MENON ECONOMICS

RAPPORT

VIRKEMIDLER FOR FREMTIDIG UTVIKLING AV GRØNN LUFTFART I NORGE

MENON-PUBLIKASJON NR. 14/2022

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

Forord

På oppdrag for Samferdselsdepartementet har Menon Economics, i samarbeid med Green Future, gjennomført en utredning hvor vi har kartlagt hvor langt markedet og teknologiske utviklingen har kommet i utviklingen av fremtidens lav- og nullutslippsløsninger. Dette ses så i sammenheng med en gjennomgang av dagens virkemiddelapparat hvor vi har vurdert i hvilken grad virkemidlene er innrettet på en måte som treffer behovene til luftfartsnæringen. På bakgrunn av dette kommer vi med anbefalinger til konkrete tiltak dersom myndighetene ønsker å legge til rette for en raskere utvikling og implementering av fremtidens fly, som også ivaretar norske behov og interesser.

Menon Economics er et forskningsbasert analyse- og rådgivningsselskap i skjæringspunktet mellom foretaks-økonomi, 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. Vi ble kåret til årets konsulentselskap i 2015.

Vi takker Samferdselsdepartementet for et spennende oppdrag. Vi takker også alle intervjuobjekter for gode innspill underveis i prosessen. Forfatterne står ansvarlig for alt innhold i rapporten.

_____

Mars 2022

Leo A. Grünfeld
Partner og forskningsleder
Menon Economics

Innhold

SAMMENDRAG **3**

1 INNLEDNING OG BAKGRUNN **8**
1.1 Oppdraget og mandatet 9
1.2 Kort om hva sentrale tidligere bidrag forteller 9
1.3 Kort om studien og hvordan den er bygget opp 11

2 UTVIKLINGSLØP FOR NYE KLIMAVENNLIGE LØSNINGER **12**
2.1 Elektrifisering i luftfarten 13
2.2 Hydrogen i luftfarten 17
2.3 Hybrid-løsninger 19
2.4 Ulike flytyper med nullutslippsteknologi 19

3 NORSKE AKTØRER OG INITIATIV **25**
3.1 FoU-aktører 26
3.2 Teknologileverandører 28
3.3 Tilbydere av infrastruktur og trening 31

4 UTFORDRINGER OG RELEVANTE VIRKEMIDLER **33**
4.1 Sentrale norske behov og utfordringer i luftfarten 33
4.2 Samfunnsøkonomiske argumenter for å støtte opp om FoU og klimavennlige løsninger 34
4.3 En typologisering av næringsrettede FoU- og innovasjonsvirkemidler 35
4.4 Eksisterende relevante FoU-virkemidler 38
4.5 Andre virkemidler og programmer 46

5 DEN NORSKE STAT SOM AKTIV PÅDRIVER **49**
5.1 Avgifter og subsidier 50
5.2 Statlige driftskonsesjoner (FOT-ruter) og distriktspolitikk 51
5.3 Statlig eierskap 52

6 OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER **54**
6.1 Virkemidler for Innfasing av nye fly på kortbanenettet 54
6.2 Virkemidler for langsiktig utvikling av teknologi- og infrastrukturleverandører 59

REFERANSELISTE **62**

VEDLEGG 1: BATTERI- OG HYDROGENPRODUKSJON I NORGE **67**

VEDLEGG 2: INTERVJUOBJEKTER **72**

Sammendrag

I denne rapporten vurderer vi bruk av ulike statlige virkemidler for å stimulere til utvikling av grønn luftfart. I februar 2021 besluttet Stortinget at regjeringen skal legge frem en stortingsmelding om en luftfartsstrategi, hvor ambisjonene er å trekke opp linjene for en helhetlig og bærekraftig utvikling i norsk luftfart. Vi fokuserer særlig på muligheten for etablering av infrastruktur for testing av nye løsninger, samt et nasjonalt program for forskning, utvikling og innovasjon som spesielt rettes mot luftfarten på lengre sikt. I henhold til oppdragets mandat har vi laget en oversikt over eksisterende nasjonale virkemidler som kan støtte utvikling av null- og lavutslippsteknologi innen luftfarten, samt en vurdering av deres egnethet. Rapporten inneholder også en vurdering av behov for annen statlig involvering i markedet for lavutslippsløsninger i luftfarten, sett fra et samfunnsøkonomisk ståsted.

I kapittel 2 redegjør vi for hvilke teknologiløsninger man satser på innenfor nullutslippsløsninger. I kapittel 3 ser vi nærmere på det norske nærings- og FoU-miljøet i dag i denne sektoren. Utforming av effektive virkemidler 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 innfasing 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 maredet for regionalfly.

Relevante virkemidler

Det som gjør virkemidlene relevante inn mot grønn luftfart er først og fremst knyttet til i hvilken grad de egner seg for å møte de utfordringene vi har beskrevet over. Vi har med hensikt fokusert på allerede kjente virkemidler, dels fordi det finnes en relativt bred flora av ulike verktøy å benytte og dels fordi det vil kreve mindre ressurser og tid å ta i bruk allerede operative virkemidler dersom man ønsker å komme raskt i gang. I tabellen nedenfor oppsummerer vi kjennetegn og relevansvurderinger for virkemidlene opp mot de to utfordringene vi har skissert ovenfor. Vi registrerer hva slags virkemiddel det er, om det krever at en FoU-institusjon deltar eller om det er et bedriftsrettet innovasjonstiltak.

	Beskrivelse							Relevans for	
Virkemiddel	Type virke-middel	FoU-institusjon bør med?	Bedrifts-rettet innovasjon	(Test/pilot-ering: TRL 6-8)	Tilskudd – per prosjekt (max)	Varighet	Luft-fart i dag	Utfordring 1	Utfordring 2
Storskala demonstrasjons-anlegg (Enova)	Tilskudd Samspill		X	X	Så langt maks 40 mill. kr	5 år	Litt	Høy	Lav
Programmer for energibesparing og infrastruktur i maritim sektor (Enova)	Tilskudd		X	X	Styres av statsstøtte-regler og gruppeunntak	Besluttes i april 2022	Nei	Middels	Lav
Programmer for pilotering og demonstrasjon (Enova)	Tilskudd			X	Styres av statsstøtte-regler og gruppeunntak	Varierende	Nei	Middels	Lav
Norsk Katapult (Siva)	Tilskudd Samspill			X	Maks 50 mill kr + ca. 2-3 mill kr årlig driftsstøtte	5 år	Nei	Høy	Lav
Miljøteknologi-ordningen (Innovasjon Norge)	Tilskudd	(X)	X	X	Maks 7,5 mill. EURO		Litt	Middels	Middels
Kondemnerings-ordningen for skip (Innovasjon Norge)	Tilskudd		X		Maks 8 mill. kr per skip	Ikke relevant	Nei	Høy	Lav
Innovasjonslån (Innovasjon Norge)	Lån		X	(X)	4-50 mill. kr	Max 10 år	Nei	Høy	Lav
Pilot-E (Forskningsrådet, IN, Enova)	Tilskudd Samspill	X	X		15 mill i snitt.	Maks 4 år	Nei	Middels	Middels
Energi-X (Forskningsrådet)	Tilskudd	X	X		4-16 mill. kr.	2-4 år	Litt	Lav	Middels
Pilot-T (Forskningsrådet)	Tilskudd Samspill	X	X		2-16 mill. kr	1-3 år	Litt	Middels	Middels
Grønn plattform (Forskningsrådet, IN, Siva)	Tilskudd: krav om samspill	X	X	Dekker også 6-8	30-80 mill. kr i 2022 utlysning	2-3 år	Nei	Høy	Middels
SFI - Senter for forskningsdrevet innovasjon (Forskningsrådet)	Tilskudd og Samspill	X	(X)	X	Maks 96 mill. kr for hele perioden	8 år	Nei	Lav	Høy

Vi rapporterer økonomisk tildelingsramme, maksimal varighet på prosjekt, i hvilket omfang luftfart er representert i porteføljen tidligere, samt en overordnet vurdering av egnethet for å møte de to utfordringene.

