

RAPPORT

GRØNN LUFTFART I NORGE:

KONSEPTER, NÆRINGSLIV OG UTFORDRINGER



MENON-PUBLIKASJON NR. 175/2023

Av Leo A. Grünfeld, Anders Myklebust, Henrik Foseid og Jan Otto Reimers (Green Future AS)



Forord

På oppdrag for Samferdselsdepartementet gjennomførte Menon Economics, i samarbeid med Green Future, en utredning hvor vi kartla hvor langt markedet og teknologiske utviklingen har kommet i utviklingen av fremtidens lav- og nullutslippsløsninger, samt dagens virkemiddelapparat. Denne rapporten inneholder første del av rapporten som ble overlevert departementet. Den ser ikke på virkemiddelapparatet, som er omtalt grundig i Menon-rapport nr 14/2022.

Menon Economics er et forskningsbasert analyse- og rådgivningsselskap i skjæringspunktet mellom foretaksøkonomi, samfunnsøkonomi og næringspolitikk. Vi tilbyr analyse- og rådgivningstjenester til bedrifter, organisasjoner, kommuner, fylker og departementer. Vårt hovedfokus ligger på empiriske analyser av økonomisk politikk, og våre medarbeidere har økonomisk kompetanse på et høyt vitenskapelig nivå.

Desember 2023

Leo A. Grünfeld
Partner og forskningsleder
Menon Economics

Innhold

SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING OG BAKGRUNN	4
1.1 Kort om hva sentrale tidligere bidrag forteller	4
2 UTVIKLINGSLØP FOR NYE KLIMAVENNLIGE LØSNINGER	7
2.1 Elektrifisering i luftfarten	8
2.2 Hydrogen i luftfarten	12
2.3 Hybrid-løsninger	14
2.4 Ulike flytyper med nullutslippsteknologi	14
3 NORSKE AKTØRER OG INITIATIV	20
3.1 FoU-aktører	21
3.2 Teknologileverandører	23
3.3 Tilbydere av infrastruktur og trening	26
4 UTFORDRINGER OG BEHOV	28
4.1 Sentrale norske behov og utfordringer i luftfarten	28
4.2 Samfunnsøkonomiske argumenter for å støtte opp om FoU og klimavennlige løsninger	29
REFERANSELISTE	31
VEDLEGG 1: BATTERI- OG HYDROGENPRODUKSJON I NORGE	36
VEDLEGG 2: INTERVJUOBJEKTER	41

Sammendrag

I denne rapporten redegjør vi for hvilke teknologiløsninger man satser på innenfor nullutslippsløsninger for luftfart. Deretter ser vi nærmere på det norske nærings- og FoU-miljøet i dag i denne sektoren. Vi dreier også fokus mot særskilte muligheter og utfordringer for grønn luftfart i Norge i tiden fremover. Utforming av politikk for grønn luftfart må bygge på strukturelle trekk ved luftfartsrelatert næring og FoU, både ute og hjemme.

Kort om utfordringene

Det grønne skiftet skal sikre at Norge når målet om å bli lavutslippsland innen 2050. For å nå klimamålene er det behov for store kutt i utslipp fra transportsektoren. Globalt står luftfarten for rundt 2 prosent av totale utslipp, og 12 prosent av utslipp fra alle transportkilder (2019). I Norge utgjorde klimagassutslippene fra all innenriks sivil luftfart ca. 2,25 prosent av samlede utslipp (Avinor, 2018). Norge har potensial til å være en attraktiv kandidat for tidlig implementering av elektrifiserte flyløsninger. Dette knyttes dels til et sterkt fokus på klimaproblemene og at Norge har et omfattende kortbanenett med mange kortdistanseflygninger med et begrenset antall passasjerer.

I diskusjonene om utvikling av lav- og nullutslippsløsninger i luftfarten er det særlig to utfordringer som vies mye oppmerksomhet i Norge (se bl.a. Avinor og Luftfartstilsynet, 2020). For det første har Norge et stort regionalt kortbanenett som utgjør en kritisk transportinfrastruktur for distrikts-Norge. I dag opererer man på disse flyplassene med eldre fly som må skiftes ut om noen år. Dagens operatører er tydelige på at det i dag ikke eksisterer nye og gode alternative flytyper og at det derfor bør utvikles nye lav- eller nullutslippsfly for å dekke dette behovet. Det norske markedet for luftfartstjenester har med andre ord relativt dårlig tid med tanke på implementering av fly med slike fremdriftssystemer. Særlig må dette ses i lys av at det normalt tar lang tid å godkjenne slike nye teknologier i luftfarten på grunn av strenge reguleringer med høye sikkerhetskrav. Et helt sentralt spørsmål i denne sammenhengen er hvorvidt offentlig sektor kan bidra til å kappe ned utviklingstiden frem mot innføring av slike fly i Norge innenfor det neste tiåret.

For det andre er det klare utfordringer knyttet til norsk næringslivs langsiktige posisjon innenfor utvikling av luftfartsteknologi og grønne løsninger på lengre sikt. Norske bedrifter har en ledende posisjon som leverandører til null- og lavutslippsløsninger innen maritim sektor, men innen luftfarten er norske aktører lite synlige. Vi har identifisert et tyvetalls teknologileverandører, med Rolls-Royce Electric i Trondheim som den klart største aktøren. Enkelte FoU-aktører/institutter retter nå mer fokus på grønn luftfart, men innsatsen er fortsatt høyst begrenset, særlig i lys av aktivitetsomfanget i andre land. Kraftsentrene for grønn luftfart i Europa ligger i Tyskland/Frankrike/Italia/Storbritannia og er nært knyttet til miljøene rundt Airbus. I USA er det Boeing som er dominerende aktøren innenfor sivil luftfart selv om USA har større bredde og flere aktører med fokus på grønn luftfartsteknologi. I grove trekk sysselsetter den tekniske delen av luftfartsindustrien henholdsvis 2 millioner personer i USA og ca. 1 million mennesker i Europa hvor omtrent halvparten er knyttet til sivil luftfart. Et sentralt spørsmål i denne utredningen er om staten kan og bør satse betydelige ressurser inn mot slik langsiktig næringsutvikling over de neste tiårene når utgangspunktet er såpass begrenset. På lengre sikt er det naturlig å rette mer fokus mot nye konsepter for mellomdistanseflygning, samt utvikling av mindre farkoster for vertikal opp og nedstiging (såkalte eVTOLS). Dette fordi disse markedet for denne typen fly er langt større enn markedet for regionalfly.

1 Innledning og bakgrunn

Verden står overfor store utfordringer knyttet til global oppvarming som følge av menneskeskapt klimagassutslipp. Et sentralt ledd i bekjempelsen av økende klimagassutslipp er målsettinger om å omstille samfunnet til å bli et nullutslippssamfunn som innebærer store næringsøkonomiske muligheter for land og aktører som evner å gripe sjansen. Det grønne skiftet handler om hvordan Norge skal bli et lavutslippsland innen 2050. For å nå klimamålene er det behov for kutt i utslipp fra transport, bygninger og infrastruktur. Sentralt i overgangen til nullutslippssamfunn er reduksjon i klimagassutslipp fra luftfarten. Omstilling av denne typen vil kreve store investeringer i grønne teknologier og tilhørende infrastruktur.

Den ideelle organisasjonen Air Transport Action Group (ATAG) viser at utslipp fra luftfarten globalt i 2019 utgjorde rundt 2 prosent av alle globale utslipp, og 12 prosent av totale utslipp fra alle transportkilder (Air transport action group, 2020). Dette utgjør nærmere 1 000 millioner tonn CO₂ (ett megatonn). Samtidig viser Cicero (2021) at klimaeffekten blir noe høyere enn hva man ville sett på bakkenivå, ettersom deler av utslippene skjer i høye luftlag. Innad i Norge utgjorde klimagassutslippene fra all innenriks sivil luftfart nærmere 2,25 prosent av samlede utslipp (Avinor, 2018). Kyotoprotokollen inneholdt spesifikke utslippsmål for utviklede land, mens Parisavtalen oppfordrer alle stater til å vedta økonomiske utslippsreduksjonsmål. Til tross for at sektoren for luftfart (eller andre sektorer) ikke blir eksplisitt nevnt som et fokusområde i Parisavtalen, blir sektoren omfattet av avtalen.

Norge har potensial til å være en attraktiv kandidat for implementering av elektrifiserte flyløsninger. Miljøengasjementet hos myndighetene og forbrukere, kombinert med mange og hyppige kommersielle kortdistanseflygninger, kan bidra til at el-fly kommersialiseres relativt tidlig i Norge. Per i dag setter energitettheten i batterier begrensninger for flyenes reisedistanse, som igjen setter stopper for bruksområdene¹, men bruk på kortbanenettet og andre innenlandsruter i Norge er svært relevant. For kortdistanseflygningene står Norges kortbanenett sentralt, som i dag består av i alt 25 flyplasser med banelengder mellom 800 og 1200 meter. I 2019 rettet omtrent en tredjedel av Widerøes tilbud seg mot kortbanenett og mer volumsvake ruter der staten kjøper flyrutetjenester (Samferdselsdepartementet, 2021).

Tilgang på fornybar energi vil være sentralt i overgangen til nullutslippsløsninger i luftfarten men det er ikke ukontroversielt å framskaffe fornybar energi i Norge. Etterspørselen er stor, - sokkelen og resten av transportsektoren skal elektrifiseres, det skal bygges batteri- og hydrogenfabrikker, samtidig som kraften kan eksporteres til en tidvis høy pris. Slike utfordringer vil være svært aktuelle for realiseringen av nullutslippsløsninger til luftfarten.

1.1 Kort om hva sentrale tidligere bidrag forteller

I Avinor og Luftfartstilsynet sin rapport (2020) **Forslag til program for introduksjon av elektrifiserte fly i kommersiell luftfart** pekes det på hvordan utfordringene knyttet til stadig økende klimagassutslipp i luftfarten kan begrenses de kommende tiårene. Rapporten viser til hvordan løsningene på problemet kan knyttes opp mot norske transport-relaterte behov de kommende årene. Samtidig som Norge er avhengige av fly på

¹ Energitettheten i flybensin er nærmere 50 ganger høyere enn de mest energitette batteriene på markedet i dag, men grunnet ineffektivitet i dagens forbrenningsmotorer betyr det at 1 kg flybensin kun produserer rundt 14 ganger så mye effekt (kW) som 1 kg batterier (<https://jetpackaviation.com/the-state-of-battery-technology/>)

kortbanenettet, har flyene som benyttes her behov for utskiftning i løpet av de nærmeste årene. Dagens hovedoperatør på kortbanenettet, Widerøe, er tydelig på at neste generasjon fly bør være null- eller lavutslippsløsninger (Avinor og Luftfartstilsynet, 2020). Avinor og Luftfartstilsynet mener med bakgrunn i dette at det vil være hensiktsmessig å dele inn utviklingsløpet fra nå og frem til etablert kommersiell drift av elektrifiserte passasjerfly i tre faser. Fasene vil ha sine særpreg og det er vurdert ulike tiltak og virkemidler for hver av dem. Avinor og Luftfartstilsynet deler fasene inn i teknologiutvikling, risikoavlastning og drift.

- **Teknologiutviklingsfasen** skal bestå av mål, tiltak, virkemidler og organisering – og vil både ha nasjonale og internasjonale elementer. Etablering av et senter i Norge for utvikling, testing og implementering trekkes frem som sentrale aktiviteter.
- **Risikoavlastningsfasen** vil inneholde tilskuddsordninger for å bygge ladeinfrastruktur på norske lufthavner, samt etablere støtteordninger for kjøp av elektrifiserte fly. Avinor og Luftfartstilsynet peker også på at det vil være sentralt å vurdere hensiktsmessige nye elementer i fremtidige anbudskontrakter (FOT-ruter), så som investeringsstøtte, restverdigarantier og økt kontraktslengde. Fritak fra merverdiavgift trekkes også frem.
- Siste fase omtales som **driftsfasen** hvor en har tiltak som endringer knyttet til avgiftssystemet, fritak fra eller redusert merverdiavgift på flybilletter for disse flyene, fritak eller redusert flypassasjeravgift, startavgift, redusert elavgift eller at Norge støtter utviklingen av et system for klimamerking (eco-labelling) i luftfart, enten det blir en europeisk eller global ordning. Her kan det også vurderes å inkludere utslippsbaserte vurderingskriterier i framtidige tilbud på FOT-ruter.

Rapporten **Introduction of electric aviation in Norway** (2018) viser til hvilke muligheter elektrifisering av luftfarten kan bidra med for bærekraftig luftfart i Norge. I rapporten diskuterer status på teknologiutvikling av batterier, elektriske drivsystemer for fly og introduserer sentrale aktører på området. Rapporten viser at utfordringene knyttet til den lave energitettheten i dagens batteriløsninger sammenlignet med tradisjonelle drivstofftyper legger føringer for hvordan helelektriske løsninger kan implementeres i kommersiell luftfart. Med bakgrunn i dette blir helelektriske flyløsninger særlig interessant på kortere distanser, og Norges kortbanenett trekkes opp som svært relevant. Rapporten konkluderer at nye flytyper med elektriske drivlinjer vil være godt egnet det norske kortbanenettet.

Hydrogen-powered aviation (McKinsey & Company, 2020) er en studie som beskriver hvordan forbrenning av hydrogen kan redusere klimagassutslipp knyttet til luftfarten med opptil 75 prosent, og hvordan brenselcelleteknologi kan redusere utslippene med opptil 90 prosent. Å erstatte jetfuel med drivstoff som har tilsvarende energitetthet og samtidig lave utslipp er en krevende prosess for lengre flygninger. Som beskrevet over vil ikke batteridrevne flyløsninger være relevant for lengre flygninger, og i slike tilfeller kan derfor hydrogen være et sentralt alternativ. Rapporten peker på hydrogen sitt potensiale som drivstoff på lengre flygninger, og beskriver at hydrogendrevne fly vil være godt egnet for pendler- og mellomdistanseflygninger. For å kunne realisere hydrogen i luftfarten peker rapporten på utfordringer knyttet til hydrogentilgangen, fylleløsninger, håndtering og transport. Rapporten diskuterer også hvordan hydrogen kan benyttes i eksisterende fly til forbrenning, og at dette vil kreve mindre endringer på motorene, samt sted for lagring.

Clean Skies for Tomorrow (Wolff & Rieber, 2020) er en rapport utarbeidet av The World Economic Forum, og har som formål å vise hvor stor effekt nullutslippsløsninger for luftfarten vil ha på totale globale utslipp. Rapporten viser at transportsektoren ikke er på rett kurs når det gjelder EU sitt klimamål for 2050, men at denne trenden kan snu dersom man aktivt går inn for å benytte nullutslippsløsninger i luftfarten. Rapporten viser at det eksisterer flere utfordringer knyttet til teknologi, regulatorisk rammeverk for å stimulere etterspørsel og innovative løsninger for å finansiere overgangen til slike løsninger. Rapporten konkluderer at offentlig politikk,

en skalerbar markedsplass² og et finansielt grunnlag er sentrale aspekter for å sikre effektiv overgang. Samtidig beskriver rapporten at samarbeid på tvers av verdikjeder må etableres for at løsningene skal kunne settes ut i live

TØI-rapporten **Fremskyndet innfasing av elfly i Norge – Mulige samfunnsmessige konsekvenser og virkemidler** (2021) tar utgangspunkt i norske myndigheters forpliktelser i flere internasjonale avtaler³ til drastiske utslippskutt, og har i tillegg satt seg nasjonale mål for slike kutt. Rapporten tar utgangspunkt i at norske myndigheter har intensjoner om å overholde disse forpliktelsene. Rapporten beskriver at dersom Norge ønsker å oppnå de ambisiøse klimamålene, med opprettholdt reiseaktivitet, bør man starte utskifting av konvensjonelle fly med nullutslippsfly i løpet av de neste ti årene. Som nevnt i flere sentrale rapporter⁴ ser batterielektriske elfly ut som lovende nullutslippsalternativer for Norge. Gitt at det skal gjøres et forsøk på å framskynde innfasing av elektriske fly på en rute i Norge, ser rapporten på strekningen Bergen-Stavanger (BGO-SVG) som en lovende case. Rapporten peker på at det i denne sammenheng vil være aktuelt å investere i infrastruktur og opparbeide erfaringer tidligere enn hva man ellers ville gjort. For å kunne etablere et slikt demonstrasjonscase tidlig viser rapporten til flere virkemidler for fremskyndet innfasing av elfly i Norge generelt, og mellom Stavanger og Bergen spesielt. Rapportens hovedkonklusjon er at satsing på demonstrasjonscase for elfly mellom Bergen og Stavanger vil ha større netto samfunnsnytte enn å ikke satse.

²Skalerbare markedsplasser refererer til markedsplasser hvor man har mulighet til å skape økonomisk vekst ved at kostnaden per nye kunde eller enhet reduseres (fallende marginalkostnader).

³Spesifikke avtaler nevnes ikke i rapporten.

⁴Forslag til program for introduksjon av elektrifiserte fly i kommersiell luftfart, *Electric Aviation in Norway and Hydrogen-powered aviation*.

2 Utviklingsløp for nye klimavennlige løsninger

I denne delen gir vi en introduksjon til status for den teknologiske utviklingen innen lavutslippsteknologier i luftfarten. Her ser vi på hvilke teknologier det arbeides med, hvilke aktører som arbeider på feltet, og hvor langt i arbeidet disse aktørene har kommet. Vi sier også noe om sentrale verdikjeder knyttet til de ulike teknologiske løpene.

