem Danmark.



Kul

Udledninger fra kul har været og er kun fra import, da Danmark ikke selv har indvinding af kul. Mindre mængder af importeret kul er dog blevet eksporteret videre. Som ses i Figur 3 har importen af kul været faldende og tilsvarende har udledningerne knyttet til import af kul været faldende.

Figur 4: Udvikling i udledninger af import, eksport og nettoeksport knyttet til kul.

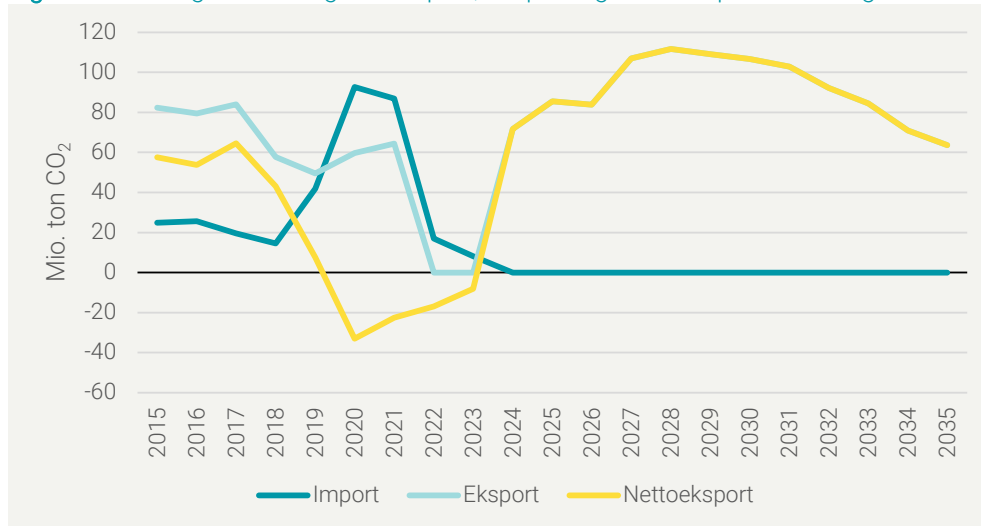


Kilde: Energistyrelsen

Naturgas

Det danske forbrug af naturgas har historisk i høj grad været dækket af dansk udvinding i Nordsøen, og således har Danmark tidligere været selvforsynende og nettoeksportør af naturgas. Nettoeksporten af naturgas har betydet, at der er flyttet flere udledninger knyttet til naturgas til udlandet, end der er flyttet til Danmark. Bemærk at der er tale om ren naturgas, eftersom biogas fsva. opgørelse af udledninger går til indenlandsk forbrug og derfor ikke eksporteres. Dette er samme tilgang som i Klimastatus og –fremskrivning.

Figur 5: Udvikling i udledninger af import, eksport og nettoeksport af naturgas.



Kilde: Energistyrelsen

Med vigende produktion af naturgas fra de danske felter i Nordsøen samt muligheden for at importere og eksportere naturgas på det fælles europæiske gasmarked fra omkring 2010, er graden af import steget og eksporten faldet. Med den faldende danske eksport af naturgas er udledningerne knyttet til eksport af naturgas også faldet.

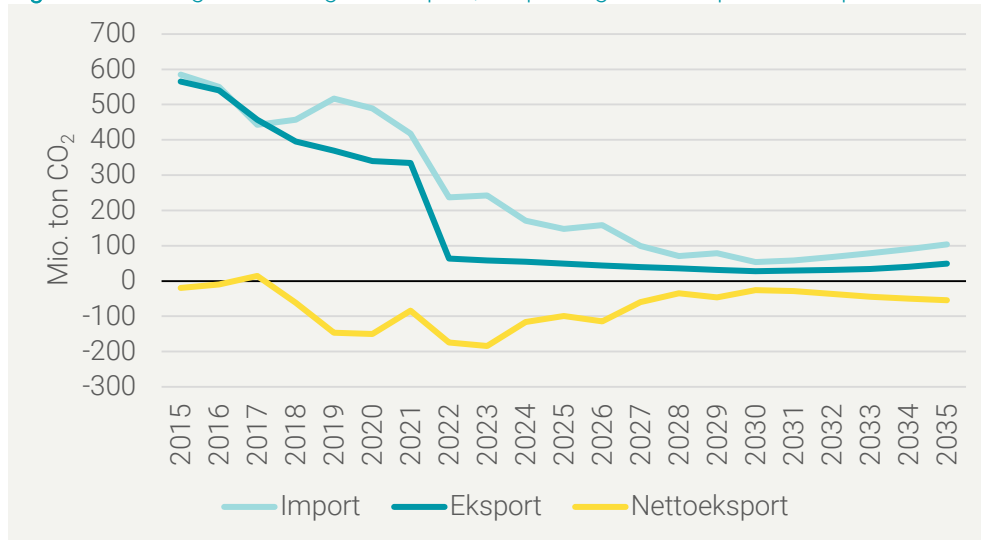
I de senere år med mindre udvinding i de danske felter i Nordsøen, bl.a. som følge af renoveringen af Tyra-feltet, er Danmark blevet nettoimportør af naturgas og således er udledningerne knyttet til importeret naturgas steget og eksporten, og dens tilknyttede udledninger, faldet kraftigt.

Fremadrettet forventes naturgasproduktionen igen at overstige den indenlandske efterspørgsel, når Tyra-feltets videre udvinding idriftsættes igen, hvorved en samtidig reduktion i efterspørgsel af naturgas forventes at lede til højere udledninger knyttet til eksporten af naturgas.

Råolie og olieprodukter

Der ses generelt en nettoimport af emissioner fra råolie og olieprodukter. Generelt har indenlandsk forbrug i høj grad kunne dækkes af indenlandsk udvinding af olie. Det bør således bemærkes, at begrænset udvinding af olie alt andet lige kan føre til større import af olie i både energimængder og udledninger.

Figur 6: Udvikling i udledninger af import, eksport og nettoeksport af olieprodukter.



Kilde: Energistyrelsen

I fremskrivningen mod 2030 ses en svag stigning i udledninger knyttet til eksport af olieprodukter. Forklaringen kan findes i underkategorierne for olie, hvor der forventes øget eksport af raffinerede olieprodukter såsom diesel og benzin.

