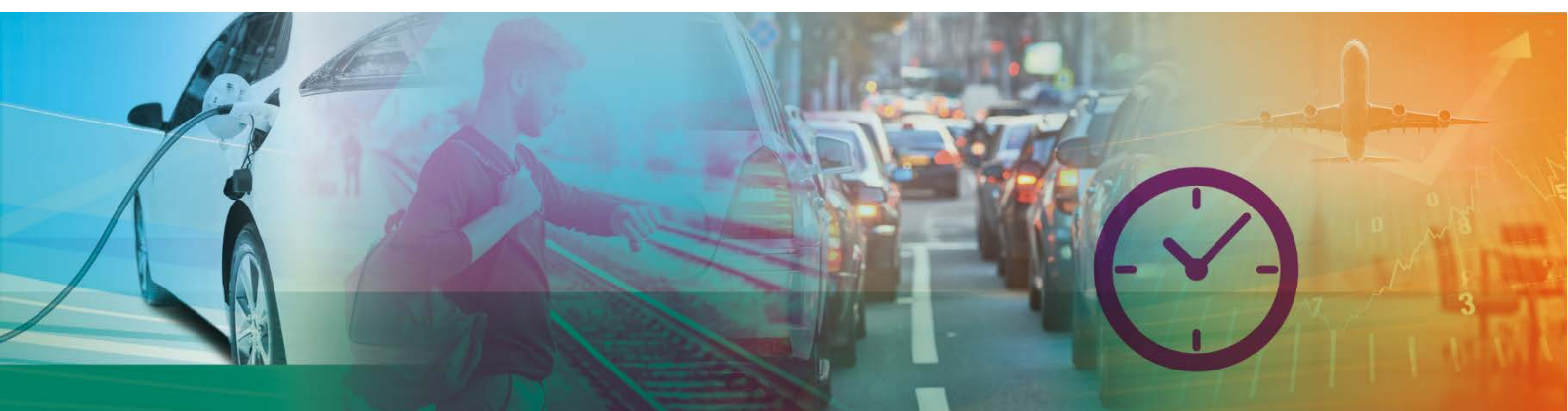




Transportøkonomisk institutt
Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

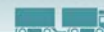
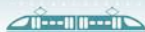


Fly til lavutslippssamfunnet

Kunnskapsgrunnlag om klimavennlig luftfart i Norge

Niels Buus Kristensen, Inga Margrete Ydersbond,
Jon Martin Denstadli, Harald Thune-Larsen

2073/2025



Tittel:	Fly til lavutslippssamfunnet : Kunnskapsgrunnlag om klimavennlig luftfart i Norge
Tittel engelsk:	Flights to the low-emission society : Knowledgebase for climate friendly aviation in Norway
Forfatter:	Niels Buus Kristensen, Inga Margrete Ydersbond, Jon Martin Denstadli, Harald Thune-Larsen
Dato:	12.2025
TØI-rapport:	2073/2025
Antall sider:	171
ISSN elektronisk:	2535-5104
ISBN elektronisk:	978-82-480-1738-7
Oppdragsgivers p.nr.:	SID 24/20180
Finansieringskilder:	Enova
TØIs p.nr.:	5571 – Enova grønn luftfart
Prosjektleder:	Niels Buus Kristensen
Kvalitetsansvarlig:	Kjell W. Johansen
Ferdigstilling:	Trude Kvalsvik
Fagfelt:	Samfunnsøkonomiske analyser
Emneord:	Luftfart, klima, grønn omstilling, teknologiutvikling, elfly, SAF

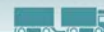
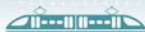
Kort sammendrag

Rapporten leverer et bredt kunnskapsgrunnlag for norsk luftfarts omstilling til lavutslippssamfunnet. Først kartlegges dagens reisemønstre med fly og luftfartens klimabelastning. Deretter analyseres potensialet for å nå markante utslippsreduksjoner gjennom: mindre reiseomfang med fly, bedre energieffektivitet for flyene og energibærere med lav eller ingen CO₂-utslipp. Hovedfokus er på potensialene og tidsperspektivene for omstilling til ulike lav- og null-utslippsteknologier og på barrierer i verdikjedene for implementering av disse teknologiene. Tre scenarier for norsk luftfarts CO₂-utslipp fram mot 2050 analyseres i forhold til de ulike teknologienes reduksjonsbidrag. Økt energieffektivitet og bruk av bærekraftig flydrivstoff ser ut til å bli de vesentligste faktorene. Avslutningsvis diskuterer rapporten perspektiver for Norge og norsk næringsliv ved satsing på grønn luftfartsteknologi.

Summary

This report delivers a broad knowledge base for aviation's transition to low emissions in Norway. Initially, current air travel patterns and emissions from Norwegian aviation are mapped. Subsequently, the potential for reaching significant emission reduction is looked at via three dimensions: Lesser air travel, better energy efficiency and energy carriers with low or zero emissions. Primary focus is on the potential and timeframe for transition to low- and zero-technologies, and on barriers in the value chains for implementation of these technologies. Three scenarios for CO₂-emissions toward 2050 from Norwegian aviation are analyzed with a view to the various technologies' contribution to reductions. Energy efficiency and sustainable aviation fuels appear to be the main factors. Finally, the perspectives for Norway and Norwegian industry to invest in green aviation technology is considered.

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndsamtynge fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [Åndsverklovens](#) bestemmelser.



Forord

Denne rapporten er produsert på oppdrag for Enova. Enova arbeider for Norges omstilling til lavutslippssamfunnet, hvor utslippene av klimagasser i 2050 må være tilnærmet null. Enovas virkemidler skal bidra til å bryte ned barrierer som hindrer at klimavennlig teknologi blir tatt i bruk, og på sikt bidra til varig markedsendring.

Luftfarten er sett på som en av de vanskeligste sektorene å omstille med store reduksjonskostnader per tonn CO₂. Enova har behov for å undersøke potensialet for utslippsreduksjoner i norsk luftfart frem mot 2050 for å vurdere virkemiddelutvikling i forhold til luftfartens bidrag til å nå lavutslippssamfunnet. På den bakgrunn har Enova bedt TØI om å ta fram et bredt kunnskapsgrunnlag om hva som skal til for å oppnå klimavennlig luftfart i fremtidens lavutslippssamfunn i Norge. Kunnskapsgrunnlaget vil inngå som del av underlaget for en bredere vurdering av Enovas virkemiddelbruk, og oppdragsgiver har ikke ønsket at rapporten kommer med forslag til tiltak og programmer med utgangspunkt i Enovas virksomhet.

For å levere et fullgodt beslutningsgrunnlag dekker rapporten et stort antall temaer som må tas i betraktning i en samlet vurdering av hvilke virkemidler som bør tas i bruk i omstillingen av luftfarten til lavutslippssamfunnet. Det omfatter dagens reisemønster med fly og mulighetene for å påvirke dette; status for luftfartens klimagassutslipp; teknologibehov og -potensial for ulike segmenter i luftfarten; ventet markeds- og teknologiutvikling fremover og barrierer for implementering av disse nye teknologiene, samt fortrinn og ulemper Norge har i utviklingen av klimavennlig luftfart.

Niels Buus Kristensen har vært TØI's prosjektleder. Han, Inga Margrete Ydersbond og Jon Martin Denstadli har utarbeidet rapporten. Harald Thune Larsen har bidratt med data-uttrekk og generell innsikt i norsk luftfart. Paal Brevik Wangsness har stått for kvalitetssikringen.

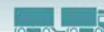
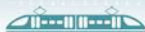
Takk til Arnt-Gunnar Lium, Børge Noddeland og Ane Hagen Kjørholt fra Enova for bra samarbeid og gode og grundige kommentarer til endelig rapportutkast. Videre takk til Avinor for å stille til samtale om SAF, for deling av egne dokumenter og presentasjoner fra SAF-konferansen 20. mai 2025, og for fotos til rapporten.

Arbeidet er utført fra januar til oktober 2025 og det har parallelt vært utviklet en ny versjon 2.0 av TØI's PACER-modell, som har vært benyttet til rapportens scenarioberegninger i kapittel 8.

Oslo, desember 2025
Transportøkonomisk institutt

Bjørne Grimsrud
Administrerende direktør

Kjell W. Johansen
Forskningssjef



Innhold

Sammendrag

Ordliste.....	i
1 Innledning.....	1
2 Kartlegging av flyreiser i, til og fra Norge.....	5
2.1 Trafikkutviklingen.....	6
2.2 Innenlands flytrafikk	7
2.3 Reiser til/fra Norge	10
2.4 Reisefrekvenser med fly.....	14
2.5 Hvem er de flyreisende?	18
3 Potensialet for CO₂-reduksjon gjennom lavere reiseaktivitet med fly.....	21
3.1 Holdninger til flyreiser og klima	22
3.2 Overflytning til mindre klimabelastende transportformer.....	26
3.3 Reiseetterspørselens følsomhet over for billettprisendringer	30
4 Dagens verdikjeder, aktører, teknologier og energibærere i Norge	33
4.1 Flyprodusenter.....	34
4.2 Flyselskaper.....	36
4.3 Lufthavner i Norge	43
4.4 Drivstoffleverandører i Norge.....	45
4.5 Infrastruktur for lav- og nullutslippsløsninger	46
4.6 Luftfartsmyndigheter	47
5 Norsk luftfarts energiforbruk og CO₂-utslipp – status og forventninger til framtiden	49
5.1 Status	50
5.2 Utviklingen i luftfartens CO ₂ -utslipp	51
5.3 CO ₂ -utslippenes fordeling på selskaper, lufthavner og rutelengder	53
6 Betydningen av ikke-CO₂- og oppstrøms- utslipp	57
6.1 Luftfartens ikke-CO ₂ -effekter.....	58
6.2 Oppstrømsutslipp fra fossilt flydrivstoff og bærekraftig flydrivstoff.....	64
7 Teknologiske muligheter og barrierer for implementering av nye, klimavennlige teknologier	70
7.1 Energieffektivitet	71
7.2 Bærekraftig flydrivstoff - SAF.....	76
7.3 Hydrogenfly med turbofanmotor	88
7.4 Elfly og ny luftmobilitet.....	91
7.5 Batterielektriske fly.....	92
7.6 Hydrogenelektriske fly	101
7.7 Hybride løsninger	105
7.8 Oversikt – veikart	108



8	Tre scenarier for luftfartens klimapåvirkning fram mot 2050	115
8.1	Forutsetninger for de tre scenariene	117
8.2	Resultater for de tre scenariene	121
8.3	Energiforbruk og elforsyning	125
9	Perspektiver for Norge og norsk næringsliv i klimavennlig luftfartsteknologi	128
9.1	Perspektiver for Norge i utviklingen av teknologien for grønn luftfart	129
9.2	Statlig støtte i tidlig utviklingsfase av nye teknologier	130
9.3	SAF-produksjon i Norge	133
9.4	Tidlig innføring av elfly i Norge	138
9.5	Avslutning og videre forskningsbehov	142
	Referanser	144
	Vedlegg A: Statistisk analyse av karakteristika for de flyreisende	160
	Vedlegg B: Avganger, seter og setekilometer fordelt på rutelengder	162
	Vedlegg C: Europeisk og norsk klimapolitikk i relasjon til luftfart	164
	Vedlegg D: Det reviderte fornybardirektivets (RED II) Annex IX (dansk version).....	169
	Vedlegg E: Oversikt over norske lufthavner med kommersielle ruter	171

Fly til lavutslippssamfunnet

Kunnskapsgrunnlag om klimavennlig luftfart i Norge

TØI rapport 2073/2025 • Forfattere: Niels Buus Kristensen, Inga Margrete Ydersbond, Jon Martin Denstadli, Harald Thune-Larsen • Oslo 2025 • 171 sider

Rapporten leverer et bredt kunnskapsgrunnlag for norsk luftfarts omstilling til lavutslippssamfunnet. Først kartlegges dagens reiseomnster med fly og luftfartens klimabelastning. Både reiser og CO₂-utslipp har økt betydelig over de seneste årtiene, men forretningsreisene har stagnert og for innlandsreiser ser vi et fald de siste ti årene. Deretter analyseres potensialet for å nå markante utslippsreduksjoner gjennom: mindre reiseomfang med fly, bedre energieffektivitet for flyene og energibærere med lav eller ingen CO₂-utslipp. Bedre energieffektivitet forventes å kunne motvirke veksten i flytrafikken, så klimabelastningen uten andre tiltak ville bli noenlunde uendret de neste tiårene. For bærekraftig flydrivstoff, hydrogen- og elfly ulike lav- og null-utslippsteknologier er hovedfokus på potensialene og tidsperspektivene for omstilling og på barrierer i verdikjedene for implementering av disse teknologiene. Tre scenarier for norsk luftfarts CO₂-utslipp fram mot 2050 analyseres i forhold til de ulike teknologienes reduksjonsbidrag. Økt energieffektivitet og bruk av bærekraftig flydrivstoff ser ut til å bli de vesentligste faktorene. Avslutningsvis diskuteres perspektiver for Norge og norsk næringsliv ved satsing på grønn luftfartsteknologi.

Luftfarten er særlig viktig for mobiliteten i et land som Norge på grunn av store avstander, spredt bosetning, samt en topografi preget av fjell og fjorder. Ofte tar andre reisemåter enn å fly uforholdsmessig lang tid. Norges beliggenhet i utkanten av Europa gjør det ofte for dyrt og tidkrevende å bruke andre reisemåter for å komme seg til det meste av Europa.

Fly er ikke nødvendigvis mindre energieffektivt enn andre transportformer. Det store problemet er paradoksalt nok også det store fortrinnet: Flyet er så raskt at vi foretar mange og meget lange reiser, som ville ha vært uaktuelle hvis vi bare hadde bil, tog eller skip. På få timer kan vi komme til det meste av verden, men det bruker samtidig enorme mengder fossil energi sammenliknet med det energiforbruket vi har i hverdagen. I et klimaperspektiv er den store utfordringen at flyreiser bruker store mengder drivstoff, som i dag stort sett bare er fossil energi og at det har vært vanskelig å finne gode og kostnadseffektive alternativer.

En betingelse for at vi kan fortsette med å fly er at luftfartens utslipp reduseres betraktelig. Regjeringen har dette som mål. I Nasjonal luftfartstrategi, *Bærekraftig og sikker luftfart*, er det overordnede klimamålet for innenlands luftfart at den skal omstilles i tråd med nasjonale og internasjonale klimamål.

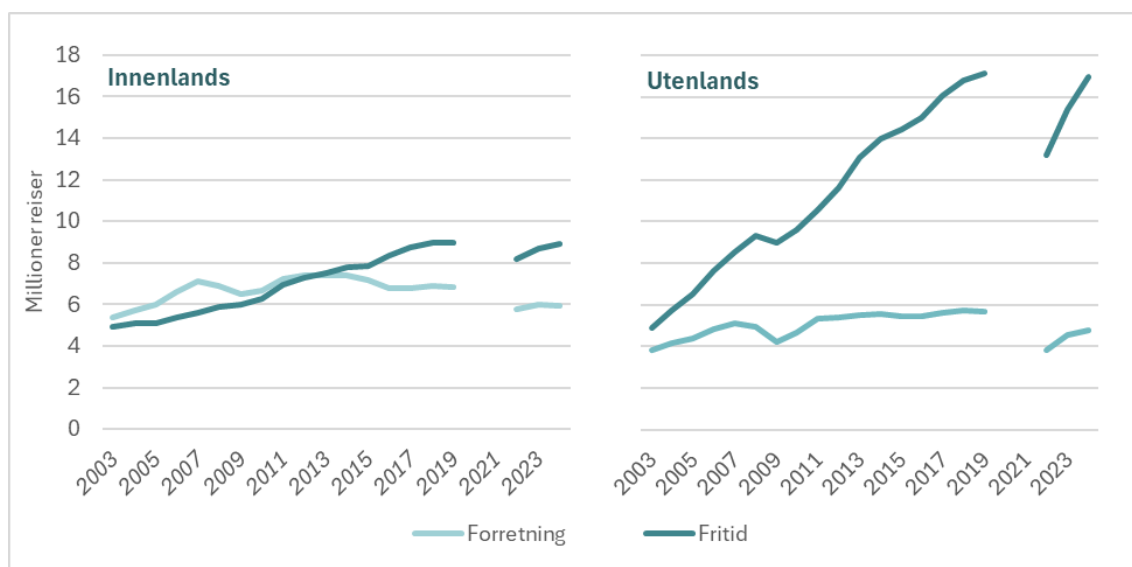
Denne rapporten gir et bredt kunnskapsgrunnlag for hvordan luftfarten kan bli mer klimavennlig som del av Norges omstilling til lavutslippssamfunnet. For å forstå hvilke muligheter Norge har for å fremme en langsiktig utvikling mot klimavennlig luftfart er det viktig å få solid innsikt i en rekke ulike temaer:

- Reiseaktiviteten med fly internt i, og til og fra Norge samt mulighetene for å påvirke den.
- Verdikjedene og aktørene i norsk luftfart som skal implementere omstillingen.
- Luftfartens energiforbruk og klimabelastning med fordeling på ulike segmenter og forventet utvikling, for å identifisere de områdene som bidrar mest til klimabelastningen.
- Reduksjonspotensial og modenhet for de relevante klimavennlige teknologiene, herunder identifisering av teknologiske, økonomiske og andre barrierer for videre utvikling, godkjenning og full-skala implementering.
- Forskjellige tiltaks virkninger og effektivitet på kort og lang sikt med henblikk på og å finne best mulige løsninger for Norge og håndtere barrierene for implementering.

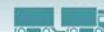
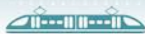
Kartlegging av disse temaene gir til sammen en oversikt, hvor ulike aktører kan bidra til teknologiutviklingen og omstillingen. Særlig kan kartleggingen danne grunnlag for å identifisere hvor det kan være behov for målrettet innovasjonsstøtte og hvor det er mere generelle politiske virkemidler som reguleringer, skatter eller avgifter som utvikler eller legger rammer for markedet en forutsetning for at nye, klimavennlige løsninger kan få fotfeste på markedet.

Flyreiser i, til og fra Norge

Luftfarten er en sektor som har ekspandert voldsomt i de seneste fire årtiene. Fortsetter veksten framover, vil det forsterke utfordringen med at luftfarten skal bidra til å nå de norske klimamålene. Reisene fra norske lufthavner økte med gjennomsnittlig nesten 4 % per år bare avbrutt av økonomiske kriser og et markant fall under Covid-19-pandemien. Siden årtusenskiftet har veksten vært klart størst for utenlandsreisene, hvor det i 2024 var seks ganger så mange reiser som i 1984.

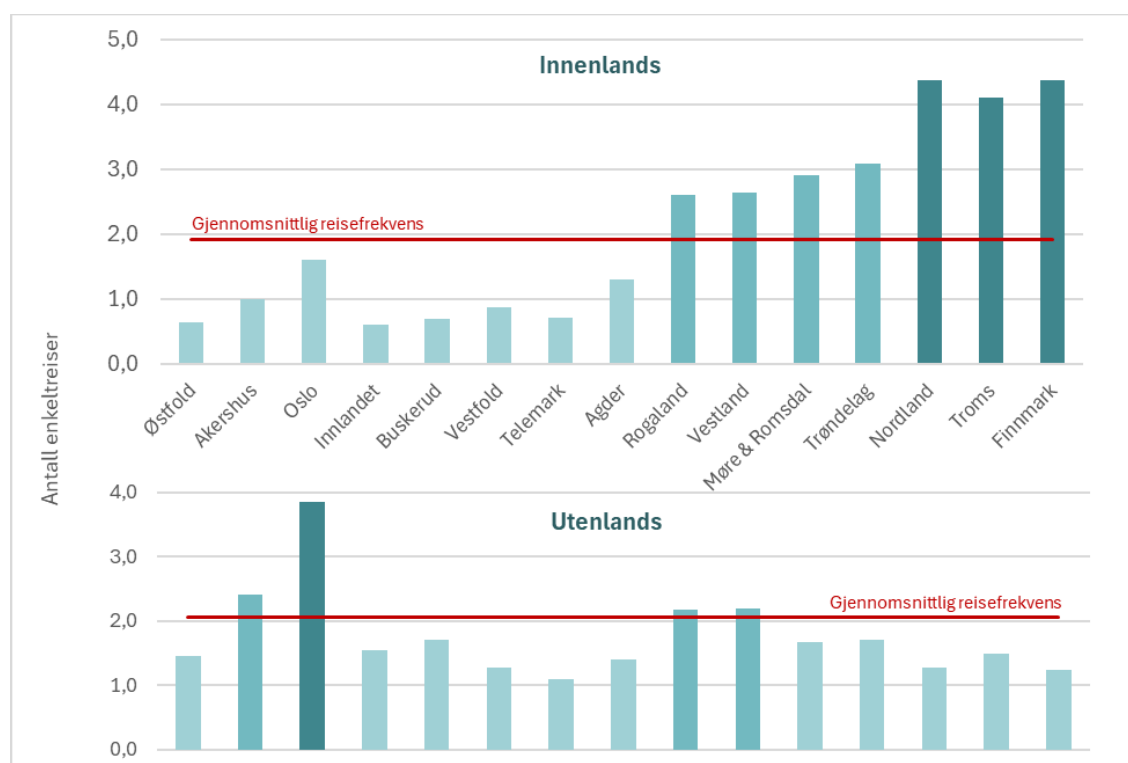


Figur S.1: Innenlands- og utenlandsreiser fra norske lufthavner 2003 – 2024. Oppdelt på fritids- og forretningsreiser.



De seneste ti årene har fritidsreisene økt både for innenlands og utenlands, og det skyldes især feriereisene. De utenlandske forretningsreiser har ligget stabilt inntil pandemien og innenlands har det blitt litt færre forretningsreiser. Både innenlands og til utlandet har forretningsreisene bare delvis tatt igjen fallet under pandemien. Etter pandemien har forretningstrafikken bare delvis hentet seg inn igjen til nivået i 2019. Når det fortsatt har vært vekst i innenlandsreisene er det hovedsakelig fordi flere bosatte i utlandet kommer til Norge og også reiser internt i Norge med fly.

Geografisk sett er to tredjedeler av innlandsreisene internt i Sør-Norge, men man er mer avhengig av flyet i Nord-Norge. Figur S.2 viser at her er reisefrekvensen innenlands mer enn dobbelt høy som gjennomsnittet. Omvendt er det de som bor i og rundt de store byene som reiser mest til utlandet og markant mest i Oslo. Gjennomsnittlig reisefrekvens innenlands er nesten to reiser, svarende til én returreise per år og bare litt større for utenlandsreiser.



Figur S.2: Reisefrekvenser per år innenlands og utenlands for bosatte i Norge i 2024.

De yrkesaktive aldersgruppene er de som har flest flyreiser, men den har vært avtagende de siste ti årene. Men for de som er under 35 har reisefrekvensen vært jevnt økende, når vi ser bort fra pandemien. Undersøkelsene viser også at man reiser mer med fly jo lengre utdannelse og jo høyere inntekt man har, og også hvis man ikke har hjemmeboende barn.

Vil vi reise mindre med fly av klimahensyn?

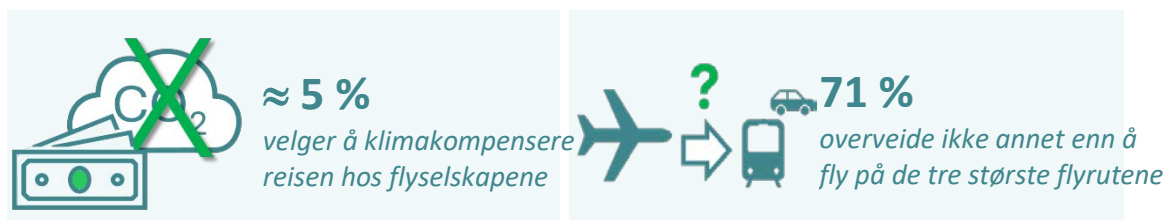
Med tanke på at reiseaktiviteten med fly ser ut til å fortsette å øke framover, er det relevant å se på i hvilken grad det er flyreiser som vi er villige å droppe eller flytte til mer klimavennlige transportformer. Med tanke på hvordan vi av klimahensyn eventuelt kan påvirke veksten i flytrafikken er det også interessant å se nærmere på hva som avgjør om og hvor mye vi flyr.



Ifølge den felleseuropeiske undersøkelsen *European Social Survey* er 36 % av nordmenn over 18 år 'veldig' eller 'ekstremt' bekymret for klimaendringene. Dette resultatet er midt i spennet blant de 22 landene som deltok i undersøkelsen. I 2018 dukket begrepet "flyskam" opp, og Aasen mfl. (2023) konkluderte med at personlige normer knyttet til å redusere klimagassutslipp fra flyreiser er i endring, men at det så langt bare har begrenset effekt på faktisk atferd. I en undersøkelse fra Norsk Monitor i 2023 oppga 16 % miljø-/**klimabekymringer** som årsak, mens det var 29 % (overlappende) som nevnte økonomiske forhold som en barriere som gjør at man ikke flyr eller flyr mindre enn hva man ellers ville gjort.



I en spørreundersøkelse på nett om nordmenns ferie- og fritidsreiser med fly til utlandet sa rundt halvparten av befolkningen (uforpliktende) at de godtar **flyavgifter**, spesielt hvis de som flyr lengst betaler mest (TØI 1634/2018). Litt flere sier at de ville fly mindre hvis prisen ble fordoblet. Derimot har frivillige ordninger begrenset effekt, da bare noen få prosent benytter flyselskapenes ulike muligheter for å klimakompensere flyreisen. Internasjonal forskning peker imidlertid på at det er et potensial for å øke andelen, hvis andre deltar og "deler byrden".



På reiser som er lengre enn 800-1000 km ser man stort sett ikke noen alternativer til å fly i Norge i praksis. Men rutene mellom Oslo og de tre andre av de fire største byene, Bergen, Trondheim og Stavanger er alle rundt 500 km med bil. Rundt to ut av tre reisende mellom disse byene tar fly, og de utgjør 45 % av alle innenrikspassasjerer. Av disse er det bare litt mer enn hver fjerde som i reisevaneundersøkelsen sier at de overveide alternative transportformer, da oftest tog. Det var flest som overveide alternativer blant fritidsreisende og de under 30 år, og kvinner i høyere grad enn menn enn kvinner. De med høy inntekt overveide alternativer i mindre grad enn resten.

En ting er hva man sier man vil gjøre, noe annet er kanskje hva man gjør i praksis, når prisene på flyreiser endrer seg. Empiriske studier av faktisk atferd bekrefter at man reiser mindre når billettprisen blir høyere. Basert på litteraturen vurderes det at reiseaktiviteten på norske ruter typisk faller mellom 4 % og 8 %, når prisen øker med 10%. Det betyr at **priselastisiteten** er mellom -0,4 og -0,8. Korte reiser og fritidsreiser er mest prisfølsomme.

Tabell S.1: PACER-modellens priselastisiteter, oppdelt på segment og på fritids- og forretningsreiser.

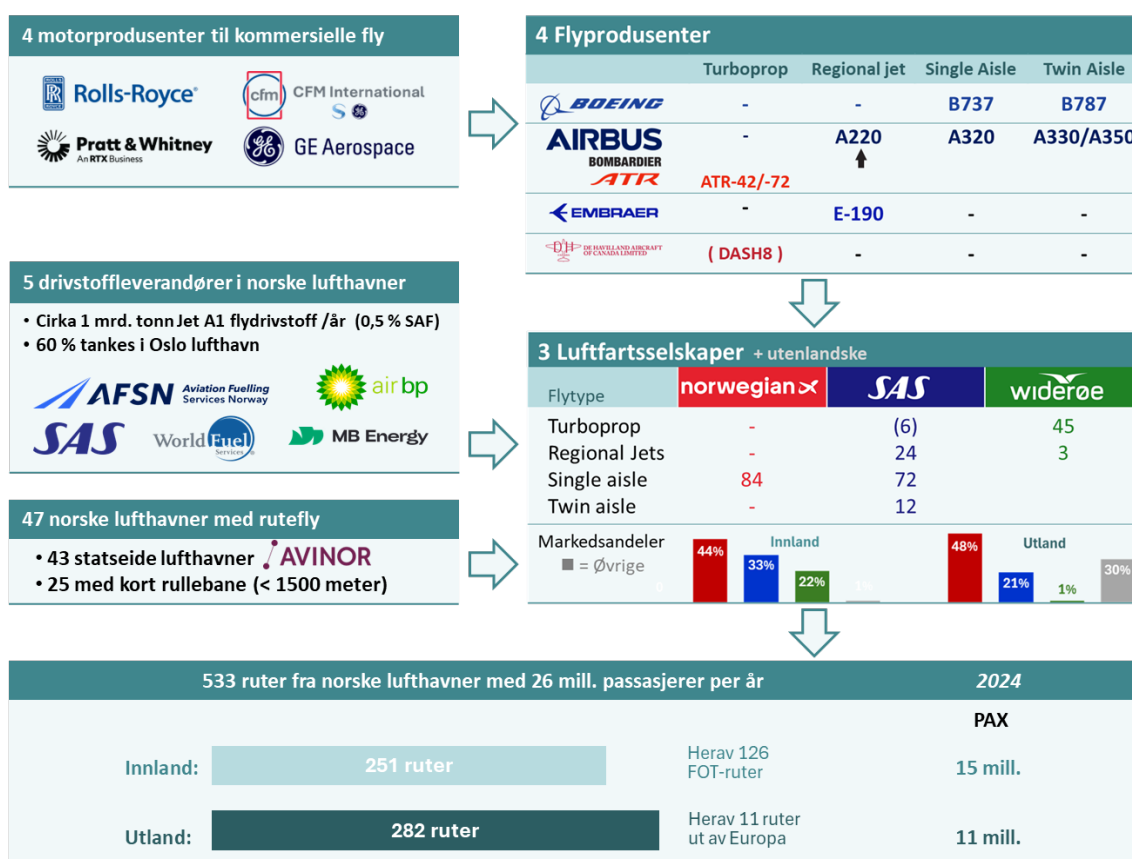
Rutesegment	Priselastisitet		Alle reiser (vektet)	Hvis billettprisen øker med 10 % faller etterspørselen etter flyreiser med mellom 4 % og 8 %
	Fritidsreiser	Forretningsreiser		
Total (vektet)	-0,75	-0,56	-0,71	
Nasjonale reiser	-0,8	-0,6	-0,76	
Europeiske reiser	-0,7	-0,5	-0,66	
Interkontinentale reiser	-0,6	-0,4	-0,56	

Kilde: Tabell 3.6.

Endringene i etterspørselen gir ikke direkte anledning til en tilsvarende reduksjon i antallet av avganger for de enkelte rutene. Samlet sett, for et rutesegment med mange ruter, er det likevel rimelig å anta at gjennomsnittlig antall avganger etter hvert vil endre seg, prosentvis svarende til endringene i passasjertallet.

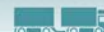
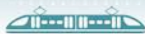
Norsk luftfart fra et verdikjedeperspektiv

Figur S.3 gir en oversikt over norsk luftfart fra et verdikjedeperspektiv.



Figur S.3: Oversikt over norsk luftfart i et verdikjedeperspektiv.

Flyprodusentene har sammen med motorprodusentene en avgjørende rolle å spille gjennom utviklingen av nye fly som løpende har blitt mer energieffektive. 'Single aisle' jetflyet med 3+3 seter på tvers er "arbeidshesten" i dagens luftfart. Denne flytypen produseres bare av Airbus og Boeing. Disse er også de eneste produsentene de større 'twin aisle' jetflyene som stort sett bare benyttes på lange avstander, f.eks. interkontinentalt. På korte avstander og på ruter med



få passasjerer benyttes også mindre 'turboprop' eller 'regional jets'. Embraer og Bombardier har tradisjonelt vært hoved-produsentene av regional jets, men denne delen av Bombardier ble i 2018 overtatt av Airbus, som i dag produserer Bombardiens nyeste regional jet som A220. I motsetning til bilindustrien er motorproduksjonen ikke vertikalt integrert i flyprodusentene, som derfor anvender flymotorer fra ulike **motorprodusenter** avhengig av hva som er optimalt i det konkrete tilfellet.

Med rundt 250 innenlandsruter har Norge eksepsjonelt mange **flyruter** i forhold størrelse og befolkning. Halvparten av disse er såkalte FOT-ruter, som har få passasjerer og derfor må drives med statsstøtte. Landet har 47 **lufthavner** med rutetrafikk, hvorav 43 eies og drives av det statlige selskapet Avinor. Halvparten av lufthavnene er sentrale deler av transportinfrastrukturen i det tynt befolkede Nord-Norge. Halvparten av lufthavnene har kortere rullebane enn hva som er standard. Det stiller særlige krav de flyene, da de må ha STOL-egenskaper ('Short Takeoff and Landing'). Det er i dag de minste av Widerøes DASH-8-fly som betjener disse lufthavnene. Disse flyene er av eldre dato og trenger utskifting i løpet av de neste ti årene. Det kan vise seg å bli en utfordring da det i dag ikke produseres nye STOL-fly som kan erstatte DASH-8-flyene en-til-en.

Innenlandsmarkedet domineres av de tre **flyselskapene** Norwegian, SAS og Widerøe, som også har 70 % av passasjerene på de 280 utenlandsrutene. SAS har en flyflåte som dekker alle de fire flytypene, fra små turboprop til langdistanse twin aisle fly. Norwegian har fokusert flåten på bare én type, nemlig Boeings single aisle B737. Widerøe, som i 2023 ble en del av Norwegian, opererer stort bare i Norge, med turboprop og noen få regional jets.

Både Norwegian og SAS forventer å ha gjennomført en full flåtefornyelse til mer energieffektive fly i 2030. For Widerøe vanskeliggjøres flåtefornyelse av at det i dag (2025) ikke produseres fly som en-til-en kan erstatte de nåværende eldre turboprop-flyene.

Det er fem **leverandører av flydrivstoff** på det norske markedet. De leverer alle til Oslo lufthavn, hvor 60 % av drivstoffet leveres. Ytterligere 15 % leveres til de tre nest største lufthavnene, i Bergen, Stavanger og Trondheim. På det fleste andre flyplasser er det bare én leverandør, i noen tilfeller som sameid datterselskap av to leverandører. De 0,5 % bærekraftig drivstoff (SAF), som er innblandingskravet i Norge, importeres i dag fra utlandet. Blir elfly en realitet, vil det på sikt skje en vesentlig utbygging av kraftinfrastrukturen til og i lufthavnene.

Reguleringen av luftfarten har en viktig rolle av sikkerhetshensyn. Sikkerhetskravene er i hovedtrekk standardisert internasjonalt i regi av ICAO globalt og EASA i Europa, med en begrenset selvstendig rolle for norske luftfartsmyndigheter.

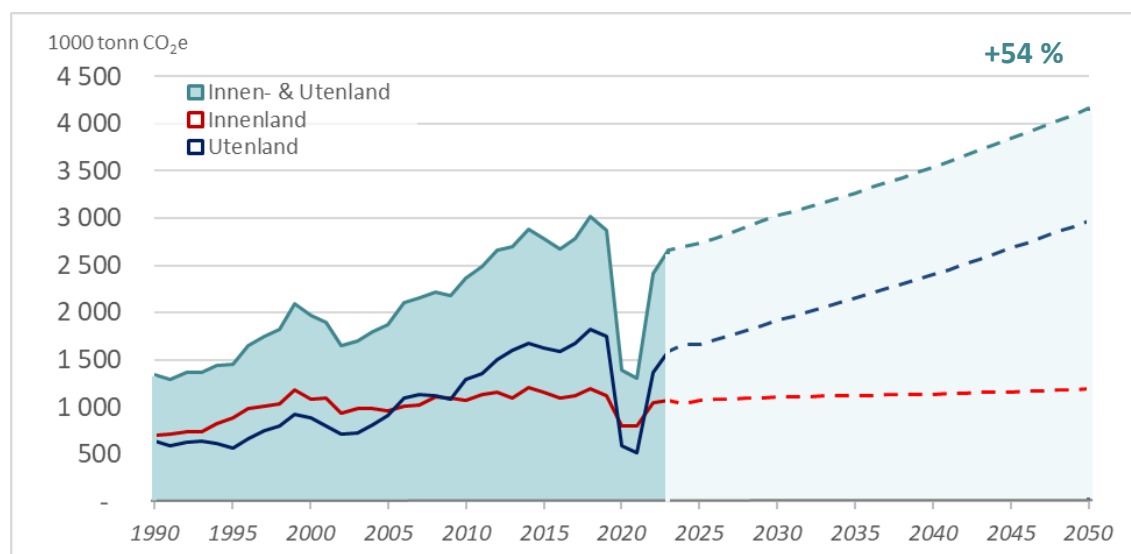
CO₂-utslipp fra norsk luftfart – utvikling og fordeling

Flyreiseaktivitetens utvikling de siste tiårene gir seg utslag i energiforbruk og CO₂-utslipp fra norsk luftfart, og den sannsynlige veksten i reiseaktiviteten framover vil gjøre det vanskeligere å nå regjeringens mål om å redusere luftfartens utslipp betraktelig for å bli et lavutslipps-samfunn innen 2050.

Luftfartens klimabelastning er hovedsakelig knyttet til flymotorens forbrenning av drivstoff, som i dag stort sett bare er basert på fossil olje. CO₂-utslippene fra sivil innenlands luftfart var 1,1 mill. tonn i 2023, tilsvarende cirka 3 % av Norges territoriale utslipp. I tillegg kommer utslipp fra flyvninger til utlandet på 1,6 mill. tonn CO₂, og fra forsvarets fly på 0,1 mill. tonn CO₂. De i alt 2,8 mill. tonn CO₂ tilsvarer 875 000 tonn flydrivstoff.

Den **historiske utviklingen** i CO₂-utslippene fra luftfarten og framskrivning til 2050 er vist i figur S.4. Utslippene er fordoblet siden 1990. Veksten har vært drevet av økt reiseaktivitet, men dempet av en markant økning i energieffektiviteten per passasjerkilometer. Siden

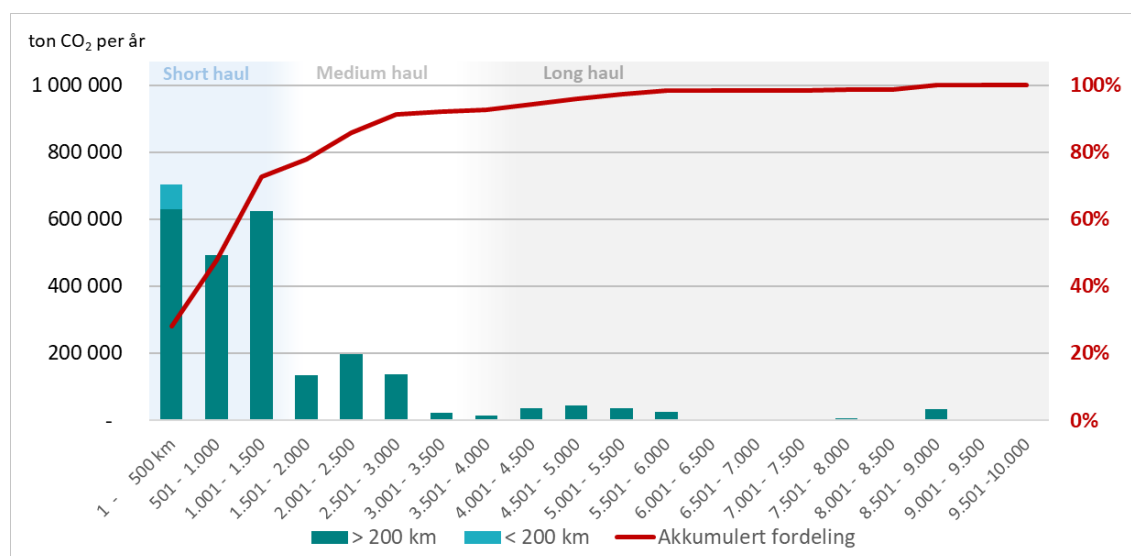
årtusenskiiftet har innenlandstrafikken stagnert, så veksten har vært konsentrert i utenlands-
trafikken. Disse tendensene forventes å fortsette framover, så framskrivninger gir mer enn 50 %
økt CO₂-utslipp i 2050 sammenliknet med i dag, hvis det forutsettes uendret energieffektivitet.



Figur S.4: Klimagassutslipp fra sivil flytrafikk i og fra Norge 1990-2023.

Kilde: Historiske tall fra SSB levert av Avinor og prognoser med PACER-modellen.

De fem største av de 47 lufthavnene stod for 84 % av CO₂-utslippene, med 55 % alene fra Oslo lufthavn. De lange rutene går helt overveiende fra disse lufthavnene. Fordelingen av rutefly-
enes samlede CO₂-utslipp på **rutelengder** er vist i figur S.5. Oslo–Longyearbyen er med cirka 2
000 km lengste innenlandsrute, ellers går alle ruter over 1500 km til utlandet. Disse rutene står
for 25 % av utslippet. De lengste rutene har et høyt CO₂-utslipp per reise, men de utgjør en
liten del av alle avganger for rutefly. Derfor er de bare ansvarlig for en mindre andel av samlet
CO₂-utslipp. Omvendt er det mange avganger på de 110 rutene som er kortere enn 200 km,
men de utgjør bare 3 % av samlede CO₂-utslipp, nettopp fordi de er korte.



Figur S.5: CO₂-utslipp fra ruteflyvninger fra norske lufthavner i 2024 fordelt på rutelengder.

Kilde: PACER-modellen. Emisjonene fra de enkelte rutene er basert på [ICAO Carbon Emissions Calculator](#).

CO₂-intensiteten for alle ruter er gjennomsnittlig cirka 80 gram per setekilometer, og størst for de korte rutene. For de lengste rutene er CO₂-intensiteten bare halvparten av gjennomsnittet, og noenlunde tilsvarende bensin- og dieselbiler.

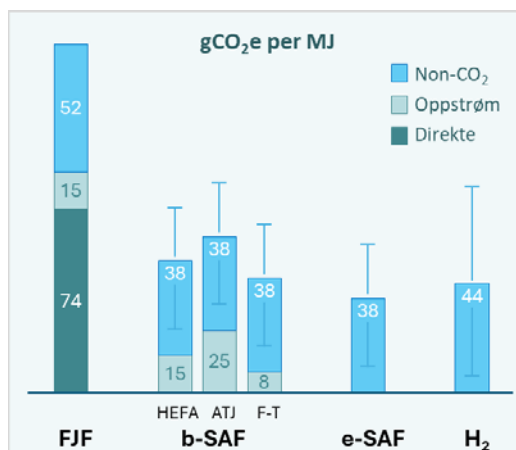
Oppstrømsutslipp og ikke-CO₂ effekter er betydelige

Utslipet av CO₂ fra forbrenningen av fossil energi gir overordnet sett det vesentligste bidraget til transportsektorens klimapåvirkning. Men for luftfarten er ikke-CO₂-effekter og oppstrømsutslipp fra produksjonen av drivstoff to andre betydelige bidrag, som må tas inn i en helhetlig vurdering av luftfartens klimabelastning.

Oppstrømsutslippene fra fossilt flydrivstoff varierer avhengig av hvor det er produsert, men det kan gjennomsnittlig regnes som et tillegg på ca. 20 % av CO₂-utslippet fra forbrenningen. Produksjonen av biobaserte SAF innebærer også oppstrømsutslipp, som er forskjellig for de ulike typene biodrivstoff. For HEFA, som forventes å være det primære SAF de kommende årene, er oppstrømsutslippene av samme størrelse som for fossilt flydrivstoff. De SAF-typene som forventes å ta over fram mot 2050, for eksempel Fischer-Tropsch (F-T), vil ha lavere oppstrømsutslipp. For e-SAF og grønt hydrogen, hvor energien kommer fra fornybar strøm, er oppstrømsutslippene markant lavere enn for fossilt flydrivstoff og biobasert SAF.

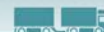
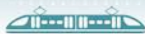
Ikke-CO₂-effektene er beheftet med stor usikkerhet. Disse utslippene er ganske kortlivede sammenliknet med CO₂, men det er ikke tvil om at oppvarmningseffekten er betydelig. Basert på best tilgjengelige viten tilsvarer ikke-CO₂-effektene fra fossilt flydrivstoff et tillegg på 70 % i forhold til den direkte CO₂-effekten. Dette er regnet som akkumulert oppvarmningseffekt på 100 års sikt (GWP₁₀₀), og gjelder som gjennomsnitt for all luftfart. Det er usikkert hvordan bruk av SAF vil påvirke ikke-CO₂-effektene, men antakelig blir de en del mindre. Aamaas mfl. (2025) antar en reduksjon på 25 % for e-SAF, og 15 % for hydrogen.

Figur S.4 gir en sammenliknende oversikt over oppstrømsutslipp og ikke-CO₂-effekter for fossilt flydrivstoff, ulike typer av b-SAF, e-SAF og grønt hydrogen (H₂). Alle effekter er omregnet til CO₂-ekvivalenter per energienhet (gram CO₂e per MJ). De loddrette lyseblå strekene angir usikkerhetsintervallet på ikke-CO₂-effektene. I tillegg er det meget stor usikkerhet rundt ikke-CO₂-effekten fra fossilt flydrivstoff, som ikke er illustrert i figuren. Det ses av figuren at oppvarmningseffekten fra bruken av fossilt flydrivstoff nesten fordobles når ikke-CO₂ og oppstrømseffekter medregnes, med forbehold om den meget store usikkerheten på estimatet for ikke-CO₂ effektene. Videre framgår det at det vil være betydelige oppvarmningseffekter fra ikke-CO₂-utslipp, selv om fossilt flydrivstoff erstattes av ulike former for SAF. Disse effektene er det imidlertid også mulig å redusere.



Figur S.4 Klimabelastning fra flydrivstoff. gCO₂e per MJ (GWP₁₀₀). Kilder: Se kapittel 6.

Det viktigste ikke-CO₂-bidraget kommer fra varige **kondensstriper** fra vandndamp i eksosen. Variasjonen av denne effekten er meget stor på tvers av de enkelte flyvninger, fordi slike kondensstriper bare dannes i stor høyde og under spesifikke atmosfæriske forhold. Bare én av 5-6 flyvninger danner oppvarmende kondensstriper, og 3 % står for 80 % av den samlede oppvarmings-effekten. Det dreier seg især om lange flyvninger og fly om natten, hvor luften er typisk er kaldere.



Kondensstripen reduseres hvis det er færre partikler i flymotorenes eksos. Dette kan skje ved å senke flydrivstoffets innhold av aromater og svovel, med en mindre kostnadsøkning. Tilsvarende effekter kan oppnås ved å erstatte fossilt flydrivstoff med SAF. Batterielektriske fly er utslippsfrie, og vil derfor helt fjerne kondensstripen. En alternativ strategi er å forsøke å unngå å fly i de områdene hvor kondensstripen dannes. Det krever utvikling av mer presise modeller for å forutsi i realtid hvor disse områdene er.

De teknologiske reduksjonsmulighetene fram mot 2050

Reduksjon av luftfartens CO₂-utslipp kan prinsipielt bare skje gjennom tre forskjellige effekter:

- i. *Redusere mengden av lufttransport*, målt i passasjerkilometer (eller tonnkilometer): Dette kan for de kortere reisene oppnås ved å skifte til andre transportformer, men for de lengre reisene hovedsakelig ved å begrense reiseaktiviteten eller velge nærmere destinasjoner.
- ii. *Forbedre energieffektiviteten*: Dette kan oppnås gjennom bedre kapasitetsutnyttelse eller optimering av flyrutene, men først og fremst gjennom å benytte fly som har lavere energiforbruk per sete, enten ved et skifte mellom eksisterende flytyper, eller gjennom teknologiutvikling av fly og motorer, som av kostnadshensyn best iverksettes i takt med at flyene skiftes ut.
- iii. *Lavere CO₂-intensitet i energiforbruket*: Dette kan oppnås ved å erstatte fossilt flydrivstoff med bærekraftig flydrivstoff (SAF), eller ved å utvikle helt nye flytyper som bruker andre energibærere med lavere klimaavtrykk. Med den viten vi har i dag vil det i praksis dreie seg om elektrisitet eller hydrogen¹, som må produseres fra fornybar energi for å være bærekraftig.

Mulighetene for å påvirke reiseaktiviteten (i) er beskrevet ovenfor. Potensialet for bedre energieffektivitet (ii) kan ikke ta luftfarten hele veien, men kan gi et betydelig bidrag og redusere kostnadene ved å omstille til dyrere drivstoffer med lavere utslipp. Lavere CO₂-intensitet (iii) er den helt nødvendige veien mot utslippskutt av den størrelsesordenen som vil kreves fram mot 2050.

Energieffektivisering

Utvikling av energiforbruket per flyreise vil påvirkes av forbedringer i energieffektiviteten av nye fly på to måter:

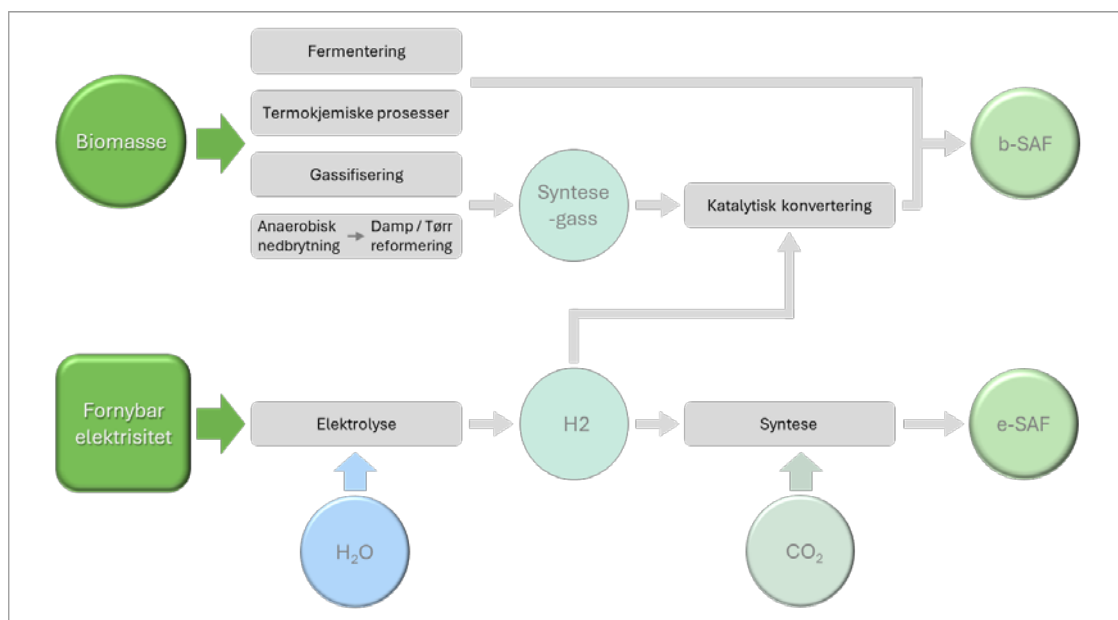
- Utskifting av eldre flytyper med de tilsvarende *nyeste generasjoner* av fly. Både Norwegian og SAS er som beskrevet i avsnitt 4.2.2 i gang med flåtefornyelser. Viktigste bidrag kommer fra nye motorer. Sammenliknet med forrige, sparer nyeste generasjon av single aisle fly cirka 16 % av forbruket av flydrivstoff per reise.
- Utvikling av *neste generasjoner* av fly. Selv de nyeste av dagens fly må forventes å bli utskiftet innen 2050 med mer energieffektive fly som ennå ikke er på markedet. Airbus og Boeing utvikler nå neste generasjon single-aisle fly. Airbus' ambisjon er å ha neste generasjon fly på markedet rundt 2040, med 25 % forbedret energieffektivitet sammenliknet med nyeste generasjon i dag.

¹ I teorien kan brenselceller også benyttes for eksempel fra metanol til å produsere strøm til motorene i elfly.

- I tillegg kan 'air traffic management' og operasjonelle tiltak formodentlig gi ca. 10% ekstra energieffektivisering per flyvning. Det europeiske SESAR-prosjektet ('Single European Sky ATM Research') forventes å gi en stor del av denne effektiviseringen.

Innblanding av bærekraftig flydrivstoff – SAF

En hovedstrategi for å oppnå lavere CO₂-intensitet i energiforbruket er å erstatte fossilt flydrivstoff med bærekraftig flydrivstoff (SAF). EU har i 2023 vedtatt forordningen ReFuelEU Aviation, som fastlegger gradvis økende innblandingskrav for SAF. Kravet skal gradvis økes fra 2 % i 2025, til 70 % i 2050. ReFuelEU Aviation definerer SAF som drivstoff som kan innblandes i og brukes på samme måte som vanlig fossilt flydrivstoff, og som oppfyller kravene til råstoff og klimagassreduksjon i EUs Energidirektiv EU-2023/2413 (RED III). Det skilles ofte mellom to hovedtyper av alternative drivstoff, avhengig av om energien er biomasse-basert (**b-SAF**), hvor energiinnholdet stammer fra plantenes utnyttelse av solenergi gjennom fotosyntese, eller kommer fra strøm (**e-SAF**) basert på fornybare energikilder som sol, vind eller vannkraft. Denne oppdelingen er illustrert i figur S.5, som illustrerer produksjonsstiene for disse to typene bærekraftig flydrivstoff.



Figur S.5: Oversikt over SAF-produksjonsruter basert på biomasse (b-SAF) og fornybar elektrisitet (e-SAF)
Kilde: Inspirert av [DNV\(2021\)](#).

De typer bærekraftige flydrivstoff som til nå er sertifisert, er godkjent for opptil 50 % innblanding i vanlig, fossilt flydrivstoff. Begrensningen skyldes at SAF har et meget lavt innhold av aromater, noe som trengs for å smøre gummipakninger i drivstoffsystemet på eldre fly. Fremover vil imidlertid alle nye fly kunne bruke 100 % bærekraftig drivstoff.

Produksjon av b-SAF

Bare HEFA-prosessen, som er basert på brukt matolje og fettavfall, er i dag kommersielt moden. Det er begrensede ressurser til å oppskalere denne produksjonsveien, så andre prosesser basert på restprodukter fra landbruk og skogsbruk vil være de primære, når innblandingen i henhold til ReFuelEU Aviation økes til 70 % i 2050.

EUs Impact Assessment studie i forkant av ReFuelEU Aviation vurderte at innblandingskravet ikke ville bli begrenset av tilgjengelighet av biomasse. I et globalt perspektiv er utfordringen med tilgjengelighet av biomasse kanskje større, fordi mange land har betydelig mindre tilgang

til biomasse enn Europa. Utfasing av fossil energi for å nå CO₂-nøytralitet betyr at det globale behovet for biomasse sannsynligvis vil øke på lang sikt. Denne usikkerhet rundt den samlede globale tilgjengeligheten av råstoff har ført til fokus på andre produksjonsmetoder for flytende drivstoff som ikke trenger biomasse som det primære råstoffet.

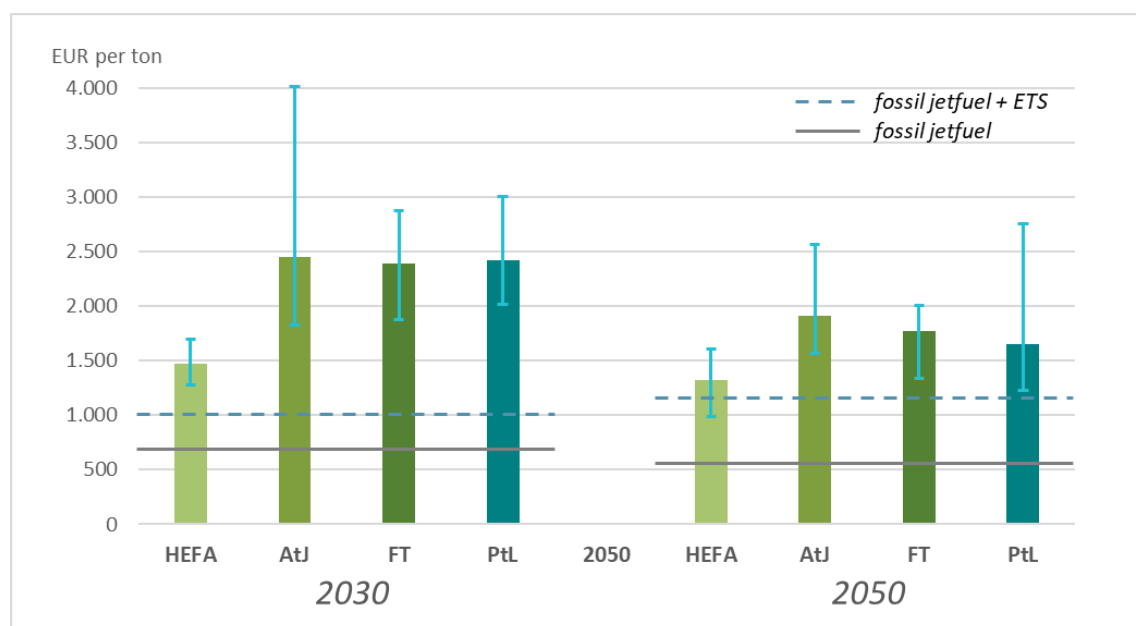
Produksjon av e-SAF

Et alternativ til biomasse som energiråstoff er å produsere energiråstoffet hydrogen (H₂) fra vann gjennom hydrolyse, hvor energien i stedet kommer fra fornybar strøm. Et flytende, syntetisk drivstoff kan da produseres ved å kombinere hydrogen med CO₂. Denne type av produksjonsprosesser kalles på engelsk ofte for 'power-to-liquid' (PtL), 'electrofuel' og 'e-fuel', i det følgende bruker vi betegnelsen e-SAF, når produktet er syntetisk flydrivstoff som skal erstatte fossilt flydrivstoff. Ifølge ReFuelEU Aviation skal en del av det innblandede SAF være e-SAF. Denne andelen øker fra ca. 1,2 % av samlet drivstoffmengde i 2030, til 35 % i 2050.

SAF forventes også på sikt å være dyrere enn fossilt flydrivstoff

Både b-SAF og e-SAF har vesentlige ulemper: For b-SAF er det som nevnt at biomassen forventes å bli en globalt knapp ressurs, som i framtiden også vil bli etterspurt for mange andre formål. For e-SAF er en betydelig utfordring, både teknisk og økonomisk, at man må tilføre karbon som fås ved å fange CO₂. Produksjonskostnadene for SAF er i dag flere ganger så høye som prisen på fossilt flydrivstoff, men kostnadene forventes å kunne reduseres over tid. Anslag over framtidige priser på nye drivstoffer er i sin natur meget usikre.

Figur S-6 viser vurderte framtidige produksjonskostnadene for tre typer b-SAF (HEFA, AtJ, FT) samt e-SAF (PtL) i 2030 og 2050. Vurderingene er basert på rapporten *Destination 2050* (2025). Til sammenlikning er også vist forventet framtidig pris på fossilt flydrivstoff med og uten framskrevne priser på fossilt flydrivstoff og ETS-kvoter.

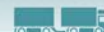
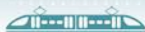


Figur S.6: Forventede produksjonskostnader med usikkerhetsintervaller for SAF-hovedtyper i 2030 og 2050.

Kilde: A4E et al.(2025): *Destination 2050 - A Route to net zero European aviation*, s. 95.

Anmerking: Fossilt jetfuel og ETS-kvoter er basert på Announced Pledges Scenario fra IEA(2024b).

HEFA ('Hydroprocessed Esters and Fatty Acids'), AtJ (Alcohol-to-Jet), FT (Fischer-Tropsch) og PtL ('Power-to-Liquid') (se avsnitt 7.2.2 og 7.3).



Det fremgår av figuren at HEFA har lavest kostnader, både i 2030 og 2050. HEFA kan imidlertid, som nevnt, ikke oppskaleres til å imøtekomme innblandingskravet på grunn av begrensede mengder råstoff fra brukt matolje og liknende. Kostnadsreduksjonen fra 2030 til 2050 er samtidig også minst for HEFA, som er den mest modne teknologien, og størst for PtL (e-SAF). Usikkerheten er også størst for e-SAF (PtL), blant annet på grunn av stor usikkerhet om teknolog utvikling og kostnader for karbonfangst.

Et vektet gjennomsnitt av prisen for de fire SAF-typene vil ligge på cirka 1700 EUR per tonn i både 2030 og 2050. Både i 2030 og 2050 vil SAF-kostnadene være mer enn dobbelt så høye som prisen på fossilt flydrivstoff. Selv hvis vi tillegger fossilt flydrivstoff forventet ETS-kvotepreis, vil SAF stadig være cirka 500 EUR dyrere per tonn enn fossilt flydrivstoff. Merprisen tilsvarer en CO₂-avgift på cirka 1 900 NOK per tonn CO₂ i tillegg til den antatte ETS-kvotepreisen. Til sammenligning har den norske regjeringen annonsert at en gradvis opptrapping av CO₂-avgiften til 2000 NOK per tonn CO₂ i 2020-prisnivå inkludert ETS-kvotepreisen frem mot 2030 er det viktigste virkemiddelet for å redusere klimagassutslippene fra transportsektoren (NTP 2025-2036 s. 79).

Hydrogen får antakelig begrenset betydning før 2050

Hydrogen kan bli et alternativ til SAF. Fordelen er at man ikke trenger karbon og derfor kan hydrogen produseres billigere enn flytende e-SAF. Hydrogen krever en omfattende utviklingsinnsats i forhold til lagring ombord, motorer og drivstofftilførsel, samt investering i logistikk på bakken.

I 2020 og årene etter la EU-kommisjonen fram en omfattende satsing på hydrogen som en viktig del av omstillingen for å nå klimamålene. I denne konteksten lanserte Airbus i september 2020 det store ZEROe-programmet. Det ambisiøse målet var å utvikle helt nye design av kommersielle hydrogenfly, med sertifisering innen 2035. I februar 2025 meldte imidlertid Airbus' ledelse at denne prosessen kunne bli fem til ti år forsinket.

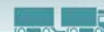
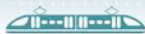
Status per høsten 2025 er at ingen av de store flyprodusentene har planer om å ha hydrogenfly med forbrenningsmotor klar på denne siden av 2050. Airbus har valgt å fokusere på brenselceller og elektrisk framdrift i utviklingen til et fly tilsvarende dagens regionale jets (se nedenfor). Fram mot 2050 blir elektrifisering derfor sannsynligvis det reelle alternativet til dagens turbofan- og turboprop-teknologier med SAF-innblanding.

Elfly har potensial på kortere avstander med begrenset trafikk

Elektrifisering av luftfarten er en radikalt annerledes inngang til omstillingen, altså å erstatte en fremdriftsteknologi (forbrenningsmotorer) med en annen fremdriftsteknologi (elmotorer), med bruk av fornybar strøm som energibærer. Elektrisk framdrift er mer energieffektiv enn fremdrift med forbrenningsmotorer. For at elektrifisering for alvor skal gi en klimafordel, må strømmen imidlertid være fossilfri, det vil si produseres fra kjernekraft eller fornybar strøm. Dette harmonerer bra med at kraftproduksjonen uansett må fase ut fossil energi.

Elektrifisering innebærer elektromotorer til framdrift, men energilagringen kan skje på flere måter:

- i. *Batterielektriske fly* med lagring av elektrisk energi i batterier og bruk av elektromotorer,
- ii. *Hydrogen-elektriske fly* med lagring av energi via en hydrogentank og konvertering til strøm ved bruk av brenselcelle, eller
- iii. *hybride løsninger* som kan innebære å bruke hydrogen og batteri til energilagring, og bruke både konvensjonelle jetmotorer og elektromotorer.



For alle fly med elmotorer kan det være en teknisk utfordring at cruisehastighet antakelig blir lavere enn turbofan-fly. Dette kan være en konkurransemessig svakhet, spesielt på lengre avstander.

Batterielektriske fly har den store fordelene at energitapet ved konvertering fra strøm til hydro-gen og tilbake igjen, unngås. Selv om energitettheten har økt voldsomt over de seneste tiårene, er batterienes vekt imidlertid en utfordring. En rekke mindre elfly med opptil 9 passasjerer er kommet langt i utviklingen, og en del selskaper planlegger sertifisering før 2030. Alle har en operasjonell rekkevidde på under 500 km. En del av disse er fly med loddrett avgang og landing (eVTOLs). Her satser man hovedsakelig på ny luftmobilitet, dvs. kortere strekninger internt i større byområder eller regionalt.

For å kompensere for batterielektriske flys begrensede rekkevidde utvikles **hybride løsninger**, hvor batteri kombineres med SAF og forbrenningsmotorer, som da kan være mindre og optimeres til effektnivåer svarende til cruise-delen. Det gir mulighet for både flere passasjerer og lengre strekninger (i en avveining), og dermed større anvendelsesområde.

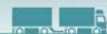
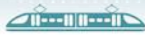
Skal man unngå karbonbasert energi, og samtidig oppnå rekkevidder som tilsvarer en betydelig del av luftfartens energiforbruk, er **hydrogenelektriske** fly antakelig løsningen på denne siden av 2050. Med elektrisk framdrift vil cruisehastighet antakelig bli lavere enn for turbofan-fly. Tilsvarende som for batterielektriske fly kan dette utgjøre en konkurransemessig svakhet, spesielt på lengre avstander. I tråd med dette satser utviklere av hydrogenelektriske fly, inklusiv Airbus, i første omgang på rekkevidder på opp til ca. 1000 nm (= 1852 km). Produsentens mål er å ha et fly med under 100 seter (tilsvarende 'Regional jets') klart i starten av 2040-tallet.

Teknologienes reduksjonspotensial og tidsperspektiv

På bakgrunn av ovenstående vurderinger kan vi anslå CO₂-reduksjonspotensialet fram mot 2050, for de teknologiene som kan erstatte dagens bruk av fossilt flydrivstoff. Fokus er på reduksjonspotensialet i norsk luftfart. Vi tar utgangspunkt i dagens ruter og passasjertall, og forutsetter at teknologiene bare vil være tilgjengelige når, eller hvis, det blir et globalt marked.

I forhold til de rutene som betjenes i dag er den teknisk oppnåelige kombinasjonen av rekkevidde, hastighet og setekapasitet sentral for de nye teknologienes markedspotensialer fram mot 2050:

- **Rekkevidden** gir fysiske begrensninger på hvilke ruter flyet kan betjene uten stopp. Potensialet er imidlertid ikke bare én-til-en i forhold til de ruter som er kortere enn rekkevidden. Lengre rekkevidde gir også større fleksibilitet, da et fly typisk skal kunne betjene flere ruter. Dette ser vi også i dag, hvor noen flyruter som i dag betjenes av single-aisle fly uten problemer kunne betjenes med regional jets. For eksempel har Norwegian valgt bare å operere med B-737, da det gir et forenklet og fleksibelt driftsopplegg, selv om noen ruter i en isolert betraktning antakelig kunne betjenes med lavere kostnader med regional jets.
- **Hastigheten** i cruise gir ikke *tekniske* begrensninger på antallet ruter som kan betjenes, men lavere hastighet gir ulemper for passasjerene i form av lengre reisetid. På kortere avstander er denne ulempen mindre vesentlig, fordi cruisetiden er en begrenset del av den samlede flyreisen og en enda mindre andel av samlet reise, når det tas høyde for tid til, fra og i lufthavnene. For lange avstander har cruisetiden derimot stor betydning. Derfor benyttes turboprop-fly som regel ikke på lengre avstander enn opptil noen hundre kilometer, fordi de har lavere cruisehastighet enn fly med turbofanmotor. Lavere hastighet gir også høyere driftskostnader per setekilometer. Det gjelder både for kapitalkostnader til flyet, og lønnskostnader til personalet om bord. Denne



kostnadsøkningen har også større betydning på lange avstander. Det er således i operasjonell bruk, og ikke teknisk, at hastigheten begrenser rekkevidden.

- **Setekapasiteten** vil også være begrensende for potensialet på ruter med et visst passasjergrunnlag. Hvis passasjergrunnlaget er stort nok, foretrekker flyoperatørene single-aisle jets fram for regional jets og turboprop-fly, fordi den høyere setekapasitet samlet sett gir storskalafordeler som senker kostnadene per setekilometer. På ruter med lavt passasjergrunnlag, hvor kapasitetsutnyttelsen på single-aisle-fly blir lav, vil bruk av større fly gi høyere kostnader per passasjer. I et ikke avgrenset mellomintervall vil de lavere kostnader per passasjer for store fly helt eller delvis motvirkes av at et flyselskap med mindre fly kan tilby en mer attraktiv ruteplan med hyppigere avganger.. For ruter med høyt passasjergrunnlag, hvor det også med større fly er mange avganger per dag, mister denne fordelene ved mindre fly betydning.

Nye teknologier har også potensialer som rekker ut over dagens ruter. Nye, små eldrevne fly med kort rekkevidde kan gi mulighet for å etablere ny luftmobilitet. Det kan enten være på nye ruter med lavt passasjergrunnlag eller internt i store byområder med eVTOL. Disse typer ruter kan teknisk sett også betjenes i dag med henholdsvis små konvensjonelle fly eller helikoptre. Potensialet for nye ruter vil derfor avhenge av at de nye løsningene samlet er mer kostnads-effektive enn dagens flytyper, som forutsetning for at luftfartsselskapene kan tilby et lønnsomt operasjonelt opplegg som passasjerene vil benytte i tilstrekkelig omfang. På det tidlige stadiet av modenhet, som disse teknologiene har i dag, er det vanskelig å vurdere om dette er et realistisk scenario.

Oversikt - veikart

Figur S.7 nedenfor forsøker å gi en grafisk oversikt over denne rapportens vurdering av potensial for anvendelse og tidsperspektiv for markedsinnfasing av de ulike teknologiene for klimavennlig luftfart i Norge fram mot 2050. Et overblikk må skje på bekostning av de kapitlets detaljerte overveielser. Derfor har figuren en hovedinndeling basert på de tre aktuelle energibærerne: SAF, hydrogen eller batterier. Hver energibærer er videre delt i to kategorier. For hybride løsninger fokuseres her på SAF som rekkeviddeforlengning av batterielektriske fly.

- **SAF:** Opptil 100 % innblanding vil være mulig i framtiden. Uansett om det er snakk om **b-SAF** eller **e-SAF**, vil det ikke være begrensninger på hvilke ruter denne teknologien kan anvendes på. Markedsandelen for SAF, og fordeling mellom b-SAF og e-SAF, vil derfor primært bli et avhenge av produksjonskostnader sammenliknet med fossilt flydrivstoff, inklusive avgifter og kvotepris. I tillegg må politisk fastsatte innblandingskrav tas i betraktning².
- **Hydrogen:** Legges Airbus sin nåværende plan til grunn, ser utsiktene for større passasjerfly sannsynligvis slik ut:
 - Hydrogen med **brenselceller og elmotor** kommer tidligst i drift mellom 2040 og 2045
 - Hydrogen i **forbrenningsmotor** blir tidligst operasjonelt rundt eller etter 2050.

De første hydrogenelektriske flyene forventes ikke å kunne dekke lange distanser (opptil 1800 km) og vil ikke være optimale for ruter med stort passasjergrunnlag, på

² Fra flyselskapenes perspektiv er sertifisert b-SAF og e-SAF perfekte substitutter. Da ReFuelEU Aviation har delkrav om innblanding e-SAF, som ikke kan oppfylles av b-SAF, kan det skape et prisgap, så markedsprisen for e-SAF kan bli høyere enn for b-SAF, men ikke omvendt.

grunn av lav kapasitet (opptil 100 seter) sammenliknet med dagens single-aisle fly. Airbus har ikke offisielt satt mål for cruisehastighet, men tilsvarende dagens turboprop fly er nok mest realistisk.

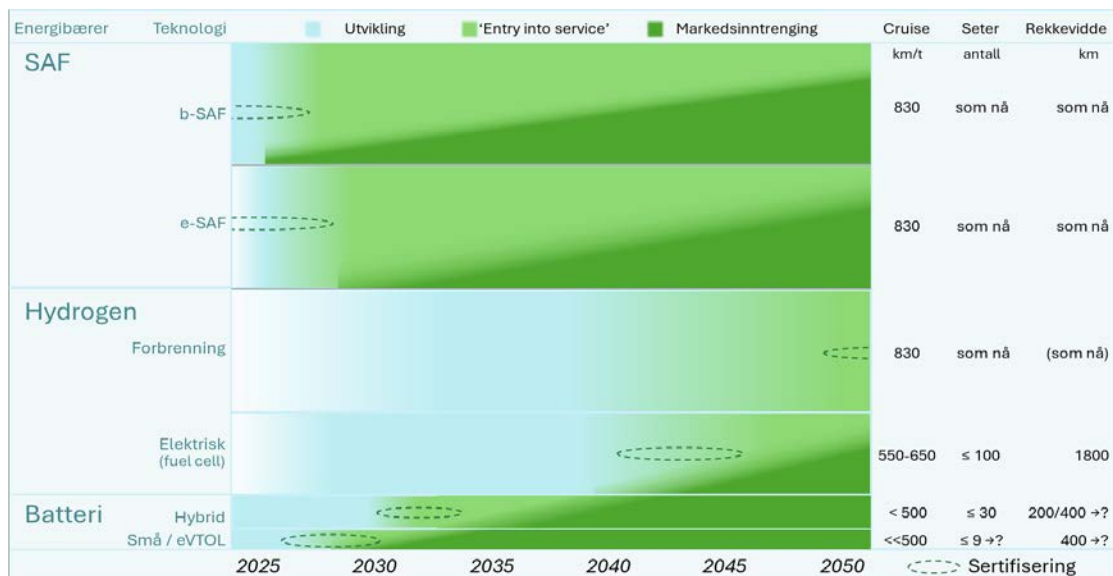
- **Batteri:** Batterienes vekt setter begrensninger på rekkevidden:
 - De elflyene som utvikles for å kunne ta en del av markedet for dagens kommersielle fly, designes derfor i første omgang som **hybridfly**, hvor rekkevidden forlenges med konvensjonell drivstoffbasert teknologi.
 - Rene batterielektriske fly som utvikles nå blir i første omgang **små fly** (opptil 9 seter) med meget begrenset rekkevidde³, inklusiv **eVTOLs**, som primært rettes mot 'urban air mobility'.

da størstedelen av luftfartens energiforbruk – og dermed utslipp – er på lengre avstander vil det samlede potensial for å fortrenge fossilt flydrivstoff derfor være begrenset for både batteri- og hybridelektriske fly. Det er altså på de kortere rutene at potensialet målt som andel av markedet er størst. Her vil cruisehastigheten antakelig bli lavere enn for dagens turboprop, fordi avveining mellom motorvekt og energitap ved høyere hastighet vil være en kritisk faktor.

Figuren viser tidslinjer for disse seks teknologiene med følgende fargekoder:

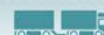
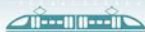
- **Lyseblå** viser utviklingsfase, med en stiplet sirkel som indikere sannsynlig tidspunkt for første sertifiseringer.
- **Grønn** viser når teknologien forventes å kunne være i operasjonell bruk ('entry into service').
- **Mørk grønn** andel (vertikalt) indikerer markedsinntrengning i det segmentet der teknologien vurderes å ha potensial på denne siden av 2050.
- Stiplet grønn ellipse [<- - - - ->] indikerer når de første flyene forventes sertifisert.

Den gradvise overgangen mellom fargene skal illustrere at det er usikkert om og når teknologiene er klare, og hvor hurtig de da vil gå inn i flyflåten.



Figur S.7: Oversikt over dennes rapportens vurdering av potensial og markedsinnfasing av de ulike teknologiene for klimavennlig luftfart i Norge fram mot 2050.

³ Elysian er her et unntak, men dette flyet er i ganske tidlig fase av utvikling.



I figuren er radene for b-SAF, e-SAF og hydrogen-forbrenning like brede. Dette skal illustrere at disse teknologiene prinsipielt kan dekke hele markedet, og dermed potensielt kan fortrenge alt fossilt drivstoff på sikt. For de tre andre teknologiene blir radene gradvis smalere for hydrogen-elektriske, batteri-hybrider og små elfly/eVTOLs. Dette er et forsøk på å illustrere at potensialet for CO₂-reduksjoner er suksessivt mindre for disse teknologiene, fordi det langsiktige markedspotensialet vurderes å være mindre. Det skal understrekes at den konkrete bredden ikke avspeiler en kvantitativ vurdering av reduksjonspotensialet. Dette er nærmere beskrevet i scenarieberegningene i rapportens kapittel 8.

Til høyre i figuren vises setekapasiteter, rekkevidder og cruisehastighet som er lagt til grunn for vurderingen av de enkelte teknologienes potensial fram mot 2050.

Tre scenarier mot 2050 - fra 'Business-as-usual' til full utfasing av fossilt flydrivstoff

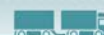
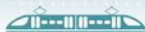
De foregående analysene og konklusjonene er omsatt til tre scenarier for norsk luftfart fram mot 2050. Forskjellene mellom scenariene skal illustrere potensialet for å redusere utslippene gjennom bruk av de ulike teknologiene:

- **'Business-as-usual'** framskriver utviklingen basert på prognoser for veksten i luftfarten og for energieffektiviteten. Teknologiske forbedringer forventes å føre til gjennomsnittlig høyere energieffektivitet når de nåværende flytypene skiftes ut med tilsvarende nye flymodeller med konvensjonell framdriftsteknologi og dagens drivstoff.
- **'Forventet'** framskriver med de samme forutsetningene som 'Business-as-usual', men med innblanding av SAF i overensstemmelse med at ReFuelEU Aviation innføres i Norge. Videre antas en delvis innfasing av elfly på korte innenlandske ruter og av hydrogendrevne fly på europeiske ruter.
- **'Optimistisk'** framskriver med de samme forutsetningene som i 'Forventet', men SAF-innblanding økes til 100 % for avganger fra alle lufthavner i Norge, og det antas noe høyere innfasing av elfly og hydrogenfly.

En oversikt over forskjellene mellom de tre scenariene er presentert i figur S.8. Det som er uendret i forhold til i dag i Business-as-usual er vist med **grå skrift**, og tilsvarende er det som er uendret i de to andre scenariene i forhold til 'Business-as-usual' vist med **'=Bau'**.

Scenarier →		Business-as-usual	Forventet	Optimistisk
Flåtefornyelse	Jet (Turbofan)	2030: Alle fly er nyeste generasjon 2040-2050: Neste generasjon innfases	32 % bedre energieffektivitet*** (= Bau)	35 % bedre energieffektivitet***
	Turboprop	2035-2040: Neste generasjon innfases		
SAF-andel		Uendret 2025 - 2050	RefuelEU Aviation, 70 % i 2050	100% i <u>alle lufthavner</u> i 2050
Hydrogen*	Europa	Uendret 2025 - 2050	innfasing fra 2045 4 % av SAF i 2050	fra 2040 8 % av SAF i 2050
	Interkontinental	Uendret 2025 - 2050	(= Bau)	(= Bau)
Elektriske**	Bare innlandsruter	Uendret 2025 - 2050	Innlandsruter < 400 km maks 60 pax per avgang maks 3 avganger per døgn	Innlandsruter < 600 km maks 90 pax per avgang -
	Innfasing: 2040 - 2050			
* Hydrogenelektriske med 100 seter og 1800 km rekkevidde.				
** Batterielektriske med SAF som reserve kapasitet; 30 seter og 400 hhv. 600km elektrisk rekkevidde. Reserve evt. som hybrid-elektrisk. Grenser for pax per avgang og avganger per døgn som grove kriterier for at de mindre elflyene kan konkurrere med større konvensjonelle fly i 2050. Verdiene for disse kriteriene gjelder for rutenes trafikk i 2024.				
*** Neste generasjon fly: 20% (25% i optimistisk) i forhold til nyeste: Air Traffic Management og operasjoner: Opp til 11,6% i 2050.				

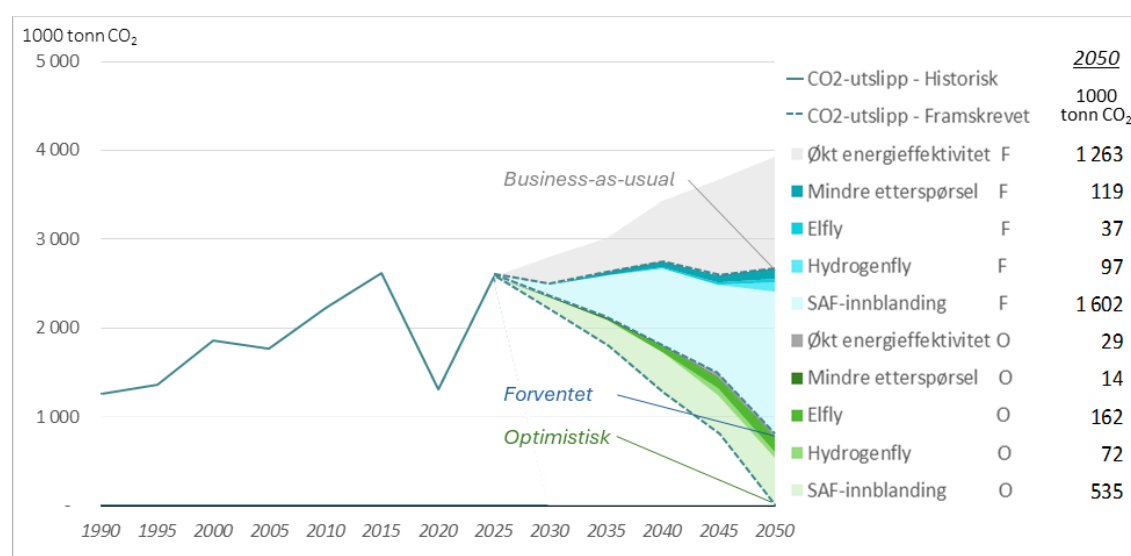
Figur S.8: Oversikt over forutsetningene i de tre scenariene.



CO₂-utslippene i de tre scenariene

Figur S.9 viser endringene i utviklingen i norsk luftfarts samlede CO₂-utslipp fram mot 2050 i *Forventet* (med blå) og *Optimistisk* scenariene (med grønn) sammenliknet med *Business-as-usual*. I tillegg er illustrert effekten av økt drivstoffeffektivitet (med grå) i *Business-as-usual*. For hvert av scenariene *Forventet* og *Optimistisk* er den samlede effekten dekomponert i den direkte effekten fra SAF-innblanding, den avledede etterspørselseffekten som følge av dyrere billetter, og effektene av innfasing av henholdsvis elfly og hydrogenfly.

De klart største effektene er forbedringer i drivstoffeffektiviteten og innblanding av SAF, som til sammen står for nesten 90% av samlet CO₂-reduksjon. Forbedring av energieffektiviteten er på litt mer enn 30% og oppveier nesten den framskrevne veksten i antall passasjerer, så CO₂-utslippet er stort sett uendret i *Business-as-usual* i 2050. SAF-innblanding gir 41 % i *Forventet* scenario og ytterligere 14 % i *Optimistisk* scenario sammenliknet med *Business-as-usual* uten forbedring av drivstoffeffektiviteten. Effektene fra færre avganger som følge av mindre reiseetterspørsel, elfly og hydrogenfly gir til sammen bare litt mer enn 10 % av den samlede reduksjon til null i 2050.



Figur S.9: Utvikling i norsk luftfarts CO₂-utslipp i de tre scenariene. Reduksjonene er dekomponert på effektene fra drivstoffeffektivitet, etterspørsel, elfly, hydrogenfly og SAF.

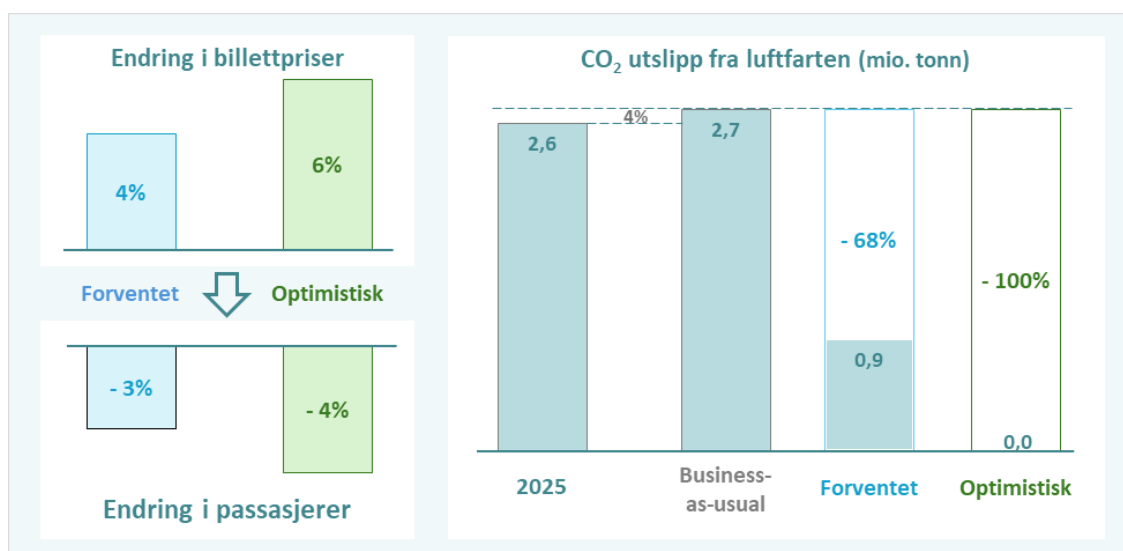
Framskrivningen av antallet av **passasjerer** tar i alle tre scenarier utgangspunkt i Avinors lang-siktige passasjerprognoser. Ifølge seneste prognose vil antallet passasjerer være cirka 40 % høyere i 2050 sammenliknet med 2025. Veksten er imidlertid veldig ulik mellom innenlandsreiser, som vokser med cirka 10 %, og reiser til utlandet, som nesten fordobles.

Energieffektiviteten forbedres på tre måter:

- Flyselskapenes utskiftning av eldre fly med nyeste flytype. Denne prosessen antas fullført i 2030 for alle flytypene, bortsett fra Dash-8 flyene til Widerøe.
- Neste generasjon fly blir fullt innfasert innen 2050. På grunnlag av Airbus sitt mål om 25 % forbedring for neste generasjon, antas her konservativt 20 % energieffektivisering i *Business-as-usual*- og *Forventet*-scenariene, mens vi antar 25 % energieffektivisering i *Optimistisk*-scenariet.
- Forbedringer av 'air traffic management' og operasjonelle tiltak, som avhenger av rute-segmentet, men som samlet sett antas å gi rundt 7 % energibesparelse per avgang.

Samlet sett gir disse tre en gjennomsnittlig forbedring av energieffektiviteten på 32-35 % i 2050 sammenliknet med dagens situasjon.

Dagens **SAF-innblanding** i Norge med 0,5 % avansert biodrivstoff omsetningskrav forutsettes fastholdt fram mot 2050 i *Business-as-usual*, og for resten av Europa forutsettes den i EU vedtatte forordningen ReFuelEU Aviation implementert. I 2050 innebærer det 70 % SAF-innblanding for avganger fra EU-lufthavner og 0 % i avganger fra øvrige lufthavner. EU-lufthavner er definert som lufthavner med over 800 000 passasjerer per år. I *Forventet* scenario antas at Norge har tilsluttet seg ReFuelEU Aviation. I *Optimistisk* scenario øker Norge innblandingen til 100 % og det gjelder fra alle lufthavner, ikke bare i EU-lufthavner. Dette antas implementert gjennom et statlig tilskudd som finansierer kostnadsforskjellen i forhold til den europeiske 70 %-innblandingen. Tilskuddet finansieres gjennom en økning av flypassasjeravgiften. I både *Forventet* og *Optimistisk* scenario antas kostnadsøkningene å veltes fullt ut over i billettprisene.

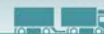
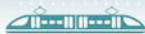


Figur S.10: Endring i billettpriser, passasjertall og CO₂-utslipp ved SAF-innblanding i *Forventet* og *Optimistisk* scenario sammenliknet med *Business-as-usual* scenario i 2050 og med dagens situasjon. Utslippene gjelder for rutetrafikk med avgang fra norske lufthavner.

Konsekvensene av forutsetningen om SAF-innblanding i *Forventet* og *Optimistisk* scenario sammenliknet med *Business-as-usual* scenario er illustrert i Figur S.10. Resultatene er beregnet med PACER-modellen og dekker bare rutetrafikken i norsk luftfart. Til sammenlikning vises også CO₂-utslippet i 2025. Det ses at:

- I *Business-as-usual* økes CO₂-utslippet i 2050 bare med cirka 4 % i forhold til 2025, selv om det forventes å skje en kraftig vekst i reiseaktiviteten. Forklaringen er at det meste av denne veksten motvirkes av forbedret energieffektivitet.
- I *Forventet* scenario reduseres CO₂-utslippet med 68 % som følge av to faktorer:
 - SAF-innblanding som skjer med 70 % i de ti største lufthavner, som er EU-lufthavner
 - redusert reiseaktivitet som følge av at innblandingen gir dyrere billetter

Selv om SAF forventes å være vesentlig dyrere enn fossilt flydrivstoff gir det bare 4 % økning i gjennomsnittlige billettpriser. Det skyldes at ETS-kvoteprisen også øker, og at drivstoff bare utgjør 25-30% av billettprisen. Dermed oppnås langt den største delen av CO₂-reduksjonene gjennom selve innblandingen, og bare 3 % som følge av mindre reiseaktivitet som følge av de høyere billettprisene.



- I *Optimistisk* scenario betyr 100 % SAF på alle ruter at CO₂-utslippet blir null. Kostnadene til drivstoff blir større og derfor øker billettprisene mer, med 6 %, samtidig som reiseaktiviteten faller, med 4 %. Den reduserte reiseaktiviteten gir ikke lavere direkte utslipp fra luftfarten, da det i dette scenarioet allerede er null. Imidlertid vil lavere antall flyavganger og energiforbruk antakelig gi mindre ikke-CO₂ effekter, i tillegg til lavere oppstrømsutslipp som følge av redusert produksjon av SAF.

Hydrogen forventes å få en relativt liten rolle på denne siden av 2050. Airbus er den eneste av de store flyprodusentene som satser konkret på utvikling av hydrogendrevne fly. Airbus har tidligere i år meldt at man ikke satser på hydrogen i forbrenningsmotorer i første omgang, og at målet for å få de første hydrogenelektriske fly på markedet er utsatt til første halvdel av 2040-tallet. Med Airbus' forventning om en kapasitet på 100 seter og en rekkevidde på 1000 Nm (1850 km) er det på nåværende tidspunkt meget vanskelig å vurdere hvor raskt innfasingen kan skje og i hvor store markedssegmenter disse flyene vil være konkurransedyktige. I *Forventet* og *Optimistisk* scenario antas hydrogen å kunne erstatte flytende e-SAF svarende til henholdsvis 4 og 8 % av ReFuelEU Aviation's krav om 70 % SAF i 2050.

Rekkevidde og størrelse for de **batterielektriske** flyene som er under utvikling, ser ut til å sette begrensninger for hvilke ruter som er egnede for batterielektriske fly i praksis. For å få en ide om markedspotensialet legger vi til grunn noen pragmatiske, men meget usikre, antagelser om hvor de batterielektriske flyene vil bli tatt i bruk. For *Forventet* og *Optimistisk* scenario er det innenlandske ruter på henholdsvis maks 400 km og 600 km. Det kan eventuelt være snakk om **hybrid-elektriske fly**, hvor SAF eller fossilt flydrivstoff kan dekke reservekapasitet i forhold til rekkevidden. Uansett forventes flyene å være vesentlig mindre enn de minste flyene som anvendes på det norske markedet i dag. Derfor antas de batterielektriske flyene bare å ha kommersiell interesse på ruter med begrenset passasjergrunnlag. Konkret antas i *Forventet* scenario høyst 60 passasjerer per avgang og høyst tre avganger per dag, vurdert ut fra 2024-tall. I *Optimistisk* scenario økes antall passasjerer per avgang til 90, og det settes ingen begrensning på antall avganger per dag.

Da det er mange små ruter i Norge, betyr antakelsene at de batterielektriske og hybridelektriske flyene likevel vil kunne anvendes på henholdsvis halvparten og tre fjerdedeler av alle innenlandsruter. Siden det er snakk om korte ruter med begrenset trafikk, dekker dette imidlertid bare henholdsvis 7 % og 28 % av innenlandspassasjerene.

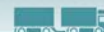
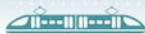
I *Forventet* scenario fortrenger elflyene rundt 10 % av det resterende fossile flydrivstoffet etter SAF-innblandingen. Det tilsvarer en reduksjon på 4 % av samlet CO₂-utslipp etter SAF-innblandingen. I *Optimistisk* scenario antas fossilt flydrivstoff erstattet fullt ut av SAF, så det ikke er noen ekstra reduksjon ved anvendelsen av elfly.

Energiforbruk og kraftbehov

Luftfartens samlede energiforbruk er stort sett uendret i 2050 i *Forventet* scenario, selv om reiseomfanget vokser betydelig. Forbedret energieffektivitet gir langt den største reduksjon av energiforbruket. Redusert reiseomfang står for cirka 7 %, og innfasing av elfly gir opptil 6 %. Innblandingen av e-SAF medfører et betydelig behov for kraft, hvorimot kraftbehovet til elfly i sammenlikning vil være lite, bare 1 % og 3 % av behovet til SAF. Hvis all e-SAF skal produseres i Norge vil det luftfarten øke samlet kraftbehov i Norge med cirka 10 %.

Norges rolle i omstillingen?

Avslutningsvis i rapporten vurderes for Norge og norsk næringsliv ved å satse på utviklingen av klimavennlig luftfartsteknologi, med utgangspunkt i de teknologiene og scenarioene som er



gjennomgått i rapporten, og i lys av politiske føringer og regelverk. Her er det i tillegg til klimamålene også relevant å vurdere positive effekter på andre samfunnsområder som kan følge av en satsing på å bidra til utviklingen av løsninger for klimavennlig luftfart – som økt verdiskaping og nye arbeidsplasser, andre miljøfordeler som mindre støy og luftforurensing, og styrket beredskap gjennom mindre avhengighet av import.

Man kan ikke støtte alle nye teknologier med potensial, og ikke alt som blir støttet resulterer i levedyktig norsk produksjon. Et dilemma er hvor tidlig og hvor lenge man skal gi støtte til den videre utviklingen, og når teknologiene kan og bør klare selv å tilstrekke nødvendig risikovillig kapital for å kunne etablere produksjon til markedet. Å se på fortrinn og ulemper for Norge og norsk næringsliv i forhold til enkelte teknologiene kan understøtte prioritering av hvor og hvordan det kan gi mest mening med offentlig støtte. Uansett må Norges rolle i utviklingen av klimavennlig luftfart ses i kontekst av hva som skjer internasjonalt, ikke minst i forhold til europeisk regulering og finansiell støtte til forskning og utvikling på området.

Det er et eksplisitt politisk ønske om å understøtte at Norge kan få en ledende posisjon i produksjon av SAF. Norge har god adgang til bioressurser til b-SAF og grønn strøm til e-SAF. SAF er antakelig den klimateknologien i luftfarten som er enklest å iverksette, da innblanding kan innføres gradvis og uten å kreve ny infrastruktur.