For passasjertransport i luftfart stilles det ekstremt høye krav til sikkerhet og tidsperspektivene for utvikling av nye mer klimavennlige fremdriftssystemer blir derfor lange. Det er ikke tilstrekkelig at vi har tilgjengelige tekniske løsninger. Fly må utvikles på basis av strenge normer og sertifiseringskrav som pr. i dag enda ikke er definert for elektriske fly eller hydrogenbaserte løsninger. Løsninger som utvikles for biler og båter møter ikke tilsvarende krav og kan derfor ikke uten videre overføres til luftfart.

Teknologiløsningene man kjenner i dag for nullutslipps luftfart kan deles i følgende teknologier;

- A. Batterielektrisk
- B. Hydrogen som drivstoff til brenselceller som produserer elektrisitet
- C. Hydrogen som drivstoff direkte i flymotorer
- D. Nullutslipps flydrivstoff erstatninger som biofuel og syntetiske drivstoffer.

For både alternativ A og B kan dette regnes som elektrisk drift som i alternativ A er basert på kun batterier mens alternativ B er en kombinasjon av brenselceller og batterier. For disse scenarioene er det i dag innledningsvis fokus på mindre fly med 12 – 19 seter og en begrenset rekkevidde. Fokuset drives av ønsket om å begrense kostnader/risiko og legge grunnlag for en enklere godkjenning/sertifiseringsprosess. I Norge er det mer enn 20 flyruter mellom norske flyplasser hvor avstandene er mellom 38 – 170 km, noe som betyr at det vil være teknisk mulig allerede med dagens batteriteknologi å trafikere disse rutene med elektriske nullutslippsfly.

For teknologi C som baseres på direkte hydrogendrift (hydrogen brennes direkte i turbofanmotorer) er det fokus på større tradisjonelle fly hvor Airbus og Rolls Royce er i gang med utviklingsprogrammer som beregner de første testflygingene i 2035. Dette alternativet er i utgangspunktet et supplement til A og B for å oppnå lenger rekkevidde men det utelukkes ikke at dette også bli alternativet for regional luftfart.

Teknologi D kan i stor grad implementeres i dagens infrastruktur i forhold til transport og lagring og vil kunne benyttes i eksisterende drivstofftanker og flymotorer.

Ren elektrisk drift med batterier gir i utgangspunktet best utnyttelse av energien, men for mellom- og langdistanseluftfart synes i dag ikke batterier å være et realistisk alternativ. Forbrenning av ren grønn hydrogen i turbinmotorer synes å være det beste alternativet for større fly og lengre distanser. Elektrisk drift baserer seg på elektriske motorer som enten driver turbin eller propeller. Elektrisiteten tilføres ved batterier, ved brenselceller som produserer elektrisitet fra eksempelvis hydrogen eller en generator med forbrenningsmotor (sannsynligvis turbinmotor) som produserer elektrisitet. Elektrisk drift vil kunne komme med forskjellige kombinasjoner av hvordan elektrisiteten tilføres/produseres og betegnes da som hybrid drift. Hydrogen og ammoniakk kan fungere som drivstoff for forbrenningsmotorer (sannsynligvis turbinmotorer). Drivstoffene karakteriseres ved at de til dels er krevende å lagre/distribuere og krever at det utvikles en ny infrastruktur for å ta disse i bruk. Selv om drivstoffene kan brennes i eksisterende turbinmotorer (med noen modifikasjoner) kan de ikke lagres i eksisterende drivstofftanker. Energitettheten for hydrogen lagret ved minus 260 grader celsius er volummessig 25 prosent av flydrivstoff, og det kreves derfor fire ganger større volum for hydrogentanker. For ammoniakk må tankene være tre ganger større. Drivstoffene synfuel/e-fuel/biofuel er samlet i samme kategori

fordi de kan transporteres og lagres på samme måte som dagens fossile flydrivstoff. Egenskaper og energiinnhold er heller ikke veldig ulik dagens fossile flydrivstoff, og kan forbrennes i eksisterende turbinmotorer (eventuelt med mindre modifikasjoner). Utfordringen er knyttet til kostnader i fremstilling og tilgang på innsatsmaterialer.

2.1 Elektrifisering i luftfarten

Elektrifisering i transportsektoren generelt handler ikke om en binær overgang fra forbrenning av ikke-fornybare ressurser til kun elektriske løsninger. Elektrifisering av fly kan gjennomføres gradert og det finnes mange varianter og kombinasjoner som i større eller mindre grad bidrar til å elektrifisere fremdriften.

2.1.1 Helelektrisk fremdrift i luftfarten

Et rent elektrisk fly drives av et batteri eller en annen kilde til elektrisk strøm. I et slik fly kan elektriske motorer erstatte dagens turbinmotorer, samt turboprop- og turbofanmotorer. En elektrisk motor kan utformes og dimensjoneres for å drive en turbinmotor for store høyhastighetsfly som Airbus 350 eller Boeing 787, eller for å drive propeller på et mindre mellomdistansefly som eksempelvis en Bombardier Dash 8. En elektrisk motor fungerer utmerket som flymotor med høy effektivitet i alle praktiske størrelser. Den har lav spesifikk vekt, høy pålitelighet og har høy fleksibilitet når det gjelder effekt og turtall. Elektriske motorer påvirkes heller ikke av høyde og tynn luft. Ifølge Bloomberg Business antas det at energitettheten i batterier vil være på nærmere 500 Wh/kg innen 2025, eller omtrent det dobbelte av dagens energitetthet (Petrara, 2019). Med denne energitettheten kan et fly være i stand til å dekke avstander på nærmere 500 kilometer uten å ta hensyn til energireservene som kreves for uventede situasjoner.

Det forventes at mindre fly i stor grad vil gå over til elektrisk drift. Eksempelvis bestiller nå flyskoler større kvanta elektriske fly basert på økonomi og driftsfordeler i bruk til pilotopplæring. En helt ny kategori fly forventes også å gjøre seg gjeldende innen 2030, såkalte VTOL⁵ (Vertical Take Off and Landing), også kalt «Airtaxi». Videre forventes også regionale fly til kortdistanse å komme i elektriske utgaver i samme tidsrom.

Totalt sett kan effektiviteten ved elektrisk drift være mer enn 90 prosent fra batteri til aksel, mens en turbopropmotor normalt ligger i området 20 til 25 prosent for korte, 30-minutters flyreiser. For lengre flygninger kan det oppnås opp mot 35 prosent effektivitet.

Mindre mekanisk kontakt mellom deler og uten de høye temperaturene som trengs for å brenne drivstoff har elektriske motorer minimal slitasje og langt lavere vedlikeholdsbehov enn konvensjonelle forbrenningsmotorer. For fly med svært høye utnyttelsesgrader og tiltenkte lange levetider, blir denne påliteligheten en stor fordel. Det bør understrekes at vedlikehold i et elektrisk system vil være prediktivt i stedet for hendelsesbasert. De elektriske systemene kan *selvsjekke* sin helse over tid mye lettere enn et tradisjonelt motorfly, og dermed vite på forhånd når ytelsen forringes til det punktet hvor vedlikehold vil være nødvendig. Motorvedlikeholdet og reparasjoner kan reduseres betydelig og reduserer dermed kostbar tid på bakken.

Sammenlignet med forbrenningsmotorer er elektriske motorer enklere å kontrollere og langt mer reaktive. Motoren styres av digitale signaler og reagerer innen millisekunder. I tillegg er elektriske motorer skalerbare og opprettholder samme effektivitet uavhengig av motorens størrelse. Denne kombinasjonen gjør elektriske fremdriftssystemer svært velegnet for såkalte distribuerte fremdriftssystemer med mange motorer.

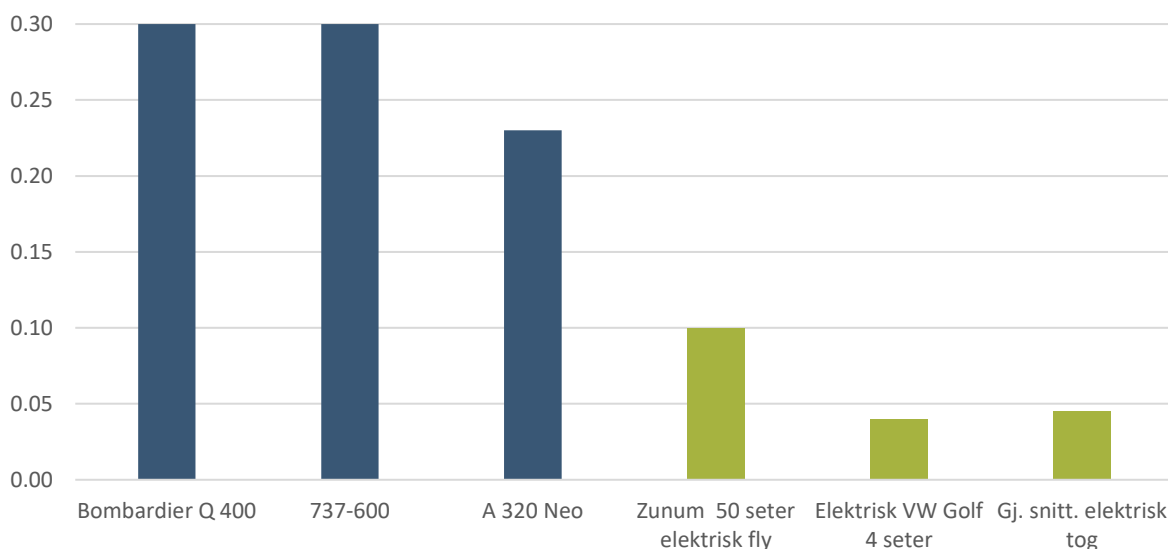
⁵ Vertical landing and takeoff.

2.1.2 Energieffektivitet - komparativt

Luftfartsindustrien har et høyt fokus på drivstofforbruk og det spesifikke energiforbruket for fly har kraftig redusert for hver nye motorgenerasjon. Flyselskapene er en viktig pådriver for slike reduksjoner ettersom drivstoff utgjør en betydelig andel av utgiftene i den harde konkurransen innen kommersielle luftfart. I tillegg oppfordrer politikere og regjeringer næringen til å ta del i det overordnede samfunnsansvaret for å redusere globale klimagassutslipp.

Den raske utviklingen av batterier og kappløpet mot elektrifisering i bilindustrien gjør at luftfartsbransjen tar elektrifisering på alvor, fordelene er åpenbare og ikke veldig mye debattert. Generelt sett er effektiviteten til forbrenningsturbin/stempelmotor i området 20 % og opptil 40 %, avhengig av fly og flymodus. Korte regionale flyvninger med tradisjonelt designede turboprops er i den nedre enden, mens langdistanseflyvninger med nye moderne turbofanmotorer er i den høye enden. Elektriske motorer for fremdrift av fly er allerede i området 85 – 90 % effektive og kan ennå forbedres ytterligere. Et interessant trekk ved elektrifisering er at effektiviteten forblir på samme høye nivå for mindre så vel som større fremdriftssystem og er uavhengig av flyhøyder. Som et resultat kan regionale fly og korte flyruter bli like energieffektive per passasjerkilometer som langdistanseflyvninger. Elektriske motorer er spesielt mer effektive under taksing på bakken og i nedstigningsfasen av flyturen enn turbinmotorer. Når det gjelder klimagassutslipp, gir elektriske fly også gode nyheter. Redusert spesifikt energiforbruk betyr reduserte utslipp. Bruk av strøm fra batterier eliminerer operasjonelle utslipp for rene elektriske fly og reduserer utslipp fra hybride elektriske fly. Grafen nedenfor sammenligner spesifikt energiforbruk der alle tall omdannes til energibegrepet kilowattimer (kWh) og energien er enten fra jetbrensel eller elektrisitet.

Figur 2-1: Spesifikt energiforbruk (kWh/sete-km) for ulike fly- og transportmoduser. Konvertering: 1 liter Jet-fuel = 10 kWh. Tall kommer fra produsentens informasjon, enten fra nettsider eller direkte informasjon. Tall for VW Golf er basert på antatt energiforbruk på 0,16 kWh/km. Tall for jernbane er fra 2017 Høyhastighetstog og bærekraft. Beslutningstaking og den politiske økonomien for investering av Blas Luis Pérez Henríquez og Elizabeth Deakin.



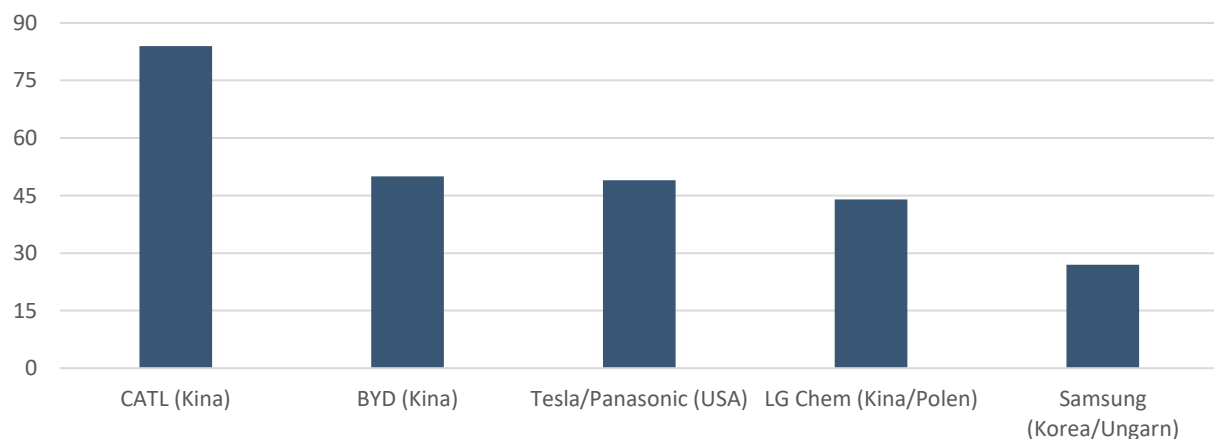
2.1.3 Tilgang på batterier er sentralt for helelektrifisering

Batteriteknologi består både av materialer, kjemi og en effektiv produksjonsmetode. Mest fokus er det på materialer og kjemi som bestemmer batteriets egenskaper knyttet til vekt, volum og hvor mye energi som kan lagres. Den potensielle verdien av nye forbedrede teknologier er enorm, og lovende nye teknologier vil raskt bli kjøpt opp av de store dominerende globale aktørene.

Den økende produksjonen av elbiler kombinert med forventet vekst i bruken av nettilkoblede batterisystemer for lagring av elektrisitet fra fornybar energiproduksjon gjør at tilgangen på råvarer er en utfordring for litium-ion-batterier. Denne typen batterier er avhengige av en rekke materialer, inkludert litium, men også nikkel, kobolt og grafitt. Noen elektriske motorer krever i tillegg såkalte sjeldne jordelementer. I de kommende årene forventes ingen råvarebasert begrensning på batteriproduksjon på grunn av mangel på kritiske metaller. Det kan imidlertid oppstå forbigående begrensninger i forsyninger av noen viktige metaller, spesielt litium og kobolt. I sistnevnte tilfelle er det ikke dårlig tilgjengelighet av metallet, men politisk og økonomiske forhold som kan true forsyningen. Mer enn halvparten av verdens kobolt utvinnes i Den demokratiske republikken Kongo, en nasjon med lang historie med væpnet konflikt og korrupsjon. Gitt de gunstige prognosene for elbilsalg sikrer nå bilprodusenter og batteriprodusenter langsiktige forsyningsavtaler med gruveselskaper.⁶⁷

Situasjonen ved inngangen til 2022 er imidlertid kompleks på mange områder med en generell og til dels kraftig prisoppgang på råvarer som også forventes å gjøre seg gjeldende for batteriproduksjon.⁸ Det forventes derfor at dette vil gi incentiver til økt forskning på alternative materialer til bruk i elbilbatterier. Det har vært en rekke andre analyser om dette temaet fram til 2020, men konklusjonen har vært den samme. Totalt sett er det rikelig med materialer for masseproduksjon til elbilbatterier, så vel som fly; politiske forhold og utvidelse av gruvekapasitet for å sikre forsyning kan derimot skape utfordringer. Litiumforsyning er begrenset av forskjellige årsaker. Det er en rikelig ressurs, men selskapenes evne til å avgrense den for batteriproduksjon er begrenset, og alternativene er få.

