

August 2022



## ER GRØN INDENRIGSFLYVNING I 2030 EN GOD IDE?

---

Analyse udarbejdet af  
seniorrådgiver Finn Lauritzen

**AXCEL**FUTURE  
ERHVERVSLIVETS TÆNKETANK

## HOVEDKONKLUSIONER

- Statsministeren vil gøre al indenrigsflyvning grøn i 2030 ved hjælp af syntetisk flybrændstof. De første flyvninger med grønt brændstof skal allerede finde sted i 2025.
- Indenrigsflyvning udledte inden covid-19 epidemien 95.000 tons CO<sub>2</sub> om året, men udenrigsflyvning er en væsentligt større klimabelastning end indenrigsflyvning.
- Det er godt, at regeringen vil reducere flyvningens klimabelastning og samtidig øge efterspørgslen efter PtX. Men vi har to væsentlige forbehold, som skal ryddes af vejen. Ellers er der risiko for at projektet bliver for dyrt, ikke vil have nogen klimaeffekt og ikke skabe grønne jobs i Danmark.
- *For det første* skal vi vide mere om hvilket teknologispor, der er det rigtige. Flere af de virksomheder, vi har talt med, vil bruge biogas til at lave grøn jetfuel med. Men den vej ser vi som lukket efter Ruslands krig mod Ukraine. Vi skal bruge elektrolyse, dvs. lave grøn jetfuel som PtX. Men hvordan? Det bør afklares gennem et teknologiudbud i form af en såkaldt *konkurrencepræget dialog*.
- *For det andet* fremfører industrieksperter, at hvis der skal startes en ny produktion af bæredygtig jetfuel alene til den danske indenrigsflyvning, bliver produktionen så lille, at den ikke kan forrente de betydelige faste kapitalomkostninger, som projektet kræver, på op imod 5 mia. kr. Derfor skal ønsket om grøn indenrigsflyvning kobles til de kommende EU-krav om at gøre udenrigsflyvningen mere grøn. I sammenhæng hermed bør finansieringen være et innovationsbidrag på såvel indenrigs- som udenrigsflyvning. Hvis vi skal opbygge en reel industri, bliver det for småt og uambitiøst kun at se på indenrigsflyvningen.
- Finansieringen kan blive afgørende for succes. Vi bør gøre det i form af et innovationsbidrag, der lægges oveni alle flyrejser ud af Danmark som en fast afgift, der varierer med rejsens længde. Bidraget bør være midlertidigt og skal gå til fuldt og helt at finansiere udviklingen af grøn jetfuel. Afgiften kan bortfalde, når den teknologiske udvikling og udviklingen i kvoteprisen gør det muligt.
- Innovationsbidraget bør lægges på al flyvning fra danske lufthavne, bortset fra udenlandske passagerer i transit – dvs. en betalingsstruktur, der svarer til den, alle Danmarks nabolande har i dag. Et innovationsbidrag på 50 kr for indenrigsflyvning, 150 kr for korte udenrigsruter og 250 for interkontinental flyvning vil give et provenu på ca 2 mia. kr om året. Kun at gøre indenrigsflyvningen grøn vil koste ca. 200 mio kr om året, så et sådant bidrag vil også kunne finansiere en væsentlig iblanding af grøn jetfuel til udenrigsflyvning. Det vil give mening, når EU får vedtaget den del af Fit for 55, der vedrører flytransport.
- Fortrængningsomkostningerne vil udgøre ca. 3.000 kr pr tons CO<sub>2</sub> – væsentligt over, hvad andre klimatiltag koster. Men Danmark vil medvirke til at løse et vigtigt klimaproblem og samtidigt bidrage til en ny dansk PtX-industri.

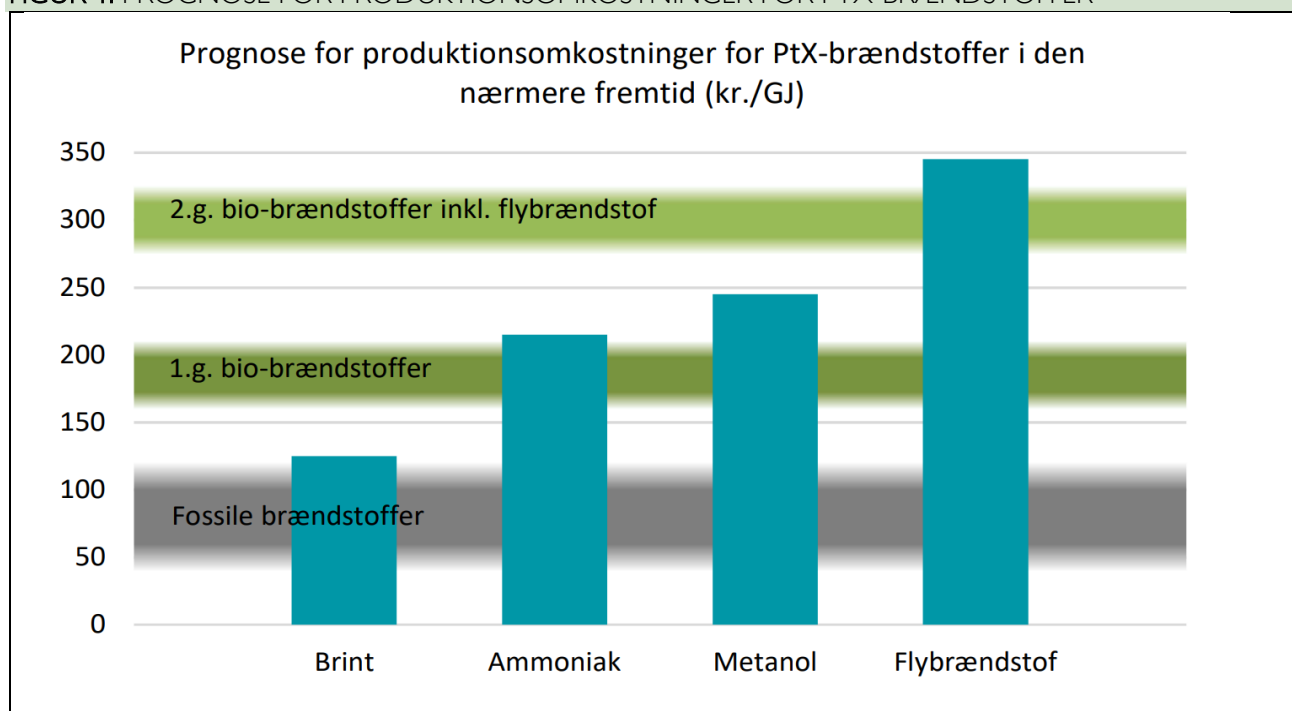
## HVAD ER GRØNT FLYBRÆNDSTOF?

Der findes to forskellige hovedformer for bæredygtigt flybrændstof, dvs. de såkaldte SAF's – sustainable aviation fuels. Den ene form er et biobrændsel, der navnlig fremstilles på brugt madolie. Den anden – og mere fremtidsorienterede brændstoftype - er syntetisk og bygger helt eller delvist på elektrolyseteknologi. Det er denne brændstoftype, som Danmarks statsminister i sin nytårstale meddelte skal anvendes fuldt og helt i dansk indenrigsflyvning i 2030, hvilket sker i forlængelse af, at regeringen præsenterede sin PtX-strategi<sup>1</sup> før jul.