Anbefalinger

Virkemidler for innfasing av nye fly på kortbanenettet

Det er viktig å være oppmerksom på at det er overlapp mellom de to utfordringene skissert over. Selv om innfasingen av nye fly og konsepter på kortbanenettet må hvile på fly-konsepter som utvikles nå eller i nær fremtid, er det fortsatt behov for utvikling og testing av komponenter, motorer og systemer som skal inn i disse flyene. En aktør som Rolls-Royce Electric er tett involvert i disse aktive pågående prosessene hos flere flyprodusenter og FoU-arbeidet skjer parallelt med konseptutvikling og etablering av kommersielle intensjonsavtaler. Det er derfor grunn til å hevde at de to utfordringene må ses på i en mer samlet kontekst.

Generelt gjelder det videre at virkemiddelvalg må ta inn over seg sentrale kjennetegn ved utviklingsløpene knyttet til nye teknologier innen luftfart:

- Det er lange løp for godkjenning av motorer, sensor- og kontrollsystemer og nye flytyper. Løpene er betydelig lenger enn det man erfarer innen maritim sektor og innen veitransport
- For leverandørene blir teknologiene først lønnsomme når det åpnes for produksjon av større serier av produkter/komponenter. Også her avviker luftfarten en del fra maritim sektor der man i større grad kan hvile på skreddersøm av løsninger
- Det er et tungt innslag av utenlandske aktører i dag. Den norske delen av verdikjeden er liten og spredt. Dette til sammenligning med maritim sektor der norske aktører har en helt sentral rolle i store deler av verdikjeden som tar oss over i grønnere fremdrift på skip og ferger. Hard konkurranse om å vinne frem med en standard som vil dominere luftfarten som i dag preges av Boeing og Airbus-maskinene 737 og A320

Våre intervjuobjekter og Samferdselsdepartementet har trukket frem at kortbanenettet kan være velegnet til teknologiutvikling, testing, demonstrasjon og kommersiell utvikling. Kortbanenettet gir mulighet til å teste operasjoner i omskiftelig vær, med ulike avstander mellom flyplasser, med ulike løsninger for teknologisk infrastruktur og med varierende befolkningsgrunnlag. Våre intervjuobjekter trekker også frem at det er oversiktlig å operere i Norge med få aktører på myndighetssiden som det er lett å få en dialog med. Det pekes også på at utenlandske aktører har sett at Norge har vært tidlig ute med en pådriverrolle for å fremme elektrifiseringen innen andre transportsektorer, som vei og ferger, og at erfaringene og kunnskapen fra dette ses på som et fortrinn. Dette er viktig fordi man må forvente at de aller fleste brukerne av testinfrastrukturen vil være utenlandske produsenter, leverandører og operatører. Slik vi forstår det er det etablert tette bånd mellom Luftfartstilsynet og EASA som gjør det lettere for EASA å følge testaktivitet i Norge for videre utforming og implementering av standarder og ny regulering. Denne tette koblingen er avgjørende for å få på plass et egnet regelverk så tidlig som mulig. Her handler det ikke minst om hvordan en designer en AOC-organisasjon (tjenestesystem) som oppfyller alle krav som er angitt i EASA Part ORO (Organisatoriske krav til luftoperasjoner) ved bruk av nullutslippsteknologi.

For å bidra til en raskere og mer effektiv implementering av fly med nullutslippsteknologi i Norge anbefaler vi at det etableres en testinfrastruktur som lar flyprodusentene i tett samarbeid med regulerende myndigheter teste blant annet:

- ulike ladeløsninger med tilhørende sikkerhetsrutiner, både for faste og utskiftbare batterier
- løsninger for fuelling av hydrogen
- tårntjenester og ground-handling med fokus på værmessige utfordringer
- servicefunksjoner og teknisk support
- ansvarsdeling av ulike tekniske og driftsmessige operasjoner
- ulike måter å organisere energiforsyning til flyplassen og videre ut til flyene, i samarbeid mellom flyplasseier og energiselskapene/nettselskapene.
- Kommersiell testing av konsepter (senere i test-løpet). Her tenker vi først og fremst på kostnadsstruktur og kostnadsoptimering for testruter knyttet til bruk av ulike tjenester på flyplassene

I lys av behovene vi beskriver over anbefaler vi etablering av et **nasjonalt katapult-senter for testing og pilotering** av ulike løsninger innen grønn luftfart. Et slikt senter åpner for statlig støtte til både investeringer og drift. Et katapult-senter vil også åpne for at testinfrastruktur ikke bare fokuserer på energi-elementet. Dette er viktig i et såpass komplekst utprøvingsløp. Videre anbefaler vi at det tilbys **en risikolåneordning** i forbindelse med kjøp av nye lite utprøvde nullutslippsfly tuftet på samme design som Innovasjon Norges innovasjonslån.

Innovasjon Norge har i dag en **støtteordning for kondemnering av skip** ved at selskaper får direkte støtte til investeringer i nye lav- eller nullutslippsfartøy dersom gamle skip kondemneres. Her gis det støtte for å styrke insentiver til kjøp og implementering av ønskede klimavennlige løsninger kombinert med utfasing av utdaterte fartøy med store utslipp. Vi anbefaler at man tar i bruk en slik kondemneringsordning i luftfarten.

Vi anbefaler ikke å innføre et Grønt Luftfartsprogram basert på GSP-ordningen. Det skyldes først og fremst at det er få relevante norske aktører som utpeker seg som aktuelle deltakere til et slikt program. I motsetning til maritim sektor, hvor Norge har en internasjonalt ledende posisjon og med noen av verdens fremste aktører, er utgangspunktet for å etablere noe tilsvarende innenfor luftfartsnæringen ikke på langt nær like godt.

Virkemidler for langsiktig utvikling av teknologi- og infrastrukturleverandører

I lys av norske teknologileverandørers relativt svake posisjon inn mot teknologi for internasjonal luftfart har det blitt pekt på behovet for en mer langsiktig satsning på FoU og næringsutvikling i Norge. Dette handler med andre ord om norsk næringslivs langsiktige posisjon innenfor utvikling av luftfartsteknologi og grønne løsninger.

I dag består de identifiserte aktørene stort sett av mindre selskaper (se kapittel 3), og det er rimelig å anta at det vil være knyttet store utfordringer for disse aktørene å ta en posisjon internasjonalt, utover den rolle som Rolls-Royce Electro har i dag. Dette innebærer at man må tenke langsiktig for å kunne realisere et mulig potensial for norsk næringsliv innen denne sektoren. Normalt argumenteres det for at man bør rette inn næringsrettede og innovasjonsfremmende virkemidler mot de næringer der vi har kompetanse og kapasitet til å vokse.

En mer langsiktig satsning på grønn luftfartsteknologi kan del oppnå fart gjennom å utvikle en effektiv og attraktiv testinfrastruktur her i landet, jamfør løsninger knyttet til den mer kortsiktige utfordringen. Dernest ser vi behov for å styrke kompetansen rundt luftfart og luftfartsteknologi generelt i virkemiddelapparatet. Luftfart vies langt mindre ressurser gjennom virkemiddelaktørene enn andre transportformer. I Enova har man eksempelvis egne programmer for sjøfart og landtransport, men ikke noe for luftfart. Ved å tilsette 1 til 3 eksperter på luftfart med saksbehandlerkompetanse hos en av virkemiddelaktørene (Enova, Forskningsrådet, Innovasjon Norge eller Siva) vil man lettere kunne omfatte luftfart i tilknytning til strategiske satsninger. Videre tror vi at det er behov for et mer langsiktig FoU-prosjekt med litt størrelse og med fokus på samspill. Et virkemiddel som egner seg godt for

dette organisering av et **senter for forskningsdrevet innovasjon (SFI)** som delfinansieres av forskningsrådet. Vi er dog skeptiske til at det dedikeres FoU-midler til næringen særskilt for etablering av et slikt senter.