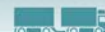
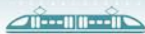
ReFuelEU Aviation setter rammene for en gradvis økende etterspørsel etter SAF. Likevel ser det ut til å være et slags 'høna og egget'-problem som gjør at det ennå ikke investeres i tilstrekkelig europeisk produksjonskapasitet. I Norge er det syv-åtte avventende investeringsprosjekter i produksjonsanlegg, hvorav tre er til e-SAF. Den norske bransjen fremhever utilstrekkelig risikoavlastning og lang prosess for adgang til kraft fra nettet som utfordringer.

For elfly ligger den største utfordringen i at det ennå ikke er klart hvor stort potensialet er i kommersiell luftfart. Norge vurderes å være et av de land hvor potensialet for elfly kanskje er størst, fordi de første flyene vil være små og med kort rekkevidde, noe som passer godt til mange av de norske rutene. FOT-rutene vil være et område der norske myndigheter har gode muligheter for å legge til rette for tidlig innføring av elfly. Gjennom erfaringer fra elbiler og elferger har Norge antakelig også gode forutsetninger for å utvikle ladeinfrastruktur til elfly.

Hydrogenfly har lengre utsikter. Produksjon og forsyningskjeder for hydrogen er derfor ikke det som ligger først, bortsett fra når det gjelder som input til produksjon av e-SAF.

Som del av å nå lavutslippssamfunnet i Norge og Europa innen 2050, må luftfarten bli tilnærmet utslippsfri og det må oppnås markante utslippsreduksjoner lenge før dette. Teknologikutviklingen innenfor luftfarten skjer i hovedtrekk globalt. Norge kan, ved å skape rammebetingelser som støtter modning av teknologier, forretningskonsepter og markeder, bidra til å gjøre veien fra pilotering til kommersiell drift kortere, og at særegne norske behov blir tilgodesett.





Ordliste

'...' = engelsk uttrykk.

ASK = Available seat kilometers.

ATM = 'air traffic management' det vil si systemer for styring av trafikken i luften.

brl = barrel of oil. 1 brl = 0,136 tonn råolje.

b-SAF = biomasse-basert SAF

BVB = Blended Wing Body, flydesign hvor skrog og vinger er integrert.

CTOL = conventional take-off and landing, luftfartøy som trenger rullebaner for å ta av og lande. Dette innebærer at flyene har vinger.

EASA = European Aviation Safety Agency, EUs flysikkerhetsdirektorat

EIS = entry into service = tidspunkt når et ny produkt (fly) tas i bruk operasjonelt.

ERF = 'Effective Radiative Forcing'. Den effektive varmeutstrålingen per arealenhet

e-SAF = PtL-basert syntetisk SAF, kalles også 'e-kerosene', 'e-fuels' og 'electrofuels'

eVTOL = 'electric Vertical Take Off and Landing'. Elektrisk drevet VTOL.

VTOL er luftfartøy som kan ta av og lande og derfor ikke trenger rullebane

FID = 'Final Investment Decision', den endelige investeringsbeslutningen.

FJF = fossilt flydrivstoff. På engelsk 'conventional aviation fuel (CAF).

Flyreise = fra avgangslufthavn til destinasjonslufthavn. Den kan ha flere bein med transfer mellom fly i lufthavner underveis. Da teller man som passasjer flere ganger.

FOT-ruter = ruter med forpliktelse til offentlig tjenesteytelse, altså ruter der det offentlige går inn og støtter driften av rutene fordi de ikke lønner seg kommersielt.

GTP = 'Global temperature Potential' (Se avsnitt 6.1)

GWP = 'Global Warming Potential' (Se avsnitt 6.1)

ICAO = International Civil Aviation Organization, FNs sivile luftfartsorganisasjon.

ICEC = ICAO's Carbon Emission Calculator [[lenke](#)]

IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change, FNs klimapanel.

ISSR = 'Ice Super Saturated Regions'. Tilstand i atmosfæren hvor fly kan danne varige kondensstriper.

MNOK = mill. NOK = millioner norske kroner

PAX = Flypassasjer er en person som er om bord på fly men ikke er personal.

RF = 'Radiative Forcing' (Se avsnitt 6.1)

PtL = 'Power-to-Liquid'. Produksjonsprosess hvor strøm brukes til å lage hydrogen fra vann.

SAF = sustainable aviation fuel = Bærekraftig flydrivstoff = felles betegnelse for b-SAF og e-SAF.

STOL = short take-off and landing. Fly som kan ta av og lande på korte rullebaner.

Transferreise = Reiser hvor man bytter fly i en lufthavn på vei til destinasjonen.

Transitt = når en passasjer som har stopp i en lufthavn men fortsetter med samme fly.

Turbofan (i daglig tale kallet **jetmotor**) = gassturbinmotor hvor fremdriften genereres som en kombinasjon av den bakutrettede eksosen fra gassturbinen og av luftinntak som ledes utenom gassturbinens forbrenningskammer..

Turboprop (i daglig tale kallet **propellmotor**) = gassturbinmotor, hvor fremdriften genereres ved at gassturbinen driver en aksel med propell.

1 Innledning

Det nå er mer enn tretti år siden at verdens land vedtok FNs klimakonvensjon i Rio de Janeiro i 1992 (Rio-konvensjonen). Likevel kommer cirka 80 % av verdens totale energiforsyning fortsatt fra fossile energikilder, som forårsaker global oppvarming gjennom utslipp av drivhusgasser fra forbrenningen. Videre har det de siste årene blitt satt nye rekorder i global oppvarming (C3S, 2025).

Transportsektoren er en av få sektorer i EU med markant økte CO₂-utslipp siden 1990.⁴ Luftfarten står for 2-3 % av de globale klimagassutslippene (Lee et al., 2021) og sto for cirka 4 % av utslippene i EU i 2022⁵. Etter Covid-19-pandemien har luftfarten hatt en sterk økning i antall passasjerer, og i 2024 var det høyere utslipp flyvninger innad i EØS-området enn før pandemien (T&E, 2025c). Andelen av klimagassutslippene forventes å vokse betydelig i tiårene som kommer, både på grunn av forventet økt flyreiseaktivitet, og fordi andre sektorer forventes å redusere utslippene vesentlig i tråd med landenes internasjonale forpliktelser. Særlig for luftfarten gjelder at forbrenningen av fossilt drivstoff gir betydelig negativ klimapåvirkning i tillegg til CO₂-utslippene.

Luftfarten er særlig viktig for mobiliteten i et land som Norge på grunn av store avstander, spredt bosetning, samt en topografi preget av fjell og fjorder. Ofte tar andre reisemåter enn å fly uforholdsmessig lang tid. Norges beliggenhet i utkanten av Europa gjør det ofte for dyrt og tidkrevende å bruke andre reisemåter for å komme seg til det meste av Europa. Samtidig har nordmenn i kraft av høyt inntektsnivå god råd til å fly. Nordmenn er på tredje plass når det gjelder klimagassutslipp fra luftfarten per innbygger (Klenner et al., 2024; Torkelsen & Hagfors, 2024).

Fly er ikke nødvendigvis mindre energieffektivt enn andre transportformer. Det store problemet er paradoksalt nok også det store fortrinnet: Flyet er så raskt at vi tar på mange og meget lange reiser, som ville ha vært uaktuelle med bil, tog eller skip. På få timer kan vi komme til det meste av verden, men det bruker samtidig enorme mengder fossil energi sammenliknet med det energiforbruket vi har i daglig-dagen. I et klimaperspektiv er den store utfordringen at flyreiser bruker store mengder drivstoff, som i dag stort sett bare er fossil energi og at det har vært vanskelig å finne gode og kostnadseffektive alternativer.

Norges klimamål oppfylles i samarbeid med EU.⁶ Luftfarten omfattes av regelverket for kvotepliktige utslipp i EUs kvotehandelsystem (EU emissions trading system, EU ETS). Her skjer måloppfyllelsen samlet på tvers av land i EØS-systemet, regulert gjennom antallet av tilgjengelige omsettelige kvoter.

Regjeringen har mål om å redusere luftfartens utslipp betraktelig. I Nasjonal luftfartstrategi, *Bærekraftig og sikker luftfart* (Samferdselsdepartementet, 2023), er det overordnede klimamålet for innenlands luftfart at den skal omstilles i tråd med nasjonale og internasjonale klimamål. For å oppnå dette trengs det innfasing av bærekraftig flydrivstoff og null- og lavutslippsløsninger. De første kommersielle nullutslippsflyene skal innfases i Norge så snart teknologien tillater det. Dette er gjentatt i *Nasjonal transportplan 2025-2036* (Samferdselsdepartementet, 2024b), som prioriterer 1 milliard kroner til å fremskynde innfasingen av null- og lavutslippsluftfart i planperioden.

⁴ Se tabell ES1 i EUs rapport til UNFCCC i 2024: [EU NID 2024_F.pdf](#) og <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-transport>

⁵ https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-aviation_en

⁶ Norge har lovet å kutte med minst 55 % innen 2030 sammenliknet med utslippene i 1990. I 2024 var utslippene imidlertid kun 12,4 % lavere enn i 1990. Se [Norske utslipp og opptak av klimagasser - miljodirektoratet.no](#). I 2023 var EUs totale klimagassutslipp 37 % lavere enn i 1990. Se [Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2023 and inventory document 2025 | European Environment Agency's home page](#)

Økt bruk av bærekraftige flydrivstoffer (SAF) vil være et viktig tiltak for å redusere utslippene fra luftfarten nasjonalt og internasjonalt i årene framover. I 2020 var Norge først i verden til å innføre innblandingskrav for bærekraftig flydrivstoff. Regjeringen ser omsetningskravet for biodrivstoff som hovedvirkemiddelet for å fremme mer bærekraftig luftfart (f.eks. Samferdselsdepartementet, 2024b, s. 222). EU vedtok i 2023 *ReFuelEU Aviation*, som stiller krav om gradvis økende SAF-innblanding fra 2 % i 2025 til 70 % i 2050. Per 2025 er det norske omsetningskravet (bare) 0,5 % av det flydrivstoffet som fylles på i Norge. Regjeringen har besluttet å harmonisere dette virkemidlet med *ReFuelEU Aviation* snarest mulig, og iverksette denne forordningen senest innen 2027 (Ask, 2024; NTB, 2025b; Samferdselsdepartementet, 2025b).

Det er imidlertid også store utfordringer ved å satse på løse luftfartens klimabelastning gjennom SAF-innblanding, for eksempel høye kostnader og stort behov for biomasse eller for CO₂ fanget fra luften. Derfor investeres det samtidig i å utvikle helt nye konsepter for nullutslipps fly, først og fremst innenfor elektrisk framdrift og nye energibærere uten karboninnhold som batterier og hydrogen.

Storskala introduksjon av ulike typer batterielektriske, hydrogenelektriske og hybride fly blir av noen fremhevd som viktige innsatsområder for å redusere luftfartens klimagassutslipp i tiårene fremover (f.eks. Avinor & Luftfartstilsynet, 2020; Kallbekken & Victor, 2022; T&E, 2020). Batterielektriske fly har begrenset rekkevidde og kapasitet, men kan bidra vesentlig til å bringe ned luftfartens klimabelastning, hvis forskning og utvikling kan redusere de nåværende begrensninger.

Hydrogen har på papiret ikke de samme begrensningene som batterier som energibærer i luftfarten. I praksis er det imidlertid store uløste tekniske utfordringer med både lagring, motorer og drivstoff-tilførsel, og det må etableres nye logistikksystemer på bakken.

Ulike internasjonale aktører i luftfarten har satt seg mål om å redusere luftfartens globale utslipp med ambisjoner om at luftfarten innen 2050 skal ha null utslipp. Det omfatter for eksempel International Civil Aviation Organization, ICAO (2022), International Air Transport Association, IATA, Air Transport Action Group, ATAG (2021) og den europeiske luftfartsindustri (A4E, 2025). Utfordringen med å realisere disse målene og ambisjonene blir ikke mindre av den forventede fortsatte økningen i lufttransport i årene framover. Dette gjelder også for det norske målet om å redusere luftfartens utslipp betraktelig.

Denne rapporten gir et bredt kunnskapsgrunnlag for hvordan luftfarten kan bli mer klimavennlig som del av Norges omstilling til lavutslippssamfunnet. For å forstå hvilke muligheter Norge har for å fremme en langsiktig utvikling mot klimavennlig luftfart er det viktig å få solid innsikt i en rekke ulike temaer:

- Reiseaktiviteten med fly internt i og til og fra Norge samt mulighetene for å påvirke den (*kapittel 2 og 3*).
- Verdikjedene og aktørene i norsk luftfart som skal implementere omstillingen (*kapittel 4*).
- Luftfartens energiforbruk og klimabelastning med fordeling på segmenter, flystørrelser, distanser, flyselskaper og flytyper og forventet utvikling fremover for å identifisere de områdene som bidrar med de største andelene av klimabelastningen (*kapittel 5 og 6*).
- Reduksjonspotensial og modenhet for de relevante klimavennlige teknologiene, herunder identifisering av teknologiske, økonomiske og andre barrierer for videre utvikling, godkjenning og full-skala implementering (*kapittel 7*).
- Forskjellige tiltaks virkninger og effektivitet på kort og lang sikt med henblikk på og å finne best mulige løsninger for Norge og håndtere barrierene for implementering (*kapittel 8 og 9*).

Til sammen gir kartleggingen av disse temaene en oversikt som ikke bare er fokusert på områder, hvor Enovas virkemidler kan bidra til teknologiutviklingen. Et bredt kunnskapsgrunnlag bidrar også til å sette Enovas muligheter i perspektiv gjennom innsikt i på hvilke områder det kan være potensiale for eller nødvendig med andre virkemidler. For eksempel kan politiske virkemidler som reguleringer, skatter eller

avgifter, som utvikler eller legger rammer for markedet, være en forutsetning for at nye, klimavennlige løsninger kan få fotfeste på markedet og for at flere vil ønske å tilby klimavennlige løsninger.

Rapporten er oppdelt i to deler:

- I. Kartlegging av reisemønstre og klimagassutslipp i dag (*kapittel 2 - 6*)
- II. Potensial og barrierer for klimavennlig luftfart i Norge (*kapittel 7 - 9*)

En avgrensning er at rapporten bare vil ta for seg klimagassutslippet fra passasjertrafikk i sivil luftfart med fokus på *kommersiell* lufttransport og hovedsakelig *rutetrafikk*. Det vil si at det ses bort fra følgende tre kategorier:

- *Cargo*, dvs. luftfrakt av gods, er også viktig for Norge, men omdreiningspunktet er passasjerer. Passasjerfly, som står for hovedparten av avgangene frakter også gods i lasterommet sammen med bagasjevolumene. Ifølge Eurocontrol er bare 3-4 % av flygningene i europeisk luftrom fraktfly, og målt i tonnkilometer frakter de litt over halvparten av godset, inklusiv pakketransporter. De teknologiske mulighetene for å redusere klimabelastningen fra cargo er i store trekk de samme som for passasjerer.
- *Annen kommersiell luftfart* omfatter (charterflygninger, taxifygning, helikoptertransport til oljeplattformer og ambulanseflygning. Charterfly er den største av disse og fly som leies og ikke går i ruteplan. Det utgjorde før i tiden en vesentlig andel av feriereisene, men chartertrafikken har i de senere årene bare stått for cirka 6 % av passasjertrafikken⁷.
- *Ikke-kommersiell luftfart* ('General Aviation'), er alle flyvninger som ikke skjer mot betaling, for eksempel private fly og business-jetfly, hobbyflygninger, flygning med militære luftfartøy og teknisk arbeid i lufta.



Foto: Shutterstock

⁷ Statistisk Sentralburå: [08507 Lufttransport. Passasjerar, etter lufthamn, trafikktype og innanlands-/utanlandsflyging](#).

Del 1:

Kartlegging av reisemønstre og klimagassutslipp i dag

2 Kartlegging av flyreiser i, til og fra Norge

Luftfarten er en sektor som har ekspandert voldsomt i de siste fire årtiene. Fortsetter veksten framover, vil det forsterke utfordringen med at luftfarten skal bidra til å nå de norske klimamålene. Dette kapitlet gir en oversikt over reisemønstret med fly og utviklingen over tid.

Reisene fra norske lufthavner økte med gjennomsnittlig nesten 4 % per år, bare avbrutt av økonomiske kriser og Covid-19-pandemien. Veksten har vært størst for utenlandsreisene, hvor det i 2024 var seks ganger så mange reiser som i 1984.

De seneste ti årene har fritidsreisene økt både for innenlands- og utenlandsreiser, og det skyldes især feriereisene. De utenlandske forretningsreiser har ligget noenlunde stabilt inntil pandemien og innenlands har det blitt litt færre forretningsreiser. Både innenlands og til utlandet har forretningsreisene bare delvis tatt igjen fallet under pandemien. Etter pandemien har forretningstrafikken bare delvis hentet seg inn igjen til nivået i 2019. Når det fortsatt har vært vekst i innenlandsreisene, er det hovedsakelig fordi flere bosatte i utlandet kommer til Norge og også reiser internt i Norge med fly.

Geografisk sett er to tredjedeler av innlandsreisene internt i Sør-Norge, men man er vesentlig mer avhengig av flyet i Nord-Norge. Her reisefrekvensen innenlands mer enn dobbelt høy som gjennomsnittet. Omvendt er det de som bor i og rundt de store byene som reiser mest til utlandet og markant mest i Oslo.

De yrkesaktive aldersgruppene er de som har flest flyreiser, men den har vært avtagende de siste ti årene. For personer som er under 35 år har reisefrekvensen derimot vært jevnt økende, når vi ser bort fra pandemien.

Avslutningsvis reiser man mer med fly jo lengre utdanning og jo høyere inntekt man har.



© Avinor, Oystein Lower

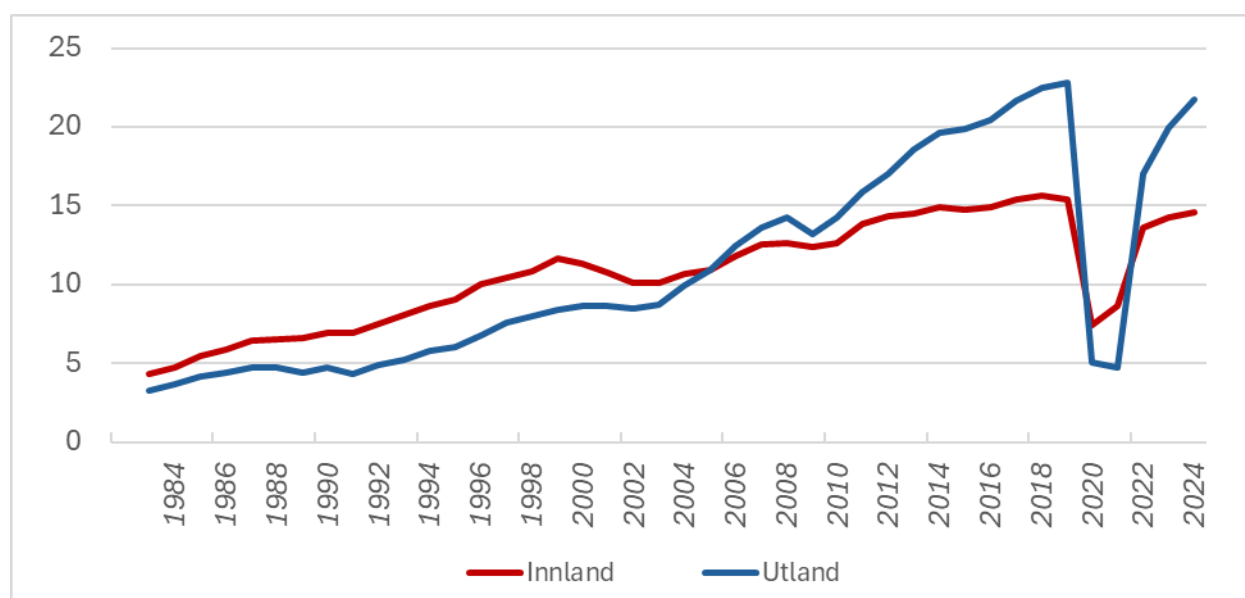
Dette kapittelet beskriver nordmenns bruk av fly som transportmiddel, og gir strukturtall for trafikken på flyrutene i Norge og mellom Norge og utlandet. Hensikten med analysene er å beskrive flyreisenes fordeling på ulike formål og grupper av reisende. Resultatene supplerer analysene som gjøres i kapittel 5 om energiforbruk og CO₂-utslipp på rutenivå. Mulighetene for å redusere klimabelastningen fra flyreiser er ulik for ulike typer av flyreiser, og omstillingen av luftfarten vil kreve merkostnader. Gitt at merkostnader slår ut i økte billettpriser, vil passasjerene rammes økonomisk. Dette gir i sin tur fordelingsvirkninger som kan belyses ved å se på forskjellige oppdelinger av samlet reiseaktivitet.

Analysene benytter to datakilder:

- *Avinors reisevaneundersøkelse på fly 2024* og tidligere år bort sett fra 2020 og 2021, hvor undersøkelsen ikke ble foretatt på grunn av Covid-19-pandemien. Undersøkelsen i 2024 gir informasjon om 56 111 reiser på innenriksrutene, og 93 782 reiser på flygninger mellom Norge og utlandet.
- *Norsk Monitors undersøkelse 2023*. Norsk Monitor er en landsrepresentativ spørreundersøkelse som dekker et vidt spekter av temaer, blant annet reiseaktivitet med ulike transportmidler. I motsetning til RVU fly, gir Norsk Monitor også opplysninger om personer som ikke flyr. Datagrunnlaget for 2023 er 3 471 respondenter som er 15 år og eldre.

2.1 Trafikkutviklingen

I 2024 ble det gjennomført om lag 14,8 millioner flyreiser i Norge og 21,7 millioner reiser mellom Norge og utlandet (figur 2.1). Generelt har norsk luftfart, og særlig utenlandstrafikken, vært preget av jevn og høy vekst de siste 40 årene. Innenlands økte antall flyreiser med 4,4 % per år fra 1983 til 2003, men veksten falt til 3,2 % fra 2003 til 2015, og gikk ned til 1,0 % i den siste perioden fram til 2019 (tabell 2.1). Fra 2019 til 2020 ble trafikken halvert som følge av Covid-19-pandemien, men var i 2024 på nivå med trafikken i 2013 og drøyt 5 % under nivået i 2019. I basisscenarioet for trafikkprognosene for Avinor legges det til grunn en årlig trafikkvekst på 0,4 % for innenlands flyreiser i perioden 2024-2050 (Thune-Larsen et al., 2024).



Figur 2.1: Trafikkutvikling hos Avinor 1983-2024. Millioner reiser fordelt på innland og utland.

Utenlandstrafikken var på 21,7 millioner passasjerer i 2024, en økning på 1,8 millioner passasjerer fra året før. I perioden 1983 til 2003 økte trafikken med 5,1 % per år. De siste 20 årene har veksten i uten-

landstrafikken vært vesentlig høyere enn for innenlands trafikk, men den har vært preget av varierende konjunkturer og konkurranseforhold. Flytrafikken til/fra Norge fikk en knekk under finanskrisen i 2008-09, men hentet seg raskt inn igjen, og i gjennomsnitt vokste utenlandstrafikken med 7,1 % per år i perioden 2003-2015. I årene som fulgte (2015-2019) falt gjennomsnittlig årlig vekst til 3,4 %, men her var det store forskjeller mellom nordmenn og utlendinger. Mens det var tilnærmet nullvekst i utenlandsreiser for nordmenn, økte antall utlendinger som fløy inn til Norge med 9,7 % per år. Særlig sterk var veksten for innkommende turisme, som hadde 13,8 % økning per år i perioden. Veksten var godt hjulpet av det kraftige fallet i kroneverdi mot euro. Basisscenarioet for trafikkprognosene viser en forventet årlig trafikkvekst på 2,4 % for utenlandstrafikk på Avinors lufthavner fram mot 2050 (Thune-Larsen mfl., 2024).

Tabell 2.1: Årlig vekst i Avinors trafikk etter utvalgte perioder 1983-2024.

	1983-2003	2003-2015	2015-2019	2019-2024	1983-2024
Innland	4,4 %	3,2 %	1,0 %	-1,1 %	3,0 %
Utland	5,1 %	7,1 %	3,4 %	-0,9 %	4,8 %
Total	4,7 %	5,2 %	2,4 %	-1,0 %	3,9 %

2.2 Innenlands flytrafikk

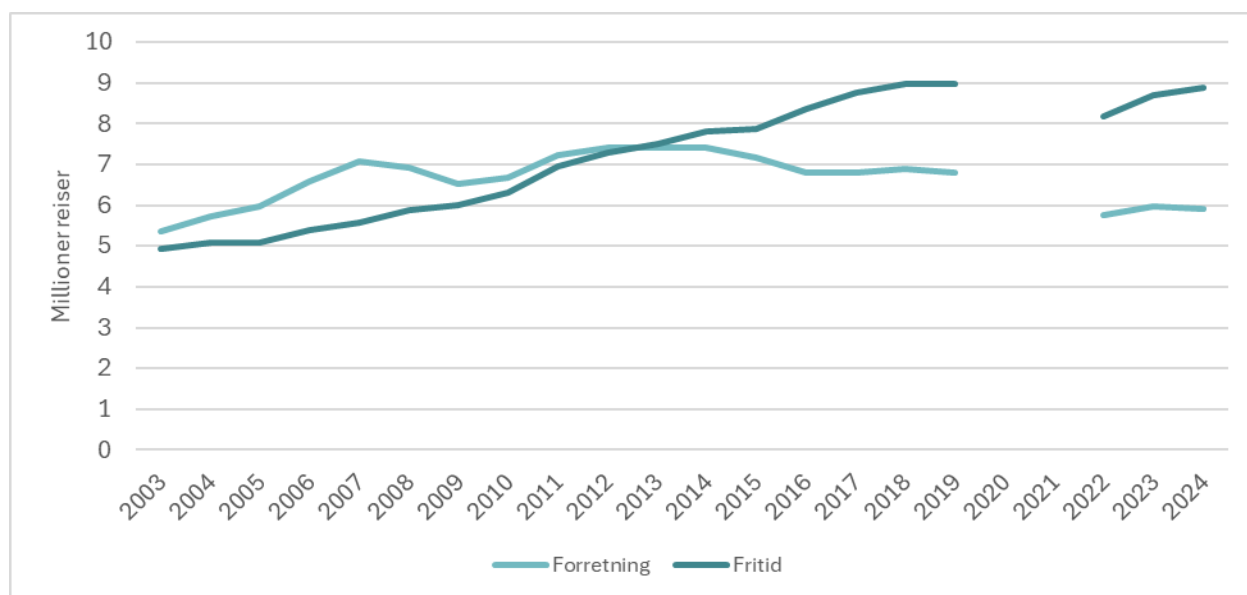
2.2.1 Reiseformål

Arbeidsbetingede reiser (forretningstrafikk)⁸ har historisk utgjort bærebjelken i flytrafikken. Innenlands ble det inntil 2013 foretatt flere arbeidsbetingede reiser enn fritidsreiser (figur 2.2). Fra 2013 og utover har andelen arbeidsbetingede reiser falt fra 50 % til 40 % i 2024. I alt ble det foretatt knapt 6,0 millioner flyreiser med arbeidsbetinget formål innenlands i 2024, og om lag 8,9 millioner fritidsreiser. Det var henholdsvis 800 000 og 100 000 færre reiser enn før pandemien, dvs. at fritidstrafikken var på ca. samme nivå som i 2019, mens forretningstrafikken lå på 88 % av 2019-nivået.

Fra 2015 til 2019 falt innenlands forretningstrafikk med 1,4 % per år. Det er ikke tall for 2020 og 2021 pga. Covid-19-pandemien, men etter pandemien har forretningstrafikken bare delvis hentet seg inn igjen til nivået i 2019. Fra 2022 til 2023 var trafikkveksten 3,7 %, men det siste året har det på ny vært en liten nedgang i antall reiser. Trenden i årene før pandemien pekte mot negativ vekst i forretningstrafikken innenlands, og dette er en utvikling som forventes å fortsette i årene fremover (Thune-Larsen m.fl., 2024).

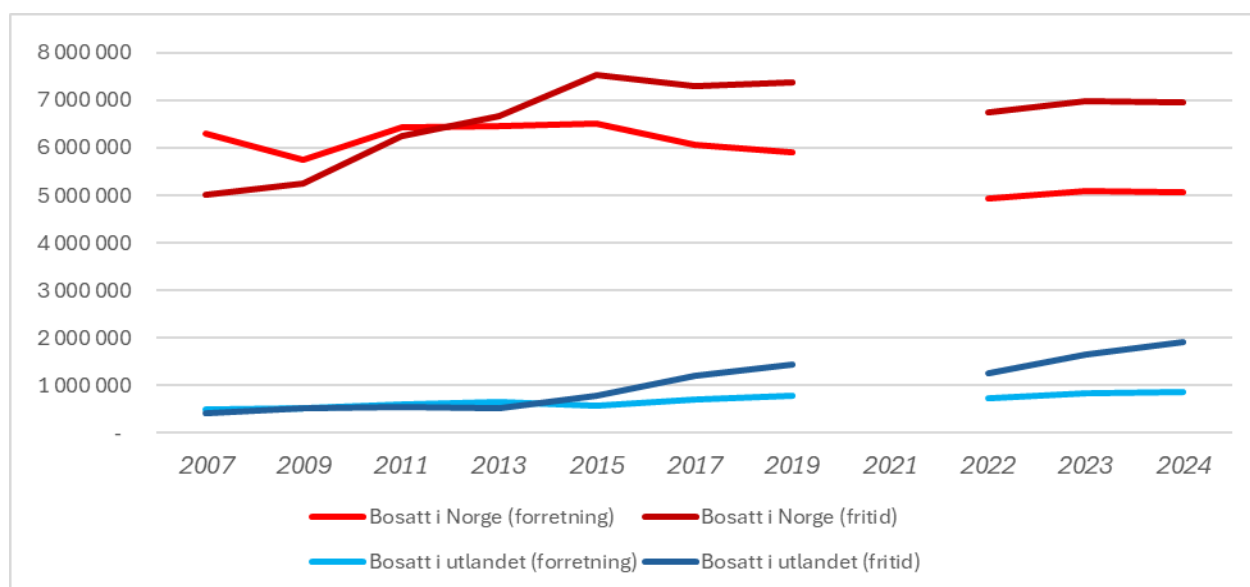
Fritidstrafikken innenlands hadde jevn vekst i hele perioden fram mot 2019. I motsetning til forretnings- trafikken, økte antall fritidsreiser betydelig i årene før pandemien (gjennomsnittlig årlig vekst i perioden 2013-2019 var 3,5 %), og i motsetning til arbeidsreisene, har fritidstrafikken hentet seg helt inn igjen etter pandemiårene.

⁸ Arbeidsrelaterte formål inkluderer reiser til/fra arbeid og yrkesreiser i forbindelse med kurs/konferanser, salg, innkjøp, serviceoppdrag, konsulentbistand etc.



Figur 2.2: Utviklingen i innenlands forretnings- og fritidstrafikk 2003-2024. Millioner avreisende passasjerer.

Årsaken til veksten i fritidstrafikken i årene før pandemien er å finne i at bosatte i utlandet reiser mer innenriks i Norge. Figur 2.3 viser at det var en utflating/liten tilbakegang i nordmenns fritidsreiser med fly innenlands i perioden 2014-2019, mens det var en reduksjon i forretningstrafikken. Derimot reiste personer bosatt utenfor Norge mer på de norske innenriksrutene. Utlendingers andel av innenlandsreisene økte fra 7 % i 2007 til 13 % i 2017 og til 19 % i 2024. Nesten hver femte reise på innenriksrutene foretas dermed av bosatte i utlandet. Totalt utgjorde dette knapt 2,8 millioner reiser i 2024. 69 % av reisene var fritidsreiser, mens 31 % var knyttet til arbeidsrelaterte formål.



Figur 2.3: Utviklingen i innenlands forretnings- og fritidstrafikk 2007-2024. Millioner avreisende passasjerer. Bosatte i Norge og bosatte i utlandet.

Tabell 2.2 viser mer detaljert trafikkstrukturen i flytrafikken med hensyn til de to hovedtyper av reiser: forretningsreiser og private reiser, med oppdeling på mer detaljerte formål. Tabellen viser nivået i 2024 både i mill. reiser og sammenliknet med 2019. Videre vises årlig vekst de siste to årtiene oppdelt på periodene 2003-2013 og 2013-2019 samt hvordan de enkelte formålenes andeler av reisene har endret seg over tid.

Tabell 2.2: Innenlandstrafikk 2003-2024 etter reiseformål.

	2024	2019 = 100	Årlig vekst		Andel av totale antall reiser i			
	Mill. reiser		2003-13	2013-19	2003	2013	2019	2024
Total	14,81	101	4,3 %	0,9 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Forretningsreiser	5,93	88	3,2 %	-1,4 %	52 %	50 %	43 %	40 %
Til/fra arbeid	2,18	103	6,9 %	-1,2 %	12 %	16 %	14 %	14 %
Kurs, konferanse	1,63	80	2,3 %	-1,2 %	17 %	15 %	13 %	11 %
Salg, innkjøp	0,23	53	0,9 %	-3,0 %	5 %	4 %	3 %	2 %
Kontakt hovedkontor/datterselskap	0,19	59	1,4 %	-3,3 %	3 %	3 %	2 %	1 %
Serviceoppdrag/konsulentbistand	0,24	58	1,2 %	-2,8 %	4 %	3 %	3 %	2 %
Andre arbeidsrelaterte reiser	1,46	108	2,2 %	-0,5 %	11 %	10 %	9 %	10 %
Private reiser	8,88	98	3,8 %	3,0 %	48 %	50 %	57 %	60 %
Besøke slekt/venner	3,56	97	3,9 %	1,8 %	22 %	23 %	24 %	24 %
Ferie-/helgetur og lignende	3,34	112	4,3 %	4,1 %	15 %	16 %	19 %	23 %
Annen privat	1,98	92	5,2 %	3,6 %	10 %	12 %	14 %	13 %

For forretningsreiser har det vært trafikknedgang i alle delmarkedene med unntak av pendlerreiser (og samlekategorien «andre arbeidsrelaterte reiser»). Reiser til/fra arbeid (pendlerreiser) utgjorde 14 % av innenlandsmarkedet i 2024, og volummessig lå de over nivået før pandemien. Strukturen i pendlertrafikken er endret. I 2024 var drøyt 30 % av reisene til/fra arbeid relatert til olje-/gassvirksomhet, mot 42 % ti år tidligere.

For fritidstrafikken har andelen reiser med formål ferie/helgetur økt betydelig de siste 10 årene. Dette er også det delmarkedet som hentet seg raskest inn igjen etter pandemien. Antall ferie-/fritidsreiser er nå 12 % over nivået i 2019. Utlendinger på reise i Norge har bidratt sterkt til denne veksten. 39 % av flyreisene innenlands med formål ferie/helgetur ble i 2024 foretatt av bosatte i utlandet, mot 28 % i 2019 (og 11 % i 2013).

Andre fritidsreiser er delt i fire kategorier:

- (i) til/fra studiested,
- (ii) til/fra medisinsk behandling,
- (iii) til/fra kulturarrangement og
- (iv) andre fritidsrelaterte formål.

I 2024 ble det gjennomført om lag 550 000 reiser til/fra studiested. Slike reiser omfatter nå 3,6 % av innenlandsreisene, og har de siste ti årene økt med mer enn 70 %. Fra 2019 til 2024 økte reiser til/fra studiested med ca. 80 000. Antall reiser til/fra medisinsk behandling og kulturarrangement var hver om lag 340 000 2024. Denne typen reiser har også hentet seg inn igjen etter pandemien.

2.2.2 Trafikkstruktur etter ruteområde

Trafikkstruktur- og volum varierer mellom ruteområder. Vi har her delt landet i fem ruteområder, hvor tallene i parentes er andelen av passasjerene innenlands i 2024):

- (i) FOT-ruter i Sør-Norge (3 %)
- (ii) FOT-ruter i Nord-Norge (6 %)
- (iii) Øvrige ruter i Sør-Norge (61 %)
- (iv) Ruter mellom Sør- og Nord-Norge (24 %)
- (v) Øvrige ruter i Nord-Norge (6 %)

FOT-ruter er ruter som mottar offentlig tilskudd, fordi det er for få passasjerer til lønnsom kommersiell drift⁹. I 2024 ble det foretatt rundt 1,4 millioner reiser på FOT-rutene, henholdsvis 0,5 millioner på FOT-ruter i Sør-Norge og 0,9 millioner på FOT-ruter i Nord-Norge. Til sammen utgjorde dette knapt 10 % av totaltrafikken på innenriksnettet. Volummessig står reiser mellom byene i Sør-Norge (utenom FOT-rutene) for størstedelen av flytrafikken innenlands. De tre største rutene Oslo-Bergen/Trondheim/Stavanger hadde henholdsvis 1,8 millioner, 1,9 millioner og 1,5 millioner passasjerer i 2024 (transfertrafikk medregnet). Til sammen utgjorde dette 35 % av totaltrafikken innenlands. Samlet sett ble 61 % av flyreisene innenlands (9,1 millioner) gjennomført på ruter i Sør-Norge (utenom FOT-rutene). Reisen på ruter mellom Sør-Norge og Nord-Norge sto for 24 % av totaltrafikken i 2024 (3,6 millioner reiser). Oslo-Bodø og Oslo-Tromsø er de dominerende rutene her. De øvrige reisene, om lag 0,8 millioner (6 %), ble foretatt på ruter i Nord-Norge (utenom FOT-rutene).

Trafikkstrukturen varierer mellom ruteområdene (tabell 2.3). Reisen mellom Sør-Norge og Nord-Norge har en vesentlig høyere andel fritidsreiser enn gjennomsnittet. Ferie-/helgeturer står for nesten 40 % av reisene. Igjen har dette sammenheng med den sterke økningen i innkommende turisme. Bosatte i utlandet sto for 35 % av passasjergrunnlaget på disse reisene. Trafikken internt i Nord-Norge (både FOT-rutene og øvrige ruter) har en høy andel pendlerreiser (20 %) og private reiser i forbindelse med medisinsk behandling (10-11 %). FOT-rutene i Sør-Norge har på sin side en høyere andel besøksreiser sammenlignet med den øvrige flytrafikken innenlands.

Tabell 2.3: Innenlandstrafikk 2024 etter ruteområde og reiseformål.

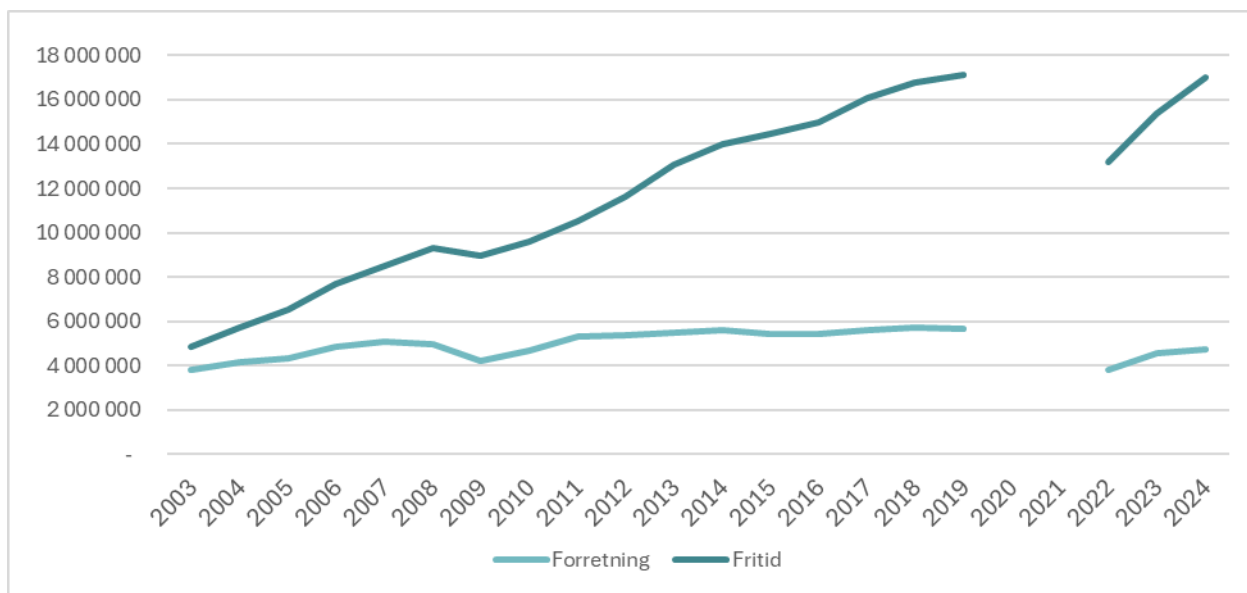
	FOT-ruter i Sør-Norge	FOT-ruter i Nord-Norge	Øvrige ruter i Sør-Norge	Ruter mellom Sør- og Nord-Norge	Øvrige ruter i Nord-Norge
Forretning	42 %	46 %	44 %	28 %	40 %
Til/fra arbeid	17 %	20 %	15 %	11 %	20 %
Kurs, konferanse	11 %	9 %	12 %	8 %	8 %
Andre arbeidsrelaterte reiser	14 %	17 %	17 %	9 %	12 %
Privat	58 %	54 %	56 %	72 %	60 %
Besøke slekt/venner	29 %	18 %	26 %	22 %	21 %
Ferie-/helgetur og lignende	16 %	16 %	17 %	39 %	19 %
Til/fra medisinsk behandling	2 %	11 %	1 %	1 %	10 %
Annen privat	11 %	9 %	12 %	10 %	10 %
I alt	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

2.3 Reiser til/fra Norge

2.3.1 Reiseformål på reiser til/fra Norge

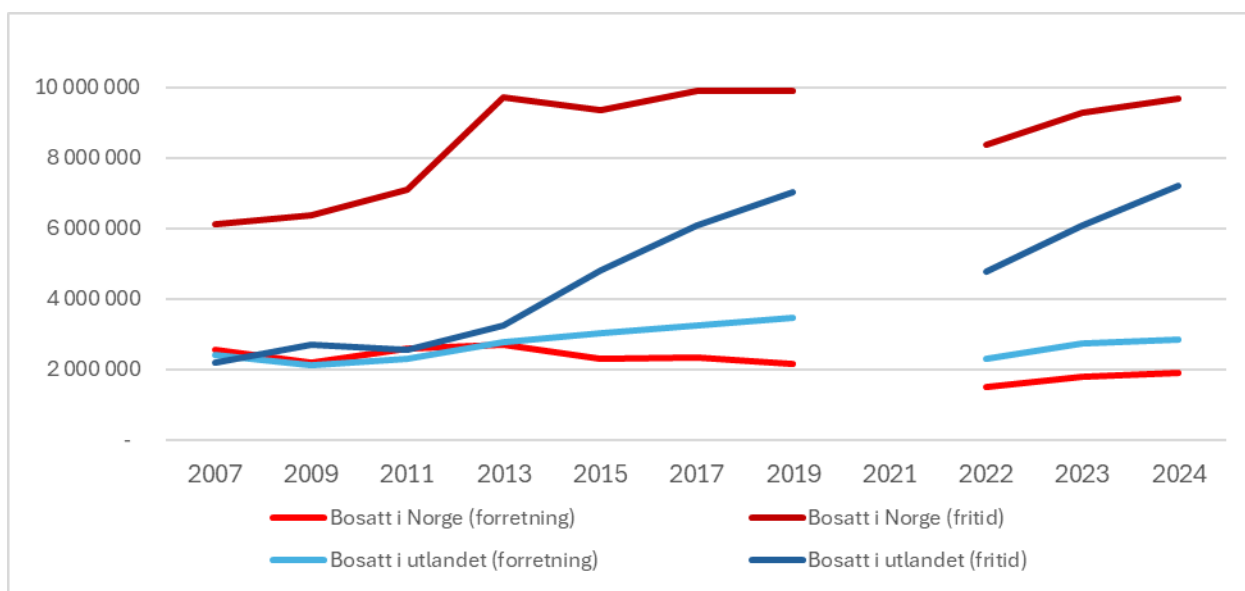
Trafikken til/fra Norge de siste 20 årene har vært preget av utflating av forretningstrafikken og stabil, høy vekst i fritidstrafikken (figur 2.4). I perioden 2003-2019 vokste trafikken med 8,2 % og 2,5 % per år for henholdsvis fritidsreiser og forretningsreiser. Etter 2010 og inn mot pandemiårene flatet forretningstrafikken ut, mens fritidstrafikken i gjennomsnitt hadde en årlig vekst på 6,6 % i perioden 2010-2019. De siste par årene har fritidstrafikken hentet seg inn igjen etter pandemien, mens forretningstrafikken i 2024 var på 84 % av 2019-nivået (om lag 900 000 færre reiser).

⁹ FOT-ruter (Forpliktelse til Offentlig Tjeneste) er flyruter hvor staten kjøper flytjenester fra en operatør for å sikre et tilfredsstillende flytilbud i områder hvor det vurderes at det ikke er kommersielt grunnlag for å drive flyrutedrift. Antallet FOT-ruter økte betydelig i siste anbudsrunde høsten 2023. FOT-rutene omfatter nå 25 ruteområder, 36 lufthavner og om lag 50 strekninger. Se også figur 4.2.



Figur 2.4: Utviklingen i forretnings- og fritidsreiser til/fra Norge 2003-2024. Millioner avreisende passasjerer.

Figur 2.5 under-oppdeler trafikken i Bosatte i Norge og i utlandet. Den viser, at nordmenn sto for det meste av veksten i utenlandstrafikken fram mot 2013, og at bildet ble snudd helt om i årene som fulgte. Mellom 2013 og 2019 var veksten i utlendingers reiser inn til Norge i gjennomsnitt på 9,7 % per år (13,8 % og 3,6 % for henholdsvis fritidsreiser og forretningsreiser), mens kurven for nordmenns fritidsreiser til utlandet flatet ut og nordmenns arbeidsrelaterte reiser gikk tilbake. Etter pandemien er imidlertid utviklingsforløpet for nordmenn og bosatte i utlandet noenlunde sammenfallende, dvs. sterk vekst for fritidsreiser og beskjeden vekst/utflating for arbeidsbetingede reiser.



Figur 2.5: Utviklingen i forretnings- og fritidsreiser til/fra Norge 2003-2024. Bosatte i Norge og i utlandet. Millioner avreisende passasjerer.

Tabell 2.4 viser mer detaljert strukturen i flytrafikken mellom Norge og utlandet med hensyn til reisemål. Utviklingstrekkene er i stor grad sammenfallende med innenlandsmarkedet. For forretningsreiser har det vært nedgang i alle delmarkedene med unntak av pendlerreiser. Reiser til/fra arbeid (pendlerreiser) utgjorde 8 % av utenlandstrafikken med fly i 2024, og volummessig lå de på 90 % av

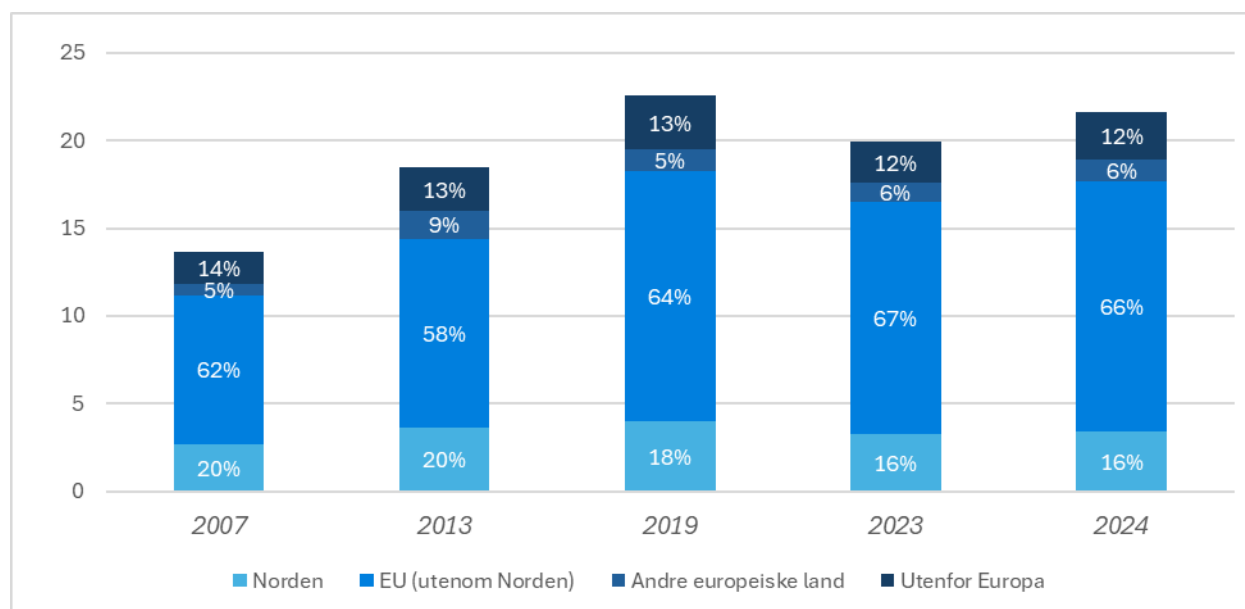
2019-nivået. For fritidstrafikken er ferie-/helgeturer det klart største delmarkedet – nær halvparten av alle fritidsreiser med fly mellom Norge og utlandet har dette som formål. I 2024 var det 6 % flere ferie- og helgeturer enn i 2019.

Tabell 2.4: Utenlandstrafikk 2003-2024 etter reiseformål.

	Mill. reiser	Årlig vekst		PAX 2024	Andel			
	2024	2003-13	2013-19	2019 = 100	2003	2013	2019	2024
Forretning	4,74	1,7 %	0,4 %	85	37 %	30 %	25 %	22 %
Til/fra arbeid	1,72	7,5 %	3,5 %	90	8 %	9 %	8 %	8 %
Kurs, konferanse	1,07	-0,1 %	-0,2 %	80	10 %	7 %	6 %	5 %
Andre arbeidsrelat. reiser	1,95	-0,1 %	-1,5 %	83	19 %	14 %	11 %	9 %
Privat	16,90	7,8 %	4,6 %	100	63 %	70 %	75 %	78 %
Besøke slekt/venner	4,56	5,3 %	7,8 %	94	17%	17%	21%	21%
Ferie-/helgetur og lignende	10,42	8,8 %	2,2 %	106	39%	47%	43%	48%
Til/fra studiested	0,37	9,9 %	3,0 %	99	1 %	2 %	2 %	2 %
Annen privat	1,55	6,4 %	12,4 %	79	5 %	5 %	9 %	7 %
Total	21,64	5,7 %	3,4 %	96	100 %	100 %	100 %	100 %

2.3.2 Trafikkomfang og -struktur etter destinasjonsland

Figur 2.6 viser hvordan utenlandstrafikken fra figur 2.4 fordeler seg på ulike regioner for utvalgte år i perioden 2007-2024. I 2024 gikk 16 % av reisene til et av våre nordiske naboland. Det er fire prosentpoeng lavere enn for 10 år tilbake. Også målt i antall reiser er det mindre flytrafikk mellom Norge og Sverige/ Danmark/ Finland/Island nå enn i 2013. Derimot har trafikken til/fra andre EU-land økt betydelig. To av tre reiser går nå til/fra et EU-land utenom Norden, mot 58 % for 10 år tilbake. Interkontinental trafikk sto for 12 % av trafikken i 2024, omtrent tilsvarende som i 2013.



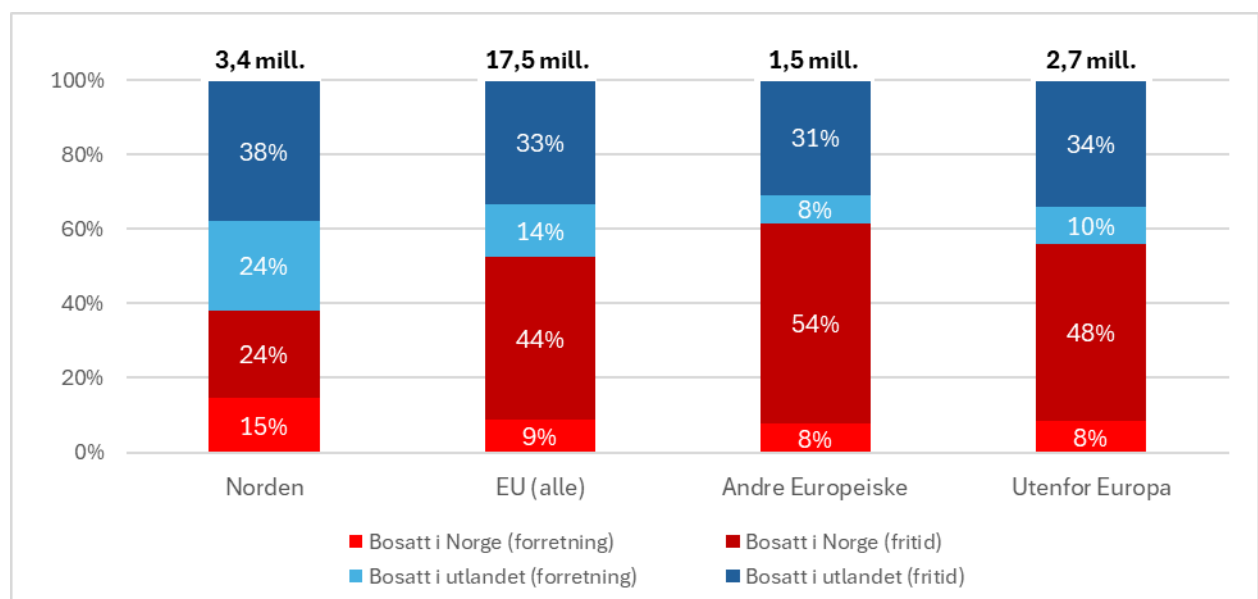
Figur 2.6: Fordeling på destinasjonsregion for flyreiser ut av Norge (mill. passasjerer) i 2007, 2013, 2019 og 2024.

Trafikkstrukturen varierer mellom destinasjonsland (tabell 2.6). Andelen forretningsreiser er vesentlig høyere for reiser til/fra nordiske destinasjoner enn for andre destinasjoner. Til EU-land (her er også nordiske EU-land inkludert) er fordelingen 23 % forretningsreiser 77 % fritidstrafikk. Nær halvparten av reisene er ferie-/helgeturer. Tilsvarende høye andeler ferie-/helgeturer finner vi også for den interkontinentale trafikken og for reiser til andre europeiske destinasjoner utenom EU og Norden.

Tabell 2.5: Utenlandstrafikk i 2024 etter destinasjonsregion og reisemål.

Formål	Destinasjon			
	Norden	EU (alle)	Andre Europa	Utenfor Europa
Forretning	38 %	23 %	15 %	18 %
Til/fra arbeid	12 %	9 %	4 %	5 %
Kurs, konferanse	9 %	5 %	4 %	4 %
Andre arbeidsrelatert reiser	17 %	9 %	7 %	9 %
Privat	62 %	77 %	85 %	82 %
Besøke slekt/venner	24 %	20 %	22 %	25 %
Ferie-/helgetur og lignende	29 %	48 %	54 %	48 %
Til/fra studiested	2 %	2 %	1 %	2 %
Annen privat	8 %	7 %	7 %	7 %
I alt	100 %	100 %	100 %	100 %

Figur 2.7 oppdeler hver av de fire kategorier av destinasjoner i høyre kolonne i figur 2.6 etter bosatte i Norge og utlandet og etter fritids- og forretningsreiser. På reiser til/fra nordiske land er bosatte utenfor Norge i solid flertall (62 %), mens det motsatte er tilfelle for trafikken til andre regioner.



Figur 2.7: Utenlandstrafikk i 2024 etter destinasjonsregion, reisemål og nasjonalitet.

Fordelingen mellom nordmenn og bosatte i utlandet har endret seg betydelig de siste 10 årene. Samlet sett ble 54 % av flyreisene til/fra Norge foretatt av bosatte i Norge i 2024. Men går vi 10-11 år tilbake, kan man fra figur 2.5 beregne at andelen er 67 %. Relativt sett er forholdet mest endret for den interkontinentale trafikken. I 2013 ble 26 % av disse reisene foretatt av bosatte i utlandet, mens andelen var økt til 44 % i 2024.

2.4 Reisefrekvenser med fly

2.4.1 Innenlands flyreiser

Totalt ble det gjennomført om lag 13,3 millioner enveisreiser innenlands med fly i 2024¹⁰. Personer bosatt utenfor Norge stod for 2,6 millioner av reisene (20 %), mens bosatte i Norge foretok 10,7 millioner innenlandsreiser med fly. En del av den utviklingen som ble analysert i avsnitt 2.1 kan relateres til befolkningsutviklingen i samme periode. Dersom vi fordeler nordmenns reiser på antall innbyggere, får vi gjennomsnittlig antall flyreiser per person, kalt reisefrekvensen. For innenlandsreiser var reisefrekvensen på 1,9 enkeltreiser i 2024, dvs. litt under en tur/retur reise per år. Tallene inkluderer tilslutningsreiser til utenlandsreiser med fly. Tabell 2.6 viser utviklingen i reisefrekvensen i perioden 2007-2024 for landet totalt og fordelt etter fylke. Reisefrekvensen økte fra 2,2 i 2007 til 2,4 i 2013, men har siden falt. I 2024 var reisefrekvensen bare 1,9, altså lavere enn i 2007, og ligger nå på samme nivå som i 2022. Avinor-statistikk for første halvår 2025 viser imidlertid at innlandsreisene har økt med ca. 4 % i forhold til samme periode året før. Det tilsvarer en liten økning av reisefrekvensen til ca. 2,0, forutsatt at utviklingen fortsetter for resten av året.

Tabell 2.6: Reisefrekvens innenlands (enveisreiser) per år fordelt på fylker 2007-2024.
Reiser med transfer telles én gang.

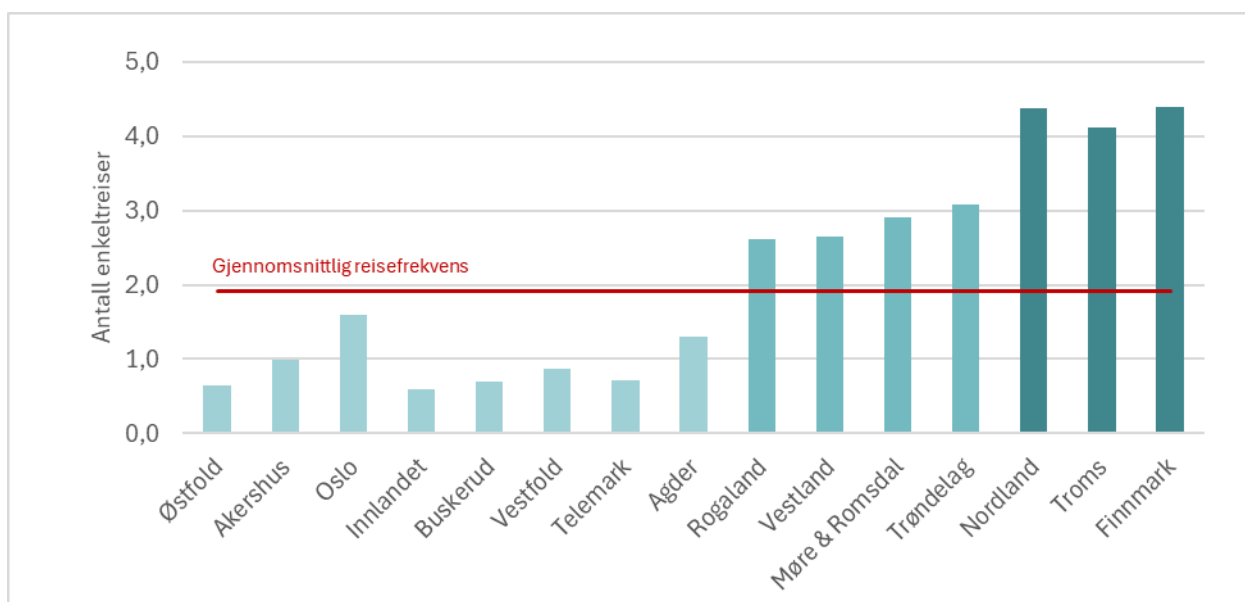
Fylke	Gjennomsnittlig reisefrekvens						1000 reiser i
	2007	2013	2019	2022	2023	2024	2024
Østfold	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	199
Akershus	1,5	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	725
Oslo	1,9	1,9	2,1	1,8	1,6	1,6	1 150
Innlandet	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	225
Buskerud	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7	186
Vestfold	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9	0,9	222
Telemark	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	127
Agder	1,5	1,6	1,6	1,2	1,3	1,3	414
Rogaland	3,2	3,2	3,0	2,5	2,6	2,6	1 304
Vestland	2,8	2,8	2,8	2,6	2,7	2,6	1 726
Møre og Romsdal	3,1	3,4	3,7	2,5	2,8	2,9	785
Trøndelag	3,2	3,9	3,4	2,9	3,0	3,1	1 489
Nordland	4,1	4,8	4,7	4,3	4,6	4,4	1 065
Troms	4,7	6,1	4,7	4,3	4,5	4,1	697
Finnmark	5,0	5,7	4,8	4,0	4,7	4,4	329
I alt	2,2	2,4	2,2	1,9	2,0	1,9	10 643

¹⁰ Her er reiser med mellomlanding telt bare en gang.

Det er store variasjoner i reisefrekvensen mellom ulike deler av landet. Grovt sett kan vi dele landet i tre grupper – Nord-Norge; Østlandet/Agder; Vestlandet/Trøndelag (tabell 2.6 og figur 2.8):

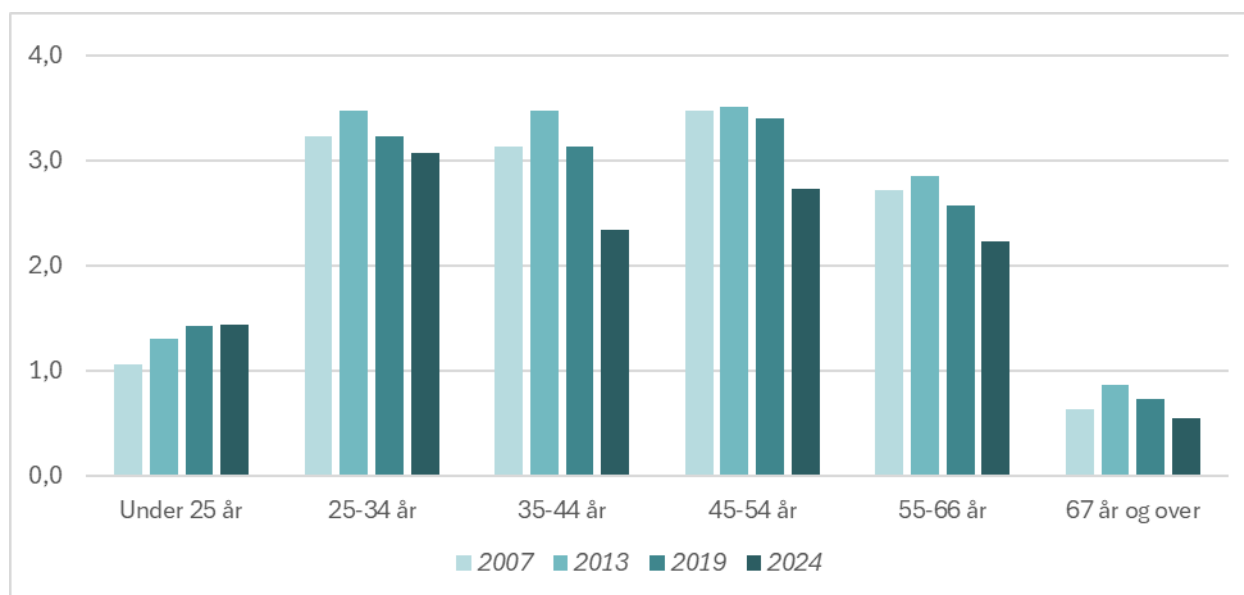
- Bosatte i Nord-Norge reiser vesentlig mer enn bosatte i andre deler av landet, og aller mest reiser de som bor i Finnmark med drøyt fire enkeltreiser i 2024. Finnmarkingene foretar i gjennomsnitt mer enn 7 ganger så mange innenlandsreiser med fly som bosatte i Østfold og Innlandet, som er fylkene med lavest reisefrekvens.
- Generelt er reisefrekvensen lav i alle fylkene på Østlandet og i Agder. I de fleste fylkene er reisefrekvensen under én enkeltreise per år.
- Bosatte i Vestlandsfylkene, Møre og Romsdal og Trøndelag hadde i gjennomsnitt rundt tre enkeltreiser med fly innenlands i 2024, dvs. høyere enn på Østlandet, men vesentlig under bosatte i Nord-Norge.

Med noen få unntak (Innlandet og Vestfold) var reisefrekvensen lavere i 2024 enn for 10 år tilbake. Den er også lavere enn i 2019, og har ikke økt de siste par årene etter at reiserestriksjonene som ble innført under pandemien opphørte og samfunnet normaliserte seg. Størst er reduksjonen blant bosatte i Oslo og Akershus, hvor reisefrekvensen er redusert med henholdsvis 25 og 28 % fra 2019 til 2024.



Figur 2.8: Reisefrekvens innenlands (enveisreiser) i 2024 fordelt på fylker. Reiser med transfer telles en gang.

Figur 2.9 viser reisefrekvenser innenlands etter alder. Reisefrekvensen er høyest i alderssegmentene med høyest andel yrkesaktive (25-54 år), mens den eldste aldersgruppen (>66 år) har færrest reiser. Trenden med fallende reisefrekvenser etter 2013 ser vi igjen i alle aldersgruppene, med unntak av de under 25 år. Denne gruppen har hatt en jevnt økende reisefrekvens med fly siden 2007. De siste fem årene har fallet i reisefrekvens vært størst for de midtre aldersgruppene. I alderssegmentet 35-44 år falt reisefrekvensen med 25 % mellom 2019 og 2024, mens reduksjonen var 20 % for de mellom 45 og 54 år. Dette har sammenheng med at forretningstrafikken har falt mer enn fritidstrafikken (16 % mot 6 % i perioden 2019-2024). Personer i alderen 35-54 år er de som tidligere har stått for majoriteten av forretningsreisene med fly.



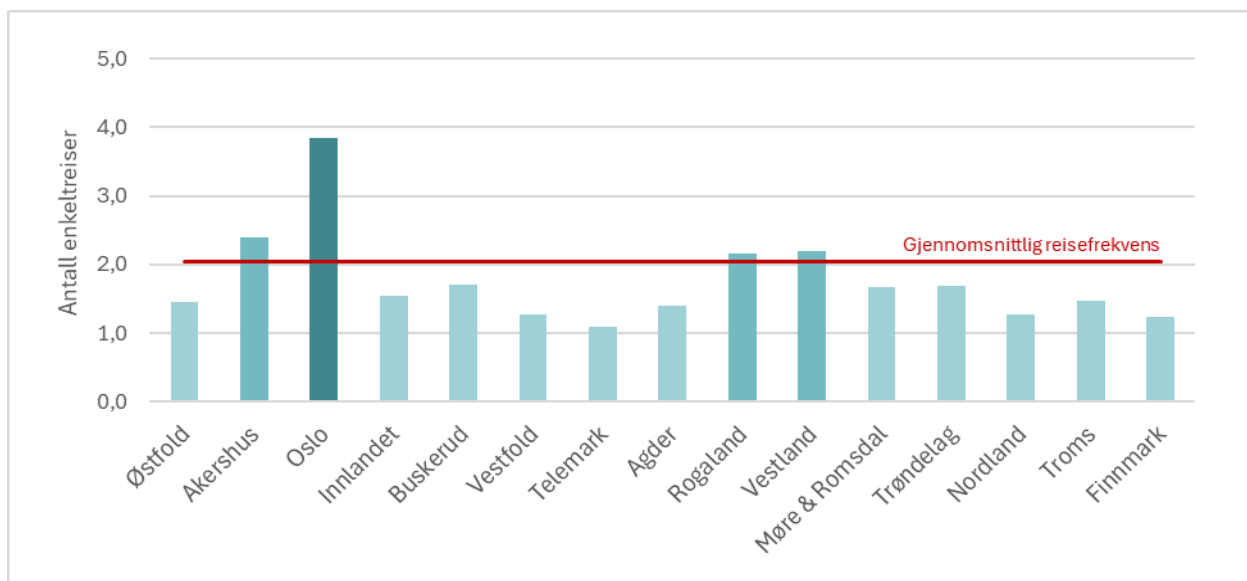
Figur 2.9: Reisefrekvens (enveisreiser) for innenlands flyreiser per år fordelt etter alder. 2007-2024. Reiser med transfer telt en gang.

2.4.2 Reiser til/fra Norge

Tabell 2.7 og figur 2.10 viser reisefrekvenser med fly til og fra utlandet. Nordmenn foretok i alt 11,4 millioner flyreiser mellom Norge og utlandet i 2024. I gjennomsnitt gir dette 2,1 enkeltreiser per bosatt i Norge (ca. én t/r reise), det vil si litt høyere frekvens enn for innlandsreiser, jf. tabell 2.6. Reisefrekvensen for utenlandsreiser økte med 30 % mellom 2007 og 2013, for så å flate ut i perioden 2013-2019. Mens reisefrekvensen innenlands har vært stabil de siste 2-3 årene, økte den for utenlandsreiser fra 2022 til 2023, og fra 2023 til 2024. Her er det ennå innhenting av trafikk etter pandemien, og reisefrekvensen er fortsatt lavere enn nivået før pandemien og i 2013.

Tabell 2.7: Reisefrekvens (enveisreiser) for reiser mellom Norge og utlandet per år fordelt på fylker 2007-2024.

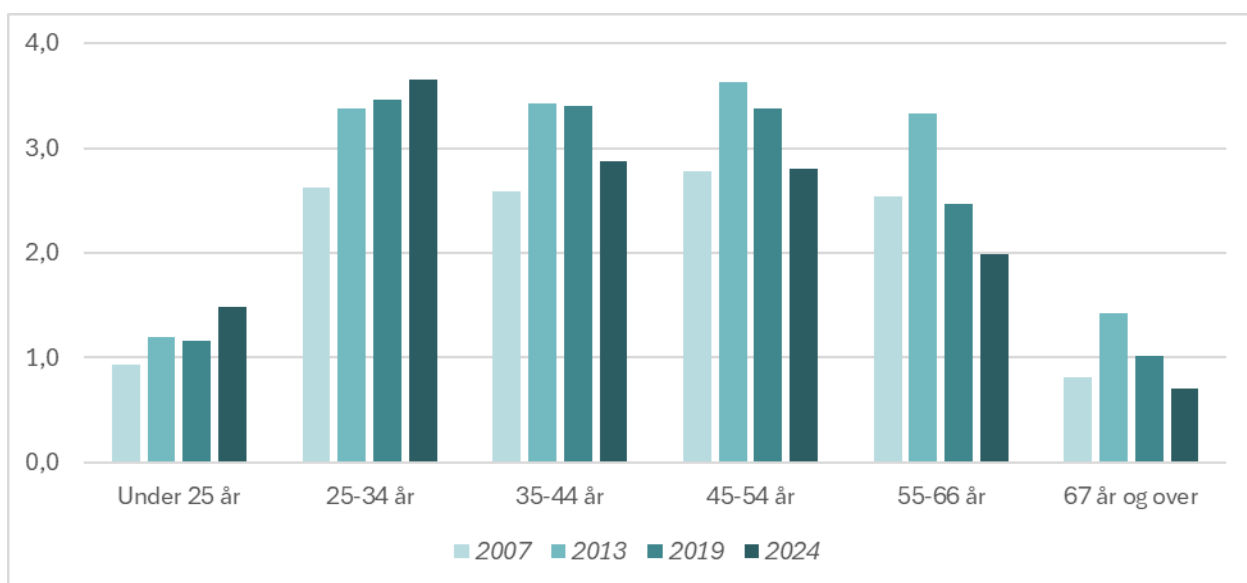
Fylker	Gjennomsnittlig reisefrekvens						1000 reiser i 2024
	2007	2013	2019	2022	2023	2024	
Østfold	1,6	1,2	1,6	1,2	1,2	1,5	455
Akershus	2,6	3,1	2,6	2,2	2,4	2,4	1 750
Oslo	3,6	4,0	4,2	3,6	3,8	3,8	2 759
Innlandet	1,4	1,5	1,6	1,1	1,4	1,5	578
Buskerud	1,7	1,7	1,9	1,4	1,6	1,7	458
Vestfold	2,2	1,1	1,2	1,0	1,2	1,3	328
Telemark	1,7	1,1	1,1	0,7	0,8	1,1	192
Agder	1,3	1,9	1,6	1,2	1,4	1,4	445
Rogaland	2,0	3,5	2,6	2,0	2,1	2,2	1 081
Vestland	1,7	2,9	2,4	1,9	2,2	2,2	1 429
Møre og Romsdal	1,2	2,1	2,0	1,5	1,6	1,7	451
Trøndelag	1,3	2,3	1,9	1,5	1,7	1,7	819
Nordland	0,8	1,4	1,3	1,1	1,2	1,3	310
Troms	1,1	1,7	1,7	1,4	1,5	1,5	251
Finnmark	1,0	1,0	1,5	0,9	0,9	1,2	93
I alt	1,9	2,4	2,3	1,8	2,0	2,1	11 400



Figur 2.10: Reisefrekvens (enveisreiser) for reiser mellom Norge og utlandet i 2024 fordelt på fylker.

Også for utenlandsreiser er det geografiske forskjeller, men de er ikke de samme som for innenlandsreisene. Bosatte i Oslo har klart høyest utlandsreisefrekvens, med 3,8 flyreiser (knappt to t/r reiser) til/fra Norge i 2024. Bosatte i Akershus, Rogaland og Vestland reiser også mer til enn gjennomsnittet. Til sammen indikerer dette, at utlandreiseaktivitet er høyere for de som bor i tilknytning til de store byene. Lavest reisefrekvens til utlandet har de som bor i Nord-Norge og i Telemark. En person bosatt i Oslo reiser i gjennomsnitt 3,5 ganger så ofte med fly til utlandet som en person bosatt i Telemark.

Figur 2.11 viser reisefrekvenser til/fra Norge etter alder. Igjen er det alderssegmentet 25-54 år som har høyest reisefrekvens, mens den eldste aldersgruppen har færrest reiser. I samtlige aldersgrupper økte reisefrekvensen betydelig mellom 2007 og 2013, for så å stagnere/gå tilbake mellom 2013 og 2019. Det totale antall utenlandsreiser med fly som nordmenn foretok i 2024 (11,4 millioner) utgjorde 95 % av nivået i 2019. Figur 2.11 viser at gjeninnhenting er ulikt fordelt på alder. Mens de yngste aldersgruppene (<35 år) hadde høyere reisefrekvens i 2024 enn i 2019, lå reisefrekvensen i de midtre aldersgruppene (35-66 år) 17-18 % under 2019-nivået, mens den lå 31 % under for det eldste alderssegmentet.



Figur 2.11: Reisefrekvens (enveisreiser) for flyreiser til/fra Norge per år fordelt etter alder. 2007-2024.

2.5 Hvem er de flyreisende?

Dataene fra RVU fly viser at reisefrekvensen med fly er betinget av hvor i landet man bor og alder. Data fra Norsk Monitor gir mer utfyllende bakgrunnsinformasjon om de flyreisende, og denne undersøkelsen gir også data om de som ikke bruker fly. I Norsk Monitor stilles følgende spørsmål om flyreiseaktivitet:

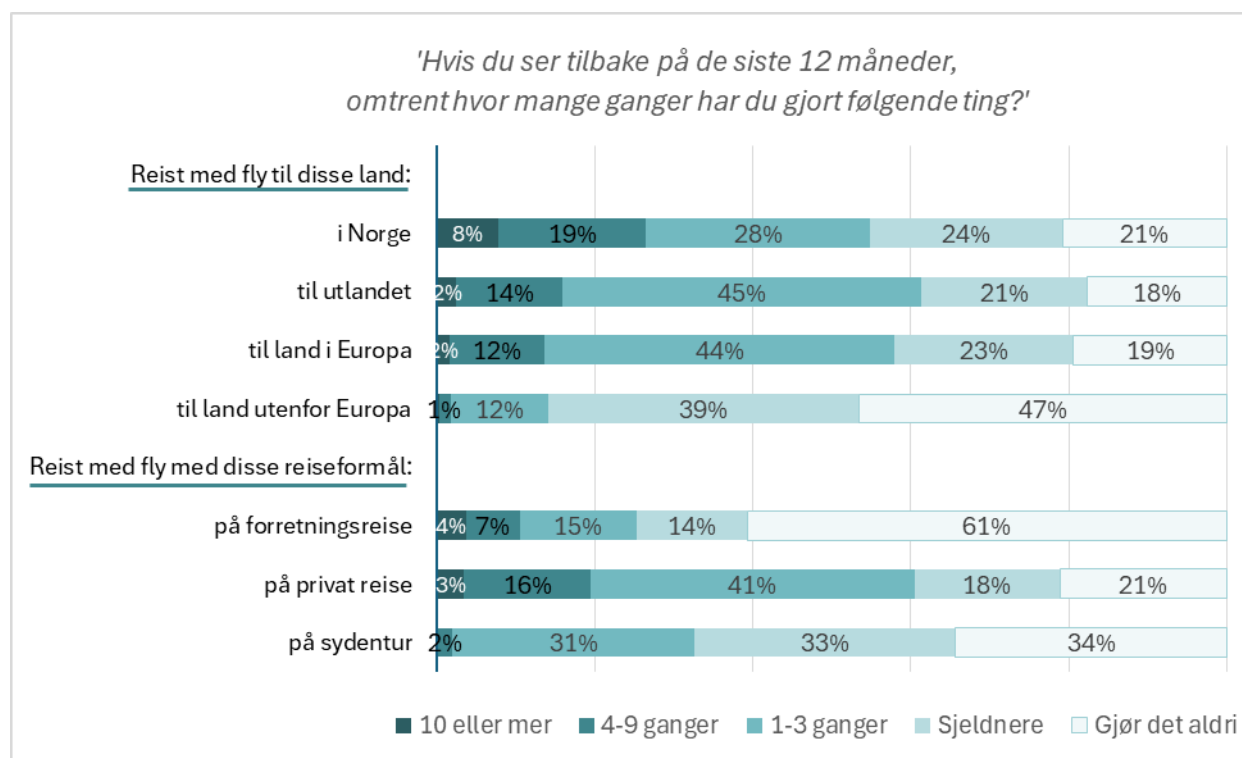
«Hvis du ser tilbake på de siste 12 måneder, omtrent hvor mange ganger har du gjort følgende ting?»

- Reist med fly i Norge
- Reist med fly til utlandet
- Reist med fly til land i Europa
- Reist med fly til land utenfor Europa
- Reist med fly på forretningsreise
- Reist med fly på privat reise
- Reist på sydentur

Svaralternativene var:

☐ «10 ganger eller mer» ☐ «4-9 ganger» ☐ «1-3 ganger» ☐ «Sjeldnere» ☐ «Gjør det aldri».

Figurene under viser svarfordelingen på de enkelte spørsmålene. I 2023 oppga 55 % av befolkningen 15 år og eldre at de hadde foretatt minst én flyreise innenlands de siste 12 månedene, mens 61 % sa at de hadde reist med fly til utlandet minst en gang (**Feil! Fant ikke referanse-kilden.a**). Majoriteten blant dem som hadde foretatt en utenlandsreise hadde reist til en destinasjon i Europa, men hver syvende nordmann (14 %) over 15 år oppga at de hadde foretatt en interkontinental flyreise, ifølge disse tallene.



Figur 2.12: Reisehyppighet med fly i Norge og utlandet og med ulike reisemål.

Kilde: Norsk Monitor 2023.

Bare en mindre del av befolkningen reiser regelmessig på forretningsreiser. Tre ut av fire gjør det aldri eller mindre enn en gang om året. Derimot tar tre av fem en privat flyreise minst én gang i løpet av det siste året og hver tredje har vært på sydentur.

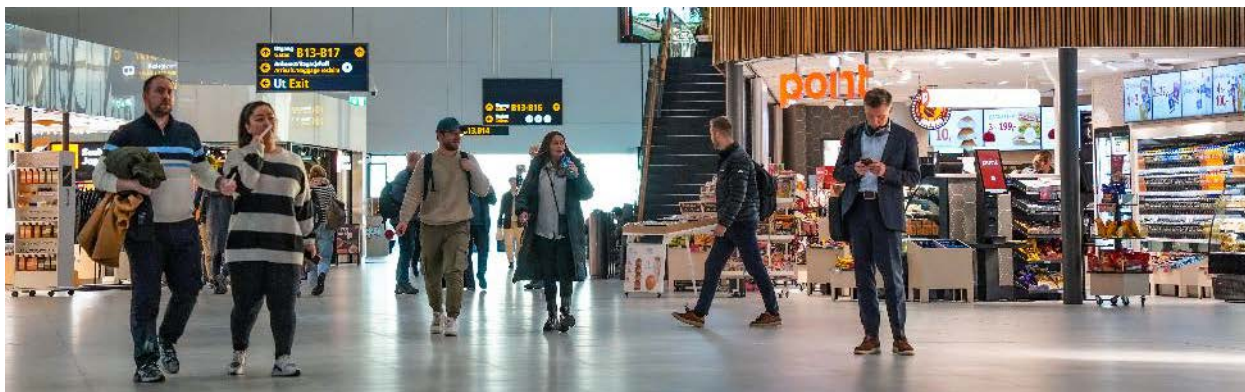
Tabell 2.8 viser andelen innenfor ulike grupper som har foretatt minst én flyreise i løpet av de siste 12 månedene etter reisemål (innenlands, utenlands) og reiseformål (forretningsreise, privat reise, 'sydentur'). I tabell A.1 i vedlegget er det gjengitt resultater fra fem tilsvarende logistisk regresjonsanalyser ('reist med fly') på samme data, som viser kontrollerte effekter av de ulike forklaringsvariablene. Vær oppmerksom på at reisemålene og -formålene er overlappende. Dataene gir følgelig ikke grunnlag for å estimere andelen som har foretatt en forretningsreise/privat reise henholdsvis i Norge og til/fra Norge.

Tabell 2.8: Andel innenfor ulike grupper som oppgir å ha foretatt minst én flyreise siste 12 måneder. Oppdelt på innland og utland og med ulike formål. Kilde: Norsk Monitor 2023.

Vaibabel	Kategori	Andel som har reist med fly (siste 12 måneder)				
		I Norge	Til/fra Norge	Forretningsreise	Privat reise	Syden-tur
Alle	Gjennomsnitt	55 %	61 %	25 %	60 %	33 %
Kjønn	Mann	57 %	61 %	30 %	60 %	32 %
	Kvinne	52 %	62 %	20 %	61 %	34 %
	Gjennomsnitt	55 %	61 %	25 %	60 %	33 %
Utdanning	Grunnskole	44 %	52 %	7 %	42 %	32 %
	Videregående skole	48 %	52 %	15 %	51 %	30 %
	Høyere utd., lavere grad	54 %	61 %	24 %	62 %	32 %
	Høyere utd., høyere grad	67 %	74 %	41 %	73 %	36 %
	Gjennomsnitt	55 %	61 %	25 %	60 %	33 %
Familietype	Før etablering	67 %	68 %	26 %	69 %	35 %
	Småbarnsfamilie	59 %	62 %	39 %	60 %	31 %
	Tenåringsfamilie	57 %	64 %	30 %	64 %	36 %
	Frie voksne	61 %	65 %	37 %	64 %	30 %
	Tomme reder	41 %	56 %	12 %	53 %	31 %
	Gjennomsnitt	55 %	61 %	25 %	60 %	33 %
Alder	15-24 år	62 %	66 %	11 %	62 %	37 %
	25-34 år	63 %	66 %	30 %	67 %	35 %
	35-44 år	60 %	63 %	42 %	65 %	33 %
	45-54 år	61 %	69 %	41 %	67 %	35 %
	55-69 år	52 %	61 %	25 %	59 %	30 %
	70 år eller mer	34 %	43 %	2 %	42 %	27 %
	Gjennomsnitt	55 %	61 %	25 %	60 %	33 %
Sentralitet	Mest sentrale	56 %	73 %	31 %	70 %	37 %
	Nest-mest sentrale	58 %	67 %	30 %	66 %	35 %
	Mellomsentrale 1	53 %	58 %	23 %	55 %	30 %
	Mellomsentrale 2	54 %	54 %	18 %	55 %	32 %
	Nest-minst sentrale	48 %	47 %	20 %	49 %	29 %
	Minst sentrale	53 %	40 %	18 %	46 %	23 %
	Gjennomsnitt	55 %	61 %	25 %	60 %	33 %
Husholdningsinntekt	<300tusen	50 %	46 %	6 %	47 %	22 %
	300-599tusen	38 %	43 %	9 %	43 %	22 %
	600-999tusen	48 %	58 %	18 %	57 %	31 %
	1-1,5 millioner	61 %	67 %	33 %	66 %	36 %
	1,5-2,0 millioner	74 %	78 %	47 %	78 %	43 %
	2,0 millioner+	80 %	87 %	52 %	84 %	49 %
	Gjennomsnitt	55 %	61 %	25 %	60 %	33 %

Oppsummert viser resultatene fra tabell 2.8 og A.1 følgende:

- **Kjønn:** Tabell 2.8 viser at det bare er mindre forskjeller mellom menn og kvinner med hensyn til hvor stor andel av befolkningen som har brukt fly på en reise til utlandet. Derimot er det en høyere andel menn som oppgir å ha foretatt en innenlandsflyreise i løpet av de siste 12 månedene (57 % mot 52 %), og 30 % av den mannlige delen av befolkningen oppgir å ha foretatt en forretningsreise med fly, mot 20 % blant kvinnene. Kontrollert for andre forhold (tabell A.1 i vedlegget) er disse forskjellene signifikante. Tabell A.1 i vedlegget viser også at en høyere andel av den kvinnelige befolkningen har foretatt en 'sydentur'.
- **Utdanning:** Med unntak av 'sydenturer', er reisefrekvens (andel som oppgir å ha reist) positivt korrelert med utdanning.
- **Familietype:** Generelt er andelen som oppgir å ha foretatt en flyreise i løpet av de siste 12 månedene høyere blant dem som er i «før-etableringsfasen», sammenlignet med andre grupper (tabell 2.8). «Tomme reder» (husholdninger hvor barna har flyttet ut) har lavest reiseaktivitet, noe som har sammenheng med at vi her finner pensjonistene. Kontrollert for andre forhold, er det ingen statistiske forskjeller mellom familietyperne med hensyn til andelen som foretar «sydenreiser» (tabell A.1 i vedlegget). Resultatene viser heller ingen signifikante forskjeller mellom personer i «før-etableringsfasen» og «frie voksne». «Frie voksne» er personer uten barn.
- **Alder:** Generelt synker andelen som foretar en reise i Norge eller til/fra Norge når man når 60-årene. For forretningsreiser er det som forventet de midtre alderssegmentene som er med reiseaktive. Det er små forskjeller mellom de midtre alderskategoriene på tvers av reisemål- og formål. Andelen som har foretatt en «sydentur» er forholdsvis jevnt fordelt etter alder. Tabell A.1 i vedlegget viser at det yngste alderssegmentet (15-24 år) har en signifikant høyere andel som har foretatt en reise innenlands, utenlands og for et privat formål sammenlignet med referansegruppen (45-54 år). Det eldste alderssegmentet (70 år og eldre) har på sin side en lavere andel som har foretatt en flyreise innenlands, utenlands og i forbindelse med forretningsmessige formål sammenlignet med referansegruppen.
- **Sentralitet:** Andelen som har reist er gjennomgående høyere i de mest sentrale delene av landet (tabell 2.8). Kontrollert for andre forhold (Se Vedlegg A), gjelder dette primært reiser til/fra Norge og private reiser. For reiser innenlands, har bosatte i «neste mest sentrale strøk» og «mellomsentrale strøk» av landet en høyere andel reiseaktive sammenlignet med bosatte i «mest sentrale strøk».
- **Inntekt:** Det er en sterk positiv sammenheng mellom inntekt og reiseaktivitet. Andelen som oppgir å ha foretatt minst én flyreise i løpet av de siste 12 månedene, er vesentlig høyere i de øverste inntektskategoriene enn i de lavere inntektskategoriene. Effekten er signifikant opp til husholdningsinntekt på 1 million (tabell A.1 i vedlegget).



3 Potensialet for CO₂-reduksjon gjennom lavere reiseaktivitet med fly

Med utsikt til at reiseaktiviteten med fly vil fortsette med å øke framover er det relevant å se på om det er noen flyreiser som vi er villige å droppe; enten helt eller ved å flytte til mer klimavennlige transportformer. Hvis man av klimahensyn vil påvirke veksten i flytrafikken er det også interessant hva som avgjør om og hvor mye vi flyr.

Ifølge en felleseuropeisk undersøkelse er 36 % av nordmenn 18+ år 'veldig' eller 'ekstremt' bekymret for klimaendringene. Det er mitt i spennet blant de 22 landene som deltok i undersøkelsen. I en norsk undersøkelse oppga 29 % "økonomiske forhold" som en barriere for hvor ofte man flyr, men bare 16 % (overlappende) ga "miljø-/klimabekymringer" som forklaring. Rundt halvparten av befolkningen sir (uforpliktende) at de godtar flyavgifter, spesielt hvis de som flyr lengst betaler mest. Litt flere sir at de ville fly mindre hvis prisen ble fordoblet. Frivillige ordninger har derimot begrenset effekt, da bare noen få prosent av passasjerene benytter flyselskapenes ulike muligheter for å klimakompensere flyreisen. Men internasjonal forskning peker på at det er et potensial for å øke andelen, hvis andre "deler byrden".

På reiser som er lengre enn 800-1000 km ser man stort sett ikke noen alternativer til å fly i Norge i praksis, og også på kortere ruter er det vanskelig å erstatte fly med andre transportformer. 45 % av alle innenrikspassasjerer reiser på de tre største innenlandsrutene mellom Oslo og henholdsvis Bergen, Trondheim og Stavanger. De har veiavstander rundt 500 km og det er også flere daglige avganger med tog. Men rundt 2 ut av 3 reisende mellom disse byene tar flyet. I reisevaneundersøkelsen er det bare litt mer enn hver fjerde av disse som sir at de overveide alternative transportformer, og det var oftest tog. Det var mest fritidsreisende og de under 30 år og flere kvinner enn menn og færre blant de med høy inntekt.

En ting er hva man sir man vil gjøre, noe annet er kanskje hva man gjør i praksis, når prisene på flyreiser endrer seg. Empiriske studier av faktisk atferd bekrefter, at man reiser mindre, når billettprisen blir høyere. Basert på litteraturen vurderes det her at når fram til at reiseaktiviteten på norske ruter typisk faller mellom 4 % og 8 %, når prisen øker med 10 %. Korte reiser og fritidsreiser er mest prisfølsomme.



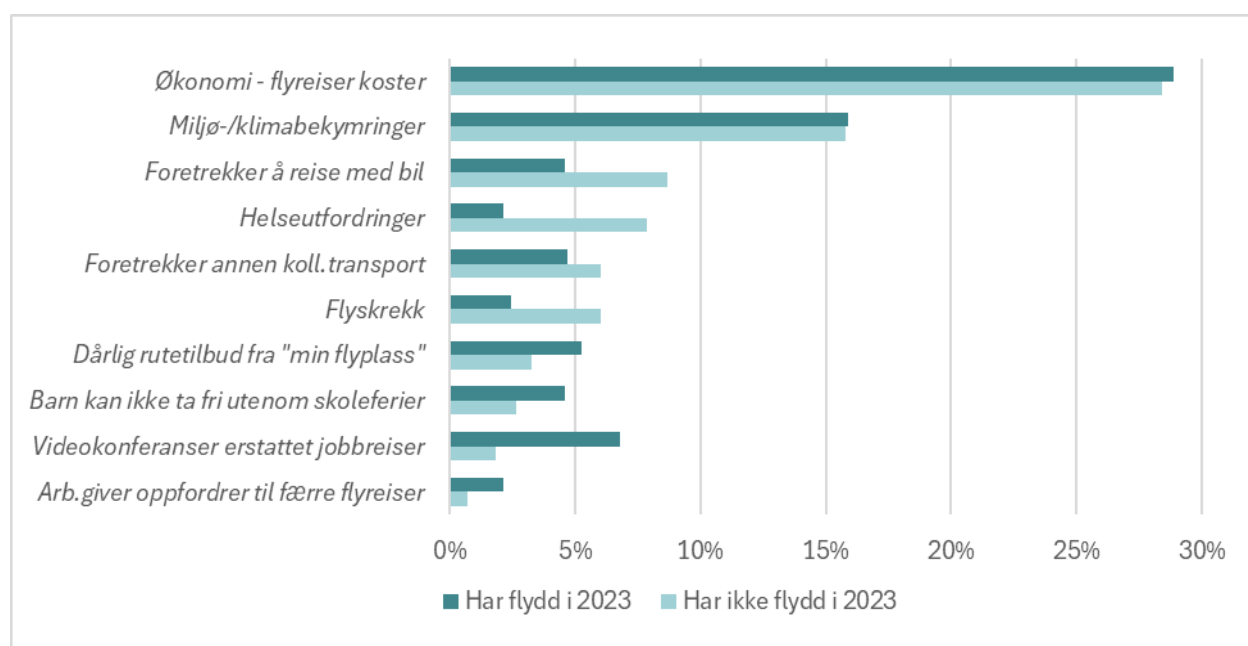
3.1 Holdninger til flyreiser og klima

3.1.1 Flyreiser, økonomi og klimabekymringer

Analysene i kapittel 2 viste at nordmenns fritidsreiser med fly har flatet ut de siste 10 årene, og at antall forretningsreiser er redusert. For forretningsmarkedet er det grunn til å anta at utviklingen speiler strukturelle endringer i kommunikasjon- og reisepraksiser i arbeidslivet, og at pandemien bidro til å befeste samarbeidsformer som vokste fram med utviklingen av digitale kommunikasjonstjenester utover 2000-tallet. Julsrud og Kallbekken (2025) finner for eksempel at kunnskapsintensive bedrifter har etablert sosiale praksiser hvor digitale møter er normalisert, og normer for møtepraksiser er endret. De erfarer også at disse bedriftene har økt søkelys på å redusere klimapåvirkningen fra virksomheten, som innebærer å kutte 'unødvendige' flyreiser og ha strenge krav/forventninger om å benytte mer miljøvennlige transportmidler enn fly.