Olie er som tidligere beskrevet en aggregeret kategori bestående af råolie samt raffinerede brændsler, heriblandt gas og dieselolie, benzin, petroleum m.m. Råolie medregnes i opgørelsen her med en emissionsfaktor for at kunne illustrere, at Danmarks historisk høje eksport af råolie er en flytning af udledninger og da Danmark siden importerer slutprodukter af råolie tilbage, som giver en udledning i Danmark.

2.3 Oprindelses- og aftagerlande af brændsler

Dette afsnit kigger nærmere på, hvilke lande Danmark henholdsvis importerer og eksporterer brændsler fra og til. Data stammer fra Energistyrelsens indmeldinger til Eurostat. I den landespecifikke data om brændselsudveksling er der udelukkende historisk data, hvorfor fremskrivninger fra 2021-2030 ikke vises i det følgende afsnit. Dog forventes tendensen fra de seneste statistikår at fortsætte på kort sigt. På længere sigt må der forventes en ændring i den landespecifikke brændselsudveksling grundet omstillingen væk fra fossile brændsler. Desuden vil importen af biomasse også forventes at aftage frem mod 2035.

Afsnittet indledes med en samlet opgørelse over, hvilke lande Danmark hovedsageligt har importeret eller eksporteret brændsler fra og til. Dernæst følger en gennemgang af de enkelte brændsler og udviklingen ift. oprindelses- og aftagerlande.

Top 3 import- og eksportlande historisk

I det følgende undersøges, hvilke lande som er Danmarks største samhandelspartnere inden for brændsler, målt i energimængde (Joule). Brændslerne inkluderer naturgas,



kul, olie og olieprodukter (import af fast biomasse belyses efterfølgende). Her rangeres landene efter importerede eller eksporterede bruttomængder over tiårs og femårs perioder i Tabel 2. Da det udelukkende er muligt at vise opgørelsen for fossile brændsler¹, giver det en grov indikation af, hvilke lande Danmark har importeret eller eksporteret flest udledninger til eller fra. Dog skal huskes, at fossile brændsler ikke har ens udledninger per mængde brændsel fx udleder olie mere CO₂ per energimængde end naturgas.

Sverige er igennem årene den største aftager af fossile brændsler fra Danmark, efterfulgt af Nederlandene. I begge tilfælde er det olie og naturgas der eksporteres. Sverige optræder også i top 3, når der ses på Danmarks import. Baggrunden for dette er at der, samtidig med den store eksport af naturgas til Sverige fra Danmark, er en betydelig import af raffinerede olieprodukter.

Tabel 2: Rangering af lande efter største totale import eller eksport af fossile brændsler med mængder angivet i PJ. Opgjort på baggrund af ENS' opgørelse over import/eksport af brændsler

Eksport			Import		
1990-2000	Sverige	6.907	1990-2000	Norge	5.689
	Nederlandene	3.021		Rusland	2.546
	Tyskland	2.643		Sverige	1.964
2000-2010	Sverige	3.310	2000-2010	Norge	1.810
	Nederlandene	1.579		Sverige	799
	Tyskland	1.366		Rusland	759
2010-2020	Sverige	2.386	2010-2020	Norge	2.061
	Nederlandene	1.115		Rusland	1.459
	Storbritannien	744		Sverige	482
2015-2020	Sverige	1.196	2015-2020	Norge	1.087
	Nederlandene	619		Rusland	967
	USA	341		USA	309

Kilde: ENS (u.d.). International Reporting.

Faste biomassebrændsler

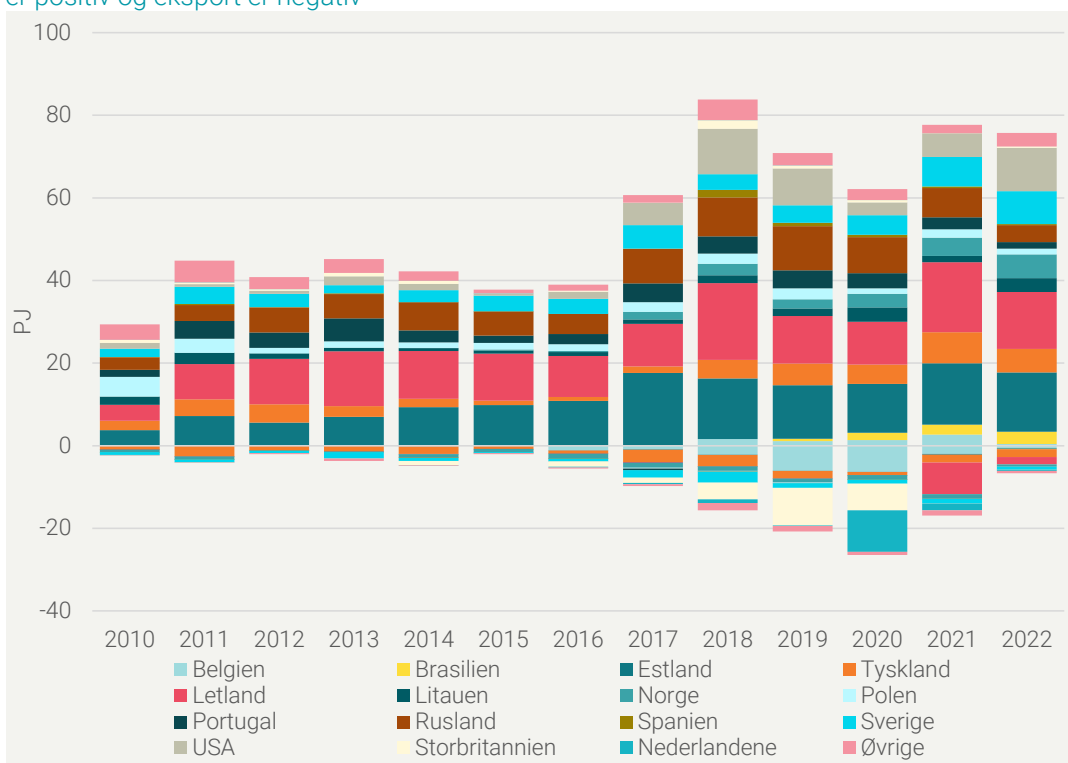
Faste biomassebrændsler er en aggregeret kategori som dækker over halm, træflis, træpiller og nogle mindre andele af andre typer biomasse. Import og eksport af fast biomasse er opgjort efter varekategorierne for trævarer til brænde under den kombinerede EU nomenklatur (KN) og er således opgjort anderledes end resten af brændslerne og indgår derfor ikke i den samlede opgørelse ovenover. Som det ses i grafen for import og eksport handler Danmark med mange forskellige lande når der ses på biomasse. Modsat fx kul er der ikke én dominerende samhandelspartner.

