

Klimarådet.

Luftfartens klimapåvirkning

En analyse af teknologier og EU's
reguleringsgreb

Kort sammenfatning



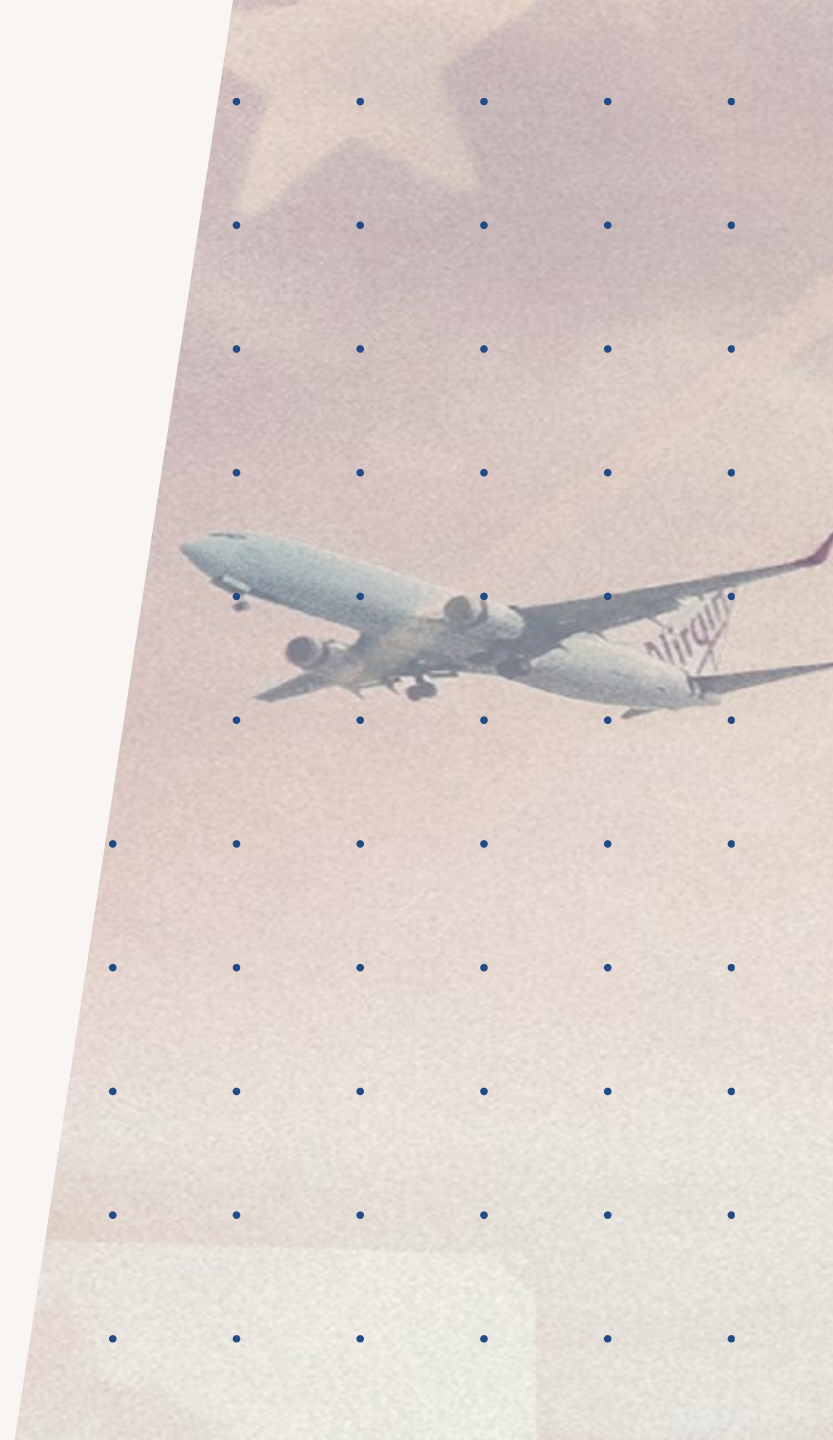
Luftfarten belaster klimaet, og flyvelysten stiger forsat

Flyrejser har historisk været drevet af fossilt flybrændstof. Ifølge Europa-Kommissionens Joint Research Centre er **drivhusgasudledningerne fra international luftfart steget med 89 pct. fra 1990 til 2023**. Derudover påvirker luftfarten klimaet ved flyenes kondensstriber, som ofte kan ses på himlen, og gennem andre såkaldte **non-CO₂-effekter**.

Fly er blevet et almindeligt transportmiddel, og flere på kloden får råd til at flyve. Covid-19-pandemien førte til et stort fald i den globale flytrafik i 2020 og 2021, men den globale flyefterspørgsel er tilbage på samme niveau som før.

Uden den eksisterende internationale regulering ville udledningerne fra international luftfart blive fordoblet og måske endda tredoblet mellem 2019 og 2050 grundet stigningen i flytrafikken.

Klimarådet undersøger, hvordan klimapåvirkningen fra fly kan mindskes, om EU's regler sikrer et lavt drivhusgasaftryk fra luftfartsteknologier, og hvad implikationerne kan være ved at ændre på EU's centrale luftfartspolitikker i en tid, hvor den generelle politiske dagsorden præges af mangeartede kriser og udfordringer.