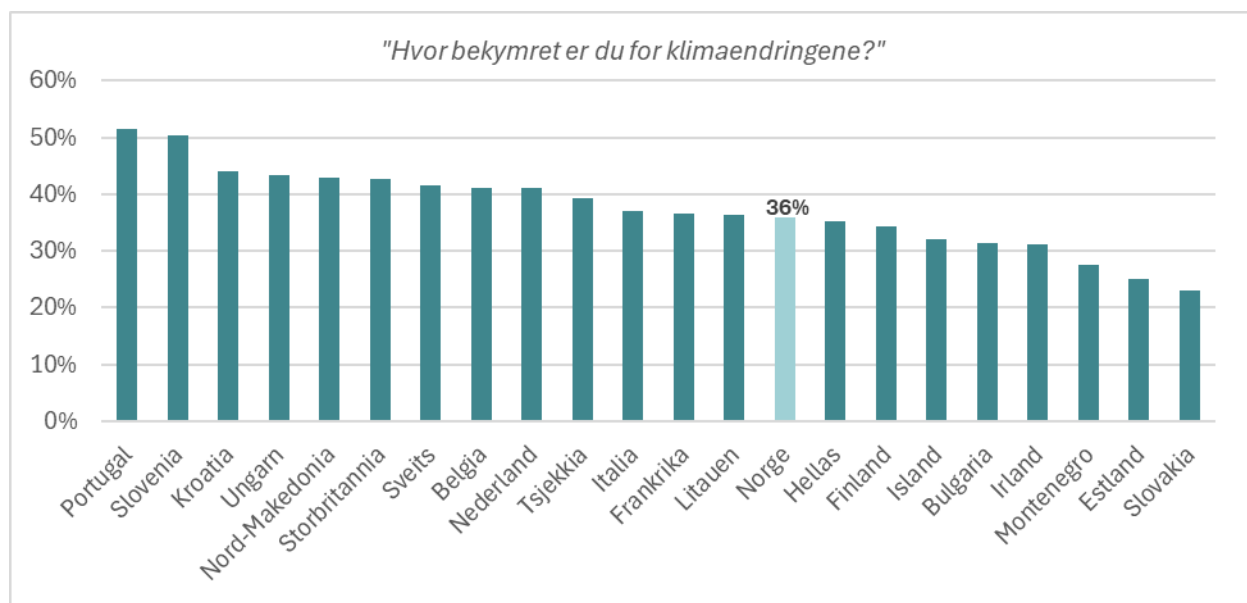
Også reiselivsforskere har stilt spørsmål ved om normene for transportatferd er i endring. Flyreiser er for mange 'låst inne' i vaner og livsstil og støttet av sosiale normer, men forskning viser også at flypassasjerene i økende grad er bevisst de negative konsekvensene av å fly. Mange står overfor hva som omtales som 'flyers' dilemma, det vil si en ambivalens mellom velferdseffekten ved private flyreiser og de negative miljøkonsekvensene det har (Gössling et al., 2020; Higham et al., 2014). I 2018 dukket begrepet 'flyskam' opp, som beskriver en skamfølelse knyttet til det å reise med fly, ut fra et miljøperspektiv. Gössling et al. (2020) hevder at debatten om flyskam bidro til å endre personlige og sosiale normer om flyreiser i Tyskland. Her til lands konkluderte Aasen et al. (2023) med at personlige normer knyttet til å redusere klimagassutslipp fra flyreiser er i endring, men at det så langt bare har begrenset effekt på faktisk atferd.

I Norsk Monitor stilles det spørsmål om hvorfor man ikke foretar flyreiser (hvis man ikke har reist med fly det siste året), alternativt hvorfor man ikke reiser oftere med fly (dersom man har gjennomført en flyreise). Figur 3.1 viser at mens 16 % oppga miljø-/klimabekymringer som årsak, var det 29 % som nevnte økonomiske forhold som en barriere som gjør at man ikke flyr eller flyr mindre enn hva man ellers ville gjort.



Figur 3.1: Årsaker til at man ikke flyr/fly mindre enn man ellers ville gjort. Kilde: Norsk Monitor.

Tall fra Norsk Medborgerpanel fra 2023 viser at litt under halvparten av befolkningen uttrykker at de er svært eller noe bekymret for klimaendringer, tilsvarende som i 2013. Fortsatt er det derfor slik at de fleste av oss ikke er veldig klimabekymret. Dette ser vi også når vi sammenligner oss med andre europeiske land. I den store, felleseuropeiske undersøkelsen *European Social Survey* spørres det også om befolkningens bekymring for klimaendringene (figur 3.2). I henhold til disse dataene er 36 % av nordmenn 18 år og eldre 'veldig' eller 'ekstremt' bekymret for klimaendringene. Det er mitt i spennet blant de 22 landene som deltok i undersøkelsen i 2023. Generelt er det derfor økonomien heller enn klimabekymringer som holder igjen nordmenns reiseaktivitet.



Figur 3.2: «Hvor bekymret er du for klimaendringene?». Andel som svarer «veldig bekymret» eller «ekstremt bekymret».

Kilde: European Social Survey #10.

3.1.2 Miljøavgifter på fly – aksept og effekt

Forskning peker som nevnt på at flyreisende i økende grad er bevisste de negative konsekvensene av å fly, og at mange føler en ambivalens mellom velferdseffekten av å reise og hva dette medfører av miljø- og klimaødeleggelse. Så langt har dette i begrenset grad hatt atferdsmessige konsekvenser i form av redusert reiseomfang. Globalt har flytrafikken hentet seg inn igjen etter pandemien¹¹, og internasjonale prognoser peker mot fortsatt sterk vekst i passasjertrafikken, særlig drevet fram av asiatiske markeder¹². For Norge har TØI utarbeidet trafikkprognoser for Avinors lufthavner som legger til grunn en passasjervekst på 0,5 % per år for innland og 2,9 % per år for utland for perioden 2023-2040 (Thune-Larsen mfl., 2024).

Mange flyselskaper tilbyr i dag frivillig karbonkompensasjon ved at passasjerer kan kjøpe klimakvoter for å veie opp for egne utslipp og/eller frivillig bidra til flyselskapenes innkjøp av bærekraftig flydrivstoff (SAF). Kompensasjonsordninger gir en mulighet for å redusere den kognitive dissonansen man kan føle i avveiningen mellom ønsket om å reise og de negative konsekvensene dette har for miljø og klima. Det er likevel få flypassasjerer som benytter seg av disse ordningene. Ulike studier viser at andelen som klimakompenserer reisen ligger mellom 2 og 10 %, som oftest i den nedre delen av intervallet (Choi &

¹¹ <https://www.iata.org/en/pressroom/2025-releases/2025-01-30-01/>

¹² <https://aci.aero/2025/01/28/joint-aci-world-icao-passenger-traffic-report-trends-and-outlook/>

Ritchie, 2014; McLennan et al., 2014).¹³ Berger et al. (2022) analyserte booking data fra et europeisk flyselskap og fant at for 4,5 % av i alt 63 520 bookinger betalte den reisende klimakompensasjon. Gjennomsnittlig betalingsvilje var ca. 1 euro per tonn CO₂, mens medianverdien var 0 euro. Forfatterne konkluderte med at:

“Aggregated voluntary willingness-to-pay thus dramatically falls short of current prices to offset carbon dioxide...”

Men forskning peker også på at det er et potensial for å øke andelen som klimakompenserer flyreisen, men at det betinger at andre deltar og «deler byrden» (Araghi et al., 2014; de Mello, 2024). Denne *crowding-in*-effekten er godt dokumentert i studier av miljøatferd (Schultz et al., 2016) - før man selv betaler, skal man vite at også andre bidrar.

Flyselskapenes kompensasjonsordninger er blitt kritisert av flere årsaker, blant annet for at tiltakene som midlene går til er ineffektive og at ordningene er uoversiktlige og gir anledning til «grønnvasking» av luftfarten (Becken & Mackey, 2017; de Mello, 2024; Guix et al., 2022). Miljøavgifter på flyreiser vil i motsetning til frivillige ordninger ramme alle som reiser og inntektene vil tilfalle det offentlig. Ulike undersøkelser avdekker betydelig støtte til å avgiftsbelegge flyreiser ut fra et klimaperspektiv. For eksempel viste resultater fra klimaundersøkelsen til Den europeiske investeringsbanken at 72 % av befolkningen i EU-landene støttet en karbonavgift på flyreiser¹⁴. Tilsvarende fant Sonnenschein og Smedby (2019) at tre av fire svensker i prinsippet kunne støtte en karbonavgift på flybilletter, og tilslutningen ble større dersom inntektene ble øremerket klimatiltak heller enn at det var en ren fiskal avgift. Gjennomsnittlig betalingsvillighet ble estimert til SEK 495 per tonn CO₂ for lavkost-flyvinger inntil 2000 km, og SEK 295 per tonn CO₂ for langdistanse-flyvninger. Resultatene viste imidlertid stor spredning.

I en nylig publisert metaanalyse går Wendt et al. (2024) gjennom 31 studier av betalingsvillighet for karbonavgifter på flyreiser (både frivillige ordninger og tvungne avgifter). Generelt fant man at forbrukere er villige til å betale ekstra for tiltak som reduserer klimagassutslipp fra flyreiser, men beløpene varierer betydelig mellom studiene. Gjennomsnittlig betalingsvillighet (målt i 2021-nivå) ble estimert til henholdsvis USD 103 (utvalg 1) og USD 72 (utvalg 2) (ulike forutsetninger lå til grunn for uttrekket av resultater i de to utvalgene). Det var betydelig variasjon i resultatene med standardavvik på USD 135 (utvalg 1) og USD 83 (utvalg 2). Ellers fant man at betalingsvilligheten samvarierte positivt med inntekt, utdanning og miljøholdninger, mens alder og kjønn ikke hadde noen entydig effekt på betalingsvilligheten. Betalingsvilligheten var generelt lavere for frivillige kompensasjonsordninger enn for obligatoriske avgifter/skatter.

Blant studiene som Wendt mfl. (2024) gikk gjennom, var en TØI-undersøkelse fra 2018 (Denstadli & Veisten, 2020; Farstad et al., 2018). Her ble mer enn 1000 personer intervjuet om sine holdninger til og aksept for miljøavgifter på flyreiser. På direkte spørsmål om man godtar en miljøavgift eller ikke, var nesten halvparten (49 %) positive, mens 42 % ikke godtok avgifter, og de resterende var usikre (tabell 3.1). Det var mest gehør (30 %) for avgifter som var utformet slik at de som bidrar mest til CO₂-utslipp (lange reiseavstander og mellomlandinger), også betaler mest.

¹³ Se også aviationbenefits.org

¹⁴ [2019-2020 EIB climate survey \(3/3\)](#)

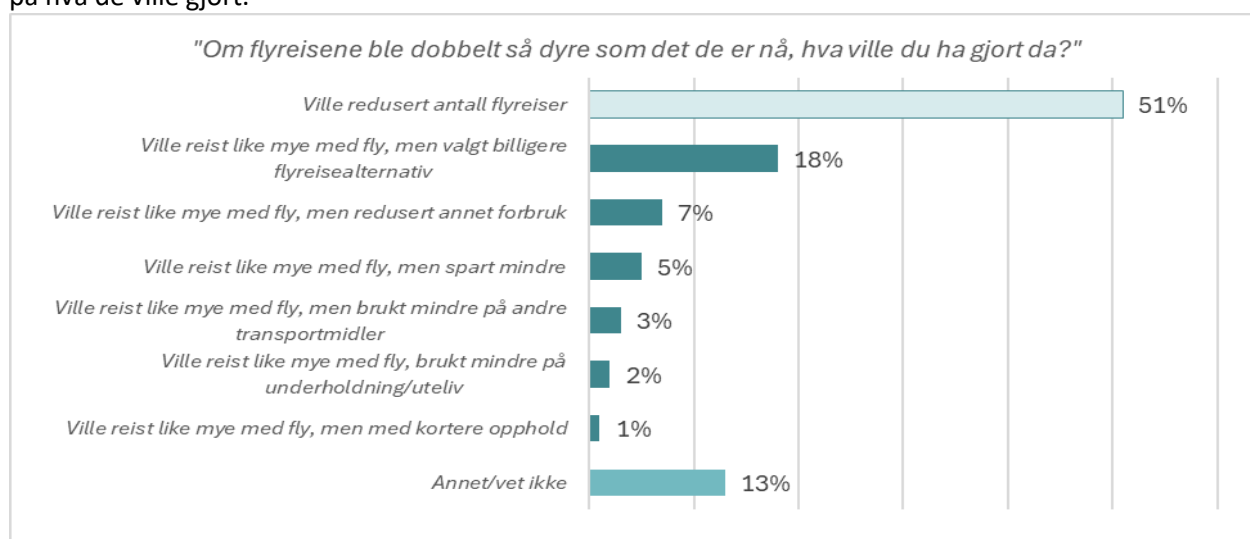
Tabell 3.1: Respons på spørsmål: «Hvilket av følgende utsagn beskriver best din holdning til flyavgifter?»

Kilde: TØI-rapport 1634/2018.

Påstand	Andel
«Jeg godtar avgifter, og synes ingen spesiell avgiftsutforming er bedre enn andre»	9 %
«Jeg godtar avgifter, men avgiften bør være slik at de som bidrar mest til CO2-utslipp (lange reiseavstander) betaler mest»	30 %
«Jeg godtar avgifter, men avgiften bør være slik at alle skal betale det samme, uansett reiseavstand, slik som med dagens avgift»	10 %
«Jeg er mot avgifter, men om det skal være noen avgift, så bør den være slik at alle skal betale det samme, uansett reiseavstand»	8 %
«Jeg er mot avgifter, men om det skal være noen avgift, så bør den være slik at de som bidrar mest til CO2-utslipp betaler mest»	15 %
«Jeg er mot avgifter, og synes ingen spesiell avgiftsutforming er bedre enn andre»	20 %
Usikker/vet ikke	8 %
I alt	100 %

I undersøkelsen skulle respondentene også beskrive en fritidsreise med fly til utlandet som de nylig hadde foretatt (betalt billettpris, reisemotiver, reisefølge etc.). I et scenario ble de forespeilet at billettprisen som de hadde betalt for reisen ville øke på grunn av nye avgifts-reguleringer knyttet opp mot oppfølging av Paris-avtalen (billettprisøkningen varierte i størrelse og ble randomisert til utvalget). En stor andel uttrykte villighet til å betale relativt mye mer for flyreisene. Om lag halvparten sa ja til en prisøkning på ca. 25 %. Medianen for betalingsvillighet lå mellom 400 og 500 kr i økt billettpris tur/retur. Alternative avgifts-utforminger (fiskal avgift versus øremerkinger til ulike spesifiserte klimatiltak) hadde relativt begrenset effekt på villigheten til å betale mer for flybilletten (utvalget sett under ett). Aksepten for å betale avgifter var derimot positivt relatert til inntekt og alder, mens det ikke var noen statistisk sammenheng mellom aksept og kjønn eller utdanning.

Man fikk også et direkte spørsmål om hva man ville gjort dersom flyreisene ble dobbelt så dyre. **Litt over halvparten (51 %) oppga at de da ville redusert antall flyreiser** (figur 3.3). Blant disse, ville drøyt 40 % valgt andre transportmidler og/eller reisemål som det ikke var nødvendig å fly til, mens knapt 60 % ville redusert antall reiser totalt. Ca. en tredel (36 %) ville reist like mye som i dag til tross for doble priser, men redusert på annet forbruk eller spart mindre. De øvrige (13 %) ville gjort noe annet eller var usikre på hva de ville gjort.



Figur 3.3: Respons på spørsmål: «Om flyreisene ble dobbelt så dyre, hva ville du gjort da?»

Kilde: TØI-rapport 1634/2018.

Oppsummert kan man si at frivillige ordninger har begrenset effekt. Det er likevel forholdsvis bred aksept for miljøavgifter (hvor alle betaler) på flyreiser. På direkte spørsmål (vel og merke uforpliktende), godtar halvparten av utvalget i TØI-undersøkelsen slike avgifter. Tiltakene oppleves som mer akseptable hvis de som bidrar mest til CO₂-utslippene også må betale mest. Dette ser man også i andre undersøkelser. Selv om TØI-studien fant at alternative avgiftsutførelser hadde begrenset effekt på betalingsvilligheten, viser undersøkelser fra Sverige at betalingsvilligheten er høyere dersom inntektene øremerkes tiltak som reduserer klimagassutslipp (Sonnenschein & Smedby, 2018).

3.2 Overflytning til mindre klimabelastende transportformer

Geografiske og topografiske forhold, og mangel på alternative transportformer, gjør fly til en viktig reisemåte i Norge. Sammenlignet med de fleste andre europeiske land, er nordmenns reisefrekvens med fly høy, særlig når det kommer til innenlands flyreiser¹⁵. De tre største flyrutene i Norge er Oslo-Trondheim (1,9 millioner reisende i 2024), Oslo-Bergen (1,8 millioner reisende i 2024) og Oslo-Stavanger (1,5 millioner reisende i 2024)¹⁶. Til sammen har de 45 % av alle passasjerene på norske innenriksruter, og de er alle blant de 10 mest trafikkerte innenriksrutene i Europa. Mellom disse byene er buss og tog alternative kollektive reisemåter, men med betydelige reisetidsulempene. Tabell 3.2 viser reisetidsulempene med tog sett opp mot fly¹⁷. Mellom Oslo og Stavanger er reisetidsulempen i gjennomsnitt 4 timer og 28 minutter. Mellom Oslo og Bergen og Oslo og Trondheim er den henholdsvis 3 timer og 20 minutter og 3 timer og 3 minutter.

Tabell 3.2: Gjennomsnittlig reisetid (i minutter) med fly og tog mellom bykommunene Oslo (inkl. Bærum) og Bergen/Trondheim/Stavanger. Kilde: TØI-rapport 2078/2025.

	Reisetid (minutter, alle reiser)		Reisetidsulempe (minutter)		
	Fly	Tog	Alle reiser	Forretning	Fritid
Oslo-Bergen	235	440	205	217	197
Oslo-Trondheim	258	441	183	193	175
Oslo-Stavanger	232	500	268	278	261

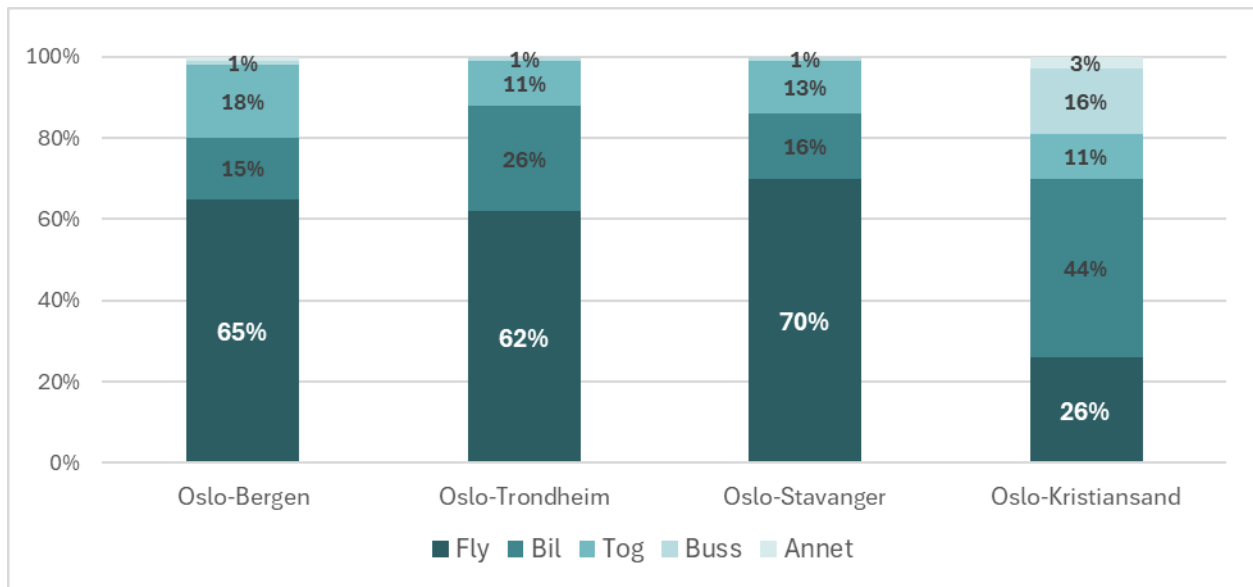
Figur 3.4 viser transportmiddelfordelingen på disse strekningene, i tillegg til Oslo-Kristiansand, hvor reistidsfordelen ved fly i forhold til konkurrerende transportformer er mindre. Tallene viser reiser mellom de enkelte bykommunene, inkludert omegnskommuner¹⁸.

¹⁵ <https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/information-data/air-transport>

¹⁶ Passasjertallene inkluderer også passasjerer på den omvendte relasjonen og reisende med videre forbindelse (transferreiser).

¹⁷ Reisetidsulempene er beregnet for flypassasjerer basert på opplysninger fra RVU fly om start- og endepunkt for reisene. RVU fly gir informasjon om flypassasjerenes bosted (postnummer) og endelige reisemål (kommune). I tillegg foreligger det informasjon om oppmøtetid på flyplassen. Beregningene er gjort for reiser mellom de respektive kommunene Oslo (inkl. Bærum), Bergen, Trondheim og Stavanger (se TØI-rapport 2078/2025). Denstadli, J. M., Farstad, E., Grue, B. & Veisten, K. (2025). Økt marked for fjerntogene? . Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=79179>

¹⁸ Resultatene er basert på Nasjonal RVU 2013/14. Per i dag foreligger ikke nyere tall.



Figur 3.4: Reisemiddelfordeling på reiser mellom Oslo og Bergen/Trondheim/Stavanger/Kristiansand.

Kilde: Nasjonal RVU 2013/14.

Oppsummert viser figuren:

- Flyet dominerte på de tre store relasjonene, og hadde en høyst markedsandel på Oslo-Stavanger (70 %). Lengre reiseavstand samt høyere innslag av forretningstrafikk bidrar til det.
- Mellom Oslo og Trondheim ble hver fjerde reise foretatt med bil.
- Oslo-Bergen hadde høyest togandel (18 %).
- Variasjonen i transportmiddelbruk var størst på reiser mellom Oslo og Kristiansand, hvor buss hadde et betydelig marked. Bare hver fjerde reise foregår med fly, 44 % av reisene gjøres med bil.

I RVU fly stilles spørsmål om man vurderte andre reisemåter enn fly på den aktuelle reisen. Dette er et uforpliktende spørsmål, men sier likevel noe om mulighetene for å overføre trafikk fra fly til andre transportformer. Tabell 3.3 viser hvor stor andel av flypassasjerene på de fire strekningene som vurderte andre transportmidler, og hvilke transportmidler som var aktuelle. Tallene refererer til endepunkts-trafikk (reiser uten videre forbindelse/transfer).

Samlet sett oppga 29 % av flypassasjerene på disse strekningene at de hadde vurdert andre transportmidler på den aktuelle reisen. Dette tilsvarer i underkant av 1 million reiser. Blant disse vurderte 67 % tog, 26 % bil og 7 % buss.

Tabell 3.3: Andel av flyreisene hvor passasjerer oppgir å ha vurdert andre transportmidler (antall reiser i parentes).
Kilde: RVU fly

	Vurderte transportmidler				
	Kun fly	Buss	Bil	Tog	I alt
Oslo - Bergen	70 % (880 000)	1 % (20 000)	7 % (85 000)	22 % (270 000)	100 % (1 255 000)
Oslo - Trondheim	70 % (775 000)	2 % (20 000)	7 % (80 000)	21 % (235 000)	100 % (1 110 000)
Oslo - Stavanger	75 % (675 000)	2 % (20 000)	8 % (70 000)	15 % (130 000)	100 % (895 000)
Oslo - Kristiansand	62 % (95 000)	8 % (12 000)	16 % (25 000)	14 % (21 000)	100 % (153 000)

Oppsummert viser tabellen:

- Andelen som kun vurderte fly er høyest på Oslo-Stavanger (75 %) og lavest på Oslo-Kristiansand (62 %). Disse tallene speiler at andelen som har tatt flyet er høyst på Oslo-Stavanger og lavest på Oslo-Kristiansand.
- Anslagsvis ligger det et potensial for å overføre mellom 600 og 700 000 flyreiser til tog i disse markedene. Dette er betydelig sett opp mot totaltrafikken på fjerntogstrekningene¹⁹.
- I de to største markedene (Oslo-Bergen/Trondheim) oppgir 22 % at de vurderte tog, mens bare 10 % gjorde det samme på strekningen Oslo-Kristiansand, og 15 % på Oslo-Stavanger.
- Om lag 70 % av overføringspotensialet til tog ligger i fritidsmarkedet. Unntaket er Kristiansand hvor 13 000 av de 21 000 'overførbare' reisene er knyttet til forretningstrafikk.

Den viktigste årsaken til at flypassasjerene ikke hadde vurdert andre reisemåter er ikke overraskende tidsbruk. Om lag 80 % av flypassasjerene som ikke vurderte andre transportformer oppga «andre reisemåter tar for lang tid» som den viktigste årsaken. Dette gjelder alle strekningene.

Tabell 3.4 viser hvordan kjennetegn ved reisen og flypassasjerer samvarierer med tilbøyeligheten til å ta tog. Gjennomsnittene gir andelen flypassasjerer i de ulike gruppene som oppgir å ha vurdert tog på reisen de foretok. Tallene gjelder alle fire strekninger samlet. Oppsummert viser tabellen:

- **Alder:** Det yngste alderssegmentet viser størst tilbøyelighet til å erstatte flyreisen med en togreise, mens flypassasjerer i 50-årene uttrykker minst interesse i å vurdere tog.
- **Kjønn:** Kvinner er mer tilbøyelige til å vurdere tog enn menn.
- **Formål:** 20 % av flypassasjerer som var på fritidsreise på disse strekningene vurderte tog, mot 11 % av forretningsreisende.
- **Inntekt:** Tilbøyeligheten til å gå over til tog er fallende med økende inntekt.
- **Reisetidsulempe:** Gjennomsnittlig reisetidsulempe blant dem som vurderte toget som alternativ reisemåte var 227 minutter, mot 240 minutter blant dem som ikke vurderte tog.

¹⁹ Beregningene er basert på data innhentet i 2022. Smittevernreglene som ble innført i forbindelse med korona-situasjonen ble opphevet i februar 2022, men 2022 kan likevel ikke sies å ha vært et «normalår» med hensyn til reiseaktivitet. Hvorvidt dette har påvirket andelen som oppga andre transportmidler som alternativ reisemåte, har vi ikke grunnlag for å si noe bestemt om. Det vil også være en potensiell «lekkasje» andre veien, dvs. at reisende med buss, tog og bil vurderer flytransport. Omfanget av det har vi imidlertid ikke informasjon om.

Tabell 3.4: Deskriptiv statistikk for «vurderte å ta tog» etter kjennetegn ved flypassasjerer og reisen. Reiser på de fire strekningene fra tabell 3.3 samlet. Kilde: RVU fly/TØI-rapport 2078/2025.

		Gjennomsnitt	Std.avvik
Alder	Under 30 år	0,27	0,443
	30 – 39 år	0,21	0,407
	40 – 49 år	0,16	0,370
	50 – 59 år	0,12	0,328
	60 – 69 år	0,16	0,365
	70 år+	0,22	0,413
Kjønn	Kvinne	0,23	0,419
	Mann	0,17	0,375
Formål	Forretningsreise	0,14	0,345
	Fritidsreise	0,25	0,431
Husholdningsinntekt	Under 300'	0,31	0,460
	300' – 499'	0,19	0,396
	500' – 749'	0,20	0,400
	750' – 999'	0,19	0,389
	1,00 – 1,49 mill.	0,15	0,355
	1,5 mill. og over	0,14	0,351
Reisetidsulempe	Vurderte ikke tog	228 min	52
	Vurderte tog	218 min	45

Den deskriptive statistikken i tabellen tar ikke høyde for at kjennetegnene samvarierer. For eksempel kunne de tenkes at menn i mindre grad enn kvinner vurderte å ta tog fordi menn også i høyere grad drar på forretningsreise: De som tar forretningsreise også i mindre grad vurderte å ta tog sammenliknet med de fritidsreisende. For å finne kontrollerte effekter er det estimert logistiske regresjonsmodeller for de enkelte strekningene. Resultatene er vist i tabell A.2 i vedlegget. Tabell 3.5 oppsummerer resultatene. Plusstegn indikerer signifikant positiv sammenheng mellom variabelen og tilbøyeligheten til å reise med tog, minustegn indikerer signifikant negativ sammenheng, mens 0 indikerer ingen signifikant sammenheng mellom variabelen og tilbøyeligheten til å reise med tog.

Tabell 3.5: Oppsummerte resultater fra logistisk regresjonsanalyser. Kilde: RVU fly/TØI-rapport 2078/2025.

	Fritidsreise	Alder	Kvinne	Inntekt	Tidsulempe
Oslo-Bergen	++	-	+	--	--
Oslo-Trondheim	++	-	++	--	--
Oslo-Stavanger	++	-	0	0	--
Oslo-Kristiansand	0	+	+	0	0

Oppsummert viser tallene:

- **Fritidsreise:** Med unntak av Oslo-Kristiansand, viser resultatene at tilbøyeligheten til å vurdere tog er høyere blant flypassasjerer som er på fritidsreise enn blant dem som er på forretningsreise.
- **Alder:** Referansegruppen (dvs. gruppen som man sammenligner med) er flyreisende under 30 år. Generelt er fortegnet negativt, dvs. at de fleste aldersgruppene viser mindre tilbøyelighet til

å vurdere tog sammenlignet med de under 30 år. Personer i 50-årene peker seg ut som de mest skeptiske til å erstatte fly med tog. På strekningen Oslo-Kristiansand er det den eldste aldersgruppen (70 år og eldre) som er mest positive til å vurdere tog.

- **Kvinne:** Gjennomgående finner vi en positiv sammenheng her, dvs. at kvinnelige flypassasjerer i større grad vurderer tog som alternativ reisemåte. Unntaket er Oslo-Stavanger.
- **Inntekt:** For Oslo-Bergen og Oslo-Trondheim finner vi en signifikant negativ sammenheng, dvs. redusert sannsynlighet for å vurdere tog med økende inntekt.
- **Tidsulempe:** Gjennomgående viser resultatene en negativ sammenheng mellom reisetidsulempen og om man vurderer tog, dvs. jo større reisetidsulempe, jo mindre tilbøyelig er flypassasjerene til å vurdere tog. Statistisk signifikant for alle strekningene, med unntak av Oslo-Kristiansand.

3.3 Reiseetterspørselens følsomhet over for billettprisendringer²⁰

De to foregående avsnittet har sett på intervjuundersøkelser av befolkningens holdninger til flyreiser og klima og til å endre reiseatferd. Opplysning om klimaeffektene av flyreiser og alternative reisemuligheter kan påvirke disse holdningene og derigjennom reiseatferden i mindre klimabelastende retning, men som vi har sett vil økonomiske hensyn og ønsket om kort reisetid i mange tilfeller begrense disse påvirkningsmulighetene. Klimapolitiske tiltak vil ofte søke å bruke økonomiske insitamenter til å endre atferden. Det kan for eksempel være gjennom avgifter eller andre tiltak som gjør det dyrere å fly. Disse tiltakene virker typisk på den måten at det umiddelbart er luftfartsselskapene som betaler disse avgiftene og helt eller delvis velter over økte kostnader i høyere billettpriser på flyreiser.

Det finnes klar vitenskapelig evidens for at virkemidler som rettes mot å øke flybillettprisene, vil resultere i mindre reiseaktivitet, og at det vil gi færre flyavganger og derigjennom mindre drivstofforbruk og CO₂-utslipp sammenliknet med en tilsvarende situasjon uten tiltaket. Større prisøkning vil gi større reisereduksjon, men i litteraturen er det betydelige forskjeller i estimatene på hvor stor effekten av en gitt prisøkning vil være. Videre er det også dokumentert at effekten vil avhenge av den konkrete situasjonen og variere på tvers av befolkningen, men klar sammenheng med en rekke demografiske og økonomiske indikatorer.

I økonomiske analyser bruker man såkalte elastisiteter som kvantitativt mål for hvor prisfølsom etterspørselen er over for en generell økning av prisen på et produkt, for eksempel flyreiser. Etterspørsel elastisiteten med hensyn til pris på ruten (priselastisiteten) er definert som den prosentvise endringen i etterspørselen dividert med den prosentvise prisendringen (ved små prisendringer²¹).

²⁰ Dette avsnittet er hovedsakelig basert på TØI-rapport 1878/2022 avsnitt 3.3, som beskriver de elastisitetene som er lagt inn som 'default'-verdier i PACER-modellen.

²¹ Mer presist: egenpriselastisiteten

$$e = dQ/dP \times P/Q \quad Q = \text{etterspørselen og } P = \text{prisen.}$$

For å kunne regne på mer enn *uendelig* små prisendringer, er det normalt å anta, at etterspørselen er isoelastisk (dvs. har konstant elastisitet) på den relevante delen av etterspørselskurven, og kan da beregne den *prosentvise* etterspørselsendringen $\Delta\%Q$ som

$$\Delta\%Q = (1 + \Delta\%P)^e - 1$$

Basert på økonomisk teori om forbrukeratferd vil vi forvente følgende om flypriselasititetene:

- *Forretningsreisende er mindre prisfølsomme enn fritidsreisende*, fordi tidsverdiene er høyere for business-reiser, så fleksibilitet og avgangstidspunkt veier tyngere enn for privatreiser.
- *Prisfølsomheten avtar på lengre avstander*, hvor andre transportformer blir mindre relevante som alternativer. Ved de korte reisene er tilbringerreisen til lufthavnene også en større ulempe for fly sammenlignet med bil.
- *Prisfølsomheten er større på lang sikt enn på kort sikt*, fordi man har bedre muligheter for å tilpasse seg på lang sikt, så man ikke må fly. I denne rapporten ser vi fram mot 2050, hvilket ubetinget er lang sikt for priselasititeter.
- *Prisfølsomheten er mindre ved generelle prisendringer*, sammenliknet med hvis man bare ser på endringer på én rute eller et delmarked, fordi alternative ruter og alternative destinasjoner også blir dyrere, når prisendringene er generelle.

Disse sammenhenger bekreftes også i de fleste empiriske undersøkelser. En masters-oppgave fra Høyskolen i Molde (Kucherenko & Dybvik, 2019) foretar en meta-studie av priselasititeter fra litteraturen og estimerer statistiske sammenhenger med en rekke forklarende variable basert på 443 priselasititeter fra hele verden:

- For *fritidsreisende* i Europa fås en priselasitet på $-0,76$ med standardavvik på $\pm 0,17$. Det betyr at en prisøkning på 1% reduserer reiseomfanget med 0,76%.
- For *forretningsreisende* er det et tillegg på $+0,48$ ($\pm 0,15$), dvs. en priselasitet på ca. $-0,3$, som altså svarer til en lavere prisfølsomhet sammenliknet med fritidsreisende.

Meta-studien estimerer priselasititeter for Europa, som er noe lavere enn hva studier for norske flyreisende har funnet. Vi legger til grunn at dette kan skyldes nordmenns høyere inntektsnivå enn gjennomsnittet for Europa, og i tillegg at Norges geografi gjør bakketransport til et mindre konkurransekraftig alternativ enn i resten av Europa.

Samlet vurderes en priselasitet på $-0,7$ å være beste estimat for norske fritidsreiser til Europa med litt større prisfølsomhet for innenlandsreiser og litt mindre for interkontinentale reiser. Videre vurderes metastudiets forskjell i prisfølsomhet mellom fritids- og business-reiser å være i overkanten og vi legger derfor $+0,2$ til grunn. Til sammen gir dette de priselasititetene, som er vist i tabell 3.6 for den segmentering i fire kategorier som er lagt til grunn i PACER-modellen (se avsnitt 5.1). For en mer utførlig argumentasjon henvises til TØI-rapport 1878/2022 Avsnitt 3.3.

Tabell 3.6: PACER-modellens priselasititeter, oppdelt på segment og på fritids- og forretningsreiser.

Rutesegment	Priselasitet		
	Fritidsreiser	Forretningsreiser	Alle reiser (vektet)
Total (vektet)	-0,69	-0,53	-0,71
FOT-reiser	-0,8	-0,6	-0,74
Regionale reiser	-0,8	-0,6	-0,74
Nasjonale reiser	-0,8	-0,6	-0,76
Europeiske reiser	-0,7	-0,5	-0,66
Interkontinentale reiser	-0,6	-0,4	-0,56

Kilde: TØI-rapport 1878/2022 Tabell 3.2.

Endringene i etterspørselen gir ikke direkte anledning til en tilsvarende reduksjon i antallet av avganger for de enkelte rutene. Antallet av avganger per dag eller uke kan ikke endres kontinuert. Det vil være situasjoner hvor antallet av avganger vil være uendret for å opprettholde et tilfredsstillende tilbud. I andre tilfeller vil passasjeredgangen være akkurat det som får et selskap til å legge ned en rute.

Mellom disse ytterpunktene er det mulig å redusere avganger per dag, eventuelt bare delvis ved å forlenge en lavfrekvent periode, da antallet av avganger varierer over året for mange ruter. For et rutesegment med mange ruter er det samlet sett derfor en rimelig brukbar antakelse at det etter hvert gjennomsnittlig vil skje endringer i antallet av avganger prosentvis svarende til endringene i passasjer-tallet.

Som illustrasjon av konsekvensene av priselastisitetene kan nevnes en eksempelberegning med PACER-modellen fra TØI-rapport 1878/2022. Scenario A i denne rapporten illustrerte konsekvensene av et norsk tiltak med 30 % SAF-innblanding for alle avganger fra norske lufthavner. Med en antatt merpris på SAF beregnede PACER-modellen en økt billettpris på gjennomsnittlig 3,6 % for alle reiser fra norske lufthavner, og at dette ville gi en passasjeredgang på 2,5 %. Reduksjonen i fossilt drivstofforbruk ble derfor ikke bare de 30% fra SAF-innblanding, men 32,5 % som følge av etterspørselseffekten (rapportens tabell 4.1).



4 Dagens verdikjeder, aktører, teknologier og energibærere i Norge

Dette kapitlet beskriver norsk luftfart fra et verdikjedeperspektiv med fokus på den kommersielle luftfarts energiforbruk og klimaomstilling.

Flyprodusentene har sammen med motorprodusentene en avgjørende rolle å spille gjennom utviklingen av nye fly som løpende har blitt mer energieffektive. 'Single aisle' jetflyet med 3+3 seter på tvers er "arbeidshesten" i dagens luftfart. Denne flytypen produseres bare av Airbus og Boeing. Disse er også de eneste produsentene av de større 'twin aisle' jetflyene som stort sett bare benyttes på lange avstander, f.eks. interkontinentalt. På korte avstander og på ruter med få passasjerer benyttes også mindre 'turboprop' eller 'regional jets'.

Med rundt 250 innenlandsruter har Norge eksepsjonelt mange flyruter i forhold størrelse og befolkning. Halvparten av disse er såkalte FOT-ruter, som har få passasjerer og derfor må drives med statsstøtte. Landet har 47 lufthavner med rutetrafikk, hvorav 43 eies og drives av det statlige selskapet Avinor. Halvparten av lufthavnene er sentrale deler av transportinfrastrukturen i det tynt befolkede Nord-Norge.

Innenlandsmarkedet domineres av flyselskapene Norwegian, SAS og Widerøe, som har 70 % av passasjerene på de 280 utenlandsruter. Widerøe, som i 2023 ble en del av Norwegian, opererer stort sett bare i Norge med turboprop og noen få regional jets. Både Norwegian og SAS forventer å ha gjennomført en full flåtefornyelse til mer energieffektive fly i 2030. Widerøes flåtefornyelse vanskelig gjøres av at det i dag (2025) ikke produseres fly som en-til-en kan erstatte de nåværende eldre turboprop flyene, som i dag betjener kortbane-nettet.

Det er fem leverandører av flydrivstoff på det norske markedet, som alle leverer til Oslo lufthavn, hvor 60 % av drivstoffet leveres. Ytterligere 15 % leveres til de tre nest største lufthavner i Bergen, Stavanger og Trondheim. På det fleste andre flyplasser er det bare én leverandør, i noen tilfeller som samarbeid mellom to leverandører. De 0,5 % som er bærekraftig drivstoff (SAF) importeres i dag fra utlandet. Blir elfly en realitet, vil det på sikt skje en vesentlig utbygging av kraftinfrastrukturen til og i lufthavnene.

Reguleringen av luftfarten har en viktig rolle av sikkerhetshensyn. Sikkerhets-kravene er i hovedtrekk standardisert internasjonalt i regi av ICAO globalt og EASA i Europa med en begrenset selvstendig rolle for norske luftfartsmyndigheter.



Foto: Shutterstock

4.1 Flyprodusenter

På markedet for fly skiller man mellom 'private jets' og 'commercial jets'. Private jets er mindre fly som enten eies av personer, firmaer og stater til eget bruk eller utleies til samme bruk tilsvarende henholdsvis private biler eller drosjer. Private jetfly står for en ganske liten del av reisene og globalt for cirka 2 % av CO₂-utslippene fra flyreiser (T&E, 2021, s. 24).

Kommersielle fly er større fly som i de aller fleste tilfeller brukes til rutefly eller charterfly tilsvarende henholdsvis kollektivbusser og turbusser. Rutefly flyr regelmessig mellom to lufthavner etter en tidstabell, hvor man kan kjøpe billett til en avgang. Charterfly flyr ikke etter offisiell rutetabell, men leies av et selskap til å fly til en gitt destinasjon på et gitt tidspunkt.

I det følgende fokuserer rapporten på kommersielle fly, som står for 99 % av CO₂-utslippene fra norsk luftfart²². Ruteflyene er i dag dominerende. Før i tiden sto charterfly leid av reiseselskaper for en betydelig del av feriereisene med fly, men andelen har vært sterkt avtakende over de siste to-tre årtiene. En del av denne trafikken er overtatt av lavprisselskapene.

For rutefly skiller man ofte mellom fire flytyper ut fra parameterne motorteknologi, størrelse og typisk distanse:

- **Turboprop**, designet til korte flyvninger, typisk opp til 500-1000 km, med få passasjerer (typisk opptil 80 seter; i rekker med 2+2 seter)
- **Regional jet**, designet til kortere flyvninger med relativt få passasjerer (opptil 100-120 seter)
- **Single aisle (narrow-body) Jet**, designet til både lange og korte flyvninger med på ruter med mange passasjerer (110-200+ seter; i rekker med 3+3 seter)
- **Twin aisle (wide-body) Jet**, designet til meget lange, typisk interkontinentale, flyvninger med mange passasjerer (200-850 seter; i rekker med 2/3+3/4+2/3 seter)

I tillegg finns det mindre fly med opptil 19 seter som godkjennes etter enklere sertifiseringsregler. Det mest utbredte er det meget allsidige flyet [DHC-6 Twin Otter](#), som det er produsert cirka 1000 av siden 1965 og som fortsatt er i produksjon. Twin Otter har STOL (short take-off and landing) egenskaper, og ble brukt av Widerøe fra 1968 til 2000. Siden har 19-setere ikke vært brukt i Norge til ruteflygning²³.

For hastigheter opp til cirka 650 km/t har turbopropfly typisk bedre energieffektivitet enn jetfly fra samme generasjon (se Boks 4.1 for teknisk beskrivelse). Ved høyere hastigheter øker energiforbruket til turbopropflyene kraftig. Turbopropfly har derfor lavere marsj-hastighet enn jetfly, og de benyttes av samme grunn sjeldent på lengre avstander. På kortere avstander har flyhastigheten ikke så stor betydning for den samlede reisetid relativt sett, da 'boarding' osv., taxi samt start og landing er den samme uansett avstanden. Derfor er det bedre mulighet for å utnytte turboprop motorens høyere energieffektivitet på kortere avstander. Narrow-body jet er allround-løsningen som står for langt den overveiende del av både avganger og passasjerer globalt.²⁴ På de mest trafikkerte ruter kan slike fly ha høy driftsøkonomisk effektivitet og tilby høy avgangsfrekvens sammenliknet med de større wide-body jets. Sistnevnte tar lengre tid å fylle og tømme, men det betyr mindre på de meget lange avstandene. På mange korte ruter mellom destinasjoner med lavere passasjergrunnlag blir kabinfaktoren lav hvis man

²² Private jets står for bare ca. 26 kton CO₂ av totalt ca. 2,6 mill. tonn CO₂ ([CE Delft, 2023](#)) som sammenliknet med total-data fra SSB gir ca., 1 %.

²³ https://snl.no/Twin_Otter

²⁴ <https://www.statista.com/statistics/573231/aviation-industry-aircraft-fleet-by-type/>

vil tilby attraktiv rutefrekvens med narrow-body flyene. Her kan regional jets være relevante, især på litt lengre avstander enn for turbopropfly.

Markedet for kommersielle jetfly er i dag dominert av to produsenter, amerikanske **Boeing** og europeiske **Airbus**. Siden 2003 har Airbus vært største produsent og har en økende markedsandel. I 2024 leverte Airbus 611 jetfly mot Boeing's 340. Eneste annen globale produsent av kommersielle jetfly er brasilianske **Embraer**, som samme år leverte 73, som alle er av typen regional jet²⁵. I 2008 etablerte den kinesiske staten **Comac**, som i 2025 har en planlagt produksjon på 50 fly. Comac's produksjon har hovedsakelig vært regional jets bare blir benyttet innenriks av kinesiske luftfartsselskaper. Selskapets mål er å konkurrere med Airbus og Boeing på sikt (Reuters, 2025). Single Aisle jets står for hovedparten av både den globale flåten og produksjonen. De konkurrerende modellene Airbus [A320neo](#) og Boeing [B737-MAX](#) er de klart største i markedet for nye fly. Et nyutviklet single aisle fly [C919](#) fra Comac ble tatt i bruk i Kina i 2023.

Den canadiske produsenten Bombardier produserte fram til 2018 også kommersielle jetfly senest den nyutviklede CS-series, som da ble solgt fra til Airbus og nå selges som [A220](#). Fram til samme tidspunktet produserte Bombardier også turbopropflyene [DHC Dash-8](#) gjennom kjøpet av statseide De Havilland Canada i 1992. I 2019 ble også denne delen solgt til Longview Aviation Capital Corporation, som reetablerte De Havilland Canada og videreførte produksjonen av den nyeste versjon Dash8 Q400 til 2022. Produksjonen ble da lagt ned på grunn av manglende ordrer.

De Havilland Dash 8 Q400, som har maks 78 seter, har blitt utkonkurrert av det tilsvarende turboprop flyet [ATR 72-600](#) med 72 seter. Det fransk-italienske ATR, som har Airbus som medeier, er den største produsenten av turboprop rutefly. På grunn av suksessen har ATR siden har hatt planer om å utvikle en STOL versjon av den mindre [ATR 42-600](#) med 48 seter. STOL-versjonen [ATR-600S](#) skal kunne kan lande på rullebaner helt ned til 800 meter. Den nåværende versjon krever 1050 meter²⁶ rullebane, og 1100-1200 meter, dersom det skal fungere på vinteroperasjon også. Vanlig flyplasser har til sammenligning rullebaner på minst 2000 meter. I november 2024 annonserte imidlertid ATR at utviklingen av STOL-versjonen har blitt innstilt (Schonland, 2024).

STOL-fly er spesielt relevant for Norge, som har et velutbygget kortbanenett. 25 ut av 47 rutebetjente norske lufthavnene har en rullebane som er 800 – 1500 meter lange. I dag betjenes disse bare av DHC Dash-8 (Widerøe), og for de lengste rullebanene, av ATR-42 (DAT). De Havilland-flyene er tett på å være utskiftningsmodne, og de bør skiftes ut senest innen 2040. ATR-42 produseres fortsatt, men det produseres i dag ingen alternativer for Dash-8 flyene med samme setekapasitet som kan lande på kortbane-flyplasser (Schonland, 2024). De Havilland jobber imidlertid med planer om ny produksjon av en modifisert Dash 8 med 50 seter og STOL egenskaper med lansering før levetid DH1/2 utløper, men man har på nåværende tidspunkt (september 2025)²⁷ ikke tatt beslutning om å gjenopptarte denne produksjonen.

Flymotorer

Motorene er en sentral del av flyproduksjonen. Et særkjennetegn for verdikjeden for luftfart er at produksjonen av flymotorene ikke er en integrert del av flyprodusentene, men skjer i spesialiserte uavhengige selskaper, hvilket er i kontrast til produksjonen av personbiler. Det betyr at flyselskapene inngår samarbeid med ulike motorprodusenter til forskjellige flytyper. På markedet for kommersielle jetfly er det fire dominerende selskaper, hvorav de tre første har produsert motorer så lenge luftfart har eksistert:

²⁵ <https://www.statista.com/statistics/622779/number-of-jets-delivered-global-aircraft-fleet-by-manufacturer/>.

²⁶ <https://www.banett.no/nyheter/i/dRrn9X/wideroeer-i-dialog-med-flere-flyprodusenter>

²⁷ Se <https://www.truenoord.com/the-expert-view-often-misunderstood/>

- **GE Aerospace** (USA), tidligere General Electric, og leverer et bredt spektrum av motorer til de fleste kommersielle flytyper.
- **Pratt & Whitney** (USA) har fra starten vært den største konkurrenten til GE Aerospace og leverer motorer til både twin aisle (bl.a. den legendariske [B-747](#)), single-aisle og business jets.
- **Rolls-Royce** (UK) er det tredje store motorprodusent som i dag har motorer til twin aisle fly som hovedfokus.
- **CFM International** (USA + Frankrike) er et 50-50 joint venture mellom det nåværende GE Aerospace og det franske Safran som ble etablert så tidlig 1974 med en klar arbeidsdeling på komponenter. Det er verdens største flymotorprodusent og er spesialisert i motorer til single aisle fly. CFM International har produsert to generasjoner av turbofan-motorer: CFM56 fra 1974 og LEAP fra 2016 og utvikler nå på LEAP som tredje generasjon (se avsnitt 7.1).

De tre gamle produsentene er også dominerende når det gjelder motorer til turboprop-fly.

Boks 4. 1 Hva er den tekniske forskjellen mellom turbofan (jetfly) og turboprop (propellfly)

I luftfartens tidligste år var alle fly propellfly, hvor propellene ble drevet av stempelmotorer etter samme prinsipp som i biler med forbrenningsmotorer. Et eksempel er den legendariske Douglas DC-3 som SAS brukte i de første årene fra 1946. I 1950-tallet ble disse flymotorene erstattet av turboprop og turbojet motorer, som begge drives av en gassturbin. Gassturbiner er både mere driftssikre enn stempelmotorer og kan gi større kraft og dermed hastighet. I [turboprop](#) skaper gassturbinen dreiningsmomentet på en aksel med propellen, som skaper framdriften. I en [turbojet](#) dannes framdriften ved at eksosgassen gjennom en dyse skaper et bakutrettet trykk. [Turbofan](#) er en videreutvikling av turbojet, som ble introdusert i sivile fly på 1960-tallet. Denne motoren tar inn et meget større luftinntak tar in opp til 10-12 ganger ('bypass-ratio') mer luft enn det som går gjennom gassturbinen, resten ledes utenom. Det skaper høyere energieffektivitet og lavere støy. Utviklingen av nye generasjoner av flymotorer har fokus på å forbedre energieffektiviteten ytterligere. Det blir muligvis [propfan](#) motorer, som kombinerer prinsipper fra turboprop og turbofan for å oppnå jetlignende hastighet med turboprop-lignende drivstoffeffektivitet. I kontrast til dagens turbofan vil propfan ha åpne rotor (se bilde i avsnitt 6.?). Alle gassturbin motorer bruker standard flydrivstoff (jetfuel A i USA og jetfuel A1 i stort sett resten av verden).

Turboprop er bare anvendbar til opp til cirka 650 km/t, men er da mere energieffektiv enn turbofan. For sivile og militære overlydsfly, dvs. fly med høyere hastighet enn lyden (ca. 1200 km/t) benyttes motorer med et lavt 'bypass-ratio' (under 1) for å oppnå tilstrekkelig effekt, men dette skjer på bekostning av energieffektiviteten. (Kilde: Wikipedia)

4.2 Flyselskaper

Luftfarten ble først for alvor etablert som bransje etter annen verdenskrig. De enkelte land etablerte sine egne statseide flyselskaper. Ruter til utlandet gikk som hovedregel fra en nasjonal hub i landets hovedstad. Reiser fra provinsene til utlandet gikk og går stadig ofte via hub'en for å gi tilstrekkelig passasjergrunnlag for de større fly, som er mer kostnadseffektive per passasjer.

På 1980-tallet begynte liberaliseringen av europeisk luftfart. Denne ga de etablerte luftfartsselskapene økonomiske utfordringer gjennom konkurranse fra de nye lavprisselskapene, som tilbød lavere priser og ga et mye større rutetilbud. Lavprisselskapene blir også kalt 'point-to-point' selskaper, fordi forretningsmodellen, i motsetning til de tradisjonelle nasjonale hub-selskapene ('flag carriers'), ikke var basert på hub-konseptet, men på å velge ut de mest kostnadseffektive rutene og bare satse på å kunne konkurrere på disse gjennom lave priser (Samferdselsdepartementet, 2019). Lavprisselskapene har de siste tre årtiene stadig tatt nye markedsandeler. I dag er det største av dem i Europa, Ryanair, cirka 50 % større målt på passasjerer enn det største hub-selskapet, Lufthansa Group²⁸.

Det norske luftfartsmarkedet innenlands er dominert av de to norske selskapene Norwegian og Widerøe og det skandinaviske SAS, som er registrert i Sverige. Tabell 4.1 viser nøkkeltall for disse selskapene for

²⁸ Wikipedia [List of largest airlines in Europe](#) og <https://centreforaviation.com/analysis/reports/europes-top-20-airline-groups-by-pax-2023-ryanairs-lead-is-set-to-endure-680118>

2023 fra selskapenes årsregnskaper²⁹. SAS transporterte litt flere passasjerer enn Norwegian i 2023, men er klart størst målt i omsetning. Widerøe er vesentlig mindre enn de to andre, og opererer hovedsakelig i Norge. Widerøes omsetning i Norge var 6,2 milliarder NOK i 2023. Til sammenligning hadde Norwegian 9,7 milliarder NOK i Norge ut av en total omsetning på 25,5 mrd. NOK i 2023. Gjennomsnittlig reiselengde er cirka 1300 kilometer for SAS og Norwegian og 400 kilometer for Widerøe.

Tabell 4.1: Nøkkeltall for de tre viktigste luftfartsselskapene i Norge i 2023.

2023		SAS	Norwegian	Widerøe
Driftsinntekter	mill. NOK	43 052	25 539	6 182
Netto profitt	mill. NOK	-5 648	1 737	-238
Antall fly (ult.)		134	87	46
Passengers	mill.	24	21	3
Setekilometer (ASK)	mill.	42 566	32 322	2 079
Passasjerkilometer (RPK)	mill.	32 553	27 383	1 337
Kabinfaktor (RPK/ASK)	pass./sete	76,5 %	84,7 %	64,3 %
Gjennomsnittsdistanse	km/pass.	1 375	1 329	407

Anmerkning: Tallene dekker alle aktiviteter og ikke bare flyvninger til og fra norske lufthavner.

'Operating revenue' inkluderer omsetning knyttet til flyvningene, men ikke finansielle inntekter.

Kilde: Selskapenes årsregnskaper for 2023.

SAS (Scandinavian Airlines Systems, 'Scandinavian Airlines')

SAS ble etablert umiddelbart etter annen verdenskrig som et skandinavisk samarbeid om ruter til USA mellom det private svenske og de statlige danske og norske selskapene. Allerede i 1951 ble disse selskapene fusjonert til ett flyselskap, som også inkluderte det statlige svenske selskapet. Til sammen eide de tre statene 50 % av aksjene. Med denne bakgrunnen kunne SAS i flere årtier gjøre seg gjeldende blant de største europeiske flyselskapene.

Konkurransen fra lavprisselskapene presset SAS og andre full-service flyselskaper i luftfarten hardt på billettpriser. Selskapet har av ulike grunner i flere omganger vært i finansielle problemer. Selskapet gikk gjennom en rekonstruksjon i 2023-2024 for å unngå konkurs. Her gikk den danske staten inn og kjøpte 25,8 % av aksjene, og er i dag eneste av de tre opprinnelige land som er tilbake i eierkretsen. Sverige ville ikke investere i rekonstruksjonen og Norge trakk seg ut allerede i 2018.

Norwegian (Norwegian Air Shuttle)

Norwegian ble startet i 1993 som et norsk lavprisselskap på norske innenriksruter. I 2002 åpnet den første ruten til utenlandet etterfulgt av europeiske ruter fra baser, først i Warszawa, Stockholm og København og senere flere andre land. Selskapet vokset ganske raskt de neste ti årene og åpnet interkontinentale ruter fra 2013. I 2017 ble Norwegian det største flyselskapet i Norden målt på passasjerer og det åttende største i Europa.

Fra 2018 kom Norwegian i finansielle vanskeligheter. Disse ble forsterket av globalt sikkerhetsmessig flyforbud for de nyinnkjøpte B737-MAX8 fra mars 2019 til desember 2020 og av Covid-19-pandemien 2020-2021³⁰. I 2020-2021 gjennomgikk selskapet en finansiell rekonstruksjon, som også den norske staten bidro til. Rekonstruksjonen innebar kraftig reduksjon av flyflåten, antall ansatte, interkontinentale flygninger. Ruter med fokusering på europeiske destinasjoner, hovedsakelig fra Norge og de nordiske hovedstedene, ble prioritert.

²⁹ Det er valgt å benytte tall for 2023 for å kunne oppdele på Norwegian og Widerøe.

³⁰ <https://www.nrk.no/norge/underskudd-for-norwegian-1.14900869>

Widerøe

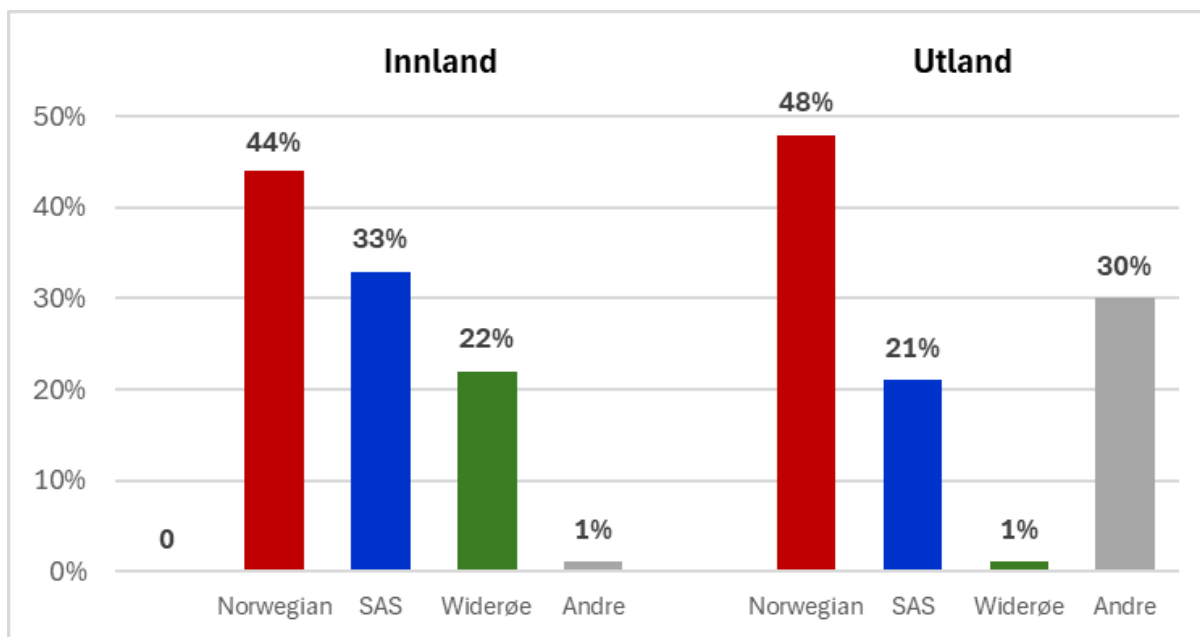
Widerøe er et helnorsk flyselskap med røtter tilbake til 1934. Selskapet har tradisjonelt hatt bare innenlandske ruter, fortrinnsvis ruter med begrenset passasjergrunnlag, som betjenes med en flåte av mindre fly. Per 2025 opererer de også enkelte ruter til utlandet. Cirka halvparten av avgangene var i 2023 anbudsruiter utlyst av staten, såkalte FOT-ruter (Forpliktelser til Offentlig tjenester, se avsnitt 2.2.2 og i ordforklaringer).

Widerøe ble i oktober 2023 kjøpt av Norwegian, og i desember 2023 godkjente Konkurransetilsynet denne overtakelsen. De to selskapene er per 2025 ikke fusjonert, og Widerøe opererer fortsatt under eget navn, men man må forvente at konkurransen mellom de to selskapene opphører.

4.2.1 Markedsandeler på innenlands- og utenlandsreiser

For innlandsreiser har stort sett bare Norwegian, SAS og Widerøe ruter. Eneste unntak er det danske DAT, som har tre FOT-ruter fra Røros, Florø og Stord til Oslo og Stord–Ørland–Evenes.³¹ Med hensyn til utenlandsreiser, har mange selskaper med base i utlandet ruter til destinasjoner i Norge og vil naturligvis også ha retur-ruter fra disse destinasjonene.

Figur 4.1 viser at i 2024 var Norwegian størst på både innlands- og utlandssutene med nesten halvparten av passasjerene. SAS hadde cirka en tredjedel på innlands- og cirka 20 % på utlandsrutene. På innlandsmarkedet hadde Widerøe med 22 % stort sett resten, og DAT de resterende 1 %. Widerøe hadde bare cirka 1 % av utenriksmarkedet, hvor andre selskaper sto for 30 % med Wizz Air (7 %), KLM (4 %) og Lufthansa (3 %) som de viktigste flyselskapene.



Figur 4.1: Markedsandeler for passasjerer på innenlands- og utenlandsruter i 2023.

Kilde: TØI-rapport 2025/2024 Reisevaner på fly, Figur 3.1 og 4.8.

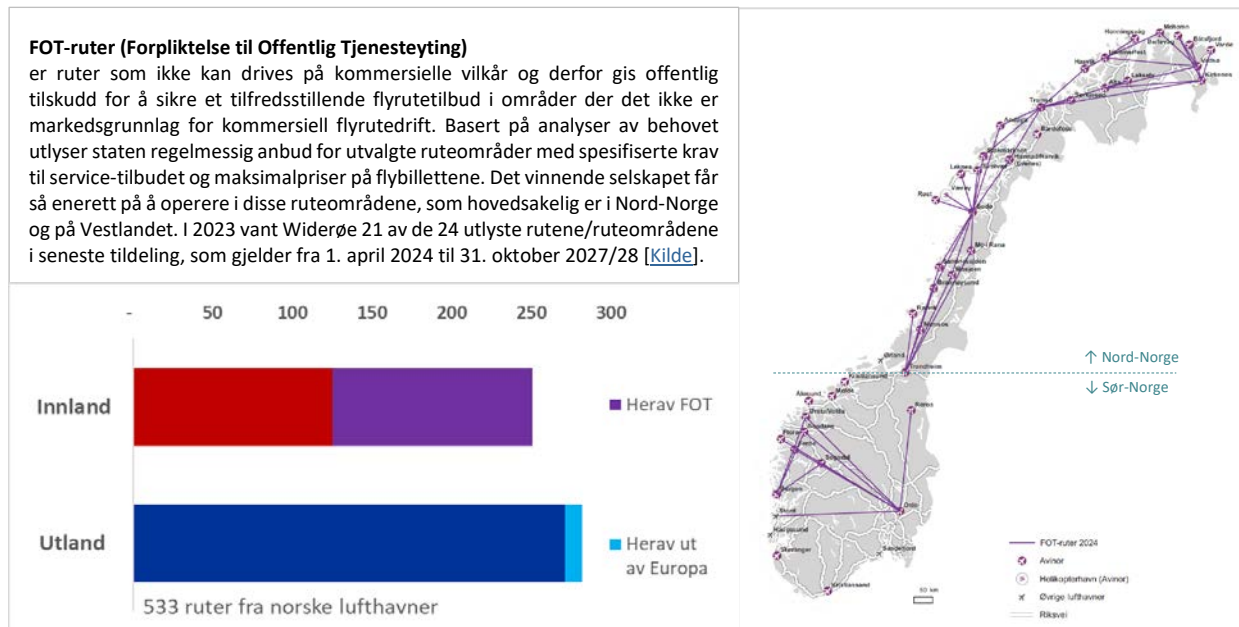
Bemerk at ovenstående sammenlikning av markedsandeler er basert på avgående passasjerer på rute-nivå. Sammenliknes markedsandeler for reiser basert på Reisevaneundersøkelsen for fly for 2023, er SAS

³¹ Lufttransport er operatør på FOT-helikopterruten Værøy-Bodø.

<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/tildeling-av-kontrakter-for-enkelte-fot-ruter-i-norge-fra-2024/id2996841/>

litt større enn Norwegian på innenlandsreisene. På utenlandsreiser vekter andre selskaper noe tyngre med 38 %, blant annet fordi charterselskaper inngår her³².

De norske geografiske forholdene og den spredte bosetningen gjør at Norge i sammenligning med mange andre land har ganske mange innenlandske ruter og stor overvekt av ruter over korte avstander. I alt ble det i 2024 tilbudt over 500 ruter fra norske lufthavner, herav cirka 270 til europeiske land og 12 til resten av verden. Av de 260 innenlandsrutene er over halvparten FOT-ruter. En oversikt over rutene er vist i figuren nedenfor.



Figur 4.2: Antall ruter fra norske lufthavner oppdelt på innland og utland med rutekart for FOT-rutene.

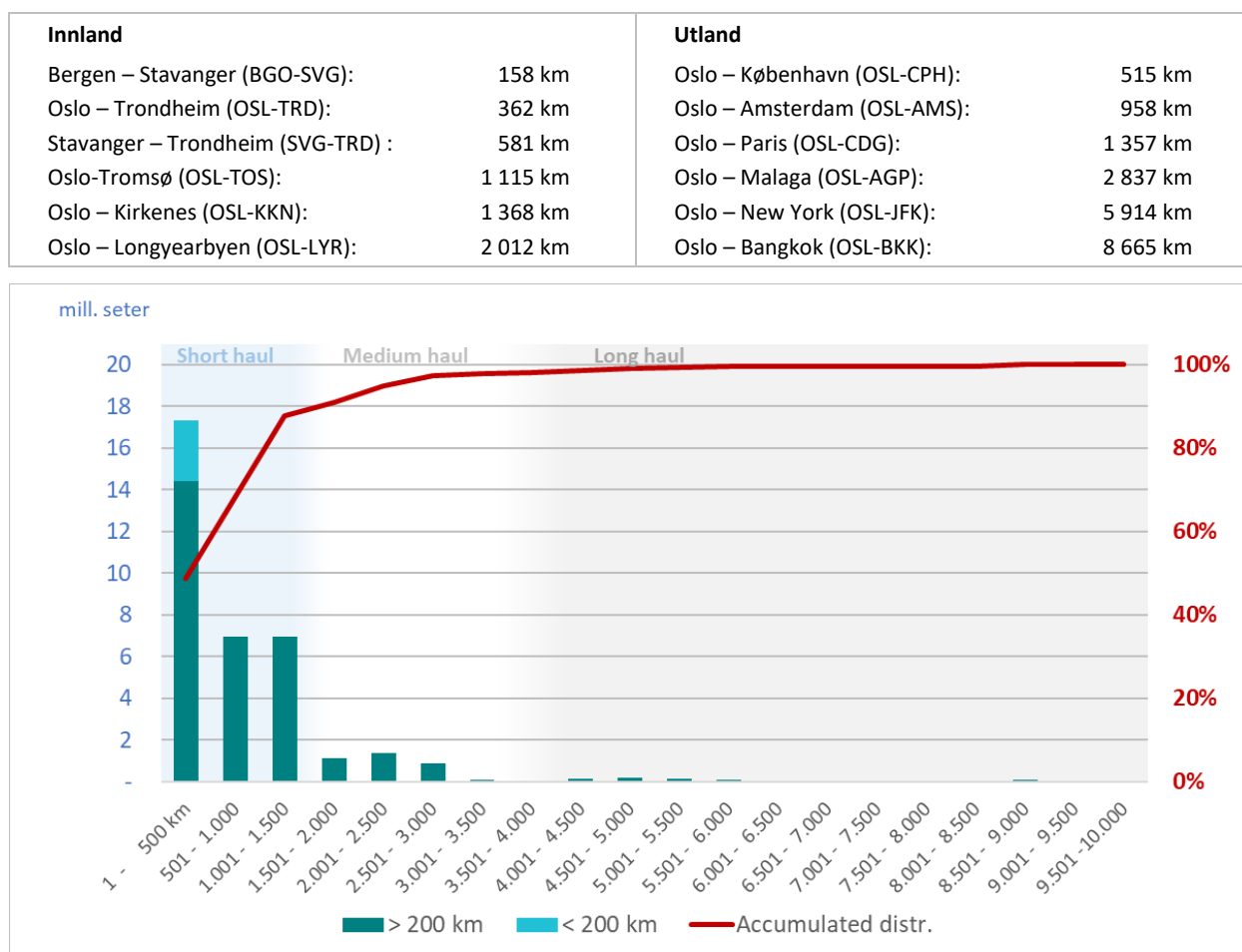
Charterfly, som tilbake på 1990-tallet stod for ca. 20 %, var i 2023 redusert til 7 % av utenlandsreisene. Etter rekonstruksjonen av Norwegian er det per februar 2025 bare SAS og det lille norske flyselskapet [Norse](#) som tilbyr interkontinentale ruter av de norske flyselskapene³³. Hovedparten av interkontinentale reiser fra og til Norge går via europeiske hub-er blant annet i København og Amsterdam.

Antallet av ruter er bare én måte å illustrere luftfartstilbudet. Et annet perspektiv er å se på antallet av avganger, da det er stor variasjon mellom de største rutene som har 10-20 avganger per dag og de minste som bare har en eller to hver vei. Videre kan man ta høyde for flystørrelse og avstander for de enkelte rutene, hvis man vil illustrere det samlede omfanget. Et mål for samlet tilbud fra en gitt lokasjon er tilbudte seter per år eller, hvis man vil vekte rutene med avstand, setekilometer per år ('ASK – available seat kilometer'). Setekilometer (ASK) regnet som antall seter i avganger med hver flytype multiplisert avstanden til destinasjonen og med flytypens antall seter for flytypen. Det kan da summeres over flytyper og på tvers av ruter for en lufthavn eller en region eller for landet som helhet, osv.

Figur 4.3 viser tilbudte seter for alle avganger fra norske lufthavner i 2024 til både innland og utland, kategorisert etter distanseintervaller for rutene. Til sammenligning er avstandene for utvalgte ruter med forskjellige avstander:

³² Se TØI-rapport 2025/2024 Reisevaner på fly, Figur 3.1 og 4.8.

³³ Fra 2021 til 2023 tilbød også det norske flyselskapet Flyr nasjonale og europeiske ruter. Selskapet gikk imidlertid konkurs i 2023.



Figur 4.3: Antall tilbudte seter fordelt på avstandsbånd. Ruteavganger fra norske lufthavner i 2024.

Det ses av figuren at tilbudet er sterkt avtakende med avstanden. Ruter under 500 km har 18 mill. seter. Dette svarer til rundt halvparten av samtlige tilbudte seter, og de helt korte rutene på under 500 km utgjør en betydelig del av disse. Avstander over 1500 km har langt mindre tilbud og står til sammen for bare 10 % av setene. Se Vedlegg B for tilsvarende figurer for fordelingen på avstander av antall ruter og setekilometer.

Til sist bør det understrekes at ovenstående bare omfatter *ruter* fra norske lufthavner og dermed ikke tar hensyn til at mange *reiser* fra norske lufthavner har transfer til andre ruter i lufthavner utenfor Norge. Dette gjelder ikke minst for lange reiser. Mer enn halvparten av interkontinentale reiser skjer med flybytte i europeiske 'hubs,' med Amsterdam og København som de to viktigste.

4.2.2 Flytyper

Flyselskapenes sammensetter flyflåten ut fra å minimere de samlede driftskostnadene. Hvilken flytype som er mest hensiktsmessig på de enkelte ruter avhenger av avstand og passasjergrunnlag. Drivstoff utgjør en stor del av flyselskapenes samlede kostnader. Før Covid-19-pandemien var det 20-25 % av samlede kostnader i gjennomsnitt for hele verden, og i de siste tre årene omtrent 30 %³⁴. Ifølge Norwegians bærekraftregnskap var andelen 33 % i 2023. For Norge og Europa må vi forvente høyere andel utgifter til flydrivstoff framover på grunn av gradvis økende EU-krav om innblanding av SAF (se kapittel 8) og forventet økning i ETS-pris (Mariz, 2024). Selv uten CO₂-kvotepris og SAF har selskapene en

³⁴ [Statista Feb-2025](#).

sterk motivasjon til å minimere drivstofforbruket gjennom bruk av energieffektive flytyper og optimering av hastighet, høyde og flyets rute. Utvikling av mer energieffektive fly er derfor en sentral langsiktig konkurranseparameter for flyprodusentene, så nye fly løpende har fått lavere drivstoff-forbruk per setekilometer. Historisk har nye generasjoner av fly typisk et drivstofforbruk, som er 15-20 % lavere enn den modellen de erstatter (Hameed & Rutherford, 2025).

Tabell 4.2 gir en oversikt over de flytypene som Widerøe, Norwegian og SAS opererer i 2025. I alt har de tre selskapene 240 fly ved utgangen av 2024. For Norwegian og især SAS er det noen av flyene som ikke brukes på ruter fra norske lufthavner.

Tabell 4.2: Flyflåten til Widerøe, SAS og Norwegian. Tekniske data og antall ultimo 2024.

Flytype	IATA-kode	Produsent	Type	Motorer	Rekkevidde (km)	Produsert i perioden	Tatt i bruk av selskapet	Seter	I flåten Ult. 2024
Widerøe									48
E190-E2	290	Embraer	Regional jet	PW1900G	5.280	2018 -	2018	110	3
DASH8-Q400	DH4	De Havilland	Turboprop	PW150	2.040	1999 - 2021	2001 -	78	16
DASH8-300	DH3	De Havilland	Turboprop	PW123A	1.711	1989 - 2009	1995 -	50	3
DASH8 -200	DH2	De Havilland	Turboprop	PW123D	2.084	1989 - 2009	2012 -	39	3
DASH8 -100	DH1	De Havilland	Turboprop	PW121	1.889	1984 - 2005	1992 -	37	23
Norwegian									84
B737-800	73H	Boeing	Single aisle	CFM56-7B26/27		1994 - 2019	2017/2018	188	62
B737-MAX8	7M8	Boeing	Single aisle	CFM LEAP-1B		2017 -	2017	189	22
SAS									108
A319-100	319	Airbus	Single aisle	IAE V2527-A5	3.100	1996 - 2021	2006 - 2007	150	4
A320-200	320	Airbus	Single aisle	IAE V2527-A5	3.900	1988 - 2020	2013 - 2014	168	6
A320neo	32N	Airbus	Single aisle	CFMI LEAP-1A26	7.000	2016 -	2020 - 2023	180	59
A321LR	32Q	Airbus	Single aisle	CFMI LEAP-1A33	7.400	2016 -	2021 -	157	3
A330-300	333	Airbus	Twin aisle	RR Trent 772B-60	10.100	1993 - 2022	- 2016	266	8
A350-900	359	Airbus	Twin aisle	RR Trent XWB	13.800	2014 -	2018 -	300	4
ATR-72-600	ATR	Aerospatiale	Turboprop	PW127M	930	2010 -	2016, 2020	70	-
E195	E95	Embraer	Regional jet	CF34-10E	2.400	2004 -	n.a.	122	10
CRJ-900LR	CR9	Bombardier	Regional jet	CF34-8C5	2.100	1991-2020	n.a.	90	14

Kilde: www.airfleets.net og Wikipedia. [\[Lenker på flytypene\]](#)

Widerøe har en stor flåte relativt gamle DASH-8 fly som, som anvendes på FOT-rutene og andre innlandsruter med mindre passasjergrunnlag. I tillegg har selskapet tre Embraer regional jets som sammen med DASH8-Q400 anvendes på de lengre avstandene og rutene med større passasjergrunnlag. Norwegian har fokusert flåten på Boeings mest allsidige fly B737 med plass til knappe 190 passasjerer og har både den eldre -800 og avløseren -MAX8. SAS har primært fly fra Airbus, men omtrent en fjerdedel er regional jets fra Embraer (av eldre dato) og Bombardier. I tillegg benytter SAS 6 innleide turbopropfly av typen ATR72-600, som først ble registrert hos SAS i første halvåret 2025.

Flyflåtens alder

Flyenes alder er av vesentlig betydning for drivstoffeffektiviteten. Videre er forventningen at også fremtidige flytyper har potensiale for bedre drivstoffeffektivitet sammenliknet med de nyeste fly som er tilgjengelig i dag, jf. avsnitt 7.1. Alderssammensetningen av dagens flyflåte og forventninger til når flyene vil bli utskiftet har derfor betydning for drivstoffeffektiviteten langt fram i tid på grunn av nye flys lange levetid.

Tabell 4.34.3 gir en oversikt over antall fly og alderssammensetningen av flyflåten som ble presentert i Tabell 4.1. Widerøe har den eldste flyflåten med en gjennomsnittsalder på 24 år, mens Norwegian og

SAS sine gjennomsnitt begge ligger på cirka 9 år. Til sammen er gjennomsnittsalderen på hele flyflåten 12 år. Nyeste generasjon (E190-E2; B737-MAX8; A320neo/A321LR og A350-900) utgjør 91 fly av de i alt 240 flyene med utgangen av 2024. Som nevnt ovenfor har nye blitt levert i 2025 og flere er bestilt.

Tabell 4.34.3: Gjennomsnittsalder og alderssammensetning av flyflåtene (ultimo 2024) til Widerøe, Norwegian og SAS. Alderskategorisert etter første flyvning⁽¹⁾

Flytype	Flåte ultimo 2024	Gjennomsnittsalder	1991-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2024	2015-2019	2020-2024
Widerøe	48	23,7	14	13	4	3	11	3	-
E190-E2	3	7,0	-	-	-	-	-	3	-
DASH8-Q400	16	15,7	-	-	2	3	11	-	-
DASH8-300	3	26,3	-	3	-	-	-	-	-
DASH8 -200	3	29,0	-	3	-	-	-	-	-
DASH8 -100	23	30,4	14	7	2	-	-	-	-
Norwegian	84	9,4	-	-	-	4	30	32	18
B737-800	62	11,6	-	-	-	4	30	28	-
B737-MAX8	22	3,2	-	-	-	-	-	4	18
SAS	108	8,9	-	-	3	20	4	51	30
A319-100	4	18,5	-	-	-	4	-	-	-
A320-200	6	18,2	-	-	-	6	-	-	-
A320neo	59	5,5	-	-	-	-	-	36	23
A321LR	3	4,3	-	-	-	-	-	-	3
A330-300	8	13,9	-	-	3	-	-	5	-
A350-900	4	4,5	-	-	-	-	-	-	4
ATR-72-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E195	10	16,2	-	-	-	6	4	-	-
CRJ-900LR	14	10,5	-	-	-	4	-	10	-
Total	240	12,0	14	13	7	27	45	86	48

Kilde: www.airfleets.net.

(1) Første flyvning gjelder for hvert enkelt fly uavhengig av når det kom til selskapet.

Flyselskapenes forventninger til flåtefornyelser

I det følgende presenteres selskapenes forventninger til flåtefornyelser basert på seneste års- og bærekraftsrapporter supplert med informasjon fra forespørsler til selskapene. Det er naturligvis vesentlig usikkerhet om framtidige planer, spesielt lengre fram i tid. For noen av de nye flytypene er det lange leveringstider. Når det lønner seg å bytte fly, avhenger av forventede drivstoffkostnader veiet mot høyere avskrivninger på nye fly og andre fordeler ved å bruke nye fly³⁵.

Widerøe

Ifølge selskapets bærekraftsrapport fra 2023 har Widerøe ambisjoner om at selskapets flyvninger skal være fossilfrie tidlig på 2040-tallet. Widerøe må fornye en aldrende flyflåte, som betjener korte innenlandske ruter. Mange av disse er potensielt godt egnet for elektrifiserte fly. Det er uklart når den nye teknologien er moden og ferdig sertifisert, samt om de operative egenskapene vil oppfylle deres behov. Som beskrevet i avsnitt 7.5 forventes det at de første elflyene blir små med 9 eller 19 seter, både av teknologiske årsaker og fordi sertifisering av disse mindre flyene er enklere. Disse små flyene inngår ikke i selskapets målbilde for utslippsreduksjoner, da man vurderer at de bare vil kunne dekke en marginal

³⁵ Økende fokus på og krav til støyreduksjon rundt flyplassene er også en medvirkende faktor, da de nye flymodellene generelt også har lavere støynivå.

andel av Widerøes ruter. I perioden 2035 – 2038 er det forutsatt at de minste flyene (DH1, DH2 og DH3) erstattes med fossilfrie fly, mens de største flyene (DH4 og E2) byttes ut i perioden 2040 – 2043.

Norwegian

Norwegian foretar i disse årene en omfattende flåtefornyelse fra B737-800 til B737-MAX8, på samme måte som selskapet i perioden 2008 til 2016 erstattet de opprinnelige B737 'Classic' med B737 'Next Generation'. Siste del av typebetegnelsen, '-800' hhv. 'MAX8', angir modellversjonen med en lengde som tar (opptil) 189 passasjerer. I mai 2022 inngikk Norwegian avtale med Boeing om levering av 50 MAX8 fly i perioden 2025-2028 med opsjon på ytterligere 30 fly³⁶. I 2025 er ti levert per ultimo juli, og Norwegian forventer i alt 11-13 fly blir levert totalt i 2025. Det er imidlertid usikkert om alle 50 fly rekker å bli levert innen 2028, men Norwegian forventer at alle fly vil være 'MAX8' senest i 2030³⁷. Norwegian forventer da å ha redusert CO₂-utslippene til 53 gram per passasjerkilometer (RPK), en reduksjon på 45 % sammenliknet med 2010 (årsrapport 2023 s. 43). Denne forbedringen skyldes ikke bare nye fly, men også økt belegg og mer drivstofføkonomiske flyoperasjoner.

Norwegian forventer at levetiden på MAX-8 flyene vil være to motorsykluser, tilsvarende en forventet *maksimal* levetid på 24 år, men sannsynligvis vil selskapet skifte ut flyene før dette hvis en ny generasjon er kommet på markedet.

SAS

SAS holder også på med en omfattende flåtefornyelse, hvor selskapet framover vil harmonisere single-aisle flåten på A320neo. De første flyene ble levert mot slutten av 2016. Ved utgangen av 2024 hadde SAS fått levert 59 av en samlet ordre på 80 A320neo. Utsiftingen forventes avsluttet innen 2030. SAS har også en ordre på to nye A350-900. SAS har i [1. juli 2025](#) rapportert at selskapet har bestilt 55 nye [Embraer E195-E2](#) regional jets med levering fra slutten av 2026. I regnskapsåret 2023 hadde SAS et CO₂-utslipp på 86 gram per passasjer-km, en nedgang på cirka 17 % siden 2010, og det må forventes ytterligere reduksjoner i takt med den resterende flåtefornyelsen fram mot 2030.

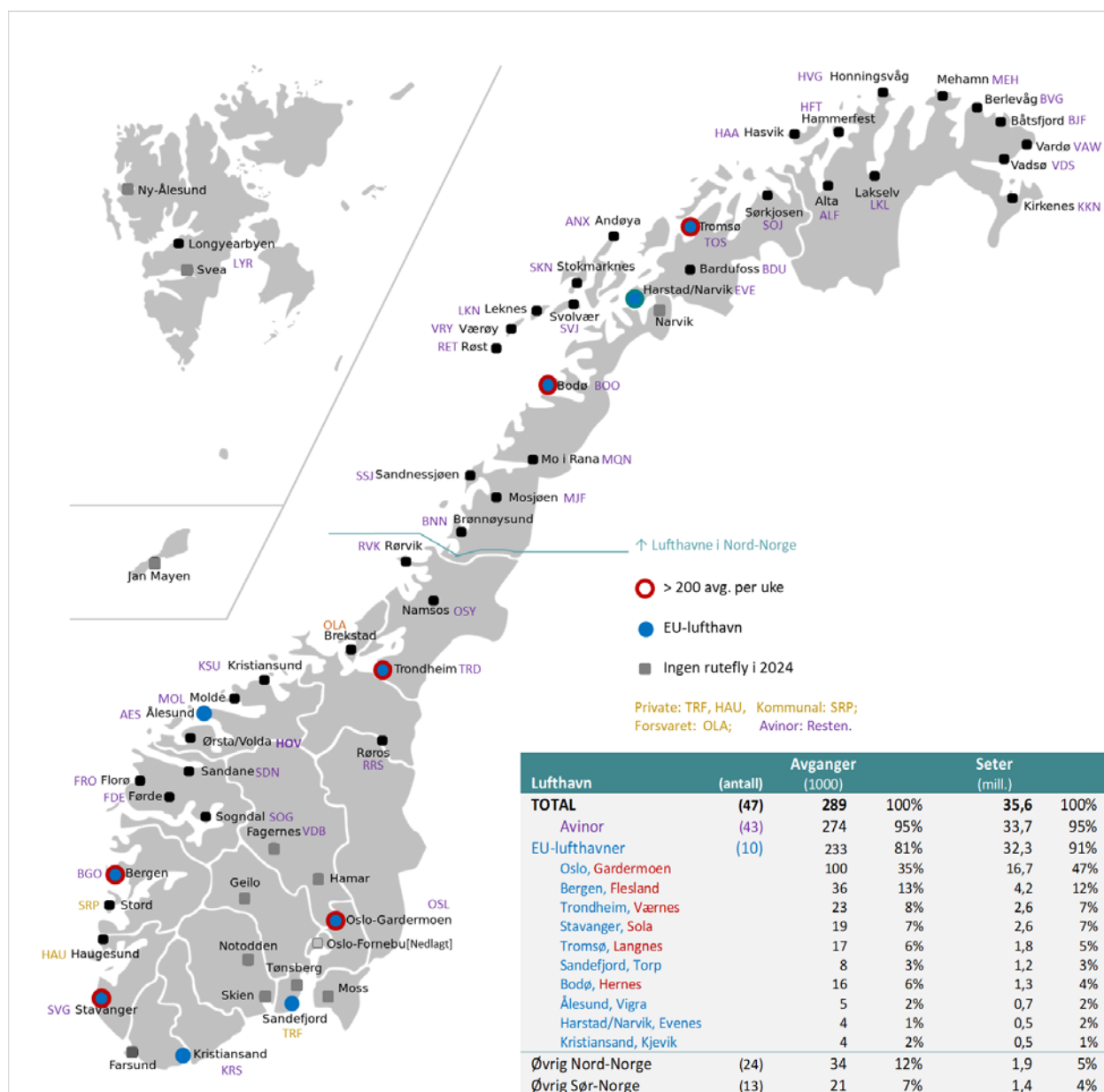
4.3 Lufthavner i Norge

De fleste kommersielle lufthavnene i Norge opereres av det statseide aksjeselskapet Avinor. Ved 11 av lufthavnene samarbeider Avinor med Forsvaret. To kommersielle flyplasser er privateide, Stord lufthavn Sørstokken og Sandefjord lufthavn Torp. Ørland Lufthavn Brekstad eies av Forsvaret, men har også en sivil del der det er kommersiell passasjertrafikk. Avinor eier også Haugesund lufthavn Karmøy, men denne driftes av private parter, og Fagernes lufthavn som ikke lenger har passasjertransport. Ved Moss Lufthavn Rygge, er det en sivil del, men denne har ikke lenger kommersiell trafikk (Avinor, 2024d). To flyplasser er per 2025 under bygging: en ny storflyplass i Mo i Rana som vil erstatte den nåværende lille flyplassen der, og en ny storflyplass i Bodø som vil erstatte den gamle storflyplassen der. Det finnes i tillegg også mange små flyplasser i Norge uten kommersiell drift. Avinor har også ansvar for flysikrings-tjenesten på flyplassene i Norge. Disse driftes av datterselskapet Avinor flysikring.

Figur 4.4 under viser de nåværende og tidligere kommersielle flyplassene i Norge. 47 av disse hadde rutetrafikk i 2024. I tillegg til navnet er for disse angitt IATA-koden (tre bokstaver). Avinor driver dem med fiolett IATA-kode. Avinors lufthavner står for cirka 95 % av den samlede norske flytrafikken. Av resten er Sandefjord lufthavn, Torp klart den største.

³⁶ [Press release - 30 May 2022](#).

³⁷ [Høringssvar 29.09.2023](#).



Figur 4.4: Nåværende og tidligere kommersielle lufthavner i Norge med avganger og seter for rutefly i 2024.

Seks lufthavner har over 200 avganger per uke og skiller seg markant fra de øvrige. Det dreier seg om lufthavnene knyttet til de fire største byene Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger, samt Tromsø og Bodø i Nord-Norge. Ytterligere fire lufthavner har over 800 000 innkommende og utreisende passasjerer, som er kriteriet for at visse sentrale EU-reguleringer er gjeldende (se kapittel 8). Det dreier seg om lufthavnene i Sandefjord, Ålesund, Harstad/Narvik og Kristiansand. Disse 'EU-lufthavnene' står for omtrent 80 % av alle avgangene og cirka 90 % av passasjerene i Norge. De siste 10 % fordeler seg noenlunde likt på de resterende 24 lufthavnene i Nord-Norge og de 13 lufthavnene i Sør-Norge. Utenlands-trafikken er enda mer konsentrert. Oslo lufthavn har 70 % og de fem største lufthavnene har 95 % av passasjerene. Det fire andre er lufthavnene i Bergen, Stavanger, Trondheim og Sandefjord.

I tillegg til ovenstående inndelinger anvender Avinor en inndeling i fem størrelseskategorier av lufthavnene sine:

Internasjonal hub:	(1)	Oslo
Internasjonale:	(3)	Bergen, Stavanger, Trondheim.
Nasjonale:	(5)	Bodø, Harstad-Narvik, Kristiansand, Tromsø, Ålesund.
Regionale:	(9)	Alta, Bardufoss, Brønnøysund, Florø, Hammerfest, Kirkenes, Kristiansund, Molde, Svalbard.
Lokale:	(25)	Andøya, Berlevåg, Båtsfjord, Førde, Hasvik, Honningsvåg, Lakselv, Leknes, Mehamn, Mo i Rana, Mosjøen, Namsos, Røros, Rørvik, Røst, Sandane, Sandnessjøen, Sogndal, Stokmarknes, Svolvær, Sørkjosen, Vadsø, Vardø, Værøy, Ørsta-Volda.

4.4 Drivstoffleverandører i Norge

Flydrivstoffet som benyttes i kommersiell luftfart i Norge og det meste av verden er Jet A1³⁸, som raffineres fra fossil råolje. Flydrivstoffet tankes stort sett etter hver flygning, når flyene har snutid mellom landing og ny avgang. Når avstandene er lange er det behov for store mengder drivstoff, som utgjør en betydelig del av samlet takeoff vekt, opptil 35-45 % på de lengste interkontinentale rutene. En del av flydrivstoffet produseres i Norge på oljeraffineriet i Mongstad i Vestland. Flydrivstoff som importeres leveres hovedsakelig til Oslo lufthavn Gardermoen. Oljeraffineriet på Mongstad eies av Equinor, og oljen som raffineres til ulike petroleumsprodukter kommer fra rørledninger i Nordsjøen.³⁹ Flydrivstoffet leveres med tog til Oslo Lufthavn fra Oslo havn og med lastebil fra havneterminaler til de andre lufthavner.

Det er fem leverandører av flydrivstoff på det norske markedet, som alle leverer til Oslo lufthavn og på de fleste andre flyplasser er det bare en leverandør, i noen tilfeller som leverandørsamarbeid⁴⁰:

- På Oslo Lufthavn Gardermoen er de største leverandørene *Air BP*, *Aviation Fuelling Services Norway (AFSN)* – et 'joint venture' mellom Shell og St1) og *SAS Oil Norway AS* (SAS eid). I tillegg leverer *MB Energy* (før Mabanaft) og *World Fuel Services Norway*.
- *Air BP* er leverandør på de kortbaneflyplassene;
- *AFSN* er eneleverandør på 8 flyplasser;
- på øvrige lufthavner er det et samarbeid mellom *Air BP* og *AFSN*

Avinor legger til grunn at det tankes cirka 1 milliard liter flydrivstoff i Norge årlig (Avinor, 2024a)⁴¹. Cirka 60 % leveres til Oslo lufthavn, og Bergen, Stavanger og Trondheim mottar til sammen 15 %. 20 % leveres til de 14 nasjonale og regionale lufthavnene og de resterende bare 5% til de 23 lokale lufthavnene (se kategorisering ovenfor).

³⁸ I USA benyttes Jet A, som har litt andre tekniske spesifikasjoner med litt lavere krav til frysepunkt (maks. -40 °C for Jet A og maks. -47 °C for Jet A1).

³⁹ Se f.eks. https://snl.no/Johan_Sverdrup_oljer%C3%B8r, https://snl.no/Troll_Oljer%C3%B8r, og <https://www.norskpetroleum.no/produksjon-og-eksport/rortransportsystemet/>

⁴⁰ Fra epost med en Avinor-ansatt den 7. februar.

⁴¹ Dette tallet ser ut til å avvike noe fra SSBs tall. Ifølge SSB ble det solgt 716 millioner liter flydrivstoff i Norge i 2023: <https://www.ssb.no/en/energi-og-industri/olje-og-gass/statistikk/sal-av-petroleumsprodukt>. Avinor påpeker selv at salget var noe høyere enn 1 milliard liter drivstoff årlig før Covid-19-pandemien og noe lavere etter.

4.5 Infrastruktur for lav- og nullutslippsløsninger

Avansert biodrivstoff

I 2016 ble Oslo Lufthavn Gardermoen den første internasjonale lufthavn i verden til å blande bærekraftig flydrivstoff (SAF⁴²) i alt flydrivstoff som tankes ved lufthavnen. I 2020 ble Norge første land som innførte generell innblanding av bærekraftig drivstoff. Kravet er innblanding av 0,5 % avansert bærekraftig biodrivstoff i samlet andel av alt flydrivstoff som tankes i norske lufthavnene er fortsatt gjeldende.

Kravet gjelder ut fra massebalanseprinsippet. Dette betyr at leverandørene har frihet til å velge når og hvor de innblander så lenge det tilsvarer 0,5 % av alt flydrivstoff som tankes på årsbasis. Mengden omsatt SAF rapporteres til Miljødirektoratet. Det er ikke innført formelle sanksjoner dersom leverandørene av drivstoff ikke oppfyller innblandingskravet, men de har oppfylt kravet hvert år så langt uansett (Avinor, 2025a). Av hensyn til logistisk optimering innblandes hovedparten av SAF i drivstoff som tankes i Oslo. Innblandingen kan skje både hos produsentene og i lufthavnens tankanlegg. I dag er bare det bare tre lufthavner som er tilrettelagt for å fylle denne typen drivstoff; Oslo, Ålesund og Bergen (Avinor, 2024a, 2025a).