Figur 2-2: Verdens fem største produsenter av Litium-ion batterier etter årlig produksjon målt i GWh. 1 GWh representerer batterier til nærmere 12 000 elektriske biler, og en omsetningsverdi på om lag 1 mrd NOK. Kilde: Green Future AS

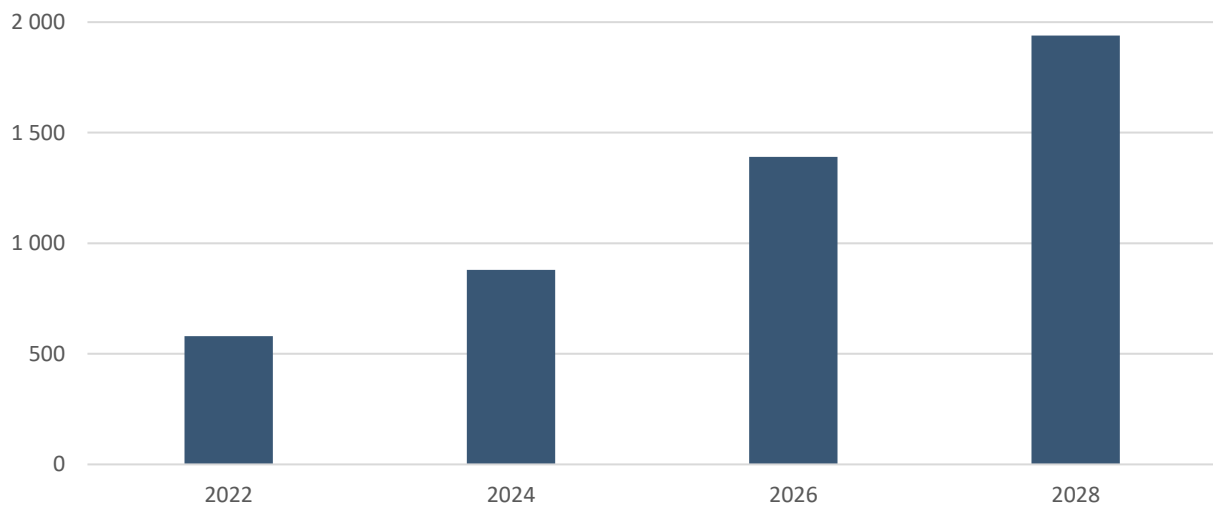


⁶ Olivetti, Elsa A., Gerbrand Ceder, Gabrielle G. Gaustad og Xinkai Fu. "Hensyn i forsyningskjeden for litium-ion-batteri: analyse av potensielle flaskehalsar i kritiske metaller." *Joule* 1, nr.

⁷ Sanderson, Henry. "Elbilambisjoner utløser kappløp om råvarer." *Financial Times*, 24 Oktober 2017.

⁸ <https://www.ft.com/content/c4e075b8-7289-4756-9bfe-60bf50f0cf66>

Figur 2-3: Forventet økning i verdens batteriproduksjon. Kilde: Green Future AS.



Per i dag benyttes litium-ion batterier i helelektriske flyløsninger. I korte trekk er dette tilsvarende teknologi som benyttes i elektriske kjøretøyer. Litium-ion batterier er den batteriteknologien som i dag huser den største energitettheten.⁹ Dagens litium-ion batterier har en energitetthet på nærmere 265 Wh/kg¹⁰, men skal større fly kunne fly helelektrisk er dette tallet nødt til å passere 500 Wh/kg¹¹. Samtidig er aktørene tydelige på at nye teknologier som i fremtiden vil kunne erstatte dagens litium-ion batterier vil være aktuelt å implementere i et luftfartsperspektiv.

Kartillustrasjonen under viser ulike aktørers planer for batteriproduksjon i Europa. Hvor stor andel av denne produksjonen som faktisk blir realisert er forbundet med stor usikkerhet, men det er uansett grunn til å forvente at man de nærmeste årene vil se stor aktivitet på batterifronten i Europa, og trolig også i Norge. FREYR har som plan å produsere batterier i 2023 i Mo i Rana, og vil foreløpig være den største planlagte fabrikken i Norge.

⁹ https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2019/t_1.html

¹⁰ <https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/battery-technology/>

¹¹ <https://www.independent.co.uk/tech/battery-electric-plane-lithium-air-b2000981.html>

Figur 2-4: Illustrasjon som viser ulike aktørers planer for batteriproduksjon i Europa. Kilde: CIC energiGUNE.¹²



2.2 Hydrogen i luftfarten

I kampen mot globale klimagassutslipp, står hydrogen som et sentralt alternativ til drivstoff basert på ikke-fornybare ressurser. Hydrogen er en av de mest nærliggende mulighetene for betydelig reduksjon av luftfartens klimapåvirkning og kan utnyttes basert på to forskjellige måter:

- Drivstoff til direkte forbrenning i turbinmotorer (turbofan)
- Drivstoff til brenselceller som omgjør hydrogen til elektrisk energi.

Hydrogen produsert basert på fornybare energikilder gir null CO₂-utslipp og gir omtrent tre ganger energien per vektenhet sammenlignet med konvensjonelt jet-drivstoff. Per i dag er lagring om bord på fly den største utfordringen. Selv om hydrogenet gir mer energi i forhold til vekt opptar den et større volum. Ved atmosfærisk trykk tilsvarer 3 m³ (3 000 liter) hydrogen kun én liter jet-drivstoff. Ved å øke trykket til 700 bar og nedkjøling til -253 grader celsius er forholdet fire liter flytende hydrogen til én liter jet-drivstoff.

Hydrogen er en luftfri, farge- og smaksløs gass som er svært brennbar. På den måten er hydrogen en energibærer, og ikke en direkte energikilde (EUROCONTROL, 2021). Det vil alltid være forbundet risiko ved håndtering av brennbare stoffer, men hydrogen er ikke mer farlig enn andre brennbare energikilder, og håndteringen må gjøres etter hydrogenets egenskaper. Norge har lang erfaring med håndtering av hydrogen, hvor man har utviklet tanker til lagring av flytende hydrogen forsterket med karbonfiber, som er svært hardføre. Samtidig benyttes det

¹² <https://cicenergigune.com/en/blog/gigafactories-europe-commitment-economic-recovery-battery-factories>

sensorer som tidlig varsler om en mulig lekkasje, som ytterligere reduserer risikoen for ulykker forbundet med lagring.

Det er hovedsakelig to måter å fremstille hydrogen på, ved vannelektrolyse og konvensjonell dampreforming. Ved vannelektrolyse spaltes vann ved hjelp av elektrisitet til hydrogen og oksygen. Fremstilling på denne måten er helt klimanøytral og produserer ingen CO₂-gasser dersom elektrisiteten som benyttes kommer fra fornybare kilder, som vann- eller vindkraft. Ved konvensjonell dampreforming gjør man om metangass til hydrogen og CO₂ ved hjelp av varme og vanndamp. I denne metoden spiller membraner en viktig rolle. For at dampreforming skal være en klimanøytral prosess, er man avhengig av at CO₂-en samles opp og lagres (Benjaminsen, 2019).

2.2.1 Hydrogen i brenselceller

Hydrogen benyttes som drivstoff i biler hvor energien frigjøres i en brenselcelle, hvor energien i hydrogenet gjøres om til elektrisk energi som driver en elektrisk motor. Hydrogen kan også forbrennes i en tradisjonell forbrenningsmotor, men bilindustrien har gått bort fra denne teknologien, da brenselcellene viser å ha betraktelig større effektivitet. Det er viktig å merke seg at hydrogen til bruk i brenselceller er å anse som en hybridelektrisk løsning, hvor man her, som i helelektriske løsninger, benytter elektriske motorer til å drive turbiner. Batteri og hydrogen-brenselcelle blir ofte sett på som to konkurrerende løsninger. Realiteten er at begge løsningene er strømkilder, om enn på noe ulike måter. Mens batterier lagrer elektrisk energi produserer brenselceller elektrisitet direkte fra hydrogen. På mange måter kan en hydrogendrevet brenselcelle anses som et batteri.

2.2.2 Hydrogen som drivstoff til turbofan motorer

Hydrogen kan relativt enkelt benyttes som drivstoff direkte i jet-/turbofanmotorer. Motorene trenger mindre tekniske modifikasjoner, men forbrenningsprinsippet er tilsvarende dagens fossile drivstoff. Likevel er det flere utfordringer – direkte og indirekte – knyttet til denne løsningen.

Endringene som er nødvendige for å kunne benytte hydrogen som drivstoff i en konvensjonell jet-motor er få, og flere studier bekrefter at det er fysisk gjennomførbart å benytte hydrogen i allerede tilgjengelige motorer. En vesentlig endring som må gjøres på jet-motorene knytter seg til forbrenningskammeret. Dette trenger et annet design, ettersom drivstoffet i flytende form vil ha en temperatur på -73 grader celsius. Oppvarming av hydrogenet kan gjøres ved hjelp av en varmeveksler som plasseres i bakkant slik at varme eksosgasser strømmer over. Hydrogen brenner annerledes enn hva fossile drivstoff-typer gjør. Blant annet betyr dette at turbinene vil ha en operativ temperatur på rundt 40 grader celsius kaldere i forhold til vanlig fly-drivstoff. Dette vil kunne medføre endringer til materialene brukt i motorene, da materialer som er sterke ved høye temperaturer kan bli skjøre når de benyttes i for kalde omgivelser. Kunnskapen på dette feltet synes å være god, og anses derfor i dag ikke som et signifikant hinder (Fehrm, 2020).

Til tross for relativt små endringer på turbofanmotorene, knyttes det utfordringer til hvordan hydrogenet skal lagres om bord på flyet. Som nevnt tilsvarer 4 liter hydrogen 1 liter vanlig flydrivstoff. Dette betyr at tankene må være betraktelig større enn vanlige drivstofftanker. Samtidig er temperatur en sentral faktor, hvor hydrogen først blir flytende ved -253 grader celsius. Å opprettholde en slik temperatur krever spesielle tanker. Foreløpig består disse tankene av et indre og ytre skall, hvor man trekker vakuum mellom. Dette for å minimere varmeoverføringen ved stråling. En type tanker som fungerer godt til dette formålet er kryogene tanker. Disse benyttes allerede i flere industrier, inklusive romfart. Ettersom hydrogen tar opp større volum enn vanlig

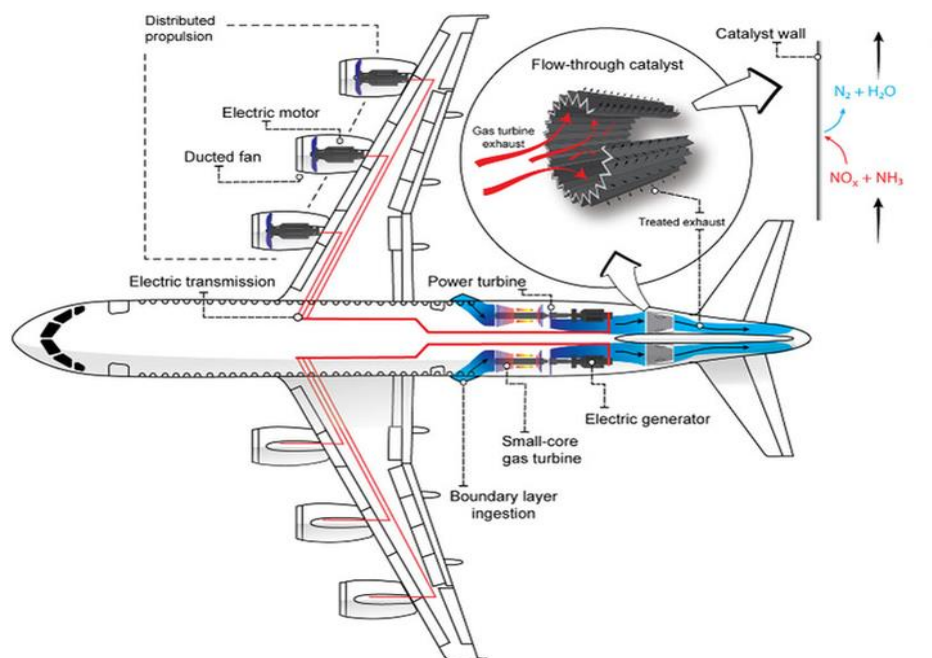
drivstoff, medfører dette at tankene må være betraktelig større for å gi tilsvarende effekt. For at dette ikke skal gå for mye på bekostning av flyenes passasjerkapasitet vil hydrogenfly i førsteomgang være best egnet på mellomdistanseruter.

2.3 Hybrid-løsninger

Et hybrid-elektrisk fly drives via en kombinasjon av elektrisitet fra batterier eller en annen elektrisk energilagringsskilde og en forbrenningsmotor. Ulike konfigurasjoner for disse flyene eksisterer, med to store konfigurasjoner kjent som seriell og parallell. En seriell hybrid kan bare bruke elektriske motorer til fremdrift, men er avhengig av en forbrenningsmotor koblet til en generator for å produsere ekstra strøm etter behov. En parallell hybrid bruker direkte en elektrisk motor og en forbrenningsmotor for fremdrift. Hybridtilnærmingen reflekterer begrensningen for elektriske fly hvor man med dagens teknologi ikke får tilstrekkelig rekkevidde fra batteriene da vekten blir for høy.

Tradisjonelt sett vil et hybridssystem bestå av et elektrisk system og et ordinært drivsystem som benytter fossile drivstoffkilder. Her benyttes da fossile drivstoff til å generere elektrisitet som til slutt driver elektriske motorer. Slike løsninger fungerer for andre drivstofftyper, og det er relevant å se på hydrogen som en sentral energibærer for produksjon av elektrisitet ombord i flyene. I slike tilfeller brennes hydrogen i en brenselcelle som produserer elektrisitet, noe som vil redusere NO_x-utslippet som også er et vesentlig negativt bidrag fra luftfart. Skissen under viser ikke batterier, men en slik løsning vil normalt sett ha noen batterier for ekstra effekt/«boost» ved behov.

Figur 2-5: Skissen viser et konsept med såkalt seriehybrid med elektriske motorer og energiproduksjon fra turbinmotorer med ordinært drivstoff. Kilde: Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology



2.4 Ulike flytyper med nullutslippsteknologi

I tidligfase er det først og fremst fly beregnet for kortere distanser og småfly som kan dra nytte av fordeler ved elektrisk batteridrift. Fly for lengre distanser og oversjøiske flygninger vil i overskuelig fremtid ikke drives bare med batterier. Andre energiformer som hydrogen, ammoniakk, e-fuel, e.l. vil kreves for å gjøre disse utslippsfrie.

De siste tiårene har internasjonal luftfart i stadig større grad blitt fokusert mot store effektive flyplasser og store fly. Regionale flygninger gir begrenset økonomi og er ofte knyttet opp til subsidierte ruter. Dette er en utvikling som gir fordeler for flyselskapene og stordriftsfordeler for flyplasser, men er ikke nødvendigvis en fordel for passasjerene. Elektriske fly for regional transport av tradisjonell type som Widerøe benytter i dag og nye VTOL-typer kan ha potensial til å bli en svært effektiv transportform i land med tynt passasjergrunnlag som Norge.

2.4.1 Småfly

Den tidligere betegnelsen sportsfly er erstattet med begrepet småfly som i hovedsak omfatter fly med en til seks seter. Denne kategorien fly benyttes primært på kortere flygninger, til tross for at de kan fly langt ettersom slike fly er relativt lette. Slike fly kan temmelig raskt elektrifiseres. Det er også mer rom for uttesting av ny teknologi med denne typen fly enn i kommersiell luftfart (eget regelverk for eksperimentelle fly). I motsetning til biler har imidlertid fly vesentlig lenger levetid enn biler, og flyflåten i Norge av denne typen har en gjennomsnittlig levealder på minst 15 år. Det er høy snittalder på dagens småflyflåte, som i hovedsak eies av flyklubber og privatpersoner, trolig fordi det er høye investeringskostnader for et nytt fly. Utsiftingen vil derfor skje over relativt lang tid. De vesentlig lavere drifts- og vedlikeholdskostnadene vil likevel føre til en rask utskifting innenfor profesjonelle aktører som eksempelvis flyskoler og taxi-virksomhet.

En sentral aktør for elektriske sportsfly er **Pipistrel** og deres lettfly **Velis Electro**. Pipistrel er en slovensk produsent av lette fly, og har utviklet det første sertifiserte elektriskdrevne flyet kalt Velis Electro. Flyet er en to-seter, og er primært ment til pilotutdanning. Flyet har en elektrisk motor som yter 57,6 kW¹³, og er utstyrt med en batteripakke på 24,8 kWh som totalt veier 140 kg. Batteriene bruker 2 timer på å lade, og gir nærmere 50 minutters flytid.

På samme marked finner man det USA-baserte flyprodusentselskapet **Bye Aerospace**. Bye Aerospace har de siste syv årene utviklet flere elektriske småfly-konsepter. I 2021 publiserte selskapet en oppdatering på deres flyportefølje, hvor de kunne informere om tre pågående elektriske flyprosjekter; to-seteren eFlyer 2, fire-seteren eFlyer 4 og åtte-seteren eFlyer 800 twin. Førstnevnte har vært på vingene i nærmere fem år, mens det ikke forventes at eFlyer 800 twin vil være på operasjonelt før årsskiftet 2025-2026. For at dette skal bli en realitet er selskapet avhengig av deres leverandør av elektriske motorer og kabin-systemer Safran.¹⁴ Selskapet tar sikte på salg av elektriske fly til både det private og profesjonelle markedet.

Figur 2-6: Konseptflyet eFlyer 2 av Bye Aerospace. Kilde: Bye Aerospace



¹³ Tilsvarende 77,2 hestekrefter.

¹⁴ Safran er en fransk produsent av fly- og rakettmotorer, samt komponenter til luftfartsmarkedet og forsvarsutstyr. Selskapet omsatte i 2019 for 24,64 MRD euro.

2.4.2 eVTOL og droner

Det foretas nå betydelige investeringer og ressurser inn i en helt ny klasse betegnet som eVTOLs¹⁵. Denne type fly/helikopter kommer til nettopp på grunn av mulighetene som fleksibiliteten til elektriske motorer og elektrisk drift gir for presis kontroll.