De mulige teknologier har forskellige udfordringer

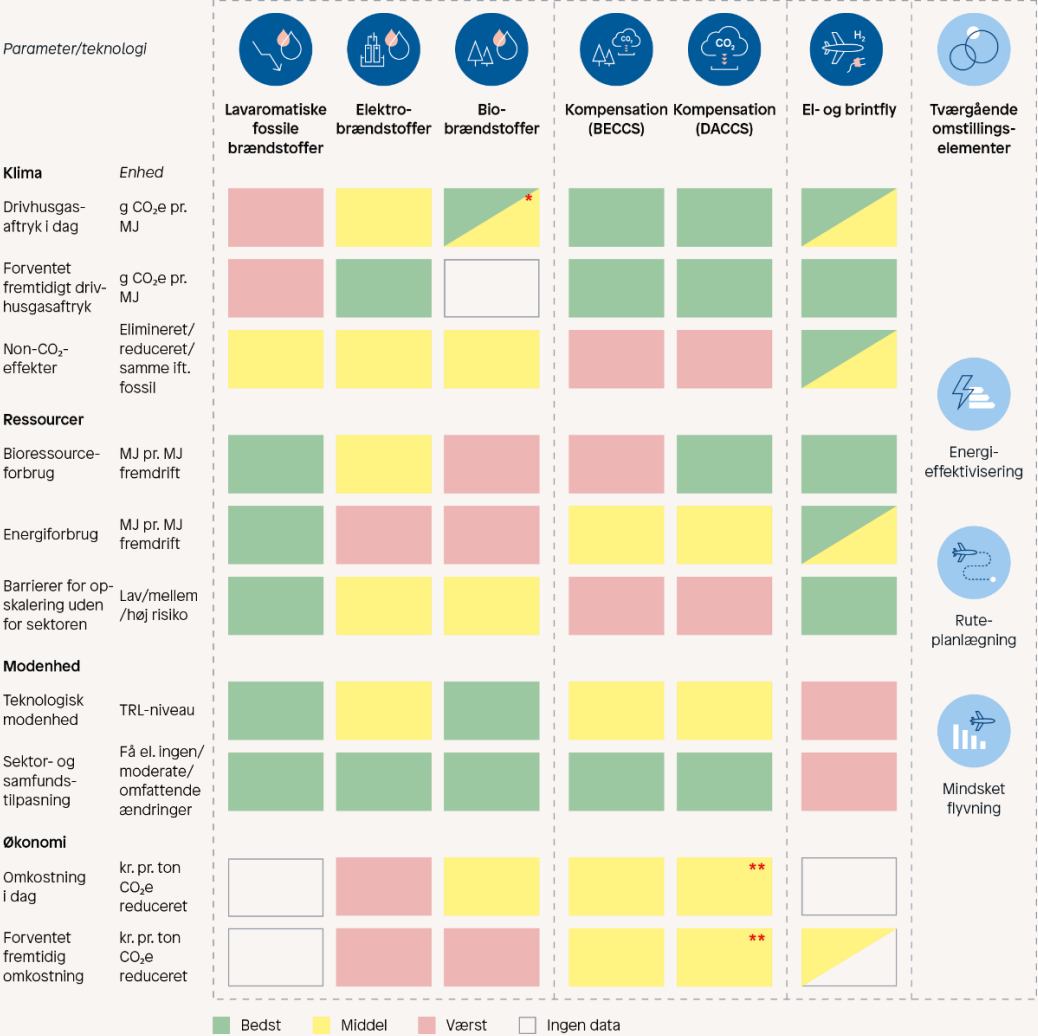
Der findes både teknologier til at **reducere flyenes udledning** og teknologier, som kan anvendes til at **kompensere for luftfartens udledninger** via permanente negative udledninger.

Kompensation indebærer, at der fortsat flyves på fossilt brændstof, men at der indfanges og lagres en mængde CO₂ uden for sektoren, der svarer til udledningen fra det fossile brændstof. Klimagevinsten knyttes til luftfartssektoren, ved at luftfartsaktøren køber klimakreditter fra projekter, der skaber permanente negative udledninger.

Lavaromatiske fossile brændstoffer er fossilt flybrændstof med reduceret aromatindhold, opnået ved tilsætning af brint til at mindske non-CO₂-effekter.

De fleste af de teknologier, som i teorien kan føre luftfarten til nettonuludledning, er på nuværende tidspunkt kun på kanten af at være modne, og de er samtidig dyre og yderst ressourcekrævende.

Klimarådets sammenligning viser, at der ikke er én teknologi, der er den bedste løsning for sektoren. Der er derimod fordele og ulemper ved de forskellige løsninger. Fordele og ulemper kan ændre sig over tid.