¹ Import og eksport af fast biomasse er opgjort efter varekategorierne for brænde under den kombinerede EU nomenklatur (KN) og er således opgjort anderledes end de fossile brændsler, og indgår derfor ikke i top 3-opgørelserne.

Primære tendenser for biomasse 2018-2022

- Et fald i import volumen fra 2018-2020, fulgt af en stigning i 2021 og endeligt et mindre fald i 2022
- En stigning i eksport volumen fra 2018 med maksimal eksport i 2020, hvorefter der ses et signifikant fald i eksport i 2021 og 2022
- I alle årene er Danmark markant nettoimportør af biomasse

Figur 7: Import og eksport af faste biomassebrændsler i perioden 2010-2022. Import er positiv og eksport er negativ



Kilde: Energistyrelsen, Danmarks Statistik

Kul

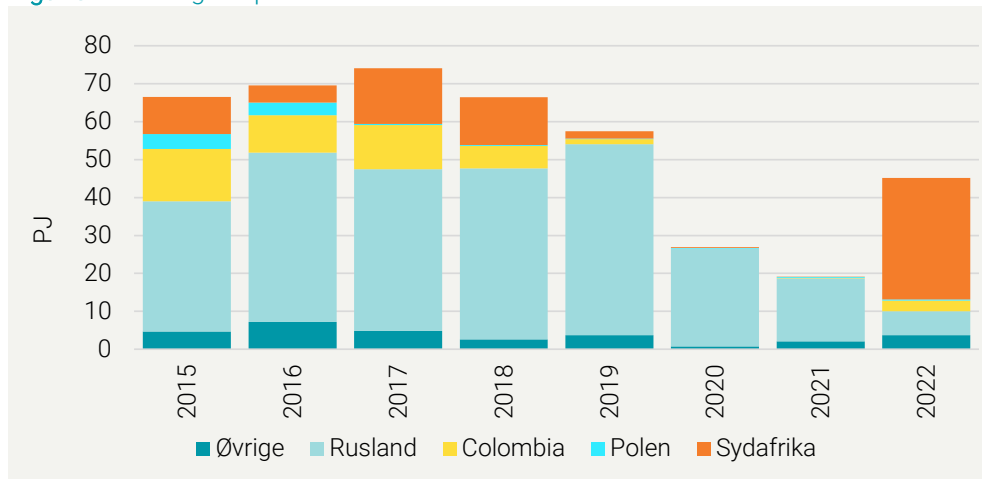
I den danske el- og fjernvarmesektor er mange kulkraftværker i de senere år konverteret til forbrænding af biomasse, men kul har før i tiden været en stor kilde til produktion af el og fjernvarme i Danmark.

Figur 8 viser modtager- og aftagerlande for dansk import og eksport (meget begrænset) af kul siden 2015.

Det har varieret fra år til år hvilket land, som har stået bag hovedimporten af kul til Danmark, men generelt har Sydafrika, Columbia, Rusland og Polen leveret den overvejende andel af kul til Danmark set i samlet mængde i perioden, men også på årsbasis.



Figur 8: Udvikling i import af kul til Danmark



Kilde: Energistyrelsen

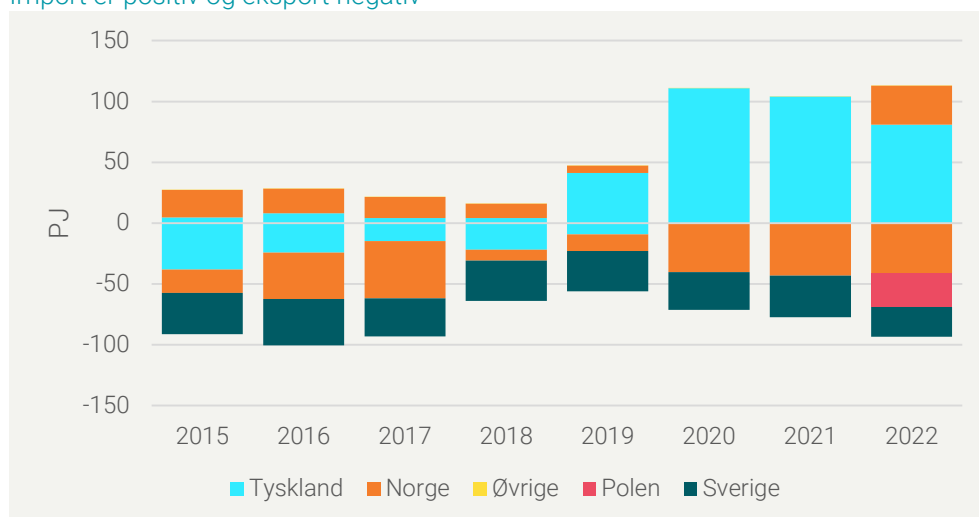
Fra 2015-2020 har over halvdelen af kulimporten til Danmark været fra Rusland, og i 2020 var det næsten udelukkende Rusland, som Danmark importerede kul fra. I 2022 ses en markant stigning i kulimporten, mestendels bestående af øget import fra Sydafrika, som også tidligere har været en markant handelspartner inden for kul, og et forsøg på at mindske importen fra Rusland.

Naturgas

Ved landespecifik analyse af naturgas ses det, at det hovedsageligt er Danmarks nabolande, der er samhandel med, da størstedelen af naturgassen fragtes gennem gasrør. Det skyldes til dels, at statistikken over udenrigshandel udelukkende registrerer, hvorfra brændslet bliver handlet til Danmark. Det vil sige, der ikke bliver taget højde for om pågældende land Danmark handler med, er oprindelsesland eller transitland for naturgassen. Dette gør sig i øvrigt gældende for samtlige brændsler.