Hovedpremisset for eVTOL-konseptet er vertikal opp- og nedstigning. eVTOL har derfor muligheten til å ta av og lande uten rullebane, og åpner for take-off og landing i områder som tradisjonelt sett ikke er egnet for luftfartsinfrastruktur. Her er helikopterplattformer og tilsvarende løsninger aktuelle områder for slike fartøyer. Slike løsninger vil være aktuelt for transport av mindre gods, eller persontransport innad i større byer. Hovedutfordringen med slike løsninger er energibehovet ved take-off, som er betraktelig høyere enn for eSTOL¹⁶-varianter.

Det er nå realistisk at små og etter hvert noe større eVTOLs med plass til 8-10 passasjerer effektivt kan trafikere kortere strekninger. Investorene som satser på denne teknologien kommer fra flere hold som spenner fra fly- og helikopterprodusenter, store teknologiselskap, bilprodusenter og venturekapitalinvestorer. Investeringer på flere milliarder dollar har de siste årene gått til utviklingen av slike konsepter. Så langt er ingen eVTOLs sertifisert for kommersiell drift og det vil fortsatt ta tid grunnet de høye sikkerhetskravene som stilles innen luftfart. Det brukes imidlertid svært mye ressurser i denne delen av sektoren og det er grunn til å tro at dette blir et reelt alternativ med høy skalerbarhet når det kommer. Det betyr at det vil være gjennomtestede og sikre løsninger som raskt vil kunne masseproduseres og tas i bruk på mange områder i hele verden.

Embraer sin innovasjonsavdeling kalt **EmbraerX** lanserte i 2020 selskapet **Eve Urban Air Mobility Solutions Inc.**, hvor formålet er å utvikle en komplett portefølje med løsninger for urban lufttransport. Selskapet utvikler en eVTOL kjent som EmbraerX flying taxi. eVTOLen vil ha åtte propeller og en kapasitet på fem personer inkl. pilot. Embraer sin Eve og Widerøe Zero samarbeider om å utvikle innovative luftmobilitetsløsninger i Skandinavia. Rolls-Royce Electrical ser også på eVTOL som et mulig marked, og ønsker å utvikle elektriske drivsystemer (Garrett-Glaser, 2021).

VX4 er en eVTOL som utvikles av **Vertical Aerospace Ltd.**, og vil ha en kapasitet på fem personer inkl. pilot. eVTOLen vil ha en marsjfart på 240 km/t og rekkevidde på 160 km. eVTOLen vil være utstyrt med separat bagasjerom, og plass for bagasje mellom setene. Den vil være utstyrt med 12 propeller, en høy vinge og V-formet hale. eVTOLen vil også ha innfellbart hjuloppheng. Målet er å få eVTOLen i produksjon i løpet av 2024-2025. AirAsia melder at de ønsker å lease 100 slike fartøyer (Chua, 2022).

Japanske **Joby** introduserer i samarbeid med **ANA Holdings** og **Toyota** en flyvende taxi-løsning. Selskapene utvikler også infrastruktur, pilottrening og håndtering av lufttrafikk. Joby sin fem-seter har et mål om å nå en rekkevidde på 240 kilometer, og en toppfart på 320 km/t. Selskapet er også i dialog om å etablere taxi-selskap i USA (eVTOL, 2022).

Wisk Aero er et amerikansk selskap som utvikler selvflyvende luft-taxi. Selskapet har sikret 450 MUSD fra Boeing til utvikling av Wisk sin sjettede generasjon eVTOL. Innen fem år har Wisk som mål å ha sjettede generasjon eVTOL sertifisert, og ha en stor operativ flåte eVTOL.

¹⁵Electric Vertical Take-Off and Landing.

¹⁶ Electric Short Take-Off and Landing.

Beta Technologies er en Vermont-basert romfartsprodusent som utvikler eVTOL for gods- og logistikkindustrien. Selskapet har også utviklet et nettverk av spesialdesignet ladeinfrastruktur for å støtte deres flyløsninger. Selskapets **ALIA-250** er en eVTOL ment til personfrakt med plass til seks personer inkl. pilot. eVTOLen skal ha en rekkevidde på 460 kilometer, og har 50 minutter ladetid.

eVTOLs har en tydelig overlapp opp mot utviklingen av droner. Utviklingen av droner favner bredt og de utvikles for en lang rekke markeder og bruksområder hvor mye av aktiviteten skjer med autonome droner. Det være seg inspeksjon og overvåkning av ulike installasjoner til søk- og redningsoppdrag eller varetransport. I kapittel 3.2.2 ser vi nærmere på hvilke norske selskaper og aktører som er store innenfor utviklingen av droner og som potensielt kan tenkes å ta en posisjon også inn mot fremtidig passasjertransport.

2.4.3 Regionalfly

Regionalfly er en betegnelse som gjerne dekker ruter på under 1 000 kilometer med fly opp til 100 passasjerer. Dette er et krevende segment både for flyselskaper og flyprodusenter hvor økonomi og inntjening er presset i en svært konkurranseutsatt bransje, noe som gjør markedet for mindre regional-rettete flyløsninger mindre attraktivt for produsentene av disse. Produsentene som Embraer, Bombardier, ATR og Textron har til dels hatt økonomiske utfordringer. Som en konsekvens er det meste av fokuset på de større flyene, og flymodeller for regionale operasjoner er lite prioritert av flyprodusentene. Det igjen gjør at det i finnes svært få gode alternativer til Widerøe sine Dash 8-fly som i dag benyttes på kortbanenettet. De historiske utfordringene for dagens produsenter kan også være noe av forklaring til at initiativ knyttet til elektrifiserte løsninger i dette segmentet i større grad fra nye selskaper. Det kreves imidlertid store investeringer som de siste fem årene har skapt vekslende fremdrift. Frem til i dag har man fokusert på mindre fly med kapasitet opptil 19 seter. Videre har flyprodusentene planer om å utvide dette dersom teknologien viser resultater i mindre skala.

ZeroAvia er en britisk/amerikansk utvikler av hydrogenelektriske fly. Selskapet mener hydrogen er den mest aktuelle løsningen for skalerbar nullutslippsluftfart på lang sikt. Selskapet utvikler flytyper i ulike størrelser, og har som mål å ha det første kommersielle flyet klart i 2024. Dette flyet vil kunne transportere opptil 20 passasjerer. Innen 2040 har selskapet som mål å kunne tilby en hydrogenflyløsning med plass til over 200 passasjerer (ZeroAvia, u.d.).

Airbus og Rolls-Royce utviklet sammen **E-Fan X**, som var et hybridelektrisk demonstrasjonsfly. Prosjektet ble kansellert etter intern evaluering av Airbus sine behov for forskning og utvikling. Avgjørelsen ble gjort på bakgrunn av at Airbus ikke mente det var kritisk å få på plass alle elementer integrert per dags dato. Dette gjorde at selskapet til slutt valgte å avslutte E-Fan X-prosjektet (Syal, 2020).

Eviation Alice er et prosjektert elektrisk fly designet for å romme ni passasjerer og to mannskaper. Flyet skal kunne frakte opptil 1 100 kg og ha en marsjhastighet på 460 km/t. Deutsche Post har bestilt 12 fly som skal frakte gods under DHL-navnet. Dette planlegges å være operativt i 2024 (Schlosser, 2021).

P-Volt er et italiensk lett-elektrisk fly utviklet av **Tecnam** i samarbeid med Rolls-Royce. Tecnam er allerede i partnerskap med H3PS-prosjektet, som er en parallell hybrid-elektrisk versjon av fire-seteren P2010, som kombinerer elektrisk motor fra Rolls-Royce og forbrenningsmotor fra Rotax. Tecnam sin P-Volt går inn i 11-seters kategorien. Samtidig samarbeider Rolls-Royce og Tecnam med Widerøe om å levere helelektrisk P-Volt til kommersiell bruk i 2026 (Rolls Royce, 2021).

Også på dette feltet samarbeider **Widerøe** med **Embraer**, hvor Embraer leverer sine **E190-E2-fly**. Dette er de mest effektive passasjerflyene med vanlig forbrenningsmotorer, og Widerøe er Embraer sin lanseringskunde.

Svenske **Heart Aerospace** er i ferd med å etablere en ledende posisjon i det globale kappløpet om å bli verdens første sertifiserte elektriske fly i kategorien 12-19 seter. Heart Aerospace har fått tilført betydelig kapital for å akselerere utvikling og realisering, og forventer å ha flyet på vingene i 2026. Gjennom **Saab Aerospace** og lang tradisjon knyttet til utvikling av fly har Sverige tilgang på nødvendig kompetanse til å bemanne et slikt prosjekt. I Norge har vi historisk sett lite kompetanse på dette feltet og vi har ikke tilsvarende grunnlag for gjennomføring av en slik utvikling. Vi har imidlertid noen initiativer gjennom selskapet Equator AS som har utviklet et elektrisk sportsfly som kan lande på sjø, og selskapet Elfy AS som har skissert utvikling av et større sjøfly for passasjertransport.

2.4.4 Store fly med over 100 seter

Det vil sannsynligvis være mulig med store elektriske fly for regional transport på distanser eksempelvis opp til 1 000 kilometer innenfor de neste 20 årene. I øyeblikket er det imidlertid fokus på bruk av hydrogen/ammoniakk eller fossilfritt syntetisk drivstoff for større fly med over 100 seter. Det kan oppnås enkelte fordeler ved at motorene i større fly er elektriske mens generatorer drives av tradisjonelt drivstoff eller hydrogen og det er også mulig at slike løsninger kan komme. Den korteste veien rent teknisk synes å være biobasert og syntetiske drivstoff som kan utnytte dagens drivstofftanker og motorer. Hydrogenløsninger har en noe lengre vei å gå sammenlignet med mer voluminøse drivstofftanker, da også med tanke på ny og dedikert infrastruktur og løsninger for påfylling av hydrogen.

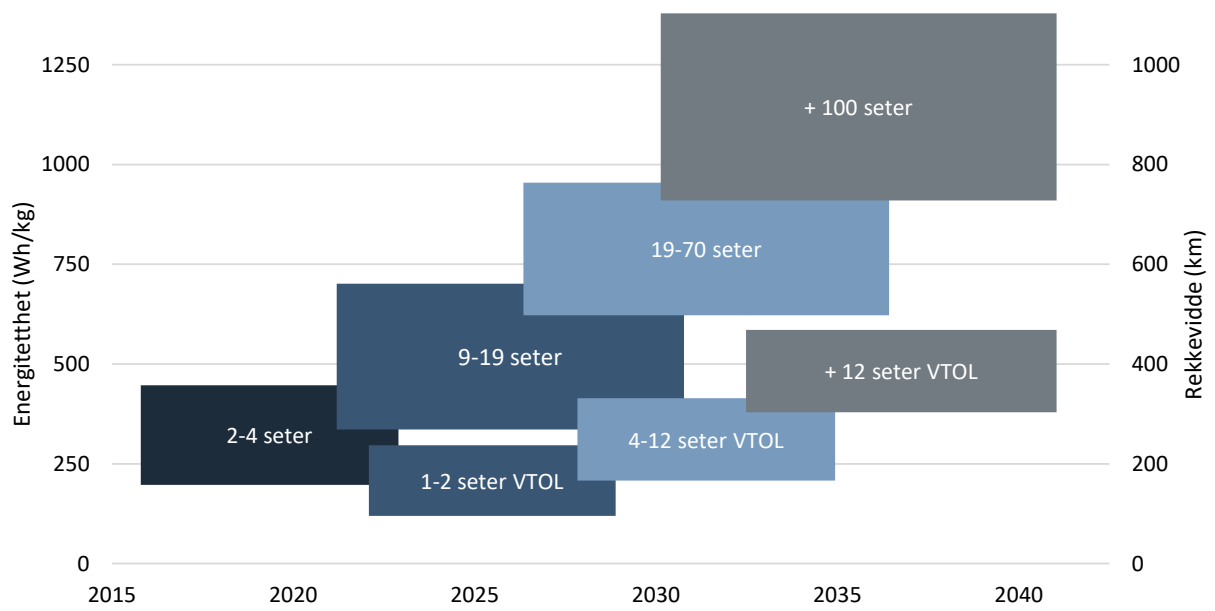
2.4.5 Tidslinje for introduksjon av ulike typer fly

Figuren nedenfor angir en tidslinje frem mot 2040 og illustrerer et forventet fremtidig utviklingsløp som viser når ulike konsepter for elfly ventes å bli introdusert og sammenhengen mellom batteriintensitet og rekkevidde. Små batterielektriske fly som kan romme mellom 2 og 4 personer er allerede tilgjengelig. Neste størrelse her ventes å bli fly med inntil 19 seter. Her er det som vi har redegjort for flere aktører som har kommet langt i sin utvikling og det er ventet at dette vil tilgjengelig før 2030. Innen den tid er det også ventet at det vil være utviklet VTOL løsninger som har kapasitet til en eller to personer.

På noe lengre sikt, frem mot 2035, vil det trolig bli introdusert mellomstore fly med en rekkevidde på opp mot 700 km med mellom 19 og 70 seter. VTOL konseptene i 2035 ventes å kunne ha en rekkevidde på inntil 350 km og håndtere opp til 12 personer.

De største flyene med lengst rekkevidde er det mindre sannsynlig at er i kommersiell drift og virksomhet på denne tiden, men her ventes det at de kan komme på markedet før 2040. Det samme gjelder større VTOL løsninger også. Grunnen til at det tar noe kortere tid før stadig større løsninger utvikles og implementeres er at det ligger store skalaeringseffekter i utviklingen når en først har kommet et visst stykke i utviklingen av teknologien samt at regelverk og sertifiseringsprosesser har blitt mer veletablert.

Figur 2-7: Scenarier frem mot 2040. Batteritetthet (venstre akse) og rekkevidde (høyre akse). Kilde: Green Future AS.



3 Norske aktører og initiativ

Et statlig virkemiddelapparat rettet mot luftfarten må bygge på egenskaper ved næringen og kunnskapsmiljøene slik de ser ut i dag. Det er først når man kjenner strukturen i næringen at det er mulig å identifisere styrker og svakheter som man kan ta utgangspunkt i. Det er også først da at man kan identifisere hvor eventuell markedssvikt er mest tydelig. I dette kapittelet redegjør vi derfor kort for norske aktører som opererer inn mot luftfart, det være seg FoU-aktører, tilbydere av infrastruktur, teknologileverandører så vel som operatører i luftfarten (flyselskaper).

I vedlegg 1 presenterer vi også relaterte teknologi og FoU-aktører som jobber inn mot batteriløsninger og hydrogen/hydrogenteknologi. Vi har valgt å plassere disse i vedlegg fordi de i dag bare i begrenset grad retter seg mot luftfarten.

Når det gjelder Norges rolle i dette er det viktig å ta utgangspunkt i luftfartens høyst internasjonale orientering. Kraftsentrum i Europa kan sies å være i Tyskland/Frankrike/ Italia/ Storbritannia og er for sivil luftfart svært knyttet til Airbus og leverandørindustrien rundt Airbus. I USA er det Boeing som dominerende innenfor sivil luftfart selv om USA har større bredde og flere aktører. I grove trekk sysselsetter den tekniske delen av luftfartsindustrien i USA 2 millioner personer og i Europa ca. 1 million mennesker hvor omtrent halvparten er knyttet til sivil luftfart.

Figur 3-1: Det norske aktørbildet for luftfarten består av FoU-aktører, tilbydere av infrastruktur, operatører og teknologileverandører. Relevant for norsk luftfart er også utenlandske operatører og deres tilstedeværelse i norsk luftrom. Kilde: Menon Economics



I Norge har vi i utgangspunktet relativt få selskaper tilknyttet den teknologiske delen av luftfartsindustrien. En helt sentral aktør i dette landskapet er Rolls Royce sin avdeling i Trondheim med 70 ingeniører som utvikler drivsystemer for elektriske fly. Rolls Royce avdelingen i Norge har også tatt en aktiv rolle i å fasilitere utvikling av infrastruktur på basis av at man forventer at Norge vil være tidlig ute. Flere intervjuobjekter vi har vært i kontakt med indikerer at en rekke større internasjonale aktørene har signalisert at de vil vurdere å etablere seg i Norge, alternativt anvende virksomheter og fasiliteter til et økt engasjement, dersom et bredt innovasjonsfellesskap etableres.

3.1 FoU-aktører

3.1.1 SINTEF og Innovasjonssenter for utslippsfri luftfart

SINTEF er trolig det forskningsmiljøet i Norge som i dag jobber mest aktivt med omstillingen til en grønnere luftfart. De er involvert i flere initiativer nasjonalt og internasjonalt. De fleste er fortsatt i en tidlig fase, men initiativene har tydelige og ambisiøse målsetninger som alle støtter oppunder en politisk ønsket utvikling.

I 2021 ble det kjent at SINTEF har blitt medlem av to europeiske partnerskap, Single European Sky Air Traffic Management (SESAR) og Clean Aviation, som begge er finansiert av EU og med ledende industri og forskningsmiljøer i Europa som deltakere (SINTEF, 2021). SESAR programmet skal se på løsninger for en mer effektiv trafikkavvikling og dermed et redusert drivstofforbruk, mens Clean Aviation er rettet inn mot utvikling av nye flytyper og drivlinjer for en fossilfri luftfart. Nedenfor omtales to ytterligere initiativ hvor SINTEF har en sentral rolle i samarbeid med andre norske aktører.