Annen statlig involvering

I rapporten ser vi nærmere på bruk av FOT-ordningen som verktøy for raskere innfasing av grønn luftfart. Et virkemiddel i størst mulig grad rette seg direkte mot det problem man ønsker å løse. FOT har som primært fokus å løse distriktsutfordringer som ikke nødvendigvis sammenfaller med klimaproblemet. Eksempelvis vil det geografiske subsidiebehovet (eksempelvis basert på befolkningsgrunnlag) ikke nødvendigvis sammenfalle med bidraget til CO2-reduksjon. I tiden fremover er det høyst sannsynlig at de distriktspolitiske behovene vil endre seg i lys av endret demografi og ulikheter i næringsutvikling. Med dette som bakgrunn anbefaler vi ikke bruk av FOT-ordningen som et virkemiddel for overgang til grønn luftfart.

Et annet verktøy kan etableres gjennom en mer aktiv og målrettet utøvelse av statlig eierskap i luftfartsrelaterte selskaper. Gjennom Hurdalsplattformen har den nåværende regjeringen gitt klart uttrykk for at staten ønsker å benytte statlig eierskap som verktøy for å fremme det grønne skiftet i næringslivet. I luftfarten er staten allerede en sentral eier gjennom Avinor. For å skape merverdi gjennom eierskap bør staten besitte en særskilt eierkompetanse. Dette kan enten handle om eierkompetanse som øker den kommersielle verdien av aktivitetene eller det kan handle om at staten som eier effektivt griper inn i selskapets aktivitet for å justere for eksternaliteter (både positive og negative). Gjennom å definere klare utviklingsoppgaver i Avinor, kan staten nettopp bidra til denne typen verdiøkning for samfunnet. Stat og kommune er også aktive i næringsutvikling gjennom eierskapet i kraftselskap. Staten kan gjennom sitt eierskap i slike selskaper påvirke strategiske veivalg i retning av å bidra sterkere til fasilitering av nye grønne løsninger innen luftfarten. Staten har også erfaring med å ta eierskap i infrastruktur som benyttes for uttesting, pilotering og eksperimentering (eksempelvis i regi av Siva Eiendom).

I et marked med intens internasjonal konkurranse er det vanskelig å se at staten har særlige eierfortrinn i flyselskaper utover å potensielt kunne tilby lav pris på kapital under eventuelle kriser. Å legge særskilte føringer på enkelte flyselskapers klimaavtrykk gjennom statlig eierskap vil både påvirke konkurransen og fungere som et ineffektivt virkemiddel, all den tid en slik strategi bare vil berøre en del av luftfartsmarkedet. Staten har også lang tradisjon for eierskap i teknologiselskaper (blant annet Kongsberg Gruppen). Det er vanskelig å se et stort behov for sikring av hovedkontor til de selskapene vi har kartlagt i denne studien. Det er heller ikke lett å se at staten har et eierfortrinn i disse selskapene.

Rapporten berører også spørsmål knyttet til avgiftsbelegging av CO2-utslipp i luftfarten, delvis sett opp mot subsidier. Vi tar ikke stilling til avgiftsspørsmålet men henviser til at er og bør være en del av det bredere baserte systemet for avgiftslegging av klimautslipp.

1 Innledning og bakgrunn

I denne rapporten vurderer vi bruk av ulike statlige virkemidler for å stimulere til utvikling av grønn luftfart. I februar 2021 besluttet Stortinget at regjeringen skal legge frem en stortingsmelding om en luftfartsstrategi, hvor ambisjonene er å trekke opp linjene for en helhetlig og bærekraftig utvikling i norsk luftfart. Vi fokuserer særlig på muligheten for etablering av infrastruktur for testing av nye løsninger, samt et nasjonalt program for forskning, utvikling og innovasjon som spesielt rettes mot luftfarten. I henhold til oppdragets mandat har vi laget en oversikt over eksisterende nasjonale virkemidler som kan støtte utvikling av null- og lavutslippsteknologi innen luftfarten, samt en vurdering av deres egnethet. Rapporten inneholder også en vurdering av behov for annen statlig involvering i markedet for lavutslippsløsninger i luftfarten, sett fra et samfunnsøkonomisk ståsted.

Verden står overfor store utfordringer knyttet til global oppvarming som følge av menneskeskapte 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 bruksområdene[1], 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

[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/)*

eksporteres til en tidvis høy pris. Slike utfordringer vil være svært aktuelle for realiseringen av nullutslippsløsninger til luftfarten.

1.1 Oppdraget og mandatet

Samferdselsdepartementet viser til at Stortinget i februar 2021, ref. Innst. 194 S (2020-2021), besluttet at regjeringen skal legge frem en stortingsmelding om en luftfartsstrategi, hvor ambisjonene er å trekke opp linjene for en helhetlig og bærekraftig utvikling i norsk luftfart. I forbindelse med høringsrunden til luftfartstrategien mente mange høringsinstanser at den norske staten bør tar ansvar for å etablere et testsenter for utvikling av nullutslippsløsninger innen luftfarten. Eventuelt at det burde finnes et nasjonalt program for forskning, utvikling og innovasjon spesielt rettet mot luftfarten.

Luftfarten kjennetegnes ved at den fremdeles er i en tidlig fase av utviklingen av null- og lavutslippsteknologi med flere mulige teknologispor og energibærere. Det er svært høye krav til sikkerhet med et omfattende internasjonalt regelverk, sertifiseringsløpene er lange og kostbare, og det vil kreve et bredt og tverrfaglig samarbeid for å akselerere utviklingen. Grunnet at den myndighetspålagte sertifiseringsprosessen gjerne tar mange år, blir deler av utviklingsløpet ikke alltid betraktet som forskning og utvikling.

I forbindelse med arbeidet med luftfartsstrategien er det aktuelt å kartlegge behovet for ytterlige statlige virkemidler i luftfarten og hvordan i så fall de best tilrettelegges for utvikling av null- og lavutslippsløsninger. I lys av dette har Samferdselsdepartementet bedt om en rapport som inneholder følgende:

Det lages en oversikt over eksisterende nasjonale virkemidler som kan støtte utvikling av null- og lavutslippsteknologi innen luftfarten. Det er viktig å skille mellom forsknings- og utviklingsvirkemidler og andre virkemidler for ulike faser i utviklingsløpet. Oversikten må inkludere en vurdering av hvor egnet virkemidlene er for luftfarten og hvordan virkemidlene eventuelt burde justeres for å tilpasses luftfartens behov. Kartleggingen må også beskrive Grønt skipsfartsprogram og det skal vurderes hvorvidt den modellen kan kopieres til en tilsvarende løsning for luftfarten.

Utover oversikten av virkemidler bør det drøftes om det er grunn til å tro at markedet, uten den norske stats pådriverrolle eller intervensjon, ikke klarer å levere lav- og nullutslippsløsninger i tråd med den norske stats interesser og det norske samfunnets behov. Hvis det er grunn til å tro at markedet klarer å levere lav- og nullutslippsløsninger selv, hva er da merverdien ved at den norske stat inntar en pådriverrolle?

1.2 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 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 anbud 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 drivstystermer 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 & Riefer, 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 markedsplass[2] og et finansielt grunnlag er sentrale aspekter for å sikre effektiv overgang. Samtidig

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

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 avtaler[3] 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 rapporter[4] 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.

1.3 Kort om studien og hvordan den er bygget opp

Utgangspunktet for denne utredningen er en rapport fra Avinor og Luftfartstilsynet i 2020 om forslag til program for innfasing av elektrifiserte fly i Norge. **I kapittel 2** gir vi en grundig og oppdatert gjennomgang av den teknologiske utviklingen og hvilke konkrete initiativ og prosjekter som pågår i markedet. Kapittel 3 inneholder en kartlegging av relevante og potensielle norske aktører som kan ha eller ta en rolle i utviklingen av lav- og nullutslippsfly.