Der er allerede fremstillet syntetisk flybrændstof (e-kerosen), men det har indtil nu været meget dyrt, fordi det er mere kompliceret og energikrævende at fremstille end eksempelvis e-metanol, som kan anvendes som grønt brændstof i skibsfarten. Der forestår derfor et betydeligt udviklings- og implementeringsarbejde, før det er muligt at producere syntetisk flybrændstof i store mængder.

Problemet er, at syntetisk flybrændstof vil være væsentligt dyrere end konventionelt brændstof i en "nærmere fremtid", jf figur 1. Det er således ikke en nem udfordring, statsministeren har taget op. Og med et ønske om grøn jettuel har statsministeren valgt et projekt, der ligger i den dyre og avancerede ende blandt forskellige PtX-produkter.

**FIGUR 1. PROGNOSE FOR PRODUKTIONSOMKOSTNINGER FOR PTX-BRÆNDSTOFFER**



Kilde: Regeringens PtX-strategi og Energistyrelsen. Figuren viser Energistyrelsens skøn for produktionsomkostningerne for PtX-produkter i den "nærmere fremtid" sammenholdt med omkostningerne til fossile brændstoffer samt til biobrændstoffer. Vi har talt med Energistyrelsen, som forklarer, at "den nærmere fremtid" i praksis er ca. 2030.

<sup>1</sup> <https://kefm.dk/Media/637751860685972853/Fremtidens%20grønne%20brændstoffer.pdf>

---

# HAR DANMARK INDUSTRIELLE KOMPETENCER TIL AT LAVE GRØN JETFUEL?

---

En væsentlig del af energiforbruget forbundet med flyvning går til at løfte flyet og flybrændstoffet fra jorden. Det er derfor afgørende, at flybrændstof, eller jetfuel, har en høj energitæthed, dvs. indeholder rigtigt meget energi pr kilo. Derfor anvendes normalt stoffet kerosen, som findes i forskellige sammensætninger, som alle er meget store og komplekse molekyler bestående af mange kulstof- og brintatomer. Kerosen har endvidere den egenskab, at det har et lavt frysepunkt (hvilket er meget praktisk, når fly flyver i stor højde). Kerosen skal således ikke blot have en stor energidensitet, men også være sikkert i andre henseender. Der er derfor skrappe, internationalt gældende krav til jetfuel.

Jetfuel er et specielt produkt, som der er stordriftsfordele i at producere. Det er derfor ikke givet, at det er en god forretning at producere i Danmark. Men Danmark har alligevel en række virksomheder, der har de nødvendige kompetencer til at indgå i, og understøtte, en dansk produktion af bæredygtig jetfuel. Dette er dokumenteret i flere udviklingsprojekter.

Der findes mange forskellige teknologier til at fremstille grøn jetfuel. I det følgende beskrives tre af teknologierne, som vi har talt med hhv. SDU, DTU og virksomheden Haldor Topsøe om.

Nogle forskere på SDU har kortlagt en række muligheder for en dansk PtX-produktion<sup>2</sup> (i det følgende "SDU-rapporten"). Denne rapport peger på en række aktører i Danmark og i resten af Norden, og herunder i Danmark. Blandt disse er Nature Energy, som er den største danske producent af biogas, som på kort sigt kan være et vigtigt input i produktionen af bæredygtig jetfuel. Nature Energy og de fleste forskere vurderer, at den billigste produktionsmåde på kort sigt – hvilket i praksis vil sige frem til 2030 – baseres på biometan (fx husdyrgødning fra landbruget eller andet bioaffald).

På sigt, hvor grøn metan vil være en knap ressource, kan flybrændstoffet fremstilles som ren elektrofuel, hvor råstofferne er brint fremstillet ved elektrolyse og CO<sub>2</sub> indfanget fra biogene kilder, hvilket kan være biomassefyrede kraftvarmeværker og affaldsværker. Man kan på endnu længere sigt også forestille sig, at CO<sub>2</sub> en indfanges direkte fra atmosfæren gennem såkaldt DAC – Direct Air Capture - hvilket imidlertid er en meget dyr proces.

SDU-rapporten vurderer, at metoden med anvendelse af grøn biometan kan realiseres allerede i 2025, jf. nedenstående figur. Vurderingen af, at det vil være muligt med en væsentlig produktion af bæredygtigt flybrændstof allerede i 2025, bygger især på vurderinger fra Nature Energy.

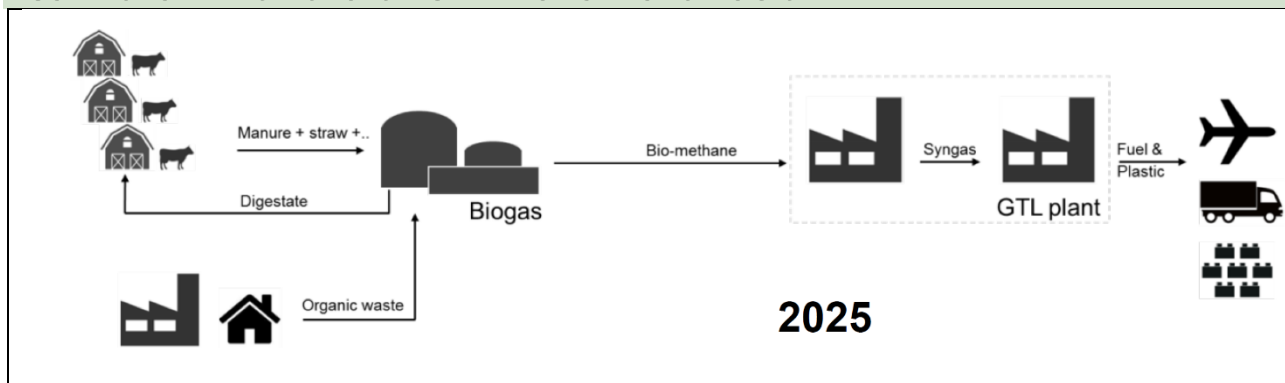
SDU-rapporten vurderer endvidere, at et af de to danske raffinaderier, nemlig Crossbridges raffinaderi i Fredericia, er indrettet, så det kan producere jetfuel<sup>3</sup>. SDU-rapporten lægger bla. til grund, at restprodukterne (dvs. andre brændsler og varmen) kan sælges til en gennemsnitlig markedspris. Det anser vi for en optimistisk forudsætning.

---

<sup>2</sup> Nordic GTL – a pre-feasibility study on sustainable aviation fuel from biogas, hydrogen and CO<sub>2</sub>. Anders Winther Mortensen, Henrik Wenzel, Kasper Dalgas Rasmussen, Sine Sanderman Justesen, Erik Wormslev og Martin Porsgaard. NISA (Nordic Initiative for Sustainable Aviation), NIRAS og SDU, 2019.

<sup>3</sup> Vi har talt med Crossbridges direktør, Finn Schousboe, som har bekræftet dette.