Figur 9: Import og eksport af naturgas fordelt på handelsland i perioden 2015-2022. Import er positiv og eksport negativ



Kilde: Energistyrelsen

Råolie og olieprodukter

I modsætning til gas er oliemarkedet en sektor med større diversitet og flere samhandelspartnere. Der er nogle klare tendenser med lande, der er nettoimportører og eksportører i deres samhandel af olieprodukter med Danmark. Norge og Rusland optræder som de dominerende eksportører til Danmark.

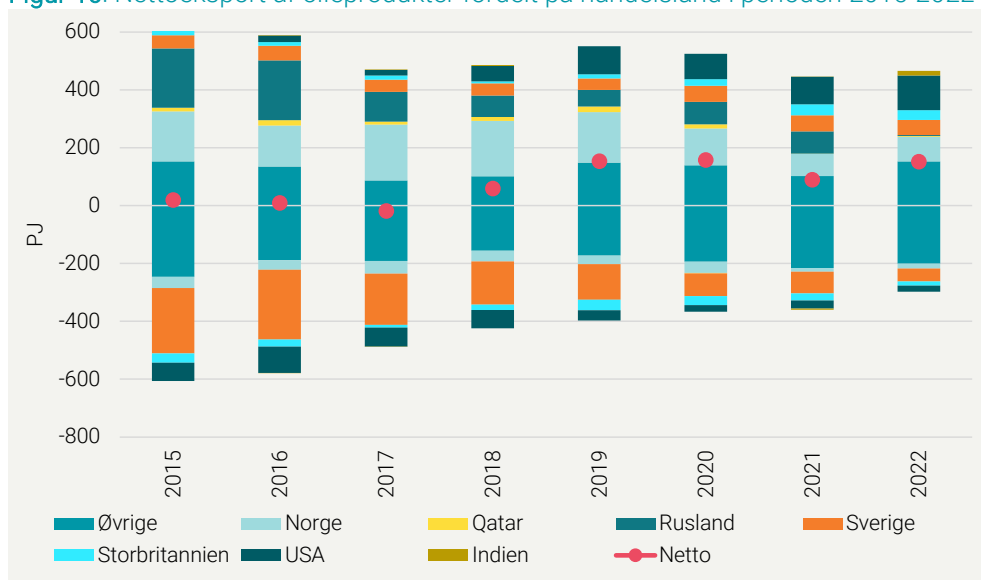
Ser vi på 2021 og 2022 har der været store ændringer i hvem Danmark handler med. Blandt andet ser vi Indien med den største procentvise stigning, og USA med den største mængdemæssige stigning. Importen fra Rusland er faldet med 95%, og importen fra Spanien, Nigeria, Egypten og andre afrikanske lande er helt stoppet. Til gengæld er der nye aktører der entrerer, såsom Canada, Mexico, Letland, Litauen og Saudi Arabien.

Tabel 3: Største ændringer i handel med olie fra 2021 til 2022

Mængde (PJ)		Procent (%)	
USA	+25	Indien	+1062%
Nederlandene	+20	Qatar	+357%
Indien	+15	Nederlandene	+267%
Saudi Arabien	+10	Kuwait	+252%
Storbritannien	-4	Estland	-94%
Estland	-4	Rusland	-95%
Nigeria	-16	Spanien	-100%
Rusland	-72	Nigeria	-100%

Rusland har haft en rolle som primær eksportør til Danmark, men i 2022 er det vendt og olieimporten fra Rusland er svundet ind til en minimal mængde. Danmark eksporterer til gengæld også olieprodukter, her er det primært til Sverige, UK og Holland.

Figur 10: Nettoeksport af olieprodukter fordelt på handelsland i perioden 2015-2022



Kilde: Energistyrelsen

2.4 Eksport af PtX-brændstoffer og dets påvirkning i udlandet

Såfremt danske PtX-brændstoffer anvendes til erstatning af fossile brændstoffer i udlandet, bidrager Danmark til at reducere CO₂-udledninger i udlandet. I Klimastatus og -fremskrivning 2023 (KF23) er Danmark nettoeksportør af brint produceret ved elektrolyse fra 2023. Derfor forsøger dette afsnit med simple case-beregninger at vise mulige effekter af en eksport af PtX-produkter til udlandet ift. CO₂ fortrængning.

Da der endnu er usikkerhed omkring, hvilke brændsler som danske PtX-brændstoffer vil erstatte i udlandet, anvendes case-beregningerne til at illustrere mulig CO₂-fortrængning af udvalgte brændsler. CO₂-fortrængningen i beregningerne illustrerer forskellen i reduktion ved forskellige anvendelser af PtX. Dertil giver nedenstående Tabel 4 et bredere indblik i hvordan PtX kan bidrage til at reducere globale emissioner ved såvel eksport som ved anvendelse i Danmark.

De mulige effekter baseres på brintproduktionen fra KF23, og effekterne bør kun ansues som illustrative, da der udelukkende ses på de direkte udledninger ved forbrug af brændslerne samt konverteringstab. Nærmere studier bør foretages for at kvantificere effekterne for hele værdikæden, da der i det følgende ikke er set på transporten af brint eller PtX-produkter til udlandet.



Tabel 4: PtX og Danmarks globale klimaaftryk

Sådan kan PtX bidrage til at sænke Danmarks globale klimaaftryk

Eksport af brændstoffer

Såfremt danske PtX-brændstoffer anvendes til erstatning for fossile brændstoffer i udlandet, bidrager Danmark til at sænke de globale CO₂-udledninger.

Emissioner i værdikæden

Når CO₂-neutrale PtX-brændstoffer erstatter fossile brændstoffer, reduceres udledningerne. PtX kan også bidrage til at reducere emissioner i værdikæden forbundet med udvinding af fossile brændstoffer, arealanvendelse mv. for første generations biobrændstoffer, forarbejdning, transport osv. De sidstnævnte omfattes i vid udstrækning ikke af 70 pct.-målsætningen, men indgår i europæiske og globale klimamål og er en del af Danmarks globale klimaaftryk.