I kapittel 4 beskriver vi hvilke behov og utfordringer som er relevante sett fra et norsk ståsted og hvilke ordninger i dagens virkemiddelapparat som kan være relevante. Det er ingen ordninger i dag som er særlig rettet mot de aktuelle utfordringene, men det er flere av programmene hvor det med mindre tilpasninger vil kunne være mulig å utvide de til å også omfattet luftfarten. **Kapittel 5** drøfter hvordan staten kan bidra til en raskere omstilling til en grønn luftfart gjennom bruk av avgifter og subsidier og statlig eierskap.

Utredningen avsluttes med konkrete anbefalinger i **kapittel 6**.

[3] *Spesifikke avtaler nevnes ikke i rapporten.*
[4] *Forslag til program for introduksjon av elektrifiserte fly i kommersiell luftfart, Electric Aviation in Norway og 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 fremdriftssytemer 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 godkjennings/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 traffikere 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 testflygningene 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 VTOL[5] (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 turboprop-motor 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.

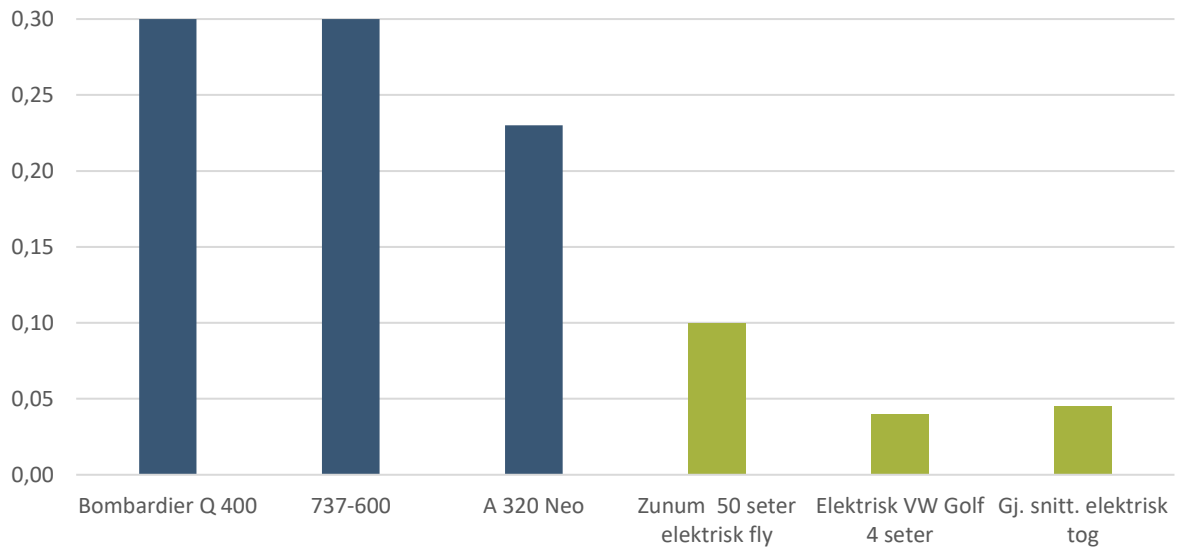
[5] *Vertical landing and takeoff.*

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.



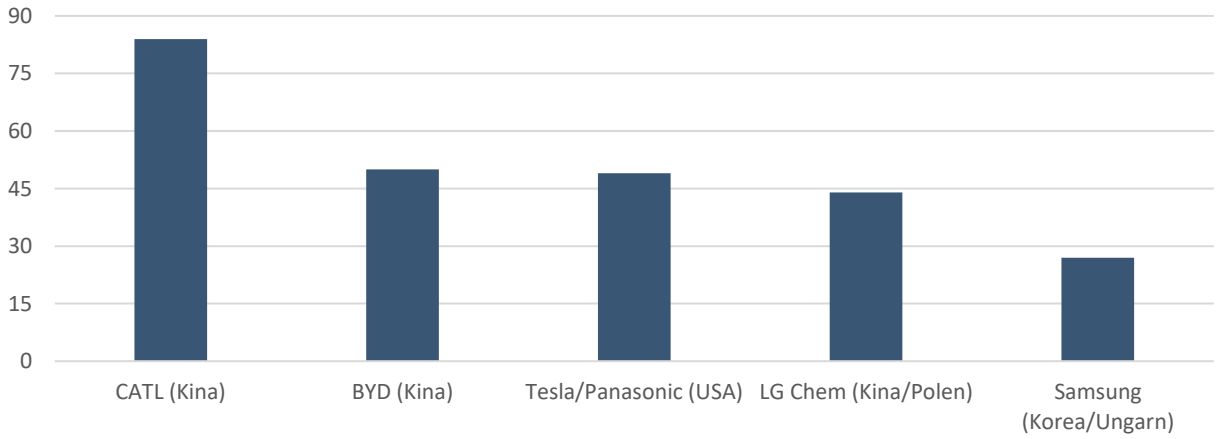
2.1.3 Tilgang på batterier er sentralt for helelektrifisering

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.[6][7]

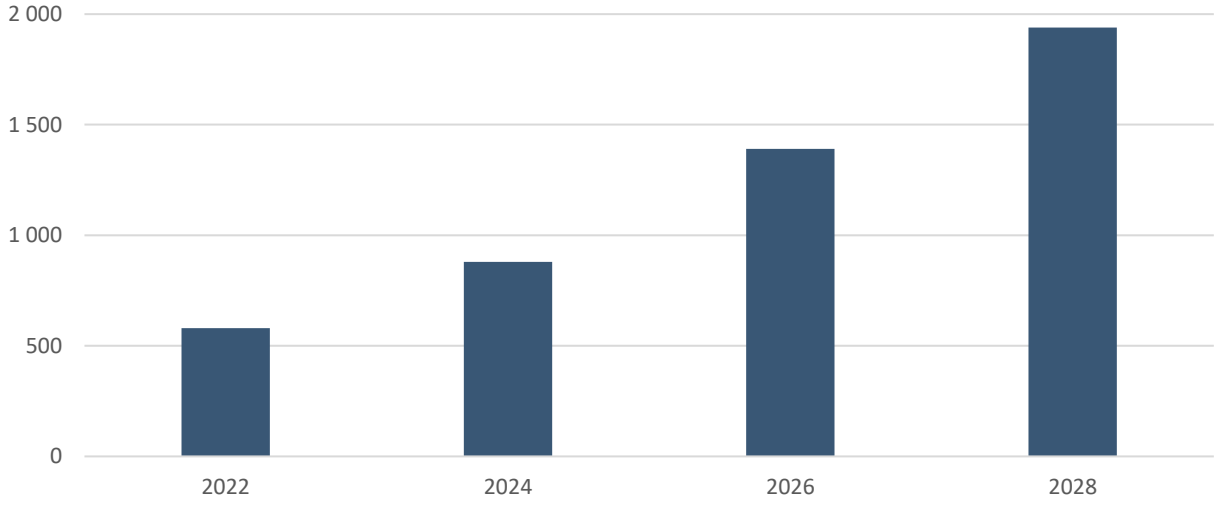
Situasjonen ved inngangen til 2022 er imidlertid kompleks på mange områder med en generell og til dels kraftig prisoppgang på råvarer som også forventes å gjøre seg gjeldende for batteriproduksjon.[8] Det forventes derfor at dette vil gi insentiver til økt forskning på alternative materialer til bruk 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 flaskehalser 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.