Figur 1.5 Analyseresultater for teknologier - side 15 i rapporten

Anm. 1: Drivhusgasaftryk for bio- og elektrobrændstoffer er angivet ved brug af to farver, afhængigt af forudsætninger om emissionsfaktor og ressourceinput. Dette er uddybet i rapportens kapitel 2. * Rød stjerne skal fremhæve, at når konsekvensen af substitutionseffekter inddrages, så er drivhusgasaftrykket for biobrændstoffet HEFA i litteraturen opgjort til 135 g CO₂e pr. MJ, baseret på brugt fritureolie. Den grønne og gule farvescoring repræsenterer gennemsnittet af biobrændstoffer henholdsvis uden og med fødevarer afgrøder.

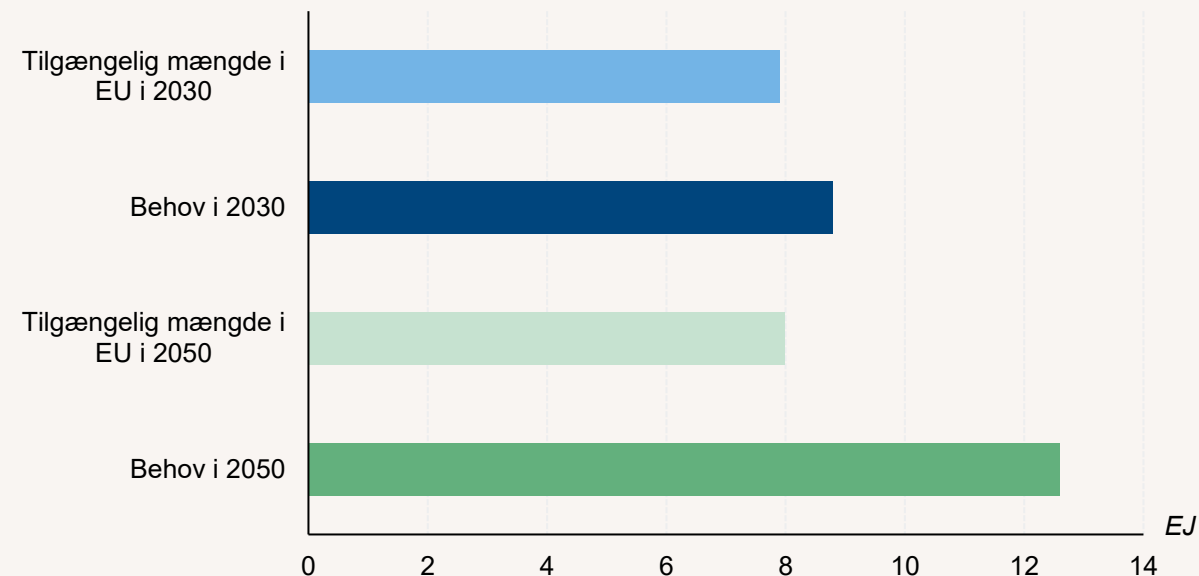
Anm. 2: ** To røde stjerner fremhæver den betydelige usikkerhed, der knytter sig til omkostningerne ved DACCS, herunder både anlægs- og lagringsomkostninger. Derudover er en eventuel begrænset CO₂-lagringskapacitet ikke afspejlet i omkostningerne, hvilket også er gældende for BECCS. Yderligere anmærkninger i rapport.

Biobrændstoffer er forbundet med et stort træk på knappe bioressourcer

Hvis der skal bruges flere biobrændstoffer, kræver det tilgængelige bæredygtige bioressourcer. Hvis den bæredygtige mængde af disse bioressourcer er begrænset, kan der opstå barrierer for opskaleringen af brændstofferne, eller anvendelsen kan få negative konsekvenser for klima, biodiversitet og økosystemer.

Biobrændstoffer baseret på fødevarer har i analysens resultater et højere drivhusgasaftryk end biobrændstoffer, der ikke er baseret på fødevarer. Det vil typisk skyldes, at der er udledninger fra dyrkningen og fra ændret arealanvendelse.

En analyse fra Europa-Kommissionen og Klimarådets vurdering på baggrund af litteraturstudier viser, at **de tilgængelige mængder af bæredygtige bioressourcer i EU formentlig ikke er tilstrækkelige til at opfylde EU's iblandingskrav i luftfarten**, hvis behovet i andre sektorer også skal dækkes. Det gælder især på lang sigt, men også på kortere sigt.



Figur 2.6 Tilgængelige bioressourcer i forhold til mængder efterspurgt af marked og politik – side 45 i rapporten

Anm. 1: Studiet indeholder flere scenarier for de relevante bioressourcer. Her er vist et medium ressourcepotentiale og et midterscenarie for trafikudvikling med videre. Se uddybning i baggrundsrapporten *Teknologier til at reducere klimapåvirkning fra luftfart*.

Anm. 2: Værdierne på figuren udtrykker energiindholdet i EJ før konvertering til brændstof og andre anvendelser.