International transport

Udledninger fra udenrigsluftfart og -søfart tælles i overensstemmelse med FN's opgørelsesprincipper ikke med i det danske nationale CO₂-regnskab, selvom brændstoffet tankes i Danmark. Anvendelse af PtX-brændstoffer i disse sektorer vil dog bidrage til at reducere Danmarks globale klimaaftryk og indfri klimamål på europæisk og globalt niveau.

Hjemtagning af produktion af materialer og kemikalier

Danmark har i dag kun et mindre forbrug af brint i industrien og en mindre produktion af kemikalier mv. Produktion af kemikalier, som fx kunstgødning ud fra ammoniak baseret på PtX i Danmark, kan derfor erstatte produktion af fx ammoniak i udlandet og dermed reducere udledningerne i forbindelse med den udenlandske produktion af ammoniak.

Kilde: KEFM, Regeringens Power-to-X strategi

I KF23 forventes Danmark at have en stigende produktion af PtX-produkter produceret ved elektrolyse, hvor en mængde på 16.335 TJ forventes produceret i 2030, som vist i Tabel 5. PtX-produkterne kan være brint, samt en række af e-brændstoffer såsom metan, methanol og ammoniak. Det er relativt små mængder sammenlignet med samlet dansk import og eksport af brændsler. I det følgende antages den samlede mængde PtX produkter at blive eksporteret, hvilket alene skal ses som en beregnings-teknisk antagelse for at indikere et udfaldsrum af CO₂-fortrængningen, som Danmark kan bidrage til i udlandet. Det bemærkes, at forventningen fra KF23 på 908 MW elektrolysekapacitet i 2030 er en fremskrivning ud fra frozen policy. I *Aftale om Udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer* af marts 2022 er det aftalt, at Danmark skal sigte efter at bygge 4-6 GW elektrolysekapacitet i 2030. Det skønnes, at indfrielse af dette mål vil medføre eksport af PtX-produkter, da kapaciteten vil overstige den forventede hjemlige efterspørgsel.



Tabel 5: Forventet produktion af PtX produkter under KF23, ved antagelse af 5000 fuldlasttimer årligt. Mængderne er opgjort i TJ brint

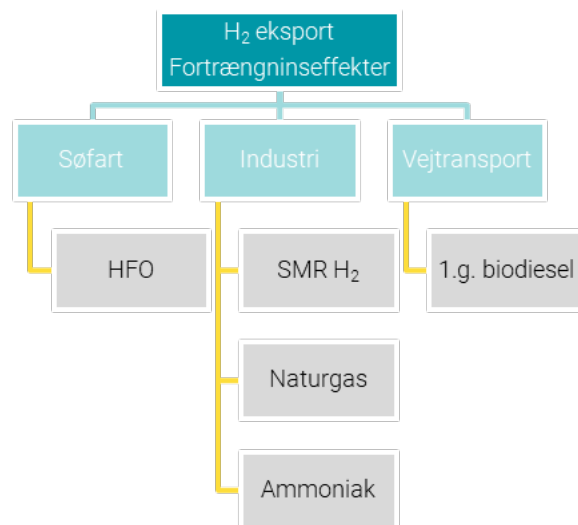
Forventet produktion af PtX-produkter i KF23								
År	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
TJ	684	2.124	5.760	12.735	14.535	16.335	16.335	16.335

Kilde: Energistyrelsen.

PtX-produkterne kan indgå i mange forskellige brugscases. For at imødegå denne usikkerhed undersøges en række forskellige cases, hvor konventionelle brændsler forudsættes erstattet med PtX-produkter. Casene giver en indikation på mulighederne for fortrængning af CO₂ ved at erstatte konventionelle brændstoffer med PtX-produkter.

De fem cases er afgrænset til at undersøge vejtransport, søfart og industrien og skal illustrere enkelte af mulige PtX-brændstoffer og situationer.

Figur 11: Oversigt over cases (grå bokse) med angivelser af de brændsler som indgår i beregninger og som dansk brint eller PtX-produktet forventes at kunne erstatte



De fem cases er:

- e-metanol til erstatning af konventionel olie (heavy fuel oil, HFO) i søfarten
- ammoniak baseret på elektrolysebrint til erstatning af ammoniak baseret på SMR-brint. SMR (Steam Methane Reforming eller dampreforming) er en proces som anvendes til at producere brint fra naturgas.
- elektrolysebrint som erstatning for fossil brint i industrisektor
- e-metan som erstatning for naturgas
- e-metanol som erstatning for 1. generations biobrændstoffer i transportsektoren

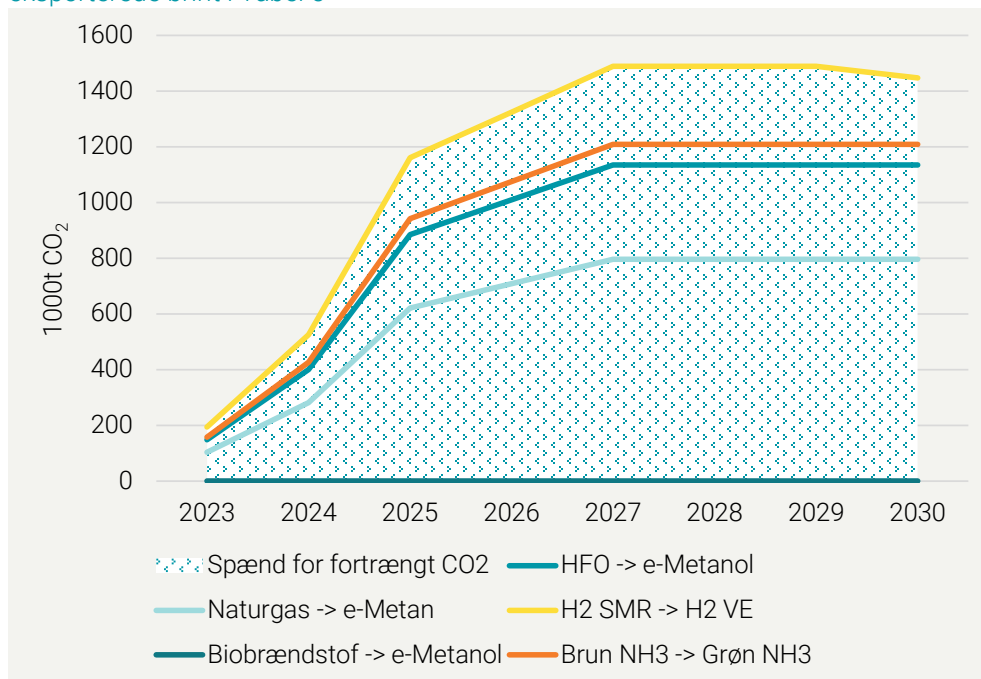
Tabel 6: Anvendte brændselsudledninger og konverteringstab i case beregninger. Optrøms udledninger som fx forarbejdning af PtX-produkter eller udledninger fra ændringer i arealanvendelse (LUC) for flydende biobrændsler indgår ikke i beregningerne