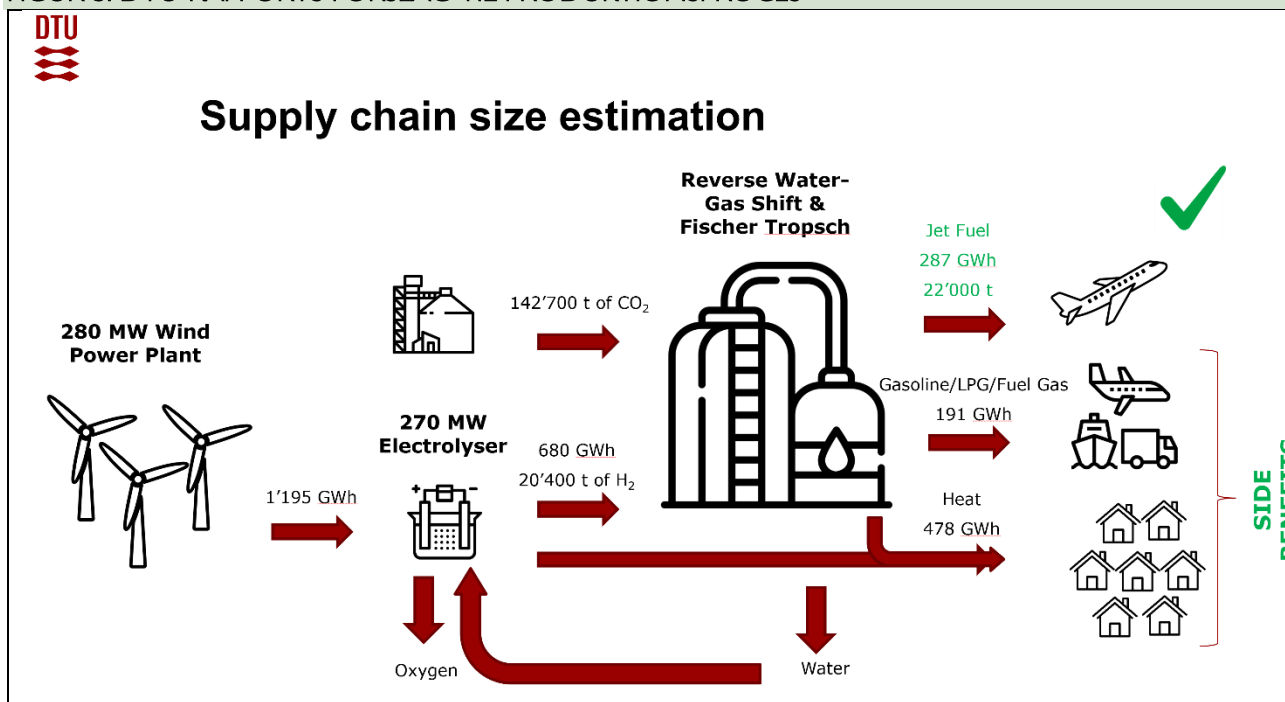
FIGUR 2. SDU-ANLYSENS FORSLAG TIL PRODUKTIONSPROCES



Kilde: SDU-rapporten, jf. fodnote 2.

DTU gennemfører også en del forskning på området<sup>4</sup>. Østergaard og Singlitico vurderer, at den mest bæredygtige måde at fremstille jetfuel på, på langt sigt, vil være en kombination af elektrolyse og en omvendt vand-gas-skifte proces efterfulgt af en såkaldt Fischer-Tropsch-proces. Begge processer har været kendt i 100 år eller mere, men er aldrig før blevet brugt til at producere bæredygtige brændstoffer i større skala. DTU's vurdering af, hvordan processen på langt sigt kan foregå, er vist nedenfor.

FIGUR 3. DTU-RAPPORTS FORSLAG TIL PRODUKTIONSPROCES



Kilde: Singlitico, jf. fodnote 3.

DTU's skøn over de angivne mængder bygger en antagelse om, at indenrigsflyvningen fortsat vil falde, samtidigt med at flyene bliver mere brændstofeffektive, således at brændstofforbruget falder fra i dag godt 30.000 tons til

<sup>4</sup> Det følgende er baseret på input fra professor Jacob Østergaard samt Alessandro Singlitico, DTU: Danish Domestic Aviation Decarbonisation – A Rough Quantification.

22.000 tons i 2030.

Et centralt forhold ved produktionen af jetfuel er, at der opstår et energispild på ca. 20 pct. af den forbrugte energimængde, og samtidig vil andre 25 pct. af energien være varme, som kun kan nyttiggøres, hvis overskudsvarmen anvendes i fjernvarmesystemet.

22 pct. af den anvendte energi går til andre kulbrinter (fx benzin), som vil være grønne og fx kunne anvendes i lastbiler. Kun 33 pct. af den anvendte energi finder vej til den grønne jetfuel.

Det betyder videre, at den nødvendige vindkapacitet bliver relativt høj – i DTU's regnestykke 280 MW (eller 0,28 GW).

En tredje metode bygger på den metode, Haldor Topsøe har udviklet, og som kaldes eSMR. I denne metode bruges biogassen direkte til producere syngas (en blanding af brint, kulilte og CO<sub>2</sub>). Energien til denne proces kommer fra tilført elektricitet, som selvsagt skal være VE (vind eller sol). I næste skridt gennemgår syngassen en omvendt vand-gas skifte proces, som kan lede til metanol, men også til mere komplekse brændstoffer. Endelig kan dette brændstof videreforædles til flybrændstof.

Fordelene ved Topsøes proces er, at den kan bruge CO<sub>2</sub>'en fra biogas, og derved spare omkostninger til at fange CO<sub>2</sub> fra andre kilder. Herudover kan den anvendte el være grøn, og processen kræver ikke elektrolyse, hvilket i en del år fremover vil være en dyr proces. Topsøes vurdering er derfor, at denne proces vil være den billigste.

Vores samlede vurdering af spørgsmålet om kompetencer og teknologi er for det første, at Danmark har industrielle kompetencer på området, der gør det sandsynligt, at en satsning på både anvendelse og produktion af grøn jetfuel kan give danske virksomheder et forspring og et spin-off, der er omkostningerne værd. Men vi er opmærksom på, at et lignende argument om at anvende samfundsøkonomiske omkostninger kan bruges på mange andre områder, hvor der er håb om – men ikke sikkerhed for – erhvervsmæssig succes.

For det andet er konklusionen, at det vil være nødvendigt med et innovativt udbud for at afklare, hvilken eller hvilke teknologier, der er de bedste til at fremstille grøn jetfuel med.

---

## HVAD ER INNOVATIVE UDBUD?

---

Innovative udbud er konkurrenceformer, der blev indført af EU i 2004, og som er skræddersyet til udbud, hvor det ikke er klart, hvilken løsning, der er den bedste og billigste – både når man ser på pris og omkostninger, men også på en række andre forhold, som kan inkludere miljø og bæredygtighed<sup>5</sup>. I det konkrete tilfælde med grøn jetfuel vil det være naturligt at anvende den konkurrenceform, der hedder Konkurrencepræget Dialog.

Fordelen ved denne proces er bl.a., at man med input fra interesserede bydere, evt. i flere omgange, kan afklare usikre forhold, inden den afgørende budproces afholdes. Dialogen kan også starte med runder med mulighed for at danne brede konsortier, som involverer forskellige industrielle kompetencer, som kan supplere hinanden.

Det vil også være muligt inden den Konkurrenceprægede Dialog starter at gennemføre afklarende forløb med

---

<sup>5</sup> En god beskrivelse af innovative udbud kan findes i Rosted, 2020: [Offentlig-privat innovation på affaldsområdet | CONCITO](#) hvor mulighederne på et andet område – affaldsområdet drøftes.

deltagelse af alle interesserede aktører fra såvel Danmark som andre lande for at afklare mulighederne.

Dialogprocessen kan også bruges til at fastlægge udbudskriterierne. I denne case vil det fx ikke være tilstrækkeligt eller klogt alene at fokusere på pris og omkostninger. Det vil også være nødvendigt at fokusere på klimaeffekterne på kort og langt sigt (vi udbygger dette nedenfor) samt på hvor hurtigt, produktionen kan komme i gang.