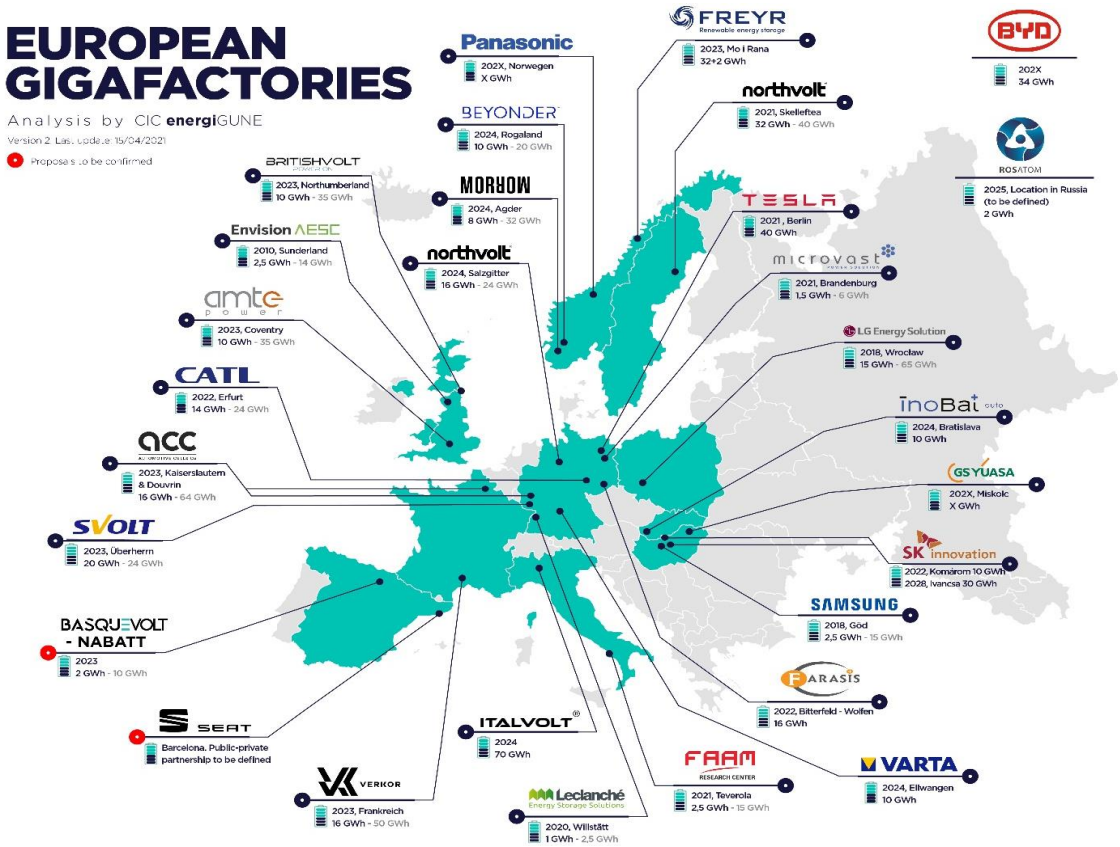


Per i dag benyttes litium-ion batterier i helelektriske flyløsninger. I korte trekk er dette tilsvarende teknologi som benyttes i elektriske kjøretøyer. Litium-ion batterier er den batteriteknologien som i dag huser den største energitettheten.[9] Dagens litium-ion batterier har en energitetthet på nærmere 265 Wh/kg[10], men skal større fly kunne fly helelektrisk er dette tallet nødt til å passere 500 Wh/kg[11]. 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 lutfartsperspektiv.

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 m^3 (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 dampreformering. 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 dampreformering gjør man om metangass til hydrogen og CO2 ved hjelp av varme og vanndamp. I denne metoden spiller membraner en viktig rolle. For at dampreformering 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

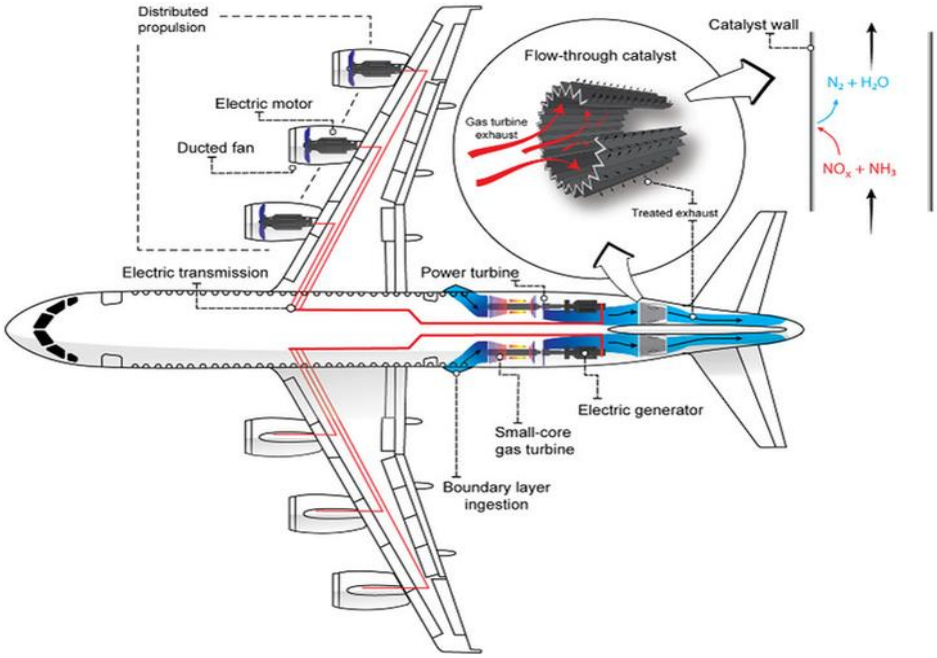
drivstoff, medfører dette at tankene må være betraktelig større for å gi tilsvarende effekt. For at dette ikke skal gå for mye på bekostning av flyenes passasjerkapasitet vil hydrogenfly i førsteomgang være best egnet på mellomdistanseruter.

2.3 Hybrid-løsninger

Et hybrid-elektrisk fly drives via en kombinasjon av elektrisitet fra batterier eller en annen elektrisk energilagringskilde 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 hybridsystem 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 reduserer NOx-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: Departement of Aeronautics and Astronautics, Massachusettes 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. Utskiftingen 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 kW[13], 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] *Tilsvarer 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 eVTOLs[15]. 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 eSTOL[16]-varianter.

Det er nå realistisk at små og etter hvert noe større eVTOLs med plass til 8-10 passasjerer effektivt kan trafikkere 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 fartøy (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 sjette generasjon eVTOL. Innen fem år har Wisk som mål å ha sjette generasjon eVTOL sertifisert, og ha en stor operativ flåte eVTOL.

---

[15] *Electric 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-rettede 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. Deutche 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.

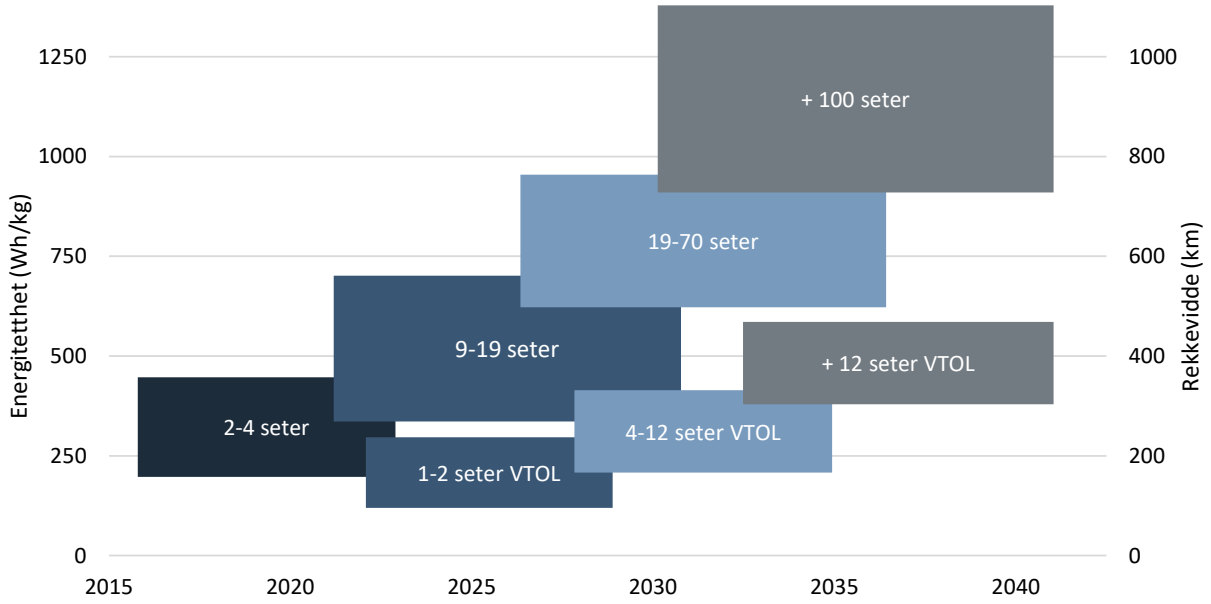
2.4.5 Tidslinje for introduksjon av ulike typer fly

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 2021-2030[17] 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 utslippsreduserende 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 ressurssenter 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-senter[18] 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 Norge[19] (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 tester[20] (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 gassanalyseutstyr.