Luftfartstilsynet, Avinor, Norsk Industri og SINTEF har sammen tatt initiativet til å opprette et innovasjons- og testsenter som skal fremme utvikling av bærekraftig luftfart med mål om å redusere utslippene fra norsk luftfart og bidra til å skape nye norske arbeidsplasser. Innovasjonssenteret som i første omgang er organisert virtuelt baseres på ambisjonene om at Norge skal ta en ledende posisjon i utvikling av regional nullutslippsluftfart. I denne sammenheng skal innovasjonssenteret spille en sentral rolle.

Innovasjons- og testsenteret er et initiativ basert på Klimaplan 2021-2030¹⁷ som beskriver at regjeringen vil tilrettelegge for at Norge blir en arena for testing og utvikling av null- og lavutslippsfly, benytte eksisterende virkemidler for å forsere utviklingen og innfasingen av utslippsreducerende teknologi, og stimulere til at null- og lavutslippsteknologi kommer i bruk, for deretter eventuelt å stille krav om dette når teknologien blir moden.

Innovasjons- og testsenteret har som mål å posisjonere Norge som innovasjonsarena ved å tilby et økosystem der infrastruktur, energibærere, dedikert luftrom og et regulatorisk testregime er på plass. Videre skal det tilrettelegges for kommersielle aktører i ulike utviklingsfaser av fly- og flyrelatert teknologi. Økosystemet skal bli en arena der fagekspertise, både nasjonalt og internasjonalt knyttes sammen. Målet er å bygge et globalt nettverk av relevante aktører for å posisjonere Norge som innovasjonsarena for null- og lavutslipp i regional luftfart.

Utover målet om å posisjonere Norge som en innovasjonsarena, ønsker innovasjons- og testsenteret å være et ressurscenter for forskning, og bidra til å koordinere og påvirke nasjonale og internasjonale forskningsbehov.

¹⁷ Meld. St. 13 Klimaplan 2021-2030

Tidligere i år ble det også kjent at SINTEF etablerer et Gemini-senter¹⁸ for grønnere og mer bærekraftig luftfart. SINTEF viser til et behov for tverrfaglig forskning og utvikling dersom en skal lykkes med en disruptiv teknologiutvikling og høste gevinstene av en grønn omstilling. Etter deres vurdering er potensialet for norsk teknologi i fremtidens luftfartsindustri stort og det trekkes frem at energiindustrien vil ha nøkkelroller innen forsyning av delsystemer og komponenter til grønne fly. I tillegg til dette vil det være muligheter innenfor bakkeinfrastruktur og energiverdikjeder for nullutslipp innenlandsfly. Uten at SINTEF konkretiserer det nærmere så viser de til at det forventes betydelige ringvirkninger for økonomien og sysselsettingen ved testarenaer i Norge¹⁹ (SINTEF, 2022).

3.1.2 Universitetet i Tromsø

Universitet i Tromsø har, som det eneste miljøet i Norge, et senter for fremragende undervisning forankret i simulatorbasert utdanning. UiT oppgir at de er i samtaler med franske EuroAero om testing av «grønne fly» i Tromsø og Bardufoss. Etter det vi kjenner til foreligger det ingen formell avtale per i dag, men det jobbes for å få på plass en avtale. Det er snakk om mindre fly i første omgang, men på sikt skal det kunne testes 19 seters regionalfly også. Formålet er å teste og sikre at flyene kan operere i arktiske strøk gjennom datasimuleringer og tester²⁰ (Endresen, 2021). Universitet i Tromsø har også utdanningstilbud innenfor luftfart og droner og de har gått til anskaffelse av to elektriske småfly som skal benyttes som skolefly.

3.1.3 IFE – Institutt for Energiteknikk

IFE Hynor Hydrogen Technology Center (IFE Hynor) er et brenselcelle- og hydrogenteknologitestsenter som eies og drives av IFE. Testsenteret inkluderer en småskala hydrogentankstasjon (HRS) som er i stand til høytrykk (700 bar) og rask tanking (3 minutter) av PEM-baserte (Proton Exchange Membrane) brenselcelle elektriske kjøretøy (FCEV). IFE Hynors testanlegg inkluderer også muligheten til å levere ulike kvaliteter av biogass og hydrogen (produksjon på stedet eller flaskegass) og avansert gassanalysestyr.

Norsk Brenselcelle- og Hydrogensenter er en ny nasjonal forskningsinfrastruktur for brenselceller og hydrogen. Det såkalte N-FCH Systemlaboratoriet etableres nå også ved IFE Hynor. En fleksibel testplattform for elektrolysesystem, inkludert en prototype (2 Nm³/h) høytrykks (350 bar) PEM vannelektrolysator, er installert i den eksisterende HRS-hydrogenproduksjonsmodulen. De nye N-FCH-systemlaboratoriene ved IFE Hynor vil også inkludere et brenselcellesystemlaboratorium for testing av prototype hybrid Li-ion batteri / PEM brenselcellesystemer for tunge transportapplikasjoner som er relevante for luftfart.

Norwegian Fuel Cell and Hydrogen Centre er et samarbeidsinitiativ mellom SINTEF, IFE og NTNU. Senterets jobber aktivt med hydrogen- og brenselcelleteknologier.

¹⁸ Et Gemini-senter er en modell for strategisk samhandling mellom faggrupper ved NTNU, SINTEF, Universitet i Oslo, St. Olavs Hospital og NTNU Samfunnsforskning. Senterne skal være en arena for å bygge større og mer robuste fagmiljøer med høyere kvalitet som vil være i stand til å gripe og utvikle muligheter.

¹⁹ Pressemelding fra SINTEF, 13. januar 2022.

²⁰ Artikkel i an.no datert 12. november 2021.

3.1.4 Norsk deltakelse i TULIPS

TULIPS-prosjektet ledes av Amsterdam lufthavn Schiphol, og med i prosjektet er ytterligere 29 deltakere bestående av flyplasser, kunnskapsinstitutter og industripartnere i hele Europa. Avinor og SINTEF deltar i prosjekt/program fra norsk side og prosjektet starter sitt arbeid i januar 2022.

Prosjektet finansieres med 25 millioner euro under EUs forsknings- og innovasjonsprogram Horizon 2020 og er en del av EUs storsatsing European Green Deal, som skal bidra til den nødvendige overgangen til lav- og nullutslippssamfunnet med utvikling av innovasjoner som letter overgangen til transport med lavt klimaavtrykk og bærekraftige flyplasser på tvers av de europeiske landegrensene.

Amsterdam lufthavn Schiphol skal være hovedtestflyplassen sammen med 17 andre utvalgte testprosjekter på 4 ulike flyplasser. SINTEF skal bidra i prosjektet med sin kompetanse og delta i utviklingen av nye teknologiske løsninger i samarbeid med andre ledende teknologimiljøer i Europa. Et utvalg bærekraftige løsninger skal også testes på utvalgte Avinor lufthavner, bl.a. med å teste ut løsninger for lading av elektrifiserte fly og ny hydrogenteknologi, samt se på muligheter for å bidra til økt produksjon og bruk av bærekraftig flydrivstoff. TULIPS vil også ha prosjekter på sirkulærøkonomi og materialgjennbruk, og legge forholdene til rette for at gods og passasjerer kan velge den reisemåten som er mest miljøvennlig og skaper minst kø.

3.1.5 Andre FoU-aktører

Norwegian Fuel Cell and Hydrogen Centre er et samarbeidsinitiativ mellom SINTEF, IFE og NTNU. Senterets jobber aktivt med hydrogen- og brenselcelleteknologier. Senterets visjon er å aktivt stimulere norsk og europeisk innovasjon på alle områder i den hydrogenbaserte verdikjeden.

Gjennom forskningsprogrammet **Electric Aviation** arbeider **NTNU** med hydrogen som et potensielt klimanøytralt drivstoff. NTNU har elektrifisering som et av flere strategiske forskningsområder, og er allerede i gang med å utdanne flere doktorgradsstudenter innen elektrisk luftfart.

Mobility Zero Emission Energy Systems (MoZEES) er et norsk forskningscenter på nullutslippsløsningsdrivlinjer for transportsektoren. MoZEES fokuserer på batteri- og hydrogenverdikjeder, systemer, og anvendelser hvor Norge har potensialet til å ta en ledende posisjon.

Arendals Fossekompani (AFK) er et industrielt investeringsselskap som eier energi- og teknologirelaterte selskaper med et internasjonalt nedslagsfelt. AFK er hovedeier av **Gullknapp Aerial Center**, som er et test- og kompetansesenter for droner, utdanning av piloter og en flyplass. Aktører som ønsker å teste sine løsninger for ubemannet luftfart har mulighet til å gjøre det her. Flere selskaper er etablert på Gullknapp for å teste ny teknologi og anvendelse av droner som en del av sin virksomhet. Gullknapp gir blant annet tilgang på kontrollert luftrom, i tillegg til muligheter til å trene på integrering av bemannet og ubemannet luftfart.

3.2 Teknologileverandører

3.2.1 Rolls-Royce Electric

I Trondheim har Rolls-Royce en svært sentral utviklingsavdeling bestående av 70 ingeniører som utvikler fremtidens drivsystemer for elektriske og hybridelektriske fly. Denne enheten er spydspissen for Rolls Royce teknologiutvikling på dette området og leverer testsystemer for en rekke elflyprosjekter i hele verden.



Avdelingen har blant annet arbeidet med løsninger for Airbus sitt E-Fan X prosjekt med motorer opp til 2.5MW. Selskapet arbeider med en rekke leveranser av komplette elektriske drivlinjer til ulike prosjekter som eksempelvis, Vertical Aerospace VA-X4 air taxi og PVolt elektriske fly som skal produseres av Italienske Tecnam og som Widerøe vurderer å anskaffe.

Rolls-Royce i Trondheim utvikler og tester motor og generator til elektriske fly, hvor det utvikles komponenter som også kan brukes til hydrogenfly med brenselceller. Internasjonalt ser man aktører som ZeroAvia og Airbus utvikle hydrogendrevne fly som skal være klare innen 2030 (Sandberg, Zenith, & Richardsen, 2021).

3.2.2 Droner og autonome fartøy

Det eksisterer relativt mye droneaktivitet i Norge per dags dato og den forrige regjeringen utarbeidet også en dronestrategi for å legge til rette for samfunnstjenlig utvikling og bruk av droner i Norge. Strategien kom på bakgrunn av en utvikling med raske fremskritt på feltet (Samferdselsdepartementet, 2018). Dette inkluderer aktører som benytter droneteknologi til inspeksjoner av kraftnettet, men også aktører som benytter droner til transport av varer. Nedenfor gis det en kort omtale av sentrale norske aktører innenfor utviklingen av droner.

Prox Dynamics ble grunnlagt i 2008 og senere solgt til det amerikanske selskapet FLIR Systems i 2016. Selskapet utvikler droner og forsvarsteknologi. Utviklingsavdelingen for nano-dronene er fortsatt å finne i Norge, og går nå under navnet FLIR Unmanned Aerial Systems AS.

Nordic Unmanned startet som et norsk droneselskap i 2013 og har nå etablert seg som et ledende europeisk børsnotert selskap med tilstedeværelse i mer enn 13 land. Selskapet utvikler droner som brukes til en rekke tjenester og oppdrag innenfor maritimsektor, infrastruktur og logistikk til ulike sikkerhetsrelaterte oppdrag.

Robot Aviation ble grunnlagt i 2008 har sitt hovedkontor på Eggemoen. Selskapet utvikler og leverer droner til militær og kommersiell bruk. Selskapet utvikler ubemannede systemer som er designet til å være operative under svært utfordrende forhold med lang levetid og rekkevidde. Selskapets produktportefølje inkluderer både ubemannede helikoptre og fast vinge-fly.

KVS Technologies utvikler droner og programvare for inspeksjon og digitalisering av kritisk infrastruktur.

Maritime Robotics utvikler ubemannende fartøy som kan operere til havs og i luften. Selskapet fokuserer på utviklingen av fartøy rettet inn mot ulike tjenester og operasjoner innenfor maritimsektor. Selskapets produkter gir brukeren mulighet til å samle inn store mengder data fra både luft og under vann.

Røros flyplass er en av flere partnere i prosjektet **Green Flyway** hvor det er etablert en testarena i et felles norsk svensk luftrom. Formålet er å tilby et kostnadseffektivt testmiljø for små bemannede elektriske fly samt små og mellomstore ubemannende luftfartøy.

3.2.3 Andre teknologileverandører

Det er en rekke andre teknologileverandører i Norge som kan være potensielle leverandører i en fremtidig verdikjede knyttet til utviklingen av lav- og nullutslippsløsninger. Noen av disse er:

Elfly Group er et norsk selskap grunnlagt i 2018 som er involvert i tre kjerneprosjekter hvor de bidrar i utviklingen av elektrisk sjøfly (forventes å være ferdig sertifisert og operasjonelt i 2029), de har distribusjonen av Bye Aerospace sine elektriske fly til det skandinaviske luftfartsmarkedet og de er involvert i utviklingen av det de kaller det raskeste elektriske flyet i verden (i partnerskap med Nordic Air Racing Team).

GKN Aerospace Norway produserer komplekse komponenter til jetmotorer og gassturbiner for verdens største flyprodusenter.

Equator aircraft som designer, bygger og tester eksperimentelle fly. De har spesialisert seg på elektriske framdriftsintegrasjoner og karbonkomposittkonstruksjonsteknikker for prototyping. De opplyser selv at de har konstruert og bygget verdens første elektriske sjøfly.

Siemens Norway jobber med utvikling av bærekraftige teknologier og løsninger innenfor en rekke sektorer og næringer. Dette inkluderer også utvikling av nye transportløsninger og Siemens åpnet en helrobotisert batterifabrikk i Trondheim i 2019.

CMR Prototech driver med teknologiutvikling, konstruksjon, maskinering og testing innenfor flere bransjer. De har blant annet et spesielt fokus på brenselcelleteknologi og mekaniske strukturer. Selskapet leverer samarbeider med ESA og leverer komponenter til blant annet bemannede og ubemannende romflyvninger

Barel er spesialisert på elektronikk for krevende og farlige miljøer, men de har også leveranser elektroniske delkomponenter som blant annet rømningsystemer for skip og interiørbelysning til fly.

Kongsberg Defence & Aerospace er en teknologibedrift i Kongsberg Gruppen. Selskapet lager primært produkter for forsvars- og romfartsindustrien, men de utvikler også teknologi og løsninger for fjernstyrte tårntjenester på lufthavner.

Nammo er et internasjonalt konsern med hovedkontor i Norge. Selskapets kjernevirksomhet er produksjon av ammunisjon, rakettmotorer og romfartsprodukter.

3.3 Tilbydere av infrastruktur og trening

3.3.1 Avinor

Avinor er et statlig eiet aksjeselskap. Avinor eier, driver og utvikler et landsomfattende nett av lufthavner for sivil luftfart. Gjennom det heleide datterselskapet Avinor Flysikring AS tilbys også en samlet flysikringstjeneste for både sivil og militær luftfart.²¹ Virksomheten omfatter 43 lufthavner i Norge, inkludert kontrolltårn, kontrollsentraler og annen teknisk infrastruktur for flynavigasjon. Avinor har kommersielle inntekter fra servicetilbud i tilknytning til lufthavnene. Ved utgangen av 2018 hadde selskapet 3 099 ansatte og 14,5 milliarder kroner i bokført egenkapital.

Avinor retter i dag betydelige ressurser inn mot fremtidige lav- og nullutslippsløsninger for luftfarten. Selskapet er blant annet ledende i storkala pilotprosjektet på Sola der flyplassen inngår i et større energisystem. Avinor samarbeider tett med andre aktører for å fremme elektrisk luftfart gjennom eksempelvis Start Norge som er omtalt nedenfor. Avinor jobber systematisk med å tilrettelegge for fremtidig lading på flyplasser og deltar aktivt i FoU-arbeidet både nasjonalt og internasjonalt.

Gjennom samtale med representanter fra Avinor får vi et klart inntrykk av at Avinor selv ønsker å ta en tydeligere pådriverrolle for utvikling og innfasing av fly med nullutslippsteknologi. Med dette mener man både å stille personell, kapital og flyplasser til rådighet. Samtidig er det rimelig å anta at Avinors handlingsrom på dette området nå er kraftig innskrenket som følge av inntektssvikt de senere årene. Det gis derfor klart uttrykk for at staten må inn med finansiering for å få tilstrekkelig fart i Avinors satsning og fasilitering på dette området.

3.3.2 Luftfartstilsynet

Luftfartstilsynet har hovedansvaret for tilsynet med norsk sivil luftfart og skal være en pådriver for sikker og samfunnsnyttig luftfart i tråd med overordnede målsetninger for regjeringens samferdselspolitikk. I nyere tid har også Luftfartstilsynet fått en tydeligere rolle i klimaarbeidet og oppgaven er å overvåke utviklingen innen luftfartssektoren knyttet til null og lavutslippsteknologi og legge til rette for en mer klimavennlig luftfart. Spesielt fremheves arbeid med innfasing av elektrifiserte fly og annen null- og lavutslippsteknologi i kommersiell luftfart i Norge (Avinor og Luftfartstilsynet, 2020). Tilsvarende har EASA fått en tydelig rolle i det europeiske klimaarbeidet innen luftfart.²²

Luftfarten er underlagt felleseuropeiske regler og sikkerhetskrav og en utvikling av ny teknologi og nye løsninger må forholde seg til dette. I 2019 inngikk Luftfartstilsynet og EASA en forpliktende avtale med det formål å sette fart på arbeidet med elektrifisering av luftfarten. Fra Luftfartstilsynet ble avtalen sett på som et viktig grep for å lykkes med å nasjonale ambisjoner knyttet til omstillingen av luftfarten (se boks under). Samtidig var avtalen også et signal om at EASA ser potensialet i pådriverrollen Norge kan ta i en internasjonal utvikling og omstilling. Det ble trukket frem at Norge med sitt godt utbygde regionalnett anses som det ideelle området å satse på elfly. Avtalen omfatter teknologi, regelverk og annen tilrettelegging som skal akselerere prosessen mot innfasing av elektriske passasjerfly (Luftfartstilsynet, u.d.).