Et andet interessant spørgsmål er, hvem der vil være den bedste udbudsgiver. Hvis staten går ind som udbudsgiver, vil der være en stærk køber, som kan lokke interesserede virksomheder og investorer til. Vi ser imidlertid ikke dette som en god løsning, da det jo ikke er staten, der skal bruges den grønne jetfuel.

En anden mulighed er, at luftfartbranchen går ind som udbudsgiver. Vi har talt med Brancheforeningen Dansk Luftfart, som er interesserede i at medvirke til udviklingen af grøn jetfuel. Foreningens medlemmer er SAS, Norwegian, en række mindre luftfartsselskaber og de danske lufthavne.

En tredje og måske bedre mulighed kunne være at etablere et offentligt-privat partnerskab, der skal stå for udbuddet.

---

## DILEMMAER PÅ KORT SIGT – SKAL VI BRUGE BIOMETAN ELLER BIOBRÆNDSLER TIL INDENRIGSFLYVNING?

---

Ifølge flere af vores kilder vil på kort sigt – dvs. i hvert fald i de næste 5 år – den billigste måde at producere grøn jetfuel på være at anvende biometan. Biometan er kemisk fuldstændigt det samme som naturgas, med formlen CH<sub>4</sub>, og fremstilles med dyregødning, planterester eller andet organisk materiale som råstof. Denne proces skaber biogas, som er ca. 60 pct. metan og ca. 40 pct. CO<sub>2</sub>. Herefter kan CO<sub>2</sub>'en udskilles og enten lagres i undergrunden som CCS eller metaniseres biologisk eller kemisk og derved danne yderligere metan.

Andelen af biologisk, dvs. grøn, metan i naturgasnettet er steget støt og udgør i dag ca. 25 pct. Men en yderligere udbygning af biogasproduktionen og et fald i naturgasanvendelsen vil andelen fortsætte med at stige, men vil næppe nå 100 pct. før efter 2030<sup>6</sup>. Det er dog muligt, at de aktuelle bestræbelser i hele EU på at reducere gasforbruget, efter Ruslands krig mod Ukraine, vil fremskynde denne proces.

Så længe Danmark har en betydelig anvendelse af naturgas, som er svær at substituere væk fra, til både højtemperaturprocesser i industrien og til boligopvarmning, vil en dansk produktion af grøn jetfuel derfor indebære et dilemma. Jo mere grøn biometan, der bruges til at producere grøn jetfuel, jo mindre grøn biometan vil på kort sigt være til rådighed for andre naturgasbrugere. Det vil betyde, at indenrigsflyvningen vil blive mere grøn uden at forbedre Danmarks samlede klimaregnskab.

Et argument for alligevel at starte en produktion af grøn jetfuel baseret på biometan kan dog være, at Danmark hermed opnår kompetencer, der kan anvendes, når vi senere kan basere produktionen på grøn brint og elektrolyse.

Det kan også tages i betragtning, at det er muligt, at produktionen af biometan kan øges meget med bæredygtige kilder (affald, halm mv) – og at forbruget af naturgas samtidigt kan begrænses så meget, at der på sigt er

---

<sup>6</sup> Jf. Energistyrelsens klimafremskrivinger

biometan nok til at dække hele det danske forbrug af naturgas.

Et andet dilemma er, om den indtil videre begrænsede kapacitet mht grøn strøm og elektrolyse kunne gøre mere gavn i skibsfarten end i indenrigsflyvningen. Som vist i figuren på side 3 forventes omkostningerne til grøn metanol, der kan bruges i skibsfarten, frem til 2030 at være ca. en tredjedel lavere end omkostningerne til grøn jetfuel, selv om CO<sub>2</sub>-besparelsen er nogenlunde den samme pr produceret tons grønt brændstof.

Der er flere forskelle mellem indenrigsflyvningen og skibsfarten – herunder at indenrigsflyvningen indgår fuldt ud i vores 70 pct.-målsætning, mens skibsfarten ikke gør. Dette taler for at prioritere indenrigsflyvningen. Omvendt vil den globale klimaeffekt være større pr investeret krone i skibsfarten.

Axelfutures vurdering på dette punkt er, at der er tale om to forskellige markeder, og at vi derfor bør have råd til at prioritere begge dele.

Et tredje dilemma er, om bæredygtighedsmålene på kort (eller længere) sigt skal kunne indfris ved anvendelse af biobrændsler, som nævnt i indledningen til dette notat. Biobrændsler kan være bæredygtige, hvis de baseres på restprodukter, der ellers ville gå til spilde, og som således ikke fortrænger anden fødevarerproduktion eller bæredygtig anvendelse af biomassen. Og i praksis vil disse betingelser sjældent være opfyldt – og slet ikke, hvis den nuværende beskedne produktion af bio-jetfuel skal skaleres.

Vi vurderer, at efter Ruslands krig mod Ukraine, som betyder, at Europa hurtigst muligt skal blive uafhængig af russisk energi, og i særdeleshed russiske gas, er det udelukket at anvende biogas til at producere jetfuel. Vi skal derfor producere jetfuel via PtX. Men hvordan, det skal ske, bør som nævnt ovenfor afklares i et teknologiudbud.

---

## ER DET KLOGT AT REGERINGEN SATSER PÅ INDENRIGSFLYVNING FOR KLIMAETS SKYLD?

---

Dansk indenrigsflyvning udledte inden Coronaen ca. 95.000 tons CO<sub>2</sub> årligt<sup>7</sup>. I forhold til den samlede CO<sub>2</sub>-udledning er det meget begrænset. Hvis indsatsen for grøn flyvning for alvor skal nytte noget, er det vigtigt at gå efter den internationale flytrafik, der står for ca. 3% af de globale udledninger.

Man skal dog være opmærksom på, at man i andre lande også udvikler syntetiske flybrændstoffer, og at både store flyselskaber og energiselskaber deltager i produktudviklingen. Selvom Danmark også er med i disse udviklingsprocesser og som tidligere nævnt har virksomheder, der er langt fremme internationalt, vil vi være afhængige af den internationale udvikling. Der vil således også være brug for at brændstoffet lever op til bestemte produktstandarder, hvilket vil skulle foregå i regi af europæiske standardiseringsinstitutioner.

Men der vil nu komme en efterspørgsel efter e-kerosen, som der ellers slet ikke var i Danmark, og dermed vil der være en potentiel mulighed for at skabe en dansk styrkeposition på området.

Udmeldingen styrker også behovet for grøn strøm. Målet om grøn indenrigsflyvning i 2030 vil stille krav om ca. 300 MW elektrolysekapacitet (0,3 GW). Vi har her forudsat, en e-kerosenen vil blive fremstillet med el, der via elektrolyse danner brint, og biogent CO<sub>2</sub> indfanget og transporteret til raffinaderiet. Her indgår CO<sub>2</sub>'en i en

---

<sup>7</sup> Indenrigsflyvningens energiforbrug i 2019 udgjorde 1,331 PJ, jf Energistatistik 2020 (Energistyrelsen, 2021). Der er endvidere regnet med en CO<sub>2</sub>-emission på 71,5 kg CO<sub>2</sub> pr Gj



omvendt vand-gas-skifte proces og videreforædles til kerosen via den såkaldte Fischer-Tropsch-proces, der har været kendt i næsten 100 år.

Regeringen har i marts 2022 udmeldt en ny PtX-strategi med en ambition om 4-6 GW elektrolysekapacitet i 2030. Denne strategi uddyber dog ikke, hvor efterspørgslen efter PtX skal komme fra. Udover flybrændstof er der behov for e-metanol til transport, ammoniak til skibe og gødning og grøn brint til olie, stål og kemisk industri. Udfordringen er, at det er dyrt og kræver massive subsidier at nå dette niveau i 2030.