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 materialgjenbruk, 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 forskningssenter 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 opererer 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 bemannende 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 karbonkompositttkonstruksjonsteknikker 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 bemannende og ubemannende romflyvninger

Barel er spesialisert på elektronikk for krevende og farlige miljøer, men de har også leveranser elektroniske delkomponenter som blant annet rømningssystemer 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 nullutslippteknologi. 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 elektrifiseringen 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 utdanningssenter 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 Reisebureu, 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 relevante virkemidler

I dette kapittelet ser vi nærmere på offentlige virkemidler som kan være relevante og hensiktsmessige for utvikling av grønn luftfart gjennom årene som kommer. For å kunne vurdere virkemidlers relevans og egnethet er vi for det første avhengige av å spesifisere hvilke utfordringer vi står overfor på veien til en grønnere luftfart. I tillegg er det god grunn til å vurdere virkemidlene opp mot den kunnskapsbase og det næringsliv vi har i dag innen luftfartsrelevant teknologi og tjenester. Man kommer ikke utenom at enkelte typer virkemidler krever at man kan bygge på solide kunnskapsmiljø og et veletablert næringsliv (eksempelvis klyngevirkemidler) mens andre typer virkemidler egner seg bedre for å stimulere teknologiutvikling mer bredt.

Vi starter ut med en kort gjennomgang av utfordringer som særlig har blitt trukket frem i debatten om norsk satsning på grønn luftfart den senere tid. Deretter går vi gjennom de mest sentrale samfunnsøkonomiske argumentene for hvorfor staten bør involvere seg i markeder gjennom bruk av virkemidler. Med dette som bakgrunn introduserer vi en enkel kategorisering av ulike typer virkemidler, før vi går nærmere inn på utvalgte virkemidler som vi mener kan være relevante i arbeidet med å utvikle en nullutslippsluftfart med betydelig operasjonell aktivitet i Norge.

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 «dobbelt eksternalitetsproblem» (Rennings 2000, Jaffe, Newell og Stavinsc 2005).

For det første preges næringen av negative miljøeksternaliteter 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 eksternalitetene . For det andre er det positive kunnskaps-eksternaliteter 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 eksternaliteter, 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 miljøeksternaliteten 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 kunnskapseksternaliteter 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 stiavhengighet 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.

4.3 En typologisering av næringsrettede FoU- og innovasjonsvirkemidler

Det næringsrettede virkemiddelapparatet består av virkemidler som direkte eller indirekte skal stimulere til mer innovasjon og verdiskaping i næringslivet. Virkemiddelapparatet benytter grovt beskrevet fire ulike typer instrumenter for å utløse, forsterke og akselerere aktiviteter hos bedrifter og kunnskapsaktører:

- ***Tilskudd*** er direkte utbetalinger uten andre krav enn at mottakeren skal bruke pengene til prosjektet som støttes.

- ***Lån og lånegarantier*** er utbetalinger med krav om tilbakebetaling av lånebeløpet over tid og en rentesats. Enkelte typer lån har innebakt en høy forventning om tap. Dette kalles gjerne for risikolån og den høye tapsforventningen kan delvis kompenseres gjennom høye renter. ***Garantier*** tildeles normalt långivere for å forsikre dem mot eventuell kredittrisiko. I et marked for garantier vil prisen på garantien nettopp gjenspeile denne risikoen. Dersom garantiprisen settes lavere enn dette, er garantivirkemiddelet subsidiert.

- ***Egenkapital*** tilbys selskapene når investor tildeles en eierposisjon i selskapet som reflekterer den kapitalen som er tilført. Prisen på egenkapitalen skal gjenspeile den forventede fremtidige inntektsstrøm som eierposisjonen skaper. Dersom eierposisjonen (andelen av aksjer i selskapet) er mindre verdt enn kapital som tilføres selskapet, er egenkapitalen subsidiert. Gjennom eierskapet vil virkemiddelaktøren ta en aktiv rolle som interessent i selskapet med varierende grad av forventninger til aktiv medvirkning og styring av selskapet over tid.

- ***Nettverk og kompetanse*** **(Samhandlingsvirkemidler)** er bidrag til bedrifters utvikling som ikke involverer prosjektfinansiering. Konkrete eksempler er rådgivning, kurs, kobling av aktører og fasilitering av møteplasser.

Virkemidlene kan gis direkte til enkeltbedrifter, kunnskapsaktører og til mindre samarbeidskonstellasjoner, eller de kan gis til større næringsmiljøer. Sistnevnte kan for enkelhets skyld kalles klynger og kan gjerne bestå av både bedrifter, kunnskapsaktører, offentlige institusjoner og organisasjoner. Når virkemidlene gis til klynger som har

en operativ prosjektorganisasjon («cluster management»), kaller vi virkemidlene for *samhandlingsvirkemidler* (se over).

4.3.1 Prinsipper for bruk av ulike typer virkemidler

Virkemiddelapparatet inneholder et stort antall virkemidler som representerer ulike varianter av de fire virkemiddeltypene som er listet opp over. I enkelte tilfeller ligger også virkemidlene et sted mellom virkemiddeltypene. For eiere, oppdragsgivere og virkemiddelaktører er det viktig å ha klart for seg når ett virkemiddel bør velges fremfor et annet. Denne vurderingen er på ingen måte triviell, og vi ser mange eksempler på at ett og samme prosjekt tildeles ulike typer virkemidler. Tilsvarende ser man ofte at to relativt like prosjekter har blitt tildelt høyst ulike virkemidler.

Det må i hovedsak være egenskapene ved prosjektene som avgjør hva slags type virkemiddel som egner seg best, men også formen for markedssvikt kan være avgjørende. Forståelsen av hvilke virkemidler som egner seg best må både ses i lys av bedriftenes ønsker og gevinsten for samfunnet.[23] Fra bedriftens perspektiv vil et tilskudd være å foretrekke fremfor et lån eller overføring av eierskap gjennom tilførsel av egenkapital. Tilskuddet bærer ingen kostnader i form av tapt avkastning og krever heller ingen rentekostnad og tilbakebetaling. Men dersom bedriften har et betydelig finansieringsbehov og står overfor et valg om å ta imot et lite tilskudd eller å inngå et større lån med noe risikoavlastning, så kan bedriften være tjent med å velge sistnevnte. Lånet kan være attraktivt fordi det kan gire (oppskalere) finansieringen. Fra statens side er det flere hensyn å ta. Virkemiddelaktøren skal ta samfunnets perspektiv og maksimere samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Dersom bedriften ikke har noen form for gjeldshåndteringsevne innen rimelig tid, skal ikke bedriften gis lån. Dersom det er mulig å ta sikkerhet i betydelige verdier, kan begrepet «rimelig tid» strekkes.

Dersom bedriften ikke egner seg som låntaker, kan man vurdere tilførsel av egenkapital. Det innebærer at man som virkemiddelaktør går inn på eiersiden i selskapet (enten direkte eller indirekte gjennom fond-i-fond). Som eier er man residual interessent. Det betyr at man stiller sin kapital tilgjengelig og må vente på avlønning til etter at kreditorer, underleverandører og de ansatte har fått sitt. Man tar derfor langt større risiko. Som eier bør man også være med på å ta viktige strategiske beslutninger for selskapet. Det krever at man er kompetent som eier[24]. Dersom man ikke kan tilføre selskapet verdi gjennom sitt eierskap vil det samfunnsøkonomiske bidraget gjennom eierskap kun være knyttet til risikotaking.