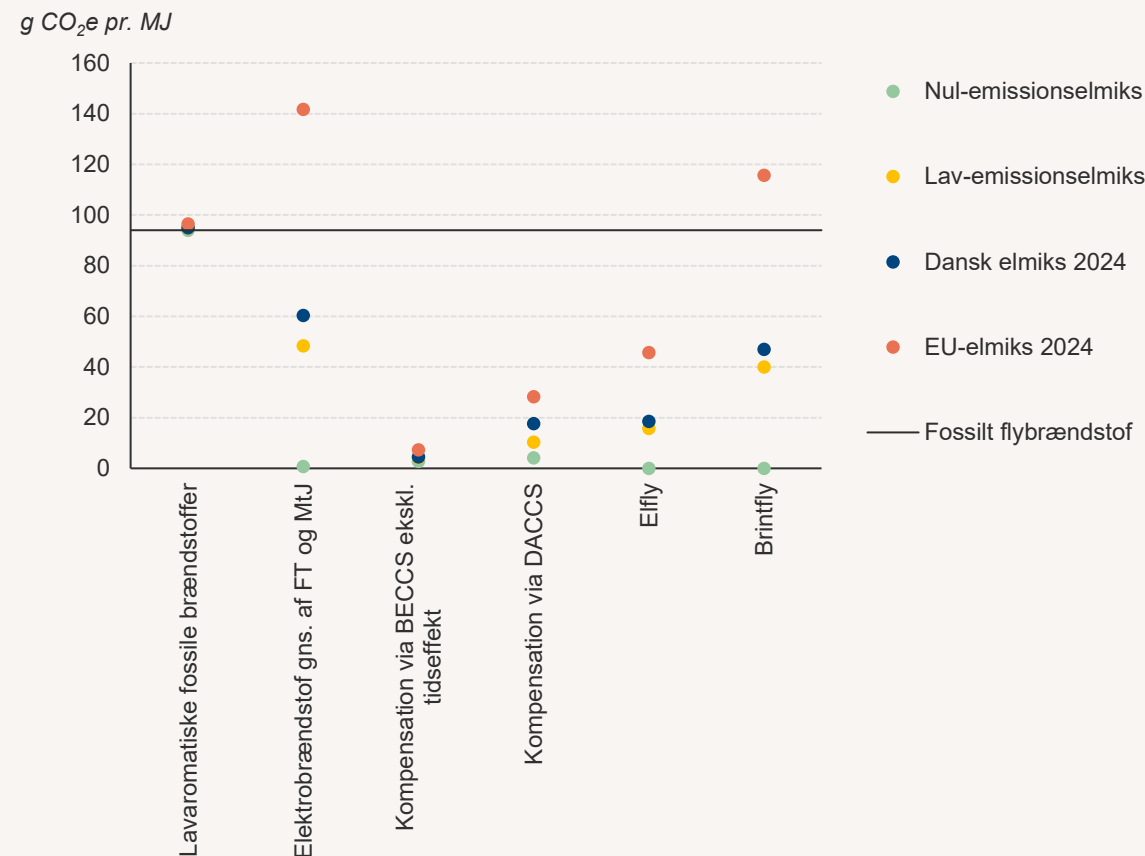
Kilder: Europa-Kommissionen og Klimarådet.

Højt elforbrug øger behovet for produktion af ikke-fossil energi og elnetkapacitet

Flere af de analyserede teknologier baserer sig på elektricitet. **Klimapåvirkningen fra de elintensive teknologier afhænger i høj grad af emissionsfaktoren for den anvendte elektricitet**, herunder om elforbruget giver anledning til etablering af additionel ikke-fossil energi.

Hvis ikke elektriciteten er additionel, kan elektriciteten til de alternative brændstoffer konkurrere med andre sektorer elektrificering om den samme udbygning af ikke-fossil kapacitet. Det kan skabe udledninger i andre sektorer.

Klimarådet har analyseret, hvor stor den årlige udbygning af ikke-fossil elproduktion i EU skal være for at imødekomme luftfartens og øvrige sektorer samlede efterspørgsel på elektricitet frem mod 2050. Beregningen viser, at **EU skal udbygge med lidt over 200 TWh ikke-fossil elproduktion årligt** for at nå det fremskrevne behov.



Figur 2.3 Drivhusgasaftryk fra udvalgte teknologier afhængigt af emissionsfaktor for elnettet – side 39 i rapporten

Anm. 1: Der indgår ikke tidsfaktorer, som påvirker klimaet, for BECCS. Biomasseforbruget er altså her regnet som CO₂-neutralt.

Anm. 2: Udledning fra produktion af materialet til at fange CO₂ i et DACCS-anlæg på i gennemsnit 2,6 g CO₂e pr. MJ er udeladt, da den ikke indgår i studiet af drivhusgasaftryk for BECCS.

Anm. 3: FT: Fischer Tropsch, MtJ: methanol-to-jet.

Anm. 4: Se metoder i baggrundsrapporten *Teknologier til at reducere klimapåvirkning fra luftfart*.

Kilder: Energistyrelsen, Europa-Parlamentet og Ministerrådet, Europa-Kommissionen, European Environment Agency, Weimann m.fl. og Klimarådet.