Av tekniske og ikke minst sikkerhetsmessige årsaker må flydrivstoffer sertifiseres gjennom ganske strenge og langvarige godkjennelsesprosesser. Foreløpig finnes det 11 ulike sertifiserte måter å produsere SAF på, men kun to av disse er foreløpig kommersielle (se avsnitt 7.2). Hovedparten av det SAF som produseres i dag er basert på brukt matolje (fra frityr) og slakteavfall. Det er per 2025 ikke noen kommersiell produksjon av SAF i Norge. Det avanserte biodrivstoffet som i dag fylles i Norge, er produsert av internasjonale produsenter, slik som finske Neste og finske St1.⁴³

SAS og Widerøe har siden 2019 tilbudt sine kunder å kjøpe bærekraftig flydrivstoff på sine reiser. I tillegg har Forsvaret inngått avtale med Norwegian om at det skal være innfasing av 15 % ekstra bærekraftig flydrivstoff på Forsvarets 250 000 reiser fra 2024 til 2028. Slik skal CO₂-utslippene senkes med over 2 000 tonn hvert år (Avinor, 2024a; Forsvaret, 2023, 2024). Forsvaret fyller også, som første aktør i verden, 40 % SAF på sine F35 fly på kampflybasen på Ørland (Stranden & Trøen, 2025). I likhet med resten av det bærekraftige flydrivstoffet som brukes i Norge, er det et krav drivstoffet her imøtekommer EUs bærekraftskriterier, som formulert i fornybardirektivet. Biodrivstoffet som Forsvaret bruker produseres og fraktes fra St1s fabrikk i Göteborg.

Elforsyning

Deler av prosessene i konvensjonelle fly drives av strøm, og flyene lades når det har snutid og om natten. Strømmen kan også produseres også av hjelpemotor på flyet, men dette begrenses for å unngå lokal luftforurensing. Ulike kjøretøy på flyplassene elektrifiseres, og det gjør også transporten til og fra flyplassene.⁴⁴ Derfor er det i dag strømforsyning med høy kapasitet i og til lufthavnene, men lading av elektriske fly vil kreve en langt større kapasitet. Dette krever installasjon av ny ladeinfrastruktur på

⁴² Engelsk: 'Sustainable Aviation Fuels'.

⁴³ F.eks.: <https://st1.no/artikkel/Et-aar-med-SAF-Velkommen-ombord>
<https://media.uk.norwegian.com/pressreleases/norwegian-enables-corporate-customers-to-reduce-emissions-from-business-travel-3162792>, <https://www.neste.com/about-neste/who-we-are>, <https://st1.com/about-us/sustainability/energy-transition/liquid-biofuels>

⁴⁴ Se s. 69 i Avinors årsrapport fra 2024: https://om.avinor.no/siteassets/om-avinor/finansielle-rapporter/avinor_ars--og-barekraftsrapport_2024.pdf

flyplassene. Dersom det skal bli etablert ladeinfrastruktur for batterielektriske fly i større skala, vil dette kreve betydelige investeringer (f.eks. Avinor, 2023; Avinor & Luftfartstilsynet, 2020).

Regjeringen innvilget, som nevnt innledningsvis, våren 2024 1 milliard norske kroner til å omstille norske lufthavner til null- og lavutslippsluftfart i NTP-perioden 2025-2036 (Birkelund, 2024; Samferdselsdepartementet, 2024b). Dette innebærer tilrettelegging for ulike typer null- og lavutslippsløsninger, det være seg batterielektriske fly, hydrogenelektriske fly, hydrogenfly, eller ulike hybride fly.

Avinor har meldt ut at man vil tilby løsninger for lading og hydrogenfylling når nullutslippsflyene er klare for å introduseres. Det utvikles internasjonalt flere typer løsninger for både lading av strøm og fylling av hydrogen. Når det gjelder lading, kan ladestasjonene både være mobile og stasjonære. Hydrogen kan produseres sentralt i store anlegg og fraktes frem gjennom tanker eller rørledninger, eller det kan produseres lokalt gjennom å benytte fornybar strøm til elektrolyse av vann. Ved behov for store mengder er sentral produksjon antakelig kostnadseffektivt, fordi skalafordelene da kan oppveie distribusjonskostnadene. Lokal hydrogenproduksjon vil derfor antakelig ikke være relevant, når eller hvis hydrogenfly innføres i stor skala på lang sikt. Det kan derimot være den billigste løsning i tidlige faser, hvor det bare er behov for mindre mengder, hvor det ikke er lønnsomt å etablere permanente forsyningsinfrastrukturer.

Både lokal elektrolyse og lading av elfly vil gjøre at strømmettet til flyplassene og innad på flyplassene må forsterkes, selv om flyplassene også kan generere noe strøm selv gjennom blant annet solceller (Avinor, 2023). Avinor har tidligere beregnet at det vil koste mellom 1,2 og 1,6 milliarder NOK₂₀₂₃ kroner å forbedre nett-tilknytning og etablere ladeinfrastruktur, herav 520 millioner NOK₂₀₂₃ frem mot 2030 (Avinor, 2023).

I forhold til behovet for utbygning av effekt-kapasitet på mindre flyplasser gir batterielektriske fly med batteribytte en fordel. Når ladingen ikke behøver å skje i den korte perioden hvor flyene har snutid, kan man jevne ut ladetiden over døgnet. Dette vil ha egne fordeler og ulemper. Fordeler vil være at batteribytte vil kunne være svært tidsbesparende, at batteriene kan lades når strømprisen er lavest, og at langsommere lading kan gi mindre slitasje på batteriene. Ulemper inkluderer at flyplassene da må ha egne systemer for lagring og bytting av batterier, og at det vil være kostbart å ha et lager batterier i opplag der (f.eks. van Oosterom & Mitici, 2023).

Ladeløsning på Stavanger lufthavn

I august 2025 åpnet den første ladeløsningen for strøm til et batterielektrisk fly på Stavanger lufthavn Sola, og 8. august startet testflygninger av et batterielektrisk fly mellom Sola og Bergen lufthavn Flesland (Avinor, 2025b, 2025c). Flyet er et batteri-elektrisk småfly fra Beta, Alia CX300. Bristow Norge AS opererer flyene. I første omgang skal gods transporteres (Brombach, 2025; Frøslund, 2024; Li et al., 2024).

4.6 Luftfartsmyndigheter

Hovedtemaet i reguleringen av luftfarten er sikkerhet. Utforming av regelverket Luftfartstilsynet følger opp skjer internasjonalt, av FNs sivile luftfartsorganisasjon, International Civil Aviation Organization (ICAO), og i europeisk sammenheng også i noen grad av EUs flysikkerhetsdirektorat European Aviation Safety Agency (EASA). EASA skal sikre at ICAOs krav og anbefalinger blir gjennomført i EØS-området. ICAO har en global flysikkerhetsplan, som videre blir iverksatt gjennom regionale flysikkerhetsplaner (Samferdselsdepartementet, 2023). I EØS-området gjelder European Regional Aviation Safety Plan, som er utarbeidet av EASA. Disse internasjonale planer legger føringer for hvordan Norges flysikkerhetsprogram og norsk flysikkerhetsplan skal være. Samferdselsdepartementet, Luftfartstilsynet og Statens havarikommisjon er de viktigste luftfartsmyndighetene i Norge. Dersom det skjer ulykker eller alvorlige hendelser i luftfarten, enten det er sivil eller militær luftfart, er det Statens havarikommisjon som undersøker disse.

I Europa er flysikkerhetskravene derfor totalt harmoniserte, og det er kun på noen få områder at for eksempel infrastrukturen i Norge kan avvike fra standardene. Hvis en norsk flyplass ikke kan følge tekniske standarder og regelverk fra ICAO og EASA, må det iverksettes tiltak for å kompensere slik at

sikkerheten skal være minst like god. Et eksempel på dette er at mange norske flyplasser ikke har anbefalt rullebanelengde. Avvik må godkjennes etter en grundig prosess i EASA (Europalov, 2015). De norske kortbaneflyplassene krever at både flyene og personellet som opererer dem må være egnet til å bruke dem, påpeker informanter i en tidligere studie (Ydersbond & Elvik, 2024).



Mongstad raffineri. © Equinor, Ole Jørgen Bratland

5 Norsk luftfarts energiforbruk og CO₂-utslipp – status og forventninger til framtiden

Kapittel 2 presenterte en kartlegging av flyreiseaktiviteten i dag og utviklingen de siste tiårene. Dette kapitlet ser på hvordan denne aktiviteten gir seg utslag i energiforbruk og CO₂-utslipp fra norsk luftfart, og hvordan den sannsynlige veksten i reiseaktiviteten framover vil gjøre det vanskeligere å nå regjeringens mål om å redusere luftfartens utslipp betraktelig for å bli et lavutslippssamfunn innen 2050.

Luftfartens klimabelastning er hovedsakelig knyttet flymotorens forbrenning av drivstoff, som i dag stort sett bare er basert på fossilt olje. CO₂-utslippene fra sivil innenlands luftfart var 1,1 mill. tonn i 2023 tilsvarende cirka 3 % av Norges territoriale utslipp. I tillegg kommer utslipp fra flyvninger til utlandet på 1,6 mill. tonn CO₂ og fra forsvarets fly på 0,1 mill. tonn CO₂. De i alt 2,8 mill. tonn CO₂ kommer fra 875 000 tonn flydrivstoff tilsvarende 38 PJ energi.

CO₂-utslippene fra luftfarten er fordoblet siden 1990. Veksten har vært drevet av økt reiseaktivitet, men dempet av en markant økning i energieffektiviteten per passasjerkilometer. Siden årtusen-skiftet har innenlandstrafikken stagnert, så veksten har vært konsentrert i utenlandstrafikken. Disse tendensene forventes å fortsette framover, så framskrivninger gir mer enn 50 % økt CO₂-utslipp i 2050 sammenliknet med i dag, hvis det forutsettes uendret energieffektivitet.

De fem største av de 47 lufthavnene sto for 84 % av CO₂-utslippene, med 55 % alene fra Oslo lufthavn. De lange rutene går helt overveiende fra disse lufthavnene. Stort sett alle ruter over 1500 km til utlandet. Disse rutene står for 25% av utslippet. De lengste rutene har et høyt CO₂-utslipp per reise, men de utgjør en liten del av alle flyavganger, og er derfor bare ansvarlig for en mindre andel av samlede CO₂-utslipp. Omvendt er det samlet sett mange avganger på de 110 rutene som er kortere enn 200 km, men de utgjør bare 3 % av samlede CO₂-utslipp, nettopp fordi de er korte.

CO₂-intensiteten for alle ruter er gjennomsnittlig cirka 80 gram per setekilometer og størst for de korte rutene. For de lengste rutene er CO₂-intensiteten bare halvparten av gjennomsnittet og noenlunde tilsvarende bensin- og dieselbiler.



© Avinor, Oystein Lower

Flytrafikken er i dag stort sett basert på fossilt flydrivstoff, på engelsk 'jet fuel'. Forbrenning av det fossile flydrivstoffet (FJF) utgjør den dominerende del av luftfartens klimabelastning. Energiforbruket i lufthavner og andre kilder til forurensning har ganske liten betydning i sammenligning. Dette gjelder også utslipp fra flyproduksjonen, som er ubetydelig (<0,1 %) sammenliknet med flyenes utslipp fra operasjonell fase⁴⁵. Flyenes drivstofforbruk står for 99 % av CO₂-utslippene fra den samlede verdikjeden (Scope 1-3) fra Avinors lufthavner, og utslipp fra produksjonen av innkjøpte varer og tjenester for hovedparten av resten⁴⁶. Analysen av energiforbruk og klimapåvirkning i dagens luftfart vil derfor alene konsentrere seg om forbruket av flydrivstoff.

Klimabelastningen fra selve flygningen skjer først og fremst gjennom utslipp fra forbrenningen i flymotoren, hvor karbon-delen av drivstoffet omdannes til klimagasser, i hovedsak CO₂. I tillegg dannes betydelige mengder vanndamp (H₂O) fra hydrogen-delen av drivstoffet litt metan (CH₄), lystgass (N₂O) og små partikler (PM₁₀) (IPCC, 1999). Disse *ikke-CO₂* effektene, som også bidrar markant til luftfartens samlede klimabelastning, behandles i kapittel 6 sammen med 'upstream' utslipp fra produksjon av både FJF og SAF.

Boks 5.1 Utslippsfaktorer for fossilt flydrivstoff (FJF) og bærekraftig flydrivstoff (SAF)

For FJF anvendes en standard-utslippsfaktor for forbrenningen på 3,16 kg CO₂ per kg drivstoff. For SAF regnes forbrenningen som CO₂-nøytral, dvs. 0 kg CO₂ per kg drivstoff, fordi karbonet i b-SAF først har blitt omdannet til biomasse gjennom fotosyntesens opptak av CO₂ fra luften eller for e-SAF, å være fra innfanget CO₂ fra punktkilder eller direkte fra luften ('Direct Air Capture' - DAC).

CO₂-utslippene fra SAF er derfor bare oppstrømsutslipp. Klimagassutslippene i dette avsnitt er bare det direkte CO₂-utslippene fra fossil drivstoff. Det betyr at emisjonsfaktoren per kg drivstoff med 0,5 % SAF gjeldende for 2024 blir $(1 - 0,5\%) \times 3,16 = 3,14$ kg CO₂ per kg drivstoff.

Som et av få land (frem til iverksettingen av ReFuelEU Aviation i 2025) har Norge siden 2020 hatt krav om innblanding av 0,5 % avansert biodrivstoff gjennom et omsetningskrav. Generelt kan man under antakelse av 0,5% SAF bruke følgende omregningsfaktorer mellom drivstoffmengder, energiinnhold og CO₂-utslipp :

$$1 \text{ TWh} = 3,6 \text{ mill. GJ} = 0,084 \text{ mill. tonn jet fuel} = 0,1019 \text{ mill. m}^3 \text{ jet fuel} = 0,26 \text{ mill. tonn CO}_2$$

Fra 2025 skal alle EU-flyplasser innblande 2 % SAF. Dette øker gradvis fra 2030 til 2050 (se kapittel 7). Med disse innblandings-prosentene gjelder naturligvis andre omregningsfaktorer til CO₂-utslipp.

5.1 Status

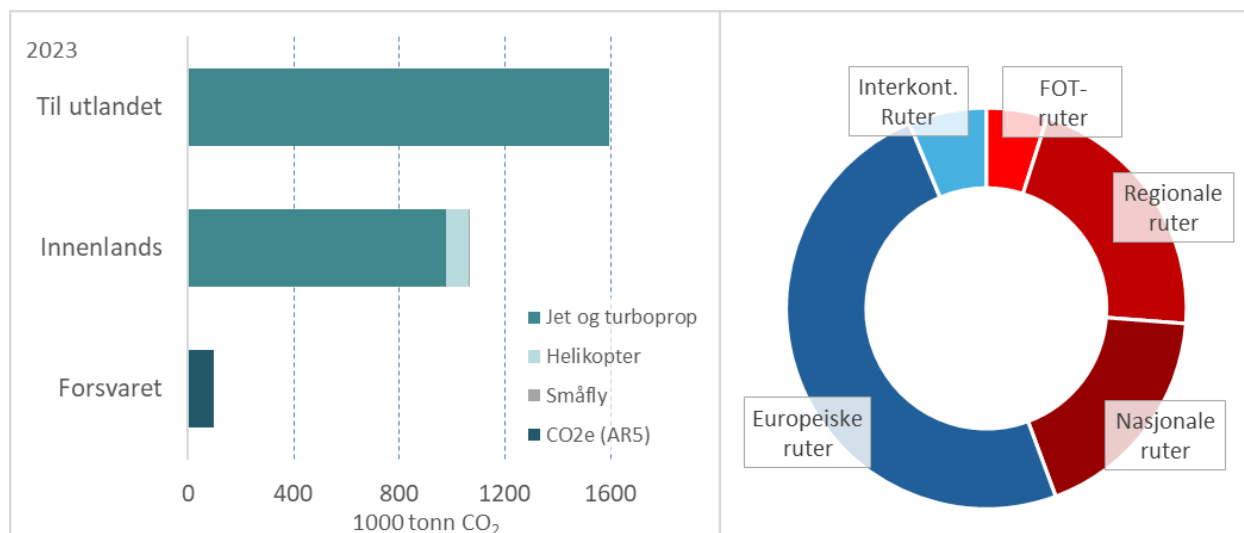
I 2023 var det samlede norske territoriale utslippet cirka 39 mill. tonn CO₂e⁴⁷, hvorav transport sto for drøyt 15 mill. tonn (38 %). Transportens klimagassutslipp er overveiende CO₂. Sivil luftfart er i all hovedsak kvotepliktig, men bare utslippet fra innlandsflyvninger teller med i de nasjonale forpliktelsene i Parisavtalen og i de ovennevnte tallene. Som det framgår av figur 5.1 (venstre siden), sto innenriks-luftfart for 1,1 mill. tonn CO₂ i 2023 tilsvarende ca. 3 % av det territoriale utslippet. I tillegg kommer utslipp fra flyvninger til utlandet på 1,6 mill. tonn CO₂ og fra forsvarets fly på 0,1 mill. tonn CO₂. De i alt 2,8 mill. tonn CO₂ svarer til 875 000 tonn drivstoff med et energiinnhold på 38 mill. GJ (10,5 TWh).

Utslippene fra innenriksfly kommer først og fremst fra rutefly, det vil si fra fly som går etter en fast tidstabell, og en mindre andel til helikoptertjenester blant annet til offshore. For utenlandstrafikken kommer en mindre del av utslippene på ca. 7 % fra charterfly, som leies for en eller flere avtalte flyvninger. Går man tilbake i tiden var feriereiser med charterfly en betydelig større andel av fritidsreisene og charterflyenes utslipp var derfor også større.

⁴⁵ Basert på Lopez (2010) s. 70, som har foretatt LCA på Airbus 330-200.

⁴⁶ Avinor Års- og bærekraftrapport 2023, s. 47 og Klenner et al. 2024 s. 9134.

⁴⁷ Uten skogs- og arealbrukssektoren.



Figur 5.1: a) CO2e-utslipp fra norsk luftfart i 2023 med oppdeling på innland, utland og forsvar. b) Fordeling av utslippet fra sivil ruteflyvning på typer av ruter.

Kilde: a) Tall fra SSB levert av Avinor. b) PACER-modellen v. 1.3.

I figuren til høyre (b) utslippet for innland og utland underoppdelt på typer av ruter svarende til kategoriseringen i PACER-modellen⁴⁸. Disse benyttes til mer detaljerte tall i avsnitt 5.3 og i scenarieberegningene i kapittel 9:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| • FOT-ruter: | Ruter som fra 1. april 2024 mottar tilskudd gjennom offentlige anbud. |
| • Regionale ruter: | Innenlandsruter som ikke er FOT- eller nasjonale ruter (se neste). |
| • Nasjonale ruter: | Store innenlandsruter med mer enn 1 mill. seter (begge veier): OSL–BGO; OSL–SVG; OSL–TRD; OSL–BOO; OSL–TOS. |
| • Europeiske ruter: | Fra Norge til EØS-området, Sveits og Storbritannia. |
| • Interkontinentale ruter: | Øvrige utenlandsruter. |

Interkontinentale ruter har en relativt liten del av utslippene fra norsk luftfart sammenliknet med hvordan det er globalt. Grunnen til dette er at mange av reisene fra Norge til andre kontinenter går via europeiske hub-lufthavner utenfor Norge, så den del av reisen som er selve den interkontinentale ruten ikke telles med. FOT-rutene betyr tilsvarende lite, selv om det er tale om mange ruter og avganger. Begrunnelsen er her at avstandene er ganske korte og det benyttes små fly.

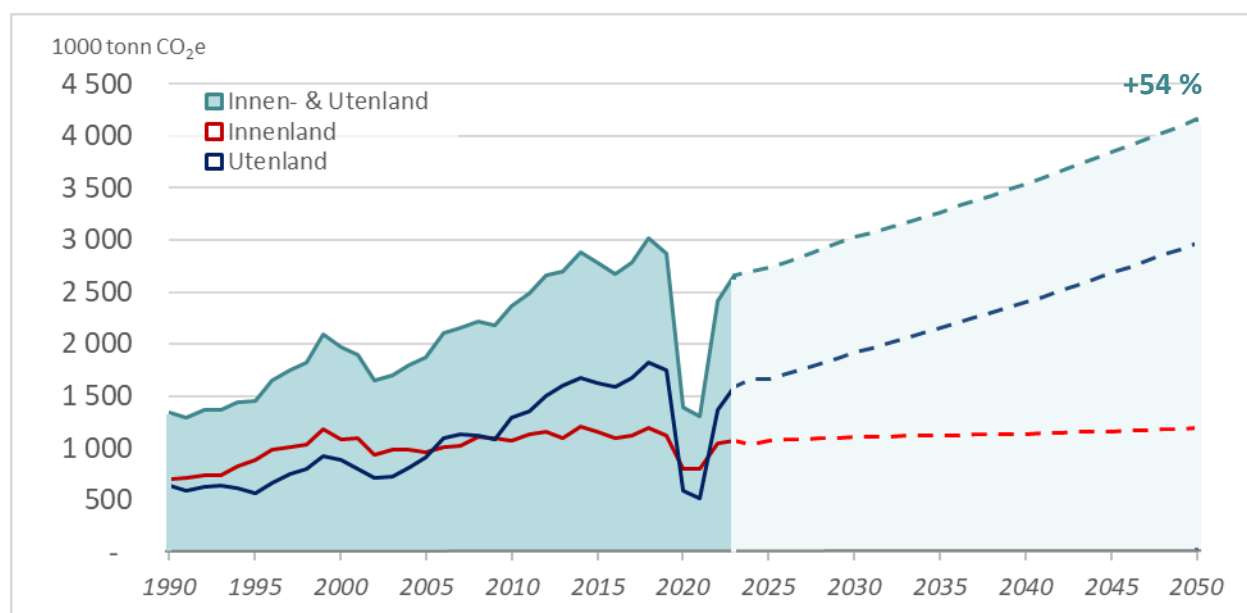
5.2 Utviklingen i luftfartens CO₂-utslipp

Luftfarten er en av de sektorene hvor utslippene har økt mest med en fordobling siden 1990. Veksten har vært drevet av økt reiseaktivitet, som beskrevet i kapittel 2. Veksten har imidlertid vært dempet av at det samtidig har skjedd en markant økning i samlet energieffektivitet per reist kilometer som følge av en rekke faktorer som beskrevet i avsnitt 4.2.2. Det framgår av figur 5.2 at årene med Covid-19-

⁴⁸ For en kort beskrivelse av PACER-modellen henvises til Vedlegg 7.

pandemien i 2020-2021 var et markant unntak, hvor reiseaktiviteten falt voldsomt fordi luftfarten i perioder var underlagt sterke restriksjoner. Fallet i CO₂-utslippene var ikke helt 'tatt igjen' i 2023, og seneste tall fra Avinor viser at reiseaktiviteten i 2024 også har økt, men fortsatt var cirka 5 % under 2019-nivået for både innenlands- og utenlandsreiser⁴⁹.

Videre ses det av Figur 5.2, utslippene fra innenlandstrafikken stort sett har stagnert i dette århundret, så veksten i hovedsak kommer fra utenlandstrafikken. Det er viktig å bemerke at tallene for klimagassutslipp fra utlandstrafikken bare medregner utslippene fra norske lufthavner til første destinasjon i utlandet. Disse utslippene rapporteres årlig av Miljødirektoratet til FNs Klimakonvensjon (UNFCCC). For størstedelen av de meget lange reisene er derfor bare en mindre del av samlede utslipp tatt med.



Figur 5.2: Klimagassutslipp fra sivil flytrafikk i og fra Norge 1990-2023 og framskriving med antakelse om uendret energieffektivitet.

Kilde: Historiske tall fra SSB levert av Avinor og prognoser med PACER-modellen.

Figur 5.2 viser også prognosetall for CO₂-utslippets utvikling frem mot 2050. Framskrivingen er gjort med PACER-modellen med Avinors framskriving av innenlands- og utenlandstrafikken under antakelse om dagens norske regler for innblanding av SAF og med uendret drivstoffeffektivitet i flyflåten i forhold til i dag. Det forventes svak vekst i innenlandstrafikken, men reisene til og fra utlandet forventes å vokse kraftig fram mot 2050. De gjennomsnittlige vekstratene på innen- og utenlandstrafikken i framskrivingen er henholdsvis 0,5 % og 2,3 %. Resultatet blir at det samlede CO₂-utslippet blir mer enn 50 % høyere enn i 2024. Framskrivingen i figur 5.2 er som nevnt foretatt uten å ta hensyn til utviklingen i energieffektivitet, hvilket må betraktes som en overvurdering. For det første er det i dag planer om utskiftinger av eldre fly med nyeste som har lavere energiforbruk. For det andet er det så pass lang tid til 2050 at en stor del av de flyene som er nyeste modell i dag eller skiftes ut fram mot 2030 vil nå å bli utskiftet en gang til fly med modeller som er under utvikling og forventes å ha enda lavere energiforbruk. Denne problemstillingen analyseres nærmere i avsnitt 7.1.

⁴⁹ <https://avinor.no/en/corporate/about-us/statistics/archive> og [Luftfarten i 2024: 5 prosent vekst totalt, og store variasjoner mellom lufthavnene | Avinor](#)

5.3 CO₂-utslippenes fordeling på selskaper, lufthavner og rutelengder

Ifølge års- og bærekraftsregnskapene for 2023 hadde SAS, Norwegian og Widerøe utslipp fra fossil jetfuel på henholdsvis 3 mill. tonn, 2 mill. tonn og 0,2 mill. tonn CO₂. Bare en del av dette kommer fra flygninger fra norske lufthavner. SAS oppgir at det dreier seg om 0,655 mill. tonn, for Widerøe vil det være hovedparten, og Norwegian oppgir ikke tall.

Som beskrevet i avsnitt 4.3 er avganger, passasjerer og setekilometer meget ulikt fordelt på de 47 lufthavnene med rutetrafikk. Det er stor overvekt på de ti EU-lufthavnene, som EU reguleringen defineres som lufthavner med minst 800 000 reisende per år. Det speiles også i fordelingen av drivstofforbruk og CO₂-utslipp på lufthavner. Det framgår av tabell 5.1 at mer enn 94 % relaterer til ruter fra disse lufthavnene. Resten fordeles noenlunde likt på de mindre lufthavner i Nord-Norge og i Sør-Norge. Avinor-opererte lufthavner står for 95 % og av resten er de fire siste er det bare Sandefjord, Torp som har et vesentlig bidra med 4 % av utslippene.

Tabell 5.1: Total drivstofforbruk til rutefly fordelt på lufthavner. 2024.

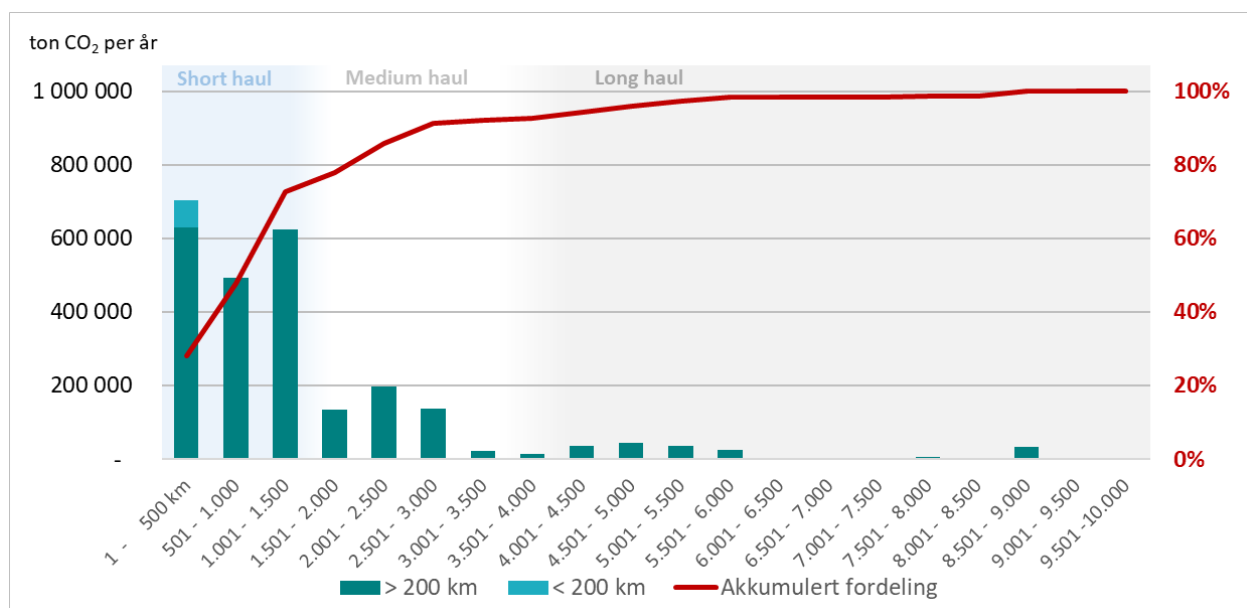
Lufthavner	(antall)	Drivstofforbruk (1000 tonn)	(Andel)	Innenlandsruters andel av drivstofforbruk
TOTAL	(47)	798	(100 %)	42 %
Avinor	(43)	747	(95 %)	43 %
EU-lufthavner	(10)	750	(94 %)	39 %
Oslo lufthavn, Gardermoen		441	(55 %)	28 %
Bergen lufthavn, Flesland		82	(10 %)	44 %
Stavanger lufthavn, Sola		50	(6 %)	67 %
Trondheim lufthavn, Værnes		49	(6 %)	43 %
Tromsø lufthavn		44	(6 %)	68 %
Sandefjord lufthavn, Torp		32	(4 %)	10 %
Bodø lufthavn		29	(2 %)	100 %
Ålesund lufthavn, Vigra		12	(2 %)	61 %
Harstad/Narvik lufthavn, Evenes		12	(2 %)	93 %
Kristiansand lufthavn, Kjevik		8	(1 %)	66 %
Øvrig Nord-Norge	(24)	28	(3 %)	100 %
Øvrig Sør-Norge	(13)	21	(2 %)	89 %

Kilde: PACER-modellen.

EU-lufthavner er definert som lufthavner som har minst 800 000 passasjerer per år. Tallene er drivstofforbruk fra lufthavn til neste stopp. Det kan være avvik mellom disse tallene og solgt drivstoff i den enkelte lufthavn.

En del av forklaringen på konsentrasjonen på de få store lufthavner er at langt hovedparten av utenriks-reisene går via disse lufthavner. Dette forsterkes av at rutene til utlandet i mange tilfeller er vesentlig lengre enn reisene internt i Norge. Dette bekreftes ved å se på høyre kolonne i tabellen: 42 % av drivstofforbruket går til innenlandsrutene i gjennomsnitt, men det er generelt stor forskjell mellom EU-lufthavnene og øvrige lufthavner. Tre lufthavner skiller seg ut: Sandefjord lufthavn har bare 10 % andel til innenlandsrutene. Derimot betjener Bodø og Harstad/Narvik hovedsakelig innenlandsruter i likhet med de mindre lufthavner i Nord-Norge og Sør-Norge.

De lange rutene har som nevnt tidligere et ganske høyt CO₂-utslipp per passasjer. Det kan derfor være relevant å se på hvordan samlet CO₂-utslipp er fordelt på avstander for rutene. Dette er illustrert i figur 5.3.



Figur 5.3: CO₂-utslipp fra ruteflyvninger fra norske lufthavner i 2024 fordelt på rutelengder.

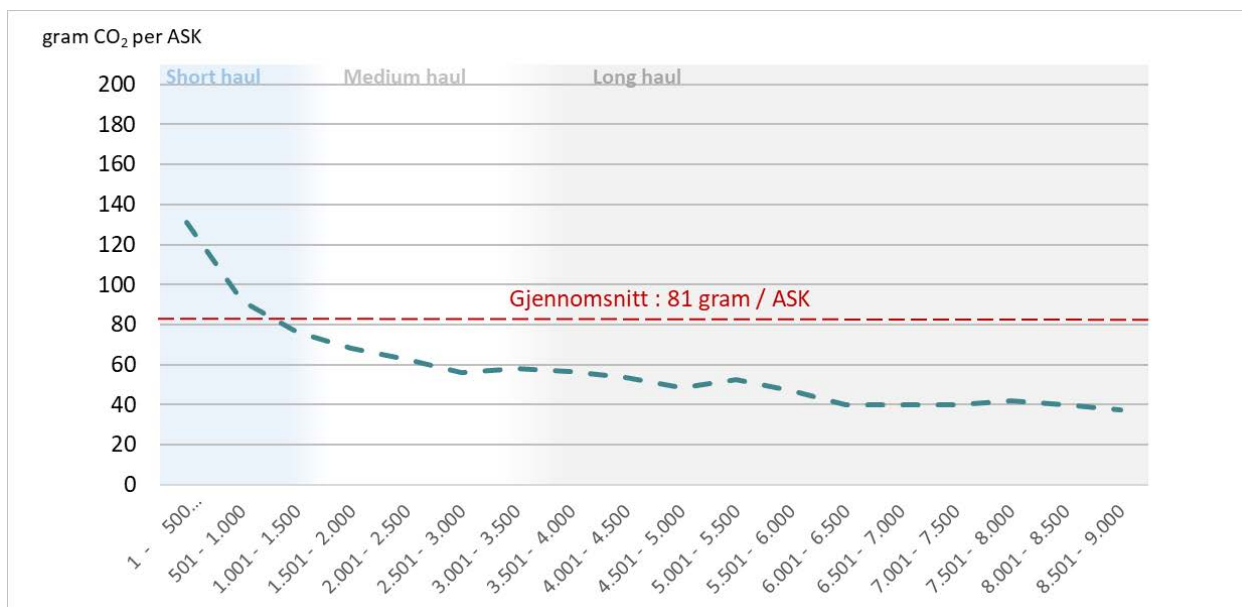
Kilde: PACER-modellen. Utslippene fra de enkelte rutene er basert på [ICAO Carbon Emissions Calculator](#).

Figur 5.3 viser et tilsvarende mønster for setetilbudet i figur 4.3, som ikke hadde avstand med i beregningen. Avstanden gir nå vekt i samlet fordeling av drivstofforbruk og dermed CO₂-utslipp. Det betyr at det først er når avstander opp til 3 000 km tas med, at 90 % av utslippene er dekket. Tre fjerdedeler av CO₂-utslippet foregår på reiser under 1500 km. Avstander under 200 km er fremhevd (med lysblå) da disse rutene er relevante i relasjon til introduksjon av de første batterielektriske flyene. Det ses at de står for en mindre del av utslippet for ruter under 500 km og har samlet sett lite betydning med bare 3 % av utslippene. Det bør gjentas at tallene bak Figur 5.3 bare dekker passasjerer på ruter fra norske lufthavner. En del av reisene fra norske lufthavner skjer med transfer i utlandet. For interkontinentale reiser gjelder dette godt og vel halvparten av reisene. Bidraget fra de lange turene på minst 4 000 km ville derfor anslagsvis bli omtrent fordoblet, hvis man så på reisene til og fra Norge i stedet for passasjerer på ruter fra norske lufthavner.

Betydningen av de lange reisenes bidrag til samlet klimabelastning understrekes også av at lange flyvninger bare sto for 6 % av avgangene på ruter fra europeiske lufthavner i 2019, men var ansvarlig for 48 % av de samlede CO₂ utslippene for disse avgangene ([Eurocontrol, 2021](#)).

CO₂-intensitetens avhengighet av rutelengden

Avslutningsvis ser vi på CO₂-intensiteten målt som gram CO₂ per setekilometer. Den er beregnet for hvert avstandsbånd i figur 5.3 dividert med det samlede antall setekilometer i intervallet. (fra Vedlegg B Figur B.3). Resultatene vises figur 5.4.



Figur 5.4: CO₂-utslippene per setekilometer som funksjon av avstanden. Gram CO₂ per ASK i 2024.

Kilde: PACER-modellen basert på ICAO Carbon Emission Calculator.

Som beskrevet i Avsnitt 4.2.2 faller utslippet per setekilometer⁵⁰ med avstanden av to årsaker. For det første fordeles utslipp under avgang, landing og taxiing ut på flere kilometer. For det andre er de større flyene som brukes over lengre avstander mer drivstoffeffektive per sete. CO₂-utslippene ligger mellom 130 g/ASK for de korte rutene til ca. 40-50 g/ASK for de lengste, og det samlede gjennomsnitt er 81 g/ASK.

For de meget lange reisene er det i dag vanligvis ikke noe reelt alternativ til å fly. Stort sett alle disse reisene blir bare foretatt fordi reisehastigheten med fly er så meget høyere enn for andre transportformer, slik at reisetiden blir overkommelig. Bakketransport er i praksis bare et alternativ til fly på avstander på opp til noen hundre kilometer for de fleste av reisene, og for noen få av reisene opp til 2-3 000 km. Uansett kan det sette flyets CO₂-utslipp i perspektiv å sammenlikne med utslippet per kilometer for bakketransport. Norske bensin- og dieselpersonbiler hadde ifølge Miljødirektoratets 2023-rapport til FNs klimasekretariat [UNFCCC](#) et gjennomsnittlig utslipp på 145 gram per kjøretøykilometer 2021⁵¹. Antas fire seter per personbil, svarer det til 36 gram CO₂ per setekilometer. Det er altså cirka det samme som for de lengste flyreisene, som er de minst CO₂-intensive.

En mer brukbar sammenlikning mellom fly og bil er kanskje CO₂-utslippet per passasjerkilometer. Da må det tas høyde for at gjennomsnittlig kabinfaktor for flyene er 73 %. For personbiler er belegget sterkt avhengig av om det bare er føreren i bilen eller det er tale om en familietur med fire personer om bord.

⁵⁰ For avstander over 3 000 km er det få ruter og dermed er CO₂-intensiteten følsom over for alderen av de flytypene som anvendes på rutene i de enkelte avstandsbåndene.

⁵¹ [Norway. 2023 National Inventory Report \(NIR\)](#) p. 3-63

Hvis vi antar 1,8 personer per bil som tilnærming for lange reiser⁵² blir gjennomsnittlig belegg 45 %, altså noe lavere enn for fly. Derfor blir forskjellen mellom fly og bensin-/dieserbiler altså noe mindre for sammenlikning av passasjerkilometer enn for setekilometer.

For tog og buss er CO₂-utslippene per setekilometer vesentlig lavere enn for både bil og fly. I tillegg er klimaeffektene fra annet enn CO₂ vesentlig høyere for fly enn for andre transportformer. Dette behandles i neste kapittel.



⁵² Dette svarer til antakelsen i Nasjonal Transportmodell (Rekdal et al.2019). Se også Rekdal, J., Flügel, S., Hamre, T. N., Steinsland, C., Madslien, A., Grue, B., Zhang, W. & Larsen, O. I. (2014). *NTM6 – Transportmodeller for reiser lengre enn 70 km*. Møreforskning Molde AS.
<https://www.moreforsk.no/publikasjoner/rapporter/transportokonomi/1414-ntm6---transportmodeller-for-reiser-lengre-enn-70-km/1094/3202/>.

6 Betydningen av ikke-CO₂- og oppstrøms-utslipp

Utslipet av CO₂ fra forbrenningen av fossil energi gir overordnet sett det vesentligste bidra til transportsektorens klimapåvirkning. Men for luftfarten er ikke-CO₂-effekter og oppstrøms-utslipp fra produksjonen av drivstoff to andre betydelige bidrag, som må tas inn i en helhetlig vurdering av luftfartens klimabelastning.

Oppstrømsutslippet fra fossilt flydrivstoff er de utslipp som skjer produksjon og distribusjon av drivstoffet. De varierer avhengig av hvor det er produsert, men det kan gjennomsnittlig regnes som et tillegg på ca. 20 % av CO₂-utslippet fra forbrenningen. Produksjonen av biobaserte SAF gir også anledning til oppstrømsutslipp som er forskjellig for de ulike typer. For HEFA som forventes å være det primære SAF de kommende årene er oppstrømsutslippet av samme størrelse som for fossilt flydrivstoff. De SAF-typerne som forventes å ta over fram mot 2050 vil ha lavere oppstrømsutslipp og for e-SAF, hvor energien kommer fra fornybar strøm, har et markant lavere oppstrømsutslipp enn fossilt flydrivstoff og biobasert SAF.

Non-CO₂ effektene består av mange ulike komponenter hvorav den viktigste kommer fra kondensstriper. De er beheftet med stor usikkerhet og de er ganske kortlivede sammenliknet med CO₂. Men det er ikke tvil om at oppvarmningseffekten er betydelig. Basert på beste tilgjengelige viten tilsvarer non-CO₂ effektene fra fossilt flydrivstoff et tillegg på 70 % i forhold til den direkte CO₂-effekten. Dette er regnet som akkumulert oppvarmningseffekt på 100 års sikt (GWP₁₀₀) og gjelder gjennomsnittlig for all luftfart. Det er usikkert hvordan bruk av SAF vil påvirke non-CO₂ effektene, men antakelig blir de en del mindre.

Det viktigste non-CO₂ bidrag kommer fra varige kondensstriper fra vanndamp i eksosen. Variasjonen av denne effekten er meget stor på tvers av de enkelte flyvninger, fordi de bare dannes i stor høyde og under spesifikke atmosfæriske forhold. Bare én av 5-6 flyvninger danner oppvarmende kondensstriper, og 3 % står for 80 % av den samlede oppvarmnings-effekten. Det dreier seg især om lange flyvninger og om natten.

Kondensstripene reduseres hvis det er mindre partikler i flymotorenes eksos. Dette kan skje ved å senke flydrivstoffets innhold av aromater og svovel med en mindre kostnadsøkning. Tilsvarende effekter kan oppnås ved å erstatte fossilt flydrivstoff med SAF. Batterielektriske fly er utslippsfrie og vil derfor helt fjerne kondensstripene. En alternativ strategi er å forsøke å unngå å fly i de områdene hvor kondensstripene dannes. Det krever utvikling av mer presise modeller til å forutsi i realtid, hvor disse områdene er.



© Niels Buus Kristensen

CO₂ er den vesentligste av de utslippene som bidrar til den globale oppvarmingen. Selv i små konsentrasjoner har CO₂ isolerende effekt gjennom at molekylene bremser varmeutstrålingen fra kloden. Ifølge FNs klimapanelers sjette hovedrapport har konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren økt fra 0,028 % før vi begynte å bruke fossil energi til i dag 0,041 %⁵³, altså med 50 %. En av de store utfordringene er at CO₂ har meget lang oppholdstid i atmosfæren, så et tonn utslipp i dag fortsatt vil bidra med 80 % av oppvarmningseffekten etter 100 år. Modellberegninger fra IPCC viser at temperaturen derfor vil være nesten uendret de neste hundre år, hvis vi hypotetisk kunne stoppe alle CO₂-utslipp i dag.

Selv om CO₂-utslippene fra flyenes forbrenning av flydrivstoff er trolig luftfartens viktigste klimaeffekt, er det også andre effekter som har vesentlig betydning:

- *For det første* har flyene andre utslipp enn CO₂ som også påvirker klimaet, såkalte 'ikke-CO₂' effekter. Sammenliknet med andre transportformer er disse effektene av særlig stor betydning for luftfarten. Dette behandles i avsnitt 6.1.
- *For det andre* er det som for all annet fossil energi også betydelige klimagassutslipp ved produksjonen av flydrivstoff. Dette behandles i avsnitt 6.2.

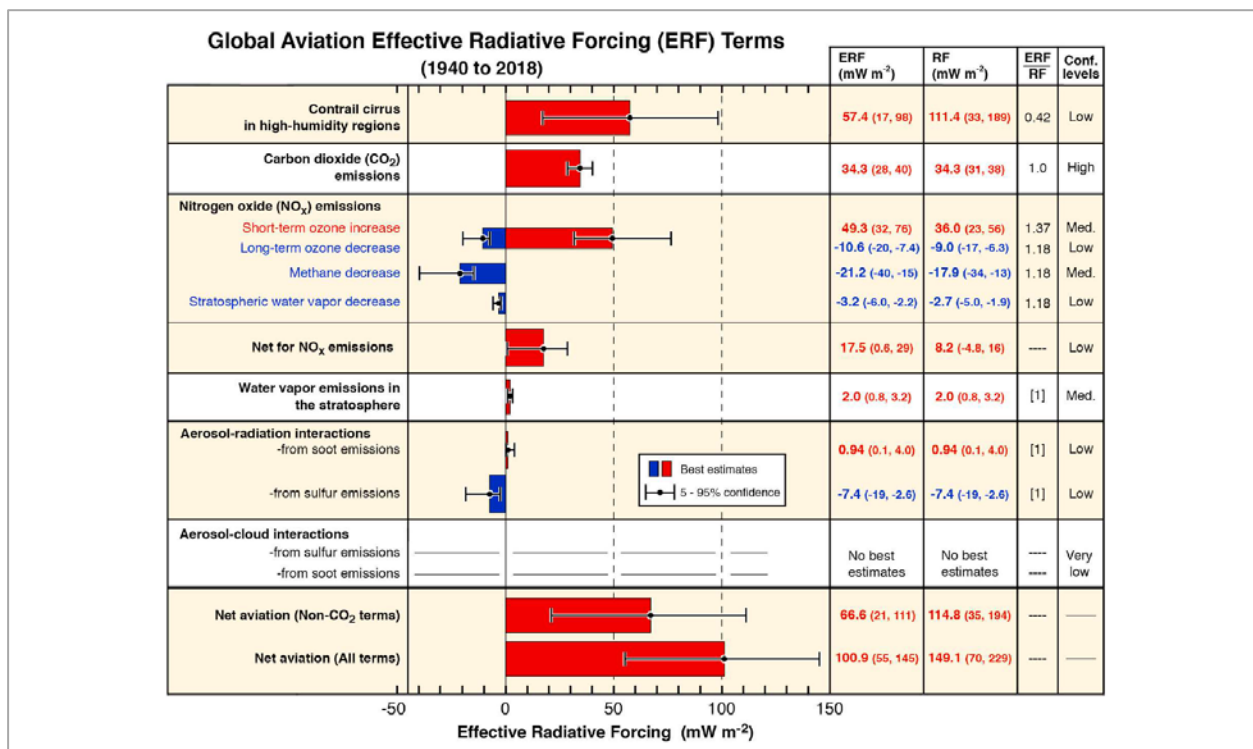
6.1 Luftfartens ikke-CO₂-effekter

For de fleste andre transportformene er CO₂-utslippet den dominerende klimabelastningen, men for flyet gir andre utslipp fra forbrenningen også vesentlige klimaeffekter, såkalte non-CO₂ eller ikke-CO₂-effekter. Disse effektene er især knyttet til emisjoner som skjer under flygning i høyere luftlag. Om mulig er denne klimapåvirkningen enda mer kompleks enn effekten fra CO₂, med stor usikkerhet og faktorer som drar i forskjellige retninger. Imidlertid er det ikke tvil om at slike ikke-CO₂-effekter samlet gir et oppvarmningsbidrag som kommer i tillegg til effekten av CO₂-utslippene fra fly.

6.1.1 Hvor store er ikke-CO₂-effektene?

Ikke-CO₂-effektene genereres av flymotorenes eksos gjennom komplekse fysiske og kjemiske reaksjoner i atmosfæren. De viktigste komponentene er vanndamp (H₂O) og aerosoler i form av sot og sulfatdråper fra flydrivstoffets innhold av svovel, som kan forårsake dannelse av kondensstriper, og også i noen grad har oppvarmende effekt i seg selv. I tillegg interagerer NO_x-emisjonene på kompleks måte med luftens innhold av metan og ozon, med en samlet usikker positiv effekt. Dette er illustrert i figur 6.1, som er en sentral figur fra den meget siterte og anerkjente meta-studien av Lee et al. (2021), som er en oppdatering av en tilsvarende studie fra 2009.

⁵³ IPCC AR6 s. 948.



Figur 6.1: Estimerte oppvarmningseffekt (Effective Radiative Forcing) i 2018 fra CO₂ og ikke-CO₂ komponenter fra luftfart i perioden 1940 til 2018. Fig. 3 fra meta-studien til Lee et al. (2021).

Figuren viser de enkelte komponentene i luftfartens samlede oppvarmningseffekt målt som ERF ('Effective Radiative Forcing'), akkumulert over perioden 1940 til 2018. Oppvarmningseffekter er vist med rød og kjølingseffekter med blå, mens usikkerheten vist som svarte vannrette streker (|—●—|). Disse strekene viser, at iset er langt større usikkerhet på estimatene for ikke-CO₂-effektene enn for oppvarmningseffekten av CO₂. Tar vi utgangspunkt i middelverdiene viser figuren at ikke netto-effekten av ikke-CO₂-komponentene utgjør cirka to tredjedeler av den samlede akkumulerte oppvarmningseffekten i 2018, og CO₂ bare den siste tredjedel. Kondensstripene, som er iskrystaller som dannes ut fra eksosens innhold av vann og partikler, har klart den største non-CO₂-effekten. For middelverdien er effekten større enn CO₂-effekten, men usikkerheten er som nevnt ganske stor.

Det er viktig å bemerke at effektene i figuren gjelder for den samlede effektive oppvarmningseffekt (ERF) i året 2018 fra de akkumulerte utslippene fra luftfarten siden 1940, og *ikke* den langsiktige effekten av luftfartens utslipp i 2018. Dette har stor betydning for den relative størrelsen på non-CO₂-effektene i forhold til CO₂-effektene. Det skyldes at luftfarten har vokst voldsomt over tid, kombinert med at det er stor forskjell på varigheten av effektene: Kondensstripene har kortest effekt og oppløses i løpet av et døgn, mens CO₂ har effekt i langt mer enn hundre år. I praksis betyr denne forskjellen at hvis vi kan fjerne kondensstripene vil oppvarmningseffekten fra disse opphøre straks, mens oppvarmningseffekten fra CO₂ ved utslippstopp bare vil stabiliseres og gradvis avta over flere hundre år.

For å sammenligne de langsiktige CO₂- og ikke-CO₂-effektene fra utslippene fra et gitt drivstofforbruk, for eksempel fra en konkret flyvning eller flygningene i en gitt periode, må man se på den kumulative oppvarmningseffekten over lang tid for å få hele oppvarmningseffekten fra CO₂ med. Globalt oppvarmingspotensial (GWP_x) akkumulerer effektiv oppvarmningseffekt (ERF) over x år, skalert i forhold til oppvarmningseffekten av CO₂ for den samme perioden, hvor x typisk er 20, 50, 100 eller 500 år. Som det fremgår av det etterfølgende er det meget stor variasjon i ikke-CO₂-effektene på tvers av ulike ruter, og effekten vil avhenge av de aktuelle meteorologiske forhold under flygningen. For den samlede globale luftfart i 2018 har Lee et al. (2021) beregnet den totale oppvarmningseffekten (GWP) for ikke-CO₂-effektene over 20, 50 og 100 år, omregnet til CO₂-ekvivalenter. Disse tallene er gjengitt i tabell 6.1.

Tabell 6.1: Global Warming Potential (GWP) og Global Temperature Potential (GTP) for Ikke-CO₂-effekter beregnet som CO₂-ekvivalenter (CO₂e) på 20, 50 og 100 års sikt for global luftfart.

CO ₂ e / CO ₂	GWP ₂₀	GWP ₅₀	GWP ₁₀₀	GTP ₂₀	GTP ₅₀	GTP ₁₀₀
CO ₂	1	1	1	1	1	1
Kondensstriper	2,3	1,1	0,6	0,7	0,1	0,1
NO _x netto	0,9	0,3	0,2	-0,3	-0,1	0,0
Aerosoler (sot, SO ₂)	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,0	-0,0
Vanndamp	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total CO₂e / CO₂	4,0	2,3	1,7	1,3	1,0	1,1

Kilde: Lee et al. (2021) Table 5.

Det ses av Tabell 6.1 at ikke-CO₂-effektene GWP_x avtar på noenlunde samme måte når x øker til 50 og 100 år. Forklaringen er at alle ikke-CO₂ effektene er med i de første tjue år, mens effektene fra CO₂ fortsetter å akkumuleres over både 50 og 100 år, og for så vidt også etter 100 år. Figuren viser også GTP_x, som er effekten på den globale temperaturen relativt til CO₂. Temperaturøkningen avtar etter hvert som ERP fra ikke-CO₂ effektene ebber ut, så det i GTP₅₀ stort sett bare er temperaturøkning fra CO₂ tilbake fra de utslippene som skjedde 50 år før. GWP₁₀₀ er det som er mest brukt, og det ligger også til grunn for beregning av utslipp fra luftfarten i EUs klimavotehandelsystem (EU ETS-systemet).

Kondensstripene er den klart viktigste ikke-CO₂-effekten fra luftfarten. Dannelsen av kondensstriper skjer under veldefinerte atmosfæriske betingelser ut fra temperatur, luftfuktighet og trykk. Typisk er den kritiske temperatur ca. -40 °C, som ofte finnes i cruise-høyden for fly. Særlige meteorologiske betingelser må være til stede for at kondensstripene skal ha lang nok levetid til å ha en vesentlig oppvarmingseffekt (se Boks 6.1). Betingelsene for *vedvarende* kondensstriper finnes på våre breddegrader typisk i 8-12 km høyde, i polare områder ned til 6 km og i ekvatoriale områder i 12-18 km høyde. Kondensstriper kan også dannes i lavere høyder, men her vil de ofte forsvinne hurtig ved lav luftfuktighet, så oppvarmingseffekten er minimal. Videre dannes de oftere om natten og om vinteren (se boks 6.1). I det lyset er langdistansefly i Nordatlantiske områder en vesentlig bidragsyter, da det i tillegg også er mange interkontinentale flyruter her.

Flyrute og cruisehøyde tilrettelegges i dag for å optimere drivstofforbruk og flytid, innenfor de rammer som settes av 'air traffic control' (ATC). Høy cruise-høyde gir tynnere luft og dermed lavere luftmotstand, som skal avveies mot at tynnere luft gir lavere motoreffektivitet og også krever økt hastighet for å gi oppdrift. På lange avstander er konsekvensen av denne avveilingen at optimal cruisehøyde øker underveis, fra 10-11 km i starten til 12-13 km mot slutten, fordi flyet blir lettere etter hvert som drivstoffet blir forbrukt. På mellomlange distanser betyr dette mindre, så cruise typisk vil ligge i 10-12 km høyde. For kortere strekninger må drivstoffbesparelse i cruise avveies mot det ekstra drivstoff som kreves for å nå opp til høy cruisehøyde. Cruise-høyde vil derfor være lavere og andelen av strekningen i cruisehøyde vil være mindre. For korte strekninger under 500 km vil cruisehøyde ofte ligge under de områdene hvor kondensstriper dannes (se boks 6.1). Av Figur 4.3 ses at disse rutene dekker cirka halvparten av norsk luftfarts samlede setetilbud. Videre vil turboprop-fly generelt fly i lavere høyde, da propellene er mindre effektive i den tynnere luften i høye baner. Turboprop-fly kommer derfor meget sjeldent i luftlag som kan gi varige kondensstriper.

Oppsummert:

- Kondensstriper er den viktigste ikke-CO₂-effekt, og gir et stort bidrag til luftfartens klimabelastning
- Effekten er størst for fly om natten og vinteren
- Lange ruter har størst sjanse for å fly gjennom områder hvor vedvarende kondensstriper dannes
- Nordatlantiske område har ofte meteorologiske forhold som kan gi vedvarende kondensstriper

I forhold til Norsk luftfart trekker de mange korte ruter i retning av mindre kondensstriper, mens de klimatiske forhold trekker i motsatt retning.

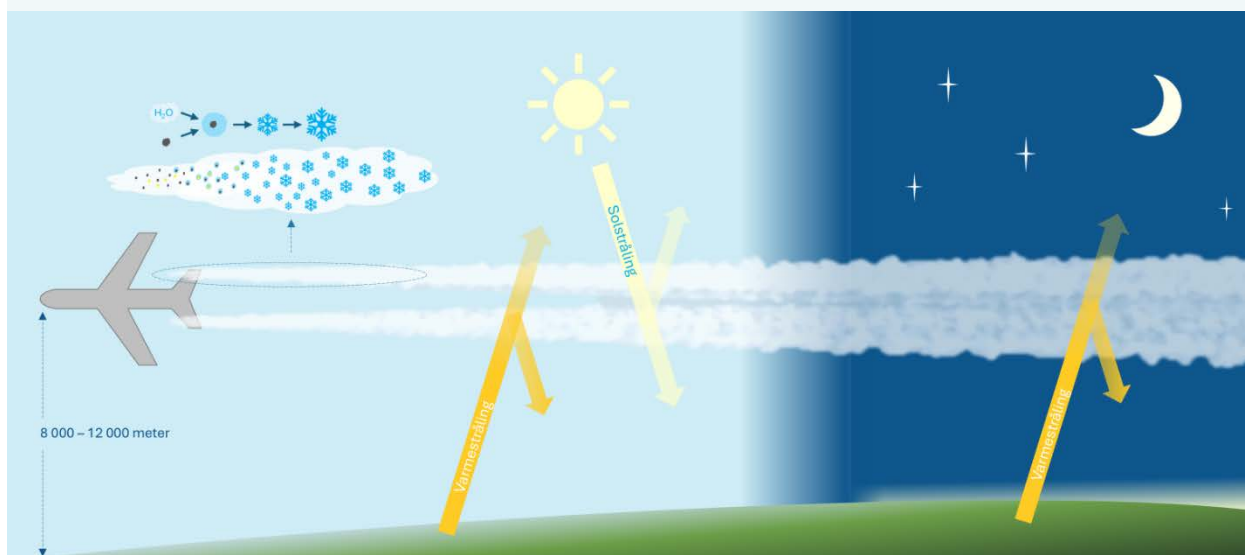
Boks 6.1 Om kondensstripers oppvarmingseffekt

Eksosen fra flymotorer inneholder store mengder vanndamp, men også aerosoler i form av sotpartikler og små dråper av sulfater, uforbrente hydrokarboner mm. Dannelsen av kondensstriper skjer ved at vannet kondenserer på aerosolene og fryser til iskrystaller. Dette krever veldefinerte atmosfæriske betingelser om temperatur, luftfuktighet og trykk (Schmidt-Appleman kriteriet). Typisk er den kritiske temperatur ca. -40°C , som ofte finnes i cruise-høyden for fly. Hvis ikke luftfuktigheten er høy vil iskrystallene etter noen sekunder eller minutter fordampe, og kondensstriperne derfor forsvinne.

Hvis den relative luftfuktighet med hensyn til is er høy vil iskrystallene derimot vokse, fordi fukten i luften omkring vil fortsette kondenseringen. Kondensstriperne defineres som vedvarende hvis levetiden er minst 10 minutter. Dette skjer i såkalte 'ice supersaturated regions' – ISSR, det vil si områder hvor den relative luftfuktigheten for is, RH_i , er over 100%. Etter hvert blir de mer utflytende, men hvis de har lang levetid og det er mange fly i området vil de danne sammenhengende tynne skyområder, cirrus-skyer, som kan ha oppvarmende effekt i opp til et døgn.

Oppvarmingseffekten skyldes at kondensstriper, i likhet med både vanlige skyer og CO_2 , reflekterer og dermed demper varmeutstrålingen fra kloden til det ytre rommet. Om dagen er det en motsatt rettet effekt fra refleksjon av solens stråler, som gjør at nettooppvarmingseffekten i noen timer om dagen kan være negativ. Den samlede oppvarmingseffekten vil dog som regel være positiv, men størst ved varige kondensstriper fra flyvinger om natten og i vinterperioden.

Med modellberegninger er det estimert at cirka 0,06 % av himmelen er dekket av kondensstriper og -skyer. I det nordatlantiske området, hvor det er mange fly og betingelsene for kondensstriper er gode kan det være opp mot 10 % av himmelen som er dekket.



	Type Flyktige kondensstriper (Bilder bak tekst?)	Vedvarende kondensstriper		Cirrus kondensskyer
Form	Linjer	Linjer	→	Tynne skyer
Meteorologi	< ca. -40°C , $\text{RH}_i < 100\%$	< ca. -40°C , $\text{RH}_i > 100\%$		
Varighet	0,1 – 10 min.	> 10 min.	→	$\pm \frac{1}{2}$ døgn
Størrelse: Høyde	100 m	100-1000 m		100-1000 m
(typisk) Bredde	10-100 m	10-100 m		< 100 km
Lengde	100-10 000 m	100-10 000 m		< 100 km
Oppvarmingspotensial	Ubetydelig	Lite		Stort

6.1.2 Tiltak mot kondensstriper

Kondensstripene har stor oppvarmningseffekt så lenge de er der. Derfor kan man redusere luftfartens klimapåvirkning på kort sikt hvis man kan unngå at de oppstår. Det er grunnleggende to måter å begrense kondensstriper:

- i. Redusere flymotorenes utslipp av partikler
- ii. Unngå å fly i områder hvor kondensstriper kan dannes (ISSR)

Lavere utslipp av sot og aerosoler

Det er påvist at mengden av iskrystaller som dannes avhenger av eksosens innhold av sot og flyktige partikler sulfater. **Batterielektriske fly** vil være helt utslippsfri, og vil derfor kunne eliminere dannelsen av kondensstriper helt. Som det framgår av avsnitt 7.3 er utviklingen av disse flyene meget langt fra å kunne erstatte de flyene som skaper kondensstriper. Turbofan-motorene på de **nyeste flygenerasjoner** er ikke bare mer energieffektive (se avsnitt 4.2), men de har også markant lavere utslipp av partikler per energienhet. Begge deler gjør at den løpende flåteutskiftningen antakelig ville gitt mindre kondensstriper hvis det ikke var vekst i antall fly fremover.

Drivstoffkvaliteten har også betydning, da det er en klar sammenheng mellom lavere utslipp av aerosoler og **lavere innhold av svovel og aromater** i drivstoffet. Maksimumsgrense for aromatinholdet i jetfuel er 25% (ASTM D1655), men det er ingen minimumsgrense; antakelig fordi det ikke lønner seg å redusere aromatene på frivillig basis. Innblandes syntetisk jetfuel eller SAF kreves et minimum 8% aromater (ASTM D7566) av hensyn til tettheten av gummipakninger i eldre motorer. I praksis er innholdet i jetfuel A1 typisk 16-20%, avhengig av raffineringen ([EASA,2020](#), s. 91). Raffineriene har mulighet for å fjerne aromatene gjennom hydrogenering, men det vil øke drivstoffkostnaden⁵⁴.

Med ReFuelEU Aviation har EU etablert en MRV-prosess ('Monitoring, Reporting and Verification'), hvor drivstoffleverandørene skal innrapportere detaljerte data for det leverte drivstoff. Formålet er å frem-skaffe et kunnskapsgrunnlag for forslag fra EU-kommisjonen til en regulering av drivstoffkvaliteten, som kan bidra til lavere ikke-CO₂-effekter.

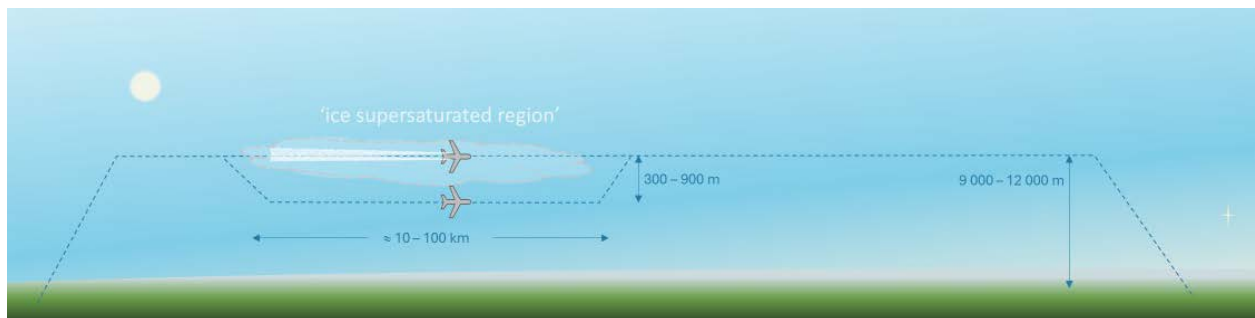
Voigt et al. (2021) har gjennomført forsøk med målinger på fly i luften med henholdsvis vanlig flydrivstoff med 17 % aromater og flydrivstoff med tre nivåer av lavere aromatinhold (11,4 %/9,5 %/8,5 %) gjennom innblanding av syntetisk drivstoff (41 % FT-SPK) og SAF (49 % hhv. 30% HEFA-SPK). Målinger viste en reduksjon på 50-70 % av sot, og dermed også redusert initial iskrystalldannelse. En 50 % reduksjon gir cirka 20 % mindre oppvarmningseffekt, og med 90 % reduksjon blir den 70 % mindre ([EASA,2020](#), s. 93). Hydrogen-fly (se avsnitt 7.3) burde umiddelbart fjerne flystripedannelsen, fordi forbrenningen av hydrogen ikke gir partikkeldannelse. Til gjengjeld dannes 2,6 ganger så mye vanndamp, som kan kondensere på partikler som finnes i luften fra før. Effekten av hydrogenfly er derfor med dagens kunnskap enda mer usikker. Basert på litteraturstudier og til bruk for scenarieberegninger av luftfartens framtidige oppvarmningseffekt vurderer en studie fra CICERO at kondensstripeeffekten for SAF er mellom 19 % og 118 % av effekten for fossilt flydrivstoff, med 74 % som beste estimat. Tilsvarende er effekten for hydrogen mellom 10 % og 160 %, med 85 % som beste estimat (Aamaas mfl., 2025, s. 11).

⁵⁴ På [Copenhagen Contrail Conference](#) vurderte Kalundborg Rafinadderi anslagsmessig at fossilt flydrivstoff med lavt aromatinhold vil være 10-15% dyrere enn vanlig jetfuel A-1.

Justering av flyrute og -høyde

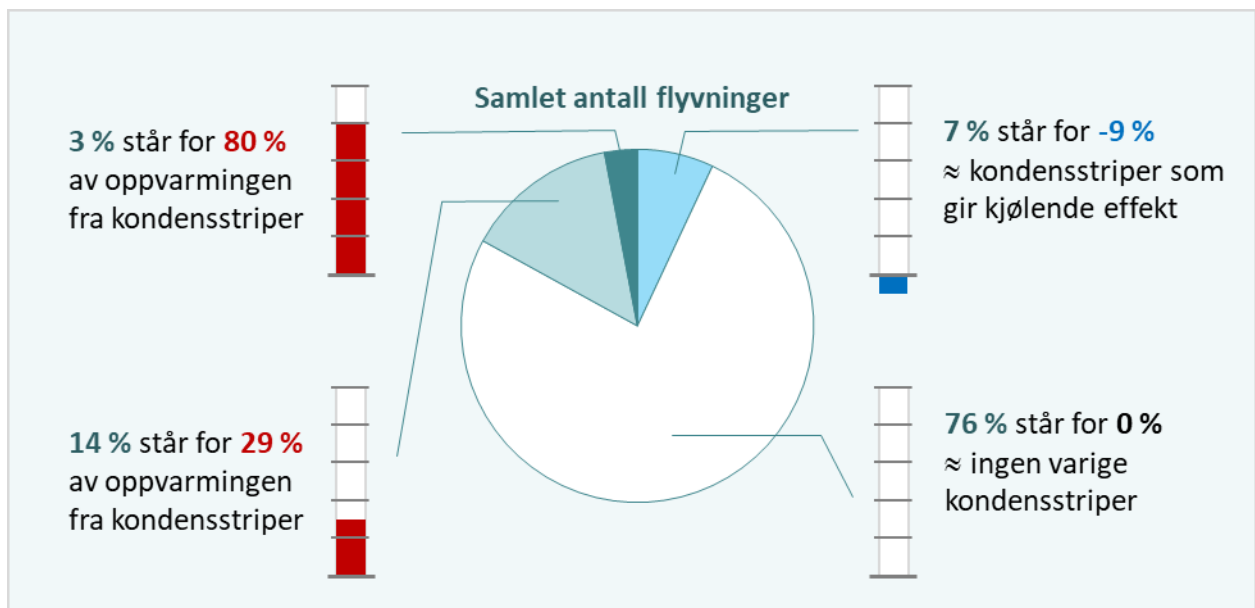
En annen måte å motvirke kondensstriper på, er ved å unngå å fly i de områdene hvor de varige kondensstriper dannes (ISSR, se boks 6.1), for eksempel ved konsekvent å fly lavere enn 8 000 meters høyde. Det vil imidlertid gi et vesentlig høyere energiforbruk og dermed CO₂-utslipp med langsiktige oppvarmingseffekter. De kortsiktige oppvarmingsgevinstene fra færre kondensstriper kan neppe rettferdiggjøre de akkumulerte langsiktige effektene fra det økte CO₂-utslippet, jf. avsnitt 6.2.1.

Et mer effektivt alternativ er å fly utenom eller under de ISSR som er på ruten. Da disse områdene ofte har en vertikal dybde på 1 000 – 2 000 fot (300-600m), vil det være en mindre justering å fly under dem på den relative korte strekning, da den horisontale utbredelse av ISSR typisk bare er opp til 100+ km. Dette er illustrert i figur 6.2.



Figur 6.2: Illustrasjon av lokal endring av flyhøyde for å unngå områder (ISSR) hvor varige kondensstriper dannes.

Her er det også viktig å understreke at en meget stor andel av samtlige flyvninger ikke eller i meget liten grad bidrar til de varige kondensstripene. Teo et al.(2022) har, basert på modellberegninger, estimert at 12 % av alle avganger som passerte over den nordvestlige del av Atlanterhavet produserte 80 % av den samlede oppvarmingseffekten. Da dette området har gunstige betingelser for dannelsen av ISSR som derfor er mer til stede i disse områdene, er det rimelig å forvente at det for den europeiske eller globale luftfarten som helhet vil være en enda mindre andel av avgangene som står for 80 %. Dette bekreftes av [Teoh et al.\(2024\)](#), som analyserer effektene globalt og deres fordeling på samtlige flyvninger i 2019-2021.



Figur 6.3: Fordelingen av global oppvarmingseffekt fra kondensstriper på flygninger.

Ifølge [briefing fra T&E](#) kommer denne studien fram til at bare 3 % står for 80 % av oppvarmingen fra kondensstriper. I tillegg var det bare ytterligere 14 % av avgangene som produserte kondensstriper med positiv oppvarmingseffekt. De resterende 83 % avganger ga enten ingen varige kondensstriper (76 %) eller dannet kondensstriper som ga kjølede effekt (7 %). Dette er illustrert i figur 6.3.

Store effekter kan derfor oppnås ved å fokusere på rutetilpasning på disse såkalte 'big hits'. Får man tilstrekkelig avanserte prognosemodeller for de atmosfæriske forhold som gir anledning til varige kondensstriper kan man lage presise rutetilpasninger, og trenger bare å gjøre det på et begrenset antall flygninger. Derved blir kostnadene i økt drivstofforbruk små, estimert til bare cirka 4 EUR per billett, ifølge overnevnte kilde. Det er imidlertid en rekke utfordringer med denne fremgangsmåten:

- Man må på forhånd kunne identifisere og lokalisere ISSR for å kunne tilrettelegge en flyplan for å unngå dem. Det finnes atmosfæriske modeller⁵⁵ som kan forutsi hvor disse områdene oppstår og beregne oppvarmingseffekten av de flyvninger som passerer. På nåværende tidspunkt er disse modellene ikke tilstrekkelig nøyaktige.
- I områder og på tidspunkter med høy trafikkintensitet kan kapasiteten legge begrensninger på mulighetene for å unngå ISSR. Det gjelder for eksempel det sentrale Europa. Kapasitet er imidlertid ikke en utfordring på nordatlantiske ruter som ofte skaper kondensstriper.
- Luftfartsselskapene har i dag ikke insitamenter til å unngå ISSR selv om det var teknisk og kapasitetsmessig mulig.

Revisjonen av EU klimavotesystem i 2021 omfattet et pilotinitiativ for etablering av et MRV-system for ikke-CO₂-effektene for luftfart. Som led i EU's klimavotedirektivs rapporteringskrav for ikke-CO₂ effektene fra 2025 er det etablert et modellsystem som gjør det mulig å beregne ikke-CO₂-effekten av hver flyvning. Dette gjelder også for Norge⁵⁶. Innen utgangen av 2027 skal EU-kommisjonen levere en rapport basert på resultatene, og framsette forslag til regulering hvis det vurderes relevant.

6.2 Oppstrømsutslipp fra fossilt flydrivstoff og bærekraftig flydrivstoff

6.2.1 Fossilt flydrivstoff

Klimagasser omfatter ikke bare CO₂-utslipp. Den nest viktigste klimagassen er metan (CH₄), som i 2019 bidro med 20 % av samlet menneskeskapt oppvarming. Energisektoren bidrar her med omtrent 40 % av samlede metanutslipp. Dette kommer ikke primært fra selve forbrenningen, men derimot som lekkasjer ved utvinning av råolje og ved raffinering. I tillegg er det et betydelig fossilt energiforbruk i forbindelse med utvinning av råolje, transport og raffinering. I vurdering av luftfartens samlede klimabelastning er det derfor viktig å ha med oppstrømsutslippene fra produksjonen av flydrivstoff, og ikke bare bidragene fra de direkte utslippene fra flyene.

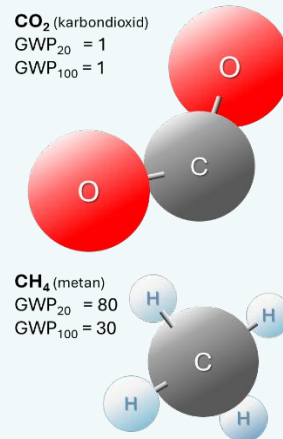
⁵⁵ Se for eksempel [AirClim](#).

⁵⁶ <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-104-l-20242025/id3094605/>

Boks 6.2 Klimagasseffekten av metan (CH₄) sammenliknet med CO₂

Utslippene av metan er målt i tonn vesentlig mindre enn for CO₂, men metans begrensning av varmeutstrålingen (ERF = 'effective radiative forcing') er langt større. Den direkte effekten av metan (CH₄) 25 ganger større enn for CO₂ ved samme konsentrasjon (ppm), men medregnes de indirekte effekter fra kjemiske reaksjoner i atmosfæren økes effekten til 45 ganger, som er den effekt som oppgis i IPCC AR6 Table 7.15 (s. 1017). Da CO₂-molekyler veier nesten tre ganger så mye som et CH₄-molekyle, blir den indirekte og totale effekten av metan cirka henholdsvis 70 og 125 ganger så høy målt per tonn utslipp [Lenke].

På den annen siden er oppholdstiden i atmosfæren vesentlig kortere enn for CO₂, fordi metanen nedbrytes etter få år. Disse forholdene gjør at det er komplisert å sammenlikne effektene av CO₂ og metan, og for den saks skyld også andre klimautslipp. Konvensjonelt gjøres dette ved å omregne den globale oppvarmingseffekten til CO₂-ekvivalenter over en periode på 20, 50 eller 100 år (GWP₂₀; GWP₅₀; GWP₁₀₀; se avsnitt 6.1). Kortlivede utslipp som metan vil ha størst effekt relativt til CO₂ for GWP₂₀, hvor den er ca. 80 gange effekten av CO₂ og forholdet avtar jo lengre periode man måler over. For GWP₁₀₀ er effekten av metan ca. 30 ganger effekten av CO₂ (AR6 s. 1017).



Utslipet fra forbrenningen av fossilt flydrivstoff er ca. 74 g CO₂ per MJ eller 3,16 kg CO₂ per kg, med liten variasjon på grunn av de standarder som jetfuel skal oppfylle. Oppstrømsutslippet varierer mer og avhenger især av hvor i verden oljen kommer fra, raffineriprosessen og hvordan man fordeler raffineriets utslipp på de ulike produktene (flydrivstoff, bensin, diesel osv.) som produseres i samme prosess. Jing et al. (2022) har foretatt en detaljert kartlegging av oppstrømsutslippene fra produksjonen jetfuel i de enkelte land i verden i 2017. Tabell 6.2 viser livsløpsutslippene som globalt gjennomsnitt samt for Norge og Nederland. Nederland er tatt med fordi det er den største europeiske eksportør av jetfuel.

Tabell 6.2: Sammenlikning av livsløpsutslipp for fossil jetfuel som globalt gjennomsnitt og for Norge og Nederland.

g CO ₂ e / MJ	Globalt 2017	Norge 2017 (1)	Nederland 2017	ICAO benchmark	EU fossil fuel comparator
Oppstrøm	14,9	7,3	15,1	15	20
Utvinning	8,6	4,1	8,4		
Transport	1,0	0,3	1,0		
Raffinering	4,5	2,0	4,6		
Distribusjon	0,8	0,9	1,1		
Forbrenning	73,8	73,8	73,8	74	74
Total	88,7	81,0	88,8	89	94

Kilder: Global, Norge, Nederland, ICAO: Jing et al. (2022); EU fossil fuel comparator: EU-2023/1185 Vedlegg V pkt. C-19.

(1) I 2017 var det to raffinerier i Norge: Mongstad og Slagen. Prosessen på sistnevnte, som lukket i 2021, hadde større konverteringstap. Utslipet fra norsk raffinering vil i dag være litt lavere.

De direkte utslippene fra forbrenningen er 73,8 gram CO₂ per MJ og er antatt likt for alt flydrivstoff. Oppstrømsutslippet er ca. 15 g CO₂-ekvivalenter (CO₂e) per MJ globalt, tilsvarende cirka 20 % av det direkte utslippet. Produksjon i Norge ligger lavest av alle land, med 7,3 g CO₂e per MJ. Nederland er inkludert i tabellen som største europeiske eksportør av flydrivstoff. Det ses at oppstrømsutslippene her svarer til det globale gjennomsnittet. Tabellen viser også ICAOs baseline på 89 g/MJ. Dette tallet anvendes som referanse for livsløpsanalyser av biodrivstoffer som godkjennes som 'CORSIA Eligible Fuels'. ICAOs baseline svarer altså helt til den globale verdien i Jing et al. (2022). Derimot ligger EUs fossil fuel comparator⁵⁷ noe høyere, med 94 g/MJ. Denne sammenligningsfaktoren benyttes som referanse i beregningen av den prosentvise klimagassbesparelsen for biodrivstoff og syntetisk drivstoff (RFNBO) til

⁵⁷ 'Fossil Fuel Comparator' det konvensjonelt fastsatte CO₂-utslippet fra fossil energi som EU-direktiver benytter i bærekraftssammenligninger for alternative drivstoffer. Kilde: Se Tabell 6.2.

transportformål. For å oppnå godkjenning i fornybar-direktivet skal SAF gi en livsløpsbesparelse på minst 70% i forhold til de 94 g CO₂e per MJ.

6.2.2 Bærekraftig flydrivstoff (SAF)

SAF har grunnleggende stort sett de samme kjemiske egenskapene som fossilt flydrivstoff (FJF), og CO₂-utslippet er derfor noenlunde det samme for begge typer drivstoff. I klimasammenheng regnes utslippene fra forbrenning av biomasse-basert SAF (**b-SAF**) som CO₂-nøytrale. Begrunnelsen er at drivstoffets karbon, som blir til CO₂ ved forbrenningen, er organisk eller biogen; det vil si at det stammer fra plantenes fotosyntese, som i løpet av plantens levetid har tatt en tilsvarende mengde CO₂ ut av atmosfæren. Det samme kan jo prinsipielt sies om fossilt drivstoff, som også stammer fra planter, men her skjedde opptaket av karbon for flere millioner år siden. For biodrivstoff er tidshorisonten mellom 1 år og 100 år, avhengig av om biomassen er fra dyrkning eller skog. I siste tilfelle er det en avgjørende forutsetning at det løpende plantes nytt, så man ikke reduserer den mengde karbon som er lagret i skogen.

Biodrivstoff er imidlertid sjeldent CO₂-nøytral fra et helhetlig perspektiv, av to årsaker:

- i. For det første vil det i dagens situasjon typisk bli brukt fossil energi i produksjonen av biomassen og i konverteringsprosessen til SAF. Og det kan også være utslipp av de sterke klimagassene metan (CH₄) og lystgass (NO₂). Derfor anvendes livsløpsanalyser (**LCA**) til å beregne 'oppstrøms' klimabelastning fra SAF. Som konsekvens blir det bare en del av klimabelastningen fra fossilt flydrivstoff som blir fortrent hvis man i stedet flyr på SAF.
- ii. For det andre kan det være avledede eller indirekte effekter av økt etterspørsel etter biomasse til SAF og andre energiformål, fordi denne biomassen kan fortrenge annen produksjon på de samme arealene. Forutsatt at det fortsatt vil være etterspørsel etter den fortrente maten, foret eller treet som før ble produsert på arealene, vil behovet for arealer øke. De resulterende indirekte arealendringene (**ILUC** – 'indirect landuse changes') vil ofte gi medføre betydelige klimagassutslipp, når arealene ryddes for å inngå i produksjonen.

Oppstrømutslippene kan reduseres vesentlig ved å skifte ut det fossile energiforbruket i produksjonen med fornybar energi. Videre er det betydelig diskusjon om hvor store ILUC-effektene er, fordi de nettopp er indirekte og derfor ikke umiddelbart observerbare og dermed kompliserte å beregne. Videre vil de avhenge av hvor biomassen produseres.

Som konsekvens har EU i ReFuelEU Aviation med henvisning til RED II direktivet⁵⁸ krav til hvilke typer SAF som kan inngå i oppfyllelse av det gradvis økende SAF-innblandingskravet (se avsnitt 8.1). I praksis betyr dette at b-SAF må være avansert biodrivstoff som er produsert fra avfall og restprodukter fra landbruk og skogsbruk eller i begrenset omfang organiske avfallsprodukter, for eksempel brukt matolje eller slakteriavfall. Bærekraftsutfordringene med biodrivstoff er beskrevet i avsnitt 7.1.2.

ReFuelEU Aviation inneholder også minstekrav for innblanding av **e-SAF**, og her er det tilsvarende krav for at sikre bærekraften. Livsløpsanalyser skal dokumentere at innblandet e-SAF fortrenger 70 % av CO₂-utslippene fra det fossile flydrivstoffet som erstattes.

ICAO har gjennom virkemiddelet CORSIA (Se vedlegg D) definert livsløpsbaserte bærekraftskrav for b-SAF som kan telle med i landenes bidrag til å begrense den internasjonale luftfarts klimagassutslipp. ICAO publiserer løpende fortegnelser over standard-livsløpsutslipp per energienhet (gram CO₂e per MJ) for de godkjente SAF-produksjonsprosesser med tilhørende biomasse-input. Disse kan luftfartsselskapene anvende til å dokumentere klimagassutslippsreduksjonen ved innblanding av SAF. Standard-emisjonsfaktorene er gjengitt i tabell 6.3.

⁵⁸ EU Directive EU 2023/2405 (ReFuelEU Aviation) Artikkel 3 nr. 8) ; Directive 2018/2001 (RED II) Artikkel 2 stk.2 nr. 33 og Vedlegg IX Part A og B.

CORSIA-kravene er mindre strenge enn de som gjelder i EU, som bare aksepterer avfall- og restprodukter. Disse prosessene er markert med **blå skrifttype** i tabellen, bortsett fra 'ethanol-to-jet' som ikke oppfyller kravet om minst 70 % reduksjon. De lempeligere kravene betyr at CORSIA også godkjenner noe SAF basert på dyrket biomasse. Disse, som er med **grå skrifttype** i tabellen, gir da i motsetning til SAF produsert fra avfalls- og restprodukter anledning til ILUC, og de totale utslippene er derfor oppdelt på selve produksjonen ('Core LCA') og indirekte arealeffekter (ILUC). Det ses av tabellen at Fischer-Tropsch prosessene har de laveste utslippene, etterfulgt av HEFA basert på rest- og avfallsprodukter. Intervallene for ILUC skyldes at effekten avhenger av hvor i verden biomassen produseres. Det bemerkes videre at noen ILUC er negative, hvilket er markert med **rød skrifttype**. Det forklares av at tallene er basert på den kritiske og tvilsomme forutsetningen at det skjer en økt binding av karbon i den dyrkede marken sammenliknet med alternativet.

Tabell 6.3: ICAO standardverdier for oppstrømsutslipp for ulike typer av bio-SAF oppdelt etter biomasseinput.

SAF production pathway	Core LCA gCO ₂ e/MJ	ILUC (7) gCO ₂ e/MJ	Total gCO ₂ e/MJ
F-T - Fischer-Tropsch			
Agricultural residues	8	0	8
Forestry residues	8	0	8
Municipal solid waste (1)	5 + C _F x 170	0	5 + C _F x 170
Short-rotation woody crops (2)	12	-5 – 9	7 – 21
Herbaceous energy crops (3)	10	-33 – 5	-23 – 16
HEFA - Hydroprocessed Esters and Fatty Acids			
Tallow	23	0	23
Used cooking oil	14	0	14
Palm fatty acid distillate	21	0	21
Corn oil	17	0	17
Soybean oilseed	40	25 – 27	65 – 67
Rapeseed/Canola oilseed	47	24 – 26	71 – 73
Palm fresh fruit bunches (4)	37	39	76
Brassica carinata oilseed (5)	34	-21 – -13	13 – 22
Camelina oilseed (5)	47	-25	22
ATJ - isobutanol to jet			
Agricultural residues	29	0	29
Forestry residues	24	0	24
Sugarcane	24	7 – 9	31 – 33
Corn grain	56	22 – 30	78 – 86
Molasses	27	7 – 9	34 – 36
ETJ - ethanol to jet			
Agricultural residues	40	0	40
Forestry residues	40	0	40
Sugarcane	24	9	33
Corn grain	66	25 – 35	91 – 101
Herbaceous energy crops (3)(6)	44	-42 – 5	1 – 49
SIP - synthesized parafins			
Sugarcane	33	11	44
Sugar beet	32	11 – 20	43 – 52

- (1) C_F is the non-biological (i.e. fossil) carbon-content; (2) Poplar; (3) Miscanthus and Switchgrass;
 (4) >85% of biogas captured; (5) Grown as secondary crop that avoids other crop displacement;
 (6) Standalone conversion; integrated conversion design can reduce by 15 gCO₂e/MJ if heat can be utilised
 (7) Intervals for ILUC depends the region in the world where the biomasse is grown.

Kilde: ICAO: CORSIA Default Life Cycle Emissions Values for CORSIA Eligible Fuels - October 2024 [\[Lenke\]](#)

Oppsummert er oppstrømsutslippet for b-SAF i dag og de kommende årene rundt 15 gCO₂e per MJ, fordi mesteparten forventes å være HEFA. Det er noenlunde det samme som det globale gjennomsnittlige oppstrømsutslippet for fossilt flydrivstoff⁵⁹. Det betyr at når e-SAF fortrenger fossilt flydrivstoff, vil CO₂e-reduksjonen være omtrent svarende til det direkte utslippet fra forbrenningen i flymotoren. For e-SAF, hvor oppstrømsutslippet er tett på null, sparer man globalt sett i tillegg oppstrømsutslippet fra det fossile drivstoffet. Framover forventes effektiviseringer og tiltak som kan spare CO₂-utslipp i produksjonen av fossilt drivstoff generelt, så oppstrømsutslippet må forventes å bli vesentlig redusert, når vi ser fram mot 2050. Tilsvarende må det forventes at oppstrømsutslippet for SAF som helhet også vil bli redusert, av to årsaker:

- ReFuelEU Aviation stiller krav om at halvparten av innblandet SAF i 2050 skal være e-SAF, som har omtrent nullutslipp. Da må gjennomsnittet for SAF som helhet forventes halvert.
- I tillegg er det rimelig å forvente at oppstrømsutslippet for b-SAF har potensialer for CO₂-reduksjoner på samme måte som for fossilt drivstoff. Dette gjelder ikke minst for 'Alcohol-to-Jet (ATJ), hvor det i dag er en tredjedel av det direkte utslippet fra FJF, jf. tabell 6.1 og 6.2. Hvis det fortsatt er høyt i 2050 blir Fischer-Tropsch og andre prosesser med lavt oppstrømsutslipp mer attraktive.



⁵⁹ Som vist i tabell 6.2 er oppstrømsutslippet fra norsk produksjon av fossil flydrivstoff cirka halvparten av det globale gjennomsnittet og en betydelig del av det fossile flydrivstoffet som brukes i Norge er norsk produsert. Likevel er det rimelig å bruke globalt gjennomsnitt i denne sammenhengen, fordi *endringer* i norsk forbruk ikke påvirker norsk produksjon, så en produksjonsnedgang eller -økning vil skje på et ukjent produksjonsanlegg et eller annet sted i verden.

Del 2:

Potensial og barrierer for klimavennlig luftfart i Norge

7 Teknologiske muligheter og barrierer for implementering av nye, klimavennlige teknologier

Reduksjon av luftfartens CO₂-utslipp kan bare skje gjennom tre forskjellige effekter: Mindre flytransport, bedre energieffektivitet per passasjer-kilometer eller bruk av energi med mindre eller ingen CO₂-utslipp. Mulighetene for at vi flyr mindre er behandlet i kapittel 3 og begrensning av ikke-CO₂-effekt i det forrige kapitlet. Forbedring av energieffektiviteten analyseres innledningsvis i dette kapitlet. Hovedfokus i dette kapitlet vil være på lavere det tredje punktet, teknologier som kan redusere CO₂-intensiteten.

Airbus og Boeing utvikler nå neste generasjon single-aisle fly. Disse flyene står for langt hovedparten av luftfartens energiforbruk. Som hittil forventes nye motorer også framover å kunne gi det største bidraget til økt energieffektivitet. Airbus' ambisjon er at neste generasjon fly er på markedet rundt 2040. Målet er 25 % forbedret energieffektivitet sammenliknet med nyeste generasjon i dag. I tillegg kan 'air traffic management' og operasjonelle tiltak formodentlig gi ca. 10% ekstra.

Bærekraftig flydrivstoff (SAF) kan i dag innblandes opp til 50 % i vanlig fossilt flydrivstoff og for alle nye fly vil det framover være 100 %. SAF kan produseres enten fra biomasse (b-SAF) eller med hydrogen fra strøm (e-SAF). Ulempen ved å bruke b-SAF er at biomassen forventes å bli en globalt knapp ressurs, som skal brukes til mange andre ting også. For e-SAF er en utfordring at man må tilføre karbon ved å fange CO₂. Dette kan skje enten fra en punktkilde, som det vil bli mindre av i framtiden, eller direkte fra luften med teknologi som ennå ikke er ferdigutviklet. Produksjonskostnadene er i dag flere ganger prisen på fossilt flydrivstoff, men forventes å kunne reduseres over tid. Uansett forventes de typene av SAF som kan produseres i store mengder å bli en del dyrere enn fossilt flydrivstoff. Det gjelder også hvis det korrigeres for forventes ETS kvotepris på CO₂.

Hydrogen kan bli et alternativ til SAF, da det ikke trenger karbon og derfor kan produseres billigere enn flytende e-SAF. Hydrogen krever en omfattende utviklingsinnsats når det gjelder lagring ombord, motorer og drivstofftilførsel, samt investering i logistikk på bakken. Ingen av de store flyprodusentene har planer om å ha hydrogenfly med forbrenningsmotor klar på denne siden av 2050. I stedet satser Airbus på hydrogen-elektriske fly med elmotor og brenselcelle. Målet er å ha et fly tilsvarende dagens regionale jets (<100 seter), men med kortere rekkevidde (ca. 1800 km) klar i starten av 2040-tallet.

Batterielektriske fly er en annen variant av eldrevne fly. De har den store fordelen at energitapet ved konvertering fra strøm til hydrogen og tilbake igjen unngås. Utfordringen er de tunge batteriene selv om energitettheten har økt voldsom over de seneste tiårene. Fortsetter denne utviklingen kan batterielektriske fly ha et vesentlig potensial på kortere avstander. En rekke mindre elfly med opptil 9 passasjerer er langt i utvikling, og en del selskaper planlegger sertifisering før 2030. Alle har en operasjonell rekkevidde på under 500 km. En del av disse flyene er med loddrett take-off og landing (EVTOLs). Her satser man hovedsakelig på ny luftmobilitet, dvs. kortere strekninger internt i større byområder eller regionalt. For begge typer batterifly blir det samlede potensial for å fortrenge fossilt flydrivstoff begrenset, da størstedelen av energiforbruket er på lengre avstander.

For å kompensere for batterielektriske flys begrensede rekkevidde utvikles hybridløsninger, hvor batterier kombineres med SAF og forbrenningsmotorer. Det gir mulighet for både flere passasjerer og lengre strekninger (i en avveining), og dermed større anvendelsesområde.

Målet om et lavutslippssamfunn i 2050 krever tiltak i alle sektorer. I samsvar med dette vil regjeringen at norsk luftfart bidrar til de klimapolitiske målene om reduksjon av klimagassutslippet. Reduksjon av luftfartens CO₂-utslipp kan prinsipielt skje gjennom tre forskjellige effekter:

- i. **Redusere mengden av lufttransport**, målt i passasjerkilometer (eller tonnkilometer): Dette kan for de kortere reisene oppnås ved å skifte til andre transportformer, men for de lengre reisene hovedsakelig ved å begrense reiseaktiviteten eller velge nærmere destinasjoner.
- ii. **Forbedre energieffektiviteten**: Dette kan oppnås gjennom bedre kapasitetsutnyttelse eller optimering av flyrutene, men først og fremst gjennom å benytte fly som har lavere energiforbruk per sete, enten ved et skifte mellom eksisterende flytyper, eller gjennom teknologiutvikling av fly og motorer, som av kostnadshensyn best iverksettes i takt med at flyene skiftes ut.
- iii. **Lavere CO₂-intensitet i energiforbruket**: Dette kan oppnås ved å erstatte fossilt flydrivstoff med bærekraftig flydrivstoff (SAF), eller ved å utvikle helt nye flytyper som bruker andre energibærere med lavere klimaavtrykk. Med den viten vi har i dag vil det i praksis dreie seg om elektrisitet eller hydrogen⁶⁰, som må produseres fra fornybar energi for å være bærekraftig.

Hovedfokus i dette kapitlet vil være på lavere CO₂-intensitet (iii), fordi dette er den helt nødvendige veien mot utslippskutt av den størrelsesorden som vil kreves fram mot 2050. Potensialet for bedre energieffektivitet (ii) kan ikke ta luftfarten hele veien, men kan gi et betydelig bidrag og redusere kostnadene ved å omstille til dyrere drivstoffer med lavere utslipp. Dette beskrives innledningsvis i avsnitt 7.1. Potensialet for å oppnå mindre lufttransport (i) er beskrevet i kapittel 3.

7.1 Energieffektivitet

Flyenes energiforbruk er en avgjørende faktor for luftfartens klimagassutslipp, så lenge flymotorene drives av fossilt drivstoff. Drivstoffet utgjør en betydelig del av flyselskapenes samlede kostnader, så det har alltid vært et sterkt insitament for flyselskapene og dermed også for fly- og motorprodusentene til å bringe ned flyenes drivstofforbruk. Dette insitamentet vil antakelig bli forsterket framover av økende ETS-kvotepriser og krav om innblanding av SAF, som vil øke flyselskapenes drivstoffkostnader.