Alternativet til lån eller egenkapital er et tilskudd. Det primære argumentet for et tilskudd er at forventet bedriftsøkonomisk lønnsomhet i prosjektet er for lav, men at den samfunnsøkonomiske gevinsten er langt høyere på grunn av positive eksternaliteter. Dette er særlig relevant for forskningsprosjekter med fri spredning av innsikt og resultater. Et tilskudd er å anse som en regulær overføring av ressurser fra staten. For samfunnet vil tilskuddet kun være mindre lønnsomt enn bruk av lån eller egenkapital dersom tilskuddet gjør at bedriftens atferd går i retning av å skape mindre verdier. Mindre verdiskaping kan oppstå som et resultat av at man ikke trenger å forholde seg til en kreditor eller en eier som disiplinerer bedriftsledelsens atferd. Tilskudd blir ofte kalt «soft money» nettopp fordi man slipper unna ekstern disiplinering. Men dersom eieren ikke er kompetent og disiplinert blir egenkapital også å regne som «soft money» med utydelig kostnad og risikoprofil. En årsak til at

---

[23] *Økonomene Myers and Majluf (1984) utviklet den såkalte pecking-order teorien som tilsier at bedriftene foretrekker å finansiere nye prosjekter/investeringer gjennom egne driftsoverskudd. Dernest vil bedriftene velge gjeldsfinansiering for til sist å eventuelt hente inn ny egenkapital fra eksterne investorer. Teorien tar utgangspunkt i kostnader knyttet til informasjonsasymmetrier. Dersom du selv har kapital tilgjengelig behøver du ikke å betale dyrt for kapitalen. Långivere trenger heller ikke å ta så høy pris på kapitalen som stilles til veie dersom de har sikkerhet i omsettbare verdier.*

[24] *Se Grünfeld og Jakobsen (2016)*

man velger å tilby små tilskudd til bedrifter i tidlig fase (selv uten eksterne effekter) er at det er vanskelig å skille gode og dårlige prosjekter. Utøvelse av kompetent eierkontroll i mange små bedrifter vil også være arbeidskrevende. Da vil et tilskudd kunne egne seg for å kompensere for manglende vilje til private investeringer, primært drevet av informasjonsasymmetrier.

4.3.2 Samspillsvirkemidler

Indirekte støtte til bedrifter og kunnskapsaktører i klyngeprosjekter og andre samhandlingsprosjekter er relevante og kostnadseffektive virkemidler. De stimulerer til samarbeid i og mellom verdikjeder og kobler næringsliv og forsknings-/utdanningsaktører sammen, og bidrar gjennom det til innovasjonssamarbeid, kunnskapsspredning, kompetansetilførsel og internasjonaliseringsmuligheter.

Porteføljen av samhandlingsvirkemidlene består i dag av:

- Norwegian Innovation Clusters (NIC) – program for klyngebygging, innovasjon, internasjonalisering og kompetanseutvikling (nærings-/klyngerettet grunn- og etterutdanning)
- Bedriftsnettverk - en tjeneste for fasilitering av nettverk og små bedriftsklynger
- FoU-sentre av typen SFI/FME/Petrosenter/FKB
- Pilotering-, testing- og demonstrasjonsordningen Norsk Katapult
- Inkubatorprogrammet for nyskaping/entreprenørskap
- Næringshageprogrammet er et program for deling av fellesressurser og samarbeid mellom samlokaliserte bedrifter

Samhandlingsvirkemidlene har mye til felles. De ledes av en prosjektorganisasjon, gjerne et innovasjonsselskap eller et forskningsinstitutt. Den grunnleggende ideen med alle programmene er at det er store potensielle synergier mellom deltakerne som kan utløses gjennom samhandling. De fleste ordningene vektlegger også samspill mellom næringsliv, kunnskapsaktører og offentlig forvaltning («triple helix»).

4.3.3 Teknologiutvikling i ulike faser

Virkemiddelapparatet retter seg mot prosjekter som kan operere i høyst ulike faser. Som nevnt over vil ulike virkemidler egne seg avhengig av hvilken fase prosjektet eller bedriften befinner seg i. EU har etablert en modenhetsskala - Technology Readiness Level (TRL) skalaen som strekker seg over ni trinn og følger teknologier fra grunnforskningsstadiet til modne teknologier som er demonstrert privatøkonomisk lønnsomme i reelle situasjoner. TRL-skalaen benyttes for å klassifisere bruk av ulike offentlige organer i mange ulike land. Det kan være ulike tolkninger av grupperingene, noe som innebærer at teknologier på identiske stadier kan bli klassifisert noe ulikt i ulike land.

Tabell 1: TRL-skalaen

TRL-nivå	Beskrivelse av teknologiens modningsnivå	
1	Basale prinsipper observert gjennom basalforskning	Forskning
2	Formulering av teknologiske konsepter gjennom anvendt forskning	Forskning
3	Eksperimentell støtte for konseptets validitet	FoU
4	Validering av teknologien i laboratorium	FoU
5	Validering av teknologien i et relevant miljø (industriell relevans)	Pilot
6	Demonstrasjon av teknologien i et relevant miljø	Pilot
7	Demonstrasjon av en prototype i et operasjonelt (drifts-)miljø	Demo
8	Kvalifisering (sertifisering) og ferdigstilling av teknologien	Demo
9	Teknologien er påvist drivverdig (konkurransedyktig og relevant)	Markedsintro

Innovasjonskjeden kan deles inn i tre hovedfaser, jamfør (NOU 2015:15, Kapittel 10):

1) **Forskningsfasen** betegner tiden frem til en ny idé blir introdusert i markedet. Dette korresponderer omtrent til TRL-nivå 1-4. Denne delen av innovasjonskjeden faller primært under ansvarsområdet til Norges Forskningsråd og er ikke dekket av støtteordninger i denne områdegjennomgangen.
2) **Foredlingsfasen** betegner tiden der ideen blir utprøvd i markedet gjennom testing og pilotering. Dette korresponderer omtrent til TRL-nivå 5-7.
3) **Spredningsfasen** betegner fasene fram til teknologien eventuelt får markedsgjennombrudd. Dette korresponderer omtrent til TRL-nivå 8-9, der markedsdemonstrasjon og skalering er sentralt.

4.4 Eksisterende relevante FoU-virkemidler

Her redegjør vi for eksisterende virkemidler som vi anser som relevante og som kan tas i bruk for å styrke satsningen på grønn luftfart. Vi har behov for å tydeliggjøre at det som gjør virkemidlene relevante inn mot grønn luftfart er først og fremst knyttet til i hvilken grad de egner seg for å møte de utfordringene vi har beskrevet over. Spørsmålet er med andre ord ikke om de kan eller bør rettes mot luftfartsnæringen i det brede, men om de kan bidra til å løse utfordringene.

Vi har med hensikt fokusert på allerede kjente virkemidler, dels fordi det finnes en relativt bred flora av ulike verktøy å benytte og dels fordi det vil kreve mindre ressurser og tid å ta i bruk allerede operative virkemidler dersom man ønsker å komme raskt i gang. Dette er ikke minst sentralt dersom man ønsker å bidra inn mot behovene knyttet til betjening av kortbanenettet.

I tabellen nedenfor oppsummerer vi kjennetegn og relevansvurderinger for virkemidlene opp mot de to utfordringene vi har skissert ovenfor. Vi registrerer hva slags virkemiddel det er, om det krever at en FoU-institusjon deltar eller om det er et bedriftsrettet innovasjonstiltak. Vi rapporterer økonomisk tildelingsramme, maksimal varighet på prosjekt, i hvilket omfang luftfart er representert i porteføljen tidligere, samt en overordnet vurdering av egnethet for å møte de to utfordringene.