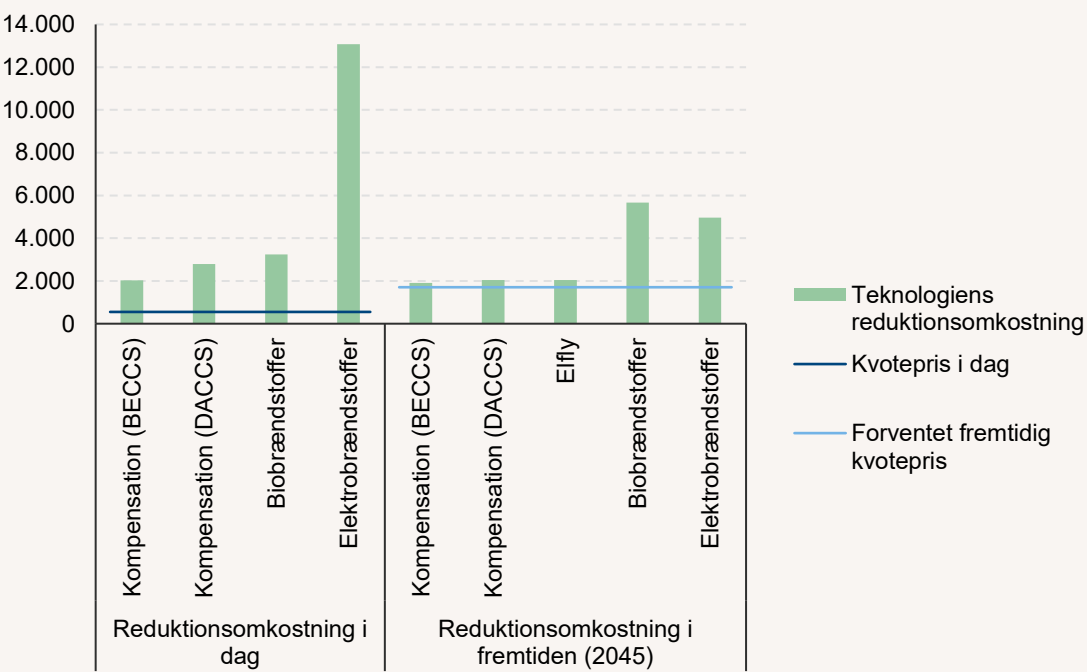
Det er relevant at se nærmere på teknologier til at kompensere for klimapåvirkning

Klimarådet vurderer, at kun *permanente* negative udledninger er relevante, fordi de skal kunne være alternativer til reduktioner, som også er permanente. Der findes i dag to væsentlige teknologier for dette: **BECCS** og **DACCS**. Begge teknologier ser i analysen ud til ikke at være dyrere end elektrobrændstoffer, i hvert fald på kort sigt, mens prisen på længere sigt er mere usikker. Samtidig kræver DACCS et mindre træk på bioressourcer og ikke-fossil energi end bio- og elektrobrændstoffer.

Klimarådet anbefaler ikke BECCS som løsning grundet træk på begrænsede bioressourcer og manglende opgørelse af drivhusgasaftrykket forbundet med forbruget af træbiomasse.

Begge teknologier lægger dog beslag på en potentielt begrænset CO₂-lagringskapacitet i undergrunden, der også forventes at skulle rumme CO₂ fra andre sektorer, og fra en atmosfære med en alt for høj koncentration af drivhusgasser. Derudover indebærer BECCS og DACCS som løsninger i luftfarten, at **sektorens forbrug af fossile energikilder og tilhørende infrastruktur fastholdes**.

Kr. pr. ton CO₂e reduceret



Figur 4.6 Teknologiers merpris sammenlignet med fossilt flybrændstof i forhold til kvoteprisen – side 87 i rapporten

Anm. 1: Teknologiernes reduktionsomkostninger er analyseret i rapportens kapitel 2. Omkostningerne i fremtiden viser omkostningerne omkring år 2045 og er behæftet med betydelig usikkerhed.

Anm. 2: Der indgår ikke tidsfaktorer, som påvirker klimaet, for BECCS. Biomasseforbruget er altså her regnet som CO₂-neutralt.

Kilde: Klimarådet.

Udfordringen bliver lettere at løse, hvis der flyves mindre

Tre omstillingsselementer er relevante for omstillingen af luftfarten, uanset hvilke teknologier der vinder indpas. Det gælder **energieffektivisering, ændret ruteplanlægning og mindsket flyvning**. Alle tre elementer komplementerer de andre løsninger frem for at konkurrere imod dem, men de kan ikke stå alene i omstillingen og fungerer derfor som supplement.

Et samlet billede på udfordringen med at mindske klimapåvirkningen fra luftfart er, at de forskellige teknologivalg på hver deres måde rummer store udfordringer. Dette betyder ikke, at teknologi kan undværes. Teknologi bliver derimod afgørende for at bringe luftfartens klimapåvirkning mod nettonul. **Men da mange teknologier er dyre og relativt umodne, er det også tydeligt, at det bliver væsentligt lettere at mindske klimapåvirkningen, hvis der flyves mindre.**

De store teknologiske udfordringer bliver i det hele taget nemmere at overkomme, hvis analysens tværgående omstillingsselementer tages i anvendelse ved at energieffektivisere, planlægge ruter for at reducere non-CO₂ og ved at give incitament til at mindske rejseaktiviteten med fly. EU-reguleringen spiller en vigtig rolle i både at fremme reelt klimavenlige teknologier og i at give incitament til at rejse mindre med fly gennem påvirkning af billetprisen.