Vi vurderer endvidere, at den danske regering vil være tilbageholdende med subsidier til PtX, da der på nuværende tidspunkt kun er begrænsede muligheder for at fortrænge fossil energi med grøn brint og PtX i Danmark i 2030. Det vil derfor være nødvendigt for de private aktører at dække en stor del af prisforskellen, men det vil de også være villige til i en periode. Eksempelvis vil der være en ikke ubetydelig betalingsvilje i forhold til grøn gødning og grønt brændstof til skibe og lastbiler, men skal forbruget op i skala, er det nødvendigt at prisforskellen til det fossile alternativ reduceres væsentligt – eksempelvis gennem EU's kvotesystem eller indførelse af specifikke grønne afgifter i Danmark.

Man kan endelig tilføje, at en reduktion af Danmarks klimabelastning på det kvoteomfattede område i princippet kan være uden effekt, fordi EU's kvotesystem indebærer, at Danmarks ekstra klimainsats sænker kvotepriserne, således at andre lande kan udlede flere klimagasser, og EU's samlede udledning er uændret. Der kan dog alligevel være positive effekter af at gå foran, hvis en succes i Danmark på området kan lede til, at det bliver nemmere at opnå opbakning til højere reduktionsmål for hele EU.

---

## ER DET IKKE BEDRE BARE AT FORDYRE ELLER STOPPE INDENRIGSFLYVNINGEN?

---

Både flere grønne organisationer, og fx Ingeniøren, peger på, at det kunne være mere bæredygtigt at fordyre eller stoppe indenrigsflyvningen og i stedet få flere til at tage toget<sup>8</sup>. Ifølge dette argument bør vi bruge de begrænsede ressourcer, vi har i samfundet, både mht. støtte midler og mht. biogent indfanget CO<sub>2</sub>, på vigtigere formål. Heri indgår også, at energiforbruget ved togtransport er væsentligt lavere end ved flytransport, uanset om brændstoffet er fossilt eller grønt.

Axcelfuture er ikke enig i dette argument. I princippet kunne Danmark etablere et effektivt togsystem, hvor man på stort set samme tid kunne komme fra midten af København til midten af hhv. Aarhus og Aalborg med hurtigtog som med fly. Men der er tilsyneladende ikke politisk flertal for effektive hurtigtog i Danmark.

Det skal også indgå i vurderingen, at flybranchen i forvejen har taget, og fremadrettet vil tage, en række andre initiativer, som reducerer flyvningens klimabelastning. Disse initiativer kan tages sideløbende med, at der anvendes en stigende andel grøn jetfuel.

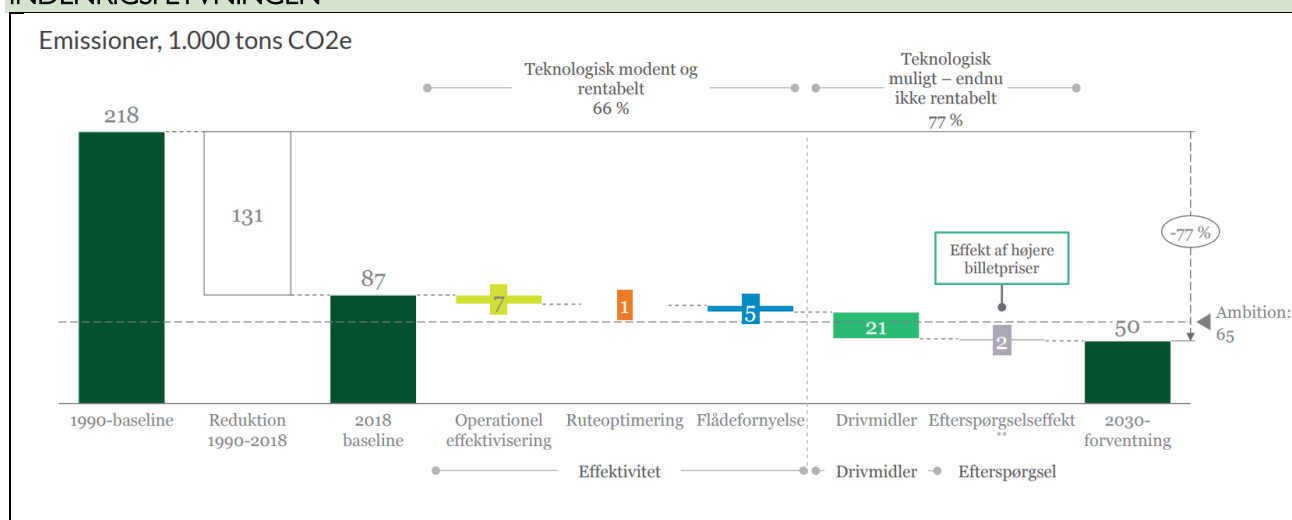
Dette er illustreret med nedenstående figur fra Klimapartnerskabet for luftfarts sektorkøreplan<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> [Grønne indenrigsfly eller grønne tog? | Ingeniøren](#)

<sup>9</sup> [sektorkoereplan-for-klimapartnerskab-for-luftfart.pdf \(em.dk\)](#) og [PowerPoint Presentation \(kefm.dk\)](#)

**FIGUR 4. REDUKTIONSKILDER TIL OPNÅELSE AF 70 PCT. AMBITIONSMÅL FOR INDENRIGSFLYVNINGEN**



Kilde; Klimapartnerskabet for luftfart, jf. fodnote 10.

Det fremgår af figuren, at ud over en forventet negativ effekt på flyvningen af en afgift, der skal finansiere udvikling af grøn jetfuel, så vil operationel effektivisering, ruteoptimering og mere effektive fly alle bidrage til, at indenrigsflyvningens klimabelastning kan reduceres med 70 pct. målt i forhold til 1990.

I denne forbindelse bør det også inddrages, at klimaekspertter vurderer, at flyvningens skadelige klimaeffekter reelt er 2-3 gange højere end ved de traditionelle opgørelser (som vi anvender her) – fordi drivhuseffekten af at brænde jetfuel af i store højder er væsentligt højere end når det samme brændstof brændes af ved jordoverfladen. EU-Kommissionen har i 2020 offentliggjort en teknisk rapport om dette forhold, som lægger op til overvejelser om at multiplicere drivhuseffekten fra flyvning med en faktor<sup>10</sup>.

Et interessant forhold er her, at drivhuseffekten fra grøn jetfuel formentligt er væsentligt mindre, end når man bruger fossil jetfuel. Det skyldes, at grøn jetfuel kan fremstilles, så den er renere – dvs. indeholder færre såkaldte aromater, og færre kvælstofforbindelser. De er bla. disse stoffer, der ofte kan ses fra jorden som flystriber. Man kan derfor tale om en "flystribeeffect", som i fagsproget kaldes en "non CO<sub>2</sub>-effekt".

Det skal imidlertid også indgå i vurderingen, at danske indenrigsfly flyver i lav højde – modsat udenrigsfly, der flyver længere distancer. Og det skal også tages i betragtning, at hvis man fjerner aromaterne og kvælstofforbindelserne kræver det en ny type flymotorer. At undgå "flystribeeffecten" er derfor noget, der ikke kan opnås på kort sigt.