Luftfartstilsynet har de siste par-tre årene intervjuet og vært i dialog med mellom 60 og 70 nasjonale og internasjonale aktører for å identifisere hvem som kan være interesserte i være tilknyttet et innovasjonssenter

²¹ Flysikringstjenesten håndteres av et heleid datterselskap Avinor Flysikring AS

²² *Ibid.*

for lav- og nullutslippsløsninger med Norge som arena. Dette er aktører som representerer alt fra utvikling av infrastruktur (lading, fylling, energistyring m.m.), kabler og kontrollsystemer, batterier til fly- og motorprodusenter, men også aktører innen akademia, miljøorganisasjoner, flyskoler, finanssektoren og autonomi og kunstig intelligens. Samtlige av disse stilte seg positive med tanke på å få tilgang til eller delta i et slikt innovasjonsøkosystem.

Figur 3-2 Avtalen mellom Luftfartstilsynet og EASA har ambisjoner om å:

- Legge til rette for utvikling, testing og godkjenning av ny teknologi for både fly og infrastruktur
- Utvikle en arena for innovasjon som bidrar til økt samarbeid
- Bidra til raskere regelverksendringer innen alle luftfartsområder etter hvert som teknologien utvikles og modnes
- Legge til rette for samarbeid om forskning og utvikling
- Bidra med veiledning til utviklere av ny teknologi og konsepter på utvalgte områder
- Kartlegge og synliggjøre økonomiske virkemidler og insentiver for samarbeidsparter
- Identifisere potensielle hindringer i utviklingen
- Kartlegge virkninger og konsekvenser som elektriske fly har på hele luftfartssystemet. Dette innebærer konsekvenser for infrastruktur, kompetanseutvikling, luftromsstruktur, utdanning av personell, nye rutestruktur mm.

3.3.3 Utdanning

CAE Center of Training er et utdanningscenter som utdanner mer enn 220 000 crew-deltakere årlig, inkludert 135 000 piloter. Senteret holder til i nærheten av Gardermoen lufthavn. Luftfartsskolen er tilknyttet CAE.

European Helicopter Center (EHC) er et norsk selskap som driver helikopterbasert skolevirksomhet. EHC holder til i Sandefjord med tilknytning til Torp flyplass. De siste 10 årene har skolen utdannet om lag 600 piloter. Vi anser skolevirksomhet som en del av luftfartsutviklingen.

Pilot Flight Academy er en av Europas største og mest moderne flyskoler, og holder til på Torp Sandefjord lufthavn og Notodden flyplass. Skolen har et stort internasjonalt miljø med nærmere 400 studenter, hvor målet er å utdanne profesjonelle og dyktige piloter som er ettertraktet av flyplassene (Pilot Flight Academy, u.d.).

3.3.4 Start Norge

Start Norge AS er et nonprofit-selskap etablert i 2019 av Aircontact Group AS, Berg-Hansen Reisebureau, Avinor AS og Næringsforeningen i Stavanger-regionen. Selskapet har som formål å legge til rette for at elfly, lavutslippsfly og nullutslippsfly raskest mulig blir en del av kommersiell luftfart i Norge. Mer konkret arbeider Start Norge med å kartlegge effekten av tidlig innfasing av elektriske fly i Norge. Det fokuseres også på etablering av offentlige støtteordninger for kjøp av lav- og nullutslippsfly. Videre arbeider organisasjonen med etablering av nødvendig infrastruktur for lav- og nullutslippsfly, herunder lademuligheter. Den har også fokus på ulike offentlige insentiver for både flyselskaper og passasjerer slik at elektriske fly blir et foretrukket transportmiddel.

4 Utfordringer og behov

I dette kapittelet spesifiserer vi hvilke utfordringer vi står overfor på veien til en grønnere luftfart. Vi omtaler også den kunnskapsbase og det næringsliv vi har i dag innen luftfartsrelevant teknologi og tjenester.

4.1 Sentrale norske behov og utfordringer i luftfarten

Luftfarten står overfor betydelig utfordringer i årene fremover og har et stort behov for omstilling for implementering av mer klimavennlige løsninger innen alle segmenter av luftfarten. De siste årene har luftfarten også blitt hard rammet av korona-pandemien som har gått utover lønnsomheten til de fleste selskapene. Dette har bidratt til å bremse innovasjonsaktiviteten i næringen. I diskusjonene om utvikling av lav- og nullutslippsløsninger i luftfarten har Avinor og Luftfartstilsynet (2020) løftet frem en rekke utfordringer.

Det første behovet knytter seg til et særnorsk behov for innfasing av nye fly i tilknytning til betjening av det norske kortbanenettet. Norge et relativt omfattende regionalt kortbanenett som utgjør en kritisk transportinfrastruktur for distrikts-Norge. I dag opererer man på disse flyplassene med eldre fly (De Havilland Dash 8) som må skiftes ut om ikke alt for mange år. Flyene begynner å bli gamle og krever gradvis mer vedlikehold og bakketid. En gang mellom 2030 og 2035 ser man for seg at disse maskinene ikke lenger kan operere forsvarlig med tilstrekkelig lønnsomhet. Dagens operatører av disse flyene er tydelige på at det i dag ikke eksisterer nye og gode alternative flytyper og at det derfor må utvikles nye fly. Da er det naturlig at man retter fokus mot lav- eller nullutslippsfly for å dekke dette behovet. Det norske markedet for luftfartstjenester har med andre ord relativt dårlig tid med tanke på implementering av fly med slike fremdriftssystemer. Særlig må dette ses i lys av at det normalt tar lang tid å godkjenne fly med nye teknologier i luftfarten på grunn av strenge reguleringer med høye sikkerhetskrav. Dersom man skal få på plass et relevant rutetilbud med slike fly er det sannsynligvis behov for å få etablert slike fly innen 2027/28 fordi man må forvente at godkjenning kan ta flere år. Man har med andre ord om lag fem år på seg til å utvikle fly som kan egne seg for kortbanenettet. Innfasing av denne typen fly møter også enkelte særnorske utfordringer knyttet til klima og metrologi. Flyene må egne seg for operasjoner med mye vær og kaldt klima på bakken.

En annen sentral utfordring er av mer langsiktig karakter og handler om norsk næringslivs langsiktige posisjon innenfor utvikling av luftfartsteknologi og grønne løsninger på lengre sikt. Norske bedrifter har en ledende posisjon som leverandører til null- og lavutslippsløsninger innen maritim sektor, men innen luftfarten er norske aktører lite synlige. I kapittel 3 identifiserte vi et tyvetalls teknologileverandører, med Rolls-Royce Electric i Trondheim som den klart største aktøren. Enkelte FoU-aktører/institutter retter nå mer fokus på grønn luftfart, men innsatsen er fortsatt høyst begrenset, særlig i lys av aktivitetsomfanget i andre land. Kraftsentrene for grønn luftfart i Europa ligger i Tyskland/Frankrike/Italia/Storbritannia og er nært knyttet til miljøene rundt Airbus. I USA er det Boeing som er dominerende innenfor sivil luftfart selv om USA har større bredde og flere aktører med fokus på grønn luftfartsteknologi. I grove trekk sysselsetter den tekniske delen av luftfartsindustrien henholdsvis 2 millioner personer i USA og ca. 1 million mennesker i Europa hvor omtrent halvparten er knyttet til sivil luftfart. På lengre sikt er det da naturlig å rette mer fokus mot nye konsepter for mellomdistanseflyvning, samt utvikling av mindre farkoster for vertikal opp og nedstiging (såkalte eVTOLS).

Vi står med andre ord overfor til dels ulike behov og utfordringer som vil prege grønn luftfart i tiden fremover. Det er i denne sammenhengen viktig å merke seg at de nevnte utfordringene møter ulik tidshorisont. Den førstnevnte utfordringen må sannsynligvis håndteres i løpet av det neste tiåret, mens bredere innovasjon- og næringsutvikling kan ha et mer langsiktig perspektiv.

4.2 Samfunnsøkonomiske argumenter for å støtte opp om FoU og klimavennlige løsninger

Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv er det lønnsomt at staten involverer seg i markeder dersom disse markedene preges av ulike former for markedssvikt. Luftfarten står overfor flere store utfordringer knyttet til å sikre en mer bærekraftig transportform i fremtiden. Nøkkelen til å løse dette knyttes til innovasjon for et grønt skifte, herunder generering av ny kunnskap og spredning til næringen som helhet. Problematikken i luftfarten har tydelige fellestrekk med det samfunnsøkonomer gjerne betegner som en «dobbel markedssvikt» eller et «dobbel eksterneitetsproblem» (Rennings 2000, Jaffe, Newell og Stavinsc 2005).

For det første preges næringen av negative miljøeksterneiteter i form av CO₂-utslipp og negativ miljøpåvirkning gjennom støy og forurensing. Ettersom flyselskapene ikke fullt ut tar inn over seg den totale negative påvirkningen er det behov for statlig involvering for å justere disse eksterneitetene. For det andre er det positive kunnskaps-eksterneiteter knyttet til forskning, innovasjon og teknologiutvikling som kan føre til underinvesteringer fordi utvikleren selv ikke kan forvente å innkassere hele gevinsten. Utvikling av teknologier som bidrar til å redusere klimautslipp, støy etc, er følgelig eksponert for en kombinasjon av to ulike eksterneiteter, noe som skaper et stort behov for offentlig virkemiddelbruk. Dette er et sentralt argument for at staten går aktivt inn for å korrigere for markedssvikten.

Privat etterspørsel etter klimavennlige teknologier er i stor grad et resultat av myndighetenes politikk for å begrense klimautslippene (ved avgifter, omsettbare kvoter, subsidier, påbud, forbud og teknologistandarder). Særskilte subsidieordninger for teknologiutvikling på klimaområdet utover de generelle argumentene som gjelder for alle sektorer må begrunnes. En kan da stille spørsmålet om det er argumenter for særskilt klimateknologistøtte i en hypotetisk verden der kostnadene ved klimagassutslipp er internalisert gjennom andre virkemidler. Her svarte i sin tid NOU 2009:16 «Nei»: «Så lenge miljøeksterneiteten er fullstendig internalisert, vil «market pull»-mekanismen virke på samme måte som den gjør i andre markeder for nye teknologier.» (s. 109). Grønn skattekommisjon (NOU 2015:15) viser imidlertid til en del nyere økonomisk forskning, både teoretisk og empirisk, og svarer «Ja»: «det er større positive kunnskapseksterneiteter for miljøteknologier enn for andre teknologier, fordi kunnskapsbasen for miljøteknologi i utgangspunktet er for lav. Det tilsier at myndighetene bør ha sterkere virkemidler for å stimulere til forskning på miljøteknologier.» (s. 148) Økt FoU-satsning på lav- og nullutslippsteknologier i dag, kan dermed gjøre det lettere å videreutvikle disse i fremtiden. Dette er en samfunnsøkonomisk mergevinst ved FoU innen klimateknologier.

Videre er det heller ikke slik at kostnaden ved klimagassutslipp internasjonalt er fullt internalisert gjennom andre virkemidler. Et annet argument er at myndighetene kan ha tidsinkonsistente preferanser i klimapolitikken, der de i for liten grad binder seg til å levere en like streng klimapolitikk i fremtiden som vi i dag ønsker at den skal bli (Golombek, Greaker, & Kverndokk, 2015). Begge disse argumentene innebærer at gapet mellom den samfunnsøkonomiske verdien av nye klimateknologier, og den privatøkonomiske verdien av disse, er større enn på andre teknologiområder, og at klimateknologier bør støttes i større grad enn annen teknologiutvikling.

Nyere forskning peker på at omfanget av markedssvikt er så stort at behovet for både statlig inngripen og en mer «proaktiv næringspolitikk» er til stede (Aiginger 2014, Lie 2018). Aghion mfl. (2016) finner også at bedrifter og deres investorer har en sterk stivhengighet i sin innovasjonsaktivitet ved at deres investeringer i FoU i stor grad knytter seg til videreutvikling av eksisterende «forurensende» teknologier. Dette bygger opp under at det er viktig å også gi bedriftene insentiver til å vri FoU-aktiviteten sin mot mer miljøvennlig teknologiutvikling.

I tillegg kan man argumentere for en tredje markedssvikt som knytter seg til for lave investeringer i innovasjon som følger av svikt i kapitaltilgang i markedet for risikokapital (kapitalmarkedssvikt). Dette oppstår gjerne fordi

markedet preges av asymmetrisk informasjon. Med dette menes det at teknologiutvikler/innovatør besitter informasjon om prosjektet som ikke er tilgjengelig for en ekstern investor/kreditor – og som følgelig gjør at investor har et dårligere kunnskapsgrunnlag og er mindre villig til å investere i prosjektet på grunn av risikoaversjon. For samfunnet derimot er det gunstig at investorer tar risiko (som om hun er risikonøytral). Også her vil det dermed være et behov for at staten går inn og tar på seg noe av risikoen for investor.

Referanseliste

- Pilot Flight Academy. (u.d.). *Om oss*. Hentet fra Pilot Flight Academy: <https://pilot.no/om-pilot-flyskole/>
- AGA. (u.d.). *Om oss*. Hentet fra AGA: <https://my.aga.no/om-oss/>
- Air transport action group. (2020, september). *Facts & Figures*. Hentet fra atag.org: <https://www.atag.org/facts-figures.html>
- Avinor. (2018, mars). *Luftfart & Klima*. Hentet fra avinor.no: https://avinor.no/globalassets/_konsern/miljo-lokal/avinor-klima-a4-2018-april-trykk.pdf
- Avinor og Luftfartstilsynet. (2020, mars). *Forslag til program for introduksjon av elektrifiserte fly i kommersiell luftfart*. Hentet fra regjeringen.no: https://www.regjeringen.no/contentassets/048b277dfe9d4e76a059b0796bbe8b52/200305_rapport-elektrifiserte-fly-i-kommersiell-luftfart_final.pdf
- Beise, M., & Rennings, K. (2005). Lead markets and regulation: a framework for analyzing the international diffusion of environmental innovations. *Ecological Economics*, 5-17.
- Benjaminsen, C. (2019, juli 26). *Dette må du vite om hydrogen*. Hentet fra forskning.no: <https://forskning.no/energi-fornybar-energi-klima/dette-ma-du-vite-om-hydrogen/1359513>
- Berge, F. (2021, november 12). *Nytt norsk selskap for grønn luftfart*. Hentet fra Elflyportalen - BGO-SVG 2026: <https://www.elflyportalen.no/nyheter/nytt-norsk-selskap-for-groenn-luftfart/>
- Chua, A. (2022, februar 16). *AirAsia to lease at least 100 Vertical Aerospace VX4 eVTOL aircraft*. Hentet fra FlightGlobal.com: <https://www.flightglobal.com/singapore-2022/airasia-to-lease-at-least-100-vertical-aerospace-vx4-evtol-aircraft/147556.article>
- DNV GL Energy Markets & Technology N&MEA. (2019). *Produksjon og bruk av hydrogen i Norge*. Oslo: Klima- og miljødepartementet og Olje- og energidepartementet.
- Endresen, R. (2021, november 12). *Universitetet vil ha nytt senter til to milliarder kroner*. Hentet fra an.no: <https://www.an.no/uit-vil-ha-nytt-senter-til-to-milliarder-kroner/s/5-4-1505056>
- EUROCONTROL . (2021, mai 18). *Are hydrogen-powered aircraft the future of sustainable aviation?* Hentet fra eurocontrol.int: <https://www.eurocontrol.int/article/are-hydrogen-powered-aircraft-future-sustainable-aviation>
- eVTOL. (2022, februar 15). *Joby to introduce air taxis to Japan in partnership with ANA Holdings and Toyota*. Hentet fra eVTOL.com: <https://evtol.com/news/joby-introduce-air-taxi-japan-partnership-ana-holdings-toyota/>
- Farstad, F., Hermansen, E., Leiren, M. D., Wettestad, J., Gulbrandsen, L., Søggaard, G., . . . Uteng, T. P. (2021). *Klar for 55? EUs nye klimaregelverk og betydningen for Norge*. Oslo: CICERO.
- Fehrm, B. (2020, september 18). *The challenges of Hydrogen. Part 9: Hydrogen Gas Turbines*. Hentet fra Leeham News Analysis: <https://leehamnews.com/2020/09/18/bjorns-corner-the-challenges-of-hydrogen-part-9-hydrogen-gas-turbines/>