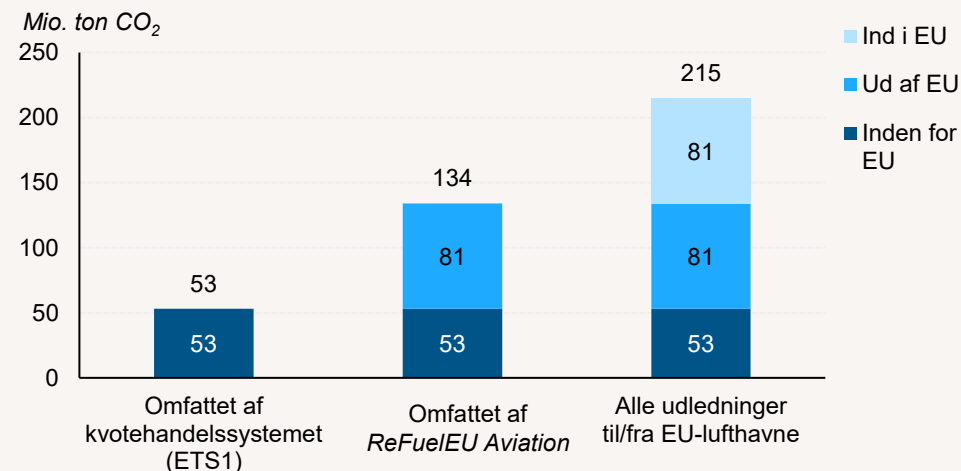
EU regulerer luftfartens klimapåvirkning

Den europæiske luftfarts udledninger er især reguleret af EU's **kvotehandelssystem og af iblandingskravet fra ReFuelEU Aviation**. Herudover er der etableret en række initiativer, som giver økonomisk støtte til at udvikle en ny brændstofindustri, der producerer bio- og elektrobrændstof til fly.

Flyvninger til og fra EU er dækket af CORSIA (uddybes på næste side).

Klimarådets analyse peger på en række problemstillinger:

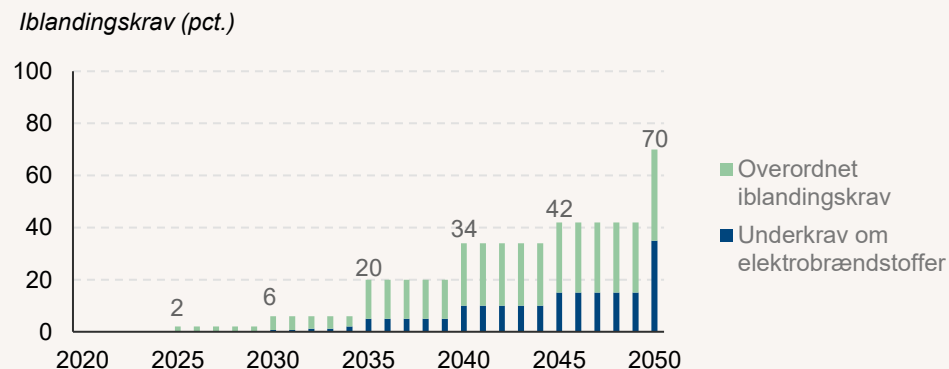
- Udledninger fra flyvninger til og fra EU er ikke prissat.
- Der er ingen tiltag til at nedbringe non-CO₂-effekter.
- EU's regulering har et teknologispecifikt fokus og medfører få muligheder.
- Omkostningerne ved at flyve overføres ikke fuldt ud til billetprisen.
- Krav om bio- og elektrobrændstoffer fremmer produktionen på et tidligt udviklingsstadium, hvor der er høje kapitalomkostninger, teknologisk risiko og usikkerhed om fremtidige priser.



Figur 3.1 CO₂-udledninger fra luftfart i 2023 og EU-reguleringer – side 58 i rapporten

Anm. 1: Værdierne afspejler ikke non-CO₂-effekter.

Kilder: Det Europæiske Miljøagentur, EASA og Klimarådet.



Figur 3.2 Krævede minimumsandele af bio- og elektrobrændstoffer mv. – side 62 i rapporten

Anm. 1: Der er lidt fleksibilitet i kravene i perioden 2030-2035, hvor iblandingen kan udskydes en smule.

Kilde: Europa-Kommissionen.

FN-reguleringen er ikke tilstrækkelig til at sikre nettonuludledning

FN's internationale civile luftfartsorganisation, ICAO, har 193 medlemslande og har vedtaget en vision om nettonuludledning fra international luftfart i 2050. **Der er dog ikke vedtaget virkemidler, som er tilstrækkelige til at nå den vision.**