Men hvis det danske initiativ med at gøre indenrigsflyvningen grøn bliver en succes, kan de anvendte og udviklede kompetencer selvsagt også bruges til at reducere udenrigsflyvningens klimapåvirkning – og her medvirke til at undgå både den direkte klimapåvirkning, og "flystribeeffecten". Det er denne effekt, som kan retfærdiggøre et projekt, hvor fortrængningsomkostningerne på kort er væsentligt højere end på andre områder. Hvis den grønne jetfuel bruges i udenrigsflyvningen, og "flystribe-effekten" tages med i nævneren, kan fortrængningsomkostningen pr tons sparet CO<sub>2</sub> på langt sigt komme ned under 1000 kr.

<sup>10</sup> [resource.html \(europa.eu\)](http://resource.html.europa.eu)

---

# HVAD VIL DET KOSTE AT REALISERE REGERINGENS MÅL OM GRØNT BRÆNDSTOF I INDENRIGSFLYVNINGEN?

---

Der er forskellige vurderinger af, hvad det vil koste at producere grøn jetfuel. Usikkerheden, eller uenighederne, dækker over flere forhold. Dette gælder både, når man skal vurdere den mest effektive proces på kort sigt, som formentlig vil anvende metan, jf. ovenfor, og når man skal lave elektrofuels med brint og CO<sub>2</sub>. En usikkerhed er således, at selv om de enkelte delprocesser er kendte, så er der endnu ingen, der har etableret et fuldt anlæg i større skala til produktion af grøn jetfuel. Normalt vil etablering af et stort produktionsanlæg reducere omkostningerne pr produceret enhed, men omfanget er usikkert.

En væsentlig usikkerhed ved de beskrevne planer er, om det vil være muligt at sælge overskudsvarmen til fjernvarmeselskaber. Det kræver både forhandlinger med fjernvarmeselskaber – og at de varmekilder, de skal erstatte, er afskrevet. Varmeforsyningsloven forbyder endvidere fjernvarmeselskaberne at betale mere for varmen end deres billigste alternativ. Men hvis det lykkes, vil Danmarks udbredte fjernvarmenet kunne bruges til en sektorkobling, som kan nedbringe de samlede omkostninger til PtX.

En anden vigtig usikkerhed er, hvilken elektrolyse-teknologi, der på sigt skal anvendes til processen. DTU antager, at 2040-50 -scenariet bygger på anvendelse af keramisk elektrolyse (en såkaldt SOEC-elektrolyse). Denne teknologi har en højere energieffektivitet end den teknologi, der anvendes i dag (den såkaldte alkaline-teknologi), men er ikke markedsmoden i dag, og bliver det næppe før efter 2030. Andre industrieksperter vurderer, at Alkaline-processen vil forblive den billigste, og at en industrialiseringsproces kan nedbringe især kapitalomkostningerne til elektrolysenalæggene mærkbart.

SDU-rapporten vurderer, at omkostningerne til bæredygtig jetfuel vil udgøre 6,40 kr pr liter på kort sigt og 5 kr pr liter i 2030. "Kort sigt", som i SDU-rapporten kaldes "2020-forudsætninger", er eksisterende teknologi, men 2030-forudsætningerne både indebærer skalerings- og læringseffekter, der gør produktionen billigere. Det er bl.a. også forudsat, at den producerede varme kan sælges til en pris i nærheden af de gennemsnitlige produktionsomkostninger for et dansk fjernvarmeværk.

Omkostningerne til en proces med ren elektrofuel vurderes i SDU-rapporten til 9,30 kr pr liter ved eksisterende teknologi og 5,5 kr i 2030.

Disse omkostningsskøn skal holdes op imod en produktionsomkostning på fossil jetfuel på ca 4,50 kr pr liter af fabrik i januar 2022-priser (alle brændstoffer er steget væsentligt i pris siden Ruslands krig mod Ukraine). Listepriisen på jetfuel i en dansk lufthavn er væsentligt højere og udgør i dag 10-11 kr pr liter. Forskellen udgøres af transportomkostninger, detailavance og afgifter. Flere studier viser i ø, at der kan være væsentlige forskelle – op til ca. 20 pct. - på detailprisen i store og små lufthavne.

**TABEL 1. OMKOSTNINGER VED OMSTILLING FRA FOSSILT TIL SINTETISK FLYBRÆNDSTOF**

Tidshorisont	Kort sigt	2030	2040-50
Kerosenforbrug til dansk indenrigsflyvning, målt i mio. liter	38		

liter/år:			
Omkostning, traditionel jetfuel, årligt	380 mio. kr.		
Meromkostning ved e-jetfuel, pr liter	Ca. 10 kr	7 kr	3-4 kr
Meromkostning pr år ved e-jetfuel, i alt <sup>11</sup>	Afhænger af andelen	200 mio. kr	100 mio. kr.
Antal indenrigspassagerer i 2019	1.770.000		
Meromkostning pr passager pr tur	230 kr	160 kr	80 kr
Meromkostning pr passager ved fortsat anvendelse af fossil jetfuel <sup>12</sup>		52 kr	52 kr
Fortrængningsomkostning pr tons CO <sub>2</sub> <sup>13</sup>	Over 4.000 kr	2.900 kr	1.450 kr

Kilde: Egne beregninger baseret på oplysninger i Energistyrelsens teknologikatalog og Luftfartens Klimapartnerskab

Andre kilder har imidlertid højere skøn for omkostningerne og tilsvarende mindre optimistiske skøn for hvor hurtigt, omkostningerne ved produktionen kan nedbringes. Vi har således valgt at lægge Klima-, Energi- og Forsyningsministeriets (KEFM) og Energistyrelsens skøn for omkostningerne – både i 2030 og på længere sigt – til grund. Det er disse skøn, der også ligger bag figur 1.

KEFM's skøn på produktionsomkostninger på 345 kr pr GJ kan "omsættes" til produktionsomkostninger på 11,70 kr pr liter – eller meromkostninger i forhold til fossil produktion af jetfuel på 7,20 kr pr liter (i forhold til omkostningen ved den fossile produktion på 4.50 kr).

På sigt vurderer KEFM produktionsomkostninger på 220 kr/GJ, som kan omsættes til 8,15 kr pr liter eller meromkostninger på 3,65 kr pr liter. Disse skøn er samlet i tabel 1.

Det kan tilføjes, at lige som det er svært at vurdere omkostningsudviklingen på længere sigt – og hvor langt, det lange sigt er – så er usikkerheden på kort sigt også stor, om end af andre grunde. Regeringen har således ikke meldt ud, om statsministerens mål for 2025 indebærer, at al flyvning på en udvalgt rute skal være grøn, eller om den enkelte passager kan vælge et betale for, at hendes andel af den samlede anvendte brændstofmængde er grøn.

Hvis mængderne af grønt brændstof er små, vil skaleringsfordelene endvidere være små, og så vil omkostningerne muligvis være endnu højere end vist i tabellen.

Som tabellen viser, vil der også være meromkostninger i forhold til i dag ved fortsat anvendelse af fossil jetfuel i takt med, at kvoteprisen i EU fortsat må formodes at stige, og luftfartens tildeling af gratisvoter ophører. Denne

<sup>11</sup> Det er her antaget, at brændstofforbruget frem mod 2030 falder med ca 26 pct. i ft. 2019-niveauet især som følge af bedre fly og et faldende passagertal i overensstemmelse med antagelserne i afrapporteringen fra Klimapartnerskabet for flyvning

<sup>12</sup> Der er her antaget en kvotepris fra 2030 på 1000 kr pr tons CO<sub>2</sub>e

<sup>13</sup> Som SDU-rapporten anfører, kunne disse skøn for fortrængningsomkostningerne reduceres med ca. 10 pct., hvis man tog højde for energiomkostningerne (og emissionerne forbundet hermed) ved udvinding af raffinering af traditionel, fossil jetfuel. Det har vi dog ikke gjort, idet man så også skulle medtage CO<sub>2</sub>-belastningen ved produktionen af vindmøller, solceller osv.

merpris vil dog kun udgøre ca. 50 kr. i 2030.