Skal man vurdere potensialet framover for å begrense CO₂-utslippene gjennom forbedret energieffektivitet, kan man ta utgangspunkt i hvor raske forbedringer flyene har hatt historisk. Teknologisk utvikling har gjort at nye flymodeller historisk har hatt 15-20 % lavere energiforbruk enn de modellene de erstattet. Det har betydd at nye fly i dag har 43 % lavere drivstofforbruk enn i 1970 (Hameed & Rutherford, 202(Hameed & Rutherford, 2025)). Dette tilsvarer en reduksjon på ca. 1,0 % per år. Sammen med flere seter per fly og andre faktorer har det redusert det gjennomsnittlige globale CO₂-utslippet med 53 % per passasjerkilometer⁶¹. Norske passasjerfly hadde omtrent halvparten så store utslipp per fly i 2018 som i 1998, ifølge Samferdselsdepartementets NOU *Fra statussymbol til allemannseie* (Samferdselsdepartementet, 2019). Hvis denne langsiktige historiske trenden fortsetter, kan flyreisene forventes å bli mer energieffektive i fremtiden gjennom løpende fornyelse av flyene.

Når det gjelder *samlet* energiforbruk og klimagassutslipp fra luftfarten, har effekten av økt energieffektivitet i (mindre) grad blitt motvirket av den såkalte 'rebound effect' (tilbakekoplingsmekanisme). Det betyr at etterspørselen etter flyreiser øker, når mindre energiforbruk slår igjennom i lavere billettpriser gjennom konkurransen mellom flyselskapene. I den sammenhengen bør det bemerkes at selv om bedre energieffektivitet har gjort det billigere å fly, er dette likevel langt fra den viktigste grunnen til veksten i

⁶⁰ I teorien kan brenselceller også benyttes for eksempel fra metanol til produsere strøm til motorene i elfly.

⁶¹ <https://www.iata.org/contentassets/25e5377cf53c4e48bbaa49d252f3ab03/fact-sheet-fuel.pdf>.

Mer presist: per 'Revenue ton kilometer' (RTK), som er betalende passasjerer og frakt vektet en passasjer = 90 kg.

luftfarten. Den primære driveren bak den markante økningen i flyreiser over de seneste tiårene har vært økonomisk vekst understøttet av globaliseringen og lavere billettpriser i kjølvannet av liberaliseringen av luftfarten (Samferdselsdepartementet, 2019). Vi velger å fly mer både når vi blir rikere og når det blir billigere.

Framskriving av energieffektiviteten

En enkel måte å framskrive energieffektiviteten på er å anta at den ovennevnte historiske trenden fortsetter framover mot 2050, så nye fly også framover i gjennomsnitt gir en reduksjon på ca. 1 % per år, svarende til utviklingen siden 1970. Det vil gi ca. 25 % lavere drivstofforbruk i 2050 i forhold til i dag.

En mer detaljert analyse vil være å ta utgangspunkt i den aktuelle sammensetningen av flyflåten, og beregne forbedringen av energieffektiviteten, når disse flyene forventes å bli utskiftet. Energiforbruket per passasjer kan hovedsakelig reduseres gjennom fire tekniske faktorer:

- *Motorens energieffektivitet*, målt som skyvekraft per liter drivstoff per sekund (TSFC = 'Thrust Specific Fuel Consumption'); se avsnitt om produsenter av flymotorer.
- *Flyets aerodynamiske løft i forhold til vindmotstanden* (L/D = 'lift/drag'). Et konkret eksempel er 'winglets' eller 'sharklets', som reduserer vindmotstanden ved å redusere turbulenser rundt vingespissene (se bilde). Det gir cirka 4 % lavere energiforbruk under cruise ifølge [Airbus](#).
- *Flyets tomvekt* (OEW = 'Operational Empty Weight'). Lavere vekt kan oppnås ved å optimere de bærende konstruksjoner og ved å bruke lettere materialer.
- *Flere seter per fly*. Hvis setene kan plasseres tettere, får flyet naturligvis lavere energiforbruk per sete. Generelt gjelder imidlertid også at et lengre eller bredere flyskrog gir lavere energiforbruk per sete, selv om flyets energiforbruk på en gitt tur økes når flyet blir større.



Motoren er typisk den del som gir den største forbedringen ved en ny generasjon av et fly. I tråd med dette er bokstavene i 320neo en forkortelse for 'new engine option'. For modellene A320neo (Airbus) og B737 MAX (Boeing) ga den nye motoren isolert ca. 15 % reduksjon, og aerodynamisk utforming av flykropp og -vinger ca. 5 % i energiforbruk. Imidlertid motvirket større og tyngre motorer effekten noe, så den samlede effekten er ca. 16 %.

Utvikling av energiforbruket per flyreise vil påvirkes av forbedringer i energieffektiviteten av nye fly på to måter:

- Utskifting av eldre flytyper med de tilsvarende *nyeste generasjoner* av fly. Både Norwegian og SAS er som beskrevet i avsnitt 4.2.2 i gang med flåtefornyelser.
- Utvikling av *nyeste generasjoner* av fly. Selv de nyeste av dagens fly må forventes å bli utskiftet innen 2050 med fly som ennå ikke er på markedet, men som vil ha forbedret energieffektivitet i forhold til nyeste generasjon.

Nyeste generasjon av fly

Tabell 4.3 viser energiforbruket per setekilometer som funksjon av avstanden for de flytypene som er i bruk hos Widerøe, Norwegian og SAS primo 2025. Tallene er fra [ICAOs Carbon Emission Calculator](#) (ICEC). De skal tolkes som typiske tall, som kan variere en del etter de konkrete forhold på samme måte som for kjøretøy på vei. Det ses av tabellen at energieffektiviteten er høyere på lengre avstander.

Forklaringen er at forbruk til takeoff, landing og taxi deles ut på flere kilometer, og at flyhøyde er høyere for lange avstander, og det gir også lavere drivstofforbruk per kilometer. Det bemerkes at ikke alle kombinasjoner av flytyper og avstander er like relevante.

Tabell 7.1: Drivstofforbruk i gram per setekilometer som funksjon av avstanden for flytyper i bruk hos SAS, Widerøe og Norwegian.

Flytype	Type(1)	Seter	125 Nm 232 km	250 Nm 463 km	Avstand 750 Nm 1 389 km	1 500 Nm 2 778 km	3 000 Nm 5 556 km	5 000 Nm 9 260 km
Widerøe					gram per ASK			
E190-E2	RJ	110	54	33	22	20	-	-
DASH8-Q400	Tp	78	38	38	26	-	-	-
DASH8-300	Tp	50	46	46	31	-	-	-
DASH8 -200	Tp	39	49	49	33	-	-	-
DASH8 -100	Tp	37	47	47	32	-	-	-
Norwegian								
B737-800	SA	188	39	40	23	20	17	-
B737-MAX8	SA	189	37	26	18	17	16	-
SAS								
A319-100	SA	150	46	47	28	24	21	-
A320-200	SA	168	43	44	27	23	-	-
A320neo	SA	180	41	28	20	18	17	-
A321LR	SA	157	58	38	26	22	23	-
A330-300	TA	266	57	59	37	32	29	26
A350-900	TA	300	27	26	25	25	25	25
ATR-72-600	Tp	70	25	26	19	18	-	-
E195	RJ	122	48	49	29	25	-	-
CRJ-900LR	RJ	90	54	54	32	27	-	-

Kilde: ICAO Carbon Emission Calculator Methodology Version 13.1. Aug 2024. [\[Lenke\]](#)

(1) Tp = Turboprop; RJ = Regional Jet; SA = Single Aisle; TA = Twin Aisle; for en nærmere forklaring se avsnitt 4.2.2. Anmerking: Hele drivstoff-forbruket er her delt ut på setene. I kilden er antatt en vis vekt av cargo, som i intra-europeiske reiser allokeres 4 % av drivstofforbruket.

Hvis tabellens drivstofforbrukstall sammenholdes med flyenes alder (se Tabell 4.3) bekreftes mønsteret om at nye modeller av samme type har lavere energiforbruk:

- E-190-E2 lavere enn E195 og CRJ-900LR;
- B737-MAX8 lavere enn B737-800;
- A320-neo lavere enn A320-200;
- A350-900 lavere enn A330-300.

For de viktigste flyene B737 og A320 er drivstoffreduksjonen cirka 20 % prosent på avstander fra 500 til 1000 nm, og ved avstander på 1500+ nm er reduksjonen på ca. 15 %, når B737-MAX8 og A320neo sammenliknes med de eldre B737-800 og A320-200.

ICEC nøkkeltallene fra tabell 7.1 er tilnærmede beregninger ut fra distansen, med en rekke antakelser om takeoff-vekt, værforhold og annet. Drivstofforbruket kan derfor i praksis avvike fra modellberegningene. Norwegian registrer drivstofforbruk for de enkelte ruteflygninger. Statistiske analyser av drivstofforbruket som funksjon av avstanden viser et litt lavere forbruk enn det som beregnes med ICEC. For B737-800 er det opp mot 20 % lavere for korte distanser, men noenlunde svarende til ICEC på de helt lange avstander. For B737-MAX8 er det cirka 12 % og 8 % lavere for henholdsvis korte og lange avstander.

Neste generasjoner av fly

Rolls-Royce, verdens nest største flymotorprodusent, har siden 2014 utviklet en ny motor [UltraFan](#) for twin aisle fly som avløser for [Trent XWB](#). Motoren forventes å komme på markedet på 2030-tallet og å ha cirka 10 % høyere energi-effektivitet enn dens forgjenger. Rolls-Royce annonserte i 2024 at de også satser på å nedskalere UltraFan til bruk for single aisle fly.

CFM International begynte i 2021 utviklingen av et helt nytt motor-konsept, [CFM-RISE](#) (se bildet til høyre), som skal være avløseren til den høy-effektive CFM-LEAP, som anvendes både til A320neo og B737 MAX. I kontrast til dagens turbofan motorer vil CFM-RISE ha åpne rotoror (se bilde). RISE forventes å ha 20 % høyere energi-effektivitet enn LEAP og vil være kompatibel med både 100 % SAF og hydrogen. Det er foretatt over 350 tester, og motoren forventes å være operasjonell om cirka 10 år⁶². Parallelt utvikler både Airbus og Boeing neste generasjon single-aisle fly. Nye materialer og bedre aerodynamikk skal bidra til å redusere drivstofforbruket ytterligere. Målet er en samlet forbedring på 25 % sammenliknet med A320neo⁶³. Airbus forventer å ha neste generasjon single-aisle fly på markedet i andre halvdel av 2030-tallet. I praksis betyr det antakelig full produksjons-kapasitet for disse tidligst rundt 2040.



For twin-aisle flyene, som fortrinnsvis brukes på de interkontinentale rutene, forventer Boeing å levere den første 777X i løpet av 2026, hvilket er fem år etter planen. Det er som navnet antyder tale om en revidert versjon av 777 som Boeing sier vil ha 10 % bedre energieffektivitet gjennom forbedret aerodynamikk samt en videreutviklet motor GE9X.

Blended-Wing-Body (BWB)

Flyenes formgivning har utviklet seg relativt lite siden sivil luftfart for alvor slo igjennom for over 60 år siden. Det er fortsatt en kombinasjon av et avlangt sylinder-formet skrog med motorene plassert på smale vinger på tvers, som sikrer oppdriften. Få vil synes det er store forskjeller utvendig på dagens single-aisle fly og modellen [Caravelle](#), som SAS introduserte i 1959, som det første flyselskapet. Dette kan dog være på vei til å endre seg radikalt, da det for tiden investeres i optimeringen av flyenes aerodynamikk. Blended wing body (BWB)-konseptet integrerer vinger og flykropp (se bilde nedenfor), så også kroppen fungerer som aerofoil, altså til å skape oppdrift. Konseptet kan da skape samme oppdrift, sammen med lavere energiforbruk. Dette er fremover enda viktigere enn tidligere, med økt fokus på å redusere CO₂-utslippene sammen med et behov for å motvirke kostnadsøkningen av markant dyrere bærekraftige drivstoffer. En vesentlig fordel er også at et fly med samme maksimale takeoff-vekt som dagens fly vil kunne ha langt større samlet nyttelastvolum



⁶² <https://www.cfmaeroengines.com/rise>.

⁶³ [Leeham News and Analysis 11 Sep-24, Aviation Week 20 Dec-23](#).

DESTINATION 2050 s. 46 forutsetter 30% basert på Clean Aviation Partnership(2020).

(m³), som kan konverteres til tankkapasitet i hydrogenfly. Det større lastvolumet vil også være en fordel for fraktfly, hvor volumet i noen tilfeller er en mer begrensende faktor enn vekt.

BWB-konseptet har på nåværende tidspunkt bare militære anvendelser, særlig det hyper-avanserte, amerikanske 'stealth' bombeflyet Northrop B-2 Spirit og i ubemannede droner, som for eksempel blir brukt i krigen i Ukraina. Til sivile passasjerfly er det langt fra ferdigutviklet, og det er usikkert om det blir realisert, da det er en lang rekke tekniske og operasjonelle utfordringer som må løses.

Boeing har i årene 2007-2013 testet en mindre, fjernstyrt demonstrator (Boeing X-48) med vingespenn på 6,4 meter, og Airbus i 2019-2020 en tilsvarende demonstrator med vingespenn på 3,2 meter (Airbus MAVERIC). Airbus' erfaringer med demonstratoren ble videreført i ZEROe-programmet (se avsnitt 7.3). Airbus har vurdert at BWB kan spare opptil 25 % energi sammenliknet med konvensjonelle flydesign. I Asia har den statseide, kinesiske flyprodusenten COMAC i samarbeid med et teknisk universitet testflydd en 1:10 skala modell i 2023⁶⁴.

Den California-baserte start-up virksomheten fra 2021, JetZero, er kanskje de som er lengst fremme når det gjelder BWB-utvikling. Konseptet Z4 er et 250-seters langdistansefly med 5 000 nm (9 260 km) rekkevidde. Det er ambisjonen at flyet skal konkurrere med tilsvarende fly fra de to store flyprodusentene. JetZero hevder å kunne nå 50 % drivstoffreduksjon, hvilket er meget optimistisk sammenliknet med vurderingene fra andre eksperter. Som andre BWB-utviklere er de imidlertid fortsatt i en tidlig fase og forventer og testfly en fullskala demonstrator i 2027. Selskapet har en utviklingskontrakt med det amerikanske luftvåpenet på et tresifret USD million-beløp. United -, Alaska - og Delta Airlines har i de siste månedene engasjert seg som partnere med opsjoner på opptil 200 fly. Senest har JetZero i juni 2025 annonsert at man har inngått avtale med staten North Carolina om arealreservasjon for produksjonsanlegg nær byen Greensboro. Planen er å ha de første leveransene av fly klar i starten av 2030-tallet med storskala produksjon nærmere 2040.

Natilus er et annet, mindre California-basert oppstartsselskap som utvikler på to BWB-konsepter:

- HORIZON: et 200-seter-passasjerfly med 3 500 nm rekkevidde.
- KONA: Et mindre turboprop fraktfly med nyttelast på 3,8 tonn og 900 nm rekkevidde.

Natilus hevder at deres modell vil gi henholdsvis 25 % og 30 % energireduksjon sammenliknet tilsvarende flydesign. KONA ser ut til å ha selskapets hovedfokus og størst ekstern interesse.



⁶⁴ <https://aviationweek.com/aerospace/emerging-technologies/china-flies-blended-wing-body-verification-scale-model>.

For å oppsummere konkluderer vi med at BWB på nåværende tidspunkt er i en så tidlig fase at det er uklart om konseptet blir realisert som alminnelig utbredt flydesign i framtiden. Dersom det viser seg teknisk og økonomisk bærekraftig vurderes BWB å ha potensial til ytterligere forbedringer av energi-effektiviteten. For flåtefornyelser som finner sted før 2050 vurderes denne forbedringen å kunne være på ca. 25 %.

Air Traffic Control (ATM) og operasjonelle tiltak

I tillegg til forbedring av de enkelte flytypenes energieffektivitet forventes det også at operasjonelle effektiviseringer kan gi anledning til mindre drivstofforbruk. Dette gjelder spesielt for 'Air Traffic Management' (ATM), det vil si styringen av trafikken i luftrommet. [SESAR](#)-programmet forventes å gi vesentlige forbedringer for europeiske flyvninger gjennom et mer integrert digitalt styringssystem. Dette kan sikre optimaliserte baner hele veien fra avgangslufthavnen til destinasjonen. Eurocontrol har laget framskrivinger av europeisk luftfarts klimagassutslipp fram mot 2050. Disse viser at ATM-forbedringer kan gi 8 % reduksjon av energiforbruket ([Eurocontrol, 2022](#)). Et nyere strategistudie, [Destination 2050](#) fra 2025, beregner en samlet gjennomsnittlig forbedring av energieffektiviteten på 11,6 % per avgang i 2050 sammenliknet med 2019, når man i tillegg tar med flyselskapenes og lufthavnenes operasjonelle effektiviseringsmuligheter. Dette vurderes i denne rapporten som beste tilgjengelige vurdering og estimatene er vist jf. tabell 7.2, som også viser de tilsvarende estimerte effektiviseringer i 2030 og 2040.

Tabell 7.2: Estimerte energibesparelser ved forbedret ATM og andre operasjonelle effektiviseringer.

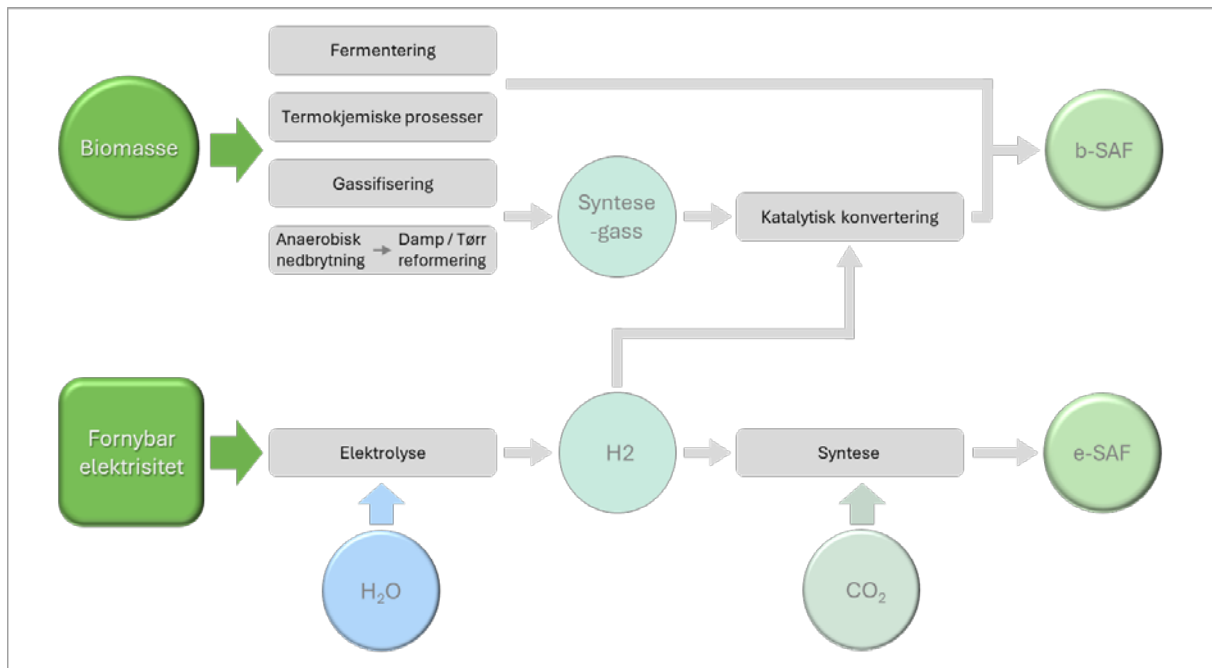
	2030	2040	2050
Estimert energibesparelse per avgang sammenliknet med 2019	7,8 %	9,5 %	11,6 %

Kilde: Destination 2050 (A4E, 2025).

7.2 Bærekraftig flydrivstoff - SAF

Økt energieffektivitet sikter på å redusere energiforbruket. En annen løsning for å redusere GHG-utslippene er å erstatte fossilt drivstoff med alternativer som har lavere CO₂-intensitet per MJ fra et livsløps-perspektiv. Fellesbetegnelsen for disse alternativer er bærekraftig flydrivstoff eller SAF, som er akronym for det engelske 'Sustainable Aviation Fuels'. Det finns ingen generelt akseptert definisjon av SAF, men ReFuelEU Aviation definerer SAF som drivstoff som kan innblandes i og brukes som vanlig fossilt flydrivstoff og som oppfyller kravene til råstoff og klimagassreduksjon i RED III. Det er her vanlig å skille mellom to typer av alternative drivstofftyper avhengig av om energien er biomasse-basert, hvor energiinnholdet stammer fra plantenes utnyttelse av solenergi gjennom fotosyntese, eller kommer fra strøm basert på fornybar strøm som sol, vind eller vannkraft.

Denne oppdelingen er illustrert i figur 7.1, som illustrerer produksjonsstiene for disse to typene bærekraftig flydrivstoff. I tillegg inkluderer ReFuelEU Aviation 'gjenanvendte karbonholdige flydrivstoffer' som SAF. Disse behandles i Boks 7.2.



Figur 7.1: Oversikt over produksjonsruter for SAF basert på biomasse (b-SAF) og fornybar elektrisitet (e-SAF)
Kilde: Inspirert av [DNV\(2021\)](#) s. 11.

I det følgende gis en kortfattet og forenklet oversikt over ulike typer av SAF. For en detaljert gjennomgang henvises til for eksempel DNV-rapport 2021-0366 *Teknologiveikart for bærekraftige drivstoff til luftfart* (Killingland et al., 2021) og DNV-rapport 2023-0468 *Sustainable Aviation Fuel from Non-Biological Feedstocks* (DNV, 2023).

7.2.1 SAF fra biomasse – b-SAF

SAF kan produseres fra mange fra ulike typer av biomasse. Den kjemiske sammensetningen og vanninnholdet er bestemmende for hvilken teknologi som er kostnads- og energieffektiv til omdannelsen fra biomasse til flytende drivstoff. Figur 7.1 viser fire hovedtyper av prosesser. I praksis finnes det mange forskjellige varianter med tilpasning til blant annet lokale forhold som priser og tilgjengelighet på ikke bare ulike typer av biomasse, men også andre innsatsfaktorer, for eksempel overskuddsvarme fra andre produksjonsprosesser.

Det er vanlig å skille mellom 1. og 2. generasjons biodrivstoff etter hvilken biomasse som blir brukt som energikilde⁶⁵:

- **1. generasjon:** Biodrivstoff produsert fra matvekster, det vil si avlinger, som alternativt kan brukes som matvarer. Biokjemisk er energien som omsettes til biodrivstoff bundet i:
 - *karbohydrater* ($C_xH_{2x}O_x$), enten sukker (monosakkarider) eller stivelse (polysakkarider), som typisk omdannes til alkohol gjennom gjæring (fermentering) til innblanding i bensin eller omdannes til flydrivstoff (AtJ/EtJ jfr. Tabell 6.2).
 - *vegetabiliske oljer (lipider)*, som via HEFA tilsettes hydrogen og omdannes til HVO til diesel og/eller flydrivstoff i luftfarten.

⁶⁵ I noen sammenhenger brukes også betegnelsen '3. generasjons biodrivstoff', hvor biomassen produseres gjennom fotosyntese i havet av alger eller andre mikroorganismer. Fordelen er at det ikke tas opp plass på land. Denne type biomasse aksepteres av RED III som råstoff til avansert biodrivstoff, men teknologiene for å fremstille SAF av dette er foreløpig bare på forskningsstadiet.

- **2. generasjon:** Biodrivstoff produsert fra biomasse som ikke kan brukes som matvarer. Biokjemisk er det primært tale om lignocellulose-materialer, for eksempel trevirke eller gress. Disse er vanskelig biologisk nedbrytbare, og krever mer kompleks og kostbar teknologi. Med dagens teknologi vil drivstoffet typisk være produsert gjennom gassifisering med Fischer-Tropsch (FT-SPK), men det kan også være produsert fra alkohol, hvor lignocellulosen først nedbrytes enzymatisk til sukker.

Betegnelsene 1. og 2. generasjons drivstoff henviser til at man i første omgang fokuserte på de enkleste fremstillingsprosessene, da man startet å se på biodrivstoff som alternativ til fossilt drivstoff fra et klimaperspektiv, i europeisk sammenheng for alvor for cirka 25 år siden. Etter hvert ble satsningen på biodrivstoff i stadig økende grad kritisert for ikke å være bærekraftig. Energikilder basert på landbruksprodukter konkurrerte med matvareproduksjon og -forbruk til en økende global befolkning (f.eks. T&E, 2023), og fordi satsningen bidro til hugst av regnskog for å plante vekster som kunne brukes til å produsere biodrivstoff (f.eks. Rainforest Foundation & Cerule, 2019). Denne kritikken ble ytterligere forsterket av at livsløpsanalyser viste at biodrivstoff langt fra ga en nettoeffekt svarende til CO₂-utslippet fra det fortrente fossile drivstoffet på grunn av utslipp i relasjon til biodrivstoffets produksjonsprosess og i noen tilfeller samlet sett ga større utslipp, når man tar høyde for de indirekte arealeffektene (se avsnitt 6.1.2).

Imidlertid er det ikke bare areal som brukes til matjord som kan ha indirekte arealeffekter. Gressdyrking og skogbruk til energivekster kan også fortrenge arealer som ellers ville vært brukt til matvarer eller trevirke til annet formål, for eksempel byggevarer og møbler, eller bevare arts mangfoldet, og derigjennom føre til indirekte arealeffekter (f.eks. Rainforest Foundation & Cerule, 2019). Dermed kan bærekraften av 2. generasjons biodrivstoff også bli problematisk, spesielt fordi oppskalering til volum som kan bidra til betydelig reduksjon av den globale luftfartens klimagassutslipp krever en ikke uvesentlig andel av samlet utnyttet areal.

Med dette perspektivet har EU-forordningen *ReFuelEU Aviation* avgrenset godkjent SAF til å være biodrivstoff som er produsert fra rest- og avfallsprodukter fra skogs- og landbruk, kommunalt avfall eller annet organisk avfall, som ikke kan gjenbrukes. Forordningen referer til det reviderte Fornybardirektivet fra 2018 (RED II) Annex IX for definisjon av godkjente typer av biomasse for SAF. Annex IX har to deler⁶⁶:

- *Del A: Avanserte biodrivstoff*, som er definert gjennom en detaljert liste av avfalls- og restprodukter som kan benyttes som energikilder.
- *Del B: Brukt matolje og animalsk fett*, hvor den animalske delen typisk vil være slakteriavfall.

Forordningen utelukker eksplisitt bruk av avlinger av mat og for, men visse lignocellulose restprodukter som for eksempel halm er nevnt i Del A. I tillegg til Annex IX-råstoffene kan biodrivstoff fra andre restprodukter bidra til minimumsandelene, men bare opptil 3 % av total drivstoffmengde og forutsatt at det ikke er avlinger av mat og for. *ReFuelEU Aviation* krever også at CO₂-reduksjonen skal være på minst 70 % sammenlignet med fossilt flydrivstoff, jf. avsnitt 6.1.2.

Samtidig er det klart at b-SAF må teknisk og sikkerhetsmessig sertifiseres til bruk for luftfart. Dette skjer i henhold til standarden ASTM-D7566 som også bestemmer maksimale tillatte innblandingsprosent. Sertifiseringsprosessen er organisert uavhengig av EU-reglene for bærekraft, og ikke alle sertifiserte b-SAF oppfyller *ReFuelEU Aviation*-kravene. En oversikt over godkjente produksjonsprosesser med maksimalt tillatte innblandingsprosent er vist i tabell 7.3.

⁶⁶ Listene av råstoffer i Del A og Del B har som oppfølging på RED III tilføyet noen ekstra råstoffer ([EU 2024/1405](#)), hvor spesielt dekk- og etter-avlinger til avansert biodrivstoff (Del A) gir økt fleksibilitet i oppfyllelsen av SAF-minimumsandelene. For detaljer se Vedlegg B.

Tabell 7.3: Godkjente produksjonsprosesser for alternative flydrivstoffer med maksimalt tillatte innblandingsprosent (på engelsk).

ASTM reference	Conversion process	Abbreviation	Possible Feedstocks	Maximum Blend Ratio
ASTM D7566 Annex A1	Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene	FT	Coal, natural gas, biomass	50 %
ASTM D7566 Annex A2	Synthesized paraffinic kerosene from hydroprocessed esters and fatty acids	HEFA	Vegetable oils, animal fats, used cooking oils	50 %
ASTM D7566 Annex A3	Synthesized iso-paraffins from hydroprocessed fermented sugars	SIP	Biomass used for sugar production	10 %
ASTM D7566 Annex A4	Synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from non-petroleum sources	FT-SKA	Coal, natural gas, biomass	50 %
ASTM D7566 Annex A5	Alcohol to jet synthetic paraffinic kerosene	ATJ-SPK	Ethanol, isobutanol and isobutene from biomass	50 %
ASTM D7566 Annex A6	Catalytic hydrothermolysis jet fuel	CHJ	Vegetable oils, animal fats, used cooking oils	50 %
ASTM D7566 Annex A7	Synthesized paraffinic kerosene from hydrocarbon - hydroprocessed esters and fatty acids	HC-HEFA-SPK	Algae	10 %
ASTM D7566 Annex A8	Synthetic Paraffinic Kerosene with Aromatics	ATJ-SKA	C2-C5 alcohols from biomass	
ASTM D1655 Annex A1	Co-hydroprocessing of esters and fatty acids in a conventional petroleum refinery		Vegetable oils, animal fats, used cooking oils from biomass processed with petroleum	5 %
ASTM D1655 Annex A1	Co-hydroprocessing of Fischer-Tropsch hydrocarbons in a conventional petroleum refinery		Fischer-Tropsch hydrocarbons co-processed with petroleum	5 %
ASTM D1655 Annex A1	Co-Processing of HEFA		Hydroprocessed esters/fatty acids from biomass	10 %

Kilde: ICAO (2023).

På nåværende tidspunkt (2025) er 50 % den høyeste tillatte innblandingsprosenten, selv om de fleste nye flymotorene kan anvende 100 % SAF. Hovedproblemet er at SAF har et meget lavt innhold av aromater, som kreves for å smøre gummipakninger i drivstoffsystemet på eldre fly. Derfor sikres det at drivstoffet i dag inneholder en viss andel aromater, i praksis minimum 8-10 %, men ofte er det vesentlig høyere, dog maksimalt 25 % av miljøhensyn.

Bare HEFA-prosessene er i dag kommersielt modne. Forgassing + Fischer-Tropsch-prosessene er egentlig teknologisk sett modne. De benyttes kommersielt i mange andre sammenhenger, også oppskalert, men bare med kull eller gass som råstoff. Full-skala produksjonsanlegg basert på fast biomasse som råstoff er enda ikke kommersialisert, men det finns flere småskala test-anlegg (DNV 2021, Figur 7).⁶⁷

Tilgjengelig råstoff for b-SAF på mellomlang og lang sikt

Før ReFuelEU Aviation kravet om 2 % SAF ble innført i 2025 var SAF-andelen i Europa stort sett ubetydelig. Behovet dekkes på nåværende tidspunkt helt av HEFA, som langt overveiende er basert på brukt

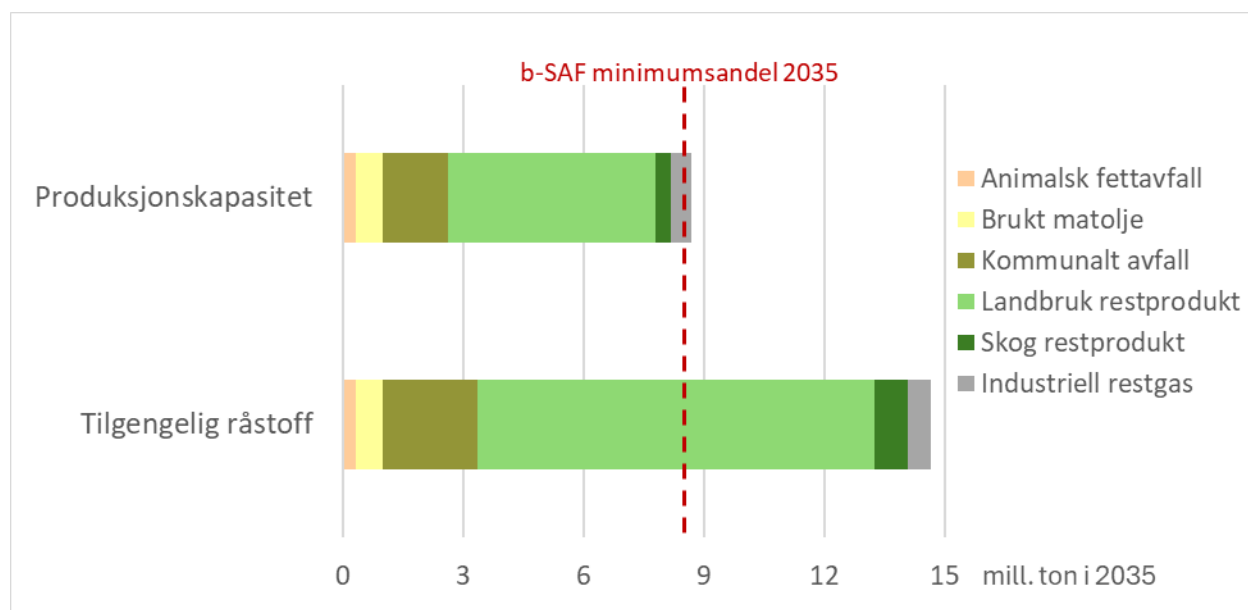
⁶⁷ Se også ITF. (2024). *Decarbonising Aviation: Exploring the Consequences*. International Transport Forum, OECD. Decarbonising Aviation: Exploring the Consequences.

matolje. De neste ti årene vil europeisk luftfarts behov for b-SAF øke markant, som følge av at ReFuelEU Aviation kravet i 2030 øker til 4,8 % b-SAF (av 6 % SAF) og i 2035 til 15 % b-SAF (av 20 % SAF).

En markedsanalyse (SkyNRG, 2024) vurderer at oppfyllelse av SAF minimumsandelen vil kreve cirka 2,2 millioner tonn b-SAF i 2030 med forventet vekst i europeisk flytrafikk. Samme kilde har kartlagt en samlet annonsert produksjonskapasitet på 3,4 millioner tonn SAF i 2030. Av denne mengden forventes 95 % å være HEFA-basert, hvor størstedelen vil anvende brukt matolje som råstoff inklusiv import. Cirka halvparten av 2030-kapasiteten produserer i dag eller under konstruksjon. Tendenser til forsinkelser gjør at SkyNRG vurderer at den faktiske produksjonskapasiteten i 2030 blir lavere enn den annonserte.

Til sammenligning anvendes i dag langt større mengder brukt matolje til fremstilling av HVO, som er biodrivstoff til innblanding i diesel til veitransporten. I praksis er det vanskelig å benytte mer brukt matolje uten å risikere at det reelt er ytterligere oljeproduksjon, som dermed øker arealkravet til avlinger. Etter hvert som europeiske personbiler og senere lastbiler går over til elektrisk fremdrift, vil råstoffet til veitrafikkens biodrivstoff bli frigjort til SAF og andre formål. Likevel vurderer Transport and Environment (2024) at størstedelen av de 15 % b-SAF som er kravet i 2035 må baseres på andre råstoffer og først og fremst vil bli dekket avansert biodrivstoff produsert fra restprodukter fra landbruk og i noen grad fra kommunalt avfall. Det vil hovedsakelig si med lignocellulose-baserte teknologier som i dag ikke er kommersielt modne.

International Council on Clean Transportation (ICCT) har basert på basis av forskjellige kilder estimert at det i 2035 vil være råstoff tilgjengelig, inklusiv import, til produksjon av ca. 18-20 milliarder liter b-SAF i EU-27. Dette potensialet reduseres til 15 milliarder liter hvis det settes et kriterium om lav bærekraftsrisiko (ingen import og begrenset alternativ bruk). Dette vil være tilstrekkelig til å oppfylle ReFuelEU Aviation minimumskravet for b-SAF innblanding i 2035, som estimeres til å utgjøre cirka 11 milliarder liter. Den kritiske faktoren for å oppfylle 2035-innblandingskravet vurderes derfor ikke å være tilgjengelig råstoff, men derimot treghet i teknologiutvikling og etablering av produksjonsanlegg innenfor lignocellulose-basert teknologi de neste ti årene. Likevel vurderer organisasjonen at europeisk produksjonskapasitet av b-SAF med lav bærekraftsrisiko vil kunne levere svarende til minimumskravet i 2035. Dette er illustrert i figur 7.2, hvor de overnevnte mengdene er omregnet fra milliarder liter til millioner tonn b-SAF.



Figur 7.2: Estimert tilgjengelig råstoffmengde med lav bærekraftsrisiko og produksjonskapasitet for b-SAF i 2035 sammenliknet med forventet mengde for ReFuelEU Aviation minimumskrav.

Kilde: O'Malley og Baldino (2024) s. 14.

På lengre sikt forventes ytterligere vekst i luftfarten samtidig med at ReFuelEU Aviation minimums-andelen for SAF fram mot 2050 øker til 70 %, herav 35% b-SAF. Videre er ikke usannsynlig at innblandingskravet øker ytterligere innen da, eller at vedtatt full utfasing av alle ETS-utslippskvoter gjør at SAF-andelen reelt økes til 100 %. EU's [Impact Assessment studie](#) (Avsnitt 6.a) av ReFuelEU Aviation forslaget analyserte konsekvensene av 63,5 % innblanding⁶⁸ for biomassebehovet i et klimanøytralt scenario i 2050, hvor samlet bioenergibehov i EØS forventes å øke med cirka 80 % sammenliknet med 2015. Studien vurderer at samlet mengde av tilgjengelig biomasse til energiformål fortsatt vil være rikelig sammenliknet med behovet, og at b-SAF til luftfarten vil bare legge beslag på ca. 10 %. Dette er vel å merke i en situasjon hvor b-SAF står for bare knapp 40 % av luftfartens samlede energibehov med en tilsvarende mengde fossilt flydrivstoff og resten stort sett utgjøres av e-SAF.

I et globalt perspektiv er utfordringen med tilgjengelighet av biomasse kanskje større. Oppfyllelse av målene i Paris-avtalen krever at ikke bare at Europa, men at hele verden blir tilnærmet CO₂-nøytral i 2050 (f.eks. IPCC, 2018) samtidig som det globale energiforbruket forventes å øke markant. Utfasingen av fossil olje innebærer at store mengder bio-olje også skal anvendes i produksjonen av plast, hvor råstoffet overveiende er olje. [IEA \(2018\)](#) estimerer at ca. 12 % av dagens oljeproduksjon anvendes i plast og andre petrokjemiske produkter. Globalt plastforbruk forventes å bli nesten fordoblet fram mot 2050.

Samlet sett betyr utfasing av fossil energi for å nå kravet om CO₂-nøytralitet at behovet for biomasse sannsynligvis vil øke i det meste av verden på lang sikt. Tilgjengeligheten av biomasse for energiformål må derfor ses i global sammenheng, hvor mange land har betydelig mindre tilgang til biomasse enn Europa. I dette perspektivet er det langt mer usikkert om det globale behov for biomasse til energiformål kan dekkes av bærekraftig produksjon med derav følgende risiko for markante prisøkninger.

Denne usikkerhet rundt den samlede globale tilgjengeligheten av råstoff har ført til fokus på andre produksjonsmetoder for flytende drivstoff som ikke trenger biomasse som det primære råstoffet. Alternativt kan man produsere energiråstoffet hydrogen fra vann gjennom hydrolyse, hvor energien i stedet kommer fra fornybar strøm. Denne type av produksjonsprosesser kalles på engelsk ofte for 'power-to-liquid' (PtL), 'electrofuel' og 'e-fuel', i det følgende bruker vi betegnelsen e-SAF, når produktet er syntetisk flydrivstoff som skal erstatte fossilt flydrivstoff.

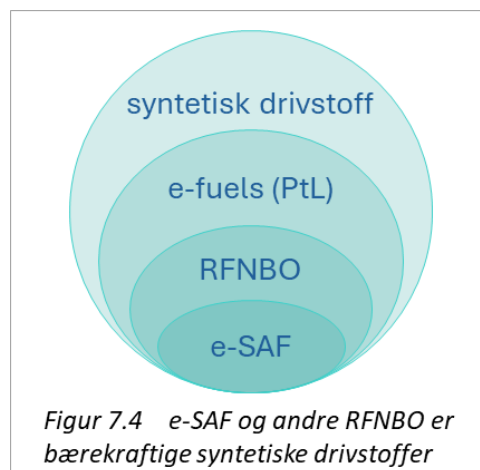
Boks 7.1 Behovet for biodrivstoff sammenliknet med tilgjengelighet i globalt perspektiv.

Global tilgjengelighet av biomasse for ikke-mat formål er svært vanskelig å beregne. Basert på meta-studier vurderte det internasjonale fornybarbyrået, the *International Renewable Energy Agency* (IRENA), i 2022 det globale bærekraftige potensialet til å være 100 – 200 EJ per år biomasse til energi og industrielle prosesser inklusiv kjemikalier (IRENA, 2022 s. 281). Til sammenligning antar IEAs 'Net Zero' by 2050-scenario (IEA, 2021, Figur 3.10 og Tabell A.2) et samlet energiforbruk i transportsektoren i 2050 på 85 EJ, herav biodrivstoff 25 EJ og i tillegg 20 EJ syntetiske drivstoffer, primært til luft- og skipsfart. Antar vi at syntetisk drivstoff i stedet skulle dekkes av biodrivstoff, så alle 45 EJ til transport skulle produseres fra biomasse ville det svare til 100 – 130 EJ biomasse med konverterings-faktorer på 0,45 hhv. 0,35, altså mer enn IRENAs lave estimat for tilgjengeligheten av biomasse i 2050 og to tredjedeler av det høye estimat.

⁶⁸ Basert på det opprinnelige forslag fra Europakommisjonen som var 65 % fratrullet 1,5 % svarende til estimert forbruk i ikke-EU lufthavner (se avsnitt 4.3).

7.2.2 SAF fra strøm – e-SAF

Syntetiske drivstoffer er flytende drivstoffer som ikke er produsert fra olje, men hvor andre råstoffer syntetiseres gjennom kjemiske prosesser til produkter som kan erstatte eller innblandes i konvensjonelle flytende drivstoffer som for eksempel bensin, diesel eller flydrivstoff til bruk i vanlige forbrenningsmotorer⁶⁹. Teknologi til produksjon av syntetiske drivstoffer fra kull og gass er velkjent teknologi som har vært anvendt i cirka 100 år, i tider og områder med begrenset oljeforsyning. Den industrielt dominerende teknologien Fischer-Tropsch kan også anvendes fra biomasse, men faller under biodrivstoff (avsnitt 7.2.1). I denne sammenhengen er det relevante drivstoffene e-fuels, hvor hydrogen fra elektrolyse syntetiseres med karbon fra fanget CO₂ med grunnleggende samme teknologi (F-T). For e-fuels er denne produksjonsprosess er den eneste som på nåværende tidspunkt er ASTM-sertifisert. Betegnelsen kommer fra, at det er strømmen som tilfører drivstoffet energi via hydrogen. CO₂-fortrengningen ved bruk av e-fuels i stedet for fossilt drivstoff er derfor sterkt avhengig av hvor den primære energi i produksjon av strømmen til elektrolysen kommer fra.



Figur 7.4 e-SAF og andre RFNBO er bærekraftige syntetiske drivstoffer

På samme måte som for b-SAF har ReFuelEU Aviation derfor bærekraftskriterier til de minimumsandeler av e-SAF, som forordningen krever innblandet. For å telle med i oppfyllelse av minimums-kravet skal e-SAF være 'fornybare drivstoffer av ikke-biologisk opprinnelse' (forkortet RFNBO etter den engelske betegnelse) med henvisning til EUs reviderte fornybardirektiv (RED II). Samtidig skal klimagassreduksjonen dokumenteres å være minst 70 %⁷⁰. Hvis strømmen tas direkte fra strømmettet må produsenten dokumentere at strømmen er fornybar ved å dokumentere at den fornybare strømmen er 'addisjonell' (EU 2023/1184 Artikkel 4). Dette skal sikre at økningen i samlet elforbruk ikke medfører økt strømproduksjon fra fossile kraftverk.

⁶⁹ Alternative drivstoffer som kan innblandes i transportdrivstoffer uten å endre anvendelsesområdet kalles populært også for 'drop-in fuels'.

⁷⁰ RFNBO er mere presist definert Artikel 29a stk. 2, som er egentlig er fra RED III (2023/2413), som formelt er tilføyes til RED II (2018/2001), hvor RFNBO var mere kortfattet beskrevet.

Boks 7.2 Resirkulerte karbon-holdige og lav-karbon flydrivstoffer samt fornybar hydrogen

I tillegg til b-SAF og e-SAF, hvor energien kommer henholdsvis fra biomasse og fornybar strøm, godkjenner ReFuelEU Aviation også, at minimumskravene med tre andre typer drivstoff.

- a) *'gjenanvendte karbonholdige flydrivstoffer'* (RCF - som man også kunne kalle 'r-SAF' for 'recycled') utnytter energien fra fossil energi enten i avfallsstrømmer som 'ikke er egnet til gjenanvendelse' (EU 2008/98 Artikkel 4) eller uunngåelig spillgass fra industrielle anlegg. Det er dog uklart hva det presis betyr for hvilke avfallstyper som må anvendes (DNV, 2023 s. 15). Produksjonsveien til sertifisert SAF kan enten være via syngass til FT-SPK som for e-SAF eller via metanol til ATJ-SPK (se tabell 7.1). Ofte må det tilsettes hydrogen, som da typisk vil komme fra elektrolyse med fornybar energi. Videre kan avfallsstrømmene i praksis ha både biogent og fossilt innhold. Produktet blir da en blanding av b-SAF, e-SAF og r-SAF (RCF), som da muligvis kan fordeles etter energiholdet i de tre komponenter av råstoff.
- b) *lav-karbon flydrivstoffer*, som ikke er av biologisk opprinnelse, og hvis energiinnhold stammer fra ikke-fossilt hydrogen. I praksis betyr det antagelig hovedsakelig energi fra kjernekraft, men derimot ikke drivstoff basert på blått hydrogen, dvs. produsert fra fossil gass med CO₂-fangst.
- c) *fornybart hydrogen til luftfart*, som ikke er av biologisk opprinnelse. Dette er relevant som driver for utvikling av hydrogenfly (avsnitt 7.3) og hydrogen-elektriske fly (avsnitt 7.6). I noen sammenhenger er denne typen drivstoff inkludert i e-SAF.

I likhet med for e-SAF skal gjelder for alle tre typer drivstoffer bærekraftskriteriet om at de skal bidra gi 70 % klimagassreduksjon sammenliknet med ordinært flydrivstoff. Dette skal dokumenteres.

Status for e-SAF produksjon i Europa

Som nevnt i innledningsvis i kapitlet produseres e-SAF med hydrogen basert på fornybar strøm og vann ved tilsetning av karbondioksid. Til dette kreves tre forskjellige industrielle prosesser i tillegg til kraftproduksjonen:

- **Elektrolyse**, hvor strømmen skiller vann i hydrogen og oksygen ($2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{O}_2$)
- **CO₂-fangst**, da karbon må tilsettes for å konvertere hydrogen til flytende flydrivstoff. CO₂ kan tas enten:
 - *fra punktkilder*, hvor konsentrasjonen er høy, typisk røykgassen fra kraftverk, sementfabrikker eller høytemperatur industrielle prosesser, f.eks. stålproduksjon⁷¹; eller
 - *direkte fra luften* ('Direct Air Capture' - DAC), hvor konsentrasjonen er lav (0,04 %), som betyr at kostnadene for fangsten er langt høyere.
- **Syntese**, typisk Fischer-Tropsch som omdanner syngass (en blanding av H₂ og CO) til en blanding av hydrokarboner. Denne råoljen raffineres til ulike flytende drivstoffer i varierende andeler, som kan gi maksimalt 75 % e-SAF uten å tape effektivitet og dermed øke kostnader (IEA, 2023).

Bortsett fra DAC er de tre prosessene alle modne og i industriell bruk i dag, men ikke i kombinasjon som e-fuel produksjon i den skala som trengs for oppskalert drivstoffproduksjon. For storskalaproduksjon av hydrogen til industrielle formål har elektrolyse i dag blitt stort sett blitt erstattet av mer kostnads- effektive prosesser basert på fossile energikilder.

En vesentlig utfordring er at fornybar strøm er en relativt dyr energiform per energienhet, og at en stor del tapes i konverteringen til e-fuels. Storskala elektrolyse-anlegg opererer i dag med en effektivitet på 65-70 % og de etterfølgende synteseprosesser med 65-85 %, så bare 40-60 % av energien bevares i drivstoffet. Resten av energien frigis som varme, som i noe omfang kan utnyttes til andre formål avhengig av lokalisering. I så fald vil varmemeverdien redusere e-fuel kostnadene med opp til 5-10 % (IEA, 2023, s. 41-42).

⁷¹ For å motvirke indirekte insitamenter til å opprettholde bruk av fossil energi på sikt er det etter 2040 ikke lov å bruke fossil CO₂ til e-SAF. (Delegated Act on Article 28 in REDII, DNV, 2023 s. 15-16, [Commission Delegated Regulation \(EU\) 2023/1185](#) pkt. (5) s. 1-2); DNV (2023 s. 15-16).

Syntetiske drivstoffer kan ikke konkurrere på markedet med fossilt drivstoff, da kostnadene selv i fullskala-produksjon vil være flere ganger høyere enn for vanlig fossilt flydrivstoff, også selv om man tar høyde for nåværende karbonpris i det europeiske EU ETS (kvotehandelsystemet). Konkurranseflaten mot fossilt flydrivstoff som rammebetingelse endres imidlertid vesentlig med ReFuelEU Aviation. Minimumskravet for e-SAF innblanding starter med 1,2 % i 2030 og vil øke til 5 % i 2035 og 35 % i 2050. Dette reduserer risikoen ved investering i full-skala e-SAF anlegg, som krever ganske store kapitalkostnader med lang avskrivningsperiode. Likevel er det i dag ennå ikke etablert storskala anlegg for produksjon av e-SAF i EØS-området, men det finns en rekke demonstrasjonsanlegg for e-fuels. Til sammen har de bare kapasitet til å produsere forsvinnende små mengder i forhold til hva som kreves for å oppfylle 5 %-minimumskravet i 2035.

Transport and Environment har tatt fram en oversikt over eksisterende europeiske e-SAF prosjekter for å vurdere om planene motsvarer ReFuelEU Aviation behovet i 2030 (T&E, 2024). Studien hadde i slutten av 2023 identifisert 45 e-SAF prosjekter i EØS, herav 25 storskala- og 20 mindre pilotprosjekter. Åtte av storskalaprojektene er kommet til siden november 2022, hvor en tilsvarende oversikt ble utarbeidet. Den samlede annonserte produksjonskapasiteten fra de 45 analyserte er totalt 1,7 mill. tonn i 2030, hvilket i teorien er nok til å dekke de 1,2 % som er gjennomsnittskravet for 2030 og 2031, som estimeres til 0,6 millioner tonn. Ingen av prosjektene hadde imidlertid på analysetidspunktet tatt endelig investeringsbeslutning, så i praksis må det forventes at en god del av prosjektene ikke blir realisert eller forsinkes⁷². For å nå de 0,6 millioner tonn må minst 35 % av kapasiteten være etablert i 2030 eller erstattet av nye prosjekter, hvilket blir mindre sannsynlig jo nærmere vi kommer på 2030. Den geografiske fordelingen er konsentrert på Norge, Frankrike, Tyskland og Sverige med til sammen 80 % av annonsert produksjon i 2030. Tre prosjekter fremheves som lengre fremme enn resten: [Arcadia eFuels](#) i Vordingborg (Danmark), [Norsk e-Fuel](#)'s Alpha anlegg i Mosjøen (Norge) og [Nordic Electrofuel](#)'s pilotanlegg (E-fuel 1) i Herøya (Norge).

SkyNRG (2024) har foretatt en tilsvarende analyse, som vurderer at prosjekter med høy sannsynlighet for å bli realisert kan dekke halvparten av behovet for e-SAF på 0,6 millioner tonn i 2030. Samtidig har SkyNRG-studiet i 2024 observert en tendens til forsinkelser. Den samlede pipeline er vurdert til 1,2 millioner tonn.

7.2.3 Produksjonskostnader for SAF – i dag og på sikt

Den store utfordringen for bruk av SAF er at produksjonskostnaden for alle typer langt overstiger prisen på fossilt flydrivstoff, selv når dagens ETS-kvotepris innregnes. Derfor har mengdene hittil vært ganske små basert på HEFA fra noen få produsenter. Det finns derfor ikke en pålitelig markedspris, men det er også mindre relevant da HEFA bare være en liten andel av samlet SAF-produksjon i framtiden etter hvert som produksjonen av SAF øker for å imøtekomme ReFuelEU Aviation-kravene. Hvilke produksjonsteknologier som kommer til å få markedsandeler, avhenger av de langsiktige enhetskostnadene, som det i sakens natur er knyttet stor usikkerhet rundt. Det finns en omfangsrik litteratur med framskrivinger av kostnader på ulike former for SAF. Metoden er ofte å ta fram såkalte 'levelised costs' som er gjennomsnittlige kostnader per tonn SAF over levetiden for et nyoppført anlegg. I disse estimerer for framtidige kostnader tas det høyde for en rekke faktorer, hvor følgende kan fremheves:

⁷² For eksempel er det danske prosjektet 'Green fuels for Denmark' stoppet på ubestemt tid og det er uvisst om det fortsetter [[lenke](#)]. Prosjektet hadde fått 600 mill. DKK i statsstøtte og forventet å kunne skalere opp produksjonen svarende til 30 % av drivstofforbruket ved Københavns Lufthavn Kastrup.

- *Oppskalering*, så skalafordeler utnyttes optimalt. Effektiv industriell energiproduksjon krever meget store anlegg, som er kapitalkrevende. Det betyr at det er avgjørende, men også usikkert, å nedjustere de kostnadserfaringer man kan få fra enhetskostnader fra produksjon på mindre forsøks- og demonstrasjonsanlegg.
- *Læringskurve*, hvor man kalkulerer inn at det typisk nås kostnadsreduksjoner gjennom optimering av etterfølgende produksjonsanlegg sammenliknet med det første fullskala produksjonsanlegg.
- *Framtidig teknologiutvikling* som kan effektivisere produksjonen. Potensialet vil variere mellom de enkelte delprosessene, men vil være størst for umodne teknologier. Det innebærer at analyser hurtig kan bli utdaterte.
- *Framtidige råstoffpriser*. For e-SAF er viktige komponenter prisen på fornybar strøm og karbonfangst, inklusiv om det må skje som BECCS eller DACCS. For b-SAF er det prisen på biomasse som oppfyller de europeiske bærekraftskriteriene.

Det blir for omfattende å gi et overblikk over mange estimerer fra litteraturen, men det kan henvises til noen utvalgte sentrale, autoritative rapporter i kronologisk rekkefølge:

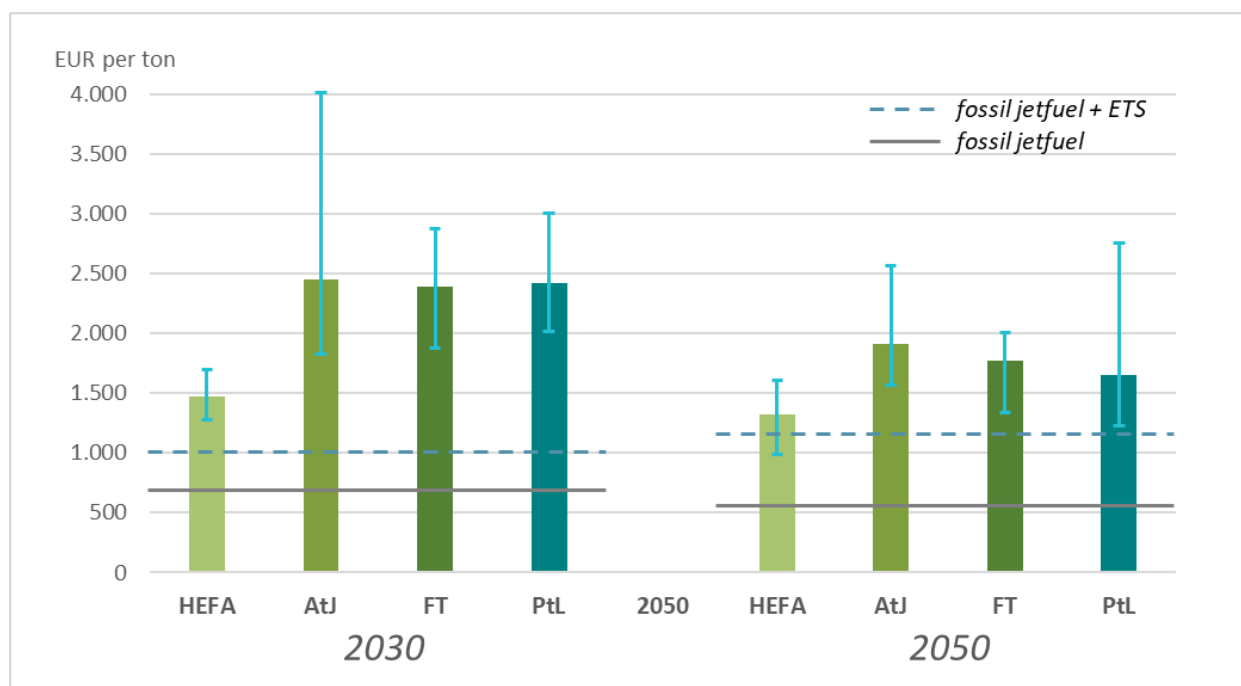
- WEF: *Clean Skies for Tomorrow, Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation*, 2020;
- ATAG: *Waypoint 2050*, 2021;
- EC: *Study supporting the impact assessment of the ReFuelEU Aviation initiative*, 2021
- IEA: *Net Zero Roadmap*, 2023 update.
- JRC: *Renewable fuels of non-biological origin in the European Union*, 2023
- IEA: *The Role of E-fuels in Decarbonising Transport*, 2023
- [IEA: Global Hydrogen Review, 2024](#);
- IEA: *Direct Air Capture. A key technology for net zero*, rev. 2024.
- [Destination 2050: A Route to net zero European aviation, 2025](#)

Den nyeste rapporten, Destination 2050 (2025), har på bakgrunn av litteraturen vurdert framtidige produksjonskostnadene⁷³ for tre typer b-SAF (HEFA, AtJ, FT) samt e-SAF (PtL) i 2030 og 2050. Rapporten gir både gjennomsnitt, minimum og maksimum for 2030 og 2050, som er illustrert i figur 7.3. I tillegg har rapporten til sammenlikning også vist forventet framtidig pris på fossilt flydrivstoff med og uten framskrevet og ETS-kvotepriis. I figur 7.3 er det i stedet valgt å sammenlikne med tilsvarende oljeprisframskrivninger fra [IEA\(2024b\)](#)⁷⁴.

⁷³ Minimum fuel selling price, som her vurderes å tilsvare 'levelised costs'.

⁷⁴ Her er valgt en prisframskriving tilsvarende 'Announced Pledges Scenario' i IEA(2024b), da dette er konsistent med Finansdepartementets anbefalinger til langsiktig ETS-pris til samfunnsøkonomiske analyser. Det er store forskjeller i ETS- og oljepris-framskrivingen avhengig om man velger 'Stated Policies Scenario' (STEP), 'Announced Pledges Scenario' (APS) eller 'Net Zero Emission' (NZE), men på grunn av markedsdynamikken er de negativt korrelert, så variasjonen i summen av oljepris- og ETS-pris er relativt liten i forhold til usikkerheten om framtidig energipriser generelt.

Videre er det interessant å bemerke at EU's impact assessment study for ReFuelEU Aviation (Europakommisjonen, 2021) forutsetter en langt høyere pris (ca. 135 USD/brl omregnet til 2023-prisnivå) enn i alle IEAs scenarier (25-75 USD/brl i 2023-prisnivå).



Figur 7.3: Forventede produksjonskostnader med usikkerhetsintervaller for hovedtyper av SAF i 2030 og 2050.

Kilde: Destination 2050: *Destination 2050 - A Route to net zero European aviation*, 2025 s. 95.

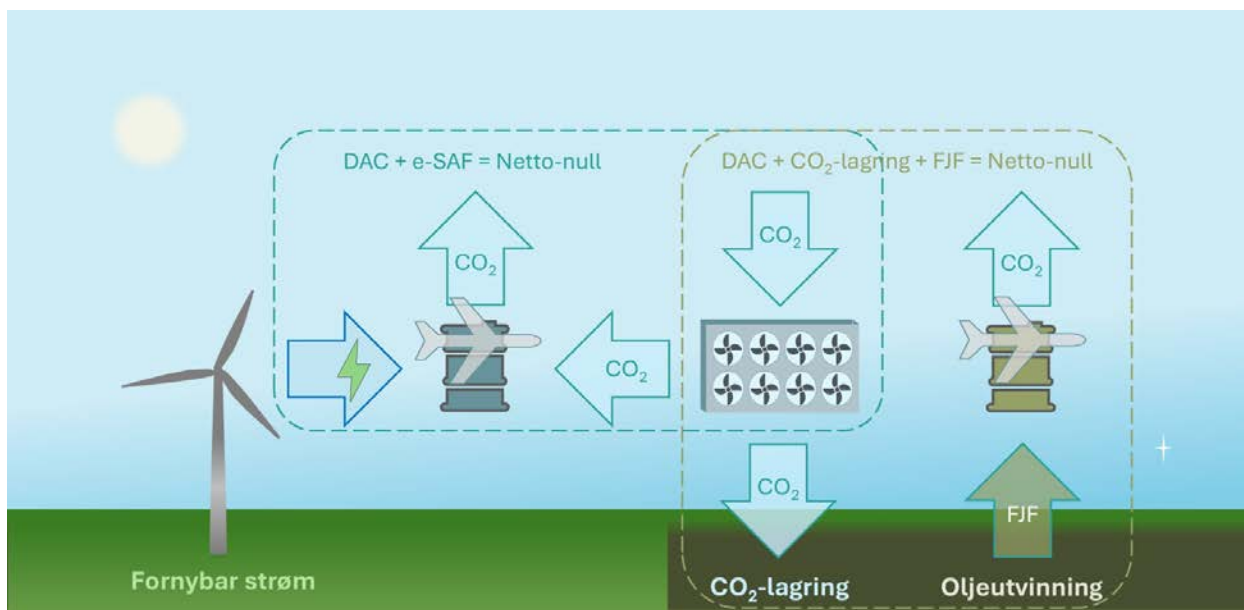
Anmerkning: Prisframskriving for fossil jetfuel og ETS-kvoter er basert på Announced Pledges Scenario fra [IEA\(2024b\)](#). HEFA, AtJ, FT og PtL er forklart 7.3 og avsnitt 7.2.2.

Det fremgår av figuren at i både 2030 og 2050 er kostnaden lavest for HEFA. Men HEFA kan ikke skaleres til å imøtekomme innblandingskravet (se avsnitt 7.2.1) på grunn av begrensede mengder råstoff fra brukt matolje og liknende. Det ses også, at kostnadsreduksjonen fra 2030 til 2050 er minst for HEFA, som er den mest modne teknologien. Reduksjonen er størst for PtL (e-SAF), men usikkerheten for PtL er også størst, blant annet på grunn av stor usikkerhet om teknologiutvikling og kostnader for karbonfangst. I 2050 ligger de forventede prisene for alle fire SAF-typer i det relativt lille intervallet 1300-1900 EUR per tonn drivstoff (fossilt flydrivstoff ekvivalenter).

Et vektet gjennomsnitt av gjennomsnittsprisen for de fire SAF-typer vil ligge på cirka 1700 EUR per tonn i både 2030 og 2050, fordi HEFA, som har de minste kostnader har stor vekt i 2030 og liten vekt i 2050. Både i 2030 og 2050 vil SAF-kostnadene være mer enn dobbelt så høye som prisen på fossilt flydrivstoff. Selv hvis vi tillegg fossil flydrivstoff forventet ETS-kvotepris på 185 EUR/ton CO₂ i 2050, vil SAF stadig være cirka 500 EUR per tonn drivstoff dyrere enn fossilt flydrivstoff. Merprisen tilsvarer en CO₂-avgift på cirka 1 900 NOK per tonn CO₂ i tillegg til den antatte ETS-kvoteprisen. Til sammenligning har den norske Regjeringen annonsert at en gradvis opptrapping av CO₂-avgiften til 2000 NOK per tonn CO₂ i 2020-prisnivå inkludert ETS-kvoteprisen frem mot 2030 er det viktigste virkemiddelet for å redusere klimagassutslippene fra transportsektoren (NTP 2025-2036 s. 79).

e-SAF eller DACCS?

De høye kostnader til e-SAF skyldes hovedsakelig at strøm er en relativt dyr energiform samt et høyt samlet energitap når det produseres: Først fra konvertering av strøm til hydrogen og videre til flytende drivstoff og deretter ved ineffektiv energiutnyttelse i form av varmeutvikling i flyets forbrenningsmotor i genereringen av framdriftsenergi. Denne problemstilling tvinger fram vurderinger om det er mer kostnadseffektivt fortsatt å fly på fossilt flydrivstoff og i stedet kompensere CO₂-utslippene fra forbrenningen av drivstoffet med fangst og lagring av CO₂. Fra et klimaperspektiv er effekten den samme, hvilket er forsøkt illustrert i figur 7.4.



Figur 7.4: Illustrasjon av at netto-null utslipp i luftfarten kan oppnås både med e-SAF og fortsatt fossilt flydrivstoff (FJF) kombinert med CO₂-fangst fra luften (DAC) med lagring i undergrunnen, til sammen DACS.

Ved forbrenning av e-SAF og konvensjonelt fossilt flydrivstoff (FJF) er CO₂-utslippene det samme. For å oppnå netto-null⁷⁵ må denne mengden CO₂ i begge tilfelle fanges fra luften og dermed til samme kostnader uansett om vi forutsetter CO₂-fangst fra punktkilder eller direkte fra luften (som er benyttet i figuren). Fra et kostnadsperspektiv er spørsmålet derfor om de samfunnsøkonomiske kostnadene til fornybar strøm pluss konvertering til hydrogen og videre til flytende drivstoff er billigere eller dyrere enn prisen på fossil drivstoff (FJF) pluss kostnadene til lagring av fanget CO₂:

$$\begin{array}{ccc} \text{Fornybar strøm} + \text{Konvertering} & \leftrightarrow & \text{FJF} + \text{CO}_2\text{-lagring} \\ (\text{kostnader e-SAF}) & & (\text{Kostnader til jetfuel}) \end{array}$$

CONCITO (2025) har foretatt denne økonomiske sammenligningen med litteraturbaserte 'levelised cost' tall for 2050-produksjon av fornybar strøm, konvertering til e-fuel og CO₂-lagring samt råolje-pris fra IEA's 'Announced Pledge Scenario' (se note 74). Studien kommer fram til at kostnadene til konvertering fra strøm til e-SAF noenlunde vil tilsvare kostnaden til raffinering av råoljen til flydrivstoff pluss CO₂-lagringskostnaden. I så fall vil billigste løsning avhenge av prisen på energi-råvaren: *Vil fornybar strøm være billigere enn råolje i 2050?* CONCITO vurderer at dette neppe vil være tilfellet, og at det derfor er en økonomisk bedre løsning å fortsette å fly på fossilt drivstoff og i stedet allokere de store mengdene fornybar energi til andre formål, hvor CO₂-reduksjonseffekten vil være større, for eksempel raskere elektrifisering av landtransporten og industriell bruk av fossil energi.

⁷⁵ I praksis vil det sannsynligvis være forskjell på oppstrømutslippene fra de to prosessene. I begge tilfelle må dette kompenseres gjennom CO₂-lagring, som da vil gi et kostnadstillegg til ytterligere DACCS som da også vil være forskjellige. Dette er det for enkelthetens skyld sett bort fra i figuren.

7.3 Hydrogenfly med turbofanmotor

Et alternativ til e-SAF er å bruke hydrogen fremstilt ved elektrolyse med fornybar strøm ('grønt hydrogen') direkte i flymotoren uten å konvertere til e-SAF først. Det er flere **fordeler** ved hydrogen som drivstoff:

- Energiinnholdet per vektenhet er cirka 3 ganger større for hydrogen (120 MJ/kg) sammenliknet med vanlig jetfuel (44 MJ/kg). Dette er særlig viktig for fly, da mindre vekt kan gi vesentlige forbedringer i drivstoffeffektiviteten per passasjer og dermed spare drivstoffkostnader.
- Man trenger ikke å tilsette karbon og unngår dermed kostnader til konvertering til 'drop-in' drivstoff og ikke minst til fangst av CO₂, som er en betydelig del av de samlede produksjonskostnader for e-SAF. Det gjelder spesielt hvis det skal tas direkte fra luften (DAC), hvilket kan bli tilfellet på lang sikt, fordi CO₂ fra biogene kilder forventes å bli en knapp faktor i framtiden (se 7.2.1)
- Hydrogen forbrennes rent til vanndamp og vil derfor redusere sot og annen luftforurensing fra vanlig forbrenning av flydrivstoff. De større mengder vanndamp kan dog også gi anledning til større klimapåvirkning fra ikke-CO₂ effekter (se 6.2)
- Dagens motorer kan tilpasses, så de kan forbrenne både jetfuel og hydrogen eller en blanding.

Det er imidlertid også store tekniske **barrierer** som det skal finnes fundamentalt nye løsninger på:

- Hydrogen er en flyktig gas som det er krevende å oppbevare. Det må helst skje flytende, dvs. ved -253 °C, hvilket er energikrevende til nedkjøling og vedlikehold av denne tilstanden.
- Energiinnholdet per volumenhet for flytende hydrogen (8,5 MJ/liter) er bare cirka 1:4 sammenliknet med vanlig flydrivstoff (34 MJ/liter). Tar man høyde for, at det også kreves en langt mer avansert og kostbar tankkonstruksjon, faller energitettheten per volumenhet til mellom 1:5 og 1:7, og fordelene i vekt blir omtrent eliminert med dagens teknologi.
- I konvensjonelle fly må en del av flyskroget benyttes til tankkapasitet, hvilket øker både energiforbruk og kostnader per sete og passasjer med dagens flydesign (Prewitz et al., 2023).
- Det kreves omfattende tilpasninger av dagens flymotorer med tilhørende drivstofftilførsel og styringssystemer.
- Bakkeinfrastruktur i lufthavner og forsyningslogistikk må konstrueres på nytt.

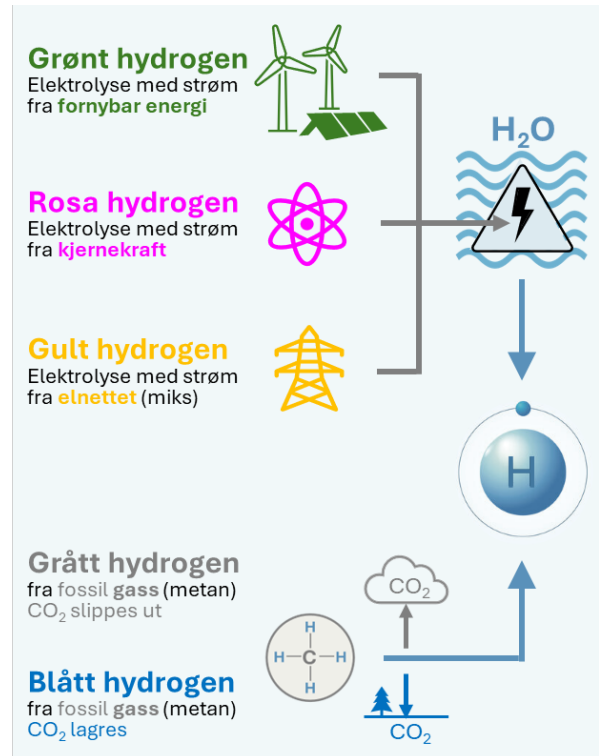
Hydrogen har fått oppmerksomhet av flyutviklere gjennom flere årtier på grunn av den høye energitettheten i MJ/kg⁷⁶. Drivstoffet utgjør en vesentlig andel av flyets maksimale takeoff vekt; 25-30 % for A320 og B737 og ca. 40 % for long-haul (langdistanse)fly⁷⁷. Hydrogen har derfor teoretisk potensiale til å flytte grensene for avveiningene mellom rekkevidde og nyttelast og gi mulighet for lettere flykonstruksjoner med større frihet i design og kapasitet. Før klimautfordringen ble en eksistensiell faktor for luftfarten har imidlertid de tekniske utfordringene vært ansett som så store at det ikke har ført til stor utviklingsinnsats før det siste tiåret.

⁷⁶ Allerede i på slutten av 1950-tallet eksperimenterte NASA med testflygninger med hydrogen. I 1988 ble det sovjetiske Tu-155 (et ombygget Tupolev 154) testet med både gass og flytende hydrogen i én av flyets tre motorer. I alt ble foretatt cirka 100 flygninger. [[Wikipedia: Tupolev Tu-155](#)].

⁷⁷ Wikipedia: 'Fuel fraction'.

Akkurat som for e-SAF er den mengden av hydrogen som kreves til luftfarten, hvis hydrogenfly skal erstatte dagens fly, langt større enn den skala som hydrogen produseres i på nåværende tidspunkt, primært til industriell bruk. For at det skal gi mening for flyprodusentene å satse på utvikling av hydrogenfly, må det være forventning om at hydrogen-produksjonen oppskaleres i takt med at flyene trenger inn på markedet. Dette er i motsetning til SAF, som fungerer som 'drop-in' drivstoff i eksisterende flydrivstoff, som kan benyttes i stedet, hvis SAF ikke er tilgjengelig i tilstrekkelig mengde underveis i en oppbyggingsfase.

Europakommisjonen la i desember 2019 fram planen *The European Green Deal* med målsetningen om å bli klimanøytral i 2050. [Hydrogenstrategien](#) fra 2020 etterfulgt av [REPowerEU](#)-planen fra 2022 etablerte et omfattende rammeverk som skal understøtte utviklingen av en hydrogenforsyning som kan levere 10 mill. tonn fornybart hydrogen i 2030. Akkurat som for e-SAF gjelder bærekraftskriterier for hydrogen som flydrivstoff må oppfylle, herunder at energien må være fornybar (grønt hydrogen), jf. ReFuelEU Aviation beskrivelsen i avsnitt 7.2.2. Hovedparten av det hydrogenet som produseres i dag er 'grått hydrogen' som utskilles fra fossilt metan (naturgass). Se illustrasjon til høyre, som er inspirert av (IATA, 2025).



Airbus ZEROe

Samtidig med at EU's satsning på hydrogen ble startet, lanserte Airbus i september 2020 det store ZEROe-programmet. Det ambisiøse målet var å utvikle helt nye design av kommersielle hydrogenfly som kunne være operasjonsklar i 2035. Med utgangspunkt i tre konsepter:

- et turbopropfly med opptil 100 passasjerer og en rekkevidde på 1 000 nm (1 850 km) og
- to turbofanfly med opptil 200 passasjerer og rekkevidde på 2 000 nm (3 700 km),

er det snakk om fly som kan erstatte regional jets og single aisle fly på korte og mellomlange ruter. Det ene av turbofan konseptene er blended wing body (se avsnitt 7.1) for å dra fordel av det større volumet for tankkapasitet og de andre hydrogen tanke plassert i forlengede tradisjonelle flykropper (se bilde).



Illustrasjon: [Airbus\(2021\)](#)

Tidligere har målet vært å sertifisere hydrogenrevne fly innen 2035, men i februar 2025 meldte Airbus' ledelse ut at denne prosessen kunne bli 5-10 år forsinket. Samtidig har selskapet droppet utviklingen av hydrogenfly med forbrenningsmotor inntil videre og valgt å fokusere på brenselceller og elektrisk framdrift på fly med fire propellmotorer (se avsnitt 7.6). De forventer nå å ha sertifisert flyet innen 2040-2045 (Airbus, 2025; Alcock, 2025a; Harrington, 2025a). Airbus har redusert ZEROe budsjettet med 25 %, og sier at det frigir ressurser til satsingen på neste generasjon A320. Airbus indikerer også at forsinkelser i den europeiske oppskalering av produksjon av grønt hydrogen har påvirket beslutningene. Airbus fastholder dog, at ZEROe føres videre, og at selskapet fortsatt er dedikert til å bringe et kommersielt levedyktig hydrogen på markedet:

“... (Airbus') ambition to lead aviation decarbonisation” remains unchanged but says hydrogen will only play a meaningful role from 2050 onwards. In the nearer term, sustainable aviation fuel will play a vital role in achieving decarbonisation goals, particularly for medium- and long-range flights.”⁷⁸

Andre hydrogenfly-initiativer

I Storbritannia startet desember 2020 et strategisk forskningsinitiativ [FlyZero](#) om hydrogenfly finansiert av det britiske næringslivs- og energidepartementet. På [Aerospace Technology Institute](#) jobbet 100 flyingeniører og luftfartsekspert i godt og vel et år med støtte fra 13 bransjepartnere, - en av dem Airbus. Prosjektet var en skrivebordstudie med fokus på seks teknologiske “brikker” som må utvikles:

- | | | |
|--|--|---|
| ☐ Hydrogenlagring | ☐ Brenselceller | ☐ Aerodynamiske strukturer |
| ☐ Gassturbiner | ☐ Elektrisk fremdrift | ☐ Termisk styring |

Tre designkonsepter ble utviklet:

Regionalfly

- brenselceller + el. fremdrift
- passasjerer: 75
- rekkevidde: 800 nm (1 500 km)

Single-aislefly

- hydrogenforbrenning
- passasjerer: 179;
- rekkevidde: 2 400 nm (4 450 km)

Mindre langdistansefly

- hydrogenforbrenning
- passasjerer: 279;
- rekkevidde: 5 250 nm (9 700 km)

⁷⁸ [FlightGlobal, 2025](#).

En viktig læring av prosjektet fra prosjektet var at det faktisk var mulig å fly langdistanse med hydrogenfly, hvis man optimerer designet aerodynamisk og utnytter de muligheter som det tre ganger lettere drivstoffet gir. Et annet viktig poeng, som fremheves i konklusjonene i sammenfatningsrapporten, er at *hydrogenfly må utvikles raskt, hvis de skal være omdreiningspunkt for netto-null i 2050*: Flyselskapene vil bare foreta én ytterligere flåtefornyelse i tillegg til å innføre nyeste flytype i dag. Det innebærer markedsføring senest på slutningen av 2030-tallet og realistisk sett langdistanse-testflyvninger med eksperimentale fly omkring 2030. Hvis denne meget krevende tidsplanen lykkes vil det implisitt også bety, at hydrogenfly vil konkurrere med neste generasjon konvensjonelle fly, som er under utvikling og forventes markedsført omkring 2040 (se avsnitt 7.1).

Etter FlyZero har den britiske staten etablert programmet the [Hydrogen Challenge](#) under det britiske luftfartstilsynet, UK Civil Aviation Authority (UK CAA), for å understøtte samarbeid mellom britiske næringsliv, akademia og myndigheter i fortsatt utforskning av potensialet for hydrogen i britisk luftfarts omstilling til null-utslipp.

Det nederlandske [Fokker Next Gen](#) satser også på å utvikle et større hydrogenfly. Selv om det enda bare er på tegnebrettet, har selskapet ambisjoner om testflyvninger fra 2033 og første levering til flyselskap allerede 2035.

Boeing har ikke hittil meddelt om strategiske programmer med konkrete målsetninger om å utvikle hydrogenfly, men selskapet utforsker hydrogen til framdrift, blant annet i samarbeid med andre aktører.

7.4 Elfly og ny luftmobilitet

Elektrifisering av luftfarten er en radikalt annerledes inngang til omstillingen, altså å erstatte en fremdriftsteknologi (forbrenningsmotorer) med en annen fremdriftsteknologi (elmotorer) i kombinasjon med fornybar strøm som energibærer. Flere, inkludert ulike representanter for luftfarten, forskere, interessegrupper og andre, anser iverksetting av dette og andre nullutslippsløsninger (les: direkteforbrenning av grønt hydrogen (se avsnitt 7.3) sammen med av andre tiltak som avgjørende for å oppnå målet om netto null klimagassutslipp i luftfarten innen 2050 (f.eks. A4E, 2025; Kallbekken & Victor, 2022; T&E, 2020).

Elektrisk framdrift er mer energieffektiv enn fremdrift med forbrenningsmotorer. For at elektrifisering for alvor skal gi en klimafordel, må imidlertid strømmen som benyttes i flyene i tillegg produseres fra kjernekraft eller fornybar strøm. Fornybar strøm, slik som solkraft og vindkraft, er rimeligste kilder til strøm i nesten alle markeder i verden, lønner seg også uten støtte fra myndighetene de fleste steder, og er raskere å installere enn kullkraftverk og atomkraftverk. Over 90 % av all ny installert kapasitet for å produsere strøm i 2024 kom fra fornybare teknologier, og 32 % av strømmen kom fra fornybare kilder samme år (IRENA, 2023, 2024; Tachev, 2025). I Europa stammet nærmere halvparten av strømmen i 2024 fra fornybare energikilder og med omstilling til lavutslippssamfunnet må all strøm være CO₂-nøytral. Disse perspektivene støtter opp om bærekraften av både batterielektriske fly, hydrogen-elektriske fly, hybridelektriske fly og e-SAF, da det gjør strøm og drivstoff bærekraftig.

Elektrifisering innebærer elektromotorer til framdrift, men energilagringen kan skje på flere måter (Avinor & Luftfartstilsynet, 2020):

- i. *Batterielektriske fly* med lagring av elektrisk energi i batterier og bruk av elektromotorer,
- ii. *Hydrogen-elektriske fly* med lagring av energi via en hydrogentank og konvertering til strøm ved bruk av brenselcelle, eller
- iii. *hybride løsninger* som kan innebære å bruke hydrogen og batteri til energilagring, og bruke både konvensjonelle forbrenningsmotorer og elektromotorer.⁷⁹

Disse tre variantene beskrives mer detaljert i avsnitt 7.5, 7.6 og 7.7.

De ulike typene elektrifiserte fly vil egne seg i forskjellige segmenter, og også ha ulike tidslinjer for utvikling og sertifisering. Det første batterielektriske flyet, to-seteren Pipistrel Velis Electro ble sertifisert for kommersiell drift i 2020 (EASA, 2020), men det er ikke sertifiserte elfly som er relevante som erstatning for dagens rutefly enda (2025). Flere av produsentene som ligger lengst fremme i å utvikle de nye teknologiene har store kontrakter med myndighetene i USA, slik som NASA og USAs forsvars-departement. Dette gjelder for eksempel selskapene Joby Aviation (Joby Aviation, 2024), Archer Aviation (f.eks. Alcock, 2025c; Archer Aviation, 2023) og Electra (Daleo, 2024).

Boks 7.2 Motorer til elektrisk framdrift

I februar 2025 sertifiserte EASA **Safrans** ENGINEUS elmotor på 0,125 MW. Dette er den første elektriske motoren som EASA har sertifisert. Motoren skal egne seg i fult elektriske fly med 2-4 passasjerer og hybridelektriske fly med opptil 19 seter og kan i fremtiden bidra til hybridisering av single aisle konsepter (Safran Electrical & Power, 2025). Safran utvikler også ENGINEUS XL på 0,5-1,0 MW motorer rettet mot fly av størrelse som de mindre av dagens turbopropfly.

Etter at Rolls Royce i 2024 stanset utviklingen av elmotorer til fly, er Safran den største motorprodusenten som utvikler disse motorene.



I diverse rapporter fra de seneste fem årene finnes en del oversikter over forventet teknologiutvikling med avsett i de mange konkrete utviklingsprosjektene som er i gang. Disse oversiktene blir fort udaterte etter hvert som prosjektene endrer tidsplaner, nye selskaper oppstår og andre nedlegges. Avinor (2023) presenterte for eksempel en slik oversikt. Flere av produsentene som nevnes den gang, slik som Universal Hydrogen, Tecnam og Eviation, har avsluttet eller lagt sine prosjekter på is. Avsnitt 7.8 presenterer denne rapportens egen vurdering av tidslinjene for de enkelte framdriftsteknologiene basert på en syntese av teknologi-beskrivelsene i avsnitt 7.2-7.7.

7.5 Batterielektriske fly

Den løsningen som virker å være lengst fremme per 2025 når det gjelder nullutslippsløsninger, er sannsynligvis ulike typer **batterielektriske** fly (f.eks. Alcock, 2025a). Her lagres energien som brukes til fremdrift i kraftige batterier, og disse gir energi til en elmotor/elektromotor. Elmotorer er langt mer energieffektive enn forbrenningsmotorer, og batterielektriske fly er mer energieffektive enn hydrogenelektriske fly. Gjennom direkte bruk av strøm til fremdrift unngås det store tapet av energi som oppstår når for eksempel hydrogen skal dannes ved hjelp av en strømkrevende hydrolyse og tilbake igjen til strøm via

⁷⁹ I en seriehybrid modell er motoren elektrisk, mens energien kommer fra strøm og en turbogenerator i kombinasjon med hydrogen og brenselcelle. I en parallellhybrid modell er kommer energien fra to ulike kilder som gir energi til to ulike motorer. Dette kan for eksempel være en elektromotor som drives av enten strøm eller hydrogen + brenselcelle, sammen med en konvensjonell motor som drives av flybensin.

brenselscelle. Når fornybar strøm er energikilde vil flyene ha null CO₂-utslipp og null klimaeffekt (Schäfer et al., 2019).

Det utvikles mange ulike modeller av batterielektriske fly i verden. De første, som forventes å være sertifisert før 2030, vil være (svært) små og være egnet for korte distanser med få passasjerer. I tillegg til elektriske passasjerfly og ulike typer passasjerdroner, utvikles det også elektriske sjøfly og amfibie-sjøfly (sjøfly som kan ta av og lande både på land og på vann).

Batterielektriske elfly forventes å ha langt lavere energikostnader og vedlikeholdskostnader enn de tradisjonelle flyene de erstatter, å være stillegående og ha lite vibrasjon (Reimers, 2020; Ydersbond et al., 2020).⁸⁰ De vil fordi de har svært god akselerasjon kunne ta av og lande på korte rullebaner (Reimers, 2018). Disse attraktive egenskapene har gjort at ulike flyselskap har lagt inn ordre (Letters of Intent/Support) på batterielektriske og hybridelektriske fly som er under utvikling, slik som amerikanske Beta Technologies' småfly Alia 250 og CX300 (Alcock, 2024), Joby Aviations eVTOL (Alcock, 2025k), franske Aura Aeros batterielektriske småfly Integral E, Aura Aeros hybridelektriske fly ERA (Aura Aero, 2025a, 2025b), norske Elflys Noemi (Richardson, 2024), og det hybridelektriske passasjerflyet ES-30 fra svenske Heart Aerospace (f.eks. Heart Aerospace, 2024a).

Boks 7.3 Ny luftmobilitet ('Advanced air mobility' - AAM).

Passasjerflyene i dag er alle såkalt 'fixed wing' fly. Det betyr at vingene er fastmontert på flyskroget, i motsetning til rotorbladene for eksempel på et helikopter. I tillegg til elektriske 'fixed wing' fly utvikles også elektriske flymodeller/droner som kan ta av og lande vertikalt. Disse forkortes eVTOLs for 'electric vertical take-off and landing'. For å oppnå vertikal avgang og landing må rotorene kunne dreies eller sitte permanent som på helikoptre. En samlebetegnelse for de nye typene luftfartøyer er *ny luftmobilitet* (AAM for 'advanced air mobility'), fordi de forventes å ha en rekke nye bruksområder. Konseptet er karakterisert av mindre fartøy med elektrifisering og høy grad av automatisering og inkluderer også små, ubemannede droner (f.eks. Samferdselsdepartementet, 2025a). Eksempler på mulige nye bruksområder er taxitjenester i byer, regional mobilitet i offentlig tilbud, ubemannet godsfrakt og fritidsaktiviteter.

En rekke av de utviklingsprosjektene som presenteres i avsnitt 7.5.2 vil kunne karakteriseres som ny luftmobilitet.

7.5.1 Tidslinje for utvikling og sertifisering

Det foreligger en rekke ulike analyser av når de ulike modellene vil være sertifiserte og kommet i operativ drift.⁸¹ Mange selskaper har satt seg som mål å få sertifisert sine modeller for kommersiell drift på 2020-tallet og på 2030-tallet. Produsentene av de ulike typene elfly har ofte vært optimistiske når det gjelder tidslinjen for utvikling og sertifisering (f.eks. Samferdselsdepartementet, 2025a). Volocopter planla for eksempel å starte flygning med sin modell VoloCity til OL i Paris i 2024 (Boztas, 2023), men dette målet ble ikke nådd. Utviklingen innenfor de mange selskapene som jobber med å elektrifisere luftfarten går så raskt at oversikter over sertifisering har en tendens til å være utdaterte før de er blitt publisert. Dette skjer enten det er fordi selskapene allerede har nådd milepæler, fordi nye prosjekter blir

⁸⁰ I en ny testflygning med Beta Technologies modell Alia CX300 kostet energien kun 7 dollar, sammenliknet med en normal kostnad på 160 dollar for å fly et helikopter den samme turen, se <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-06-03/beta-makes-first-electric-flight-new-york-city-airport>

⁸¹ Se f.eks. Samferdselsdepartementet. (2025a). *Droner og ny luftmobilitet*. Samferdselsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/stortingsmelding-om-droner-og-ny-luftmobilitet-den-nye-luftfarten-skall-vare-barekraftig-sikker-og-skape-merverdi-for-samfunnet/id3094040/>.

etablert, fordi det er krevende å lage gode oversikter over alle de pågående prosjektene, eller fordi prosjekter er blitt skrinlagt som følge av for lite kapitaltilgang til videre utvikling.⁸²

Det er ikke bare selve teknologien som skal utvikles når helt nye flymodeller skal tas i bruk, men også 'økosystemene' rundt dem, slik som opplæringen av piloter, flymekanikere, systemer for lading og annet (Avinor & Luftfartstilsynet, 2020, s. 8; Ydersbond, 2023). Det må for eksempel utvikles og godkjennes nye prosedyrer for sertifisering. Typesertifisering skjer gjennom å følge trinnvise prosedyrer og dokumentere at ulike krav når det gjelder sikkerhet og miljø er tilfredsstillt, i samarbeid med de respektive luftfartsmyndighetene. I EU og i EØS-området er det EASA som er sertifiseringsmyndighet. Sertifisering skjer gjennom ulike prosedyrer og tar ulik tid avhengig av flystørrelse. For de større flyene er tidslengden fem år, og kan forlenges av EASA om nødvendig (EASA, 2025b). Flere prosjekter satser mot sertifisering i løpet av 2025 og 2026. De ulike luftfartstilsynene i forskjellige deler av verden har avtaler mellom seg og validerer godkjenningene som er gitt av andres luftfartstilsyn.⁸³

Utvikling og sertifisering av nye flymodeller er som nevnt dyrt og tidkrevende, og derfor også risikabelt for investorene, slik det er å utvikle all ny teknologi (se Adner, 2012). De siste månedene (2024-2025) er det flere oppstartsselskaper som driver med utvikling av ulike typer batterielektriske fly som har hatt store økonomiske vansker, slik som Lilium, Eviation og Volocopter (f.eks. Alcock, 2025l; Thurber, 2024). Andre selskaper har derimot fortsatt solid kapitaltilgang og følger sin planlagte tidslinje, slik som Beta Technologies og Joby Aviation (f.eks. Joby Aviation, 2025b).

7.5.2 Et utvalg prosjekter

Det foregår mange ulike utviklingsprosjekter av elfly internasjonalt. Variasjonen er stor når det gjelder nye flyskrog og flyenes egenskaper med tanke på landingsplass og rekkevidde. For lav- og nullutslippsflyene utvikles det konsepter til allerede sertifiserte flyskrog ('retrofit') og helt nye ('clean sheet') flydesign. I det følgende presenteres flere av prosjektene som per medio 2025 har kommet lengst oppdelt på eVTOLs og konvensjonelle 'fixed-wing' fly.

eVTOLs

Joby Aviation har planlagt å få FAA sertifisering i 2025/2026 og starte med kommersiell frakt av passasjerer i Dubai, Los Angeles og Ny York gjennom et luft-taxitilbud fra 2026 (Joby Aviation,



Foto: Joby Aviation. Her vises første testflygning der flyet flys rett opp vertikalt, deretter horisontalt, og så vertikalt igjen før landing.

⁸² For eksempel viser stortingsmeldingen Droner og ny luftmobilitet (Meld. St. 15 (2024-2025)) til en figur fra SMG Consulting LLC fra 2024. Denne figuren mangler viktige elflymodeller, slik som Pipistrels Velis elektro og Eviations Alice, mens den skriver at EHangs og AutoFlights modeller allerede er blitt introdusert i markedet i henholdsvis 2021, 2023 og 2024, noe vi foreløpig ikke har funnet data for at kan stemme. En modell fra EHang ble som første passasjerdrone sertifisert for kommersiell bruk i april 2024. Modellene til Aura Aero nevnes heller ikke. AutoFlights modell CarryAll fikk produksjonsgodkjenning våren 2025.

⁸³ F.eks. [Aircraft certification | EASA](#)

2025c).⁸⁴ Joby Aviations piloter tester for eksempel flygninger der det er overgang fra å fly vertikalt til horisontalt, og tilbake igjen, se bildet under (Alcock, 2025k). Selskapet skapte luftfarts-historie da det i august 2025 fløy mellom to ulike offentlige flyplasser i California i luftrom som kontrolleres av Det amerikanske luftfartstilsynet, (Federal Aviation Administration, FAA) for første gang (Joby Aviation, 2025a). Deres eVTOL skal kunne frakte én pilot og opptil fire passasjerer i en fart på opptil 200 mph (322 kilometer i timen) og fly opptil 150 miles (241 kilometer).

Archer Aviation ønsker i likhet med Joby Aviation å starte med lufttaxi tjenester i Midtøsten, nærmere bestemt i de Uavhengige Arabiske Emirater. Opprinnelig planla Archer Aviation å få sertifisert flymodell *Midnight* i 2025, men det virker som om dette er krevende å få til på grunn av tidligere nevnte nedbemanning i FAA. Archer Aviation har blitt utnevnt til offisiell tilbyder av lufttaxitjenester i OL og paralympiske leker i Los Angeles i 2028, og derfor ønsker FAA å tilrettelegge for at eVTOLs kan brukes i større skala innen dette (se bilde/illustrasjon under). Dette innebærer blant annet at deltakerne og enkelte andre får muligheten til å fly deres eVTOLs til og fra nøkkeldestinasjonene (Amprius, 202x-b; Weitering, 2025b). Modellen *Midnight* skal kunne frakte en pilot og opptil 4 passasjerer. Rekkevidden skal være 32-80 kilometer, og cruisehastigheten skal være på 150 mph (241 km/t).⁸⁵



Illustrasjon: Archer Aviation.