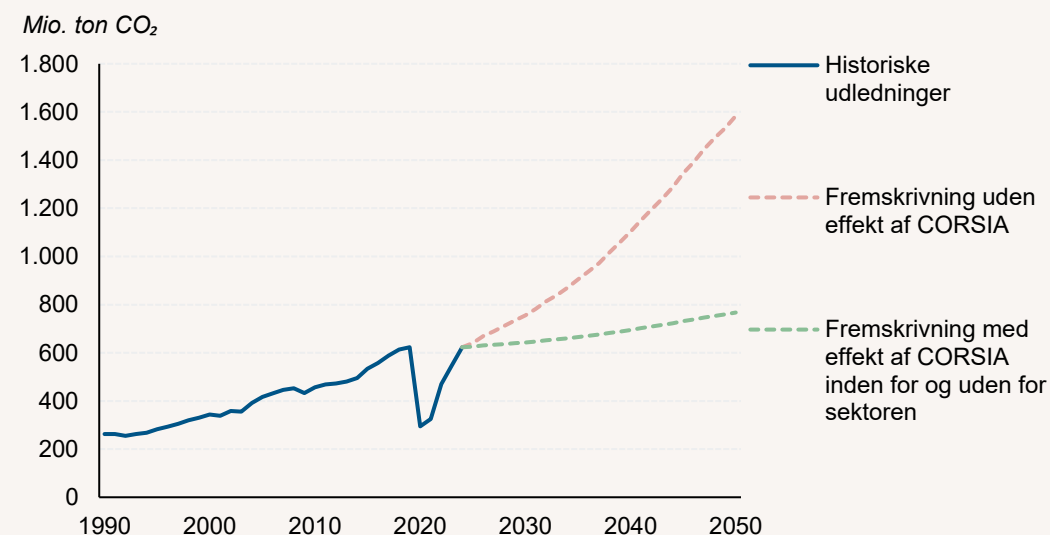
ICAO's vigtigste virkemiddel i indsatsen er initiativet CORSIA, der pålægger flyselskaber reduktionsmål, som skal nås ved enten at reducere CO₂-udledninger eller ved at købe klimakreditter, som er tilladt under CORSIA-ordningen.

CORSIA vil gradvist omfatte flere landes udledninger, og fra 2027 vil ordningen omfatte cirka 85 pct. af CO₂-udledningerne fra international luftfart.

CORSIA's brug af compensation med klimakreditter kritiseres for ikke at have en høj nok kvalitet. Kritikken går på:

- hvorvidt kreditterne reelt reducerer den angivne mængde CO₂
- manglen på additionalitet – altså om reduktionerne alligevel ville være blevet gennemført af andre aktører og dermed ikke hjælper klimaet yderligere.

Endelig adresserer CORSIA ikke udledninger af non-CO₂ fra fly, da visionen om nettonul kun handler om drivhusgasudledning.



Figur 1.1 Udledning frem mod 2050 med og uden effekt af CORSIA – side 8 i rapporten

Anm. 1: Udledninger i figuren er fra international luftfart, som udgør cirka to tredjedele af luftfartens totale udledninger.

Anm. 2: Der er i figuren taget højde for, at CORSIA kun omfatter 85 pct. af udledningerne.

Anm. 3: Fremskrivningen er vist som gennemsnittet af et højt og lavt scenarie. En række generaliserede antagelser betyder, at billedet skal fortolkes med forsigtighed.

Kilder: Climate Action Tracker og Klimarådet.

Sørg for robuste regler for teknologiers drivhusgasaftryk - 1



EU bør styrke reglerne for biobrændstoffers drivhusgasaftryk. EU bør forbedre reglerne følgende steder:

- **Der bør være krav til drivhusgasaftryk for alle biobrændstoffer.** Alle biobrændstoffer og det tilhørende elforbrug med videre bør underlægges krav til drivhusgasaftrykket. Der er i dag ikke krav til drivhusgasaftrykket, hvis inputtet til biobrændstoffer indgår på EU's specifikke liste, der fungerer som en positivliste.
- **Arealkrævende ressourcer bør undgås til produktion af biobrændstoffer.** EU bør så vidt muligt undgå, at der bruges arealkrævende primære bioressourcer som råvareinput til biobrændstoffer. Derved kan man mindske udledning fra indirekte ændring af arealanvendelse (ILUC) og træk på knappe bioressourcer.
- **Metode bør indregne udledning fra erstattende produkter.** EU's metode til at beregne biobrændstoffers drivhusgasaftryk bør ændres til at inkludere udledninger fra produkter, der erstatter ressourcen brugt til flybrændstof.
- **Krav til biobrændstoffers drivhusgasaftryk bør strammes.** EU bør stramme reduktionskravet til biobrændstoffers drivhusgasaftryk fra 65 pct. til 70 pct., hvad angår biobrændstoffer fra nye anlæg, så kravniveauet bliver enslydende med elektrobrændstoffers.



Sørg for robuste regler for teknologiers drivhusgasaftryk - 2



EU bør styrke reglerne for til elektrobrændstoffers drivhusgasaftryk. EU bør forbedre reglerne følgende steder:

- **Kriterier for elinput til elektrobrændstoffer bør styrkes.** EU bør styrke, og som minimum fastholde, eksisterende regler, der blandt andet bidrager til at sikre additionalitet i produktionen af ikke-fossil elektricitet til elektrobrændstoffer. Hvis en eller flere af kriterierne slækkes eller ikrafttrædelse af dem udskydes, bliver elektrobrændstoffers drivhusgasaftryk hurtigt højt.
- **Slutdato for brug af fossilt CO₂ bør fremrykkes.** EU bør fremrykke slutdatoen for, hvornår fossilt CO₂ til elektrobrændstofproduktion ikke længere må tælle som samlet nuludledning i drivhusgasaftrykket, da de anlæg, CO₂'en kommer fra, også bør overgå til drift på andet end fossil energi.