Hele den økonomiske usikkerhed betyder, sammen med den teknologiske usikkerhed, at det er en dårlig ide på nuværende tidspunkt at lægge sig fast på mål for 2025. Der vil være stor risiko for, at sådanne mål fordyrer et allerede dyrt projekt yderligere.

---

## SKALAPROBLEMET – SKAL PROJEKTET OM GRØN JETFUEL VÆRE LILLE ELLER STORT?

---

Et vigtigt spørgsmål i forbindelse med opgørelsen af omkostningerne er, hvilken skala en dansk produktion af grøn jetfuel skal have.

Industrikilder<sup>14</sup>, vi har talt med, vurderer, at et anlæg, der skal kunne foretage de processer, der er beskrevet ovenfor i afsnittet om Danmarks industrielle kompetencer, herunder vand-gas-skifte processer, Fischer-Tropsch og raffinering af jetfuel, vil indebære kapitalomkostninger på mindst 5 mia. kr, hvis anlæggene skal laves i en skala, der giver en effektiv produktion. Der er mao. betydelige stordriftsfordele, som betyder, at et lille anlæg vil have væsentligt højere kapitalomkostninger pr produceret liter grøn jetfuel – dvs. udgifter til forrentning og afskrivning på anlægget – end et større anlæg.

Hvis der skal laves et anlæg, der alene skal producere det forventede danske forbrug af jetfuel til indenrigsflyvning i 2030 – dvs. 22.000 tons, eller godt 27.000 liter – så vil denne mængde slet ikke kunne dækket kapitalomkostningerne på anlæggene. Et sådant anlæg vil således have samlede omkostninger, der er noget højere end de omkostningsskøn, der er vist i tabellen på forrige side.

Omkostningerne kan nedbringes, hvis anlæggene placeres i tilknytning til et eksisterende raffinaderi, som kan udbygges til formålet – hvilket i Danmark vil sige Crossbridges raffinaderi i Fredericia. Men selv en sådan løsning vil kræve betydelige nyinvesteringer på mindst 5 mia. kr.

Dette fundamentale problem rejser et dilemma. En mulighed er at skalere projektet op, så det også dækker hele, eller en del af, det samlede danske forbrug af jetfuel – dvs. inkl. udenrigsflyvningen. Problemet med denne løsning er, at de samlede samfundsøkonomiske omkostninger så bliver væsentligt højere.

En anden mulighed er at erkende, at en ren dansk løsning, hvor et mindre dansk anlæg skal producere grøn jetfuel til dansk anvendelse, ikke er økonomisk rentabel. Projektet bør derfor gennemføres i et samarbejde med udenlandske investorer, flyselskaber og virksomheder, der kan indgå i produktionens værdikæde. I en sådan model kan den grønne jetfuel også anvendes som iblanding i udenrigsflyvningen<sup>15</sup>. Men kan Danmark blive enige med andre lande om projektet? Danmark er et naturligt sted at lokalisere produktionen, især fordi vi har lokationer tæt på de store, kommende vindmølleparker i Nordsøen og i Østersøen – og samtidigt udbyggede fjernvarmesystemer, så vi let kan udnytte spildvarmen fra processerne. Man kan vi etablere et samarbejde med udenlandske aktører, hvis projektet lægges i Danmark?

---

<sup>14</sup> Det følgende er primært baseret på drøftelser med Kim Grøn, Group VP i Haldor Topsøe samt med Finn Bjørn Scousboe, adm. direktør for Crossbridge-raffinaderiet i Fredericia

<sup>15</sup> Herved kan Danmark imødekomme initiativet ReFuelAviation under Fit for 55, som indebærer 5 pct. iblanding i 2030.

## EN FLYAFGIFT VENDER DEN TUNGE ENDE OPAD

Et afgørende spørgsmål er, hvordan den grønne omstilling i flybranchen skal finansieres.

Luftfartens Klimapartnerskab foreslog i 2020 en løsning, hvor Danmark etablerer en klimafond for grøn flyvning med et bidrag fra alle indenrigs- og udenrigspassagerer. En sådan fond kunne modtage disse bidrag og anvende dem først på udviklingen af grøn jetfuel og efterfølgende på at dække meromkostningerne i ft fossil jetfuel.

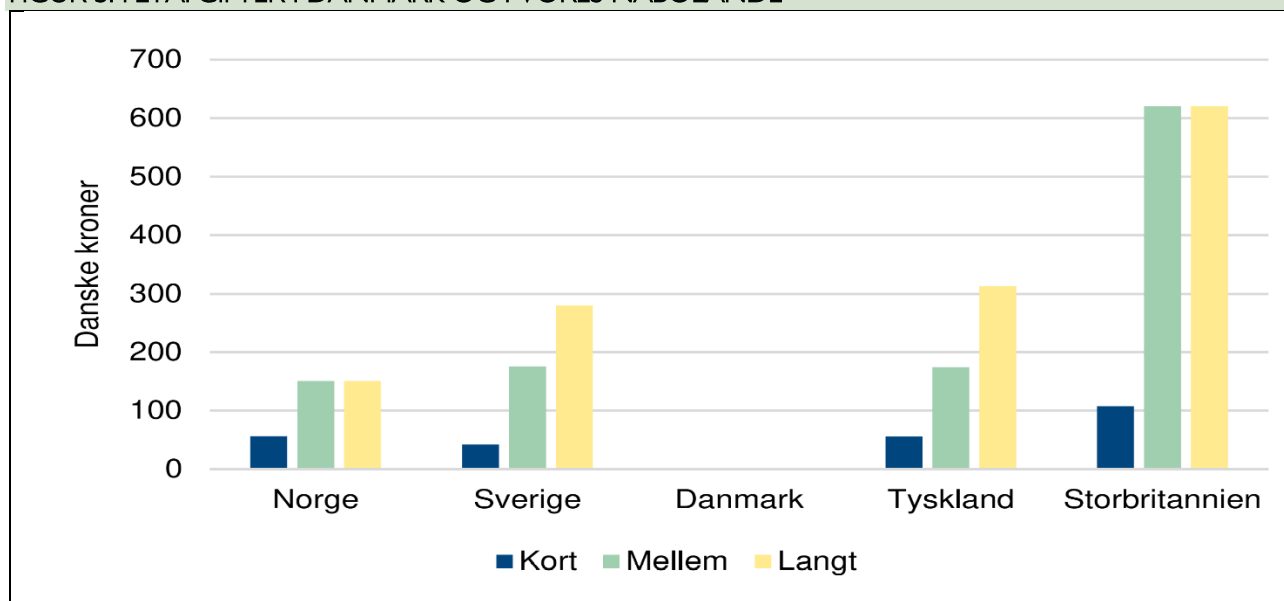
Det er rosværdigt, at luftfartbranchen selv er gået forrest og har fremlagt forslag til at blive grønne på et af de områder i hele økonomien, hvor det teknologisk set er sværest. Og med den meget vigtige tilføjelse, at branchen har peget på en model, hvor branchens egne kunder og ikke resten af samfundet skal betale for omstillingen.

Finansieringen kan blive afgørende for succes. Axcelfuture mener, i overensstemmelse med forslaget fra Luftfartens Klimapartnerskab), at vi bør gøre det i form af et innovationsbidrag, der lægges oveni alle flyrejser ud af Danmark som en fast afgift, der varierer med rejsens længde. Bidraget bør være midlertidigt og skal gå til fuldt og helt at finansiere udviklingen af grøn jetfuel. Afgiften bør endvidere ikke omfatte passagerer i transit. Afgiften kan bortfalde, når den teknologiske udvikling og udviklingen i kvoteprisen gør det muligt.