Brændselsudledninger		Konverteringstab fra brint		
Brændsel	Udledning (gCO ₂ e/MJ)	H ₂ → Slutprodukt	Konverteringstab	Kilde
Biodiesel 1.g.	0	E-metanol	13%	(Topsoe, 2023)
HFO	79,5	E-metan	22%	(Gorre, Ortloff, & van Leeuwen, 2019)
Naturgas	55,8	Ammoniak	13%	(ENS, 2021)
H ₂ SMR	104,3			
NH ₃	85,1			

Kilde: Energistyrelsen

Hver af de fem cases er baseret på en sammenligning af de udledte CO₂-e ved forbrænding af det konventionelle brændsel og hvis samme mængde energi skal leveres med brint eller et andet PtX-brændstof.

Figur 12: Forventet fortrængning af CO₂e i de fire scenarier baseret på tank-to-wheel udledninger, dvs. udledninger ved forbrænding. VE brændslerne er produceret af den eksporterede brint i Tabel 5



Kilde: Energistyrelsen

Resultaterne af case-beregningerne ses i Figur 12 angivet som fortrængte CO₂-e. og casene beskrives yderligere i afsnittene herunder. Det ses fra figur 12 og tabel 7, at der under de givne antagelser vil fortrænges mest CO₂ ved substitution af fossil brint



med grøn brint. Således udspænder resultaterne i figur 12 et udfaldsrum for fortrængning af CO₂ ved substitution af forskellige brændsler, hvor nogle kan have store fortrængninger, mens andre kan have få eller ingen, hvortil grunden hovedsageligt skal findes i udgangspunktet om kun at se på udledninger ved forbrænding. Tabel 7 giver et overblik over fortrængte CO₂e per energimængde brint og per ton brint.

Tabel 7: Mængden af fortrængt CO₂ per energimængde brint og per mængde brint for de fem case beregninger. Heri er indberegnet tab ved viderekonvertering af brint

Fortrængt CO ₂	tCO ₂ /TJ	tCO ₂ /t
H ₂ SMR → H ₂ VE	91	11
Brun NH ₃ → Grøn NH ₃	74	9
HFO → e-metanol	69	8
Naturgas → e-metan	49	6
Biobrændstof → e-metanol	0	0

Kilde: Energistyrelsen

Brinteksportens effekt på brændstoffer i søfarten

I søfarten er der muligheder for at erstatte fossile brændstoffer som HFO (Heavy Fuel Oil), marinediesel og LNG (flydende naturgas). Der er flere tekniske løsninger i spil, blandt andet hvor gamle skibe konverteres og nye skibe der fra start designes til de nye brændselstyper. I case-beregningen for søfarten regnes der på implementeringen af e-metanol. I case-beregningen indgår et e-metanol skib som erstatning for et konventionelt containerskib, der sejler på bunkerolie (HFO) (*HFO -> e-metanol*).

Brint til industrielle formål

Der anvendes i dag store mængder brint i blandt andet stål- og raffinaderiindustrien. I Tyskland forbruges ca. 55 TWh (198 PJ) brint årligt, hvor størstedelen produceres fra naturgas, ved såkaldt SMR (steam methane reforming). Den danske brinteksport vil kunne gå ind og erstatte den fossilt baserede brint i lige forhold, og dermed reducere udledningen tilsvarende (*H₂ SMR -> H₂ VE*). Med udgangspunkt i det nuværende brintforbrug i industrien vil den her opgjorte brinteksport ligge signifikant under forbruget. Dertil kommer, at det tyske brintforbrug forventes at stige markant. Der ses udelukkende på de tekniske muligheder i denne case og ikke på de økonomiske aspekter.

Ud over den direkte anvendelse af brint i industrien er brinten også en komponent i produktionen af ammoniak. Ammoniak (NH₃) laves af nitrogen og brint gennem Haber Bosch processen. Brintens CO₂-aftryk har derfor væsentlig betydning for ammoniakens CO₂-aftryk. Mulig fortrængt CO₂ ved produktion af ammoniak fra grøn brint kan derfor sammenlignes med størrelsesordenen af fortrængt CO₂ ved skift fra SMR-brint til elektrolyse brint i brændstof.

Brint til vejtransporten

I vejtransporten er der muligheder for at e-metanol baseret på grøn brint kan erstatte nuværende biobrændstoffer, såsom 1. generations biodiesel. Alternativt kan brint også anvendes direkte i vejtransporten ved at indføre køretøjer med brændselsceller.



E-metanol er fordelagtigt, da det er let at distribuere, og eksisterende forbrændingsmotorer kan anvendes. 1. generations biodiesel produceres af afgrøder direkte fra markerne, afgrøderne kan være raps og solsikke, med rapsolie som den mest anvendte i Europa.

I en fortrængning af biodiesel vil der, jf. beregningsmetoden i notatet, ikke være direkte CO₂-reduktion, da brændstoffet der erstattes er baseret på fornybare ressourcer (*Biodiesel 1.g -> e-metanol*). Der er dog andre fordele ved udskiftningen i forhold til LUC (land use change), med dertilhørende [reduceret] CO₂-udledning til følge.



3 Metode og antagelser

Brændselsbalancen i GA23 belyser import og eksport af energi set i sammenhæng med det globale klima. I det følgende gennemgås metoder og overordnede antagelser.