EU bør sikre en retvisende opgørelse og andel af klimagevinsten, hvis kompensation anvendes som alternativ til reduktioner. Dette indebærer, at:

- **Klimagevinsten ved BECCS bør opgøres retvisende.** EU bør opgøre klimapåvirkningen af bioressourceforbruget forbundet med BECCS og udvikle metoder hertil.
- **Klimagevinsten bør svare til kreditkøbet.** Køb af klimakreditter bør kun tildeles andelen af klimagevinsten, som kreditkøbet finansierer. Hvis klimagevinsten fra et projekt også er tilskyndet af statsstøtte eller salg til kvotemarkedet, bør kreditkøbet kun tilskrives en forholdsmæssig andel.



Styrk regulering af klimapåvirkningen



Kvotehandelssystemet bør udvides til at omfatte flyvninger ud af EU.

Udvidelsen bør indrettes på en måde, der sikrer et hensigtsmæssigt samspil med øvrige kvoteomfattede sektorer og med øvrig regulering af luftfarten, både i EU og i FN. En udvidelse vil desuden sikre, at EU's andel af international luftfart vil være på vej mod nettonul.



EU bør regulere non-CO₂-effekter. EU bør regulere luftfartens udledninger af non-CO₂-gasser og -partikler, der påvirker klimaet.

- EU bør integrere non-CO₂-effekter i kvotehandelssystemet
- Europa-Kommissionen bør undersøge modeller for krav om gradvis overgang til lavaromatiske brændstoffer.



EU bør nedbringe bioressourcetrækket. EU bør introducere tiltag for at begrænse bioressourcetrækket på længere sigt. Inden for rammen af den nuværende regulering har EU flere muligheder, herunder at undersøge konsekvenserne ved

- at stille krav om tilsætning af brint til biobrændstoffer og
- skærpe reglerne for brug af biogent CO₂ til elektrobrændstoffer.



Øg fleksibiliteten i den sektorspecifikke regulering



Sektorspecifik regulering af luftfarten bør fastholdes. EU bør fastholde reguleringen af luftfartens udledninger både gennem kvotehandelssystemet og suppleret af en sektorspecifik regulering. Iblandingskravet og dets ambitionsniveau bør fastholdes og håndhæves for at sikre et stabilt og tydeligt incitament til luftfartssektoren og til alle dele af brændstofindustriens værdikæde.



Kompensation med DACSS bør kunne indgå fleksibelt i opfyldelsen af iblandingskravet. EU bør tillade kompensation via DACCS som en fleksibel mulighed i opfyldelsen af det generelle iblandingskrav og underkravet om elektrobrændstoffer i *ReFuelEU Aviation*. Givet blandt andet ulempen ved et fortsat forbrug af fossile brændstoffer og usikkerheden omkring CO₂-lagringskapacitet bør muligheden for kompensation via DACCS kun tillades under en række betingelser:

- EU skal fastlægge genbesøg og løbende evaluere ny viden om de faktiske potentialer for geologisk lagring af CO₂ samt om nye teknologier til permanente negative udledninger.
- Kompensationen tilskrives kun den andel af klimagevinsten fra et kompensationsprojekt, som et kreditkøb har finansieret.
- Kompensationen indebærer, at der også kompenseres for klimapåvirkning fra non-CO₂ og fossile biprodukter, hvis de ikke er reguleret tilstrækkeligt andre steder.



Tydeliggør omkostningerne, og støt udvikling frem for drift



De faktiske omkostninger bør i højere grad afspejles i billetpriserne. EU giver i dag tilskud til at reducere prisforskellen mellem alternative og fossile brændstoffer og dæmper derved omkostningerne ved at flyve. Støtten til at reducere prisforskellen bør reduceres eller helt fjernes, så de faktiske omkostninger overføres til passagererne via billetprisen.



Støtten bør prioriteres til udvikling frem for drift. EU bør arbejde for at minimere investeringsrisici for bio- og elektrobrændstofindustrien og andre relevante teknologiske udviklingsområder såsom DACCS, elfly og teknologier til at reducere non-CO₂ gennem blandt andet støtte til udvikling og tidlig skalering.



Perspektivering til Danmark som foregangsland

Danmark har et reelt, men afgrænset nationalt handlerum. Alligevel kan Danmark indføre flere tiltag, der håndterer luftfartens udfordringer. Klimarådet lister en række **eksempler på Danmarks muligheder**. Klimarådet har ikke foretaget og præsenteret analyse af disse og giver ikke anbefalinger til regeringen herom.

Eksempler på Danmarks mulighedsrum, der kan undersøges:

- Krav om **lavaromatiske** fossile flybrændstoffer
- Understøtte udvikling af alternativ **brændstofproduktion**
- **Offentlige indkøb** som drivkraft på forbrugssiden
- Serviceeftersyn på de **nationale økonomiske incitamenter** fx passagerafgift
- Fremme **alternativer til flyrejser**
- Øge samarbejde med andre lande, fx ruter med **elfly i Norden**