Innovationsbidraget bør lægges på al flyvning fra danske lufthavne, bortset fra udenlandske passagerer i transit – dvs. en betalingsstruktur, der svarer til den, alle Danmarks nabolande har i dag. Et innovationsbidrag på 50 kr for indenrigsflyvning, 150 kr for korte udenrigsruter og 250 for interkontinental flyvning vil give et provenu på ca. 2 mia. kr om året. Kun at gøre indenrigsflyvningen grøn vil koste ca. 200 mio kr om året, så et sådant bidrag vil også kunne finansiere en væsentlig iblanding af grøn jetfuel til udenrigsflyvning; det vil give mening, når EU får vedtaget den del af Fit for 55, der vedrører flytransport.

Man kan så spørge, om en flyafgift vil være en stor konkurrencebarriere for dansk luftfart, og hvem der i praksis kommer til at betale en sådan afgift? Dette spørgsmål er grundigt belyst af Klimarådet, jf. figur 5<sup>16</sup>.

FIGUR 5. FLYAFGIFTER I DANMARK OG I VORES NABOLANDE



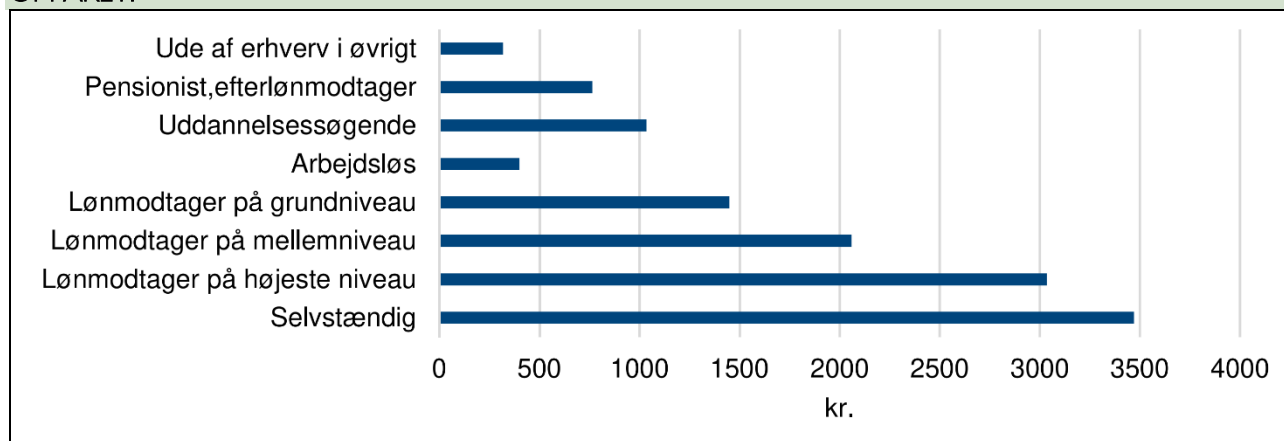
<sup>16</sup> Klimarådet, november 2019: Regulering af flysektoren

Kilde: Klimarådet, 2019

Som illustreret i figuren har alle Danmarks nabolande i dag en flyafgift, som afhænger af flyveturens længde. Erfaringen fra vores nabolande er endvidere, at afgiften har reduceret flyvningen med nogle få pct<sup>17</sup>.

Fordelingmæssigt vender flyafgifter endvidere "den tunge ende opad", jf. figur 6.

**FIGUR 6. UDGIFTER TIL FLYREJSER PR ÅR FOR FORSKELLIGE GRUPPER - FØR CORONAEN. KRONER OM ÅRET.**



Kilde: Klimarådet, 2019

## OPSAMLING: HVILKE INITIATIVER ER NØDVENDIGE FOR AT FREMME LUFTFARTENS GRØNNE OMSTILLING?

Afslutningsvist kan man spørge, hvilke skridt, regeringen af luftfartbranchen bør tage for at sætte gang i den grønne omstilling. De vigtigste fremgår af afrapporteringen fra Klimapartnerskabet for flyvning og fra Axcelfutures PtX-rapport fra november 2021<sup>18</sup>.

Som påpeget af klimapartnerskabet skal de regulatoriske rammer i såvel Danmark som i EU og internationalt være til stede. Det kræver internationale standarder for bæredygtigt jetfeul og ændrede regler for iblanding fra ASTM (American Standard for Testing and Materials).

Det er først og fremmest vigtigt at fremme F&U&I i elektrolyseteknologier. Den dominerende teknologi på området er i dag Alkaline-teknologien, som anvendes i de fleste demonstrationsanlæg, og hvor kapitalomkostningerne er lavest. Nogle mener, at SOEC-teknologien (Solid Oxygen Electrolysis Cell), eller på dansk keramisk elektrolyse, som har væsentligt højere kapitalomkostninger, men på den anden side en højere energieffektivitet, bliver den vindende teknologi. Der udestår imidlertid et væsentligt udviklingsarbejde, før denne

<sup>17</sup> Baseret på en priselasticitet mellem -0,3 og -1,0, jf. Deloitte og Kraka, 2020: Kan flyafgifter være med til at redde klimaet? En estimation af priselasticiteten på flyrejser fra Skandinavien.

<sup>18</sup> <https://axcelfuture.dk/s/Axcelfuture-En-ambitis-dansk-brint-og-PtX-strategi.pdf>

teknologi er fuldt markedsmoden og kan skaleres. Men andre vurderer, at der først og fremmest er behov for en industrialiseringsproces med mindre, gradvise forbedringer, der kan bringe omkostningerne ned – sådan som det er sket med vindmøllerne i de sidste årtier.

En yderligere vigtig forudsætning er et tilstrækkeligt udbud af grøn strøm – dvs. strøm fra vindmølle- og solcelleparker. I Energistyrelsens klimafremskrivning 2021 regnes der med en elimport på ca. 3 pct. af det danske forbrug i 2030. Senest er der i finanslovsaftalen fra december 2021 indgået aftale om yderligere havvind-parker svarende til 2 GW. Hvis denne kapacitet skal kunne anvendes til at producere grøn jetfuel i 2030 kræver det imidlertid, at kapaciteten er til stede flere år før 2030. Så det haster med at komme i gang.

En anden vigtig forudsætning er en hurtig afklaring af tarifferne for systemansvar og transmission på en måde, som tilgodeser PtX-produktionens særlige behov.

Men først og fremmest er det vigtigt at skabe opbakning og troværdighed om en langsigtet plan, så aktørerne også i de nærmest kommende år kan investere i udvikling og investeringer på området.

Vi vurderer, at den bedste løsning er at indgå et egentligt OPP-partnerskab mellem staten og alle de aktører, der kan medvirke til at gøre flyvningen grøn. Det omfatter Brancheforeningen Dansk Luftfart men kunne også omfatte andre aktører, herunder investorer.

Et sådant partnerskab kunne administrere en luftfarts-klimafond (som også foreslået af Luftfartens Klimapartnerskab) og kunne finansiere en række udviklingsaktiviteter, og hvor bidragene (i praksis i form af en afgift) kunne neddrøses i takt med, at kravene om iblanding eller anvendelse af grøn jetfuel steg. Partnerskabet kunne også stå for det innovative udbud, som vi vurderer er den bedste vej frem for at finde den bedste løsning.