- Finansdepartementet. (2021, desember 22). *Karbonprisbaner for bruk i samfunnsøkonomiske analyser*. Hentet fra Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/statlig-okonomistyring/karbonprisbaner-for-bruk-i-samfunnsokonomiske-analyser/id2878113/>
- Forskningsrådet. (2020, november 13). *Status for hydrogenforskning i Norge*. Hentet fra Forskningsrådet: <https://www.forskningsradet.no/utlysninger/hydrogensatsing-2021/status-for-hydrogenforskning-i-norge/>
- Garrett-Glaser, B. (2021, mars 9). *Vertical Aerospace partners with Rolls-Royce on electric propulsion for VA-X4 eVTOL*. Hentet fra evtol.com: <https://evtol.com/news/vertical-aerospace-partners-with-rolls-royce-on-electric-propulsion-for-va-x4-evtol/>
- Grünfeld, L., Mee Lee, C., Nygård Basso, M., Grønvik, O., Iversen, A., O. Espmark, Å., & Rossvoll Jørgensen, M. (2021). *Evaluering av utviklingstillatelser for havbruksnæringen og vurdering av alternative ordninger for fremtiden*. Oslo: Menon Economics.
- Haugan, S. (2021, mai 21). *Fra grunnforskning til ny fabrikk for grønn hydrogen*. Hentet fra Forskningsrådet.no: <https://www.forskningsradet.no/sok-om-finansiering/hvem-kan-soke-om-finansiering/naringsliv/prosjekter-naringslivet/fra-grunnforskning-til-ny-fabrikk-for-gronn-hydrogen/>
- Hovland, K. M. (2021, januar 25). *E24s hydrogenkart viser satsinger over hele Norge: - Har virkelig tatt av*. Hentet fra E24.no: <https://e24.no/det-groenne-skiftet/i/zg0oVO/e24s-hydrogenkart-viser-satsinger-over-hele-norge-har-virkelig-tatt-av>
- Hydrogenforum. (2019, februar 6). *Utviklet verdens første bunkringsskip for hydrogen*. Hentet fra Hydrogen.no: <https://www.hydrogen.no/hva-skjer/aktuelt/utviklet-verdens-forste-bunkringsskip-for-hydrogen>
- Hydrogenforum. (u.d.). *Hydrogenbusser*. Hentet fra Hydrogenforum: <https://www.hydrogen.no/kjoretoy/hydrogenbusser/>
- Ideal Hydrogen. (u.d.). *Liquid Hydrogen Outline*. Hentet fra idealhy: https://www.idealhy.eu/index.php?page=lh2_outline
- Innovasjon Norge. (2020, august 20). *Kondemneringsordning for skip i nærskipfart*. Hentet fra Innovasjon Norge.no: <https://www.innovasjonnorge.no/no/tjenester/skipsfart-og-fiske/kondemneringsordning-for-skip-i-narskipsfart/>
- Institutt for energiforskning. (u.d.). *IFE Hynor Hydrogen Technology Center (IFE Hynor)*. Hentet fra ife.no: <https://ife.no/en/laboratory/ife-hynor-hydrogen-technology-center-ife-hynor/>
- Institutt for energiteknikk. (u.d.). *Hydrogenteknologi*. Hentet fra ife.no: <https://ife.no/divisjon/hydrogenteknologi/>
- Klima- og miljødepartementet. (2021, desember 8). *Det grønne skiftet*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/det-gronne-skiftet/id2879075/>
- Kunnskapsdepartementet. (2022). *Norske skal delta i samfunnsoppdrag innenfor Horisont Europa*. Oslo: Regjeringen.

- Lambert, F. (2019, september 19). *Daimler stops developing internal combustion engines to focus on electric cars*. Hentet fra electrek.co: <https://electrek.co/2019/09/19/daimler-stops-developing-internal-combustion-engines-to-focus-on-electric-cars/>
- Lorentzen, M. (2021, juli 23). *Nel skal levere elektrolyser til verdens første hydrogenanlegg offshore*. Hentet fra E24.no: <https://e24.no/det-groenne-skiftet/i/dmQab1/nel-skal-levere-elektrolyser-til-verdens-foerste-hydrogenanlegg-offshore>
- Luftfartstilsynet. (u.d.). *Norge blir europeisk satsingsområde*. Hentet fra Luftfartstilsynet.no: <https://luftfartstilsynet.no/om-oss/nyheter/nyheter-2019/norge-blir-europeisk-satsingsomrade/>
- M. Bermudez, J., Hannula, I., Connelly, E., Hasegawa, T., Mandová, H., . . . Remme, U. (2021). *Hydrogen*. Paris: IEA.
- Martin, P. (2017, juli 27). *Exactly how much electricity does it take to produce a gallon of gasoline?* Hentet fra LinkedIn.com: <https://www.linkedin.com/pulse/so-exactly-how-much-electricity-does-take-produce-gallon-paul-martin/>
- Mazzucato, M. (2018): *Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union, A problem-solving approach to fuel innovation-led growth*
- McKinsey & Company. (2020). *Hydrogen-powered aviation - a fact based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050*. Luxembourg: European Union.
- Minge, H. (2019, november 28). *Det umulige er plutselig mulig*. Hentet fra Elflyportalen: <https://www.elflyportalen.no/nyheter/det-umulige-er-plutselig-mulig/>
- NHO. (2018). *Hverdagen må forenkles*. Oslo: NHO.
- Nordic Drone Initiative. (u.d.). *Who We Are*. Hentet fra Nordicdroneinitiative.com: <https://www.nordicdroneinitiative.com/>
- Nordic Innovation. (2022). *Nordic Network for Electric Aviation (NEA)*. Hentet fra NordicInnovation.com: <https://www.nordicinnovation.org/programs/nordic-network-electric-aviation-nea>
- Norsk petroleum. (2021, januar 25). *Rørtransportsystemet*. Hentet fra Norsk petroleum: <https://www.norskpetroleum.no/produksjon-og-eksport/rortransportsystemet/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2021, juni 22). *Mandat - ekspertvalg for klimavennlige investeringer*. Hentet fra Regjeringen: https://www.regjeringen.no/contentassets/e9825737f6eb4db980cfb3692461e309/mandat_ekspertvalg-kinv.pdf
- Pepall, L., Richards, D., & Norman, G. (2014). *Industrial organization - Contemporary theory and empirical applications*. Hoboken: Wiley.
- Petrara, D. (2019, august 7). *Next Gen Batteries Will Power Up the Electric Vehicle Installed Base to 100 Million by 2028*. Hentet fra Bloomberg Business: <https://www.bloomberg.com/press-releases/2019-08-07/next-gen-batteries-will-power-up-the-electric-vehicle-installed-base-to-100-million-by-2028>
- Reimers, J. (2018). *Introduction of electric aviation in Norway*. Green Future AS.

- Rolls Royce. (2021, mars 11). *Rolls-Royce and Tecnam join forces with Widerøe to deliver an all electric passenger aircraft ready for service in 2026*. Hentet fra RollsRoyce.com: [rolls-royce-and-tecnam-join-forces-with-wideroe-to-deliver-an-all-electric-passenger-aircraft-ready-for-service-in-2026](https://www.rolls-royce-and-tecnam-join-forces-with-wideroe-to-deliver-an-all-electric-passenger-aircraft-ready-for-service-in-2026)
- Samferdselsdepartementet. (2018). *Norges dronestrategi*. Oslo: Regjeringen.
- Samferdselsdepartementet. (2021, mai 12). *Høring - Kartlegging av utviklingen i luftfarten etter pandemiutbruddet - innspill til luftfartsstrategi*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/luftfart/statlig-kjop-av-flyruter/id2076452/>
- Samferdselsdepartementet. (2021). *Meld. St. 20 Nasjonal transportplan 2022-2033*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/contentassets/fab417af0b8e4b5694591450f7dc6969/no/pdfs/stm202020210020000dddpdfs.pdf>
- Samferdselsdepartementet. (2021, oktober 12). *Statlig kjøp av flytransport*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/luftfart/statlig-kjop-av-flyruter/id2076452/>
- Sandberg, E., Zenith, F., & Richardsen, K. (2021, januar 5). *Norske bedrifter bør få hydrogenfly på radaren*. Hentet fra SINTEF: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/norske-bedrifter-bor-fa-hydrogenfly-pa-radaren/>
- Schiøtz, J. (2021, november 25). *Ny teknologi for produksjon av grønt hydrogen vil støtte fremtidens energibehov*. Hentet fra Min drift & vedlikehold: <https://www.mindrift.no/ny-teknologi-for-produksjon-av-groent-hydrogen-vil-stoette-fremtidens-energi behov.6423990-454140.html>
- Schlosser, K. (2021, august 4). *Electric airplane maker Eviation to deliver 12 of its Alice cargo planes for DHL Express*. Hentet fra GeekWire.com: <https://www.geekwire.com/2021/electric-airplane-maker-eviation-deliver-12-alice-cargo-planes-dhl-express/>
- SINTEF. (2020, oktober 6). *Norge kan ta ledende rolle i utviklingen av grønn luftfart*. Hentet fra SINTEF: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/norge-kan-ta-ledende-rolle-i-utviklingen-av-gronn-luftfart/>
- SINTEF. (2021, desember 17). *SINTEF styrer mot grønn luftfart i europeiske samarbeid*. Hentet fra SINTEF.no: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/sintef-styrer-mot-gronn-luftfart-i-europeiske-samarbeid/>
- SINTEF. (2022, januar 13). *SINTEF og NTNU løfter digital veitransport og grønn luftfart*. Hentet fra SINTEF.no: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2022/sintef-og-ntnu-lofter-digital-veitransport-og-gronn-luftfart/>
- SINTEF og NTNU. (2022, januar 13). *SINTEF og NTNU løfter digital veitransport og grønn luftfart*. Hentet fra SINTEF: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2022/sintef-og-ntnu-lofter-digital-veitransport-og-gronn-luftfart/>
- Syal, A. (2020, april 29). *Airbus Scraps E-Fan X Electric Hybrid Jet*. Hentet fra SimpleFlying.com: <https://simpleflying.com/airbus-e-fanx-scrapped/>
- Transport and Environment. (2018). *Airplane pollution*. Hentet fra transportenvironment.org: <https://www.transportenvironment.org/challenges/planes/airplane-pollution/>

Ulsnæs, E. (u.d.). *Hydrogen? Glomfjord, selvfølgelig!* Hentet fra Glomfjord Hydrogen: <https://www.glomfjordhydrogen.no/ac/glomfjord-hydrogen-as>

Wangsnæs, P. B., Ydersbond, I., Veisten, K., & Farstad, E. (2021). *Fremskyndet innføring av elfly i Norge*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

Wolff, C., & Rieber, D. (2020). *Clean Skies for Tomorrow*. World Economic Forum.

ZeroAvia. (u.d.). *The future of flight is renewable hydrogen*. Hentet fra ZeroAvia.com: <https://www.zeroavia.com/>

Vedlegg 1: Batteri- og hydrogenproduksjon i Norge

Batteriproduksjon i Norge

Utvikling av batteriteknologi og lokalisering av batteriproduksjon er to forskjellige tema. Batteriproduksjon er avansert prosessindustri som krever tilgang på arbeidskraft, energi og råmaterialer. Tilgangen på disse innsatsfaktorene sammen med transportvei til kunder er derfor avgjørende for valg av lokalisering. Batterier utgjør også en voksende del av samfunnets infrastruktur og forsyningssikkerhet blir fremover en svært viktig del av et slikt valg. Når en batteriproduksjonslokasjon først er etablert vil det imidlertid være en glimrende mulighet for å utvikle høy kunnskap innen prosess teknologi og storskala batteriproduksjon som ikke uten videre bare finner sted hos teknologiutviklerne.

Norge ligger godt til rette for å bidra til et raskt økende behov for batterier i bilindustrien. Batteriproduksjon i Norge vil kunne ha noen fordeler knyttet til tilgang på plass, god logistikk og tilgjengelighet av enkelte nøkkelmateriale, samt potensialet for tilgang på fornybar energi. Dette kan favorisere Norge og tiltrekke bilprodusenter i Europa og investorer til å etablere batteriproduksjon i en politisk stabil region. Det er imidlertid viktig å skille mellom teknologiutvikling for batterikjemi/-teknologi og produksjonanlegg for produksjon av batterier.

Den store norske satsingen til Freyr er basert på å etablere produksjonskapasitet i Norge og Finland mens batterikjemi/-teknologi er amerikansk og kommer fra 24M Technologies. I oppskalering av en slik prosesskapasitet inngår også flere andre internasjonale samarbeidspartnere på prosessutstyr etc. Utfordringene for en norsk virksomhet kan tenkes å omhandle tilstrekkelig tempo i oppbyggingfase og etablering av en slik gigantisk virksomhet gitt den tilgangen kompetent personell, organisering etc. som foreligger i Norge.

Kundene er først og fremst bilprodusenter som i førsteomgang har behov for batterikjemi/-produksjonsteknologi og dernest produksjonslokasjon/produsent. Den offensive elektrifiseringen av bilparken gjør at bilprodusentene i utgangspunktet vil være avtaker for tilnærmet alt av produksjonsvolumet. Leveransesikkerhet og minst mulig teknologirisiko er helt avgjørende for de store bilprodusentene og alle detaljer vil bli overvåket nøye fra planlegging, bygging av fabrikk, rekruttering, opplæring av produksjonspersonell, kvalitetsikring etc.

Batterier fra norsk batteriproduksjon vil potensielt kunne benyttes til elektrisk luftfart, men dette vil avhenge av hvorvidt batterikjemi/teknologi disse fabrikkene produserer overenstemmer med valgene flyprodusentene gjør, samt hvilke krav som stilles til flykomponenter. Det vil da være langt mer sannsynlig at Norge kan bli en fremtidig aktuell lokasjon for sammenstilling av komplette batterimoduler for elektriske fly basert på at vi allerede har et etablert kompetansemiljø for drivsystemer i Trondheim. At vi i tillegg har batteriproduksjonskompetanse i Norge vil da også være et positivt element. En slik virksomhet vil kunne etableres helt uavhengig av hvorvidt selve battericellene er produsert i Norge.

Det er flere sentrale aktører som enten er i gang, eller som har planer om å produsere batterier på norsk jord. Under nevnes noen av disse:

BEYONDER utvikler batterikjemi/teknologi som produseres ved hjelp av økologiske materialer som fornybar energi og sagflis. Batteriene skal ikke være brennbare og ifølge selskapets hjemmeside skal de kunne lades helt opp på to minutter og lades opptil 100 000 ganger. Beyonder annonserte i 2021 samarbeid med sveitsiske ABB for å utvikle og produsere battericeller for industrielle applikasjoner. 125 millioner kroner skal investeres i en pilotproduksjonslinje i år for såkalte litium-ion-batterier med sikte på å utvide til fullskala produksjon i 2024.

FREYR ble notert på NASDAQ i 2021 og planlegger produksjonsstart i andre halvdel av 2022 med en kapasitet på rundt 13 GWh/år. Dette tilsvarer batterileveranse til nærmere 150 000 biler). Batteriteknologien er basert på samarbeid med amerikanske 24M Technologies som har utviklet en batterikjemi med tilhørende produksjonsteknologi som Volkswagen Group ønsker å satse på. FREYR har signert en endelig lisens- og serviceavtale for bruk av 24Ms SemiSolid teknologiplattform, som er utviklet ved MIT. FREYR sin forretningsmodell baserer seg på lisensiering av ulike teknologier og partnerskap. FREYR planlegger å utvikle opptil 43 GWh årlig produksjonskapasitet for battericeller innen 2025 og å posisjonere seg som en av Europas største battericelleleverandører. Produksjonsanleggene skal ligge i industriparken i Mo i Rana, og vil utnytte Norges høyt kvalifiserte arbeidsstyrke og gode tilgang på fornybar energi fra vann og vind.

MORROW BATTERIES ble grunnlagt i 2020 av Agder Energi Venture og Gjelsten Holding. Selskapet planlegger å etablere en ny batterifabrikk i Sør-Norge. Fabrikken vil dra nytte av råvarer som nikkell og kobolt utvunnet av Glencore Nikkelverk i samme region og drives av norsk fornybar energi. Målet er at fabrikken skal være «grønnest» i verden. Videre er planen å resirkulere brukte batterier for å gjenbruke verdifulle metaller. Morrow vil først etablere en pilot/test av produksjonslinje og et FoU-senter i løpet av 2023, og senere en større fabrikk med kapasitet på 32 GWh som etter planen skal starte battericelleproduksjon innen utgangen av 2024. Selskapet vil benytte kombinasjon av kjemi/teknologi, utvikling og plan for batterifabrikk basert på egen teknolog.

CORVUS ENERGY er et kanadisk-eid selskap som produserer ferdige batteripakker rettet mot det maritime markedet. Selskapet produserer ikke selve battericellene, men setter sammen batteripakker og batterisystemer med styring og overvåking. Kapasiteten er på ca. 40 MWh per år.

JB PANASONIC er et samarbeidsprosjekt mellom Hydro, Equinor og Panasonic, og leter per i dag etter egnet område for mulig norsk batterifabrikk. I løpet av november 2021 ble det meldt at disse planene ikke videreføres.

AKER HORIZON lanserte i oktober 2021 et nytt initiativ hvor man vurderer batteri og hydrogenproduksjon.

Hydrogenteknologi i Norge: sentrale aktører og verdikjeder

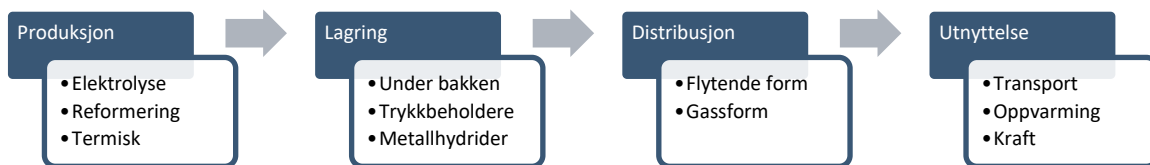
Det er flere norske aktører som retter seg mot ulike deler av den hydrogenbaserte verdikjeden i Norge. De hydrogenbaserte aktivitetene er mange og gir uttrykk for hydrogenets potensial som en ledende bidragsyter for å kutte klimagassutslipp, og samtidig bli en sentral eksportvare for norsk økonomi. Til tross for den generelt store aktiviteten man ser på hydrogenfronten, er det i dag forsvinnende lite hydrogenrelatert aktivitet som knytter seg direkte mot luftfarten.