Vertical Aerospace skapte i slutten av mai 2025 britiske europeisk luftfartshistorie da de hadde første testflygning av sin eVTOL VX4 i luftrom der også andre fly har tilgang, over Cotswold i Storbritannia (se bildet under). Målet deres er å få typesertifisering i 2028 og starte serie-produksjon av modellen i 2030 (Alcock, 2025n; Vertical Aerospace, 2025b). VX4 skal kunne frakte en pilot og opptil 4 passasjerer. Denne modellen skal ha en makshastighet på 150 mph (241 kilometer i timen) og en rekkevidde på 100 miles (161 kilometer).⁸⁶ Selskapet utvikler også en hybrid modell av samme fly som vil ha ti ganger lengre rekkevidde. Denne skal sertifiseres innen 2028 (Vertical Aerospace, 2025a).



Foto: Vertical Aerospace (2025). Testflyvningen i Cotswold.

⁸⁴ Joby Aviation utvikler både batterielektriske og hydrogenelektriske fly, med samme flyskrog. I juli 2024 fløy deres modell 523 miles med hydrogen som energikilde: <https://www.jobyaviation.com/news/joby-demonstrates-potential-regional-journeys-landmark-hydrogen-electric-flight/>

⁸⁵ <https://evtol.news/archer/>

⁸⁶ <https://evtol.news/vertical-aerospace-VA-1X>

eHang ble i våren 2025 i Kina den første operatøren i verden til å få lisens til å operere et elektrisk passasjerfly /passasjerdrone (eVTOL) kommersielt, se bildet under. Modellen er *HG2016-S*. Godkjenningen gir dem lov til å operere i de kinesiske byene Guangzhou og Hefei, til 'lav-høyde turisme' og 'urban sightseeing', noe kinesiske myndigheter ser store markedsmuligheter i. Passasjerdronen kan operere autonomt (Alcock, 2025i). Modellen EH2016-S kan frakte to passasjerer, har en cruisehastighet på 100 kilometer i timen, en makshastighet på 130 kilometer i timen, og kan fly opptil 35 kilometer. Maksimal flyhøyde er 3000 meter.⁸⁷



Foto: eHang. Bildet viser deres modell fly over hav, med ei øy i bakgrunnen. Passasjer-droner kan være raskere å bruke enn for eksempel båter når det gjelder å frakte personer over hav.

AutoFlight fikk i juli 2025 kinesiske luftdyktighets-sertifisering for å fly sin batterielektriske autonome eVTOL *CarryAll* kommersielt. CarryAll er nå i salg. Fra før har selskapet produksjonssertifisering og type-sertifisering. CarryAll har en rekkevidde på minst 250 kilometer, kan frakte opptil 0,5 tonn, og en cruise-hastighet på minst 200 kilometer i timen.⁸⁸ Selskapet sikter mot å få sertifisert en liknende modell, men med pilot, og for passasjerfrakt, i 2026. Denne modellen heter Prosperity (Electric VTOL News, 2025; Weitering, 2025c). I løpet av 2025 er det planlagt testflygninger av batterielektriske (både clean sheet og retrofit), hydrogenelektriske og hydrogenfly i Australia og på New Zealand. I likhet med Norge etablerer de seg som internasjonale arenaer for nullutslippsfly (f.eks. Harrington, 2025b).



Foto: AutoFlight. Bildet viser CarryAll nedenfra.

'Fixed-wing' fly

Beta Technologies' piloter fløy det batterielektriske flyet 916LF (modellen Alia CX300), i april 2025 over USA, fra østkysten til vestkysten via flere stopp underveis. De forventer å sertifisere dette flyet for kommersiell bruk i 2025. Dette bildet illustrerer deres reise over fjellkjeden Rocky Mountains. Et eksemplar av dette flyet er blitt flydd rundt i Europa og ankom Norge i starten av august 2025. Det flys mellom Sola og Flesland i et prøveprosjekt som startet 8. august.⁸⁹ Testflygninger mellom de to flyplassene startet 4. september 2025 (Avinor, 2025d). Ladeinfrastruktur er nå etablert på Stavanger lufthavn Sola (Avinor, 2025b). Modellen *Alia CTOL* kan frakte opptil 5 passasjerer, har en rekkevidde på 336 nm (622 kilometer), og en toppfart på 153 kts (283 kilometer i timen).⁹⁰ Ladetiden skal være på under én time. Beta Technologies utvikler også modellen *Alia VTOL*. Denne har liknende egenskaper som sin søskenmodell,

⁸⁷ <https://evtol.news/ehang-216/>

⁸⁸ <https://autoflight.com/assets/uploads/files/autoflight-carryall-specs-062023.pdf>

⁸⁹ <https://beta.team/stories/barnstorm-from-the-flight-deck> og [Beta's Alia CX300 Electric Aircraft Starts European Tour in Ireland | Aviation International News](#)

⁹⁰ Avinor skriver at Beta Alia har en maksimal rekkevidde på 400 km og en fart på 210-270 km/t.

men vil ha kortere rekkevidde og kan som navnet antyder ta av og lande på helikopterlandingsplasser (vertiports) (Beta Technologies, 2025).



Foto: Avinor/Margareth Aske. BETA ALIA i luften ved første flygningen på vei fra Stavanger til Bergen 4. september 2025. [\[Lenke\]](#)

Harbour Air testfløy ett av de første batterielektriske flyene, var et ombygget fly basert på en klassisk modell av sjøfly, De Havilland DHC-2 Beaver. Dette skjedde i desember 2019 i et samarbeid mellom Harbour Air og magniX (Harbour Air, 2019). Harbour Air ønsker å elektrifisere flåten sin av sjøfly, og undertegnet derfor i april 2024 en intensjonsavtale om å kjøpe 50 elektriske flymotorer i 2026 for å bygge sjøflyene om med batterielektrisk fremdrift (Wings, 2024).



Foto: Harbour Air, MagniX.

Elfly AS utvikler et norske batterielektriske amfibie-sjøfly. Bildet viser deres modell *Noemi* (for 'no emissions') fly over et fjordlandskap, og dermed ett av flyets mest aktuelle bruksområder: å fly der forhold, slik som fjell, fjorder og øybasert beliggenhet gjør at avstanden med landbasert og sjøbasert transport blir mye lengre, og å ferdes til lands og til havs er vesentlig mer tidkrevende enn å fly. Elfly ser for seg at flyet kan brukes til både frakt av opptil 9 passasjerer, opptil ett tonn gods, eller pasienter, og også kunne brukes til forretningsformål. Målet per 2025 er en cruisehastighet på 185 kilometer i timen. Noemis rekkevidde vil avhenge av fremtidig batterikapasitet og ble i 2023 oppgitt til å være 170 km.⁹¹ I juni 2025 inngikk Elfly avtale med EASA om samarbeid om utvikling av en konseptuell prototype av dette batterielektriske amfibie-sjøflyet (Alcock, 2025h).

⁹¹ <https://el-fly.no/noemi/> og <https://www.aerospacetestinginternational.com/news/electric-hybrid/norwegian-startup-elfly-reveals-all-electric-seaplane.html>



Illustrasjon: Elfly Group.

Eviation prøvefly sin modell *Alice* i september 2022 og var med dette først ute internasjonalt til å prøvefly et elektrisk passasjerfly (Skies Magazine, 2022) og tiltrakk seg en del oppmerksomhet. Alice skal frakte opptil 9 passasjerer, ha en hastighet på opptil 480 kilometer i timen, og en rekkevidde på 400 kilometer.⁹² I februar 2025 måtte Eviation imidlertid på grunn av økonomiske utfordringer permittere den største delen av staben (Alcock, 2025j; Ostrower, 2025). Det er derfor usikkert hvordan dette prosjektet eventuelt vil videreføres.

Andre aktuelle prosjekter inkluderer blant annet **Væridions** Microliner, som er et lite 9-seters elektrisk elfly⁹³ og **Elysians** EX9.⁹⁴ Sistnevnte modell skal kunne fly 90 passasjerer 800 kilometer.

7.5.3 Relevante ruter

Selskapene som skal operere de ulike typene passasjerdroner og passasjerfly er interesserte i at det etableres nettverk av landingsplasser med lading slik at de danner nettverk der det er attraktivt å frakte passasjerer gjennom luften. I tillegg planlegger de å kople sine landingsplasser opp mot for eksempel steder der det går kollektivtransport, slik at passasjerene får så raske, billige, miljøvennlige og behagelige reiser som mulig. Flere av selskapene som utvikler ulike elfly starter med å frakte gods først for å få erfaring og være sikre på at flyene er helt sikre før de skal begynne å frakte passasjerer, enten flyene det er snakk om kan flys autonomt eller ikke (f.eks. Alcock, 2025e).

Hvor mye batterielektriske fly vil kunne bidra til reduksjon av klimagassutslipp og andre negative eksterne effekter, kommer an på hva slags transport den erstatter. Den største klimaeffekten ved tidlig introduksjon av batterielektriske fly i Norge vil være at det stimulerer til tidligere introduksjon og utbredelse av slike fly internasjonalt, akkurat som den største klimaeffekten av Norges elbilsatsning har vært

⁹² <https://www.eviation.com/aircraft/>

⁹³ <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-06-19/asl-will-be-launch-customer-vaeridions-microliner>, <https://vaeridion.com/> og <https://vaeridion.com/2025/06/19/vaeridion-and-nlr-sign-mou/>

⁹⁴ [Elysian Aircraft](#) ble dannet i 2023 i Nederland etter et to-årig forskningsprosjekt. Selskapet har annonsert at man planlegger etter flytests og sertifisering i 2030 og full skala produksjon og levering fra 2033.

å stimulere markedene internasjonalt (Alvik & Bakken, 2020; Figenbaum et al., 2019, s. 7; Wangsness et al., 2021; Ydersbond, 2019).

I aller første omgang er de batterielektriske 'fixed wing' flyene og eVTOLs så små, og har såpass begrenset rekkevidde, at de sannsynligvis egner seg best til enten veldig 'tynne ruter', til flyskoler, som luft-taxi, til turisme og til frakt av varer med høy verdi eller som er tidskritiske. Dette er også de bruksområdene som er under etablering. Både størrelse og rekkevidde vil økes i takt med at batteriene forventes å bli mer effektive, energitette. Fortsetter den markante utviklingen som vi har sett de seneste tretti årene, kan det kan på lengre sikt bety at elektriske fly (både hybrid- og helelektriske modeller) teknisk sett kan betjene mye av det regionale luftfartsmarkedet. Da vil flyene ikke bare ha null utslipp, men sannsynligvis være den eller en av de aller mest miljøvennlige reisemåtene på disse strekningene. Luftfarten har mye mindre behov for infrastruktur enn vei- og jernbanetransport, og rullebanene har fortsatt rikelig ledig kapasitet i de fleste lufthavner, hvorimot kapasitetsutvidelser trengs mange steder på vei- og jernbanelinjet, etablering av infrastruktur krever mer areal og nedbygging av natur (Klimautvalget 2050, 2023, s. 125).

I første omgang kan batterielektriske fly da betjene rutene som er kortest, slik som ruta mellom Stavanger og Bergen på 160 kilometer. Ruter opptil 400-500 kilometer i lengde regnes av enkelte for å være realistisk for de første modellene med batterielektriske fly (f.eks. Mukhopadhyaya & Graver, 2022). Ulike analyser peker mot ruter på rundt 200 kilometer som realistisk i første omgang når alle sikkerhetskrav skal tilfredsstilles (f.eks. Heart Aerospace, 2024b). En rekke ruter i Norge er godt egnet for de første batterielektriske flyene. Mange av disse inkluderer kortbaneflyplasser med et begrenset antall passasjerer, som det er mange av langs Norges kyst fra Vestlandet og nordover.⁹⁵

De mindre batterielektriske fly, inkludert sjøfly og eVTOLs, vil da også kunne flys på en lang rekke ruter der det per i dag ikke er et flytilbud.⁹⁶ Det finnes flere aktuelle ruter i Norge og Norden der det antakelig er passasjergrunnlag for flyruter med små elektriske fly (f.eks. Ydersbond et al., 2020). De kan inngå i smarte transportsystemer der kunder for eksempel sammen booker fly, som et del av et mobility-as-a-service (MaaS) tilbud (f.eks. Alcock, 2025f). Batterielektriske eVTOLs kan på ulike strekninger erstatte helikoptre. Dette vil gi mindre støy. I tillegg er driftsutgiftene til energi mye lavere enn for konvensjonelle helikoptre (Electric VTOL News, 2025).

I dag betjenes 75 % av alle passasjerkilometer (ASK) globalt single aisle fly som har stor rekkevidde 150-200 seter. Det er usikkert når, og om disse flyene noen gang vil bli rent batterielektriske, eller om hybrid-elektriske modeller er det beste som flyprodusentene kan klare å oppnå for denne flystørrelsen (se avsnitt 7.7).

7.5.4 Barrierer mot batterielektriske fly internasjonalt og nasjonalt

Nåværende batteriers **energitetthet** er *hovedbarrieren* for at batterielektriske fly kan erstatte dagens rute-fly. Energitettheten i batterier er mange ganger lavere enn for eksempel i fossilt flydrivstoff. Dette gir batterier en stor vektulempe, fordi de er tunge batteriene gir begrenset rekkevidde med dagens batteriteknologi. Potensialet for elfly er derfor sterkt korrelert med økningen i batterienes energitetthet på sikt. Utviklingen historisk og forventningene framover til batteriene er beskrevet i Boks 7.4.

En annen vesentlig barriere for batterielektriske flys markedspotensiale er at elmotoren driver propeller i motsetning til turbofanmotorer. Derfor vil batterielektriske fly akkurat som dagens turbopropfly ha lavere **hastighet** enn turbofanfly, som står for langt hovedparten av luftfarten i dag. Dette gir lengre

⁹⁵ For å få oversikt, se for eksempel: [kortbaneflyplass – Store norske leksikon](https://www.regjeringen.no/contentassets/a3c00b2e468b4e40b0e7a046b407d013/oe-rapport-2022-90-forslag-til-offentlig-kjop-av-regionale-flyruter-2230733.pdf) og <https://www.regjeringen.no/contentassets/a3c00b2e468b4e40b0e7a046b407d013/oe-rapport-2022-90-forslag-til-offentlig-kjop-av-regionale-flyruter-2230733.pdf>

⁹⁶ Se f.eks. [NEA Vision Tool – NEA](#)

flytid for batterielektriske fly, noe som er vesentlig når det er lange strekninger, da lengre flytid vil gi lengre reisetid for passasjerene og også høyere kostnader til personal og fly per passasjerkilometer. De batterielektriske flyene vil derfor i overskuelig fremtid sannsynligvis ha sitt største marked på de kortere strekningene.

En *tredje* barriere for innfasing av batterielektriske fly for Norge er hvis relevante fly vil bli utviklet uten at **tøffe norske forhold** tas i betraktning, slik som lave temperaturer, sterk vind, ising og snø. Elfly AS er eneste norske flyprodusent per 2025. Rolls-Royce Electric arbeider blant annet med å utvikle flymotorer og er sannsynligvis det største teknologiutviklingsmiljøet i Norge når det gjelder teknologier som kan brukes i null- og lavutslippsluftfart.

En *fjerde* barriere, som gjelder alle nye teknologier i luftfarten, og også andre kjøretøyteknologier, er at **deler av passasjerene vil være skeptiske** til å prøve ny teknologi. Imidlertid har forskning vist at dersom et fly er sertifisert, så vil flertallet av respondentene velge batterielektriske elfly dersom prisen for en flybillett er lik eller lavere enn for en reise med et konvensjonelt fly (Veisten et al., 2024).

En *femte* barriere når det gjelder batterielektriske fly i Europa er **finansiering**. Hovedaktører i luftfarten konsentrerer seg i ulike sammenhenger kun om de mulige bidragene til nullutslipp via teknologier som bruk av hydrogen, SAF og økonomiske virkemidler. For eksempel har ikke ulike analyser engang modellert den mulige positive effekten på klimagassutslipp av å bruke batterielektriske fly (f.eks. A4E, 2025; Royal Netherlands Aerospace Centre & SEO Amsterdam Economics, 2021). Dette gjelder også hvilke prosjekter innen luftfarten EU støtter – her gis det solid økonomisk støtte til studier av og utvikling av mer effektive flymotorer, til hydrogendrevet luftfart, og annet, men inntil høsten 2025 svært lite til å støtte opp under batterielektriske og hybridelektriske fly (f.eks. Clean Aviation, 2025b; McKinsey, 2020). September 2025 innvilget det store europeiske forskningsprogrammet Clean Aviation for første gang en hoveddel av sin støtte til prosjekter som støtter opp om batterielektrisk og hybridelektrisk luftfart (Clean Aviation, 2025a). Det er som nevnt svært dyrt å utvikle og sertifisere nye flytyper. Teknologioppstartsselskaper opplever at det er mer krevende å oppnå ønsket finansiering nå enn for noen år tilbake, da investorene er mer kritiske til nye teknologier og rentenivået er høyere nå enn for noen få år siden, noe som gjør det vanskeligere å betjene lån.

eVTOLs har egne utfordringer knyttet til såkalt *downwash* og *outwash*, det vil si luftstrømmene som genereres når luftfartøylene tar av og lander. Den sterke luftstrømmen fra flyene kan gi skader på mennesker og materiell. Downwash er et begrep for den nedadgående strømmen som skapes mens outwash er luftstrømmen som går utover når den nedadgående strømmen treffer landingsområdet.⁹⁷

⁹⁷ Se: <https://www.airporttech.tc.faa.gov/Products/Airport-Safety-Papers-Publications/Airport-Safety-Detail/electric-vertical-takeoff-and-landing-evtol-downwash-and-outwash-surveys> og <https://theaircurrent.com/technology/the-knowns-and-unknowns-of-evtol-downwash/>

Boks 7.4 Utviklingen i batteriteknologi

Etterspørselen etter batterier vokst eksponentielt, fordi sektor etter sektor i land etter land benytter batteriteknologi. En meget vesentlig faktor har også vært at batteriene periode har blitt stadig **billigere** å produsere samtidig med at **energitettheten har økt**. I løpet av de siste 30 årene har batteriene blitt hele 99 % billigere å produsere per kWh kapasitet (Walter et al., 2025). Energitettheten i batterier masseproduksjon til biler nådde desember 2023 et toppnivå på 360 Wh/kg, mens det samme år ble satt en teknologisk rekord på 711 Wh/kg. Siden Sony lanserte sitt revolusjonerende nye ladbare batteri med energitetthet på 80 Wh/kg i 1991 har energitettheten i batterier steget med gjennomsnittlig 8-9 Wh/kg i året (Brouwers, 2025; Li et al., 2024). I 2024 ble det testet droner som hadde batterier med 400 Wh/kg i energitetthet i Kina (Brouwers, 2025), mens Samsung har faststoffbatterier under utvikling med en energitetthet på 500 Wh/kg samme år (ElectronicDesign, 2024; Loftås, 2024; OFV, 2025).

Det internasjonale energibyrået, International Energy Agency (IEA), påpeker at batterier er avgjørende for en kostnadseffektiv endring av energisystemene og i transportsystemene. Litium-ion batterier er i dag den dominerende typen ladbare batteri for ulike typer elektroniske apparater til elektrisk mobilitet, og blir stadig viktigere i energisystemene, hvor lagring av strøm kan kompensere for fluktuerende produksjon av fornybar energi (Figenbaum et al., 2019; IEA, 2024; OFV, 2025). Enkelte analytikere spår at innen 2030 vil batterier bli viktige også i skipsfart og i luftfarten (Walter et al., 2025). Det er mulig at dette er for optimistisk, men over tid er det uansett sannsynlig at batterier vil spille en økende rolle også i de transportsektorene som regnes for å være vanskeligst å avkarbonisere.

I likhet med introduksjonen andre grønne teknologier, slik som solceller, har framtidsforventningene til ledende analysemiljøer, slik som IEA, tidligere vist seg å være for pessimistiske når det gjelder kostnadsutvikling og effektivitet. Derfor er en kvalifisert spådom at batteritettheten til de beste batteriene vil være mellom 600 og 800 Wh/kg, mens kostnadene vil fortsette å falle, og salget av batterier vil øke sterkt innen 2030 (se Walter et al., 2025). Andre analyser er ikke like positive til hvor fort energitettheten i batterier vil utvikle seg videre (f.eks. Spaeth, 2023). Uansett, så støttes utviklingen av at det investeres svært mye ressurser i forskning og utvikling av batteriteknologier internasjonalt. I 2024 oversteg den globale etterspørselen etter batterier 1 Terawatt time (TWt) (Lombardo et al., 2025). Det forskes også på batterier som egner seg i luftfarten.

Elektrifiseringen gir press på naturressurser som brukes i batterier, slik som sjeldne mineraler. Verdensmarkedet for batterier er forventet å vokse med 30 % fra 2022 til 2030, og da være på 400 milliarder dollar og 4,7 TWt (terawatt-timer). Hovedetterspørselen vil være fra transportsektoren, ikke minst til elektriske biler. Derfor planlegges det også nye batterifabrikker globalt. Den store økningen gir risiko for forurensning, ødeleggelse av land, tap av biomangfold og giftig forurensning. Den kan også ha negative sosiale effekter, slik som økt bruk av tvangsarbeid, barnarbeid og brudd på urfolks rettigheter (McKinsey, 2024). Derfor er det viktig at den økte bruken av batterier kommer sammen med at myndigheter sørger for at verdikjedene er bærekraftige sosialt, økonomisk og miljømessig.

Det utvikles nye batterier som skal være mindre avhengige av sjeldne mineraler. Nye batteriteknologier utvikles også, slik som faststoffbatterier og litium-luftbatterier (f.eks. ElectronicDesign, 2024; World Economic Forum, 2022). Disse forventes å ha vesentlig høyere energitetthet i framtida enn litium-ionbatterier. Det utvikles også batterier som egner seg for luftfarten, fordi batteriene her må tåle mye høyere temperaturer enn batterier som benyttes i elektrisk landbasert transport.

7.6 Hydrogenelektriske fly

En variant av elfly er hydrogenelektriske fly, hvor energibæreren er hydrogen som via brenselcelle konverteres til strøm ombord. Dette gir samme lagringsutfordringer for hydrogen som for fly med direkte forbrenning av hydrogen (se avsnitt 7.3) og i tillegg de utfordringene som den mindre modne brenselcelleteknologien stiller. Videre er hydrogenelektriske fly mindre energieffektive enn batterielektriske (Wang, 2022), da det er energitap både i konvertering fra strøm til hydrogen og tilbake igjen i brenselcellen, hvor det er betydelig varmeutvikling.⁹⁸

Når hydrogenelektriske fly likevel tas fram som en mulighet er det fordi man unngår de begrensninger i rekkevidde som de tunge batteriene legger på batterielektriske fly. Det er usikkert hvordan den

⁹⁸ Se også for eksempel [Fuel cell - Wikipedia](#) og https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_motor

fremtidige rekkevidden til hydrogenelektriske fly vil bli, men det er konsensus om at disse flyene vil kunne flys lenger enn batterielektriske fly.

Som alternativ til SAF i konvensjonelle har hydrogenelektriske fly samme fordeler som med hydrogenforbrenning: Hydrogen vil være billigere end SAF, da man unngår konverteringen til flytende drivstoff og kostnader til fangst av CO₂. Omvendt har man også de samme lagringsutfordringene for hydrogen. Dette er beskrevet i avsnitt 7.3. Her fokuseres bare på det som er spesielt for hydrogenelektriske fly. I forhold til hydrogen i turbofan vil energitapet i brenselcelle pluss elmotor antakelig være lavere som for biler. Ytterligere har brenselcellen den fordelen at den ikke gir NO_x-emisjoner.

7.6.1 Tidslinje for utvikling og sertifisering

Flere selskaper arbeider med å utvikle ulike typer hydrogenelektriske fly. De ulike modellene forventes av produsentene å bli sertifisert på (2020-,) 2030-, og 2040-tallet, men i praksis hersker det stor usikkerhet rundt tidslinjene for når de ulike hydrogenelektriske flyene reelt vil være sertifisert. Noen av produsentutmeldingene har uten tvil vært for optimistiske.

Det største og mest kjente prosjektet med å utvikle nullutslippsfly er sannsynligvis **Airbus' ZEROe-program**. Alene aktøren selv gjør at dette prosjektet er sentralt. Her satses på å utvikle et mellomstore hydrogenelektriske passasjerfly tilsvarende som regional jets, hvor det satses på 100 passasjerer og en rekkevidde på 1 000 nm (1852 km). Programmet startet i 2020 i regi av EUs planer om utvikling av hydrogen som framtidens energibærer og hadde parallelt tre forskjellige konsepter i utvikling med 2035 som milepæl for å ha operasjonelle fly klar. I februar 2025 meldte Airbus ut at man nå bare satset på én type som skal være hydrogenelektrisk og tidsplanen ble forlenget 5-10 år. Se også avsnitt 7.3. Selv om det umiddelbart kunne se ut som om at det ville være mindre komplisert å basere seg på videreutvikling av dagens turbofan-motorer til å kunne forbrenne hydrogen, må utmeldingen til Airbus ses som et vesentlig argument for at hydrogen-elektriske konsepter har størst sandsynlighet for at bli realisert på denne siden av 2050. Spesielt fordi den annen mega-produsenten Boeing ikke satser på hydrogen på denne siden av 2050. Embraers [Energia](#) forskningsprosjekt om fremtidige flykonsepter (skrivebordsstudier) forventer også at hydrogen-elektriske fly vil være klar før hydrogen-forbrenning.



Illustrasjon: Airbus (2025). Flyet er et elektrisk propellfly (turbopropfly) med fire 2 MW elmotorer med hver sin brenselcelle. Hydrogen lagres flytende i to tanke i skroget. Airbus ønsker å teste hydrogenfremdriftssystemet innen 2027. Dette omfatter både motorer, lagring og teknologi for å distribuere drivstoffet (Alcock, 2025b).

De fleste andre utviklingsselskapene er fokusert på utviklingen av fremdriftssystemer til hydrogen-elektriske fly og ikke å skape et helt fly.

ZeroAvia ble grunnlagt i 2018 i England og utvikler elmotorer og batterier til fly og integrerte systemer med brenselceller til hydrogenelektrisk framdrift. ZeroAvia har startet sertifisering for et elektrisk fremdriftssystem med en 600 kW motor i 2025, i februar i Storbritannia og i august i USA (ZeroAvia, 2025a, 2025b). Den er designet til fixed-wing fly med 10-20 seter, og kan anvendes til retrofit. En større motor på 2 MW er også under utvikling. Den skal kunne anvendes i fly med opptil 80 seter som for eksempel DASH-8 og ATR-72 (Alcock, 2025m).

Dovetail er et australsk utviklingsselskap som startet i 2020 og satser på 'retrofit' konsepter for mindre fly, først bare batterielektrisk, men nå satser man også hydrogen-elektrisk. Det skjer i samarbeid med Hyundai datterselskapet HTWO som leverer brenselcellene.

Det britiske luftfartstilsynet har imidlertid et program for å støtte opp om hydrogenelektrisk luftfart (se også 7.3), som blant annet støtter ZeroAvia.

I likhet med enkelte produsenter av batterielektriske fly, har flere produsenter av hydrogenelektriske fly fått store økonomiske vansker de siste årene. For eksempel la amerikanske **Universal Hydrogen** ned driften i juni 2024 på grunn av manglende finansiering (Harrington, 2024), og tyske **APUS** måtte kaste kortene i mars 2025 som følge av at selskapet ikke klarte sine økonomiske forpliktelser (Martin, 2025). Videre har Joby kjøpt det tyske **H2FLY**.

7.6.2 Reduksjonspotensialer og barrierer

Konvensjonelle hydrogenelektriske passasjerfly kan, avhengig av størrelse, rekkevidde og rullebane-egenskaper når de sertifiseres, settes inn på en rekke ulike ruter. Dersom Airbus sin regionale jets størrelse sertifiseres kan de teknisk sett settes inn på ruter opptil 1500-2000 km. Dermed kan man betjene nesten alle flyruter i Norge som ikke har kortbaneflyplass i én ende og dermed krever fly som kan ta av og lande på korte rullebaner.

Potensiale på kort og lang sikt

En studie gjort for prosjektet New Aviation, Propulsion, Knowledge and Innovation Network (NAPKIN) konkluderer at alle korte og mellomlange ruter i Storbritannia teknisk sett kan flys av fly som går på hydrogen i framtida (fra slutten av 2020-tallet), og erstatte hele den regionale flåten med hydrogen-drevne fly innen 2040. Forfatterne antar at de første flyene vil ha fra 7 til 19 seter og være retrofit. I brukercasene har flyene med opptil 40 passasjerer hydrogenelektrisk fremdrift, mens flyene fra 50-90 seter går på direkteforbrenning av hydrogen i gassturbiner. Overgang til at alle fly innenriks går på hydrogen forutsetter at grønt hydrogen lønner seg sammenliknet med tradisjonelt flydrivstoff, at det er tilstrekkelig kapasitet til å produsere flyene som trengs og at infrastrukturen for drivstoffet er tilstrekkelig (Cranfield University et al., 2022).

World Economic Forum og McKinsey & Company anslår at nullutslippssfly som har enten strøm eller hydrogen som energibærer kan utgjøre 21-38 % av den kommersielle globale flyflåten innen 2050 (World Economic Forum & McKinsey & Company, 2023, s. 4). Det bør bemerkes at dette var før utmeldingen fra Airbus om 5-10 års forsinkelse av ZEROe-programmet. Destination 2050 (2025) som er en oppdatering av den tilsvarende rapport fra 2021 har nedjustert hydrogenpotensialet i Europeisk luftfart fra 20 % til 8 % i 2050 (se avsnitt 9.1.3).

Etter hvert som det blir produsert stadig mer fornybar strøm, vil det bli forventelig bli billigere å produsere grønt hydrogen og også e-SAF. Dette vil selvfølgelig også gjøre at lading av strøm til batterielektriske fly kan bli billigere. Det er usikkert hvor dyrt det i fremtiden vil bli å fylle med hydrogen sammenliknet med å benytte konvensjonelt flydrivstoff og SAF. Selve drivstoffet må bli billigere enn e-SAF, men kostnader til nedkjøling og distribusjon og til flyene kan gjøre hydrogen dyrere samlet sett. Høyere

kvote-priser i EU ETS vil gjøre at det blir relativt sett dyrere å benytte fossilt drivstoff. En studie på oppdrag fra Transport & Environment konkluderer med at fossil flydrivstoff blir dyrere enn både Hydrogen, e-SAF og b-SAF i 2050, hvis ETS kvoteprisen firedobles og det pålegges en avgift på flydrivstoff som forelå i EU's Fit-for-55 pakke (10.75 EUR per GJ) fra 2033 (Scott & Clarke, 2023)⁹⁹.

Både når det gjelder batterielektriske, hydrogenelektriske og hybridelektriske fly antas det at det tidlige markedet vil være små fly og dermed relative høye kostnader per passasjer, som egner for viser typer av forretningsreisende, som har høy betalingsvilje og verdsetter tidsbesparelser høyt.

De første modellene som noen produsenter planlegger sertifisert før 2030 vil være egnet til å fly korte distanser. For eksempel fløy Joby Aviation sommeren 2024 en hydrogen-variant av deres eVTOL-modell 523 miles, altså cirka 842 kilometer (Joby Aviation, 2024). Archer Aviation sin hydrogenelektriske eVTOL har en forventet rekkevidde på 161 kilometer (Alcock, 2025d). Det kreves svært mye energi å stige opp og ta av vertikalt med et fly, noe som gjør at eVTOLs generelt har mye kortere rekkevidde enn fly som tar av og lander konvensjonelt (conventional take-off and landing, CTOL).

På sikt vil ulike typer eVTOLs utgjøre luftfartøy som kan erstatte helikoptre i ulike sammenhenger, spesielt forventes de ulike nullutslippsteknologiene å ha fordeler til urban luftmobilitet siden de ikke forurenser, har lavere støy enn helikoptre og lavere energiutgifter enn helikoptre med fossil fremdrift (Amprius, 202x-b; Electric VTOL News, 2025). I likhet med for batterielektriske fly gir hydrogenelektriske eVTOLs og andre fly som kan ta av og lande fra heliports og korte rullebaner muligheter for å etablere en rekke nye flyruter nasjonalt og internasjonalt. Hva de ulike flymodellene i fremtiden vil koste, og hva driften av dem vil koste, er usikkert. Dette vil bli klarere etter hvert som de ulike modellene sertifiseres og settes i bruk. Siden hydrogenelektriske fly er mer kompliserte teknisk enn batterielektriske, vil sannsynligvis også driftsutgiftene bli høyere, men antakelig ha lengre rekkevidde. Det er også usikkert hva 'grønt' hydrogen vil koste i framtida.

Barrierer

Forskere og Airbus selv påpeker at det er mange utfordringer som må løses før de ulike typene hydrogenfly de utvikler er i luften. Dette gjelder ikke bare selve flyet. I likhet med batterielektriske fly må det utvikles nye 'økosystemer' dersom hydrogenelektriske fly skal bli en realitet. Dette er en barriere sammenliknet med både vanlig flydrivstoff og SAF, som kan benytte eksisterende logistikk- og fylleinfrastruktur.

Det vil ifølge en studie koste cirka 300 milliarder euro å utvikle et helt økosystem som vil muliggjøre storskala introduksjon av hydrogenfly gitt deres fremtidige estimat av flytrafikken: å utvikle og sertifisere hydrogenfly (5 %), å etablere anlegg for å kjøle hydrogenet ned til det blir flytende (23 %), og enda mer å etablere infrastruktur for produksjon (54 %) og fylling av hydrogen på flyplassene i Europa (12 %), og å frakte hydrogen til flyplassene (6 %) (Scott & Clarke, 2023). Hva de reelle kostnadene vil være er usikkert. Mange prosjekter for å produsere hydrogen har blitt skrinlagt eller satt på vent i Europa og i USA grunnet usikre fremtidsutsikter de siste årene (f.eks. NTB, 2025a). De samlede infrastrukturkostnadene er dog vesentlige mindre enn produksjonskostnadene til selve drivstoffet hydrogen (Scott & Clarke, 2023). Så hvis de tekniske utfordringene rundt selve flyet ble løst og det var sikkerhet for at fossilt drivstoff og SAF ville bli tilstrekkelig dyrere enn hydrogen, ville det det lønne seg å investere i ny infrastruktur til hydrogen. Dette vet vi ikke på nåværende tidspunkt, så derfor er denne usikkerheten en

⁹⁹ Scott, M. & Clarke, M. (2023). *Analysing the costs of hydrogen aircraft* Steer

Transport & Environment. https://www.transportenvironment.org/uploads/files/Study-Analysing-the-costs-of-hydrogen-aircraft_2024-04-29-153800_ufib.pdf s. 29-33.

reel barriere for overgang til hydrogen-elektriske fly. Dette gjelder for så vidt også fly med hydrogen-forbrenning.

7.7 Hybride løsninger

En mulighet som har vært mye omtalt er hybrid-elektriske fly som benytter konvensjonell fremdrift som en 'rekkeviddeforlenger' gjennom å et konvensjonelt fremdriftssystem i tillegg til et batterielektrisk. Da vil begge systemer kunne benyttes for eksempel ved avgang, der energiforbruket er maksimalt. Det betyr at det trengs en mindre konvensjonell motor. Det sparer vekt og motoren kan drivstoff-optimeres til et mindre effekt-intervall svarende til cruise-hastighet. Dette skal veies opp mot kostnader til to fremdriftsteknologier og batterier til lagring av strøm.

Et relatert perspektiv er at flyene av sikkerhetshensyn trenger reservekapasitet til flyvning til å lande på aktuell flyplass og å fly til nærmeste flyplass. Denne kan da leveres av konvensjonelt flydrivstoff uten at det gir CO₂-utslipp, da denne kapasiteten i sakens natur ikke benyttes under normale flygninger. Som for 100% elektriske fly vil flyene også generere vesentlig mindre støy når de flyr elektrisk, noe som spesielt er merkbart og verdifullt ved avgang (Ampaire, 2025b; Amprius, 202x-a).

Ampaire skriver at hybrider der energien kommer fra strøm i batterier og fra flydrivstoff er rimeligere å lade fordi de har mindre batterier og ikke trenger like kraftig lading på kort tid, noe som gir lavere krav til ladeinfrastruktur og mindre kostnadspress gjennom lavere nettagifter. En annen fordel er at batteriene kan byttes ut etter hvert som batteriteknologien blir bedre, noe som gjør at den elektriske rekkevidden blir lengre og lengre og at fremdriftssystemet blir stadig mer effektivt (Ampaire, 2025b).

Hybridelektriske løsninger der energien kommer fra strøm generert gjennom hydrogen og brenselcelle sammen med flydrivstoff utvikles også. En annen mulighet er å kombinere brenselcelle, batterier og elektromotor med e-etanol eller andre fornybare flytende drivstoffer (e-metanol), som har mye mindre 'rømningsfare' enn hydrogen, er ikke like eksplosivt, tar mindre plass, og krever ikke spesialdesignede tanker for lagring. Til gjengjeld er (m)etanolbrenselceller er mindre modne enn hydrogenbrenselceller og også mindre effektive.

7.7.1 Tidslinje for utvikling og sertifisering

Tidligere fremhevet en rekke analyser at hybridelektriske løsninger antakelig ville bli sertifisert først (f.eks. Avinor & Luftfartstilsynet, 2020; Bråthen et al., 2022). Dette virker ikke som like sannsynlig lenger, i alle fall når det gjelder små fly, da batterielektriske og hydrogenelektriske løsninger, dvs. eVTOLs virker relativt nær sertifisering, jf. 7.5 og 7.6. For kategorien passasjerfly er det imidlertid fortsatt sannsynlig at hybride løsninger først blir sertifisert.

Et utvalg prosjekter

Her beskriver vi ulike hybridelektriske prosjekter der fremdriften skapes av energi lagret i både batterier og i tanker med flydrivstoff.

Heart Aerospace er et amerikansk-svensk utviklingsselskap, som ble grunnlagt i 2019 som en fortsettelse av det svenske forskningsprogrammet ELISE. Flymodellen *ES-30* er et hybridelektriske fly som skal kunne frakte opptil 30 passasjerer. Heart Aerospace oppgir at batterielektrisk rekkevidde er ca. 200 kilometer og full hybrid rekkevidde er 800 kilometer med dagens batteriteknologi, inkludert reservekapasitet (og 25 passasjerer).¹⁰⁰ Businesscasen ligger i at selskapet regner med at driftskostnadene med den nye teknologien vil være mye lavere enn for tilsvarende konvensjonelle fly. Ifølge selskapet vil dette

¹⁰⁰ [History's Largest Electric Aircraft Set to Fly in 2025](https://historys-largest-electric-aircraft-set-to-fly-in-2025) og <https://heartaerospace.com/es-30/>

gjøre at flyruter som per 2025 ikke lønner seg, vil kunne være lønnsomme i framtida og dermed åpne nye markeder for luftfartsselskapene. ES-30 trenger en rullebanelengde på 1100 meter. Målet er ES-30 skal være i kommersiell drift innen 2029 (Heart Aerospace, 2025). En full skala prototype X1 er bygd og det er planlagt å fly den første gang i 2025. En mer avansert prototype X2 er på vei. I 2025 flyttet Heart Aerospace sitt hovedkvarter fra Gøteborg i Sverige til Los Angeles i California. En hovedgrunn er at majoriteten av investorer, kunder og partnere er i USA.



Illustrasjon: Heart Aerospace.

Electra er et amerikansk utviklingsselskap fra 2020, som jobber med en batterielektrisk modell *Aero EL9*, som skal ha plass til opptil 9 passasjerer. Den skal drives av åtte elmotorer, og batteriet kan lades underveis av en turbogenerator som skal drives av 100 % SAF. Rekkevidden skal være 1100 nautiske mil, altså 2037 kilometer, inkludert påkrevd reservekapasitet (Alcock, 2025g; Electra Aero, 2025). Dette flyet skal kunne ta av og lande på ultrakorte rullebaner (150 fot, omtrent det samme som en fotballbane), noe som kan gjøre at den vil gjøre det mulig med direkteflygninger mellom en rekke destinasjoner som ikke har flyplass. I tillegg skal dette flyet ha svært lav støy. Selskapet har som mål å sette i gang med demonstrasjons-flygninger med EL9 innen 2027, og har allerede en 2-seters prototype EL2 på vingene.



Illustrasjon: Electra VoltAero. EL9 utvikles til kunne lande på primitive og ekstremt korte rullebaner.

Maeve Jet, som ble etablert i Nederland i 2021, utvikler den hybridelektriske modellen MJ 500. Denne skal kunne frakte 76-100 passasjerer. Modellen med 76-90 passasjerer skal kunne fly opptil 2685 km (1759 km v. 90 passasjerer). Som navnet indikerer er planen å anvende turbofan-motorer med open rotor som CFM-RISE (se avsnitt 7.1.1) i kombinasjon med elmotor, som anvendes til taxi og takeoff og lades underveis via forbrenningsmotoren. Det brukes derfor hovedsakelig SAF og lading på bakken er ikke nødvendig. Forbrenningsmotoren muliggjør omtrent samme cruise-hastighet som dagens turbofan-fly (ca. 830 km/t), altså betydelig høyere enn de flyene som primært bruker elmotor med propeller svarende til dagens turboprop fly (ca. 600 km/t). Dersom de blir sertifisert og kommer i drift, skal de kunne ta av og lande på rullebaner som er fra 1500 meter lange (Maeve, 2025).

Ampaire utvikler blant annet modellen Eco Otter, som er en hybrid versjon av den klassiske modellen Twin Otter (DHC6). Denne skal kunne frakte opptil 19 passasjerer minst 700 miles (ca. 1300 km). Prosjektet støttes av NASA (Ampaire, 2025c). Selskapet fikk sertifisering av FAA for sitt fremdriftssystem i mai 2025 som første aktør med hybridelektrisk fremdriftssystem. Målet er å få sertifisert AMP-H570 og Eco Caravan innen slutten av 2026 (Ampaire, 2025a, 2025c; Weitering, 2025a).

Jekta arbeider med å utvikle hybridelektriske amfibiesjøflyet PHA-ZE 100 som både har batterier og hydrogen som energikilder og benytter brenselcelle og elektromotor. Disse skal kunne frakte opptil 19 passasjerer og et mannskap på tre og ha en cruisehastighet på ca. 204 km/t (Jekta, 2025). Selskapet ønsker også å utvikle et 100-seters amfibiesjøfly i løpet av 10-15 år, som bortsett fra sjøflyegenskapene og passasjertall teknisk sett kan minne om Elektra's Aero EL9. Flyet er tenkt brukt på samme måte som [Nordic Seaplanes' Twin Otter DHC-6-300](#) på ruten mellom Aarhus og København.

VoltAeros Cassio er et annet prosjekt. Her driftes et 6-seters fly av en forbrenningsmotor (260 kW) og to elektromotorer på (2x125 kW). Dette vil til sammen gi muligheter for å ta av og lande på korte rullebaner høyere hastighet underveis, og at flyet vil kunne lette brattere. Målet er en cruise hastighet på 289 km/t og en maksimal rekkevidde på 1200 km. (VoltAero, 2025). VoltAero har planlagt å ha motorene klar fra slutten av 2026. Intensjonen er også å tilby motoren til andre selskaper.



Illustrasjon: VoltAero. VoltAero Cassio 330

Stellar Aircraft er en av utviklerne av fly med hydrogen og brenselcelle sammen med konvensjonelt flydrivstoff eller SAF. Deres eVTOL private jet til tre passasjerer forventes å ha 1850 kilometers rekkevidde.¹⁰¹ Det opplyses ikke hvor stor en andel som utgjøres av hydrogen.

7.7.2 Reduksjonspotensialer og ruter

Hvilke ruter som egner seg, kommer an på flyenes rekkevidde, deres passasjerkapasitet og også deres egenskaper når det gjelder å ta av og lande. Electras EL9 kan for eksempel ta av fra så korte rullebaner at det muliggjør avgang og landing på steder der det ikke er flyplassinfrastruktur, slik som på gress-sletter, der infrastrukturen er ødelagt, eller på skip (Daleo, 2024). ES-30 fra Heart Aerospace er derimot som nevnt oven for definert til å ha en minstelengde for avgang på 1100 meter (Heart Aerospace, 2023). Dette gjør at denne ikke kan brukes på mange av flyplassene i det norske kortbanenettet, der cirka 20 flyplasser har korteste takeoff distanse (TORA) på under 1100 meter. I likhet med batterielektriske fly vil hybridelektriske fly ha vesentlig lavere støy enn konvensjonelle fly, noe som gjør at de skaper mindre støyforurensning på for eksempel flyplasser.

Et hybridelektrisk fly med en rekkevidde på 500 kilometer (inkludert sikkerhetsmarginer) vil gjøre det mulig å fly fra Oslo Lufthavn Gardermoen til alle flyplasser i Sør-Norge, samt Gøteborg og Stockholm. Denne rekkevidden inkluderer flyrutene mellom de fire største byene i Norge som derfor vil kunne betjene majoriteten av passasjerene i Norge. Dersom et hybridelektrisk fly har en rekkevidde på for eksempel 1000 kilometer, er dette tilstrekkelig til å betjene ruter mellom Oslo Lufthavn Gardermoen og for eksempel flyplassene i Amsterdam, Berlin, Bodø, Edinburgh, Hamburg, Helsingfors, Riga og Tallinn. Med rekkevidde på over 2000 kilometer vil alle ruter i Norge kunne betjenes av hybridelektriske modeller, inkludert den lengste ruten til Longyearbyen, som er på 2013 kilometer.

Noen modeller kapasitetsmessig kunne erstatte de mindre av de flyene, som i dag benyttes på norske ruter: Dette gjelder modellene med 76 og 90 seter til Maeve Jet. Ulempen med disse flyene er at de per

¹⁰¹ [1,850 Km Range | Hydrogen-Electric\(Hybrid\)Propulsion System | Hydrogen Aircraft STELLAR CEO JET 2025](#)

nå er spesifisert til å ta av på rullebaner som er 1400-1500 meter. Altså kan de ikke benyttes på ruter hvor én eller begge rullebaner er kortere enn dette.

I første omgang kan det spesielt være aktuelt å fase inn nullutslippsfly og hybride modeller på FOT-ruter, siden det på disse kan stilles ulike krav, slik som til at flygningene skal være mest mulig miljøvennlige. FOT-rutene i Norge frakter rundt 1 million passasjerer i året (Avinor & Luftfartstilsynet, 2020). Som nevnt innledningsvis er den den av den norske luftfartsstrategien *Bærekraftig og sikker luftfart* at FOT-anbud i årene som kommer før 2030 skal kreve lav- og nullutslippsløsninger så snart det finnes teknologi til å dette (Samferdselsdepartementet, 2023).

Barrierer

Hybride fly kan sies både å ha det beste og det verste fra verdenene de forener. Ved å ha hybrid-elektriske fly unngås de vesentligste rekkeviddebegrensningene til batterielektriske fly, og alle hybrid-elektriske fly vil redusere klimagassutslippene fra flygningen. Dette vil spesielt være tilfelle dersom flydrivstoffet er SAF. Enkelte hybridelektriske fly har imidlertid per 2025 ikke så lang oppgitt rekkevidde, slik som den minste flymodellen som Heart Aerospace utvikler (800 kilometers rekkevidde). Samtidig vil ulike hybride løsninger innebære dobbelt opp med løsninger for fremdrift og energilagring, noe som gjøre disse flyene mer teknisk kompliserte og mulig også tyngre. De ulike hybride løsningene har også ulemper. Disse inkluderer at fly med to energibærere blir mer teknisk kompliserte, har større kostnader, og får økt vekt (Kuśmierczak et al., 2023). Det er grunn til å tro at hybridelektriske fly vil møte mindre bekymring hos enkelte av de teknologiske flypassasjerene enn batterielektriske og hydrogen-elektriske fly, siden motorene kan drives av fossilt drivstoff.

7.8 Oversikt – veikart

I løpet av de siste årene er publisert et stort antall rapporter med kvantitative scenarier for luftfartens transisjon til netto-null utslipp. Mange av analysene tar sikte på netto-null i 2050 i tråd med EU's og ICAO's ambisjoner. For en bra og oversiktlig gjennomgang av disse forskjellige fremtidsperspektiver for mer klimavennlig luftfart henviser vi til [IATA\(2024\)](#), som foretar en komparativ sammenlikning av 14 scenarier fra 9 sentrale rapporter av denne typen publisert i perioden 2021–2023.

Dette avsnittet en oppsummerende vurdering av de overordnede hovedtendensene i forhold til de ulike teknologienes potensiale for å bidra til vesentlige reduksjoner av norsk luftfarts utslipp fram mot 2050. Med utgangspunkt i noen av disse scenarierapportene kombinert med det overordnede inntrykket fra den tekniske gjennomgangen av de ulike flykonseptene i avsnitt 7.2-7.7. Som grunnlag for denne vurderingen dras inn følgende faktorer:

- Teknologiens *modenhet* i dag: hvor langt er man fra sertifisering?
- Hva er realistisk år for '*entry into service*' (EIS) for teknologien med forventet rekkevidde og setekapasitet?
- Hvor raskt vil/kan teknologien *innføres* i norsk luftfart?
- Hvor stor *effekt i 2050 på CO₂-utslippene* fra norsk luftfart vil teknologien ha?

Da det handler om en framtid med teknologier som ennå ikke er klare til bruk, må vurderingen av det framtidige av de ulike teknologienes potensialet naturligvis være usikker og i noen grad forutsette, at man fremmer utviklingen med forskjellige politiske tiltak. Sentralt for potensialet vil være de forventede kostnadene for de ulike teknologiene, som først for alvor kan vurderes, når de ulike konseptene testes av i operasjonell praksis.

7.8.1 Sammenfattende teknologisk vurdering

For energieffektivisering på konvensjonelle single-aisle fly, som er ansvarlig for klart den største delen av samlet CO₂-utslipp fra luftfarten, er det et høyt ambisjonsnivå for neste generasjon, som skal avløse

A320 og B737. Forventet EIS er rundt 2040. Det passer det bra med neste utskiftingen av norsk flyflåte, da de på nåværende tidspunkt nyeste flyene startet innfasing i 2016. Det kan derfor forventes en høy grad av innfasing av neste generasjon på 2040-tallet, EIS-tidspunktet holder. Sammen med andre effektiviseringer av blant annet ATM er det realistisk å forvente opp mot 30 % lavere drivstofforbruk per passasjer (MJ/RPK) i 2050 (se kapittel 9).

På starten av 2020-tallet kom det stort fokus på alternative framdriftsteknologier til luftfarten, ikke minst i lyset av EU's langsiktige strategier for omstilling av luftfarten og satsing på grønt **hydrogen** generelt som sentralt element i å nå nullutslipp i 2050. Alliance for Zero-Emission Aviation (AZEAA) publiserte juni 2024 visjonen *Flying on electricity and hydrogen in Europe*¹⁰². AZEA-visjonen har følgende vurdering av hva som er teknologisk mulig fram mot 2050:

"The development of electric and hydrogen-powered aircraft has jumped forward in the last years and it remains an area of constant change. Based on current projections, AZEA expects the following entry-into-service dates according to aircraft size and design approach:

- *By 2030: general aviation, eVTOLs, and regional air mobility aircraft will enter the market.*
- *By late 2030s: larger regional and single-aisle hydrogen-powered aircraft developed for mass transit*
- *Short-haul markets will follow.*
- *From 2040+: potential hydrogen-powered longer-range aircraft."*

[AZEAA(2024) p. 10]

Publikasjonen må betraktes som et bransjeinnspill til realiseringen av de europeiske politiske beslutningene og målene i 'the European Green Deal' om klimanøytralitet i 2050 og luftfartens bidrag til å nå dette målet. Hovedbudskapet er derfor hvilke krav dette stiller til hele luftfartens økosystem som en slags 'backcasting'.

Det seneste 1-1½ årene er tendensen generelt et mindre optimistisk syn på hva som kan forventes i de neste årtiene¹⁰³. Ikke minst er det kommet tvil om de forventningene hittil om tilgjengelighet og pris på grønn strøm de neste 10-20 årene vil holde. Videre har utviklingen av et europeisk hydrogen-energisystem vært langsommere enn man så for seg i EU-planene for fem år siden. Endelig har en rekke av de mindre oppstartsselskapene, som har satset på utvikling av batterielektriske og hydrogenelektriske fly, hatt problemer eller er avsluttet.

Prisen på kraft er avgjørende for kostnadene til produksjon av hydrogen og e-SAF. Framskrivninger for bruken av hydrogen har blitt redusert. For eksempel hadde den første versjonen av 'Destination 2050'-rapporten fra 20 % i luftfarten mot 6 % i den oppdaterte versjonen publisert i februar 2025¹⁰⁴. Dette er antakelig uten at budskapet fra Airbus fra februar 2025 også er inkludert, og rapporten vurderer videre:

"If market introduction would be pushed back even further, only a marginal contribution by 2050 remains, such that the return on current R&D investments being made would only come in the second half of this century" (AZEAA, 2024).

Tilsvarende er prisen på SAF derfor også høyere i den oppdaterte Destinasjon 2050 rapporten enn i noen av de tidligere scenarie-rapportene.

¹⁰² AZEA har nesten 200 medlemmer, deriblant Airbus og de fleste andre sentrale aktørene innenfor bærekraftig utvikling av luftfarten.

¹⁰³ T&E briefing: The aviation industry and the stall in aircraft innovation, June 2025 [[lenke](#)].

¹⁰⁴ Destination 2050 (2025) s. 28.

Denne aktuelle status kan oppfattes som avspeilet i [Aviation Research & Innovation Strategy](#), som de to Joint Undertakings¹⁰⁵ [Clean Aviation](#) og [SESAR](#) overleverte til EU kommisjonæren for luftfart den 16. juni 2025 på årets Paris Air Show¹⁰⁶. Strategien opererer med milepæler i 2035 og 2050 for neste generasjon kommersielle fly design basert på hydrogen, elektrifisering og hybride løsninger (Clean Aviation & SESAR, 2025). Frem mot 2035 opererer strategien med modenhet TRL 6+, for at fly basert på de nye framdriftsteknologiene, som kan, kan være operasjonelt klar i 2050 som erstatning for dagens konvensjonelle fly. TRL 6 svarer til at teknologiene demonstreres i relevant miljø, og TRL 7 betyr at systemet er test i relevant miljø.

Boks 7.5 'Technology Readiness Level' - TRL

TRL = Technology Readiness Level' er et klassifikasjonssystem med en skala fra 1 (lavest modenhet) til 9 (høyst modenhet) for å kunne vurdere modenheten av nye teknologier. Det ble opprinnelig utviklet av NASA i forbindelse med romfartsprogrammet på 1970-tallet [[Wikipedia](#)].

For utdyping av TRL se [EURAXESS: Why using TRLs?](#)

Den økonomiske levetiden for dagens fly er cirka tjue år, men den er fleksibel og kan forlenges. Det betyr at full innfasing ikke nødvendigvis tar tjue år, da tidspunkt for utskifting kan tilpasses den viten man har om når nye generasjoner av fly eller helt nye flytyper vil være tilgjengelig.

Oppsummerende gjør vi i denne rapporten følgende vurderinger av teknologiene:

- **Høyere energieffektivitet** for neste generasjon av fly og andre optimeringstiltak kan forventes å gi opp mot 30 % mindre energiforbruk per flyvning sammenliknet med de mest effektive flyene i dag.
- **SAF** vil sammen med energieffektivisering med stor sannsynligvis levere langt hovedparten av reduksjonene av CO₂-reduksjonene fra global luftfart fram mot 2050. Denne konklusjonen er gjennomgående i de mange klima-scenariene som er publisert de senere årene. Hvor andelen blir for **b-SAF** vil blant annet avhenge av tilgjengelighet og pris på bærekraftig biomasse på lang sikt og om den framtidige prisen på bærekraftig strøm til produksjon av grønt hydrogen til **e-SAF**.
- I forhold til konkurranseflaten **e-SAF versus hydrogen** som energibærere blir realiseringen av DAC sentral på sikt (se avsnitt 7.2.3). Dette er fordi e-SAF trenger karbon, og det blir få punktkilder i lavutslippssamfunnet. Teknologit utvikling og storskalafordeler forventes av mange å kunne levere markante kostnadsreduksjoner for DAC. Flere kilder estimerer enhetskostnader ned til ca. 100 USD per tonn CO₂ (IEA, 2022). Hvis dette viser seg for optimistisk på sikt, kan det endre bildet til fordel for økt satsing på hydrogen og på å løse de mange komplekse teknologiske utfordringene, også med hensyn til sikkerhet, som er knyttet til hydrogen. Hvis hydrogen også skal bli konkurranse-dyktig på lengre avstander med stort passasjergrunnlag, må også utviklingen av hydrogentilpassede forbrenningsmotorer intensiveres.
- **Hydrogenfly med forbrenningsmotor** vurderes først å kunne få vesentlig effekt på norsk luftfarts klimagassutslipp etter 2050. Etter at Airbus har annonsert at hydrogenfly først blir klar 5-10 år senere enn det opprinnelige mål-året 2035, og selskapet samtidig i denne omgangen har valgt bort hydrogen i forbrenningsmotorer og i stedet har valgt brenselceller og elektromotor, vurderes det at større fly med hydrogenforbrenning før 2050 ikke er realistisk.
- **Elmotorer** blir derfor sannsynligvis det mulige alternativet til dagens turbofan- og turboprop-teknologier fram mot 2050. Dette gjelder enten med energibæreren hydrogen kombinert med brenselcelle eller med lagring av strøm i batterier. For elmotorer kan det være en teknisk utford-

¹⁰⁵ 'Joint Undertakings' er offentlig-private partnerskap innenfor forskning og utvikling mellom EU-kommisjonen og europeiske industrier. JI er strategiske programmer med store langsiktige budsjetter som fordeles på ulike delprosjekter.

¹⁰⁶ Paris Air Show er verdens største handelsmesse for den globale luftfarten. Den arrangeres årlig utenfor Paris, og er blitt arrangert siden 1909. Arrangøren er interesseorganisasjon for den franske luftfarten, Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales (GIFAS).

ring at cruisehastighet antakelig blir lavere enn turbofan fly. Dette kan især på lengre avstander være en konkurransemessig svakhet. I tråd med dette satser utviklere av **hydrogen-elektriske** fly, inklusiv Airbus, i første omgangen på rekkevidder på opp til ca. 1000 nm (= 1852 km). Det er tvilsomt om en eventuell neste generasjon av hydrogen-elektriske fly med markant lengre rekkevidde enn dette kan markedsføre tilstrekkelig lang tid før 2050 til det kan få vesentlig innflytelse på norsk flyflåte. For **batteri-elektriske** fly vil rekkevidden være langt lavere, selv med forventet framskriving av batterienes energitetthet per vektenhet.

- Derfor satser noen av de utviklere av batteri-elfly, som er lengst fremme, i første omgang på **hybridteknologi** hvor forbrenningsmotorer gir forlenget rekkevidde og dermed større bruksområder. Når bare elmotoren benyttes ved taxi til og fra rullebanen og elmotoren gir hovedkraften ved take-off kan man benytte en mindre forbrenningsmotor, som kan optimeres til effektnivåer svarende til cruise-delen. Dette kan gi forbedret drivstoffeffektivitet.
- Hvordan fordelingen blir for **hydrogen-elektriske versus batteri-elektriske** fly er usikkert. Det vil avhenge av en rekke teknologiske faktorer: vekten på batterier, robustheten av brenselceller samt varmeutvikling og dermed også energitapet ved konvertering av hydrogen til strøm og flere andre forhold. I tillegg er det en sentral økonomisk faktor om de betydelige reduksjoner av hydrogenkostnadene, som forventes fram mot 2050, blir realisert. Uansett vil hydrogen ha fordel på de lengre rutene og batterier på de kortere rutene, hvor den ekstra vekten av batteriene betyr mindre.

7.8.2 Potensiale og tidsperspektiv fram mot 2050

På bakgrunn av ovenstående vurderinger forsøker dette avsnittet å presentere et overblikk over CO₂-reduksjonspotensialet fram mot 2050 for de teknologiene som kan erstatte dagens bruk av fossilt flydrivstoff. Fokus er på reduksjonspotensialet i norsk luftfart med ut fra dagens ruter og passasjertall, men med utgangspunkt i at teknologiene bare vil være er tilgjengelige, når eller hvis det blir et globalt marked.

Nye mindre eldrevne fly med kort rekkevidde kan også ha potensiale til å etablere ny luftmobilitet. Det kan enten være på nye ruter med lavt passasjergrunnlag eller internt i store byområder med eVTOL. Disse typer ruter kan teknisk sett også betjenes i dag med henholdsvis små konvensjonelle fly eller helikoptre. Potensialet for nye ruter vil derfor avhenge av at de nye løsningene samlet er mer kostnads-effektive enn dagens flytyper, som forutsetning for at luftfartsselskapene kan tilby et lønnsomt operasjonelt opplegg som passasjerene vil benytte i tilstrekkelig omfang. På det tidlige stadiet av modenhet, som disse teknologiene har i dag, er det vanskelig å vurdere om dette er et realistisk scenario.

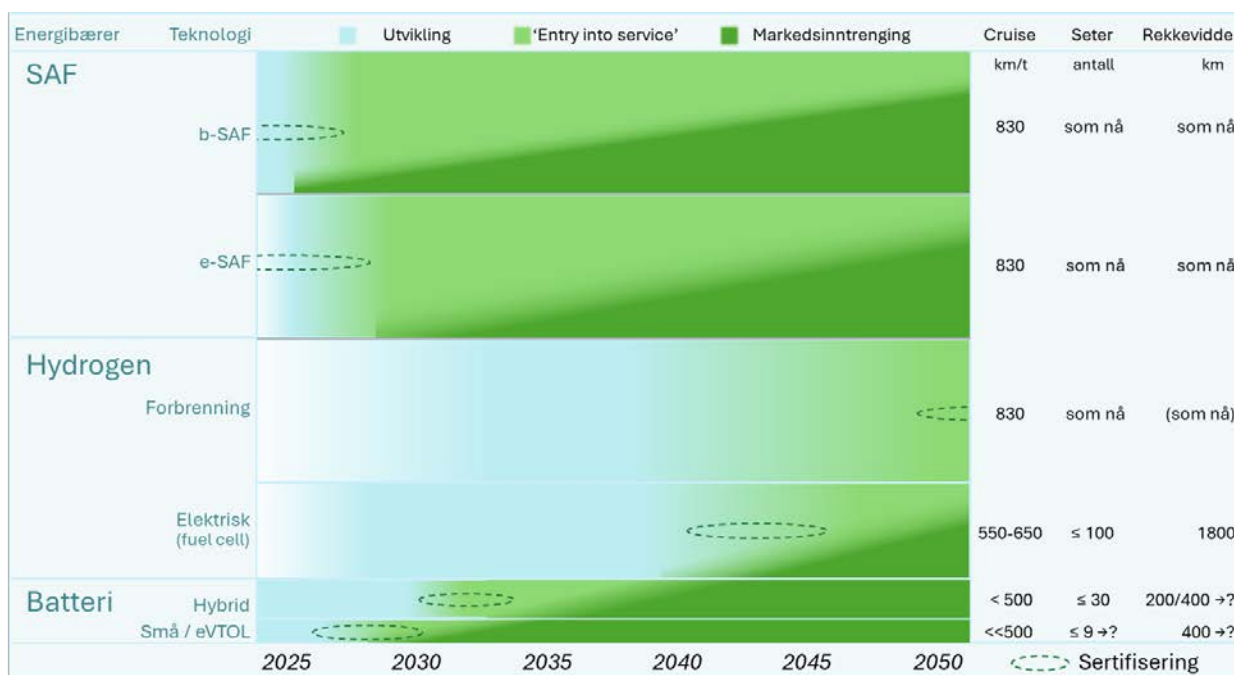
I forhold til de rutene som betjenes i dag er den teknisk oppnåelige kombinasjonen av rekkevidde, hastighet og setekapasitet sentrale for de nye teknologienes markedspotensialer fram mot 2050:

- **Rekkevidden** gir fysiske begrensninger på hvilke ruter som flyet kan betjene non-stopp. Men potensialet er ikke bare én-til-en i forhold til de rutene som er kortere enn rekkevidden. Lengre rekkevidde gir også større fleksibilitet, da et fly typisk skal kunne betjene flere ruter. Dette ser vi også i dag, hvor noen flyruter som i dag betjenes av single-aisle fly uten problemer kunne betjenes med regional jets. For eksempel har Norwegian valgt bare å operere med B737, da det gir et forenklet og fleksibelt driftsopplegg selv om noen ruter i en isolert betraktning antakelig kunne betjenes med lavere kostnader med regional jets.
- **Hastigheten** i cruise gir ikke *tekniske* begrensninger på antallet av ruter som kan betjenes, men lavere hastighet gir ulemper for passasjerene i form av lengre reisetid. På kortere avstander er denne ulempen mindre vesentlig, fordi cruisetiden er en begrenset del av den samlede flyreisen og enda mindre andel av samlet reise, når det tas høyde for tid til, fra og i lufthavnene. Men for lange avstander har cruise-tiden og dermed -hastigheten stor betydning. Derfor benyttes turboprop-fly, som regel ikke på lengre avstander enn opp til noen hundre kilometer, fordi de har lavere cruise-hastighet enn fly med turbofanmotor. Lavere hastighet gir også høyere drifts-

kostnader per setekilometer. Det gjelder både for kapitalkostnader til flyet og lønnskostnader til personalet om bord. Denne kostnadsøkningen har også større betydning på lange avstander. *Det er således i operasjonell bruk, og ikke teknisk, at hastigheten begrenser rekkevidden.*

- **Setekapasiteten** vil også være en begrensende for potensialet på ruter med et visst passasjergrunnlag. Hvis passasjergrunnlaget er stort nok, foretrekker flyoperatørene single-aisle jets fram for regional jets og turboprop fly fordi den høyere setekapasitet samlet sett gir storskalafordeler, som senker kostnadene per setekilometer. På ruter med lavt passasjergrunnlag, hvor kapasitetsutnyttelsen på single-aisle-fly blir lav, øker det større fly kostnadene per passasjer. I et ikke velavgrenset mellomintervall vil de lavere kostnader per passasjer for store fly helt eller delvis motvirkes av at flyselskapet med mindre fly kan tilby en mer attraktiv ruteplan som tilbyr flere avganger per dag eller per uke¹⁰⁷. For ruter med høyt passasjergrunnlag, hvor det også med større fly er mange avganger per dag, mister denne fordelene ved mindre fly betydning.

Figur 7.5 forsøker å gi en grafisk oversikt over denne rapportens vurdering av potensiale og markedsinnfasing av de ulike teknologiene for klimavennlig luftfart i Norge fram mot 2050. Et overblikk må skje på bekostning av de kapitlets detaljerte overveielser. Derfor har figuren en hovedinndeling basert på de tre typene av energibærere om bord på flyet: SAF, hydrogen eller batterier. For hver energibærer foretas en underoppdeling i to kategorier. For hybride løsninger fokuseres her på SAF som rekkeviddeforlengning av batterielektriske fly.



Figur 7.5: Oversikt over dennes rapportens vurdering av potensiale og markedsinnfasing av de ulike teknologiene for klimavennlig luftfart i Norge fram mot 2050.

¹⁰⁷ I tillegg bør også nevnes, at mindre fly tar kortere tid å fylle og tømme, og dermed kortere 'turn around' (snu)tider ved gaten.

- **SAF:** Opptil 100 % innblanding vil være mulig i framtiden. Uansett om det er tale om **b-SAF** eller **e-SAF**, vil det da ikke være begrensninger på hvilke ruter denne teknologien kan anvendes på. Markedsandelen for SAF og fordeling på b-SAF og e-SAF vil derfor primært bli et spørsmål om produksjonskostnader sammenliknet med fossilt flydrivstoff inklusive avgifter og kvotepris pluss ikke minst de politisk fastsatte innblandingskrav¹⁰⁸.
- **Hydrogen:** Legges Airbus' sin nåværende plan til grunn, vil sannsynligvis for større passasjerfly sannsynligvis gjelde at:
 - Hydrogen med **brenselceller og elmotor** kommer tidligst i drift mellom 2040 og 2045 og
 - Hydrogen i **forbrenningsmotor** blir tidligst operasjonelt rundt eller etter 2050.

De første hydrogen-elektriske flyene forventes ikke å kunne dekke lange distanser (<1800 km) og vil ikke være optimale for ruter med stort passasjergrunnlag på grunn av lav kapasitet (<100 seter) sammenliknet med dagens single-aisle fly. Airbus har ingen annonserte mål for cruise hastighet, men tilsvarende dagens turboprop fly er nok mest realistisk.

- **Batteri:** Men de tunge batteriene setter begrensninger på rekkevidden
 - De elflyene, som utvikles mot å kunne ta en del av markedet for dagens kommersielle fly, designes derfor i første omgangen som **hybridfly**, hvor rekkevidden forlenges med konvensjonell drivstoffbasert teknologi.
 - Rene batterielektriske fly som utvikles nå blir i første omgangen **små fly** (opptil 9 seter) med meget begrenset rekkevidde¹⁰⁹, inklusiv **eVTOLS**, som primært utvikles rettet mot 'urban air mobility'.

For begge typer blir det samlede potensiale for å fortrenge fossilt flydrivstoff dermed begrenset, da størstedelen av energiforbruket er på lengre avstander. Cruise-hastigheten vil antakelig bli lavere enn for dagens turboprop, fordi avveining av vekt rekkevidde mot vekt av større motor og energitap ved høyere hastighet vil være en kritisk faktor.

Figuren viser tidslinjer for disse seks teknologiene med følgende fargekoder:

- **Lysblå** viser utviklingsfase med en stiplet sirkel for omtrentlig tidspunkt for sannsynlig første sertifiseringer.
- **Grønn** viser når teknologien forventes å kunne være i operasjonell bruk ('entry into service').
- **Mørk grønn** andel (vertikalt) indikerer markedsinntrengning i det segmentet, hvor teknologien vurderes å ha potensiale på denne siden av 2050.
- **Grønn** indikerer når de første flyene forventes sertifisert.

Den gradvise overgang mellom fargene skal illustrere at det er usikkerhet om og når teknologiene er klar, og hvor hurtig de da vil gå inn i flyflåten.

I figuren er bredden av bjelkene for b-SAF, e-SAF og hydrogen-forbrenning har samme bredde. Dette skal illustrere at disse teknologiene prinsipielt kan dekke hele markedet og dermed potensielt kan fortrenge alt fossilt drivstoff på sikt. For de tre andre teknologiene blir bjelkene gradvis smalere for hydrogen-elektriske, batteri-hybrider og små elfly/eVTOLs. Dette er et forsøk på å illustrere at potensialet for CO₂-reduksjoner er suksessivt mindre for disse teknologiene, fordi det langsiktige markeds-potensialet vurderes å være mindre. Det skal understrekes at den konkrete bredden ikke avspeiler en

¹⁰⁸ Fra flyselskapenes perspektiv er sertifisert b-SAF og e-SAF perfekte substitutter. Da ReFuelEU Aviation har delkrav om innblanding e-SAF, som ikke kan oppfylles av b-SAF, kan det skape et prisgap, så markedsprisen for e-SAF kan bli høyere enn for b-SAF men ikke omvendt.

¹⁰⁹ Elysian er her et unntak, men dette flyet er i ganske tidlig fase av utviklingen.

kvantitativ vurdering av reduksjonspotensialet. Dette ses det nærmere på i scenarieberegningene i kapittel 8.

Til høyre i figuren er vist setekapasiteter, rekkevidder og som er lagt til grunn for vurderingen av de enkelte teknologienes potensiale fram mot 2050. Mer konkret antas følgende:

- For SAF er den forventede produksjonsprisen så høy at graden av bruk i EU i meget høy grad bestemmes av de innblandingsgrader, som er spesifisert i ReFuelEU Aviation selv med forventet økning av CO₂-kvoteprisen fram mot 2050. Derfor er det i overensstemmelse med ReFuelEU Aviation heller ikke indikert full innfasing i 2050.
- For hydrogen er det lagt til grunn at de lengre avstander krever turbofan-motorer, og at denne flytypen tidligst blir sertifisert rundt 2050. Derfor vil de ikke kunne bidra nevneverdig til reduksjon av CO₂-utslippet fram mot 2050.
- For hydrogen-elektriske fly er angitt Airbus' annonserte forventninger til kapasitet (<100 seter) og rekkevidde (1800 km). Det begrenser anvendelsen til mellomlange distanser med moderat passasjergrunnlag.
- For batterielektrisk hybrid er det lagt til grunn Heart Aerospace sin beskrevne kapasitet på 30 seter og en rekkevidde, som forventes å starte på 200 km elektrisk og forlenget til 400 km med forbrenningsmotor i 2030. Rekkevidden på el angis å øke i takt med forbedret energieffektivitet på batteriene, så man rundt 2040 forventet den dobbelte rekkevidde på el.
- For de elektriske flyene indikerer spørsmåltegnene at rekkevidden og størrelse antakelig vil utvikle seg videre fram mot 2050, men samtidig at denne utviklingen er ganske usikker. Den vil avhenge av i hvilken de siste tjue års voldsomme utvikling i batterienes energitetthet (kWh/kg) vil fortsette også framover. Får vi fortsatt nye markante teknologiske innovasjoner kan både med hensyn til rekkevidde og størrelse for rent batterielektriske fly økes vesentlig og dermed utvide potensialet i vesentlig.



8 Tre scenarier for luftfartens klimapåvirkning fram mot 2050

I dette kapitlet omsettes analyser og konklusjoner fra de foregående kapitlene til tre scenarier for luftfarten fram mot 2050: I **Business-as-usual** scenariet framskrives reiseetterspørselen og det tas høyde for forbedret energieffektivitet som følge flåteutskifting og forventede teknologiske forbedringer av neste generasjon fly. I **Forventet** scenario forutsettes Norge å innføre ReFuelEU Aviation med 70 % SAF-innblanding og noen innfasing av batterielektriske fly på korte innenlandsruter med få passasjerer. I **Optimistisk** scenario utvides SAF-innblanding til 100 % på alle ruter, og batterielektriske fly antas å bli brukt på litt lengre ruter og være konkurransedyktig på ruter med noe større passasjergrunnlag. Hydrogen introduseres i mindre omfang i Forventet og Optimistisk scenario.

SAF forventes å være vesentlig dyrere enn fossilt flydrivstoff. Likevel gir det bare 4-6 % økning av gjennomsnittlige billettpriser. Det skyldes at ETS-kvotepreisen også øker og at drivstoff bare utgjør 25-30 % av billettprisen. Derfor oppnås majoriteten av CO₂-reduksjonene gjennom selve innblanding og bare 3-4 % som følge av mindre reiseaktivitet på grunn av de høyere billettprisene.

Batterielektriske fly kan, med de kriteriene som legges til grunn, anvendes på halvparten til tre fjerdedeler av alle innenlandsruter, men da det er snakk om korte ruter med begrenset trafikk, omfatter disse bare 7-28 % av passasjerene innenlands. I Forventet scenario fortrenger elflyene rundt drøye 10 % av det resterende fossile flydrivstoffet etter SAF-innblanding. Det tilsvarer en reduksjon på 4 % av samlede CO₂-utslipp etter SAF-innblanding. I Optimistisk scenario antas fossilt flydrivstoff erstattet fullt ut av SAF, så det ikke er noen ekstra CO₂-reduksjon ved å bruke elfly.

Hydrogenfly forventes å få en relativt liten rolle på denne siden av 2050 og alene som hydrogen-elektrisk framdrift. Hydrogen antas å erstatte flytende e-SAF tilsvarende 4-8 % av ReFuelEU Aviation's krav om 70 % SAF i 2050.

Luftfartens samlede energiforbruk er stort sett uendret i Forventet scenario i 2050 sammenliknet med dagens situasjon, selv om reiseomfanget vokser betydelig. Forbedret energieffektivitet gir den største reduksjonen av energiforbruket. Redusert reiseomfang står for cirka 7 %, og innfasing av elfly gir opptil 6 %. Innblanding av e-SAF gir et betydelig behov for kraft. Hvis all e-SAF skal produseres i Norge, vil det øke samlet kraftbehov med cirka 10 %. Kraftforsyning til elfly er i den sammenheng ubetydelig.



© Avinor, Eirik Fjorde

I dette kapitlet anvendes analyser og konklusjoner fra de foregående kapitlene i en oppstilling av tre scenarier for framtidig energiforbruk og CO₂-utslipp i 2050. Forskjellene mellom scenariene skal illustrere potensialet for å redusere utslippene gjennom bruk av de ulike teknologiene som har blitt presentert og analysert i kapittel 7.

- **‘Business-as-usual’** framskriver utviklingen basert på prognoser for veksten i luftfarten og for energieffektiviteten. Teknologiske forbedringer forventes å føre til gjennomsnittlig høyere energieffektivitet gjennom utskifting av de nåværende flytypene med tilsvarende nye flymodeller med konvensjonell framdriftsteknologi og dagens drivstoff, det vil si fossilt flydrivstoff med 0,5 % SAF i og fra Norge.
- **‘Forventet’** framskriver med de samme forutsetningene, men med innblanding av SAF i overensstemmelse med at ReFuelEU Aviation innføres i Norge. Det innebærer 70 % SAF innblanding for avganger fra EU-lufthavner og 0 % i avganger fra øvrige lufthavner. Videre antas en delvis innfasing av elfly på korte innenlandske ruter og av hydrogenrevne fly på europeiske ruter.
- **‘Optimistisk’** framskriver med de samme forutsetningene som i ‘Forventet’, men SAF-innblanding økes til 100 % for avganger fra alle lufthavner i Norge og det antas noe høyere innfasing av elfly og hydrogenfly.

Konsekvensene av scenariene ‘Forventet’ og ‘Optimistisk’ i forhold til ‘Business-as-usual’ for billettpriser og passasjertall samt CO₂-utslipp og energiforbruk kvantifiseres gjennom sammenligning av beregninger med PACER-modellen. De konkrete forutsetningene som legges til grunn tar utgangspunkt i analysene i kapitlene 5 til 7. De beskrives nærmere i det følgende. En oversikt over forskjellene mellom de tre scenariene er presentert i figur 8.1. Det som er uendret i forhold til i dag i Business-as-usual er vist med grå skrift, og tilsvarende er det som er uendret i de to andre scenariene i forhold til ‘Business-as-usual’ vist med ‘=Bau’. Avsnitt 8.1 gir en mer utførlig beskrivelse av forutsetningene.

Scenarier →		Business-as-usual	Forventet	Optimistisk
Flåtefornyelse	Jet (Turbofan)	2030: Alle fly er nyeste generasjon 2040-2050: Neste generasjon innfases	32 % bedre energieffektivitet*** (= Bau)	35 % bedre energieffektivitet***
	Turboprop	2035-2040: Neste generasjon innfases		
SAF-andel		Uendret 2025 - 2050	RefuelEU Aviation, 70 % i 2050	100% i <u>alle lufthavner</u> i 2050
Hydrogen*	Europa	Uendret 2025 - 2050	innfasing fra 2045 4 % av SAF i 2050	fra 2040 8 % av SAF i 2050
	Interkontinental	Uendret 2025 - 2050	(= Bau)	(= Bau)
Elektriske**	Bare innlandsruter Innfasing: 2035 - 2050	Uendret 2025 - 2050	Innlandsruter < 400 km maks 60 pax per avgang maks 3 avganger per døgn	Innlandsruter < 600 km maks 90 pax per avgang -
* Hydrogenelektriske med 100 seter og 1800 km rekkevidde.				
** Batterielektriske med SAF som reserve kapasitet; 30 seter og 400 hhv. 600km elektrisk rekkevidde. Reserve evt. som hybrid-elektrisk. Grenser for pax per avgang og avganger per døgn som grove kriterier for at de mindre elflyene kan konkurrere med større konvensjonelle fly i 2050. Verdiene for disse kriteriene gjelder for rutenes trafikk i 2024.				
*** Neste generasjon fly: 20% (25% i optimistisk) i forhold til nyeste; Air Traffic Management og operasjoner: Opp til 11.6% i 2050.				

Figur 8.1: Oversikt over forutsetningene i de tre scenariene.

8.1 Forutsetninger for de tre scenariene

8.1.1 Energieffektivitet

Energieffektiviteten per flyreise framskrives gjennom antakelser om forventede flåtefornyelser hos flyelskapene fram mot 2050 og uendret kapasitet på flyene og samme setebelegg-prosent som i 2024. Flåtefornyelsene antas å skje i to omganger innen 2050 basert på typisk levetid for disse flytypene.

- i. De tre flyelskapene, SAS, Norwegian og Widerøe, som flyr de fleste norske innenriksruter, holder i disse årene på med flåtefornyelser. Som beskrevet i avsnitt 7.1 vil det gi en markant forbedring av drivstoffeffektiviteten sammenliknet med de flyene de erstatter. For alle turbofan-fly forventes denne utskiftingen å være fullt gjennomført i 2030. Basert på Widerøes uttalelser antas DASH-8 flyene å bli levetidsforlenget, så de kan erstattes av neste generasjon turboprop fly i perioden 2035-2040.¹¹⁰
- ii. Neste generasjon av single aisle turbofan fly er under utvikling og forventes klare omkring 2040. Med antatt levetid på rundt 20 år sammenfaller det tidsmessig relativt bra med utskifting av de nyeste av dagens fly på starten av 2040-tallet og i slutten av 2040-tallet av de som fases inn mellom nå og 2030. Dermed kan det antas at alle turbofan-fly er neste generasjons fly i 2050. Kritiske forutsetninger er at utviklingen av flyene går som planlagt, og at flyprodusentene kan levere svarende til etterspørselen i motsetning til dagens lange leveringstider. For turboprop flyene antar vi at det ikke skjer en ekstra utskifting til nye fly innen 2050. I første omgangen ses bort fra fly med alternative framdriftsteknologier (se avsnitt 8.1.4 og 8.1.5).

Prosentvise forbedringer ved generasjonsskifte baseres på analysen i avsnitt 7.1. For utskiftingen av eksisterende eldre fly med nyeste modeller kan vi ta utgangspunkt i gode data for energiforbruket fra disse flyene. For neste generasjons fly må det estimeres hvor stor forbedring av energieffektiviteten som kan oppnås. På grunnlag av Airbus sitt mål om 25 % forbedring for neste generasjon, antas her konservativt 20 % energieffektivisering i *Business-as-usual* og *Forventet* scenariene, mens vi antar 25 % energieffektivisering i *Optimistisk* scenariet. Samme antagelse anvendes for Regional jets og halvparten for twin aisle jets. Disse forbedringene omsettes til ruter ut fra den omtrentlige bruken av hver flytype på de ulike rutene og ved å anta at disse forbedringer også gjelder for de 30 % av utenlandsmarkedet som dekkes av andre selskaper.

I tillegg anvendes Destination 2050's estimerte potensialer for trafikkstyring og operasjonelle forbedringer på 11,6 % i 2050. Potensialet er størst for geografiske områder med stor trafikk. Det fulle potensialet på omtrent 12 % anslås derfor bare å kunne oppnås delvis i det enkelte segmentene (se avsnitt 5.1) og i mindre grad på innenlandske og interkontinentale ruter 0 % på FOT-rutene; 6 % (≈50 % av 12 %) på andre innenlandske ruter; 9 % (≈75 % av 12 %) på europeiske ruter og 4 % (≈33 % av 12 %) på interkontinentale ruter.

Samlet sett gir flåteutskifting og andre forbedringer en drivstoffbesparelse per avgang på cirka en tredjedel, **32 % i Business-as-usual og Forventet scenarioene og 35 % i Optimistisk scenario**. Energieffektiviseringen gir reduserte drivstoffkostnader som det er tatt høyde for i forutsetningene om framtidig billettpriser. I tillegg betyr lavere drivstofforbruk også at kostnader til SAF-innblanding blir mindre, jf. neste avsnitt.

¹¹⁰ F.eks. [Widerøe skal bytte cockpit i selskapets 30 år gamle fly | Tu.no](#)

8.1.2 SAF-innblanding

Norge har i dag et massebalansekrav om gjennomsnittlig innblanding av 0,5 % avansert biodrivstoff i alt drivstoff som leveres til norske lufthavner. Avansert biodrivstoff oppfyller kriteriene for SAF i europeisk sammenheng. EU har vedtatt ReFuelEU Aviation, men Norge har, som nevnt innledningsvis, ennå ikke tilsluttet seg forordningen. ReFuelEU Aviation krever 2 % SAF-innblanding i 2025. Innblandingsprosenten skal øke gradvis og være på 70 % i 2050.

Konsekvensene av SAF-innblanding i forhold til CO₂-utslipp, merkostnader til drivstoff og andre konsekvenser, som legges til grunn i beregningene, er beskrevet detaljert i avsnitt 7.2. Her skal kun gis en oversikt over forskjellene mellom de tre scenariene.

Tabell 8.1: Innblanding av SAF i flydrivstoffet i de tre scenariene fram mot 2050.

Scenario:	Hvor?	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Business as usual	Alle lufthavner	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %
Herav e-SAF		-	-	-	-	-	-
Forventet	EU-lufthavner	2 %	6 %	20 %	34 %	42 %	70 %
Herav e-SAF		0 %	1,2 %	5 %	10 %	15 %	35 %
Optimistisk	Alle lufthavner	2 %	10 %	30 %	50 %	60 %	100 %
Herav e-SAF		0 %	2 %	7,5 %	15 %	20 %	60 %

Tabell 8.1 viser innblandingsprosentene i de tre scenariene fram mot 2050.

- For *Business-as-usual* scenariet antas ReFuelEU Aviation å være iverksatt i EU, men ikke i Norge, hvor 0,5 % innblanding forutsettes fastholdt framover. Innblanding av SAF i europeiske lufthavner påvirker tur-retur billettprisene gjennom økte drivstoffkostnader på returreisen.
- I *Forventet* scenario forutsettes ReFuelEU Aviation også iverksatt i Norge. Innblandingskravet i ReFuelEU Aviation gjelder bare for såkalte EU-havner, som er definert som lufthavner med minst 800 000 avgående pluss innkommende passasjerer. Ved å sammenholde *Forventet* scenariet med *Business-as-usual* kan effekten av norsk tilslutning til denne forordningen illustreres.
- I *Optimistisk* scenario forsterkes effekten av at Norge øker innblanding til 100 % og dette skjer i alle lufthavner og ikke bare i EU-lufthavner. I praksis gir EU reguleringen ikke mulighet for å kreve høyere innblanding av SAF enn hva som er foreskrevet i ReFuelEU Aviation i et gitt år. Rasjonale er at merkostnadene da ikke skaper like konkurransevilkår. Hvis innblanding kan skje uten merkostnader for flyselskapene vil det derimot ikke påvirke konkurransen. Dette kan oppnås, hvis staten betaler prisdifferansen for den del av innblanding som ligger over EU-prosentsatsen. I dette scenariet antar vi at prisdifferansen finansieres av en subsidie fra et klimafond som finansieres av en tilsvarende økning av flypassasjeravgiften.

SAF og fossilt flydrivstoff (FJF) gir omtrent like store CO₂-utslipp ved forbrenning i flymotoren, men utslippene fra SAF regnes som CO₂-nøytralt, fordi utslippene motsvarer opptaket ved plantenes vekst (b-SAF) eller karbonfangst (e-SAF) (se avsnitt 7.2). Det er imidlertid også oppstrømsutslipp ved produksjonen av b-SAF og i mindre grad e-SAF. Som vist i Tabell 6.3 er dette gjennomsnittlig av størrelsesordenen 15 gram CO₂ per MJ drivstoff i dagens situasjon men forventes å falle over tid. Tabell 6.2 viser, at for fossilt flydrivstoff er oppstrømsutslippene noenlunde det samme, svarende til et tillegg på cirka 20 % av de direkte utslippene. Når 1 MJ SAF erstatter 1 MJ FJF, fortrenger det derfor et CO₂-utslipp svarende til det direkte utslippet fra forbrenning av det fossile drivstoffet. Oppstrømsutslippene er derimot noenlunde uendret. I sammenlikningen av scenarieresultatene for luftfartens CO₂-utslipp i avsnitt 8.2 ser vi derfor bort fra oppstrømsutslippet.

8.1.3 Hydrogen-fly

Hydrogendrevne rutefly i dag langt fra klar til produksjon. Basert på analysen i avsnitt 7.3 legges det i alle scenarier til grunn at hydrogen i forbrenningsmotorer ikke vil være operasjonelle i luftfarten på denne siden av 2050. Potensialet vil være hydrogen-elektriske fly, hvor en brenselcelle benyttes til å konvertere hydrogen fra en tank om bord til strøm som driver en elmotor. Dette er i tråd med Airbus' utsagn fra i år om en revidert tidshorisont, hvor målet er at de første hydrogen-elektriske fly er klar til drift i første halvdel av 2040-tallet. Med 100 seter og en rekkevidde på 1000 Nm (1850 km) vil Airbus-konseptet tilsvare regional jet segmentet. Selv hvis denne tidsplanen holder, er det på nåværende tidspunkt meget vanskelig å vurdere hvor rask innfasingen kan skje og i hvor store markedssegmenter disse flyene vil være konkurransedyktige med konvensjonelle fly med 100 % SAF i 2050. Dette gjelder ikke minst i forhold til single aisle fly som i dag er mest konkurransedyktig på de tett trafikkerte rutene.

På grunn av denne betydelige usikkerheten er det valgt at *Business-as-usual* scenariet i samsvar med navnet ikke innfører hydrogenfly. For *Forventet* og *Optimistisk* scenariene er her valgt å ta utgangspunkt i rapporten *Destination 2050* fra februar 2025, som er et bransje-initiert innspill til et detaljert og vitenskapelig fundert veikart mot netto-null for europeisk luftfart. Rapporten (s. 194) forutser tre typer av hydrogen fly innen 2050:

- retrofit av hydrogen-elektrisk framdrift på mindre turboprop fly med 50-70 seter; fra 2030;
- nydesignet større regional turboprop fly med 100 seter; fra 2035;
- nydesignet single-aisle fly med 165 seter; fra 2040.

Med en rekke ytterligere antakelser om markedspotensial og -inntrengning i 2050 når rapportens modellberegninger fram til at hydrogen kan stå for 8 % av energiforbruket på intra-europeiske ruter i nullutslippsscenarioet¹¹¹. Ovennevnte tidslinjer for de tre hydrogen-flytypene er vurdert på situasjonen i sommeren 2024. Nå, et år senere, vurderer nærværende rapport at tidslinjene som optimistiske, blant annet i lyset av de nye forventningene fra Airbus tidligere i år. Vi antar derfor 8 % hydrogen av samlet norsk flydrivstoffforbruk i *Optimistisk* scenario og halvparten, det vil si 4 %, i *Forventet* scenario. Videre antas hydrogen bare å fortrenge e-SAF, så det ikke gir anledning til lavere CO₂-utslipp fra norsk luftfart bortsett fra eventuelle forskjeller i upstream-utslipp. Dette er i samsvar med, at ReFuelEU Aviation godkjenner, at bærekraftig hydrogen kan telle med i oppfyllelsen av minimumskravet for e-SAF innblanding.

Videre antar vi hydrogen bare benyttes sammen med elektromotorer, hvor hydrogen konverteres til strøm i brenselceller. I tråd med *Destination 2050*¹¹² antar vi at det gir anledning til 40 % høyere energieffektivitet per sete sammenliknet med nyeste generasjon fly i dag.

8.1.4 Batteri-elektriske og hybrid-elektriske fly

For batterielektriske fly tar scenariene i tråd med konklusjonene i avsnitt 7.8 utgangspunkt i at mindre fly vil være tilgjengelige ganske lenge før 2050, det vil si med god tid til innfasing på de rutene hvor de potensielt vil være konkurransedyktige. I modellberegningene forutsetter som i figur 7.6 betydelig lavere setekapasitet (ca. 30) og kortere rekkevidde (400-600 km) enn for dagens fly. Passasjergrunnlaget på den enkelte rute antas å være en begrensende faktor for hvilke ruter som vil bli betjent med batterielektriske fly. Store fly er mest kostnadseffektive når passasjergrunnlaget er tilstrekkelig til å gi en høy kapasitetsutnyttelse. Kostnadsfordelen per sete ved store fly vil delvis bli motvirket av at små fly krever flere avganger for å transportere samme passasjertall. På tynne ruter med få daglige eller ukentlige avganger vil denne høyere frekvens gi et bedre tilbud for de reisende (se også Ydersbond, 2023).

¹¹¹ All hydrogen antas brukt på intra-europeiske ruter. Ruter ut av EU står for 61 % av europeisk luftfarts samlede energiforbruk i *Destination 2050*'s 'Reference Scenario'. Dette er i kontrast til at disse rutene fra norske lufthavner bare forventes å stå for 8 % i norsk luftfart. Derfor benyttes andelen for europeiske ruter som nøkkeltall her.

¹¹² *Destination 2050* (2025) s. 14 og s. 45.

Videre vil utenriksruter være avhengig av elforsyning for lading. Derfor ser vi i scenariene bare på innenlandske ruter, hvor det også vurderes at potensialet er størst på grunn av de mange korte norske rutene, jf. kap. 7.5. De konkrete kriteriene for ruter som betjenes av elfly i 2050 framgår av tabell 8.2.

Vi legger til grunn at disse kriteriene for antall passasjerer per avgang og antall avganger per dag, begrenser bruken av elfly til ruter. Av beregningstekniske hensyn gjelder kriteriene for rutenes passasjerer og avganger i 2024, som er PACER-modellens grunndata.

Tabell 8.2: Kriterier for at en rute betjenes av elfly i 2050 i de tre scenariene.

Scenarie:	Business-as-usual	Forventet	Optimistisk
		(maks.)	(maks.)
<u>Kriterier (gjelder kombinert):</u>	Ingen elfly		
Rutelengde	-	400 km	600 km
Passasjerer per avgang	-	60	90
Avganger per dag	-	3	-

Anmerkning: Av beregningstekniske hensyn gjelder kriteriene for passasjerer og avganger som gjennomsnitt for 2024, som er PACER-modellens grunndata.

I avsnitt 7.8 ble det vurdert at batterielektriske fly med den forutsatte kapasitet antakelig vil være hybrid-løsninger med FJF/SAF og forbrenningsmotor som rekkevidde-forlenger, i hvert fall til i første del av scenarie-perioden. Dette antas å innebære at de 400 km henholdsvis 600 km kan nås med el, så det flytende drivstoffet bare benyttes som reservekapasitet. Det betyr at på de enkelte rutene erstattes fossilt flydrivstoff med den forutsatte SAF-innblanding 100% av strøm¹¹³.

8.1.5 Prognose for passasjertall

Framskrivningen av passasjertallet på de enkelte rutene i PACER-modellen tar utgangspunkt i Avinors langsiktige passasjerprognoser. Disse prognosene beregnes per lufthavn med fordeling på innland/utland (se Boks 9.1). I PACER-modellen er innland ytterligere fordelt på nasjonale, regionale og FOT-ruter og utland på europeiske og interkontinentale reiser (se kapittel 5). PACER-modellen beregner korreksjoner til disse prognosene ut fra at kostnadsøkninger til for eksempel SAF-innblanding veltes over på billettprisene. Etterspørselen etter flyreiser antas å avhenge av denne prisendringen med priselastisiteter som er beskrevet i avsnitt 3.3.