3.1 Metodebeskrivelse

Danmarks brændselsbalance belyses grundlæggende ved at vise tal for Danmarks nettoimport af energi målt i PJ fordelt på brændselstyper og desuden på samhandelslande, hvor det er muligt.

Brændselsbalancen opgøres både for historiske år (1990-2022) og for fremskrivningsårene 2023-2030. For udvalgte brændselstyper vises den historiske udvikling i nettoimport samt opdeling på import og eksport for historiske år.

Dansk import og eksport af brændsler omsættes beregningsmæssigt til CO₂-emissioner (mio. ton CO₂) ved at gange emissionsfaktorer på energimængderne for hver brændselstype i et givent år. Emissionsfaktorer hentes fra Klimastatus og –fremskrivning 2023 og dækker over udledninger ved forbrænding af brændslerne. I brændselsbalancen opgøres udledninger for faste biomassebrændsler (den bionedbrydelige del af affald, halm, træflis, træpiller, træ øvrig), flydende biobrændsler (biodiesel, bioethanol, bioolie, biogas) samt PtX i overensstemmelse med FN's opgørelsesmetoder, hvorved udledninger knyttet til biomassen opgøres ved hugst og ikke ved anvendelse. De globale klimaeffekter for fast biomasse og flydende biobrændsler vil blive belyst i andre dele af GA24.

Fordeling af energiimport og –eksport på samhandelslande opgøres ved hjælp af Energistyrelsens indmeldinger til EUROSTAT og Danmarks Statistiks detaljerede udenrigshandelsstatistik suppleret med ekspertvurderinger. Landespecifik import og eksport begrænses til udvalgte fokusområder, hvor fordelingen vurderes til at være interessant.

PtX-eksport

Fordi produktion, forbrug og handel med PtX-produkter fremover kan blive af afgørende betydning for energisystemet både i Danmark og internationalt, er der belyst mulig eksport af PtX-produkter frem mod 2030 i simple case-beregninger, herunder den mulige CO₂-fortrængning, når PtX forventes at fortrænge andre brændsler. Der er altså tale om en anden metode end for de øvrige brændsler i brændselsbalancen, hvor der ikke er set på hvad brændslerne potentielt fortrænger, men udelukkende set på brændslernes udledninger ved forbrænding.

Fortrængningseffekterne baseres på vurderinger vedrørende den mulige anvendelse af PtX-produkter som erstatning for alternativer i transport, industri mv. Et sådant skøn er behæftet med stor usikkerhed, da det blandt andet afhænger af den fremtidige markedsdrevne udbygning af PtX-, og brintproduktion i Danmark, men vil bidrage til at belyse de globale klimaeffekter knyttet til PtX. Størrelsen af eksporten af PtX-produkter i beregningerne tager afsæt i mængden af produceret PtX fra KF23.



For at belyse de mulige effekter af den danske PtX eksport udformes derfor fem case-beregninger, med hvad der anses som realistiske bud på områder hvor de danske PtX-produkter kan træde ind og fortrænge nuværende brændsler.

1. PtX til søfarten. En case med metanol til skibstransport, sammenligning med brug af marinediesel og heavy fuel, modsat hvis det er 100% metanol skibe.
2. Brint til industrien.
3. Brint fra naturgasreformering direkte med elektrolysebrint.
4. Fossilbaseret ammoniak erstattes med elektrolysebaseret ammoniak.
5. E-metan som erstatning for naturgas i nettet.
6. Erstatning af biodiesel i transportsektoren. Her vises erstatning af første generations biodiesel.

Forudsætningen for case-beregninger er en estimeret eksport af brint frem mod 2030, beregnet i Klimastatus- og fremskrivning 2023, I KF23 forventes Danmark at have en stigende produktion og eksport af PtX produkter produceret ved elektrolyse, som vist i Tabel 8. Den stigende brintproduktion forventes at føre til en nettoeksport af brint og de afledte PtX-brændstoffer. Ligesom i KF23 antages den samlede mængde produceret brint at blive eksporteret, hvilket skal ses som en beregningsteknisk antagelse for at indikere et maksimum af CO₂ fortrængning.

Tabel 8: Forventet eksport af PtX produkter og brint under KF23. I beregningerne antages af beregningstekniske årsager, at al brint eksporteres. Mængderne er opgjort i TJ brint

Forventet produktion af PtX-produkter og brint i KF24								
År	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Eksport [TJ]	0	684	1.908	6.723	6.723	11.943	12.105	12.105

Kilde: Energistyrelsen

3.2 Overordnede forudsætninger og afgrænsninger

Fokus for brændselsbalancen bliver en opgørelse for hvert enkelt brændsel samt for elektricitet, mens det ikke er formålet at vise en samlet aggregeret opgørelse på tværs af alle energikilder. Det skyldes, at hver energikilde har sine unikke karakteristika, herunder historik og sammensætning på samhandelslande.

Fordelingen af import og eksport på lande sker alene på baggrund af afsender- og modtagerland og afspejler således ikke nødvendigvis varens endelige destination (import af naturgas fra Tyskland kan fx have Rusland som oprindelig afsender). Dette følger den gængse opgørelse af udenrigshandel i almindelighed. For opgørelsen fordelt på lande indgår kun historiske år (øvrige dele omfatter også fremskrivning frem til 2030).



Opgørelsen af CO₂-udledninger knyttet til energiformerne ser udelukkende på udledninger ifm. med forbrændingen af brændslerne (for el forbrændingen af de brændsler der indgår i elproduktionen). Der er således ikke indregnet emissioner knyttet til udvinding, transport og forarbejdning af brændslerne. Desuden er der ikke indregnet udledninger ved selve forbrænding af biomasse, biobrændstoffer og PtX, hvilket stemmer overens med FN's opgørelsesmetode. Ligeledes er der ikke set på hvilke brændsler eller hvilken el energiformerne fortrænger, når de hhv. importeres og eksporteres. Sidstnævnte gælder dog ikke for PtX, hvor der er anvendt en anden metode, der netop ser på emissioner fra brændsler som PtX fortrænger.