Norges hydrogenstrategi sin beskrivelse av potensialet for hydrogen i luftfarten synliggjør den betydelige usikkerheten som i dag foreligger for bruk i luftfartssammenheng. Strategirapporten utelukker likevel ikke at hydrogen kan bli en relevant energibærer for luftfarten, og at det da vil være mer aktuelt for norske aktører å ta en større rolle. Per i dag avhenger denne utviklingen i stor grad av veivalg som fattes av internasjonale flyprodusenter. I kombinasjon med mangel på insentiver fra myndighetene til utbygging av infrastruktur og støtte til FoU på hydrogenområdet, er ikke hydrogen per dags dato et konkurransedyktig alternativ til flybensin eller andre drivstofftyper som benyttes i luftfarten. Samtidig eksisterer det barrierer ved utvikling av grønt hydrogen på grunn av det store energibehovet som behøves til produksjonen. Dersom hydrogen skal bli et konkurransedyktig alternativ vil lavere produksjonskostnader være sentralt. Det forventes at hydrogen vil få økt

relevans i årene som kommer. Dette, sammen med økende etterspørsel gjør at man forventer konkurransedyktig, grønt hydrogen innen 2030²³

Hydrogenteknologiutviklingen i Norge har de senere årene utviklet seg svært raskt, og det dukker stadig opp satsinger over hele landet. På den maritime fronten har Grønt skipsfartsprogram bidratt til å sette fart på utviklingen av teknologier som muliggjør bruk av hydrogen som drivstoff i skip. Flere hydrogenprosjekter til skipsfarten får offentlig støtte gjennom programmet Pilot-E, som Enova, Innovasjon Norge og Forskningsrådet står bak, og i desember 2020 ga Enova 219 millioner kroner i støtte til Wilhelmsen til bygging av to hydrogendrevne skip (Hovland, 2021). Til tross for at det stadig dukker opp flere prosjekter inn mot luftfarten, er det forsvinnende få. Det er også svært få hydrogenprosjekter direkte rettet mot luftfarten, og NTNUs «Electric Aviation» er det eneste forskningsbaserte prosjektet rettet mot luftfarten i Norden. Vi kommer i denne delen til å fokusere på hvilke hydrogenteknologier det arbeides med i Norge i dag, uavhengig av sektor teknologien rettes mot, og hvilke aktører som arbeider med disse teknologiene.²⁴

Figur 0-1: Verdikjeden for hydrogen. Kilde: NORCE Research.



Den hydrogenbaserte verdikjeden strekker seg fra teknologier til produksjon og lagring, til bruk i eksempelvis brenselceller eller til industriproduksjon (Institutt for energiteknikk, u.d.), og det er i dag flere norske aktører – både bredt og smalt – som arbeider på feltet. Institutt for energiteknikk (IFE) utfører arbeid i hele hydrogenverdikjeden, og IFE Hynor Hydrogen Technology Center (IFE Hynor) er instituttets egne testsenter for hydrogenteknologi og brenselceller. Testsenteret inkluderer en fyllestasjon i småskala, og muligheten til å produsere ulike biogasser og hydrogen, og har utstyr til avansert gassanalyse (Institutt for energiforskning, u.d.).

Som vist av figuren over består den hydrogenbaserte verdikjeden i hovedsak av fire hovedområder; produksjon, lagring, distribusjon og til slutt anvendelse/utnyttelse. Her redegjør vi for hvilke norske aktører og teknologier som befinner seg i de ulike delene av verdikjeden i dag:

Produksjon

Hydrogenproduksjon kan gjøres på flere ulike måter. I hovedsak er det aktuelt å vurdere produksjon fra fornybare energikilder, og fra naturgass med CCS. Dette kan eksempelvis gjøres ved at man produserer hydrogen via elektrolyse av vann og produserer hydrogen og oksygen. En av EU sine prioriteringer er produksjon av fornybart grønt hydrogen. Semcon utvikler i samarbeid med norske Hystar teknologi for produksjon av hydrogen, hvor formålet med teknologien er å øke mengden hydrogen produsert gjennom elektrolyse med over 150 prosent sammenlignet med dagens elektrolyseteknologi. Teknologien vil gjøre det mulig for Hystar å produsere energieffektive elektrolysører²⁵, med potensiale til å betraktelig redusere tilknyttede kapitalkostnader (Schiøtz,

²³ <https://www.rechargenews.com/energy-transition/green-hydrogen-will-be-cost-competitive-with-grey-h2-by-2030-without-a-carbon-price/2-1-1001867>

²⁴ Vi mener det vil være rimelig å anta en overlapp mellom teknologier brukt i de ulike sektorene.

²⁵ En elektrolyser er et apparat for elektrolyse.

2021). Nel skal levere elektrolyser til det første hydrogenanlegget offshore. Sammen med partnere har Neptune Energy fått støtte til å teste ut hydrogenproduksjon fra en oljeplattform utenfor kysten av Nederland. Det skal installeres Nel sine PEM-elektrolysører som skal produsere inntil 500 kilo grønt hydrogen per dag med vindkraften og sjøvann (som først avsaltes) gjennom elektrolyse (Lorentzen, 2021). Samtidig produseres det per 2019 225 megatonn hydrogen fra industriprosesser, hvor Yara sin ammoniakkproduksjon på Herøya og Equinor sin metanolproduksjon på Tjeldbergodden står for rundt 180 megatonn av denne produksjonen.

MoZEES er et bredt sammensatt forskningsprosjekt som utføres i perioden 2017 til 2024 bestående av 40 deltakere; 7 forskningsinstitusjoner, 7 statlige virksomheter og 26 bedrifter. Det er i tillegg 6 internasjonale forskningsinstitusjoner med i prosjektet. Prosjektet er statlig finansiering med et budsjett på 260 MNOK. Ifølge IFE skal MoZEES bidra med følgende: «Design og utvikling av sikre, pålitelige og kostnadseffektive nullutslippsløsninger for tyngre transportapplikasjoner, og fokusere på verdikjeder og systemer der Norge kan innta en ledende rolle i fremtiden. Arbeidet i MoZEES vil kunne danne grunnlaget for utviklingen av nye verdikjeder relatert til nisjer slik som nye materialer for Li-ion batterier og til ny markeder slik som hydrogen og brenselceller for den maritime sektoren». Forskningsområdene mer spesifisert er knyttet til:

- Nye materialer og prosesser som gjør det mulig for norske bedrifter å konkurrere på utvalgte spesialområder/nisjer innen batteriindustri.
- Utvalgte teknologier/komponenter innen batteri- og hydrogenkomponenter med sikte på eksport.
- Batteri- og hydrogensystemer for nasjonal anvendelse innen transportmarkeder som vei, jernbane og sjø.
- Tjenester og løsninger som knyttes til nullutslipp, eksempelvis batterilading og hydrogendistribusjon/fyllestasjoner.

Norge har potensiale til å produsere grønt hydrogen, både på grunn av potensialet fornybar elektrisitet, og også landets avanserte forskningsmiljøer og industrierfaring, som nevnt over. SINTEF er et av disse forskningsmiljøene som bidrar til etableringen av ny industri i Norge, hvor et vellykket verifiseringsprosjekt har resultert i oppstarten av det overnevnte selskapet Hystar (Haugan, 2021). Glomfjord Hydrogen er en produsent av grønt hydrogen, og er et eksempel på industrierfaringer med produksjon av hydrogen (Ulsnæs, u.d.).

Lagring

Det er utfordringer knyttet til lagring av hydrogen ettersom hydrogen har gassform ved alminnelig trykk og temperatur. For å gjøre lagring og transport mer effektivt finnes det alternative måter å omdanne hydrogenet på:

- Komprimere hydrogenet.
- Flytende hydrogen.
- Lagring i faste stoffer i metallhydrid eller ved adsorpsjon.
- Kjemiske forbindelser i ammoniakk eller ved organiske forbindelser (LOHC).

Energilagring er ett av SINTEF sine kompetanseområder, og senteret ser på hvordan lagringssystemer kan utvikles for å fungere mest mulig gunstig med ulike produksjonssystemer. Norge har lengre erfaring med lagring av hydrogen, og norske Umoe Advanced Composites har vært tidlig ute med å levere trykktanker i kompositt til skip. Hexagon Composite på Raufoss har gjennom sitt datterselskap Lincoln Composite i USA utviklet verdensledende lettvakts komposittanker for lagring og transport av gasser, derunder hydrogen. Hexagon er ledende i Europa som leverandør av tanker til naturgasskjøretøyer. Hexagon leverer også store tanker for

bulktransport av gasser, samt konteinerløsninger for svært effektiv og fleksibel transport av trykksatt hydrogen langs vei, bane og sjø. Hexagon leverer allerede slike tanker til ledende bilprodusenter som Daimler i Tyskland.

Distribusjon

Det er nærliggende å forvente at distribusjon/transport av hydrogenet må tilpasses hvordan hydrogenet lagres. Tor Skogan (viseadministrerende direktør i Moss Maritime) forteller at det vil være fordelaktig å transportere hydrogenet i flytende tilstand, sammenlignet med komprimert hydrogengass. Samtidig forteller Norsk Hydrogenforum at det er viktig å tilrettelegge for mer enn én løsning i tidligfase. Moss Maritime har benyttet sin lange erfaring fra utforming av Moss LNG-tanker i utviklingen av LH₂-bunkerfartøy. Bunkerfartøyet har kapasitet til å transportere 9 000 kubikkmeter last, og vil primært kunne brukes til å gi flytende hydrogenbunkringstjenester til handelsskip. Moss Maritime, Equinor, Wilhelmsen og DNV-GL er alle involvert i utviklingen av et nytt konsept for frakt av flytende hydrogen (Hydrogenforum, 2019). Transportmetoder avhenger av mengden hydrogen som skal transporteres. Dersom det skal transporteres større volum over lengre distanser er det som for naturgass hensiktsmessig å transportere hydrogenet med rørledninger. Norge har lang erfaring med transport av gass gjennom rørledninger, og per i dag består det norske gasstransportsystemet av omtrent 8 800 kilometer gassrørledninger (Norsk petroleum, 2021). Som nevnt er lagring av flytende hydrogen på tanker en måte å sikre volumutnyttelse. Transport av flytende hydrogen ved tanktransport vil derfor være en naturlig måte å gjennomføre transporten til sluttbruker på. Aktører som AGA (u.d.) har lang erfaring med transport av gass under trykk, og kan være sentrale i distribusjonen av flytende hydrogen.

Utnyttelse

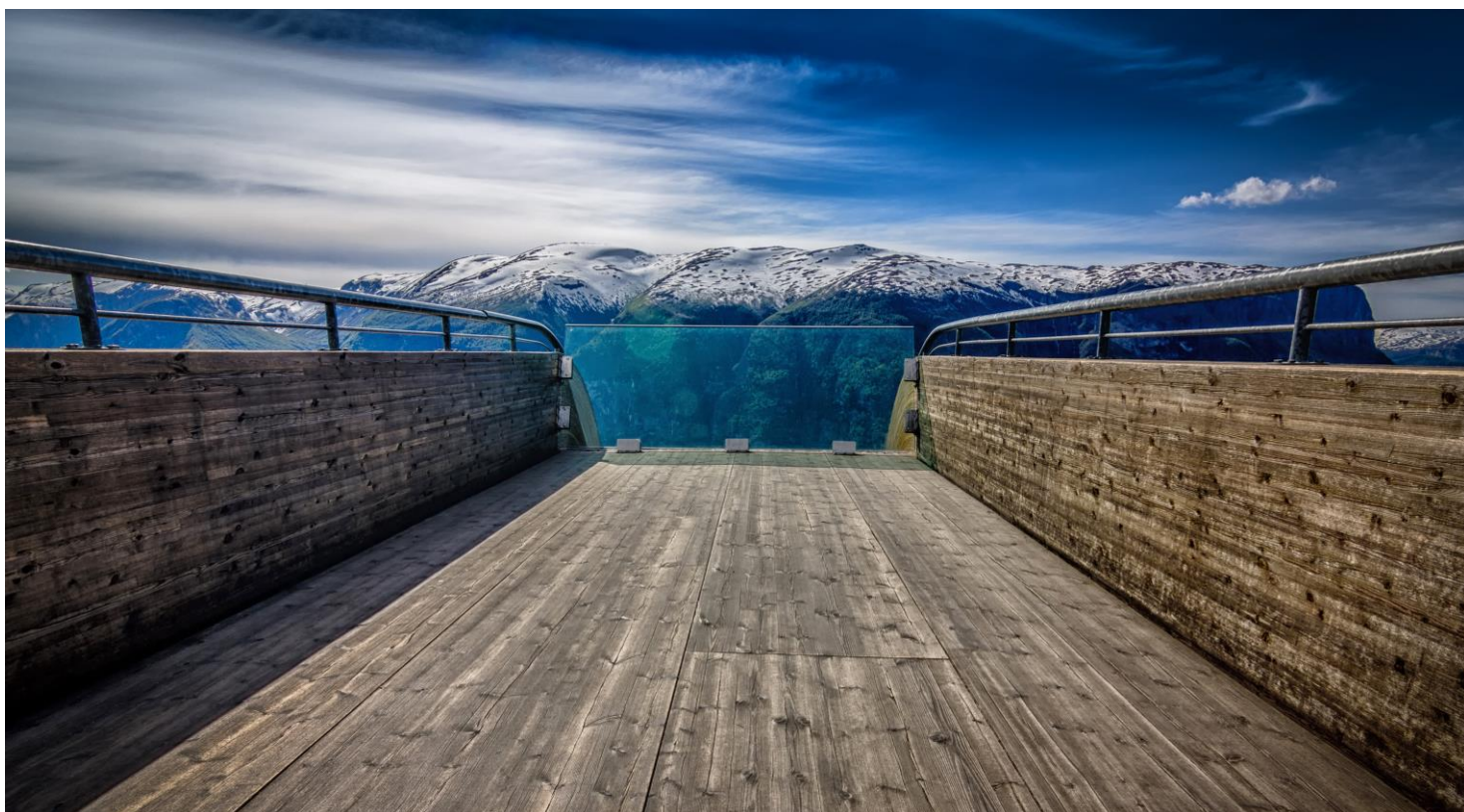
Hydrogen benyttes i dag i mange industriprosesser. Oljeraffinering er verdens største forbruker av hydrogen med nærmere 40 megatonn i 2020. Industriproduksjon er også en storforbruker av hydrogen med nærmere 51 megatonn i 2020, hvor kjemisk produksjon forbrukte ca. 46 megatonn av dette (M. Bermudez, et al., 2021). Hydrogen kan også benyttes som reduksjonsagent i stålproduksjon. Produksjon av syntetisk harpiks, metalllegeringer, glass og elektronikk er andre eksempler hvor hydrogen er en anvendbar innsatsfaktor (DNV GL Energy Markets & Technology N&MEA, 2019).

Hydrogen benyttes også som drivstoff for ulike transportformer. På verdensbasis omfatter dette biler, tog, maritim skipsfart og til luftfarten. Per utgangen av 2021 finnes det flere hydrogenbiler i salg i Norge, hvor Toyota og Hyundai tilbyr flest modeller. Hydrogenbusser har eksistert i Norge siden 2012, og benytter brenselcelleteknologi (Hydrogenforum, u.d.). I Norge har bruken av hydrogen som drivstoff vært størst i den maritime sektoren, og det har utviklet seg svært raskt de senere årene. Innføringen av grønt skipsfartsprogram bidrar til at man når nullutslipp i den maritime sektoren. De senere årene har man sett flere nye satsinger og etableringer av selskaper for å sette den norske skipsfarten i spissen på hydrogenteknologi. Det er i dag en rekke prosjekter – både pilot og demonstrasjonsprosjekter – langs norskekysten. Hydrogenteknologier er interessant for markeder med cruiseturisme, ferger, fiskerivirksomhet, havbruk og offshore olje- og gassoperasjoner (Forskningsrådet, 2020). Gjennom regjeringens hydrogenstrategi er målet å øke antall slike prosjekter.

Vedlegg 2: Intervjuobjekter

I dette prosjektet har vi gjennomført intervjuer med representanter fra:

- Luftfartstilsynet
- Avinor
- Widerøe Zero
- Rolls-Royce Electric
- Sintef



Menon Economics analyserer økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, organisasjoner og myndigheter.

Vi er et medarbeidereiet konsultentselskap som opererer i grenseflatene mellom økonomi, politikk og marked.

Menon kombinerer samfunns- og bedriftsøkonomisk kompetanse innenfor fagfelt som samfunnsøkonomisk lønnsomhet, verdsetting, nærings- og konkurranseøkonomi, strategi, finans og organisasjonsdesign. Vi benytter forskningsbaserte metoder i våre analyser og jobber tett med ledende akademiske miljøer innenfor de fleste fagfelt. Alle offentlige rapporter fra Menon er tilgjengelige på vår hjemmeside www.menon.no.

+47 909 90 102 | post@menon.no | Sørkedalsveien 10 B, 0369 Oslo | menon.no