- I *Business-as-usual* scenariet er Avinor-prognosen anvendt uendret, da kostnadsøkninger fra implementeringen av ReFuelEU Aviation i resten av EU er lagt til grunn for prognosen. De høyere billettprisene som følge av økende drivstoff-kostnader har derfor en dempende innflytelse på trafikkveksten i Business-as-usual-fremskrivningen.
- I *Forventet* scenario er ReFuelEU Aviation også iverksatt i Norge. Modellen gir derfor lavere passasjertall fordi SAF-innblanding i Norge øker drivstoffkostnadene ytterligere, og det antas at denne økning veltes over fullt i billettprisene. For innlandsruter økes kostnaden på både ut- og returreisen, men det på utenlandsruter bare er på utreisen.
- I *Optimistisk* scenario forsterkes effekten på kostnadene av at innblanding økes til 100 % og at det skjer i alle lufthavner og ikke bare i EU-lufthavner. Derfor reduseres passasjertallet ytter-

¹¹³ Videre ses det bort fra at Heart Aerospace angir rullebanelengde til 1100 meter. Hvis dette gjelder for de elflyene som antas for 2050, vil det utelukke bruk på en rekke mindre ruter til og fra 15-20 lufthavner med mindre rullebanene forlenges. Se Vedlegg D.

ligere, og endringen blir størst på avganger fra ikke-EU-lufthavner, som i *Forventet* scenario har null SAF-innblanding.

Med hensyn til økonomiske parametere forutsetter alle tre scenarier at CO₂-avgifter er uendret i forhold til i dag. Det samme gjelder for passasjeravgiften bortsett fra i *Optimistisk* scenario (se avsnitt 8.1.2) og at ETS-kvoteprisen følger Finansdepartementets framskrivning. SAF-prisene forutsettes å bli som i figur 7.4. Samlet sett betyr det at et vektet gjennomsnitt av SAF-prisene blir cirka 2½ ganger prisen på fossilt flydrivstoff i 2050. Tar man med ETS-kvoteprisen med i beregningen blir SAF bare cirka 30 % dyrere, fordi ETS-kvotene forventes å bli mer enn dobbelt så dyre i 2050. På innenlandsruter skal også betales CO₂-avgift, så her blir SAF bare cirka 15 % dyrere enn fossilt flydrivstoff.

Boks 8.1 Avinors passasjerprognoser.

TØI har regelmessig utarbeidet passasjerprognoser for Avinor. Senest dokumentert er Trafikkprognoser for Avinor 2024-2050 (TØI Arbeidsdokument 52079-2024).

Utlandsprognosene bygger på simuleringer med TØIs prognosemodell for flyreiser til utlandet der det beregnes en prognose for hver destinasjon basert på avstand og en rekke andre parametere. Utlandstrafikken bygger på registrert utlandstrafikk for Avinor i 2024 fordelt på europeisk og interkontinental trafikk basert på RVU 2024. Veksten i interkontinental trafikk tilsvarer veksten i delmodellen for reiser til interkontinentale destinasjoner, mens prognosen for trafikk til Europa beregnes som differansen mellom total prognose og interkontinental prognose. Innlandsprognosene bygger generelt på utlandsprognosene og simuleringer med NTM6.

Til bruk for PACER-modellen er prognosene oppjustert med gjennomsnittlig 0,8 % (avviket mellom statistikk og prognose i 2024) med 2024 som nytt basisår. All innlandstrafikk i 2024 fordelt mellom nasjonale, regionale og FOT-ruter (se kapittel 5) på grunnlag av oversendt tallgrunnlag fra Avinor.

Prognosen for de nasjonale rutene er så beregnet som et veid gjennomsnitt av veksten i prognosene for de 6 store lufthavnene. Vektene for hver lufthavn tilsvarer antallet passasjerer i prognosen multiplisert med andelen av trafikk på nasjonale ruter over lufthavnen i 2024. Utviklingen for FOT-rutene etter 2024 er tilsvarende beregnet som et veiet gjennomsnitt av veksten i prognosene for de regionale lufthavnene med andelen FOT-trafikk på hver lufthavn i 2024 som vekt. Prognosen for regionale innlandsruter er beregnet som differansen mellom prognosen for total trafikk og prognosen for nasjonale ruter pluss+ FOT-ruter.

8.2 Resultater for de tre scenariene

Dette avsnittet presenterer resultatene av scenarioberegningene med de forutsetningene som er beskrevet i avsnitt 9.1. For en nærmere redegjørelse for PACER-modellen henvises til TØI-rapport 1878/2022. Scenarioreultatene presenteres stegvis i tre trinn:

- Fra 2025 til 2050 skjer en gradvis økt innblanding av SAF (avsnitt 8.2.1)
- I 2050 benyttes elfly på korte innenlandske ruter med få passasjerer i 2050 (avsnitt 8.2.2)
- I 2050 erstatter hydrogen en andel av (annen) e-SAF (avsnitt 8.2.3)

Det legges til grunn at elfly og hydrogenfly bare benyttes der de kan konkurrere med konvensjonelle fly, eventuelt gjennom finansiell støtte. Det forutsettes likevel at kostnadene ikke blir lavere ved elfly og hydrogenfly enn for 100 % SAF. Derfor gir trinn II og III ikke anledning til billett- og etterspørselsendringer, bare endringer i støtte.

Vi understreker at beregningene gjort for de tre scenariene er relativt grove og er beheftet med stor usikkerhet. Våre antagelser og bruken av PACER-modellen sikrer intern konsistens i beregningene og kan gi nyttige illustrasjoner av størrelsesordener. De eksakte tallene må tolkes med forsiktighet.

8.2.1 Utvikling i CO₂-utslippene fram mot 2050

Figur 8.2 viser endringene i utviklingen i norsk luftfarts samlede CO₂-utslipp fram mot 2050 i *Forventet* (med blå) og *Optimistisk* scenariene (med grønn) sammenliknet med *Business-as-usual*. I tillegg er illustrert effekten av økt drivstoffeffektivitet (med grå) i *Business-as-usual*.¹¹⁴

For hvert av scenariene *Forventet* og *Optimistisk* er den samlede effekten dekomponert i den direkte effekten fra SAF-innblanding, den avledede etter-spørseleffekten som følge av dyrere billetter, og effektene av innfasing av henholdsvis elfly og hydrogenfly. Noen beregningstekniske forutsetninger er forklart i Boks 8.2.

Det ses av figuren at utviklingen i CO₂-utslippene er nesten uendret (+3 %) fram mot 2050. Forklaringen er at den forventede veksten i reiseomfang nesten oppveies av forbedringen i drivstoffeffektiviteten. De to andre hovedeffektene er SAF-innblanding som gir 41 % i *Forventet* scenario og ytterligere 14 % i *Optimistisk* scenario sammenliknet med *Business-as-usual* uten forbedring av drivstoffeffektiviteten. Effektene fra færre avganger som følge av mindre reiseetterspørsel, elfly og hydrogenfly gir til sammen bare litt mer enn 10 % av den samlede reduksjon til null i 2050.

Boks 8.2 Beregningsrekkefølge for reduksjonene

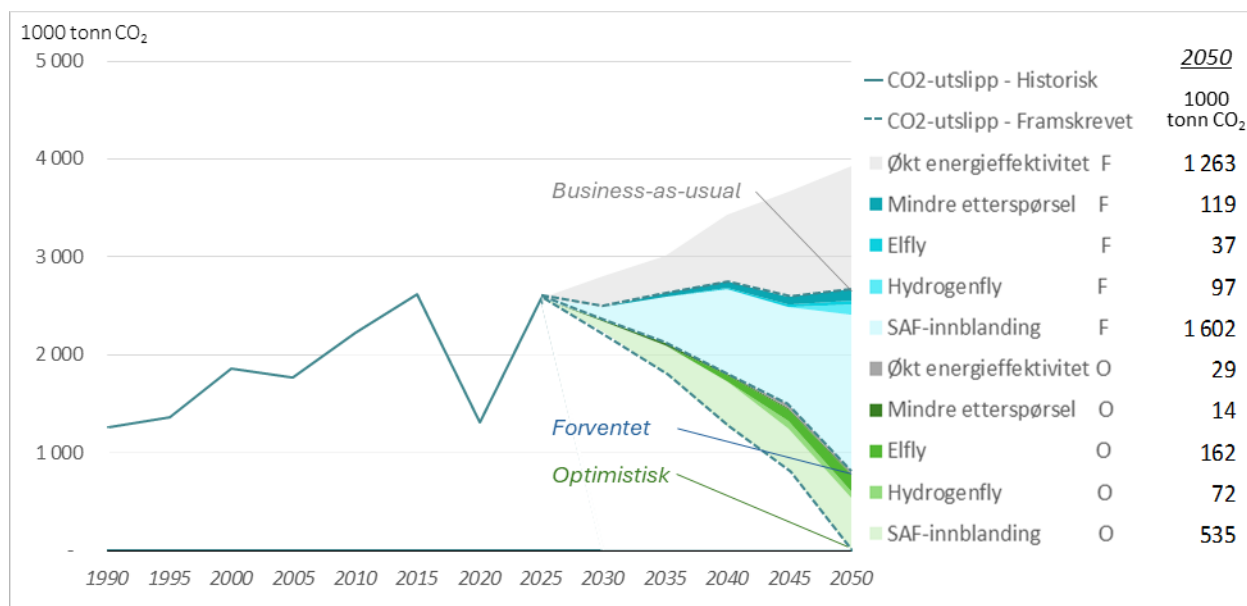
Fordi effektene er multiplikative vil det være overlapp når de presenteres som absolutte reduksjoner i mill. tonn CO₂. I beregningene bak figuren er dette korrigert ved å beregne effektene suksessivt, så hver effekt som prosentats i tilbakeværende tonn CO₂ den forrige. Effekten i tonn CO₂ blir da større jo tidligere i rekkefølgen den beregnes. Det er da naturlig å beregne de overordnede effektene i rekkefølgen:

1. Drivstoffeffektivitet i *Business-as-usual*;
2. *Forventet* scenario;
3. *Optimistisk* Scenario.

Internt i *Forventet* hhv. *Optimistisk* er valgt rekkefølgen:

Etterspørsel → *Elfly* → *Hydrogen* → *SAF*.

SAF er valgt til sist, da de er størst. Hydrogen er antatt å fortrenge en prosentandel av SAF (se avsnitt 8.1.3). I *Optimistisk* scenario er det også en antatt en liten ytterligere drivstoffeffektivisering (se avsnitt 8.1.1), som er regnet først.



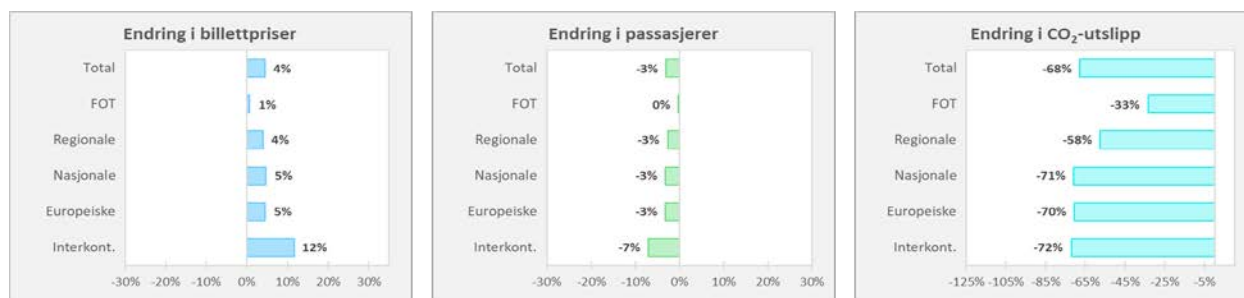
Figur 8.2: Utvikling i norsk luftfarts CO₂-utslipp i de tre scenariene. Reduksjonene er dekomponert på effektene fra drivstoffeffektivitet, etterspørsel, elfly, hydrogenfly og SAF.

¹¹⁴ For *Optimistisk* scenario er det også antatt en litt større forbedring av energieffektiviteten i neste generasjon av fly. Dette har bare ubetydelig innflytelse på resultatene.

8.2.2 Effekt av SAF innblanding på billettpriser, passasjertall og CO₂-utslipp

Forventet scenario - 2050

Dette avsnittet ser litt nærmere på endringene i *Forventet* og *Optimistisk* scenario i forhold til *Business-as-usual* scenariet. For det første er det en del forskjeller i endringen i billettprisene i de ulike rute-segmentene, som gir utslag i noenlunde tilsvarende endringer i etterspørselen. For det annet er det forskjell i hvordan SAF-innblandingskravet innvirker på hvert segment og dermed også på CO₂-utslippene. Innledningsvis er dette illustrert for *Forventet* scenario i figur 8.3.



Figur 8.3: Endring i billettpriser, passasjertall og CO₂-utslipp i *Forventet* scenario sammenliknet med *Business-as-usual* scenario i 2050. Oppdelt på rutesegmenter.

Det framgår av figur 8.3 at gjennomsnittlig prisøkning for alle reiser er 4 %, som gir en etterspørselsreduksjon på 3 %. På ruter med SAF-innblanding gir det en liten ekstra reduksjon av CO₂-utslippet. Selv om SAF er betydelig dyrere enn fossilt flydrivstoff er prisøkningen relativt beskjeden. Dette kan forklares med at ETS-kvotepreisen forventes å øke markant fram mot 2050 og at drivstoffkostnadene per passasjer typisk bare står for 25-30 % av billettprisen. Prisen på SAF og ETS-kvotepreisen vil være de største usikkerhetsmomentene i disse billettprisberegningene.

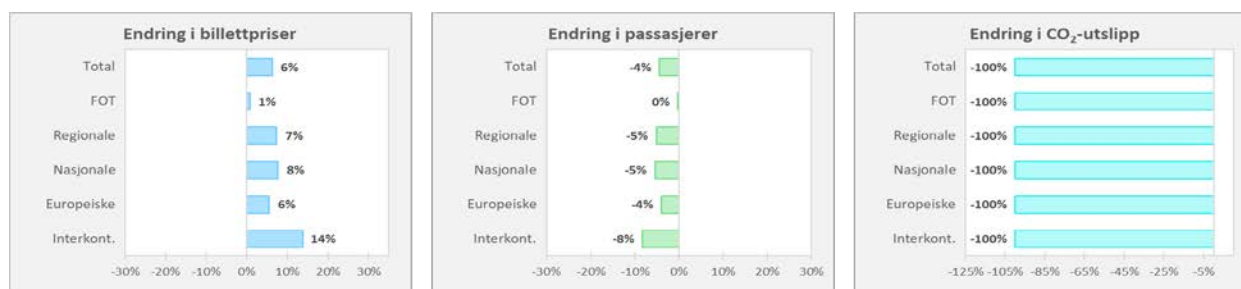
Prisendring og etterspørselsendring er størst for interkontinentale reiser, fordi flyselskapenes kostnadsøkning per liter drivstoff her er større. Forklaringen er at fossilt flydrivstoff til disse rutene ikke er pålagt kvoteplikt og CO₂-avgift. Europeiske reiser er heller ikke pålagt CO₂-avgift, så det gir høyere kostnadsøkning enn for innenlandske ruter. Dette oppveies imidlertid omtrent av at de europeiske rutene både i *Business-as-usual* og *Forventet* scenario har SAF-innblanding på retur-ruten fra europeisk destinasjon til Norge, så kostnadsøkningen for SAF-innblanding bare gjelder for utreisen. Derfor blir prosentvis prisøkning cirka den samme for innenlandske og europeiske ruter. Dette gjelder ikke for FOT-rutene, hvor flyselskapene antas å bli kompensert for kostnadsøkninger i utlysningene¹¹⁵.

Ser vi på endringen i CO₂-utslippene, så skyldes den vesentlig mindre reduksjonen for Regionale og især FOT-ruter at en del av disse rutene avtar fra lufthavner som ikke er EU-lufthavner, og dermed ikke er omfattet av SAF-innblandingskravet i *Forventet* scenario.

Optimistisk scenario - 2050

Figur 8.4 viser den tilsvarende figuren som figur 8.3 men for *Optimistisk* scenario sammenliknet med *Business-as-usual*. Det ses av figuren at den gjennomsnittlige billettprisøkningen øker fra 4 % til 6 %, en økning noenlunde svarende til den relative økning av gjennomsnittlig SAF-innblanding fra 68 % til 100 %.

¹¹⁵ Når det likevel skjer en minimal endring i billettprisene på FOT-reiser skal dette forklares av at den andel av reisene på turen som har transfer til andre ruter får en prisøkning på denne del av reisen.



Figur 8.4: Endring i billettpriser, passasjertall og CO₂-utslipp i Optimistisk scenario sammenliknet med Business-as-usual scenario i 2050. Oppdelt på rutesegementer.

Relativt sett er billettprisøkningen sammenliknet med *Forventet* scenario mindre for utenlands- enn for innenlandsreisene. Forklaringen er at flypassasjeravgiften øker med samme beløp for innlandsreiser og europeiske reiser. For interkontinentale reiser er det forutsatt at den prosentvise endringen er den samme som for de øvrige reisene. Begge deler betyr at avgiftsøkningen for innenlandsreisene blir større sammenliknet med hvis kostnadsøkningen på drivstoffet ble tatt gjennom direkte overvelting i billettprisene. Det samlede statlige tilskuddet for å dekke flyselskapenes merkostnader ved å øke SAF-innblandingen fra 70 % til 100 % blir cirka 1,0 mrd. NOK per år og det kan finansieres ved en 49 % økning av flypassasjeravgiften. I disse tallene er medregnet tilsvarende økning av passasjeravgiften på FOT-ruten, men det antas at flyselskapene kompenseres for denne avgiftsøkning i kontraktene for å betjene FOT-rutene. Det samme gjelder for kostnadsøkningen ved å øke SAF-blandingen fra 0,5 % til 70 %, når innblandingskravet gjelder alle lufthavner og ikke bare EU-lufthavner. Samlet sett betyr det som i *Forventet* scenario at det ikke skjer billettprisøkninger på FOT-rutene.

Med 100 % SAF-innblanding på alle ruter fra norske lufthavner, blir samlede CO₂-utslippene fra norske luftfart uansett rutesegment naturligvis null, da vi her har sett bort fra oppstrømsutslipp ved produksjonen av SAF. I tillegg kan det i praksis også være forskjeller i ikke-CO₂-effektene, som for eksempel kondensstriper, ved å redusere passasjertall og flygninger. Både oppstrømsutslipp og ikke-CO₂-effekter er behandlet i Kapittel 6.

8.2.3 Effektene av batterielektriske fly

Tabell 8.3 viser effektene av å innføre batterielektriske fly på innenlandske ruter etter de kriteriene som er angitt i avsnitt 8.1.4. Tiltaket innføres i tillegg til SAF-innblandingene i både *Forventet* og *Optimistisk* scenario.

Tabell 8.3: Effekten av batterielektriske fly på utvalgte innenriksruter i *Forventet* og *Optimistisk* Scenario i 2050.

Effekt	Forventet Scenario	Optimistisk Scenario
Andel av innenriksruter	58 %	77 %
Andel av innenrikspassasjerer	7 %	28 %
CO ₂ -reduksjon på innenriksruter	12 %	-
Andel av samlet fossilt flydrivstofforbruk	4 %	-
Andel av total SAF-forbruk	1 %	8 %

Det er i alt 251 innenriksruter og av disse er 194, svarende til fire av fem ruter, på høyst 400 km som er antatt øvre grense for rutelengde for elfly i *Forventet* scenario. Mange av de korte rutene har imidlertid få passasjerer og står for en relativt liten del av CO₂-utslippene. Når vi pålegger begrensningene i *Forventet* scenario at elfly bare introduseres på innenriksruter med maks 60 passasjerer per avgang og maks 3 avganger per dag som gjennomsnitt i løpet av 2024, viser tabell 8.2 at dette kriteriet oppfylles av

58 % av innenriksrutene. Det tilsvarer bare 7 % av innenlands passasjerene, da det er ruter med relativt få passasjerer. Videre ses at disse rutene står for 12 % av det resterende CO₂-utslippene fra innenriks-trafikken, når ReFuelEU Aviation innblandingskravet er innført i Norge. Mange av rutene med potensiale for elfly avtar fra ikke-EU lufthavner, hvor denne EU-forordningen ikke gjelder og derfor bare leverer fossilt flydrivstoff uten innblanding. Da omtrent to tredjedeler av energiforbruk og CO₂-utslipp er på utenrikstrafikken, vil elflyene bare spare 4 % av total forbruk av fossilt flydrivstoff. Da vi forventer at all strøm er uten CO₂-utslipp i 2050 blir det også 4 % av det *samlede* CO₂-utslippet fra luftfarten. Elflyene vil bare fortrenge 1 % av SAF-forbruket.

Ser vi på *Optimistisk* scenario er 210 ruter, eller fem av seks, på høyst 600 km. Med den mindre hemmende restriksjonen om opptil 90 passasjerer per avgang i 2024, økes den andel av innenriksrutene hvor elfly tar over til 77 %. Disse rutene transporterer 28 % av passasjerene. Det svarer til fire gange så mange passasjerer som i forventet Scenario. Videre spares det nå 8 % av SAF-forbruket. Til gjengjeld oppnås ikke noen CO₂-fordel, da alt energiforbruk uansett er fossilfri i dette scenariet. Elfly vil sannsynligvis gi ikke-CO₂-relaterte klimafordeler og lokale miljøfordeler som mindre støy og luftforurensing rundt lufthavnene.

8.2.4 Effektene av hydrogenfly

I *Optimistisk* scenario vil det ikke være noen CO₂-reduksjon av å innføre hydrogenfly, da det i forveien antas at det er krav om 100 % innblanding av SAF på ruter fra alle lufthavner. I *Forventet* scenario gir hydrogenfly heller ikke i 'Forventet scenario' noen ytterligere CO₂-fordel, som følge av antakelsen om at hydrogen teller med i ReFuelEU Aviation's e-SAF andel, så hydrogen antas å substituere flytende e-SAF i oppfyllelsen av kravet. Samlet vil det derfor fortsatt bli innblandet e-SAF svarende til delkravet på 35 % av de 70 % i 2050.

Fordelen ved at hydrogenfly kan derimot være en reduksjon av luftfartens samlede primære energiforbruk av to årsaker:

- Det er mindre energikrevende å produsere hydrogen, da man sparer konverteringsprosessen til flytende drivstoff, inklusiv energi til fangst av CO₂. CO₂-fangst er især energikrevende hvis det er gjennom direktefangst av karbon fra luften ('direct air capture', DAC).
- Hydrogenelektrisk fremdrift kan også være mer energieffektiv enn konvensjonell fremdrift.

Dette perspektivet analyseres avslutningsvis i Avsnitt 8.3.

8.3 Energiforbruk og elforsyning

Dette avsnittet sammenlikner samlet energiforbruk i Forventet og Optimistisk scenariene sammenliknet med *Business-as-usual* scenariet. Videre ses det på konsekvensene for endringen i samlet kraftbehov med den antakelse at e-SAF, inklusivt hydrogen, samt strømmen til elfly skal produseres i Norge. I *Business-as-usual* scenariet vokser.

Utviklingen i energiforbruk og kraftbehov i de tre scenariene kan dekomponeres i en rekke faktorer:

- **Drivstoffeffektivitet:** Utviklingen i drivstoffeffektivitet som følge av teknologiske forbedringer av neste generasjoner av fly gjennom flåtefornyelser inngår i *Business-as-usual*. I dette scenariet og forventet scenario vokser samlet energiforbruk svakt med 6 % fram mot 2050, fordi veksten i samlet flytrafikk nesten motsvares av forbedringer i energieffektiviteten. I Optimistisk scenario er antatt ytterligere forbedringer som følge av større reduksjon for neste generasjon fly.
- **Etterspørselseffekt av endrede billettpriser:** Med forutsetningene i avsnitt 8.1 blir SAF-kostnadene for flyselskapene høyere enn fossilt flydrivstoff inklusiv ETS-kvotepreis på intraeuropeiske ruter og CO₂-avgift på norske innenriksruter (figur 7.4). Full overvelting av disse merkostnader i billettprisene i *Forventet* scenario og gjennom økt flypassasjeravgift i *Optimistisk* scenario (tabell 3.6) gir reduksjoner i etterspørselen og dermed i forbruk av flydrivstoff. Reduksjonen som

er størst i *Optimistisk* scenario, fordi innblandingen her er 100 % i alle lufthavner sammenlignet med 70 % bare i EU-lufthavner i *Forventet* scenario.

- **SAF-innblanding:** Innblanding av SAF gir ingen endring i energiforbruk i luftfarten, når det måles i energienheter (MJ) som sekundært energiforbruk. Men for e-SAF gir produksjonen av hydrogen og konverteringen til flytende drivstoff et betydelig energitap i forhold til innputtet av primære energiprodukter. Dette betyr at produksjonen av e-SAF krever store mengder av bærekraftig strøm. Her benyttes i gjennomsnittlig nøkkeltall på 42,7 MWh per tonn e-SAF svarende til forutsetningen i Destination 2050 (s. 91).
- **Hydrogenfly:** Hydrogen til elmotorer via brenselceller gir antakelig en energisparing sammenliknet med konvensjonelle fly med forbrenningsmotorer. Destination 2050 (s. 196) vurderer effektiviseringsgevinsten til 15 %. Videre spares konverteringen til flytende drivstoff. Ifølge Destination 2050 (s. 91) gir det anledning til en energieffektivisering på cirka en tredjedel.
- **Elfly:** Ved bruk av elfly er energisparingen større enn for hydrogenfly, fordi man unngår energitap både fra strøm til hydrogen og tilbake igjen via brenselcellen. Til gjengjeld økes energiforbruket av et tyngre fly som følge av vekten av batteriet. Da de forutsatte elflyene ikke er ferdigutviklet i dag, er det stor usikkerhet på energiforbruket per setekm for disse flyene. I tråd med ICCT (2023) anslås her at det er halvparten av tilsvarende for fremtidige konvensjonelle fly med forbrenningsmotor. Samtidig spares kraft til produksjon av e-SAF og hydrogen.

Resultatene for energiforbruk og kraftbehov i scenariene er vist i tabell 8.4.

Tabell 8.4: Energiforbruk og kraftbehov per år i 2050 i *Forventet* og *Optimistisk* scenario i forhold til *Business-as-usual* scenario

	Energiforbruk 1000 tonn	Kraftbehov TWh	Energiforbruk 1000 tonn	Kraftbehov TWh
Effekt i forhold till Business-as-usual scenario	Forventetscenario		Optimistiskscenario	
Business-as-usual uten forbedret av drivstoffeffektivitet	1 238		1 238	
Forbedret drivstoffeffektivitet	- 390		- 429	
Business-as-usual scenario	848		(829)	
Endret etterspørsel på grunn av endringer i billettprisene	- 28		- 39	
SAF-innblanding	-	11,7	-	16,4
Hydrogenfly	-2	- 0,2	-4	- 0,5
Elfly, Strømforbruk (1)	9	0,1	32	0,4
Spart fossilt drivstofforbruk	- 12		-	
Spart b-SAF	- 3		- 32	
Spart e-SAF (inkl. H ₂)	- 3	- 0,1	- 32	- 1,4
Total	810	12	734	16

(1) Omregnet til ekvivalerende tonn drivstoff.

I *Forventet* scenario er samlet energiforbruk 1,2 mio. tonn drivstoff, hvilket er stort sett tilsvarende 2025-nivå. Det ses av figur 8.3 at økt drivstoffeffektivitet fram mot 2050 er den faktor som gir langt størstedelen av reduksjonen av energiforbruket. I *Optimistisk* scenario er effekten litt større, fordi det her er antatt at målet for energieffektivisering av neste generasjon fly nås fullt ut. I begge scenarier er effekten fra økt energieffektivitet mer enn ti ganger større enn bidraget fra den reduserte reiseaktiviteten som følge av at kostnadsøkninger fra SAF gir høyere billettpriser. Redusert energiforbruk fra innføring av elfly gir bare hhv. 2 % og 6 % av samlet energibesparelse

Innblandingen av e-SAF gir langt den største økning av behovet for kraft, ca. 100 hhv. 40 ganger så stort som til produksjonen av strøm til elfly i *Forventet* og *Optimistisk* scenario. Innfasingen av hydrogenfly fortrenger flytende e-SAF, og det reduserer behovet for strøm. Bruken av elfly på de korte innenriksrutene gir umiddelbart behov for mer strøm, men dette oppveies av spart strøm til produksjon av e-SAF.

Samlet sett gir de to scenariene et vesentlig økt kraftbehov på henholdsvis 12 og 16 TWh per år i forhold til *Business-as-usual* scenario. I 2024 var total norsk kraftproduksjon 157 TWh (Statkraft, 2025). Det vil at *Optimistisk* scenario gir et økt kraftbehov på ca. 10 % sammenliknet med dagens situasjon. Til sammenlikning har Miljødirektoratet anslått kraftbehovet til hele transportsektoren til 60 TWh i 2050 i et scenario med trafikkvekst, og 44 TWh i et scenario med nullvekst (Avinor, 2023).



Foto: Shutterstock

9 Perspektiver for Norge og norsk næringsliv i klimavennlig luftfartsteknologi

I dette kapitlet ser vi på perspektivene for Norge og norsk næringsliv ved å satse på utviklingen av klimavennlig luftfartsteknologi. Utvikling og tidlig innføring av klimavennlig luftfartsteknologi i Norge kan også bidra til en rekke samfunnshensyn, for eksempel verdiskaping og nye arbeidsplasser, mindre støy og luftforurensing og å forsterke Norges beredskap gjennom lavere avhengighet av import.

Norske myndigheter og offentlige institusjoner kan ikke støtte alle teknologier som har potensial, og ikke alle teknologier som blir støttet resulterer i levedyktig norsk produksjon. Et dilemma er hvor og hvor langt man skal fortsette støtten til den videre utviklingen, og når teknologiene kan og bør klare selv i å tiltrekke nødvendig risikovillig kapital for å kunne etablere produksjon til markedet. Å analysere fortrinn og ulemper for Norge og norsk næringsliv i forhold til de enkelte teknologiene kan understøtte prioritering av hvor og hvordan det kan gi mest mening med offentlig støtte. Uansett må Norges rolle i utviklingen av klimavennlig luftfart ses i kontekst av hva som skjer internasjonalt, ikke minst i forhold til europeisk regulering og finansiell støtte til forskning og utvikling på området.

Det er et eksplisitt politisk ønske om å understøtte at Norge kan få en ledende posisjon i produksjon av SAF. ReFuelEU Aviation definerer rammene i Europa i form av å skape en gradvis økende etterspørsel. Likevel ser det ut til å være et slags 'høna og egget'-problem som gjør at det ennå ikke investeres i tilstrekkelig europeisk produksjonskapasitet. Norge har god adgang til bioressurser til b-SAF og grønn strøm til e-SAF. Det er syv-åtte avventende norske investeringsprosjekter i produksjonsanlegg, hvorav tre er til e-SAF. Den norske bransjen fremhever blant annet utilstrekkelig risikoavlastning, ikke solid nok offentlig støtte, og lang prosess for adgang til kraft fra nettet som utfordringer.

For elfly ligger den største utfordringen i at det ennå ikke er klart hvor stort potensialet vil bli i kommersiell luftfart. Norge vurderes å være et av de landene, hvor potensialet for elfly kanskje er størst, fordi de første flyene vil være små og med kort rekkevidde, som passer godt til mange av de norske rutene. FOT-rutene vil være et område, hvor norske myndigheter har gode muligheter for å legge til rette for tidlig innføring av elfly. Gjennom erfaringer fra å støtte opp om innføringen av elbiler og elferger har Norge antakelig også gode forutsetninger for å utvikle ladeinfrastruktur til elfly og andre nye næringer.

Hydrogenfly har lengre utsikter. Produksjon og forsyningskjeder for hydrogen er derfor ikke det som er mest presserende, bortsett fra når det gjelder som innsatt til produksjon av e-SAF.



Foto: Beta Technologies. Åpning av Testarena i Stavanger 8. august 2025.

Å støtte opp om innovasjon i og bruk av nye teknologier innebærer alltid en risiko. Dette gjelder spesielt når teknologiene er på et tidlig utviklingsstadium og det er usikkert hvor nyttige og lønnsomme de vil kunne bli i framtida, hva det vil koste å introdusere dem og hvor vanskelig det vil være å 'komme sent til festen' (Adner, 2012; Mazzucato, 2015). Det er krevende, og ofte ikke mulig, i forkant nøyaktig å forutse hva som vil bli teknologiske vinnere og best bidra til å nå ulike samfunns mål.

Det er en rivende utvikling av ulike miljøteknologier internasjonalt. For eksempel effektiviteten i ulike typer solcelleteknologier blitt stadig bedre de siste tiårene (NREL, 2025). Næringslivet i ulike land konkurrerer med hverandre om markedsandeler innenfor de ulike miljøteknologiene. Kina er blitt en global leder når det gjelder installert effekt av ulike fornybarteknologier.¹¹⁶ 26. februar 2025 lanserte Europakommisjonen sin store pakke 'Clean Industrial Deal' for å bidra til å forsere avkarboniseringen av Europa og samtidig støtte Europas industri og europeisk innovasjon (se Vedlegg C).

9.1 Perspektiver for Norge i utviklingen av teknologien for grønn luftfart

En eventuell nasjonal produksjon av miljøteknologier i luftfarten slik som bærekraftig flydrivstoff, null- og lavutslippsfly, flykomponenter, ladeteknologi kan bidra til å nå en rekke samfunns mål i tillegg til å bidra til klimavennlig luftfart:

- *Verdiskaping og nye arbeidsplasser* (Ydersbond, 2023). Norge trenger nye lønnsomme næringer etter hvert som produksjonen i petroleumsbransjen synker. Samlet effekt på verdiskaping og arbeidsmarkedet kommer imidlertid an på hva disse ressursene ellers ville blitt brukt på. Det er høy sysselsetting i Norge per i dag (2025), og i fremtiden vil det sannsynligvis oppstå utfordringer på grunn av færre yrkesaktive med den kommende eldrebølgen i kombinasjon med færre yngre på grunn av lave fødselstall.
- *Omstilling av raffineriindustrien* og annen etablert industri til 'grønnere' løsninger.
- *Bedre oversikt over og kontroll med bærekraften* i produksjonen av de ulike produktene enn dersom produksjonen skjer i andre land (Avinor, 2024a; Wangsness et al., 2021).
- *Reduksjon av andre utslipp og støy* nå det benyttes elmotorer og alternative energikilder som hydrogen og strøm
- *'Land value capture'* på grunn av lavere støy (Wangsness et al., 2021). Dette innebærer at områder som i dag ikke benyttes på grunn av støyen rundt flyplasser kan benyttes til ulike typer aktiviteter, for eksempel næringsformål, dersom støynivået reduseres vesentlig.
- *Forbedre Norges beredskap* gjennom nasjonal produksjon og at norsk luftfart blir mindre avhengig av import fra andre land.

Videre vil tidlig innføring av slike teknologier kunne gi Norge og norske aktører 'first mover advantages' i å etablere økosystem rundt de ulike teknologiene (T&E, 2025b; Ydersbond, 2021a). Dette kan gi fortrinn for alle involverte parter, da de kan opparbeide seg kompetanse, etablere samarbeid, skape næringsklynger, utvikle forretningsmodeller og konsepter og så videre, som de kan tjene på. Det kan imidlertid være risikabelt å være først med en ny teknologi, og langt fra alle som er tidligst ute ender opp med å være markedsvinnere, som illustrert for ulike teknologier av blant andre Adner (2012). Samtidig er det også risikabelt å la være i å investere i miljøteknologi, som nevnt innledningsvis.

Dersom norske aktører tidlig engasjerer seg i utviklingen av, eller det tidlig blir innført flytyper som inngår i lav- og nullutslippsluftfart, økes også sannsynligheten for at flyene som utvikles vil være egnet

¹¹⁶ <https://www.iea.org/reports/renewables-2024/electricity>

for å bruke under tøffe, norske forhold¹¹⁷ (Avinor & Luftfartstilsynet, 2020). Dette inkluderer for eksempel at fly i Norge trenger anti-ising/avisingsutstyr for å forhindre og fjerne ising og at det trengs nye fly som kan ta av og lande på korte rullebaner. Elbilene som ble produsert fikk egenskaper som gjorde at de kunne egne seg her til lands fordi Norge gikk foran internasjonalt med elbilsatsningen og bilprodusentene derfor ønsket å imøtekomme norske behov.

Uansett må Norges rolle i utviklingen av klimavennlig luftfart ses i kontekst av hva som skjer internasjonalt, ikke minst i forhold til europeisk regulering og finansiell støtte til forskning og utvikling på området. Den tidligere nevnte rapporten fra EU-forskningsprogrammene Clean Aviation Joint Undertaking og fra SESAR Joint Undertaking understreker at dersom EU skal fortsette å være verdensledende innen luftfarten når det gjelder sivile fly og ATM teknologi, trengs det en (svært) kraftig europeisk satsning. Det må investeres storskala forskning og utvikling av bærekraftig luftfartsteknologi. Videre trengs støtte til europeisk produksjon, vedlikehold, digitalisering og utdanning av relevant arbeidskraft. Clean Aviation og SESAR anslår at det trengs investeringer på 22,5 milliarder Euro for forskning, innovasjon og markedsmodning i perioden 2028-2034 (Clean Aviation & SESAR, 2025). I hvilken grad disse pengene faktisk vil bevilges på EU nivå, og hvor mye av disse midlene som da eventuelt vil tilfalle norske aktører, er usikkert.

9.2 Statlig støtte i tidlig utviklingsfase av nye teknologier

En rekke ulike aktører har påpekt at forutsetninger for at det skal skje en raskere storskala introduksjon av null- og lavutslippsteknologier i luftfarten er at myndighetene tilrettelegger for dette. Aktørene i luftfarten understreker at de må sikres stabile regulatoriske rammer, gis risikoavlastning og sikres at det tidlig blir lønnsomt å velge de nye teknologiene sammenliknet med dem de erstatter (Ydersbond, 2021b, 2023; Ydersbond et al., 2025). Luftfarten er, som tidligere drøftet, krevende å avkarbonisere. Derfor representerer disse betingelsene betydelige politiske og forvaltningsmessige utfordringer.

Norske myndigheter har de siste tiårene støttet opp under utvikling og demonstrasjon av ulike nye miljøteknologier i Norge, for eksempel produksjon av fornybar strøm. Trass i at flere av prosjektene har hatt gode resultater, har myndighetene ofte valgt ikke å støtte opp under videreutvikling og kommersialisering av disse teknologiene. Et dilemma hvor langt man skal fortsette å gi støtte til den videre utviklingen og når kan og bør teknologiene klare selv å tilstrekke nødvendig risikovillig kapital for å kunne etablere produksjon til markedet. Stopper man for tidlig risikerer man, at de havner i 'teknologiens dødsdal'.

Dette dilemmaet gjelder for alle nye fornybarteknologier i mange år, også flytende havvind og havvind. Inntil 2022 var det ikke installert én eneste vindpark til havs i Norge, trass i at Norge hadde det aller første forskningsprosjektet i verden, som også var vellykket. Den ene flytende vindparken som ble åpnet i 2022, har imidlertid en vesentlig andel av verdens produksjonskapasitet av flytende havvind per 2025. Når det gjelder ordinær havvind vil det bli etablert produksjon i Norge i årene som kommer (f.eks. Rustad, 2025), mange år etter at våre naboland og en rekke andre land globalt har fått etablert slik produksjon (GWEC, 2025).

I andre land der satsningen på ny disse typer fornybar energi har vært større og sterkere, har teknologiene derimot utviklet seg videre og blitt produsert i mye større skala, for eksempel ulike typer bioenergi i Sverige (Energiföretagen, 2025; NVE, 2025). Det har vært typisk for norske myndigheter når det gjelder ulike fornybar-teknologier heller å vente på at verdensmarkedet, myndigheter og aktører i andre land eventuelt skal bidra med kommersiell oppskalering av dem (Ydersbond, 2020).

Et utbredt tankegods er at samfunnsøkonomisk lønnsomhet skal være styrende, og at det ikke er regjeringens oppgave å satse på enkelt næringer eller enkeltteknologier (f.eks. Rådgivende utvalg for

¹¹⁷ <https://snl.no/avisingsutstyr>

finanspolitiske analyser, 2025). Dette kan være økonomisk rasjonelt, da satsinger ikke er garantert å føre kommersialisering av teknologier nasjonalt. Teknologiutvikling drives av både veletablerte og nye aktører med ulike muligheter for finansiering. De siste par årene har det også vært vanskeligere for start-up teknologiselskaper å få investeringer fra private aktører med risikovilje internasjonalt (Teare, 2024).¹¹⁸ I Norge og andre land er det imidlertid en rekke ulike fond som aktører kan søke om investeringer fra (Wosczyk, 2023). For oversikt over ulike støtteordninger i Norge, se Grünfeld (2022).

Det er generelt krevende for utviklere av grønn teknologi i Norden å oppnå kommersialisering (Pizzol & Andersen, 2022). Ekspertutvalget for klimavennlige investeringer påpeker at det har fått flere innspill om at samfunnsøkonomisk lønnsomme prosjekter ikke er bedriftsøkonomisk lønnsomme nok til å tilfredsstille investorers avkastningskrav (Saltvedt et al., 2022). I sum gjør de ulike forholdene det mer krevende for norske virksomheter utvikle alle nye miljøteknologier til de kommersialiseres, ikke minst miljøteknologier i luftfarten for oppstartselskaper.

EUs kvotehandelssystem bidrar til reduksjon av klimagassutslipp, men kvoteprisen har ennå ikke nådd slike høyder at de alene er tilstrekkelige for å fremme storskala innovasjon og kommersialisering innen en rekke viktige teknologier. Selv om det kan utvikles teknologier som kan kutte klimagassutslipp til en lavere kostnad enn det som modellberegninger samlet inn av Det internasjonale klimapanelet (FNs klimapanel, IPCC) viser (se Rosendahl & Wangsness, 2024), kan kostnadene fortsatt være høyere enn hva dagens CO₂-avgifter og ETS-priser skulle tilsi. I fravær av karbonprising som faktisk gjenspeiler kostnadene av å overholde Parisavtalen, trengs det derfor nasjonale og internasjonale reguleringer og å støtte opp under for eksempel teknologiutvikling.

Trass i at energisystemet ofte blir fremstilt som statisk og preget av lock-in, viser de store endringene for eksempel i energibruk i Sverige og Norge de siste tiårene at endring ikke bare er mulig, men også vanlig (Ydersbond, 2020). Transportsystemene i Norge og Europa er også i stadig endring, ikke minst gjennom elektrifisering av ulike kjøretøykategorier, slik som biler, busser og jernbane (f.eks. Reed & Andrew, 2025). Storskala-overgangen til elbiler i Europa viser hvordan virkemidler, insentiver og reguleringer sammen kan få myndigheter, privatpersoner, bedrifter, andre aktører og bilbransjen til sammen å bidra til et teknologisk skifte (f.eks. Plötz et al., 2019). De nye teknologiene blir også stadig bedre. For eksempel har nye elbilers rekkevidde i Norge økt med 300 kilometer på 10 år og er nå over 500 kilometer i gjennomsnitt (Dydland, 2025).

Mange nye teknologier de siste tiårene er blitt etablert som følge av ulike statlige støtteordninger, som statsfinansiert forskning, gjennom statsfinansierte låneordninger, samarbeid med ulike myndigheter og gjennom annen statlig tilrettelegging, slik som utviklingskontrakter, slik at teknologiene kan bli markedsmodne (se Mazzucato, 2015). Ikke minst har det amerikanske forsvarrets satsninger vært sentrale, for eksempel i den tidlige utviklingen av internett,¹¹⁹ og det amerikanske forsvaret i dag en viktig finansieringskilde for ulike selskaper som utvikler null- og lavutslippsfly.

Norske myndigheter har også gjennom en rekke ulike grep gjort det lønnsomt og enkelt for virksomheter og forbrukere å satse på miljøteknologi har de også valgt disse løsningene. Dette gjelder for eksempel elbiler og elferger (se Boks 9.1). Det er et åpent spørsmål om produsenter av ladeutstyr til ulike typer elektriske kjøretøy i Norge også vil dra nytte av satsningen på elektrifisering i luftfarten. Det er muligheter for dem, særlig dersom det etableres ladeløsninger som kan benyttes av kjøretøy i ulike sektorer, slik som i veitrafikken og luftfarten. For å unngå høna- og egget problemer når det gjelder lading, er det viktig at det etableres ladeløsninger samtidig som elektrifiserte fly introduseres slik at flyene kan lade der de tar av og lander.

¹¹⁸ Se også: <https://oslobusinessregion.no/articles/tonjes-take-all-to-gain-on-venture-capital>

¹¹⁹ <https://www.internetsociety.org/internet/history-internet/brief-history-internet-related-networks/>

Boks 9.1 Norges satsing på introduksjon av elbiler og elferger

Norge har gjennom politiske initiativer innført sterke insentivene for elbiler og elferger og bidratt til at Norge per 2025 er verdensledende i elektrifisering av bilparken og fergene. Satsningen har også bidratt til vesentlige reduksjoner i klimagassutslipp, i første omgang i Norge, men deretter gjennom at den norske satsningen har inspirert andre land slik at de også satser på disse miljøløsningene (Alvik & Bakken, 2020; Norsk klimastiftelse, 2025; OFV, 2025). Den største effekten av en norsk satsning på null- og lavutslippsløsninger i luftfarten vil sannsynligvis også bli effekten den har internasjonalt, for eksempel i å fremskynde introduksjonen av batterielektriske og hybridelektriske elfly (Wangness et al., 2021).

Norge har ingen produksjon av ferdige biler (lenger), men derimot en rekke andre aktører som tjener på levere et bredere utvalg av varer og tjenester knyttet til elbilsalget her til lands. Dette inkluderer bilforhandlere, bilutleiefirmaer, produsenter og forhandlere av ladeinfrastruktur og andre (Wangness, 2019). I tillegg er Norge en betydelig underleverandør til bilindustrien (Seehusen, 2018). Satsningen på elbiler har bidratt til at noen aktører har tjent og andre tapt, og gitt nye innovasjoner, slik som smarte ladesystemer. Slik er det med all politikk og policy: det handler om fordeling av goder og byrder. De fleste typer politikk gir både vinnere og tapere. Produsenter og selgere av for eksempel ladeutstyr er vinnere i elbilsatsningen, mens de som driver med vedlikehold av biler får mindre å gjøre, siden elbiler trenger vesentlig mindre vedlikehold enn biler med forbrenningsmotor.

I motsetning til når det gjelder biler, har Norge flere produsenter av ferger, og en stor verftsindustri som har produsert en andel av elfergene som er i bruk (Eksfin, 2018). Da har Norge også sannsynligvis sittet igjen med en større andel av verdiskapingen som følge av fergesatsingen, sammenlignet med satsingen på elbiler, da nasjonal satsning på nullutslippsferger har bidratt direkte til arbeidsplasser i verftsindustrien. Dette må imidlertid undersøkes nærmere.

Utvikling og sertifisering av nye flytyper

Det er mange mekanismer som gjør at det er krevende å omstille energisystemene, inkludert transportsektoren, til elektriske og andre nullutslippsløsninger. Dette kalles gjerne teknologisk lock-in og karbon lock-in (Kotilainen et al., 2019; Unruh, 2002). Dette gjelder spesielt i luftfarten av mange grunner; Det er mangeårige utviklingsløp før en ny flymodell er i lufta og svært dyrt å oppnå sertifisering, spesielt for de store flyene. Streng sikkerhetskrav bidrar til dette. Hvert fly har store innkjøpskostnader, og flyene har en levetid på 20-50 år. Derfor er det en kostnadskrevende, stor praktisk og organisatorisk endring som skal til for å omstille luftfarten til nye lav- og nullutslippsløsninger inkludert omstilling til nye energibærere som strøm og hydrogen (Avinor, 2023; T&E, 2024). Videre er det relevant å vurdere de ulike teknologiske innovasjonssystemene og å studere de ulike aktørene som inngår i de ulike verdikjedene for bærekraftig luftfart (Fantini et al., 2025).

Per 2025 er den offentlige økonomiske støtten til omstilling av luftfarten en brøkdel av støtten til omstilling av sjøfarten (Enova, 2023a, 2023b). Insentivene for å anskaffe for eksempel null- og lavutslippsfly, eller etablere produksjon av SAF og e-SAF, er langt lavere. Dette gjenspeiler Norges ulike roller i luftfarten og i sjøfarten. I luftfarten har Norge hverken etablert nasjonal kommersiell produksjon av fly, eller besitter en stor nasjonal flåte.¹²⁰ Samtidig er også luftfarten spesielt i Norge en samfunnskritisk næring som er avgjørende for fremkommeligheten i mange deler av landet (Samferdselsdepartementet, 2023).

Norge har allerede flere aktører som på sikt kan gjøre en forskjell nasjonalt og internasjonalt dersom de får kommersialisert sine teknologier. Norge har en produsent/utvikler av elfly, Elfly AS, som utvikler skrog til et batterielektrisk amfibie-sjøfly (som også kan ha andre energibærere), og en utviklingsavdeling for flymotorer til hybride fly, Rolls-Royce (Stoltz, 2025), enkelte produsenter av ladeløsninger (som Siemens og Defa) og utviklingsprosjekter for e-SAF og drivstoff som kan utgjøre et ressursgrunnlag for SAF. Kongsberg Defence & Aerospace produserer ulike teknologi som benyttes i luftfarten. Videre har Norge enkelte prosjekter for produksjon av grønt hydrogen (Innovasjon Norge, 2025). Grønt hydrogen er innsatsfaktor i e-SAF. I tillegg vil en utvidet satsning på miljøteknologi i lufta gi muligheter også til en rekke andre aktører, slik som dem som driver med finansiering og vedlikehold (Ydersbond, 2021a). I de

¹²⁰ <https://www.ssb.no/en/transport-og-reiseliv/sjotransport/statistikk/handelsflaten-norskregistrerte-skip>

etterfølgende to avsnittene ser vi nærmere på potensialet for Norges rolle i relasjon til henholdsvis produksjon av SAF og fremme av elfly.

9.3 SAF-produksjon i Norge

Ved behandling av *Bærekraftig og sikker luftfart - Nasjonal luftfartsstrategi* [Meld. St. 10 (2022-2023)]

2. mai 2023 gjorde Stortinget følgende blant annet følgende vedtak¹²¹:

Vedtak 632

Stortinget ber regjeringen legge frem en plan for hvordan Norge kan få en ledende posisjon i produksjon av bærekraftig drivstoff, slik at Norge er godt posisjonert gjennom et industrielt miljø når innblandingskravene blir innført i EU, og komme tilbake til Stortinget på egnet måte.

Vedtak 633

Stortinget ber regjeringen raskt legge fram en plan for å øke produksjonen av avansert biodrivstoff i Norge.

Vedtakene illustrerer at det er en klar politisk interesse i at Norge skal posisjonere seg til å bidra til produksjonen av SAF. I tråd med dette har en rekke norske virksomheter konkrete planer om å etablere produksjon av SAF og e-SAF.

9.3.1 SAF-prosjekter i Norge

Norge har gode råstoff forutsetninger for produksjon av både b-SAF og e-SAF. Fra skogsindustrien er det god adgang til bærekraftig biomasse. Beregninger fra 2017 når fram til et samlet potensiale på opptil 22 TWh, som kan omsettes til mellom 0,6 og 1,0 milliard liter biodrivstoff, hvorav halvparten kan bli til bærekraftig flydrivstoff¹²². Til sammenligning var forbruket av konvensjonelt flydrivstoff i norsk luftfart ca. 1,1 milliard liter i 2024 (omregnet fra tabell 5.1 med faktor 0,8 kg/liter). Når det gjelder e-SAF har Norge stor produksjon av bærekraftig strøm i hovedsak fra vannkraft med stabil og tilgang til lave kostnader per kWh. Norge har over 90 % fornybarandel, som er ReFuelEU Aviations krav for at produksjonen kan få kraft direkte fra strømmettet til e-SAF produksjon.

Tabell 9.1a og b gir en oversikt over de identifiserte syv-åtte prosjektene, hvorav fem involverer b-SAF og tre e-SAF.

¹²¹ <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Saker/Sak/?p=92591>

¹²² DNV (2023) s. 66 refererer til Rambøll. (2017): *Bærekraftig drivstoff til luftfart, Status 2017*.

Tabell 9.1a: Oversikt over norske biodrivstoffprosjekter med b-SAF potensial.

Prosjekt	Silva Green Fuel	Biozin / Equinor	Biojet	Equinor
Type drivstoff	En bio-olje som vil kunne gå blant annet til SAF	Bio-metanol, som på sikt kan videreutvikles til SAF Ser på CCS som del av løsning.	Avansert biodrivstoff hvorav 75% SAF	b-SAF + RCF Ser på CCS som del av løsning.
Innsatsfaktorer	Sidestrømmer fra skog	Sidestrømmer fra sagbruks- og skogsindustrien	Sidestrømmer fra skog og sagbruk.	Ikke-resirkulerbart avfall (kommersielt /kommunalt), samt bio (A-råstoff).
Planlagt oppstart	2028-2030 (tidligst). Plan om flere anlegg.	2030/2031	2029/2030	2031/2032
Planlagt produksjonsvolum	Ca 100 mill. liter råolje per anlegg. Jobber med plan for at opp mot 50 % kan bli SAF.	110.000 tonn metanol pr år.	35.000 tonn første år. 70.000 tonn v. full produksjon (2032).	Ca. 100 mill. liter SAF
Lokasjon	Tofte	Åmli	Ringerike	Mongstad
Partnere	Jobber også med andre lokasjoner.		Leier arealer av Treklyngen Har inngått råvare-avtaler. Flere anlegg vurderes i utlandet.	
Status	Demo-anlegg i drift (investert 100 MEUR). Videre teknologiutvikling pågår. Videre framdriftsplan fastsettes av ny (del)eier.	Biozin og Bergene Holm har inngått et samarbeid med Equinor fra april 2024. Mulighetsstudie pågår.	FEED-studie planlagt startet 2025 etter kapitalutvidelse som pågår i 2024.	Forventer FID i 2028
Offentlig støtte	116 MNOK fra Enova. 0,5 MNOK i søknadsstøtte, samt Skattefunn (14 MNOK)	EU Innovation Fund: 75 MEUR Enova: 507 MNOK (Begge tildelingene er kansellert.)	Enova ca. 10 MNOK i forprosjektstøtte	

Tabell 9.1b: Oversikt over norske e-SAF prosjekter.

Prosjekt	Norsk E-fuel	Nordic Elektrofuels	SMA Minerals / Infinium
Type av drivstoff	RFNBO	RFNBO	RFNBO
Innsatsfaktorer	Grønt hydrogen og CO ₂	Grønt hydrogen og CO ₂	Grønt hydrogen og CO ₂
Planlagt oppstart	2028, mulig forsinkelse pga. pågående avklaring ang. sentralnettet	2027	Trinn 1: 2028/29. Trinn 2: 2031/32.
Planlagt produksjonsvolum	Oppstart: 30.000 tonn 2030: 150 000 tonn (2 anlegg senest 2030)	Start: 8 000 tonn (kommers. pilot). Neste: 40 000 tonn Fullskala: 160 000 tonn SAF: ca. 150 000 tonn herav (70%)	90 000 ton pr år (Trinn 1 + 2).
Lokasjon	Mosjøen fra start.	Herøya fra start.	Mo Industripark, Mo i Rana
Partnere	Hydrogen fra Gen2Energy, CO ₂ m. tog. Portefølje med 3 aktive prosjekter i Norden.	CO ₂ fra industriaktør, H ₂ produseres selv. Portefølje med 6 prosjekter i Norge i ulike faser. Mål om 1 mrd liter innen 2036.	
Status	Sikrer sites FEED-studie pågår (>100 MNOK) Forpliktende offtake i 10 år.	Planlegger FID i første del av 2026. Gjennomført EEDstudie (>100 MNOK) Forpliktende offtake i 10 år (P2X-Europe)	FID første fase kalkproduksjon i 2025. FID efuels-produksjon i 2025 (forutsetning: tildelt nettkapasitet).
Offentlig støtte	1,5 MNOK fra Innovasjon Norge. Noe fra SkatteFUNN.	EU Innovation Fund: 40 MEUR (samt Skattefunn og IN Miljøteknologi-ordning 3,5 MNOK)	

Kilde: Avinor presentasjon på [SAF-konferanse i Oslo 20. mai 2025](#).

Prosjektenes teknologiske og økonomiske modenhet varierer, men det er ennå ikke tatt endelig investeringsbeslutning for noen av dem (oktober 2025). På SAF-konferansen i Oslo mai 2025 fremhevet virksomhetene bak prosjektene to hovedbarrierer for å ta beslutning:

- *Utilstrekkelig risikoavlastning.* Det er usikkerhet om det vil være avsetningsmuligheter til den pris som anleggene kan produsere til.
- *Lang prosess for å få tilgang til kraft fra nettet.* Statnett har stor etterspørsel etter nettkapasitet. Det gir lange og usikre prosessstider fra søknad til tilslutning.

ReFuelEU Aviation har som mål nettopp å skape klarhet om dette markedet ved å legge fast minimums-innblandingskrav helt fram til 2050 allerede nå. Her er imidlertid minst to faktorer som skaper usikkerhet.

For det første er det usikkerhet om konsekvensene for Norge, som ennå ikke har iverksatt ReFuelEU Aviation. Regjeringen meddelte i mai 2025 at forordningen 'skal tas inn i EØS-avtalen og i norsk rett så snart som mulig. En slik implementering vil bidra til like konkurransevilkår innen luftfarten i Europa'¹²³. Like markedsvilkår avhenger imidlertid også av at norskregistrerte flyselskaper på lik linje med andre europeiske flyselskaper kan få CO₂-avgiftsfritak for SAF og adgang til tilskudd som ligger i forordningens såkalte 'SAF allowances'.¹²⁴ Med nåværende regler er det en barriere at Norge ikke har iverksatt Fornybardirektivet (REDII).

For det andre kan det være usikkerhet om den politiske holdbarheten av ReFuelEU Aviation. De store kapitalkostnadene for SAF-produksjon har lange tilbakebetalingstider. Det krever tillit til at et økende SAF-marked, som bare vil utvikle seg under den forutsetning at forordningen også vil være gjeldende også om 10-20 år. Denne problemstillingen forsterkes av at det også er stor usikkerhet om hva produksjonskostnadene blir på oppskalerte anlegg. Det får drivstoffleverandører og flyselskaper til å nøle med å forplikte seg til langsiktige avtaler. Per høsten 2025 er status et slags 'høna og egget'-problem som ikke bare gjelder i Norge, men i Europa som helhet. Da det går år fra investeringsbeslutning til start av produksjon gir dette bekymring om man rekker å iverksette de investeringer som nødvendige for oppskalering til 2030-2035 produksjonsnivå. De ansvarlige for de ulike SAF-prosjektene venter nå på at det fra EU skal komme signaler om hva slags støtte de vil kunne motta fremover gjennom [Sustainable Transport Investment Plan](#) (STIF), som ble vedtatt i november 2025 (se vedlegg C). Denne planen presenterer virkemidler for å støtte opp om akselerert innføring av lade- og fylleinfrastruktur, grønn handel, og investeringspartnerskap med tredjeland om fornybare og lavkarbon-energikilder til transport.

Skal norske virksomheter posisjonere seg i forhold til SAF i tråd med de politiske visjonene, vil de i sakens natur avveie risiko mot fordelene ved å være 'early mover'. Det samme gjelder andre virksomheter i EØS-området. Derfor er det relevant å analysere både fortrinn og hindringer for konkurranse-dyktig produksjon i Norge sammenliknet med andre land.

9.3.2 Fortrinn og hindringer for norsk næringsliv i produksjon av SAF

Fortrinn

Norge og norsk næringsliv har flere fortrinn når det gjelder å utvikle og bruke bærekraftig flydrivstoff. Dette blir blant annet er fremhevet i Regjeringens luftfartsstrategi *Bærekraftig og sikker luftfart*, i flere Avinor-rapporter og i andre publikasjoner (f.eks. Avinor et al., 2020; Samferdselsdepartementet, 2023). I et verdikjedeperspektiv er SAF antakelig de enkleste nye teknologiene å innføre. Som nevnt i kapittel 7.2, vil innføring av hverken b-SAF og e-SAF trenge endringer i økosystemet utover på produksjonssiden, da de blandes med ordinært flydrivstoff og benyttes som drop-in flydrivstoff¹²⁵.

Norge har sannsynligvis tilstrekkelig ressurstilgang på innsatsfaktorene som trengs for å produsere bærekraftig flydrivstoff til å dekke eget forbruk. Til norskprodusert SAF kan gode energiråvarer for eksempel være sidestrømmer fra skog, avfall, restprodukter fra jordbruket, grønt hydrogen og marin

¹²³ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/vil-redusere-utslippene-fra-luftfarten/id3101729/>

¹²⁴ For en bra oversikt over reglene for SAF allowances se DESTINATION 2050 (s. 93). https://www.destination2050.eu/wp-content/uploads/2021/03/Destination2050_Report.pdf

¹²⁵ Begrensningen er at eldre flymotorer krever et høyere aromatinhold, så det i dag høyst kan innblandes 50 % SAF. Denne begrensningen vil imidlertid bli mindre etter hvert som flyflåten løpende fornyes.

biomasse (alger og tare). Dette forutsetter imidlertid at ulike produksjonsteknologier kommersialiseres, og at det etter hvert investeres i å få i gang produksjon i tilstrekkelig stor skala (Avinor, 2024a; Avinor et al., 2021; Berglund & Frost, 2024; DNV, 2023). Råvaretilgangen bør i prinsippet ikke være noe problem, ettersom Norge eksporterer store mengder trevirke, spesielt til Sverige (Steinset, 2022).

Sverige har, i motsetning til Norge, allerede en stor industri rundt produksjon av ulike typer biodrivstoff. Både Sverige og Finland har mer skog og ofte enklere topografi enn det Norge har når det gjelder frakt av råvarer til SAF, og har allerede etablert slik produksjon av biodrivstoff og SAF (Tunberg & Hansson, 2020).¹²⁶ Norge har derimot mye lengre kystlinje og et mye større territorialfarvann enn nabolandene i Norden. Derfor kan Norge ha vesentlig større ressursgrunnlag enn nabolandene for å utvikle SAF basert på marin biomasse. Teknologier som produserer SAF basert på marin biomasse er imidlertid foreløpig teknologisk umodne. Dermed er potensialet for produksjon av marin-basert SAF usikkert. Slik produksjon av marin-basert SAF kan bidra til overbeskatning av naturressursene i havet dersom produksjonen ikke hensyntar klimaet og miljøet nok. Ulike aktører har kritisert i Svenske myndigheter, skogsindustrien og bioenergiindustrien for overbeskatning av naturressursene (f.eks. Hoffner, 2011).¹²⁷ Derfor må enhver eventuell produksjon av SAF i Norge, uavhengig av karbonkilde, være basert på gjennomarbeidede design av prosjektene, slik at de ikke bidrar til for eksempel avskoging og tap av arts mangfold i havet og på land.

Norsk næringsliv, Avinor og flyselskapene SAS, Norwegian og Widerøe er alle positive til SAF og har jobbet for økt bruk av SAF i mange år allerede (f.eks. Avinor et al., 2021). Støtten er sterk og inkluderer også andre representanter for luftfarten, slik som NHO Luftfart, og organisasjoner utenfor luftfarten, slik som Norsk Industri, fagbevegelsen, slik som LO, og andre, deriblant miljøorganisasjonen Zero (se også f.eks. Avinor et al., 2021; Ydersbond et al., 2020) og Forsvaret (Stranden & Trøen, 2025). Dette kan ansees for å være et fortrinn, da det vil gjøre det enklere å øke andelene av SAF-innblanding fordi aktørene er med 'på laget' og er motiverte til å få det til.

Som beskrevet i kapittel 8, trengs det mye strøm for å produsere e-SAF og energitapet er stort. Norge har relativt lave priser på grønn strøm og et solid strømnnett, i normalår så langt en betydelig krafteksport. Det sentrale strømnettet mellom ulike deler av landet har imidlertid til dels dårlig kapasitet. Dette skaper flaskehalser, gir lavere forsyningssikkerhet, og bidrar til store prisforskjeller mellom de ulike prisområdene. Det kan også legge sterke føringer for hvor ny kraftforedlende industri kan etableres, og favorisere flere mindre produksjonssteder framfor sentraliserte anlegg. Strømmen i Norge er nesten 100 % fornybar, som gjør at den kan brukes rett fra strømnettet til produksjon av e-SAF og oppfylle EUs bærekraftskriterier (Avinor, 2024a).

Når det gjelder teknologiutvikling av e-SAF, så regnes to av prosjektene i Norge (Nordic Electrofuel og Norsk e-Fuel)¹²⁸ for å være blant de aller mest modne internasjonalt. Norge har sannsynligvis kompetansen fra transportsektoren, petroleumssektoren, fra den maritime sektoren og fra karbonfangst og lagring som trengs for å kommersialisere teknologier som muliggjør e-SAF produksjon i betydelig skala (Avinor, 2024a, 2025a; Avinor et al., 2021). Norge har videre raffinerikapasitet til å produsere e-SAF på Mongstad, dersom anlegget der omstilles til slik produksjon (DNV, 2023).

¹²⁶ I Finland ble det startet et e-SAF pilotprosjekt, Liquid Sun, august 2025 med mål om å etablere et økosystem for e-SAF i Finland. Bak piloten står ABB, Fortum, Finnair og Finavia. Se <https://hydrogeneurope.eu/liquid-sun-launches-esaf-production-pilot-with-abb-finnair-fortum-and-finavia/>

¹²⁷ Se også f.eks. [EU Versus Sweden – the Battle of Sustainability in Our Forests](#)

¹²⁸ Det finnes også andre prosjekter som har potensial, inkludert Infiniums prosjekt i Mo i Rana: <https://www.infiniumco.com/news/nbspmo-industrial-park-and-infinium-announce-collaboration-to-develop-commercial-efuels-project-in-northern-norway>

Å få etablert kommersiell e-SAF produksjon kan bidra til å fremme innfasingen av SAF fordi det virker ikke å være tilstrekkelig etablert av produksjon for dette formålet for å nå volummålene som vil gjelde i Europa fra 2030 (f.eks. Project SkyPower, 2024). Så vidt vi vet er det ikke etablert kommersiell produksjon av e-SAF i Europa enda per oktober 2025.¹²⁹ Det er konsensus i Europa om behovet for støtte og risikoavlastning for å få etablert produksjon av e-SAF (se kapittel 7.2).¹³⁰ Dette impliserer at en ny og rimelig effektiv norsk e-SAF produksjon neppe vil møte sterk europeisk konkurranse i første omgang dersom den etableres i nærmeste fremtid.

Norsk e-SAF-produksjon vil bidra til økt forsyningssikkerhet i Norge. Norge blir mindre avhengig av import, fordi det produseres flydrivstoff på flere steder i landet enn før, og avhengigheten av konvensjonelt flydrivstoff vil reduseres. På den andre siden planlegges det også slike e-SAF prosjekter i andre nordiske land. Dette vil kunne dekke Norges behov, men det er usikkert når, og om, slike prosjekter blir etablert.

Dersom det er politisk ønskelig, kan Norge velge å sette mål om å fase inn SAF raskere enn det ReFuelEU Aviation legger opptil. Når det gjelder mulighetene for å få faset inn SAF raskere enn det som kreves gjennom ReFuelEU Aviation, kan dette gjøres blant annet ved å stille miljøkriterier når det lyses ut nye FOT-anbud, slik Regjeringen legger opp til i luftfartsstrategien (Samferdselsdepartementet, 2023). Med et stort antall FOT-ruter og FOT-ruteområder, er antallet slike ruter høyere her til lands enn i de fleste andre EØS-land (Avinor & Luftfartstilsynet, 2020; Europakommisjonen, 2024). FOT-rutene er en relativt kostbar skattefinansiert ordning, men den gir det Norge et fortrinn sammenliknet med flere andre land som ikke har like mange FOT-ruter, fordi regjeringen der de kan stille miljøkrav og dermed bidra til raskere innfasing av miljøteknologi i luftfarten.

Hindringer

Berglund og Frost (2024) ved DNV har analysert barrierer for produksjon av e-SAF i Norge på oppdrag for Avinor. De påpeker at Norges manglende implementering av relevante EU direktiver og reguleringer, særlig det reviderte fornybardirektivet (RED II), dens etterfølger (RED III), og ReFuelEU Aviation forordningen, gjør det vanskeligere for norske aktører å nyte godt av EUs initiativer når det gjelder SAF. Regjeringen har meddelt at EUs lovverk når det gjelder SAF i ReFuelEU Aviation vil bli iverksatt senest i 2027 (Samferdselsdepartementet, 2025b), men det er som nevnt uklart når og hvordan. Den regulatoriske usikkerheten gjør det også enda mer krevende for finansmiljøene å støtte opp om teknologiutviklingsprosjekter for å utvikle SAF og e-SAF enn investorer i andre land der ReFuelEU Aviation-forordningen allerede er iverksatt.

Bransjen har gitt uttrykk for at det er lite finansiering tilgjengelig for norske selskaper for å utvikle e-SAF teknologien videre til endelig kommersialisering. I andre land, slik som i Storbritannia og i USA, finnes det derimot slike finansieringsordninger. Som nevnt ovenfor er det også usikkert hvorvidt og når e-SAF produsenter i Norge vil få tilgang til tilstrekkelig nettkapasitet (Berglund & Frost, 2024).¹³¹

I Europa og i Norge er dette en slags 'høna og egget'-problemstilling. De ansvarlige i de ulike prosjektene må vente med endelig investeringsbeslutning til de har tilstrekkelig finansiering. Investorer ønsker mer trygghet dersom de skal øke investeringene sine. For at det skal være trygt, trengs det mekanismer som gjør at de vil være sikre på at finansieringene vil lønne seg i et langtidsperspektiv, f.eks. ved at EU eller enkeltstater bidrar med krav som etablerer tilstrekkelig etterspørsel, som for eksempel ReFuelEU Aviation. Den sentrale utfordringen er at SAF per 2025 er (EASA, 2025a), og forventes fortsatt å være,

¹²⁹ F.eks. <https://skynrg.com/open-letter-five-key-policy-needs-to-unlock-the-scale-up-of-e-saf-in-the-eu/>

¹³⁰ Se [PowerPoint Presentation](#)

¹³¹ Avinor's SAF-konferanse våren 2025.

langt dyrere enn fossilt flydrivstoff (se også avsnitt 7.2.3). Oppskalering og kommersialisering av produksjonen vil sannsynligvis bidra til lavere SAF-priser i framtida. Dette avhenger imidlertid av prisen på innsatsfaktorene, for e-SAF særlig prisen på strøm. Med etablering av stadig nye datasentre i Norge og endring i andre markedsforhold, kommer fremtidig etterspørsel etter fornybar strøm antakelig til å være høyere enn i dag, noe som kan bidra til å presse opp strømprisene i årene som kommer (f.eks. Jøssang & Holmen, 2025).

Også på europeisk nivå mangler det tilstrekkelig finansiering, og aktører som er interessert i e-SAF venter som nevnt på hva slags støtte som vil bli foreslått i 'Sustainable Transport Investment Plan' fra november 2025 (se vedlegg C), mens EUs støtteordning forventes ferdigstilt tidligst innen 2027. Dette er for sent til å oppnå produksjon av tilstrekkelige mengder e-SAF innen 2030 ifølge bransjens aktører. 40 prosjekter for produksjon av e-SAF blir planlagt i Europa, men ingen av dem har per oktober hatt investeringsbeslutning (FID) enda.¹³² Denne situasjonen gir både utfordringer og muligheter for norske myndigheter og aktører i Norge.

9.4 Tidlig innføring av elfly i Norge

Batterielektriske fly

Ulike aktører fremhever Norge som ideell for introduksjon av batterielektriske fly. Det er mange grunner til dette. Mange ruter går på korte distanser, og med få passasjerer, noe som passer godt med at de første generasjonene batterielektriske fly vil ha begrenset rekkevidde og passasjerkapasitet. Siden mange av de korte rutene er FOT-ruter, kan staten sette krav til bærekraft når de lyses ut. Det har regjeringen allerede signalisert at vil skje i luftfartsstrategien *Bærekraftig og sikker luftfart* (Samferdselsdepartementet, 2023). Videre har Norge fordeler av at det er en statseid aktør, Avinor, som drifter de aller fleste kommersielle flyplassene. Statlig monopol-eierskap gjør det lettere å ta hensyn til miljøpolitiske målsetninger og teknologier som ikke er kommersielt bærekraftige. Avinor er og har vært langt fremme når det gjelder bærekraft i luftfarten internasjonalt. Mindre elektriske fly har typisk også behov for kortere rullebane enn tilsvarende konvensjonelle fly, hvilket er en stor fordel i Norge med et stort kortbane-nettverk som det vil være kostbart å endre på. Halvparten av Norges 48 lufthavner med daglige ruter har en rullebanelengde på under 1500 meter (se vedlegg E).

Mange aktører i Norge er positive til introduksjonen av lav- og nullutslippsfly. Elektrifisering nevnes blant annet i regjeringserklæringen *Hurdalsplattformen* (Arbeiderpartiet & Senterpartiet, 2021). Strømmen i Norge er nesten 100 % fornybar, og har generelt lave priser sammenliknet med strømmen i mange andre europeiske land. Dette gjør at klimafordelene blir større og at det blir rimeligere å lade flyene. At Norge har mye fjorder og fjell, ikke har jernbane nord for Bodø, og lange kjøreavstander, gjør også at fly regnes for det mest aktuelle fremkomstmiddelet i mange sammenhenger. Norske myndigheter tilrettelegger som nevnt for raskere introduksjon gjennom å ha etablert Norge som internasjonal testarena for null- og lavutslippsluftfart, og å signalisere at null- og lavutslippsfly skal fases inn på FOT-ruter fra slutten av 2020-tallet (Samferdselsdepartementet, 2023).

¹³² Se f.eks. <https://www.hydrogen.no/aktuelt/nyheter/europeiske-selskaper-i-apent-brev-behov-for-pilotordning-for-berekraftig-flydrivstoff>

Hydrogen-elektriske fly

Med god tilgang til fornybar strøm, vann fra havet eller ferskvann, og et strømnett som er solid sammenliknet med strømmettene i mange andre land, er det mange steder mulig å produsere hydrogen gjennom elektrolyse. Avinor er som flyplassseier en tilrettelegger for alle typer nullutslippsløsninger, og har lovet at infrastrukturen skal være på plass når flyene er klare for å flys. Med Norge som arena for uttesting av null- og lavutslippsløsninger bør Norge være godt tilrettelagt for uttesting også av hydrogenelektriske fly. Løsninger for hydrogenfylling og -lagring må utvikles. Norge har store teknologimiljøer som arbeider med hydrogen. Hydrogenelektriske fly vil i likhet med andre nye teknologier sannsynligvis trenge mer oppfølging og vedlikehold til teknologien er kommersielt moden. Det innebærer at det vil være fordel å etablere ruter der det er god tilgang til flyteknikere, og der flyene får hovedvedlikehold, slik som på Flesland hvor Widerøe har sin base. Dette er den eneste flyplassen i Norge der det utføres hovedvedlikehold på fly per 2025.

Hybridelektriske fly

Så lenge hybridelektriske fly kan fly de samme lengdene som konvensjonelle fly og ta av og lande på de samme rullebanene, vil de også kunne brukes på samme rutene som konvensjonelle fly. Som for batterielektriske fly er den tilpasningen kreves utstyr for å lade flyenes batterier når de har snutid eller står i en hangar over natten. Om målet er at de skal fly mest mulig batterielektrisk, vil rekkevidden være en del kortere enn andre fly så lenge energitettheten i batterier er mye lavere enn energitettheten som trengs for å ha like lang rekkevidde. Dersom målet kun er å få batterielektrisk hjelp til spesielt energikrevende faser, slik som avgang, vil flyenes rekkevidde i mindre grad reduseres. Da vil imidlertid klimafordelen fra elektrifiseringen også være mer begrenset.

Den største begrensningen for markedspotensialet vil antakelig være at alle flyene, bort sett fra Maeves, av tekniske årsaker utvikles til å vesentlig færre seter enn selv de minste av de flyene som i dag benyttes på det norske rutenettet. På noen ruter, for eksempel FOT-rutene, er passasjergrunnlaget så beskjedent at det på noen strekninger kan være en kostnadsmessig fordel med mindre fly. Ulempen er likevel at det begrenser luftfartsselskapenes operasjonelle fleksibilitet i forhold til bruk på de rutene som har mange passasjerer. På ruter med mange passasjerer er det mer effektivt for flyselskapene med større fly.

I tillegg trengs det verkstedskapasitet til å fikse mulige tekniske utfordringer, da det forventes oppstartsutfordringer med de nye teknologiene. Derfor er det lurt å etablere nettverk med flyplasser der det er tilgang på flyteknikere med riktig kompetanse når de første rutene med nye teknologier settes opp (Ydersbond, 2023). Det er kun Widerøe som fortsatt har de tyngste vedlikeholdet av fly i Norge. Dette utføres på deres base på Flesland. Derfor er det hensiktsmessig at null- og lavutslippsfly som i tidlig fase skal settes i drift i kortbanenettet har Flesland som en del av sitt nettverk slik at det blir enklest mulig å få utført nødvendig, tungt vedlikehold. Hybridelektriske fly har potensial for å bidra positivt gjennom at de kan ta av og lande på korte rullebaner dersom de designes for dette. I likhet med nullutslippsteknologiene vil hybride løsninger kreve installering til lading og hydrogenfylling på flyplassene, og at 'økosystemene' rundt teknologiene utvikles.

Det er allerede mangel på flyteknikere internasjonalt og nasjonalt. For å kunne arbeide med fly med de nye teknologiene trenger flyteknikerne utdanning for dette formålet. Derfor trengs det i fremtiden utdanning og videreutdanning som gjør at det finnes tilstrekkelig personale for å håndtere innfasing av de nye null- og lavutslippsflyene (Ydersbond, 2023).

9.4.1 Norske fortrinn og hindringer i produksjon og innføring av elfly

Fortrinn

Norske myndigheter er positive, og det er stor politisk enighet om å støtte opp om introduksjonen av nullutslippsløsninger i lufta (f.eks. Arbeiderpartiet & Senterpartiet, 2021; Samferdselsdepartementet, 2023). Flyplasser Avinor har arbeidet for null- og lavutslippsløsninger i luften i mange år, og har lovet at de skal ha løsninger klare for dette når flyene er sertifiserte og skal flys. Luftfartstilsynet har en avtale med EASA om å bidra til elektrifisering av luftfarten som europeisk satsningsområde (Luftfartstilsynet, 2019). Denne proaktive rollen til myndighetene og Avinor er en styrke i innfasingen av disse teknologiene og gir Norge fortrinn sammenliknet med andre land.

At Norge er kommet langt når det gjelder elektrifisering, kan også komme luftfarten i Norge til gode, gjennom at ulike aktører er vant til å håndtere batterielektriske og til dels også hydrogenelektriske kjøretøy. Den store utbyggingen av ladeinfrastruktur kan også være nyttig for luftfarten, da fly teoretisk kan lade fra samme infrastruktur som andre kjøretøy, og infrastrukturen for strøm generelt er godt utbygget. Å tilrettelegge lufthavnene for lading av strøm i større skala er imidlertid beregnet til å være dyrt. Derfor har Avinor påpekt at de vil trenge økonomisk støtte for å gjøre dette til en realitet (Avinor, 2023). Relativt lave strømpriser er ikke bare et gode for å produsere e-SAF, men også for å lade elfly og for å produsere hydrogen gjennom elektrolyse i Norge.

Norge kan på grunn av sin store vannmagasinkapasitet nyte godt av å la produsenter produsere strøm når prisene er høyere og importere strøm rimelig fra Europa når strømmen der er lavere enn i Norge. Det er imidlertid usikkert hva fremtidas strømpriser vil være i Norge og andre land, og det samme gjelder prisene for konvensjonelt flydrivstoff, e-SAF og SAF. Det er mange næringer som ønsker å elektrifisere virksomheten fremover og å benytte mer strøm enn de gjør i dag. Samtidig er det også et potensial for å produsere vesentlig mer fornybar strøm i Norge i framtida enn i dag (2025) til konkurransedyktige priser (Energikommisjonen, 2023).

Det store antallet flygninger på korte strekninger i Norge er også et fortrinn når nullutslippsteknologier skal innføres, da disse vil ha kortere rekkevidde enn konvensjonelle fly, spesielt de første modellene. Omtrent 75 % av de kommersielle flygningene i Norge er under 300 kilometer i lengde. I Norden har Norge omtrent to tredjedeler av de veldig korte flyrutene (Ydersbond et al., 2020). Samtidig har Norge flere mulige korte ruter der tidsgevinsten ved å fly er svært stor sammenliknet med å kjøre bil (Lundberg, 2023).

Norske myndigheter planlegger å stille krav om null- og lavutslippsteknologi i fremtidige FOT-anbud, slik som presentert i den nasjonale luftfartsstrategien *Bærekraftig og sikker luftfart* (Samferdselsdepartementet, 2023). Dette vil også bidra til at ulike produsenter ser at det er et marked for dette i Norge, og at flyselskapene som opererer på disse rutene i dag (Widerøe og DAT) vet at dette vil være nødvendig når de anskaffer nye fly. Samtidig sender dette grepet også et signal til andre lands myndigheter om at de kan gjøre liknende grep om de skal være sikre på at deres egne FOT-ruter skal ha lavest mulig utslipp og være et sted der ny teknologi fases inn.

Når det gjelder innføring av nullutslippsteknologi, er det allerede, som presentert tidligere i rapporten, etablert samarbeid mellom Luftfartstilsynet og Avinor om å samarbeide om at Norge skal være en internasjonal [testarena](#) for null- og lavutslippsteknologi (Avinor, 2024c). EASA, som sertifiserer fly i Europa, prioriterer å utvikle prosedyrer for å kunne bidra til å sertifisere nye lav- og nullutslippsfly.¹³³ Denne tidligere nevnte satsningen med Luftfartstilsynet og EASA kan gi Norge fortrinn i fremtiden, da dette utgjør et unikt samarbeidsprosjekt som skiller Norge fra andre europeiske land. Den

¹³³ <https://www.concertoproject.eu/>

internasjonale testarenaen vil gi norske aktører tidlig erfaring med hva innføring av nullutslippsteknologier i batterielektriske småfly kan innebære.

Samtidig er også de andre nordiske landene positive til null- og lavutslippsluftfart og støtter opp om dette, noe som betyr at nordisk samarbeid om å avkarbonisere luftfarten kan ha mye for seg (Ydersbond et al., 2025). Representanter for de nordiske landene undertegnet en erklæring om å etablere fossilfrie ruter innen år 2030 i år 2022 og å støtte opp om utviklingen av elektrisk luftfart i 2024 gjennom samarbeid, å øke bevisstheten på EU-nivå og gjennom nasjonal politikk (Nordic Innovation, 2022, 2024). Et slikt nordisk samarbeid kan gi alle en fordel sammenliknet med andre land og regioner i Europa. Det kan gi en rekke muligheter for utvidet samarbeid i nord, blant annet gjennom å etablere nye flyruter med nullutslippsfly som kan støtte opp om helse, undervisning, turisme og andre sektorer (Löfving et al., 2023; Ydersbond et al., 2020).

De norske teknologiutviklingsprosjektene for batterielektriske amfibiesjøfly og for ulike motorer til hybride fly kan også på sikt utgjøre banebrytende teknologier som kan muliggjøre nye transportløsninger i kombinasjon med lavere klimagassutslipp. Dette kan bidra til at flyene vil bli tilpasset og håndtere tøffe norske forhold. De høyteknologiske miljøene, spesielt ved NTNU, SINTEF, og Rolls-Royce, kan sies å gi Norge fordeler når det gjelder utvikling av ulike typer lav- og nullutslippsteknologier, da disse miljøene ligger langt fremme internasjonalt. Dette inkluderer utvikling av teknologier til luftfarten, slik som brenselceller som kan brukes i hydrogenfly.¹³⁴

Investeringsklimaet kan avgjøre hvor ulike produsenter velger å etablere sin virksomhet. For eksempel flyttet svenske Heart Aerospace, som utvikler det hybridelektriske 30-seters flyet ES-30, flyttet sin produksjon til USA i 2025 for å være nærmere investorene og de mest relevante markedene.

Hindringer

Blant ulempene i utviklingen av klimavennlig luftfartsteknologi, som TØI allerede har identifisert i tidligere prosjekter, er at vi ikke har noen store, etablerte nasjonale flyprodusenter, ei heller store investorer som velger å støtte norsk utvikling av nullutslippsfly med betydelige beløp. I motsetning til dette har selskaper i USA, blant annet gjennom det amerikanske forsvaret, store investeringer og forskningsstøtte til ulike null- og lavutslippsteknologier slik som eVTOLs, småfly og større fly med ulike fremdriftsteknologier (se kap. 7). Generelt har Norge ulemper ved å være et relativt lite land i befolkning (og derfor med et lite hjemmemarked), som gjør oppskalering vanskeligere. Med mange tynt trafikkerte ruter og flyplasser kan det bli høye enhetskostnader.

Når det gjelder hydrogenelektriske fly er hverken små fly, eVTOLs eller passasjerflyene sertifisert enda. Det finnes foreløpig ikke fylleinfrastruktur eller infrastruktur for lokal produksjon av hydrogen på flyplassene i Norge, og den nåværende nasjonale produksjonen av hydrogen er veldig begrenset. Som avsnitt 7.3 og 7.6 viser er det mange utfordringer som må løses før hydrogenelektriske fly blir sertifisert. Markedsintroduksjon for store hydrogen-elektriske fly ligger derfor antakelig minimum 15 år fram i tiden. Produksjon og forsyningskjeder for hydrogen til luftfart er derfor ikke det som ligger først for, bortsett fra når det gjelder som innputt til produksjon av e-SAF.

Når det gjelder batterielektriske fly, er det flyene av passasjerflystørrelse som er mest relevante fordi det er disse som kan frakte de større volumene med passasjerer. Ingen slike er enda sertifisert, men enkelte produsenter har satt seg som mål å få kommersialisert hybridelektriske fly innen 2029/2030. Å få etablert ladeinfrastruktur er en barriere, men denne kan løses gjennom målrettede investeringer. I verdikjeden er det altså mangel på sertifiserte fly i passasjerflystørrelse som er den største barrieren. Batterielektriske eVTOLs er imidlertid allerede sertifisert, og nye modeller er 'like rundt hjørnet'.

¹³⁴ <https://www.sintef.no/projectweb/nfch/>

Det er også mangel på flyteknikere internasjonalt og nasjonalt. Dette kan bli en barriere fremover for innfasing av null- og lavutslippsteknologier dersom ikke myndighetene, de ulike produsentene og andre sørger for at det utdannes og videreutdannes flyteknikere som har riktig kompetanse til å jobbe med disse teknologiene (Ydersbond, 2023). De lange avstandene i Norge gjør at det kan bli økt reparasjonstid. Dette kan utgjøre en ulempe når nye flytyper skal fases inn.

Paradoksalt kan det norske kraftsystemets svært gode evne til å håndtere ikke-regulerbar fornybar kraft i neste omgang bli en betydelig ulempe for større skala norsk produksjon av e-SAF. Det blir stadig flere timer med lave eller negative strømpriser i de fleste europeiske strømsoner etter hvert som mer sol- og vindkraft fases inn. Kraft fra sol og vind passerte fossile energikilder i EUs strømmiks 2024, og Finland hadde i snitt nesten to timer per døgn med negativ strømpris (Ember, 2025; Solas Capital, 2025).

Det norske systemet håndterer slike overskudd stadig bedre, og med større pumpekraftkapasitet vil prisene ytterst sjelden gå ned mot null - for kraften som magasineres på den måten kan vanligvis selges til over gjennomsnittlig markedspris. Dermed blir det lite eller ikke noe overskuddsmarked der norske e-SAF-produsenter kan hente kraft til svært lav pris, slik deres konkurrenter andre steder i Europa ligger an til å kunne etter hvert som fornybardekningen passerer 70-75 %. Det stadig bedre utbygde norske nettet (lokalt) gjør også at de fleste steder vil kraftprodusenter etter hvert ha flere mulig avtakere og dermed kunne unngå bunnpriser. Dette er positivt for dem og deres eiere, men gir norske e-SAF prosjekter en konkurranseulempe. Videre er det usikkert hvor lave strømprisene i Norge vil bli også fordi det er mulig det blir økt etterspørsel etter kraft i årene som kommer. Tidligere mente flere analysemiljøer at det ville være en kraftig økning i kraftforbruket frem mot 2030 (Energikommisjonen, 2023). Dette skyldes blant annet elektrifiseringen av transportsektoren og industrien, elektrifiseringen av sokkelen og etablering av kraftkrevende industri, slik som datasentre.

9.5 Avslutning og videre forskningsbehov

Dersom vi ønsker null- og lavutslippsfly som skal passe for tøffe norske vær- og vinterforhold og spredt bosetting, kan tidlig innfasing i Norge bidra til produsentene er oppmerksomme på disse behovene. Det krever strategisk satsing understøttet av målrettede politiske tiltak. Antallet fly i det norske markedet vil være såpass lavt sammenliknet med andre markeder at det er usikkert om internasjonale flyprodusenter vil prioritere tilrettelegging for flymodeller som passer i det norske markedet. Markedet for fly som skal kunne ta av og lande på de korteste rullebanene er begrenset. Det viser for eksempel avslutningen ATRs prosjekt for kortbaneflyplasser, at De Havilland stoppet produksjonen av sine minste fly for mange år siden, og at Heart Aerospace sin flymodell ES30 ikke skal kunne ta av og lande på de korteste rullebanene ifølge dagens spesifikasjoner. Flyflåten til de tre største flyselskapene i Norge er på rundt 250 fly, mens Europas tre største lavprisselskaper i luftfarten alene har 1215 fly.¹³⁵ Norge er et lite marked for flyprodusenter sammenliknet med mange andre land i verden, selv om nordmenn ligger svært høyt i Europa når det gjelder innenlands flyreiser per innbygger (se også kap. 2).

For å nå lavutslippssamfunnet i Norge og Europa innen 2050, må luftfarten bli tilnærmet utslippsfri og oppnå markante utslippsreduksjoner lenge før dette. Teknologitvinklingen innenfor luftfarten skjer i hovedtrekk globalt. Norge kan, ved å skape rammebetingelser som støtter modning av teknologier, forretningskonsepter og markeder, bidra til å gjøre veien fra pilotering til kommersiell drift kortere, og at særegne norske behov blir tilgodesett. Dette har skjedd når det gjelder elektrifisering av personbiler og passasjerferger. Videre kan en tidlig norsk innsats i tillegg til å gi raskere reduksjon av luftfartens klimagassutslipp (Wangness et al., 2021), gi fortrinn for norsk leverandørindustri, produsenter av

¹³⁵ <https://www.hydrogen.no/aktuelt/nyheter/europeiske-selskaper-i-apent-brev-behov-for-pilotordning-for-berekraftig-flydrivstoff>

bærekraftig flydrivstoff, flyselskaper og andre, gjennom at det dannes 'økosystem' rundt null- og lavutslippsluftfart (Ydersbond, 2023).

Det er en rekke spørsmål det er relevant å undersøke videre. Dette inkluderer:

- Hvordan bør virkemiddelapparatet (avgifter, støtteordninger, kvoter, differansekontrakter, krav) utformes for å minimere offentlige utgifter per produsert liter SAF og e-SAF, hvis man ønsker å gå videre enn kravene i RefuelEU Aviation?
- Hvordan kan norske produsenter av SAF og e-SAF oppnå stordriftsfordeler, og hvor går terskelen for lønnsom produksjon?
- Hvordan kan samlokalisering av produksjon med eksisterende industri (raffineri, prosess-industri og energiparker) redusere investerings- og driftskostnader?
- Hvordan kan samarbeid mellom norske teknologibedrifter, luftfartsselskaper og forsknings-miljøer akselerere utvikling og kommersialisering av nullutslippsløsninger?
- Hvilke teknologiske nisjer har norske bedrifter størst potensial til å ta internasjonale markedsandeler i?
- Hva skal til når det gjelder norske og nordiske policyer for å oppnå en rettferdig og bærekraftig omstilling til lavutslippsluftfart i Norge?