I Klimastatus og –fremskrivning opgøres i fremskrivningsårene kun nettoimporten for en given brændselskategori. Der er dermed ingen opdeling på import og eksport i fremskrivningsårene, og udviklingen i hhv. import og eksport kan derfor ikke følges meningsfuldt efter det seneste historiske år (2020). For fremskrivningsårene vil brændselsbalancen således kun omfatte nettoimport.

3.3 Overlap med andre dele af GA24

Import og eksport af energi indgår også i GA's opgørelse af Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk og opgørelserne af klimaaftryk for import og eksport, i opgørelserne eludveksling samt delen om grøn eksport.

Opgørelsen af Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk i GA24 inkluderer de emissioner fra brændsler, som udelukkende går til dansk forbrug af varer og tjenester. Brændselsbalancen ser derimod på den samlede danske import og eksport af brændsler. Der er derfor en grad af overlap mellem de to opgørelser og resultaterne af brændselsbalancen kan således ikke blot lægges til Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk.

Ud over Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk opgør GA også klimaaftryk for import og eksport af varer og serviceydelser. Brændselsbalancen har et begrænset overlap i forhold til disse opgørelser da der er forskellige afgrænsninger. Opgørelserne af klimaaftryk for import og eksport i GA23 ser udelukkende på opstrømmissioner (emissioner knyttet til fx brændsler frem til og med at de importeres/eksporteres), hvorimod brændselsbalancen ser på emissionerne ved selve forbrændingen af brændsler. Overlappet består i at i opgørelsen af klimaaftryk af eksport indgår forbrænding af brændsler til fx produktion af varer og el til eksport, da det er en opstrømmission. En del af disse brændsler vil være importerede og indgår dermed også i brændselsbalancen.

Overlappet til eludveksling skyldes ligeledes at emissioner fra el produceret i Danmark til eksport indgår i belysningen af eludveksling i GA23. En del af disse emissioner kommer fra forbrænding af brændsler der er importeret og dermed også indgår i brændselsbalancen.

Grøn eksport i GA24 belyser potentialet for fortrængning af CO₂ i udlandet knyttet til eksport af dansk, grøn energiteknologi. Her vil PtX indgå, men da brændselsbalancen



omfatter kun *fremtidig* eksport af PtX, mens grøn eksport i GA24 ikke omfatter fremskrivninger, hvorfor der ikke er overlap mellem opgørelserne.

3.4 Primære datakilder

Der anvendes data fra den nationale brændselsbalance i Klimastatus og –fremskrivning 2022 (ENS, Klimastatus og -fremskrivning 2023, 2023). Denne kilde angiver aggregeret dansk import og eksport for hver brændselskategori målt i TJ på årsbasis tilbage til 1990.

Emissionsfaktorer hentes fra Klimastatus og –fremskrivning 2022.

Fordeling af energiimport og –eksport på lande opgøres ved Energistyrelsens indberetning til Eurostat omkring import/eksport af energi og brændsler (ENS, International Reporting).

4 Kvalificering

4.1 Usikkerheder

Den historiske opgørelse for udenrigshandel med brændsler er baseret på data som Energistyrelsen indberetter til den Europæiske organisation EUROSTAT. Dataene er indhentet på baggrund af faktisk import og eksport af brændsler i brancher, der generelt opererer med detaljeret dokumentation over brændselstyper og mængder, der bliver handlet. Med hensyn til den landespecifikke udenrigshandel er tallene stadig forbundet med høj grad af sikkerhed. Der er dog den betydelige udfordring med opgørelsen, at der udelukkende registreres hvilket land Danmark direkte importerer eller eksporterer et specifikt brændsel til. Det vil sige, at det registrerede land i flere tilfælde kan være et transitland, og ikke nødvendigvis oprindelseslandet for brændslet. Det ses for eksempel i handelen med naturgas, hvor Tyskland er eksportør til Danmark, selvom de ikke har indenrigs gasproduktion.

Fremskrivningerne for udenrigshandel med brændsler er baseret på forventet indenrigsforbrug og indenrigsproduktion. Fremskrivningerne er behæftet med usikkerhed, da indenrigsproduktionen påvirkes af udviklingen af specifikke projekter. Fremskrivninger over udenrigshandelen laves ikke på landespecifikt niveau, da det vil bunde i for store usikkerheder.

De fem cases præsenteret i afsnit 2.4, som illustrerer en potentiel reduktion i udledninger ved forbrænding, er som beskrevet, behæftet med usikkerhed. Herunder at det er muligt, at de fossile brændsler, som det beregningsteknisk lægges til grund at grøn brint erstatter, kan blive erstattet inden da af andre brændsler. Fx kan grå brint blive erstattet af blå brint, hvorved potentialet for reduktion i udledninger vil være mindre end illustreret i afsnit 2.4. Samtidig må det også understreges, at mange af teknologierne bag produkterne stadig er relativt umodne.



4.2 Perspektivering

I fremstillingen af data er de nuværende kategorier aggregerede for at give et blik over de samlede nettoudledninger. Der er dog detaljer, der går tabt ved en aggregering, hvor der kun ses på totaler, og for visse brændsler kunne det være interessant at dykke ned i de mere specifikke kategorier. Det gælder især olie, som er et globalt marked bestående af både råolie og mange forskellige raffinerede olieprodukter.



5 Kilder

Energistyrelsen (2021). Regeringens strategi for Power to X.

ENS (2021). 103 Green Ammonia. I Technology Catalogue For Renewable Fuels. ENS.

ENS (2022). Klimastatus og -fremskrivning 2022. Energistyrelsen.

ENS (u.d.). International Reporting. Hentet fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/international_reporting.xlsx

Geely supporting Danish initiative on e-methanol with vehicle trials in Aalborg. (30. March 2022). Hentet fra Green Car Congress: <https://www.greencarcongress.com/2022/03/20220330-geely.html>

Gorre, J., Ortloff, F., & van Leeuwen, C. (2019). Production costs for synthetic methane in 2030 and 2050 of an optimized Power-to-Gas plant with intermediate hydrogen storage. Applied Energy.

Topsoe. (Marts 2023). Topsoe eMethanol. Hentet fra Topsoe: <https://info.topsoe.com/emethanol>