Referanser

- A4E, A. E., ASD, CANSO Europe, ERA. (2025). *Destination 2050—A Route to Net Zero European Aviation*. Airlines for Europe, Airports Council International Europe, Aerospace, Security and Defence Industries Association of Europe, Canso Europe, European Regions Airline Association. <https://www.destination2050.eu/wp-content/uploads/2025/02/DESTINATION-2050-ROADMAP-CONSOLIDATED-PREFACE-FINAL-SIGNED-final.pdf>
- Adner, R. (2012). *The Wide Lens. A New Strategy for Innovation*. London: Penguin.
- Airbus. (2025). ZEROe: our hydrogen-powered aircraft. Toulouse: Airbus. Lesedato: 10. Juni 2025. <https://www.airbus.com/en/innovation/energy-transition/hydrogen/zeroe-our-hydrogen-powered-aircraft>
- Alcock, C. (2024, 1. november). Beta Raises \$318 Million as eVTOL Aircraft Production Starts. *FutureFlight*. Lesedato 12 november 2024. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2024-11-01/beta-raises-318-million-evtol-aircraft-production-starts>
- Alcock, C. (2025a, 10. februar). Airbus Admits Hydrogen Airliners Could Take Longer to Deliver. *FutureFlight*. Lesedato: 14. februar 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/aerospace/2025-02-10/airbus-admits-hydrogen-airliners-could-take-longer-deliver>
- Alcock, C. (2025b, 25. mars). Airbus Reveals Latest ZeroE Hydrogen Airliner Design. *FutureFlight*. Lesedato: 27. mars 2025. https://www.ainonline.com/aviation-news/aerospace/2025-03-25/airbus-reveals-latest-zeroe-hydrogen-airliner-design?utm_campaign=FutureFlight&utm_medium=email&hsenc=p2ANqtz-8TXghl_JWBKylGxX56AqqZb5z1QKxFdd8zasC5322Gv05sU1yAgfRrNOc3_F-E1UYV2wrwWVfzjp-mf-VEN71aEI3bHQ&hsmi=353741147&utm_content=353741147&utm_source=hs_email
- Alcock, C. (2025c, 12. februar). Archer Raises Capital To Exploit Military Demand for VTOL Aircraft. *A/N*. Lesedato: 10. juni 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2025-02-12/archer-raises-capital-exploit-military-demand-vtol-aircraft>
- Alcock, C. (2025d, 3. juni). Archer's Midnight eVTOL Aircraft Starts Piloted Test Flights. *A/N*. Lesedato: 5. juni 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-06-03/archers-midnight-evtol-aircraft-starts-piloted-test-flights>
- Alcock, C. (2025e, 27. februar). AutoFlight's Prosperity eVTOL Aircraft Conducts Autonomous Flight Demo between Shenzhen and Zhuhai. *FutureFlight*. Lesedato: 18. mai 2025. <https://www.ainonline.com/news-article/2024-02-27/autoflights-prosperity-evtol-aircraft-conducts-autonomous-flight-demo>
- Alcock, C. (2025f, 3. juni). Beta Makes First Electric Flight into New York City Airport. *A/N*. Lesedato: 4. juni 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-06-03/beta-makes-first-electric-flight-new-york-city-airport>
- Alcock, C. (2025g, 20. mars). Customer Base Grows for Electra's EL9 Hybrid-electric Aircraft. *FutureFlight*. Lesedato: 27. mars 2025. https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2025-03-20/customer-base-grows-electras-el9-hybrid-electric-stol?utm_campaign=FutureFlight&utm_medium=email&hsenc=p2ANqtz-8L87V-UMBmYl6jPXr75y1d2cxljmWOqkYrrLfrOoySow-B8ggY16hXF8Vx5teLFOIY3doPvfJ18-kSqzL_cln_KhH5og&hsmi=353741147&utm_content=353741147&utm_source=hs_email
- Alcock, C. (2025h, 20. juni). EASA Signs Contract with Elfly for Noemi Electric Seaplane Prototype. *FutureFlight*. Lesedato: 20. Juni 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-06-20/easa-signs-contract-elfly-noemi-electric-seaplane-prototype>

- Alcock, C. (2025i, 31. mars). EHang Earns World's First eVTOL Air Operator Certificate. *FutureFlight*. Lesedato: 3. april 2025. https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-03-31/ehang-earns-worlds-first-evtol-air-operator-certificate?utm_campaign=FutureFlight&utm_medium=email&_hsenc=p2ANqtz-8rJfF-rjrc-l8-J9geo2-rKSavmgPK2L2kxpHynIQgAvfeNgDNFyH6bZqFZftDIRcalZrYIjhE-R2sPQb_UKh0hxdmZQ&_hsmi=354804095&utm_content=354804095&utm_source=hs_email
- Alcock, C. (2025j, 18 februar). Eviation 'Pauses' Alice Electric Aircraft while Seeking New Funds. *FutureFlight*. Lesedato: 19. februar 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2025-02-18/eviation-pauses-alice-electric-aircraft-while-seeking-new>
- Alcock, C. (2025k, 29. april). Joby Logs eVTOL Aircraft Transition Flights with Pilots Onboard. *Aviation News Online*. Lesedato: 18. mai 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-04-29/joby-logs-evtol-aircraft-transition-flights-pilots-onboard>
- Alcock, C. (2025l, 21. februar). Lilium Closes eVTOL Business As New Investment Falls Through. *FutureFlight*. Lesedato: 25. februar 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-02-21/lilium-closes-evtol-business-new-investment-falls-through>
- Alcock, C. (2025m, 23. mai). Scotland Backs ZeroAvia's Hydrogen Propulsion Manufacturing Site. *A/N*. Lesedato: 6. juni 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/aerospace/2025-05-23/scotland-backs-zeroavias-hydrogen-propulsion-manufacturing-site>
- Alcock, C. (2025n, 27. mai). Vertical Makes Piloted Wingborne eVTOL Flight in Open Airspace. *A/N*. Lesedato: 1. juni 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-05-27/vertical-makes-piloted-wingborne-evtol-flight-open-airspace>
- Alvik, S. & Bakken, B. E. (2020). *The Global Effect of Norway's EV Policy*. Høvik: DNV GL. <https://eto.dnvgl.com/2019/norway-ev-policy#quick-insight>
- Ampaire. (2025a, 13. mai). Ampaire First to Achieve FAA G-1 Certification Basis for Hybrid Electric Propulsion System https://www.ampaire.com/files/ugd/a0e619_03d4f57e5418465bb3d53ad9397aafd3.pdf
- Ampaire. (2025b). *The Economics of Hybrid Planes*. <https://drive.google.com/file/d/1qjjjsS21nJcvgikidAYH8hM6lGX58waD/view>
- Ampaire. (2025c). *Meet the Eco Otter*. Hentet 12. august fra <https://www.ampaire.com/vehicles/eco-otter-aircraft>
- Amprius. (202x-a). The Future of Hybrid Electric Aircraft. Hentet 24. juni 2025 fra: <https://amprius.com/about/news-and-events/hybrid-electric-aircraft/>
- Amprius. (202x-b, 24. juni). Guide to Electric Vertical Take-off and Landing (eVTOL) Aircraft. Hentet 24. juni 2025 fra: <https://amprius.com/about/news-and-events/evtol/#:~:text=eVTOLs%20are%20similar%20to%20helicopters,augment%20service%20in%20urban%20areas>.
- Araghi, Y., Kroesen, M., Molin, E. & van Wee, B. (2014). Do social norms regarding carbon offsetting affect individual preferences towards this policy? Results from a stated choice experiment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 26, 42-46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.10.008>
- Arbeiderpartiet & Senterpartiet. (2021). Hurdalsplattformen. Hurdal: Arbeiderpartiet, Senterpartiet. https://res.cloudinary.com/arbeiderpartiet/image/upload/v1/ievv_filestore/43b0da86f86a4e4bb1a8619f13de9da9afe348b29bf24fc8a319ed9b02dd284e

- Archer Aviation. (2023, 4. oktober). *Archer Receives First U.S. Air Force Payment On Landmark Contracts Valued At Up To \$142 Million*. <https://investors.archer.com/news/news-details/2023/Archer-Receives-First-U.S.-Air-Force-Payment-On-Landmark-Contracts-Valued-At-Up-To-142-Million/default.aspx>
- Ask, A. O. (2024, 29. november). Norge har lovet EU å ta 23 omstridte direktiver inn i EØS-avtalen raskt. *Dagsavisen*. Lesedato: 30. November 2024. <https://www.dagsavisen.no/nyheter/verden/2024/11/29/norge-har-lovet-eu-a-ta-23-omstridte-direktiver-inn-i-eos-avtalen-raskt/>
- Aura Aero. (2025a, 10. april). At Aero Friedrichschafen Aura announces three new distributors for Integral R and Era. <https://aura-aero.com/en/medias/press-release/new-distributors-for-integral-and-era/>
- Aura Aero. (2025b, 1. april). Final phase before delivery! Aura Aero. <https://aura-aero.com/en/medias/news/delivery/>
- Avinor. (2023). *Nasjonal transportplan 2025-2036 – utredningsoppdraget. Tilpasse lufthavnene til null- og lavutslippsfly*. Oslo: Avinor. <https://www.regjeringen.no/contentassets/2426a22cfef14e16b1d3028442fc78df/utredningsoppdraget-leveranse-januar-2023/avinor-null-og-lavutslippsfly-180123-v2-med-vedlegg.pdf>
- Avinor. (2024a, 12. desember). Produksjon av avansert biodrivstoff og andre typer bærekraftig flydrivstoff SAF (Sustainable Aviation Fuel) i Norge. Oslo: Avinor.
- Avinor. (2024b, 24. april). *Skal etablere Norge som internasjonal testarena for null- og lavutslippsluftfart* <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/18070249/skal-etablere-norge-som-internasjonalt-testarena-for-null-og-lavutslippsluftfart?publisherId=17421123&lang=no>
- Avinor. (2024c). Testarena. <https://avinor.no/konsern/klima/testarena/testarena>
- Avinor. (2024d). *Års- og bærekraftsrapport 2023*. Oslo: Avinor. <https://avinor.no/globalassets/konsern/om-oss/rapporter/ars-og-barekraftsrapport-2023.pdf>
- Avinor. (2025a, 6. august). *Norges første elflylader er klar på Stavanger lufthavn*. <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/18609907/norges-forste-elflylader-er-klar-pa-stavanger-lufthavn?publisherId=17421123>
- Avinor. (2025b, 8. august). *Test Arena Operations Kick Off in Norway with First Flight of All-Electric ALIA Aircraft*. <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/18612943/test-arena-operations-kick-off-in-norway-with-first-flight-of-all-electric-alia-aircraft?publisherId=17507039&lang=en>
- Avinor. (2025c, 4. september). *Testrute med elektrisk fly mellom Stavanger og Bergen gjennomført for første gang*. <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/18643265/testrute-med-elektrisk-fly-mellom-stavanger-og-bergen-gjennomfort-for-forste-gang?publisherId=17421123&lang=no>
- Avinor, Landsorganisasjonen, NHO Luftfart, Norwegian, SAS & Widerøe. (2020). *Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart*. Oslo: Avinor, NHO Luftfart, Norwegian, SAS & Widerøe. https://avinor.no/globalassets/konsern/om-oss/rapporter/avinor_barekraftsrapport_2020.pdf
- Avinor, LO, NHO Luftfart, Norwegian, SAS & Widerøe. (2021). *Program for økt produksjon og innføring av bærekraftig flydrivstoff*. Oslo: Avinor, LO, NHO Luftfart, Norwegian, SAS & Widerøe. https://avinor.no/globalassets/100505_avinor_barekraftig_flydrivstoff_screen.pdf
- Avinor & Luftfartstilsynet. (2020). *Forslag til program for introduksjon av elektrifiserte fly i kommersiell luftfart*. Oslo: Avinor og Luftfartstilsynet. https://www.regjeringen.no/contentassets/048b277dfe9d4e76a059b0796bbe8b52/200305_rapport-elektrifiserte-fly-i-kommersiell-luftfart_final.pdf

- AZEA. (2024). *Flying on electricity and hydrogen in Europe. How Europe can reduce aviation's climate impact and create the aircraft of the future*. Alliance for Zero-Emission Aviation. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/download/b7061156-c935-44f5-96b4-b0936d6bb5de_en?filename=202406_AZEA%20Vision_vfinal.pdf
- Becken, S. & Mackey, B. (2017). What role for offsetting aviation greenhouse gas emissions in a deep-cut carbon world? *Journal of Air Transport Management*, 63, 71-83. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.05.009>
- Berglund, F. & Frost, M. (2024). *Navigating barriers to next-generation SAF production in Norway*. Høvik: DNV.
- Beta Technologies. (2025). Aircraft Configurations. Lesedato 2. September 2025. <https://beta.team/aircraft>
- Birkelund, H. R. (2024, 15. mars). Gir en milliard til grønn luftfart. *FriFagbevegelse*. Lesedato 21. Mars 2024. <https://frifagbevegelse.no/nyheter/gir-en-milliard-til-gronn-luftfart-6.158.1034937.690f1d592d>
- Boztas, S. (2023, 21. mars). Electric air taxis being developed for Paris Olympics in 2024. *The Guardian*. Lesedato 2. April 2023. <https://www.theguardian.com/world/2023/mar/21/sb-paris-taxis>
- Brombach, H. (2025, 27. januar). Avinor trenger hurtigladere til elfly. Ønsker norske aktører på banen. *Teknisk ukeblad*. Lesedato: 29. Januar 2025. <https://www.tu.no/artikler/avinor-trenger-hurtigladere-til-elfly-onsker-norske-aktorer-pa-banen/555156>
- Brouwers, B. (2025, 18. januar). Chinese researchers achieved a lithium battery with an unprecedented energy density in 2023. This is where the promising technology stands now. *Innovation Origins*. Lesedato 26. Februar 2025. <https://ioplus.nl/en/posts/chinese-researchers-achieved-a-lithium-battery-with-an-unprecedented-energy-density-in-2023-this-is-where-the-promising-technology-stands-now>
- Bråthen, S., Bergem, B. G. & Tomasgaard, T. (2022). *Tilrettelegging for lavutslippsfly - en samfunnsøkonomisk vurdering*. Molde: Møreforskning. <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/fokusomrader/nasjonal-transportplan-ntp/2025-2036/sluttrapport-so-vurdering-el-hybrid.pdf>
- C3S. (2025, 10 January). *Copernicus: 2024 is the first year to exceed 1.5°C above pre-industrial level* <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-first-year-exceed-15degc-above-pre-industrial-level>
- Choi, A. S. & Ritchie, B. W. (2014). Willingness to pay for flying carbon neutral in Australia: an exploratory study of offsetter profiles. *Journal of Sustainable Tourism*, 22(8), 1236-1256. <https://doi.org/10.1080/09669582.2014.894518>
- Clean Aviation. (2025a, 21. februar). Clean Aviation launches its third call for proposals with Eur 950 million research effort. <https://clean-aviation.eu/clean-aviation-launches-its-third-call-for-proposals-with-eu950-million-research-effort>
- Clean Aviation. (2025b). *Clean Sky 2 Achievement Report*. Brüssel: Clean Sky og EU. https://www.clean-aviation.eu/sites/default/files/2025-05/Clean-Sky-2-Achievement-report_FINAL.pdf
- Clean Aviation & SESAR. (2025). *Aviation research & innovation strategy*. Brüssel: Clean Aviation & SESAR. https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/2025_CAJU-SesarJU_ARIS_Report%20FINAL%20for_web.pdf

- Council of the EU. (2023, 9. oktober). *RefuelEU aviation initiative: Council adopts new law to decarbonise the aviation sector*. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/10/09/refueleu-aviation-initiative-council-adopts-new-law-to-decarbonise-the-aviation-sector/>
- Cranfield University, Cranfield Aerospace Solutions Ltd, Deloitte, GKN Aerospace, Heathrow Airport, Highlands and Islands Airports Limited, London City Airport, plc., R.-R., University College London & Southampton, U. o. (2022). *Making Zero-carbon Emission Flight a Reality in the UK. Final Report*. Project NAPKIN. <https://www.heathrow.com/company/about-heathrow/future-flight-challenge/napkin>
- Daleo, J. (2024, 23. september). U.S. Military Gets First Look at Ultra Short Aircraft. *Flying*. Lesedato: 25. juni. <https://www.flyingmag.com/u-s-military-gets-first-look-at-ultra-short-aircraft/>
- de Mello, F. P. (2024). Voluntary carbon offset programs in aviation: A systematic literature review. *Transport Policy*, 147, 158-168. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.12.023>
- Denstadli, J. M., Farstad, E., Grue, B. & Veisten, K. (2025). *Økt marked for fjerntogene? TØI rapport 2078/2025*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=79179>
- Denstadli, J. M. & Veisten, K. (2020). The flight is valuable regardless of the carbon tax scheme: A case study of Norwegian leisure air travelers. *Tourism Management*, 81, 104150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104150>
- DNV. (2023). *Analysis of the potential for Norwegian production. Sustainable Aviation Fuel from Non-Biological Feedstocks*. Høvik: DNV Energy systems. <https://avinor.no/contentassets/2010d91c5aab4db79448107ba178d0c1/dnv---saf-from-non-biological-feedstocks-in-norway---2023-10-05.pdf>
- Dydland, J. S. (2025, 21. august). Rekkevidden har bare økt og økt – nå er snittet over 500 km. *Tek.no*. Lesedato: 22. august 2025. <https://www.tek.no/nyheter/nyhet/i/KM0Bgo/rekkevidden-har-bare-oekt-og-oekt-naa-er-snittet-over-500-km>
- EASA. (2020, 10. juni). *EASA certifies electric aircraft, first type certification for fully electric plane world-wide*. Køln: European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/press-releases/easa-certifies-electric-aircraft-first-type-certification-fully>
- EASA. (2025a, februar). 2025 Aviation Fuels Reference Prices for ReFuelEU Aviation. Køln: European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/2024-aviation-fuels-reference-prices-refueleu-aviation>
- EASA. (2025b). Aircraft certification. Køln: European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu/en/domains/aircraft-products/aircraft-certification>
- Eksfin. (2018, 6. juli). *GIEK garanterer for Fjord1s kjøp av el-ferjer på Vestlandet – første garanti utstedt under ny ordning*. <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/17590991/giek-garanterer-for-fjord1s-kjop-av-el-ferjer-pa-vestlandet-forste-garanti-utstedt-under-ny-ordning?publisherId=6029228>
- Electra Aero. (2025). Reimagine regional mobility. Affordable. Community friendly. Lesedato: 10. juni 2025. <https://www.electra.aero/>
- Electric VTOL News. (2025). AutoFlight CarryAll V2000CG (production model). *Electric VTOL News*. Lesedato: 6. August 2025. <https://evtol.news/autoflight-carryall>

- ElectronicDesign. (2024, 21. august). New Long-Life Solid-State Batteries Claimed to Have Highest Energy Density. *ElectronicDesign*.
<https://www.electronicdesign.com/technologies/power/article/55134766/electronic-design-samsung-sdis-long-life-solid-state-batteries-claimed-to-have-highest-energy-density>
- Ember. (2025). *European Electricity Review 2025*. Ember. <https://ember-energy.org/latest-insights/european-electricity-review-2025/>
- Energiföretagen. (2025). *Energiåret 2024*. Stockholm: Energiföretagen.
https://www.energiforetagen.se/49761b/globalassets/energiforetagen/statistik/energiaret/2024/energiaret_2024_250415.pdf
- Energikommisjonen. (2023). *Mer av alt - raskere*. Oslo: Olje- og energidepartementet.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/5f15fcec3143d1bf9cade7da6afe6e/no/pdfs/nou202320230003000dddpdfs.pdf>
- Enova. (2023a). *Maritim transport i et klimaperspektiv*. Trondheim: Enova.
<https://2023.enova.no/markedsutvikling-med-enova/maritim-transport/maritim-transport-status>
- Enova. (2023b). Vårt bidrag for landtransport i 2023. Trondheim: Enova.
<https://2023.enova.no/markedsutvikling-med-enova/landtransport/landtransport-bidrag-2022>
- Europakommisjonen. (2024, 11. mars). List of public service obligations. Brüssel: Europakommisjonen.
https://transport.ec.europa.eu/document/download/9168af3e-67c7-430f-b46c-61b76236d8cb_en?filename=pso_inventory_table_2024-03.pdf
- Europakommisjonen. (2025, 26. februar). *A Clean Industrial Deal for competitiveness and decarbonisation in the EU*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_25_550
- Europalov. (2015). Krav og administrative prosedyrer for flyplasser. <https://europolov.no/rettsakt/krav-og-administrative-prosedyrer-for-flyplasser/id-7323>
- Europaparlamentet. (2022). ReFuelEU Aviation initiative. Sustainable aviation fuels and the fit for 55 package. Brüssel: European Parliamentary Research Service.
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698900/EPRS_BRI\(2022\)698900_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698900/EPRS_BRI(2022)698900_EN.pdf)
- Fantini, M., Wesche, J. P. & Skjølsvold, T. M. (2025). Synchronizers, amplifiers, integrators – three strategic roles of co-creating low-carbon aviation value chains. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 56, 100990. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eist.2025.100990>
- Farstad, E., Haukeland, J. V., Veisten, K. & Denstadli, J. M. (2018). *Velferdsverdien av private flyreiser til utlandet*. Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/publikasjoner/velferdsverdien-av-private-flyreiser-til-utlandet-article34951-8.html>
- Figenbaum, E., Ydersbond, I. M., Amundsen, A. H., Pinchasik, D. R., Thorne, R. J., Fridstrøm, L. & Kolbenstvedt, M. (2019). *360 graders analyse av potensialet for nullutslippskjøretøy*. Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=52314>
- Forsvaret. (2023, 9. august). *Forsvaret inngår rammeavtaler med Norwegian og Widerøe for flyreiser*. <https://www.forsvaret.no/aktuelt-og-presse/presse/pressemeldinger/ny-avtale-flyreiser>
- Forsvaret. (2024, 17. oktober). *Forsvaret skaper luftfartshistorie med biodrivstoff*. <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/18284891/forsvaret-skaper-luftfartshistorie-med-biodrivstoff?publisherId=17848553&lang=no>
- Frøslund, T.-A. (2024, 13. november). Avinor: Stavanger og Bergen blir første elflyplasser. *NRK*. Lesedato: 13. november 2024. <https://www.nrk.no/norge/avinor-stavanger-og-bergen-blir-forste-elflyplasser-1.17121302>

- Grünfeld, L. A. (2022). *Virkemidler for fremtidig utvikling av grønn luftfart i Norge*. Oslo: Menon economics.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/dfef62866d244a9d80f3ed52547d170f/rapport-virkemidler-gronn-luftfart-2022.pdf>
- Guix, M., Ollé, C. & Font, X. (2022). Trustworthy or misleading communication of voluntary carbon offsets in the aviation industry. *Tourism Management*, 88, 104430.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tourman.2021.104430>
- GWEC. (2025). *Global Offshore Wind Report 2025*. Lisboa: Global Wind Energy Council.
https://26973329.fs1.hubspotusercontent-eu1.net/hubfs/26973329/2.%20Reports/Global%20Offshore%20Wind%20Report/GOWR25.pdf?hstc=45859835.2dd5ac070cbd4a2373e2e171daeb648f.1756976088964.1756976088964.1756976088964.1&_hssc=45859835.2.1756976088964&_hsfp=1879682750
- Gössling, S., Humpe, A. & Bausch, T. (2020). Does ‘flight shame’ affect social norms? Changing perspectives on the desirability of air travel in Germany. *Journal of Cleaner Production*, 266, 122015. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122015>
- Hameed, M. & Rutherford, D. (2025). *Fuel burn of new commercial jet aircraft: 1960 to 2024*. International Council on Clean Transportation. https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/02/ID-287-%E2%80%93Jet-aircraft_working-paper_final.pdf
- Harbour Air. (2019, 10. desember). Harbour Air and magniX Announce Successful Flight of World’s First Commercial Electric Airplane. <https://www.harbourair.com/harbour-air-and-magnix-announce-successful-flight-of-worlds-first-commercial-electric-airplane/>
- Harrington, T. (2024, 1. juli). Hydrogen aviation pioneer Universal Hydrogen fails, citing lack of funding. *GreenAir*. Lesdato 10. Juni 2025. <https://www.greenairnews.com/?p=5860>
- Harrington, T. (2025a, 10. februar). Airbus delays its ZEROe hydrogen aircraft as UK CAA expands hydrogen programme. *Green Air*. Lesdato 27. februar 2025. <https://www.greenairnews.com/?p=6742>
- Harrington, T. (2025b, 22. januar). Four zero-emission aircraft and powertrains prepare for test flights in Australia and New Zealand. *Green Air*. Lesdato 27. februar 2025. <https://www.greenairnews.com/?p=6499>
- Heart Aerospace. (2023). Learn more about the ES-30. ES-30 Tech Specs. I. Heart Aerospace. <https://heartaerospace.com/es-30/>
- Heart Aerospace. (2024a, 4. september). *Heart Aerospace and Loganair enter Exclusive Partnership to Advance Hybrid-Electric Aviation in the UK*. <https://heartaerospace.com/newsroom/heart-aerospace-and-loganair-enter-exclusive-partnership-to-advance-hybrid-electric-aviation-in-the-uk/>
- Heart Aerospace. (2024b, 26. november). *Heart Aerospace to Conduct First Fully Electric Experimental Flight in Plattsburgh, NY*. <https://heartaerospace.com/newsroom/heart-aerospace-to-conduct-first-fully-electric-experimental-flight-in-plattsburgh-ny/>
- Heart Aerospace. (2025, 30. april). Heart Aerospace Relocates Corporate Headquarters to Los Angeles, California. <https://heartaerospace.com/newsroom/heart-aerospace-relocates-corporate-headquarters-to-los-angeles-california/>
- Higham, J. E. S., Cohen, S. A. & Cavaliere, C. T. (2014). Climate Change, Discretionary Air Travel, and the “Flyers’ Dilemma”. *Journal of Travel Research*, 53(4), 462-475.
<https://doi.org/10.1177/0047287513500393>

- Hoffner, E. (2011, 1. desember). Sweden's Green Veneer Hides Unsustainable Logging Practices. *YALE environment* 360. http://e360.yale.edu/feature/swedens_green_veneer_hides_unsustainable_logging_practices/2472/
- IATA. (2025). *Hydrogen for aviation? A future decarbonization solution for air travel?* International Air Transport Association. <https://www.iata.org/globalassets/iata/publications/sustainability/h2-for-aviation-facts.pdf>
- ICAO. (2023, juli). Conversion processes. <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Conversion-processes.aspx>
- IEA. (2021). *Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector*. Paris: International Energy Agency. https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf
- IEA. (2022). *Direct Air Capture. A key technology for net zero*. Paris: International Energy Agency. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/04/direct-air-capture_83ca9209/bbd20707-en.pdf?utm
- IEA. (2024). *Batteries and Secure Energy Transitions*. Paris: International Energy Agency. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cb39c1bf-d2b3-446d-8c35-aae6b1f3a4a0/BatteriesandSecureEnergyTransitions.pdf>
- Innovasjon Norge. (2025). Storproduksjon av grønt hydrogen. <https://www.innovasjonnorge.no/kundehistorie/norwegian-hydrogen>
- IPCC. (1999). *IPCC Special Report. Aviation and the Global Atmosphere. Summary for Policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/av-en.pdf>
- IRENA. (2023). *Renewable Power Generation Costs in 2023*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2023.pdf
- IRENA. (2024, 24. september). *Record Growth Drives Cost Advantage of Renewable Power* <https://www.irena.org/News/pressreleases/2024/Sep/Record-Growth-Drives-Cost-Advantage-of-Renewable-Power>
- ITF. (2024). *Decarbonising Aviation: Exploring the Consequences*. International Transport Forum, OECD. Decarbonising Aviation: Exploring the Consequences
- Jekta. (2025). *Beyond The Journey*. Hentet 13. August 2025 fra <https://jekta.swiss/>
- Jing, L., El-Houjeiri, H. M., Monfort, J.-C., Littlefield, J., Al-Qahtani, A., Dixit, Y., Speth, R. L., Brandt, A. R., Masnadi, M. S., MacLean, H. L., Peltier, W., Gordon, D. & Bergerson, J. A. (2022). Understanding variability in petroleum jet fuel life cycle greenhouse gas emissions to inform aviation decarbonization. *Nature Communications*, 13(1), 7853. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35392-1>
- Joby Aviation. (2024). *Joby demonstrates potential for emissions-free regional journeys with landmark 523-mile hydrogen-electric flight*. <https://www.jobyaviation.com/news/joby-demonstrates-potential-regional-journeys-landmark-hydrogen-electric-flight/>
- Joby Aviation. (2025a, 15. august). *Joby Achieves the First Piloted eVTOL Air Taxi Flight Between Two Public Airports*. <https://ir.jobyaviation.com/news-events/press-releases/detail/140/joby-achieves-the-first-piloted-evtol-air-taxi-flight>

- Joby Aviation. (2025b, 27. mai). *Joby Aviation Announces Closing of \$250 Million Investment*. <https://www.jobyaviation.com/news/joby-aviation-announces-closing-250-million-investment/>
- Joby Aviation. (2025c, 12. mai). *Joby Flies Two Aircraft Simultaneously in Testing Milestone*. <https://www.jobyaviation.com/news/joby-flies-two-aircraft-simultaneously/>
- Julsrud, T. E. & Kallbekken, S. (2025). Has international business travel reached a turning point? Exploring the long-term effects of COVID-19 on air-travel practices in knowledge-intensive organizations. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 21(1), 2463192. <https://doi.org/10.1080/15487733.2025.2463192>
- Jøssang, T. I. & Holmen, M. W. (2025, 1. mai). – Dersom disse selskapene får legge beslag på så enorme mengder strøm, vil det i praksis støvsuge hele landsdelen. *Stavanger Aftenblad*. Lesedato: 19. September 2025. <https://www.aftenbladet.no/lokalt/i/xmjX5R/dersom-disse-selskapene-faar-legge-beslag-paa-saa-enorme-mengder-stroem-vil-det-i-praksis-stoevsuge-hele-landsdelen>
- Kallbekken, S. & Victor, D. G. (2022). A cleaner future for flight — aviation needs a radical redesign. *Nature*, Vol. 609. <https://www.nature.com/articles/d41586-022-02963-7>
- Killingland, M., Løken, I. B. & Aalders, E. (2021). *Teknologiveikart for bærekraftige drivstoff til luftfart*. Høvik: DNV. <https://avinor.no/globalassets/konsern/om-oss/rapporter/rapport-teknologiveikart-biodrivstoff-luftfart---september-2021-final-report.pdf>
- Klenner, J., Muri, H. & Strømman, A. H. (2024). Domestic and international aviation emission inventories for the UNFCCC parties. *Environmental Research Letters* 19(5), 54019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad3a7d>
- Klimautvalget 2050. (2023). *Omstilling til lavutslipp. Veivalg for klimapolitikken mot 2050* (NOU 2023: 25, Issue. Oslo: Klima- og miljødepartementet. <https://files.nettsteder.regjeringen.no/wpuploads01/sites/479/2023/10/Klimautvalget-2050.pdf>
- Kotilainen, K., Aalto, P., Valta, J., Rautiainen, A., Kojo, M. & Sovacool, B. K. (2019). From path dependence to policy mixes for Nordic electric mobility: Lessons for accelerating future transport transitions. *Policy Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s11077-019-09361-3>
- Kristensen, N. B. & Thune-Larsen, H. (2022). *Effekter av klimatiltak i norsk luftfart*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=72731>
- Kucherenko, A. & Dybvik, J. S. (2019). *Price elasticity of demand in air passenger transport markets: A meta-analysis*. Molde: Høgskolen i Molde. <https://himolde.brage.unit.no/himolde-xmloi/handle/11250/2628113>
- Kuśmierk, A., Galiński, C. & Stalewski, W. (2023). Review of the hybrid gas - electric aircraft propulsion systems versus alternative systems. *Progress in Aerospace Sciences*, 141, 100925. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2023.100925>
- Lee, D. S., Fahey, D. W., Skowron, A., Allen, M. R., Burkhardt, U., Chen, Q., Doherty, S. J., Freeman, S., Forster, P. M., Fuglestvedt, J., Gettelman, A., De León, R. R., Lim, L. L., Lund, M. T., Millar, R. J., Owen, B., Penner, J. E., Pitari, G., Prather, M. J., Sausen, R. & Wilcox, L. J. (2021). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment*, 244, 117834. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834>
- Li, Q., Li, H. & Chen, L. (2024). The road towards high-energy-density batteries. *The Innovative Energy*, 1(1). <https://www.the-innovation.org/data/article/energy/preview/pdf/XINNENERGY-2024-0002.pdf>
- Loftås, B. E. (2024, 13. august). Nytt superbatteri: 100 mil uten å lade. TV2. Lesedato: 28. februar 2025. <https://www.tv2.no/broom/nytt-superbatteri-100-mil-uten-a-lade/16911545/>

- Lombardo, T., Paoli, L., Pales, A. F. & Gül, T. (2025, 5. mars). The battery industry has entered a new phase. Paris: International Energy Agency. <https://www.iea.org/commentaries/the-battery-industry-has-entered-a-new-phase>
- Lundberg, T. (2023, 26. januar). Accessibility study for electric aviation. Nordregio. <https://nordregio.org/publications/accessibility-study-for-electric-aviation/>
- Löfving, L., Salonen, H. & Gísladóttir, S. (2023). *Electric Aviation Outlook in the Nordics*. Nordregio. <https://pub.nordregio.org/wp-2023-4-electric-aviation-outlook/#>
- Maeve. (2025). *Maeve Jet*. Hentet 12. august fra <https://maeve.aero/maeve-jet>
- Mariz, E. (2024, 4. september). Growing EU ETS bills – Which airlines will soon feel the pinch? Ishka Savi. <https://www.ishkaglobal.com/Savi/Article/7580/Growing-EU-ETS-bills-Which-airlines-will-soon-feel-the-pinch>
- Martin, P. (2025, 5. mars). German hydrogen aircraft firm goes into administration. *Hydrogeninsight*. <https://www.hydrogeninsight.com/transport/german-hydrogen-aircraft-firm-goes-into-administration/2-1-1788572>
- Mazzucato, M. (2015). *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. New York: PublicAffairs.
- McKinsey. (2020). *Hydrogen-powered aviation. A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050*. Luxembourg: Publication Office of the European Union. https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/06/20200507_Hydrogen-Powered-Aviation-report_FINAL-web-ID-8706035.pdf
- McKinsey. (2024, 16. januar). Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular>
- McLennan, C.-I. J., Becken, S., Battye, R. & So, K. K. F. (2014). Voluntary carbon offsetting: Who does it? *Tourism Management*, 45, 194-198. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.04.009>
- Mukhodpadhaya, J. & Graver, B. (2022). *Performance analysis of regional electric aircraft*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/global-aviation-performance-analysis-regional-electric-aircraft-jul22/>
- Nordic Innovation. (2022, 7. november). Declaration from the Nordic Transport Ministerial Meeting in Fredrikstad 7 and 8 November 2022. Fredrikstad: Nordic Innovation. <https://www.regjeringen.no/contentassets/97a9c2a5760344c8ab701c2449481d1c/final-declaration-from-the-nordic-transport-ministers-gathered-in-fredrikstad-7-and-8-november-2022-web.pdf>
- Nordic Innovation. (2024, 23. august). Nordic transport ministers sign declaration on electric aviation. Nordic Innovation. <https://www.nordicinnovation.org/news/nordic-transport-ministers-sign-declaration-electric-aviation>
- Norsk klimastiftelse. (2025, august). *Elektriske ferger og båter*. <https://www.tilnull.no/energi/ferger>
- NREL. (2025, 15. juni). *Best Research-Cell Efficiency Chart*. National Renewable Energy Laboratory. <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency>
- NTB. (2025a, 3. august). Blått lys for grønt hydrogen. *Teknisk Ukeblad*. <https://www.tu.no/artikler/blatt-lys-for-gront-hydrogen/561070>

- NTB. (2025b, 5. februar). Møtte EU etter norsk ja til energidirektiver: – Kjempegod stemning. *Bergens Tidende*. <https://www.bt.no/utenriks/i/B0edWw/moette-eu-etter-norsk-ja-til-energidirektiver-kjempegod-stemning>
- NVE. (2025). *Tilstanden i kraftsystemet 2025*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2025/rapport2025_10.pdf
- O'Malley, J. & Baldino, C. (2024). *Availability of biomass feedstocks in the European Union to meet the 2035 ReFuelEU Aviation SAF target*. International Council of Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/low-risk-biomass-feedstocks-eu-refueleu-aug24/>
- OFV. (2025). Bilsalget i juni 2025. <https://ofv.no/bilsalget/bilsalget-i-juni-2025>
- Ostrower, J. (2025, 14. februar). Electric airplane aspirant Eviation lays off most of its staff. *The Air Current*. <https://theaircurrent.com/aircraft-development/electric-airplane-eviation-lays-off-most-staff-alice/>
- Pizzol, M. & Andersen, M. S. (2022). Green Tech for Green Growth? Insights from Nordic Environmental Innovation. I V. Prokop, J. Stejskal, J. Horbach & W. Gerstlberger (Red.), *Business Models for the Circular Economy*. Cham: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-08313-6>
- Plötz, P., Münzel, C., Sprei, F. & Gnann, T. (2019). How large is the effect of financial incentives on electric vehicle sales? – A global review and European analysis. *Energy Economics*, 104493. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104493>
- Project SkyPower. (2024). *Accelerating the take-off for e-SAF in Europe. Project SkyPower insights report*. Systemiq, Green Finance Institute, Mission Impossible Partnership. <https://project-skypower.org/insights-report>
- Rainforest Foundation & Cerulogy. (2019). *Destination Deforestation*. Oslo: Rainforest Foundation. https://dv719tqmsuwvb.cloudfront.net/documents/Destination-deforestation_Oct2019.pdf
- Reed, E. U. & Andrew, R. (2025, 6. august). Politikk som kutter. *Klima*. <https://www.cicero.oslo.no/no/artikler/politikk-som-kutter>
- Reimers, J. O. (2018). *Introduction of Electric Aviation in Norway - Feasibility study by Green Future AS*. Oslo: Green Future AS. <https://avinor.no/contentassets/c29b7a7ec1164e5d8f7500f8fef810cc/introduction-of-electric-aircraft-in-norway.pdf>
- Reimers, J. O. (2020). *Electric Aviation in Norway - Feasibility Study by Green Future AS*. Oslo: Green Future AS. <https://www.elflyportalen.no/media/4715/20201009-electric-aviation.pdf>
- Rekdal, J., Flügel, S., Hamre, T. N., Steinsland, C., Madslie, A., Grue, B., Zhang, W. & Larsen, O. I. (2014). *NTM6 – Transportmodeller for reiser lengre enn 70 km*. Molde: Møreforskning Molde AS. <https://www.moreforsk.no/publikasjoner/rapporter/transportokonomi/1414-ntm6---transportmodeller-for-reiser-lengre-enn-70-km/1094/3202/>
- Reuters. (2025, 20. januar). China's COMAC aims to lift C919 jet production capacity to 50 this year, report says. *Reuters*. <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/chinas-comac-aims-lift-c919-jet-production-capacity-50-this-year-report-says-2025-01-20/>
- Richardson, J. (2024, 11. oktober). Noemi floats the idea of electric seaplanes. *Royal Aeronautical Society*. <https://www.aerosociety.com/news/noemi-floats-the-idea-of-electric-seaplanes/>
- Rosendahl, K. E. & Wangsness, P. B. (2024). *Review of the Shadow Price of Carbon in the EU*. TØI-rapport 2037/2024. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=78271>

- Royal Netherlands Aerospace Centre & SEO Amsterdam Economics. (2021). *Destination 2050*. Amsterdam: Royal Netherlands Aerospace Centre, SEO Amsterdam Economics.
https://www.destination2050.eu/wp-content/uploads/2021/03/Destination2050_Report.pdf
- Rustad, M. E. (2025, 15. september). Kun to søker om å bygge flytende havvind på Utsira Nord. *E24*. Lesedato: 17. september 2025. <https://e24.no/energi-og-klima/i/nypxro/kun-to-soeker-om-aa-bygge-flytende-havvind-paa-utsira-nord>
- Rådgivende utvalg for finanspolitiske analyser. (2025, 6. februar). Uttalelse 2025. Oslo: Regjeringen.
<https://files.nettsteder.regjeringen.no/wpuploads01/sites/509/2025/02/Uttalelse-om-langsiktig-baerekraft-i-statsfinansene.pdf>
- Safran Electrical & Power. (2025, 3. februar). *Safran obtains EASA certification of the first electric motor for new air mobility*. <https://www.safran-group.com/pressroom/safran-obtains-easa-certification-first-electric-motor-new-air-mobility-2025-02-03>
- Saltvedt, T., Bjørnstad, R., Glad, T., Lillelien, N., Rattsø, J., Eskeland, G. S., Gulbrandsen, H., Misund, K., Ettestøl, I., Hagspiel, V., Onsum, A. S. & Sauar, E. (2022). *Rapport fra Ekspertutvalget for klimavennlige investeringer*. Oslo: Nærings- og fiskeridepartementet.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/2c9624f1fde74953b0ae7a630eb4ca36/no/pdfs/rapport-fra-ekspertutvalget-for-klimavennlige-inve.pdf>
- Samferdselsdepartementet. (2019). *Fra statussymbol til allemannseie - norsk luftfart i forandring*. Oslo: Samferdselsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2019-22/id2680751/>
- Samferdselsdepartementet. (2023). *Bærekraftig og sikker luftfart. Nasjonal luftfartsstrategi*. Oslo: Samferdselsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-10-20222023/id2960568/>
- Samferdselsdepartementet. (2024a, 10. februar). *Regjeringa vil etablere Noreg som testarena for null- og lågutsleppsluftfart*. Oslo: Samferdselsdepartementet.
<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/statsbudsjettet-2025-regjeringa-vil-etablere-noreg-som-testarena-for-null-og-lagutsleppsluftfart/id3056059/>
- Samferdselsdepartementet. (2024b). *Stortingsmelding 14 (2023-2024). Nasjonal transportplan 2025-2036*. Oslo: Samferdselsdepartementet.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/aaee20cf5a9e468ea97fd51638c42407/no/pdfs/stm202320240014000dddpdfs.pdf>
- Samferdselsdepartementet. (2025a). *Droner og ny luftmobilitet*. Oslo: Samferdselsdepartementet.
<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/stortingsmelding-om-droner-og-ny-luftmobilitet-den-nye-luftfarten-skal-vare-baerekraftig-sikker-og-skape-merverdi-for-samfunnet/id3094040/>
- Samferdselsdepartementet. (2025b, 20. mai). *Vil redusere utslippene fra luftfarten*. Oslo: Samferdselsdepartementet. <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/18535169/vil-reducere-utslippene-fra-luftfarten?publisherId=8768166&lang=no>
- Schonland, A. (2024, 14. november). ATR reinstates core business focus; drops STOL. *AirInsight Group*. Lesedato: 13. februar 2025. <https://airinsight.com/atr-reinstates-core-business-focus-drops-stol/>
- Schultz, P. W., Messina, A., Tronu, G., Limas, E. F., Gupta, R. & Estrada, M. (2016). Personalized Normative Feedback and the Moderating Role of Personal Norms: A Field Experiment to Reduce Residential Water Consumption. *Environment and Behavior*, 48(5), 686-710.
<https://doi.org/10.1177/0013916514553835>

- Schäfer, A. W., Barrett, S. R. H., Doyme, K., Dray, L. M., Gnadt, A. R., Self, R., O'Sullivan, A., Synodinos, A. P. & Torija, A. J. (2019). Technological, economic and environmental prospects of all-electric aircraft. *Nature Energy*, 4(2), 160-166. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0294-x>
- Scott, M. & Clarke, M. (2023). *Analysing the costs of hydrogen aircraft*. Brüssel: Steer, Transport & Environment, DoigSmith, Technische Universität Hamburg. https://www.transportenvironment.org/uploads/files/Study-Analysing-the-costs-of-hydrogen-aircraft_2024-04-29-153800_ufib.pdf
- Seehusen, J. (2018, 12. september). Norsk Hydro jubler: I fjor var det 19 kilo aluminium i hver bil. Snart er det 280. *Teknisk ukeblad*. Lesedato: 5. september 2025. <https://www.tu.no/artikler/norsk-hydro-jubler-i-fjor-var-det-19-kilo-aluminium-i-hver-bil-snart-er-det-280/445029>
- Skies Magazine. (2022, 27. september). Aviation Alice First Flight. Lesedato: 13. mars 2023. https://www.youtube.com/watch?v=qjPO4_oe5h8
- Solas Capital. (2025, Mai). When Energy Pays You: The Paradox of Negative Energy Prices. Solas Capital. <https://www.solas.capital/negative-electricity-prices-europe/>
- Sonnenschein, J. & Smedby, N. (2019). Designing air ticket taxes for climate change mitigation: insights from a Swedish valuation study. *Climate Policy*, 19(5), 651-663. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1547678>
- Spaeth, A. (2023, 23. januar). Are electric planes ready for takeoff? *DW*. Lesedato: 14. mars 2023 <https://www.dw.com/en/are-electric-planes-ready-for-takeoff/a-64491147>
- Steinset, T. A. (2022, 3. februar). Frå foredling til råstoffleverandør. Oslo: Statistisk sentralbyrå. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/artikler/fra-foredling-til-rastoffleverandor>
- Stoltz, K. (2025, 12. mars). Full fart fremover. Trondheim: Næringsforeningen i Trondheimsregionen. <https://nit.no/midtpunkt/full-fart-fremover>
- Stranden, I. L. & Trøen, O. M. (2025, 15. januar). Her tankes kampflyene med bærekraftig drivstoff. *NRK*. Lesedato: 10. januar 2025. <https://www.nrk.no/trondelag/norske-f-35-jagerfly-pa-orland-flyr-for-forste-gang-med-40-prosent-biodrivstoff-pa-tanken-1.17205538>
- Teoh, R., Schumann, U., Gryspeerd, E., Shapiro, M., Molloy, J., Koudis, G., Voigt, C., and Stettler, M. E. J.: Aviation contrail climate effects in the North Atlantic from 2016 to 2021, *Atmospheric Chemistry and Phys.*, 22, p. 10919–10935, <https://doi.org/10.5194/acp-22-10919-2022>, 2022.
- Teoh, R., Engberg, Z., Schumann, U., Voigt, C., Shapiro, M., Rohs, S. and Stettler, M. E. J.: Global aviation contrail climate effects from 2019 to 2021, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, p. 6071–6093. <https://acp.copernicus.org/articles/24/6071/2024/>
- T&E. (2020). How to reduce airline emissions. Brüssel: Transport & Environment. <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/aviation-and-eu-ets>
- T&E. (2021). *Private jets: can the super rich supercharge zero-emission aviation?* Brüssel: Transport & Environment. https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202209_private_jets_FINAL_with_addendum_2024-05-07-140647_xczq.pdf
- T&E. (2023, 31. mai). 'Pigs do fly': Growing use of animal fats in cars and planes increasingly unsustainable <https://www.transportenvironment.org/articles/pigs-do-fly-growing-use-of-animal-fats-in-cars-and-planes-increasingly-unsustainable>
- T&E. (2024). *The challenges of scaling up e-kerosene production in Europe*. Brüssel: Transport & Environment. https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2024_01_E-kerosene_Tracker_TE_2024-04-29-155012_cevi.pdf

- T&E. (2025a). *EU plans to boost green aviation and shipping fuels, but sends worrying signal on 2040 climate goal*. Brüssel: Transport & Environment. <https://www.transportenvironment.org/articles/eu-plans-to-boost-green-aviation-and-shipping-fuels-but-sends-worrying-signal-on-2040-climate-goal>
- T&E. (2025b, 16. juni). *Europe risks losing its early e-fuels lead for aviation, study warns*. <https://www.transportenvironment.org/articles/europe-risks-losing-its-early-e-fuels-lead-for-aviation-study-warns>
- T&E. (2025c). *Polluter pays? A large share of Europe's aviation emissions remain unpriced*. Brüssel: Transport & Environment. https://www.transportenvironment.org/uploads/files/EU-ETS-REPORT-2025_2025-04-25-143234_iywr.pdf
- Tachev, V. (2025, 5. august). UN and IRENA: Renewables the Cheapest Electricity Source in 2024. <https://energytracker.asia/un-and-irena-renewables-the-cheapest-electricity-source/>
- Teare, G. (2024, 4. januar). Global Startup Funding In 2023 Closes In At Lowest Level In 5 Years. *Crunchbase news*. Lesedato: 22. August 2025. <https://news.crunchbase.com/venture/global-funding-data-analysis-ai-eoy-2023/>
- Thune-Larsen, H., Rekdal, J. & Wangsness, P. B. (2024, 8. mai). Arbeidsdokument 520-2024. *Tafikkprognoser for Avinor 2024-2050*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Thurber, M. (2024, 30. december). Volocopter Files for Insolvency, Seeks Financing for eVTOL Aircraft. *FutureFlight*. Lesedato: 31. desember 2024. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2024-12-30/volocopter-files-insolvency-seeks-financing>
- Torkelsen, E. & Hagfors, M. (2024, 24. juni). Ny studie: Klimautslipp fra fly er mye høyere enn rapportert. *NRK*. <https://www.nrk.no/norge/ny-studie-fra-ntnu-forskere-klimautslipp-fra-fly-er-mye-hoyere-enn-rapportert-1.16936858>
- Tunberg, M. & Hansson, P. (2020). *Sustainable use of biomass for heating and transport*. Nordic Energy Research. <https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2020/02/Sustainable-use-of-biomass-for-heating-and-transport-fuel-1.pdf>
- Unruh, G. C. (2002). Escaping carbon lock-in. *Energy Policy*, 30(4), 317-325. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(01\)00098-2](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00098-2)
- van Oosterom, S. & Mitici, M. (2023). Optimizing the battery charging and swapping infrastructure for electric short-haul aircraft—The case of electric flight in Norway. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 155, 104313. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104313>
- Veisten, K., Wangsness, P. B., Farstad, E. & Ydersbond, I. M. (2024). Will people prefer future travel with battery-powered airplanes? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 126, 104013. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.104013>
- Vertical Aerospace. (2025a, 17. juli). *Vertical Aerospace Completes World First Public Airport-to-Airport Flight*. <https://investor.vertical-aerospace.com/news/news-details/2025/Vertical-Aerospace-Completes-World-First-Public-Airport-to-Airport-Flight/default.aspx>
- Vertical Aerospace. (2025b, 27. mai). *Vertical Aerospace Makes Aviation History with Piloted eVTOL Flight in Open Airspace*. <https://vertical-aerospace.com/wp-content/uploads/2025/05/Vertical-Aerospace-Makes-Aviation-History-with-Piloted-eVTOL-Flight-in-Open-Airspace.pdf>
- VoltAero. (2025, 5. juni). *VoltAero launches its HPU 210 powertrain to deliver proven hybrid-electric propulsion for homebuilt and kit-built aircraft*. <https://www.voltaero.aero/press-releases/voltaero-launches-its-hpu-210-powertrain/>

- Walter, D., Butler-Sloss, S. & Bond, K. (2025). The Rise of Batteries in Six Charts and Not Too Many Numbers. *RMI*. <https://rmi.org/the-rise-of-batteries-in-six-charts-and-not-too-many-numbers/>
- Wang, Y. (2022, 24-26 June 2022). A Comparison between Electric Aircraft and Hydrogen Aircraft to Achieve a Net-Zero Aviation Future. *EEI 2022; 4th International Conference on Electronic Engineering and Informatics*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10048120>
- Wangsness, P. B. (2019). *Norwegian business opportunities on the way to an electrified transport sector*. Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1681/2019. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/publikasjoner/norske-forretningsmuligheter-pa-vei-til-en-elektrifisert-transportsektor>
- Wangsness, P. B., Ydersbond, I. M., Veisten, K. & Farstad, E. (2021). *Fremskyndet innføring av elfly i Norge. Mulige samfunnsmessige konsekvenser og virkemidler*. TØI rapport 1851/2021. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=71283>
- Weitering, H. (2025a, 13. mai). Ampaire Scores FAA G-1 for Hybrid-electric Propulsion System. *A/N*. Lesedato: 25. juni 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-05-13/ampaire-scores-faa-g-1-hybrid-electric-propulsion-system>
- Weitering, H. (2025b, 15. mai). Archer Named 'Official Air Taxi Provider' for 2028 Olympics in Los Angeles. *A/N*. Lesedato: 5. juni 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-05-15/archer-named-official-air-taxi-provider-2028-olympics-los>
- Weitering, H. (2025c, 30. juli). China's AutoFlight Delivers First CarryAll eVTOL Freighter. *A/N*. Lesedato: 6. August 2025. <https://www.ainonline.com/aviation-news/futureflight/2025-07-30/chinas-autoflight-delivers-first-carryall-evtol-freighter>
- Wendt, N., Kipperberg, G. & Lindhjem, H. (2024). Consumer willingness to pay for emission reduction in air travel: A meta-analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 134, 104347. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104347>
- Wings. (2024, 22. april). Harbour Air signs letter of intent for 50 magni650 electric engines. *Wings*. Lesedato: 15. mai 2025. <https://www.wingsmagazine.com/harbour-air-magnix/>
- World Economic Forum. (2022). *Target True Zero: Unlocking Sustainable Battery and Hydrogen-Powered Flight*. Geneve: World Economic Forum. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Target_True_Zero_Aviation_ROUND_2022.pdf
- World Economic Forum & McKinsey & Company. (2023). *Target True Zero: Delivering the Infrastructure for Battery and Hydrogen-Powered Flight*. Geneve: World Economic Forum. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Target_True_Zero_2023.pdf
- Wosczyk, A. (2023, 29. juni). Top VC Funds In Norway To Finance Your Startup. *Vestbee*. Lesedato: 4. september 2025. <https://www.vestbee.com/insights/articles/top-vc-funds-in-norway-to-finance-your-startup>
- Ydersbond, I. M. (2019). Målsetninger, politikk og incentiver i utvalgte land. I E. Figenbaum (Red.), *360 graders analyse av potensialet for nullutslippskjøretøy*. TØI rapport 1744/2019. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=52314>
- Ydersbond, I. M. (2020). *The Ambitious and the Ambivalent. Sweden's and Norway's Attitudes Towards Domestic New Renewable Energy Sources*. TØI rapport 1784/2020. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=54680>
- Ydersbond, I. M. (2021a). Fordeler og ulemper for næringslivet i Norge generelt og i Bergen-Stavangerregionen spesielt ved fremskyndet innføring av elfly i Norge. I P. B. Wangsness (Red.), *Fremskyndet innføring av elfly i Norge* (s. 77-86). TØI rapport 1851/2021. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=71283>

- Ydersbond, I. M. (2021b). Virkemidler for fremskyndet innfasing av elfly i Norge generelt og mellom Stavanger og Bergen spesielt. I *Fremskyndet innfasing av elfly i Norge. Mulige samfunnsmessige konsekvenser og virkemidler*. TØI rapport 1851/2021. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=71283>
- Ydersbond, I. M. (2023). *Kunnskapsgrunnlag om ei pilot-FOT-elflyrute Førde-Bergen*. TØI rapport 1963/2023. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=75849>
- Ydersbond, I. M. & Elvik, R. (2024). *Sikkerhet i norsk luftfart og jernbane - hva kan veisektoren lære?* TØI rapport 2015/2024. Oslo: Transportøkonomisk institutt. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=77915>
- Ydersbond, I. M., Kristensen, N. & Thune-Larsen, H. (2020). *Nordic Sustainable Aviation*. Oslo: Nordic Energy Research. <https://www.nordicenergy.org/article/common-initiatives-can-make-nordic-aviation-significantly-more-sustainable/>
- Ydersbond, I. M., Kristensen, N. B., Thune-Larsen, H. & Ydersbond, T. A. (2025). How can aviation be decarbonized faster? An assessment of relevant short- and medium-term policy measures in a Nordic context. *Journal of Air Transport Management*, 127. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699725000754>
- ZeroAvia. (2025a, 18. februar). *ZeroAvia Announces First Sale of Standalone Electric Propulsion System*. <https://zeroavia.com/zeroavia-confirms-first-sale-of-standalone-electric-propulsion-system/>
- ZeroAvia. (2025b, 3. februar). *ZeroAvia Receives FAA G-1 for 600kW Electric Propulsion System*. <https://zeroavia.com/zeroavia-receives-faa-g-1-for-600kw-electric-propulsion-system/>
- Aamaas, B. & Peters, G. P. (2017). The climate impact of Norwegians' travel behavior. *Travel Behaviour and Society*, 6, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2016.04.001>
- Aasen, M., Thøgersen, J., Vatn, A., Dunlap, R. E., Fisher, D. R., Hellevik, O. & Stern, P. C. (2023). The limited influence of climate norms on leisure air travel. *Journal of Sustainable Tourism*, 31(10), 2250-2269. <https://doi.org/10.1080/09669582.2022.2097687>



© Avinor, Jørgen Syversen

Vedlegg A: Statistisk analyse av karakteristika for de flyreisende

Tabell A.1 viser resultatene av en logistisk regressionsanalyse av forskjellige demografiske karakteristikas påvirkning av sannsynligheten for at man reist fly de siste 12 måneder.

Det vil om man har svart minst én gang på følgende spørsmål:

«Hvis du ser tilbake på de siste 12 måneder, omtrent hvor mange ganger har du gjort følgende ting?»

- (1) Reist med fly i Norge
- (2) Reist med fly til utlandet
- (3) Reist med fly på forretningsreise
- (4) Reist med fly på privat reise
- (5) Reist på sydentur

Tabell A.1: Logistisk regresjon «reist med fly» (innenlands/utenlands/forretningsreise/privat reise/Sydentur) siste 12 måneder. Kilde: Norsk Monitor 2023.

Reist med fly?	I Norge (1)		Til utlandet (2)		Forretningsreise (3)		Privat reise (4)		Sydentur (5)	
	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.
kvinne	-0,255**	0,079	0,034	0,08	-0,694**	0,092	0,015	0,08	0,161*	0,079
mann	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
utd_grunnskole	-1,387**	0,222	-1,030**	0,219	-1,431**	0,348	-1,555**	0,224	-0,302	0,226
utd_videregående	-0,924**	0,112	-0,709**	0,113	-1,038**	0,129	-0,823**	0,113	-0,019	0,112
utd_bachelor	-0,436**	0,099	-0,312**	0,103	-0,560**	0,105	-0,293**	0,103	0,006	0,098
Mastergr. el. høyere	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
'Før-etableringsfase'	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
småbarnsfamilie	-0,719**	0,158	-0,568**	0,161	-0,420*	0,171	-0,756**	0,161	-0,282	0,158
tenåringsfamilie	-0,732**	0,157	-0,431**	0,159	-0,517**	0,179	-0,439**	0,16	-0,031	0,154
frie voksne	-0,350	0,191	-0,160	0,195	-0,190	0,21	-0,303	0,196	-0,109	0,191
tomt rede	-0,895**	0,217	-0,194	0,22	-0,970**	0,257	-0,570**	0,221	0,07	0,221
15- 24 år	0,620**	0,187	0,452*	0,19	-1,196**	0,242	0,431*	0,191	0,348	0,184
25-34 år	-0,053	0,182	-0,141	0,187	-0,460*	0,2	-0,012	0,188	0,103	0,181
35-44 år	-0,088	0,145	-0,239	0,149	0,026	0,152	-0,062	0,15	-0,034	0,145
45-54 år	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55-69 år	-0,085	0,139	-0,240	0,143	-0,254	0,149	-0,056	0,143	-0,208	0,141
70 år og eldre	-0,479*	0,214	-0,544*	0,213	-1,885**	0,372	-0,205	0,212	0,029	0,219
Mest sentralt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nest mest sentralt	0,359**	0,113	-0,168	0,12	0,223	0,124	0,052	0,119	0,068	0,11
mellomsentralt1	0,232*	0,119	-0,435**	0,123	-0,099	0,135	-0,389**	0,121	-0,084	0,118
mellomsentralt2	0,321*	0,133	-0,574**	0,136	-0,329*	0,158	-0,348**	0,136	-0,042	0,133
nest minst sentralt	0,186	0,157	-0,789**	0,159	-0,007	0,187	-0,555**	0,159	-0,134	0,162
minst sentralt	0,172	0,227	-1,192**	0,227	-0,407	0,281	-0,867**	0,227	-0,408	0,245
inntekt <300.000	-1,066**	0,225	-1,316**	0,229	-1,748**	0,354	-1,108**	0,227	-1,066**	0,238
inntekt 300-599.000	-1,252**	0,168	-1,234**	0,173	-1,602**	0,209	-1,122**	0,169	-0,932**	0,166
inntekt 600-999.000	-0,738**	0,154	-0,612**	0,162	-0,894**	0,166	-0,502**	0,158	-0,384**	0,146
inntekt 1-1,5 mill.	-0,325*	0,15	-0,269	0,159	-0,286	0,153	-0,168	0,155	-0,215	0,14
inntekt 1,5-2,0 mill.	0,286	0,17	0,180	0,181	0,244	0,166	0,358*	0,179	0,100	0,153
Over 2 millioner	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
McFadden pse. R ²	,095		,084		,180		,091		,024	

**p<,01; *p<,05 Understreket variabel indikerer referansen i forhold til verdien av de øvrige kategoriene.

Tabell A.2 viser resultater fra logistisk regresjonsanalyser av mellom demografiske karakteristika og tilbøyeligheten til å reise med tog på utvalgte reiserelasjoner. Positive koeffisienter indikerer høyere sannsynlighet for å benytte tog.

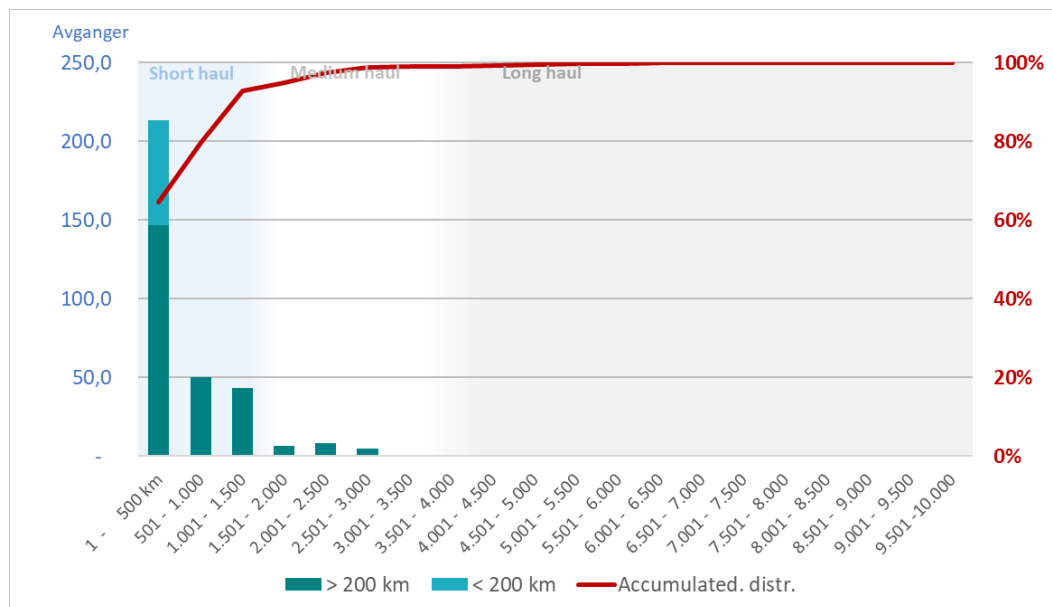
Tabell A.2: Oppsummerte resultater fra logistisk regresjonsanalyser av demografiske variabler for utvalgte destinasjoner. Kilde: RVU fly/TØI-rapport 2078/2025.

	Oslo-Bergen		Oslo-Trondheim		Oslo-Stavanger		Oslo-Kristiansand	
	Koeffisient	st.feil	koeffisient	st.feil	koeffisient	st.feil	koeffisient	st.feil
Fritidsreise	0,425***	0,112	0,510***	0,110	0,366**	0,15	-0,523	0,417
Kvinne	0,187**	0,096	0,271***	0,094	0,079	0,128	0,569*	0,324
Alder 30-39 år	0,051	0,128	-0,100	0,140	0,129	0,174	-0,447	0,557
Alder 40-49 år	-0,295	0,154	0,016	0,158	-0,399*	0,21	-0,210	0,479
Alder 50-59 år	-0,624***	0,172	-0,500***	0,169	-0,514**	0,218	-0,653	0,516
Alder 60-69 år	-0,402**	0,191	0,031	0,178	-0,017	0,232	-0,801	0,717
Alder 70 år+	-0,195	0,351	0,265	0,256	0,051	0,337	1,857***	0,718
Husholdsinntekt	-0,071**	0,032	-0,081**	0,032	-0,023	0,043	0,012	0,110
Reisetidsulempe	-0,004**	0,002	-0,002***	0,001	-0,010***	0,003	-0,009	0,006
N	2 874		2 860		2 118		279	
R ²	,060		,055		,048		,095	

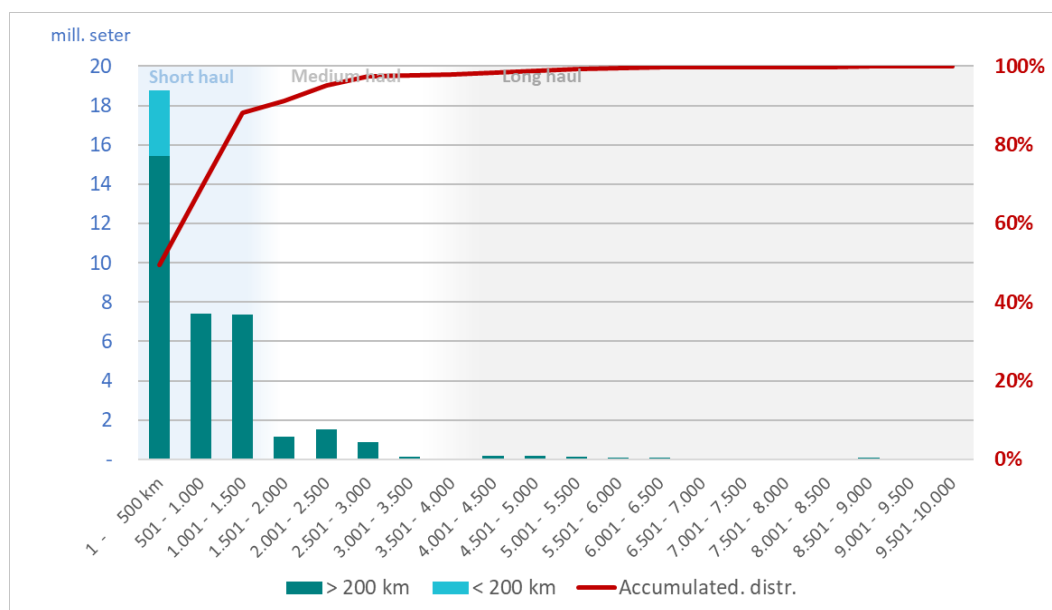
*** $p < ,01$; ** $p < ,05$, * $p < ,10$

Vedlegg B: Avganger, seter og setekilometer fordelt på rutelengder

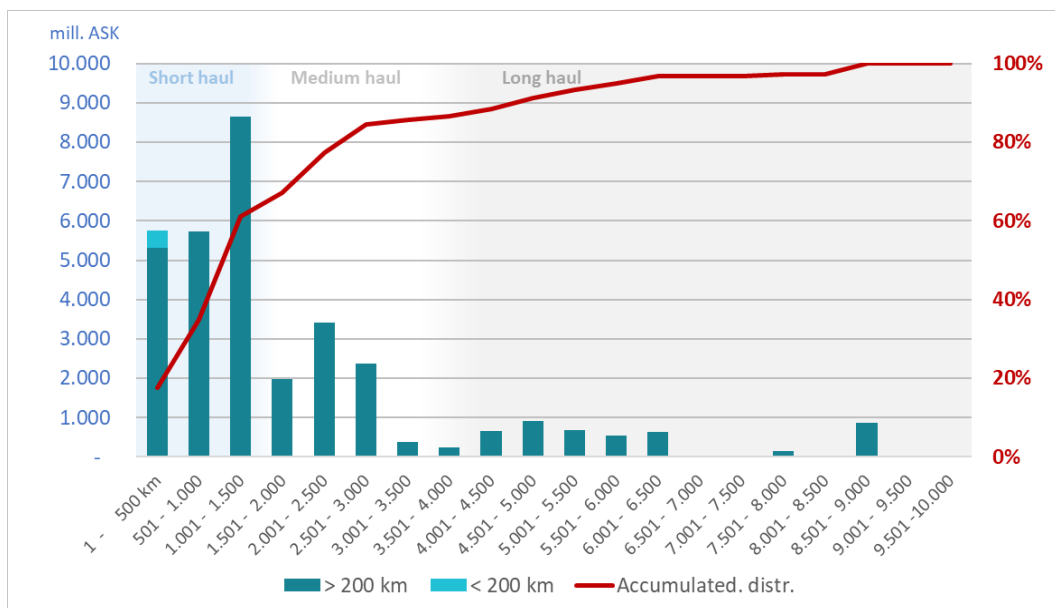
Figurene er basert på uttrekk fra PACER-modellen



Figur A.1. Antall ruter fra norske lufthavner fordelt på avstandsbånd



Figur A.2. Antall tilbudte seter fra norske lufthavner fordelt på avstandsbånd



Figur A.3. Antall setekilometer fra norske lufthavner fordelt på avstandsbånd

Vedlegg C: Europeisk og norsk klimapolitikk i relasjon til luftfart

Dette vedlegg gir en kortfattet beskrivelse av de mest sentrale europeiske og norske klimapolitiske tiltak med vesentlig betydning for norsk luftfart. Oversikten er basert på de formelle lovtekstene og sammenfattende beskrivelser i Kristensen(2022), Ydersbond et al.(2020) og DNV(2023). Innledningsvis beskrives det globale rammeverket CORSIA under FN-organisasjonen *International Civil Aviation Organisation* (ICAO).

ICAO regulerer internasjonal luftfart, og er i praksis den organisasjon som har hovedrollen i forhold til utenlandsluftfart som ikke er omfattet av de nasjonale reduksjonsforpliktelsene i Paris-avtalen. Historisk har det vært svært vanskelig å bli enige i ICAO om substansielle tiltak for å redusere luftfartens klimagassutslipp. De første reelle vedtak var drivstoffeffektivitetsstandarder gjeldende for nye fly fra 2020 og et uforpliktende mål om 2 % årlig forbedring fra 2021 til 2050. I 2016 ble **CORSIA** (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) vedtatt. Det overordnede målet i CORSIA er 'carbon neutral growth' fra 2020, det vil si fortsatt vekst i flytrafikken, men uten at CO₂-utslippet vokser. Strategien var at den delen av veksten som overstiger forbedringer i drivstoffeffektiviteten skal kompenseres ved tilsvarende kjøp av offsets, det vil si reduksjoner i andre sektorer. De fleste landene i verden, har tiltrådt CORSIA som dekker langt hovedparten av CO₂-utslippene fra luftfarten. Frem til 2027 er kjøp av offsets frivillig for de landene som deltar. I 2022 vedtok man en utvidelse hvor SAF ble godkjent som bidra til å redusere utslippene, men reglene for godkjente flydrivstoffer ('CORSIA eligible fuels' – se avsnitt 6.2.2) er mindre strenge enn de som gjelder for RefuelEU Aviation. Det er også en del usikkerhet rundt den reelle addisjonelle effekten av kjøp av offsets i CORSIA. EU betrakter samlet sett CORSIA som langt svakere enn EU ETS (se nedenfor) og man har derfor ikke vært villig til å la offset reglene i CORSIA erstatte kjøp av ETS-kvoter.

Europeisk rammeverk

Norge inngikk i oktober 2019 en klimaavtale med EU om felles oppfyllelse av utslippsmålet for 2030, som innebærer at Norge deltar i EUs klimaregelverk. En sentralt element i EUs politikk for oppfyllelse av de internasjonale reduksjonsforpliktelsene er det europeiske CO₂-kvotehandelssystemet EUs 'Emission Trading System' (ETS).

Det europeiske kvotehandelssystem (EU ETS)

Det europeiske kvotehandelssystemet startet i 2005 og Norge har vært med siden 2008¹³⁶. De store utledningssektorene er omfattet av kvoteplikten, og det gjelder også luftfarten, hvor flygninger internt i og mellom EU/EØS-land ble omfattet av kvoteplikt fra 2012. I 2027 starter et nytt kvotehandelssystem ETS2, som omfatter noen av de sektorene som ikke er med i det nåværende ETS. Blant de vesentligste sektorene i ETS2 er veitransport og bygg. En del av kvotene i det nåværende ETS har hittil vært gitt gratis til luftfarten ut fra historiske utledninger ut fra et såkalt 'grandfathering' prinsip. Gratiskvotene har blitt gradvis utfaset så luftfarten fra 2026 må kjøpe kvoter tilsvarende alle utslipp. Kvotehandelssystemet løpende blitt skjerpet, fordi overskudd av kvoter i lng tid ga så lav kvotepris at insentivene til å redusere utslippet har vært utilstrekkelig til å drive fram de teknologiske omstillingene som er nødvendige på sikt. Reglene for hvor mange kvoter som tilføres hvert år er kompliserte, men tilførslen av kvoter utfases

¹³⁶ For en mere detaljert beskrivelse av utviklingen over tid av EU ETS se: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l28012>.

gradvis mot 2050, hvor EU har klimanøytralitet som mål. Kvoteprisen var de første mange årene bare rundt 5 EUR per tonn CO₂ men med reformene av systemet har kvoteprisen siden 2018 økt kraftig: Fra medio 2021 til medio 2025 har prisen ligget mellom 60 og 100 EUR per tonn CO₂.

Senest den 1. juli 2026 skal Europa-Kommisjonen fremlegge en rapport, som vurderer den miljømessige integriteten av ICAO's CORSIA-ordning sammen med et forslag til hvordan EU ETS kan utvides og integreres i CORSIA.

Energibeskatningsdirektivet

EUs Energy Taxation Directive (Directive 2003/96/EC) fastsetter minsteavgifter som medlemslandene må pålegge energi til blant annet transportformål. Hensikten er å unngå 'race to the bottom', hvor landene forsøker å oppnå konkurransefordeler ved lavere avgifter enn andre lande. Landene kan velge å pålegge høyere avgifter enn minimumskravet og unnta fornybar energi. Kommersiell luftfart er ikke omfattet av minsteavgiften, og faktisk forbyr direktivet å skattlegge flydrivstoff på utenlandsluftfart men ikke på innenlandsruter. De enkelte landene kan velge å inngå bilaterale avtaler om avgiftssatser på ruter mellom de to lande.

EU Kommisjonen la i 2021 fram et forslag til revisjon av energibeskatningsdirektivet som del av 'Fit-for-55'-pakken. Hovedintensjonen med revisjonen er å bringe minsteavgiftene i tråd med EUs klima- og miljøpolitikk, herunder å fjerne unntaket for luftfarten. Revisjon av direktivet krever enighet i Ministerrådet, hvilket i praksis er vanskelig på grunn av store interesseforskjeller mellom landene. I høsten 2025 har det vært forhandlinger om et kompromissforslag, men det er ikke umiddelbart utsikt til et vedtak.

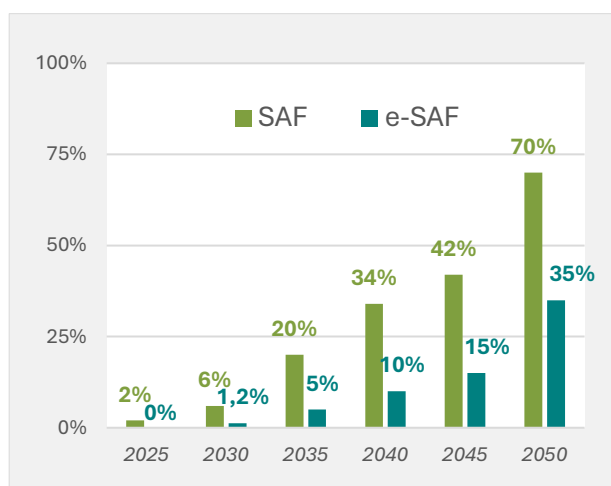
Fornybar energi direktivet (RED)

EUs fornybardirektiv legger rammene for medlemslandenes bruk av fornybar energi. Direktivet setter mål for fornybar energis andel av samlet energiforbruk og skal redusere energiforbruket gjennom krav til energieffektivisering. Den første versjonen av direktivet fra 2009 ([EU2009/28](#)) satte et mål på 20 % fornybar energi av samlet energiforbruk og et delmål på 10 % i transportsektoren i 2020. RED II ([EU2018/2001](#)) videreførte 20 % kravet til 32 % for 2030, og det ble skjerpet i RED III ([EU2023/2413](#)) til minst 42,5 % med mål om 45 %. RED III introduserte også støtteordninger for ny teknologi til produksjon av hydrogen og flytende drivstoffer basert på hydrogen (RFNBO – se avsnitt 7.2.2).

En sentral del av fornybar energidirektivet er spilleregler som skal sikre at innsatsen for å nå målene skjer på en miljømessig bra måte og samtidig ikke vrir konkurransen mellom virksomheter i de ulike medlemslandene. Det gjelder for eksempel kriterier for nasjonale støtteordninger, og ikke minst et detaljert og omfattende regelverk for produksjon av og input til den fornybare energien som kan godkjennes til oppfyllelsen av ulike EU-krav. Dette gjelder også SAF-innblandingskravene i 'RefuelEU Aviation' som henviser til RED II.

ReFuelEU Aviation

ReFuelEU Aviation er en EU-forordning¹³⁷ (EU2023/2405) som ble lansert som en del av Fit-for-55 pakken for nå EU's klimamål. SAF-innblandingskravet er en forpliktelse for flydrivstoffleverandørene startende med en minimumsandel på 2 % i 2025 og gradvis økende hvert femte år til 70 % i 2050. Tilsvarende har ReFuelEU Aviation en minimumsandel for e-SAF startende på 1,2 % i 2030 økende til 35 % i 2050. Dette skal ikke forstås som ytterligere innblanding men som en del av den generelle SAF-minimumsandel. Det vil si e-SAF vil være en femtedel av den innblandede SAF i 2030 økende til halvparten i 2050.



ReFuelEU Aviation avgrenser godkjent biobasert SAF til å være biodrivstoff som er produsert fra rest- og avfallsprodukter fra skogs- og landbruk, kommunalt avfall eller annet organisk avfall, som ikke kan gjenbrukes. Forordningen refererer til det reviderte Fornybardirektivet fra 2018 (RED II) Annex IX for definisjon av godkjente typer av biomasse for SAF (se Vedlegg D og avsnitt 7.2).

At det er tale om en minimumsandel betyr at leverandørene gjerne frivilligt må innblande mer, men det vil som regel bare skje hvis SAF er billigere enn fossil jetfuel, hvilket ikke forventes å bli tilfellet med mindre ETS-kvotepreisen stiger langt mer enn forventet. En vesentlig motivasjon for ReFuelEU Aviation er å sikre at grønn omstilling av luftfarten tilrettelegges slik at like konkurransevilkår i europeisk luftfart oppretholdes. Derfor erstatter innblandingskravet alle eksisterende nasjonale ordninger. Hvis individuelle land ønsker å gå lengre i forhold til økt innblanding av SAF kan det bare skje gjennom ordninger som ikke vrir konkurransen mellom de europeiske luftfartsselskapene. Det er tvilsomt om nasjonale minimums-krav som går lengre enn ReFuelEU Aviation oppfyller dette kriteriet. Men det vil antakelig ikke vurderes som konkurranseforvridende, hvis et land velger å finansiere prisdifferansen for den økte innblanding, fordi luftfartsselskapene da ikke pålegges merkostnader til økt bruk av SAF.

ReFuel EU Aviation inneholder også regler som forbyr såkalt 'tankering', som har vært utbredt praksis tidligere for å spare penger på å kjøpe flydrivstoff (Council of the EU, 2023; Europaparlamentet, 2022). Tankering innebærer å fylle mer flydrivstoff enn nødvendig på flyplassene som har lavest drivstoffpriser for å spare utgifter til drivstoff. Insentivene til tankering i lande utenfor EØS-området blir større, når SAF-innblandingskravet øker, da det vil gi betydelig høyere drivstoffpriser.

Norge har ikke tilsluttet seg RefuelEU Aviation via EØS-avtalen, først og fremst fordi denne forordningen er tett knyttet til fornybardirektivet, som Norge heller ikke har innført. Årsaken til at Norge ikke har tilsluttet seg REDII og REDIII henger ikke sammen med luftfarten men energipolitiske uenigheter på andre områder samt tekniske og institusjonelle utfordringer generelt.

Clean Industrial Deal og Sustainable Transport Investment Plan

I februar 2025 lanserte Europakommisjonen sin store pakke 'Clean Industrial Deal', som skal bidra til å avkarbonisere Europa og samtidig støtte Europas industri og europeisk innovasjon. Spesielt energi-intensive industrier og ren teknologi får oppmerksomhet. Den grønne omstillingen skal bli støttet

¹³⁷ En EU-forordning ('regulation') er en EU rettsakt som gjelder i alle medlemsland umiddelbart etter vedtakelse, hvorimot et direktiv ('directive') først skal implementeres i medlemslandets lovgivning, hvilket åpner for en viss fleksibilitet i tilpasningen til eksisterende lovgivning i de enkelte landene.

gjennom ulike nye tiltak. Innovasjonsfondet skal bli styrket, og Europakommisjonen foreslår en bank som skal finansiere ulike prosjekter. Denne banken har mål om 100 milliarder Euro i finansiering, som kommer fra innovasjonsfondet, inntekter fra deler av EU ETS og også InvestEU. Den europeiske investeringsbanken får nye instrumenter for å finansiere 'Clean Industrial Deal', inkludert 'CleanTech guarantee Facility' (Europakommisjonen, 2025). I dette ligger det plan om å øke produksjonen av fornybar energi og elektrifisere i større tempo enn tidligere. Det gir muligheter for økt produksjon av bærekraftige drivstoff til luftfarten og skipsfarten. I forlengelse av 'Clean Industrial Deal' vil EU kommisjonen fremover presentere videre planer for hvordan EU skal understøtte en grønn industriomstilling. Det inkluderer blant annet 'Sustainable Transport Investment Plan' og 'Clean Industry State Aid Framework'.

'**Sustainable Transport Investment Plan**' som ble presentert av EU kommisjonen i november 2025, skal akselerere investeringene i produksjon av bærekraftig drivstoff for å sikre at det i 2035 vil bli produsert nokk drivstoff til å nå 2035-målene for luftfarten og maritim sektor. Gjennom en rekke EU-tiltak skal planen mobilisere investeringsmidler på 2,9 mia. EUR fram mot slutten av 2027. Dermed ønsker man å sende et tydelig signal til aktørene i europeisk industri og dermed katalysere ytterligere kapital så man sikrer at tilstrekkelig produksjonskapasitet nås til å kunne oppfylle målene i RefuelEU Aviation og FuelEU Maritime.

Klimatiltak i Norge

Regjeringen har mål om å redusere luftfartens utslipp betraktelig. I den nasjonal luftfartstrategien *Bærekraftig og sikker luftfart* (Samferdselsdepartementet, 2023) er det overordnede klimamålet for innenlands luftfart at den skal omstilles i tråd med nasjonale og internasjonale klimamål. For å oppnå dette trengs det innfasing av bærekraftig flydrivstoff og null- og lavutslippsløsninger. De første kommersielle nullutslippsflyene skal innføres i Norge så snart teknologien tillater det. Dette er gjentatt i *Nasjonal transportplan (2025-2036)* (Samferdselsdepartementet, 2024b).

Norge har implementert en rekke økonomiske virkemidler som skal skape incentiver til å fremme klimavennlig utvikling av norsk luftfart. Disse beskrives kort nedenfor.

Innblandingskrav for Avansert biodrivstoff

Oslo lufthavn ble i 2016 første internasjonale lufthavn til å innblande små mengder bærekraftig biodrivstoff i drivstoffanlegget. Fra 2020 har Norge vedtatt et generelt innblandingskrav på 0,5% biodrivstoff. Teknisk er det utformet som et omsetningskrav for alt flydrivstoff som selges i løpet av et år for å gi større logistisk fleksibilitet og dermed lavere kostnader. Omsetningskravet for luftfarten er innrettet slik at bare avansert biodrivstoff i EUs direktiv for fornybar energi (se ovenfor) kan brukes til å oppfylle kravet.

Med ikrafttreden av ReFuelEU Aviation i 2025 har andre europeiske land nå innblanding av 2 % SAF, så Norge "fra å være først, nå er sist". Ifølge en [pressemelding](#) fra regjeringen fra mai 2025 har regjeringen besluttet å "innføre økte krav til biodrivstoff i luftfarten ved å implementere ReFuelEU Aviation" så raskt som mulig, og senest i 2027."

CO₂-avgift

Norge har siden 1999 hatt CO₂-avgift på fossil flydrivstoff til innenriksfly trafikk. I 2025 er avgiften på 685 NOK per ton CO₂ (1,77 NOK/liter flydrivstoff) og avgiften justeres årlig. EU-regulering forhindrer som nevnt at internasjonal luftfart omfattes av drivstoffskattelegging. Norge er i dag det eneste land i Europa som har avgift på flydrivstoff. I Klimaplan 2021-2030 fra 2020 hadde Regjeringen intensjon om å øke CO₂-avgiften på innenlands kvotepliktig flytrafikk så karbonprisen (avgift + kvotepris) er cirka 2 000 NOK₂₀₂₀ i 2030. I de seneste årene har CO₂-avgiften vært omtrent uendret i faste priser.

Flypassasjeravgift

I 2016 innførte Norge en passasjeravgift på flyreiser med fiskal begrunnelse. Satsen var 80 NOK per avgående passasjer. I 2019 ble avgiften omlagt med differensiering etter reisens lengde med utgangspunkt i et miljøperspektiv. EU-regulering forhindrer differensiering innenfor EØS, hvilket i praksis betyr at passasjeravgiften bare har to nivåer: Opprindelig 75 NOK hver vei for reiser internt i Norge og likedan 75 NOK til EØS land og 200 NOK til land utenfor EØS, men ikke avgift på reiser fra utlandet. Satsene for 2025 er henholdsvis 60 NOK og 342 NOK¹³⁸. De fleste av de nærmeste naboland har tilsvarende passasjeravgifter: Danmark (fra 2025), Sverige (fra 2018), Tyskland (fra 2011), Nederland (fra 2021) og Storbritannia (fra 1994).

Midler satt av på statsbudsjettet

Nasjonal transportplan (2025-2036) (Samferdselsdepartementet, 2024b) prioriterer 1 milliard NOK til å fremskynde **innfasingen av null- og lavutslippsluftfart i planperioden**. Hovedmålene med satsningen er å styrke regulatorisk tilrettelegging og utbygging av nødvendig energiinfrastruktur, slik som etablering av lade- og fylleinfrastruktur på flyplassene i Norge. Dette skaper forutsetninger for å gjøre Norge til en attraktiv internasjonal **testarena** for lav- og nullutslippsløsninger (Samferdselsdepartementet, 2023). Luftfartstilsynet og Avinor inngikk våren 2024 en avtale om å etablere Norge som en slik testarena (Avinor, 2024b, 2024c). Regjeringen støtter tilretteleggingen for null- og lavutslippsluftfart med 50 millioner i statsbudsjettet for 2025 med forventning om at støtten fortsettes i årene framover.

¹³⁸ <https://www.skatteetaten.no/satser/flypassasjeravgift/?year=2025#rateShowYear>

Vedlegg D: Det reviderte fornybardirektivets (RED II) Annex IX (dansk version)

EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV (EU) 2018/2001 af 11. december 2018
om fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder
(Dansk version: [Lenke](#))

BILAG IX

Tekst som er fjernet hhv. [tilføjet] i 2023/2413 (RED III)

Råprodukter som er tilføjet i 2024/1405

Del A. Råprodukter til produktion af biogas til transport og avancerede biobrændstoffer, hvis bidrag til opfyldelsen af minimumsandelene omhandlet i artikel 25, stk. 1, første og fjerde afsnit, kan sættes til to gange deres energiindhold [begrænses til]:

- a) Alger, hvis dyrket på land i damme eller fotobioreaktorer
- b) Biomassefraktion af blandet kommunalt affald, men ikke sorteret husholdningsaffald, der er omfattet af genanvendelsesmålene i henhold til artikel 11, stk. 2, litra a), i direktiv 2008/98/EF
- c) Bioaffald, jf. definitionen i artikel 3, nr. 4, i direktiv 2008/98/EF, fra private husholdninger, som er genstand for særskilt indsamling som defineret i artikel 3, nr. 11), i nævnte direktiv
- d) Biomassefraktion af industriaffald, som er uegnet til anvendelse i fødevare- eller foderkæden, herunder materiale fra detail- og engroshandel og industrien for agrofødevarer og fiske- og akvakulturprodukter, undtagen råprodukter opført på listen i dette bilags del B
- e) Halm
- f) Husdyrgødning og spildevandsslam
- g) Spildevand fra palmeoliemøller og tomme palmefrugtbundter
- h) Talloliebeg
- i) Råglycerin
- j) Bagasse
- k) Presserester af vindruer og vinbærme
- l) Nøddeskaller
- m) Avner
- n) Kolber, som er rensset for majskeer
- o) Biomassefraktion af affald og rester fra skovbrug og skovbrugsbaserede industrier, nemlig bark, grene, førkommerciel udtynding, blade, nåle, trækroner, savsmuld, savspåner, sortlud, brunlud, fiberslam lignin og tallolie
- p) Andet celluloseholdigt nonfood-materiale
- q) Andet lignocellulosisk materiale, undtagen sav- og finérkævler
- r) Fuselolie fra spritfremstilling
- s) Råmethanol fra kraftpapirmasse, der stammer fra fremstilling af træmasse
- t) Mellemafgroder som f.eks. efterafgroder og dækafgroder, som dyrkes på arealer, hvor produktionen af fødevare- og foderafgroder grundet en kort vækstperiode er begrænset til én høst, forudsat at deres anvendelse ikke udløser en efterspørgsel efter yderligere arealer, og forudsat at jordbundens indhold af organiske materialer fastholdes, såfremt disse mellemafgroder anvendes til produktionen af biobrændstoffer til luftfartssektoren
- u) Afgroder dyrket på stærkt nedbrudte arealer, undtagen fødevare- og foderafgroder, når disse anvendes til produktionen af biobrændstoffer til luftfartssektoren
- v) cyanobakterier.

Del B. Råprodukter til produktion af biobrændstoffer og biogas til transport, hvis bidrag til opfyldelsen af minimumsandelene [målene] omhandlet i artikel 25, stk. 1, første afsnit [litra a)], begrænses [til] ~~og kan sættes til to gange deres energiindhold:~~

- a) Brugt madolie
- b) Animalske fedtstoffer, der er klassificeret som kategori 1 og 2 i henhold til forordning (EF) nr. 1069/2009.
- c) Beskadigede afgrøder, som ikke er egnet til anvendelse i fødevare- eller foderkæden, med undtagelse af stoffer, der er blevet bevidst ændret eller forurenede med henblik på at opfylde denne definition
- d) Kommunalt spildevand og afledte produkter undtagen kloakslam
- e) Afgrøder dyrket på stærkt nedbrudte arealer, undtagen fødevare- og foder afgrøder opført i dette bilags del A, når disse ikke anvendes til produktionen af biobrændstoffer til luftfartssektoren
- f) Mellemafgrøder som f.eks. efterafgrøder og dækafgrøder, undtagen råmaterialer opført i dette bilags del A, som dyrkes på arealer, hvor produktionen af fødevare- og foder afgrøder grundet en kort vækstperiode er begrænset til én høst, forudsat at deres anvendelse ikke udløser en efterspørgsel efter yderligere arealer, og forudsat at jordbundens indhold af organiske materialer fastholdes, såfremt disse mellemafgrøder ikke anvendes til produktionen af biobrændstoffer til luftfartssektoren.

Bemerk at Del B e) og f) ikke gjelder for drivstoffer til luftfart.

Vedlegg E: Oversikt over norske lufthavner med kommersielle ruter

Lufthavner i Norge med ruter										
			TOTAL (47)	289.041	35.566.660	31.004	100%	100%	100%	
			EU-lufthavner (10)	233.822	32.259.209	29.589	81%	91%	95%	
			Avinor (43)	273.880	33.754.059	29.300	95%	95%	95%	
			Andre (4)	15.161	1.812.601	1.703	5%	5%	5%	
IATA-kode	EU-lufthavn	Kort rullebane	Lufthavn	Avganger		ASK (mill.)	Andel av avganger		Andel av Seter	Andel av ASK
				2024	Seter	2024	2024			
OSL	Ja	3600	Oslo lufthavn, Gardermoen	99.824	16.731.335	19.028		35%		61%
BGO	Ja	2990	Bergen lufthavn, Flesland	36.391	4.245.318	2.691		13%		9%
TRD	Ja	2999	Trondheim lufthavn, Værnes	22.951	2.615.875	1.476		8%		5%
SVG	Ja	2705	Stavanger lufthavn, Sola	19.407	2.625.583	1.504		7%		5%
TOS	Ja	2392	Tromsø lufthavn, Langnes	17.115	1.811.090	1.794		6%		6%
BOO	Ja	2794	Bodø lufthavn, Hernes	16.280	1.266.413	633		6%		2%
TRF	Ja	2669	Sandefjord, Torp	8.113	1.230.102	1.435		3%		5%
AES	Ja	2209	Ålesund lufthavn, Vigra	5.216	665.846	361		2%		1%
HFT		✓ 890	Hammerfest lufthavn	3.362	131.151	24		1%		0%
EVE	Ja	2812	Harstad/Narvik lufthavn, Evenes	4.152	536.089	473		1%		2%
KRS	Ja	2035	Kristiansand lufthavn, Kjevik	4.375	531.561	194		2%		1%
ALF		2127	Alta lufthavn	2.835	272.945	168		1%		1%
VDS		✓ 997	Vadsjø lufthavn	2.407	93.906	12		1%		0%
KKN		1700	Kirkenes lufthavn, Høybuktmoen	2.526	220.395	209		1%		1%
SOG		✓ 1110	Sogndal lufthavn, Haukåsen	2.576	100.486	16		1%		0%
HAU		2060	Haugesund	3.248	424.315	217		1%		1%
HOV		✓ 1070	Ørsta/Volda lufthavn, Hovden	2.624	102.358	30		1%		0%
LKN		✓ 1071	Leknes lufthavn	2.383	93.421	12		1%		0%
FRO		✓ 1300	Florø lufthavn	2.378	101.526	26		1%		0%
SKN		✓ 889	Stokmarknes lufthavn, Skagen	2.226	87.034	14		1%		0%
SVJ		✓ 876	Svolvær lufthavn, Helle	1.771	69.267	9		1%		0%
MOL		2120	Molde lufthavn, Årø	1.980	251.874	83		1%		0%
ANX		2468	Andøya lufthavn, Andenes	1.484	71.594	14		1%		0%
KSU		2045	Kristiansund lufthavn, Kvernberget	1.874	204.954	73		1%		0%
BNN		✓ 1199	Brønnøysund lufthavn, Brønnøy	1.875	82.068	19		1%		0%
SDN		✓ 970	Sandane lufthavn, Anda	1.232	48.059	11		0%		0%
MQN		✓ 799	Mo i Rana lufthavn, Røssvoll	1.747	68.232	17		1%		0%
MJF		✓ 899	Mosjøen lufthavn, Kjærstad	1.558	60.872	14		1%		0%
SSJ		✓ 1199	Sandnessjøen lufthavn, Stokka	1.491	60.030	14		1%		0%
HVG		✓ 920	Honningsvåg lufthavn	684	26.709	4		0%		0%
MEH		✓ 997	Mehamn lufthavn	827	32.297	4		0%		0%
FDE		✓ 1019	Førde lufthavn, Bringeland	1.454	56.739	18		1%		0%
BVG		✓ 1040	Berlevåg lufthavn	760	29.651	4		0%		0%
BJF		✓ 1000	Båtsfjord lufthavn	570	22.230	3		0%		0%
VAW		10885	Vardø lufthavn, Svartnes	730	28.481	2		0%		0%
LKL		2788	Lakselv lufthavn, Banak	1.182	65.894	34		0%		0%
RVK		✓ 830	Rørvik lufthavn, Ryum	1.042	40.737	6		0%		0%
LYR		2260	Svalbard lufthavn, Longyear	608	110.847	155		0%		0%
HAA		✓ 909	Hasvik lufthavn	588	22.932	2		0%		0%
OSY		✓ 997	Namsos lufthavn	836	32.659	4		0%		0%
RET		✓ 799	Røst lufthavn	578	22.674	2		0%		0%
BDU		2443	Bardufoss lufthavn	845	158.091	165		0%		1%
SOJ		✓ 859	Sørkjosen lufthavn	577	22.525	2		0%		0%
VRY		✓ 59	Værøy helikopterhavn	585	7.263	1		0%		0%
SRP		1500	Stord	615	29.245	9		0%		0%
RRS		1720	Røros lufthavn	600	27.408	7		0%		0%
OLA		3137	Ørland	561	26.582	12		0%		0%

Kilde: Uttrekk fra PACER-modellen.

TØI er et anvendt forskningsinstitutt som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 90 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet driver forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, bøker, seminarer, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, ITS, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transportbehov og generell transportøkonomi. Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forskningssamarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Postboks 8600 Majorstua
0349 Oslo
Norge

Kontoradresse:

Forskningsparken
Gaustadalléen 21

E-post: toi@toi.no

Hjemmeside: www.toi.no