Tabell 2: Oversikt over eksisterende virkemidler og karakteristika ved disse

	Beskrivelse							Relevans for	
Virkemiddel	Type virke-middel	FoU-institusjon bør med?	Bedrifts-rettet innovasjon	(Test/pilot -ering: TRL 6-8)	Tilskudd – per prosjekt (max)	Varighet	Luft-fart i dag	Utfordring 1	Utfordring 2
Storskala demonstrasjons-anlegg (Enova)	Tilskudd Samspill		X	X	Så langt maks 40 mill. kr	5 år	Litt	Høy	Lav
Programmer for energibesparing og infrastruktur i maritim sektor (Enova)	Tilskudd		X	X	Styres av statsstøtte-regler og gruppeunntak	Besluttes i april 2022	Nei	Middels	Lav
Programmer for pilotering og demonstrasjon (Enova)	Tilskudd			X	Styres av statsstøtte-regler og gruppeunntak	Varierende	Nei	Middels	Lav
Norsk Katapult (Siva)	Tilskudd Samspill			X	Maks 50 mill kr + ca. 2-3 mill kr årlig driftsstøtte	5 år	Nei	Høy	Lav
Miljøteknologi-ordningen (Innovasjon Norge)	Tilskudd	(X)	X	X	Maks 7,5 mill. EURO		Litt	Middels	Middels
Kondemnerings-ordningen for skip (Innovasjon Norge)	Tilskudd		X		Maks 8 mill. kr per skip	Ikke relevant	Nei	Høy	Lav
Innovasjonslån (Innovasjon Norge)	Lån		X	(X)	4-50 mill. kr	Max 10 år	Nei	Høy	Lav
Pilot-E (Forskningsrådet, IN, Enova)	Tilskudd Samspill	X	X		15 mill i snitt.	Maks 4 år	Nei	Middels	Middels
Energi-X (Forskningsrådet)	Tilskudd	X	X		4-16 mill. kr.	2-4 år	Litt	Lav	Middels
Pilot-T (Forskningsrådet)	Tilskudd Samspill	X	X		2-16 mill. kr	1-3 år	Litt	Middels	Middels
Grønn plattform (Forskningsrådet, IN, Siva)	Tilskudd: krav om samspill	X	X	Dekker også 6-8	30-80 mill. kr i 2022 utlysning	2-3 år	Nei	Høy	Middels
SFI - Senter for forskningsdrevet innovasjon (Forskningsrådet)	Tilskudd og Samspill	X	(X)	X	Maks 96 mill. kr for hele perioden	8 år	Nei	Lav	Høy

Enovas virkemidler

Enovas overordnede oppdrag er å bidrar til at Norge oppfyller sine klimaforpliktelser samt omstilling til lavutslippssamfunnet. Enovas aktivitet skal videre rettes inn mot senfase teknologiutvikling med sikte på å oppnå varige markedsendringer, slik at løsningene på sikt blir foretrukne uten støtte. Enova skal med andre ord skape varige endringer i tilbud og etterspørsel etter effektive og fornybare energi- og klimaløsninger. Enova sine støttetilbud retter seg direkte mot ulike sektorer. Støtteordningene er brede i størrelse, og gjelder investeringer fra eksempelvis innkjøp av elektrisk varebil til utvikling av produksjonsprosesser i industrien. Enovas virkemidler mot næringslivet er innrettet som kapitalvirkemidler, hvor Enova skal *selektere* og *innvilge* delfinansiering til prosjekter som kan dokumentere effektive klima- eller energiforbedrende tiltak i form av innsparte eller konverterte kWt. Enova kan dekke deler av merkostnaden som tilfaller selskapet ved investeringer dersom selskapet velger å ta i bruk mer energi- og klimavennlige løsninger.

Storskala demonstrasjonsprogrammet ble opprettet i 2019 med formål om å demonstrere løsninger som bidrar til økt fleksibilitet i energisystemet. Dagens prosjektportefølje er den første i programmets historie. Innretningen på programmet er konsortiebasert med krav til samarbeid mellom minst tre relevante aktører, samtidig som minst en aktør må dokumentere økonomiske insentiver for å få teknologien til markedet. Enova har innvilget en samlet støtte på 210,3 millioner kroner fordelt på åtte prosjekter. Varigheten varierer mellom prosjektene, men alle prosjektene i porteføljen skal ferdigstilles innen 2025. I tillegg til støtten fra Enova har konsortiene budsjettert med en investering på i overkant av 330 millioner kroner.

Programmet er spisset mot å utvikle og demonstrere ny teknologi, digitale løsninger og forretningsmodeller som utnytter fleksibiliteten i energisystemet. Et sentralt poeng i denne sammenheng er at teknologier, markedsløsninger og forretningsmodeller trenger å testes i stor skala og under reelle driftsutfordringer, for å verifisere nytten for øvrige aktører i energibransjen, herunder i hvilken grad man evner å få ressurser som til nå har vært passive forbrukspunkter til å bli mer aktive deltakere i kraftmarkedet.

Avinor er allerede leder for storskala pilotprosjektet Elnett21. Prosjektet er lokalisert til Stavanger-regionen der flyplassen er sett som en integrert del i energisystemet for en større region hvor energisystemet skal dekke og koordinere aktiviteter ved havn (Risavika), buss, billading etc.

Programmer for pilotering og demonstrasjon. I tillegg til ovennevnte storskala program har Enova to programmer for utvikling av ny energi- og klimateknologi som ikke har kommet like langt i utviklings- og modenhetsfasen. De har et program «Pilotering» som betegnes som FoU-støtte til prosjekter med det som klassifiseres som umoden teknologi (TRL nivå 5-7) samt et program «Demonstrasjon» som primært tilbyr betingede lån. Dette programmet er rettet innom mot delvis eller nær moden teknologi (TRL nivå 7) hvor hovedformålet er å få driftserfaring for å kunne ta teknologien i bruk senere.

Programmer for energibesparing og infrastruktur i maritim sektor. Enova har også flere støtteordninger som er rettet inn mot en spesifikk næring som sjøtransport og maritim sektor. Det gis blant annet støtte til elektrifisering av sjøtransport hvor aktørene kan få støtte til å installere batterier om bord i skipene. Dette gjelder også for diesel-elektriske fartøy hvor batterier kan avlaste generatorene ved å ta unna effekttoppene slik at generatorene kan gå med optimal last. Enova gir også støtte til ulike landstrømsystemer.

Ordningene over er høyst relevante for grønn luftfart, og da særlig med tanke på utfordring 1, ettersom fokuset på pilotering og demonstrasjon tillater at det investeres ressurser i implementering av nye teknologiske løsninger som allerede har kommet langt i utvikling eksempelvis fra andre land. Programmene som retter seg mot maritim sektor viser at Enova har mandat til å designe næringsspesifikke programmer for å løse eksplisitte utfordringer i implementering og infrastrukturutvikling.

4.4.1 Siva

Siva skal utløse lønnsom næringsutvikling i bedrifter og regionale nærings- og kunnskapsmiljøer gjennom å bygge, eie og utvikle infrastruktur for innovasjon og næringsutvikling. Siva tilfører kapital og kompetanse gjennom inkubatorer, næringshager, katapult-sentre og innovasjonsselskaper oi hele landet. Den distriktsrettede komponenten står sentralt i Sivas arbeid. Siva investerer også i bygg for å fasilitere slike innovasjonsaktiviteter samt annen industrirettet næringsutvikling. SIVA har definert to delmål:

1. Senke barrierer for etablering der markedsmekanismer gjør dette spesielt krevende gjennom eiendomsinvesteringer, også for større industrielle eiendomsprosjekter.

2. Innovasjonsaktivitetene skal tilrettelegge for etablering og utvikling av bedrifter i nærings- og kunnskapsmiljøer, og koble disse sammen i regionale, nasjonale og internasjonale nettverk.

Siva sitt fokus på grønn omstilling har økt den senere tiden, og Grønn Plattform er per 2021 et av hovedvirkemidlene til selskapet. Gjennom Grønn Plattform bevilger SIVA midler til næringslivet og forskningsinstitutter til forsknings- og innovasjonsdrevet grønn omstilling. SIVA sine utlysninger til grønn teknologi skjer i all hovedsak gjennom Grønn Plattform.

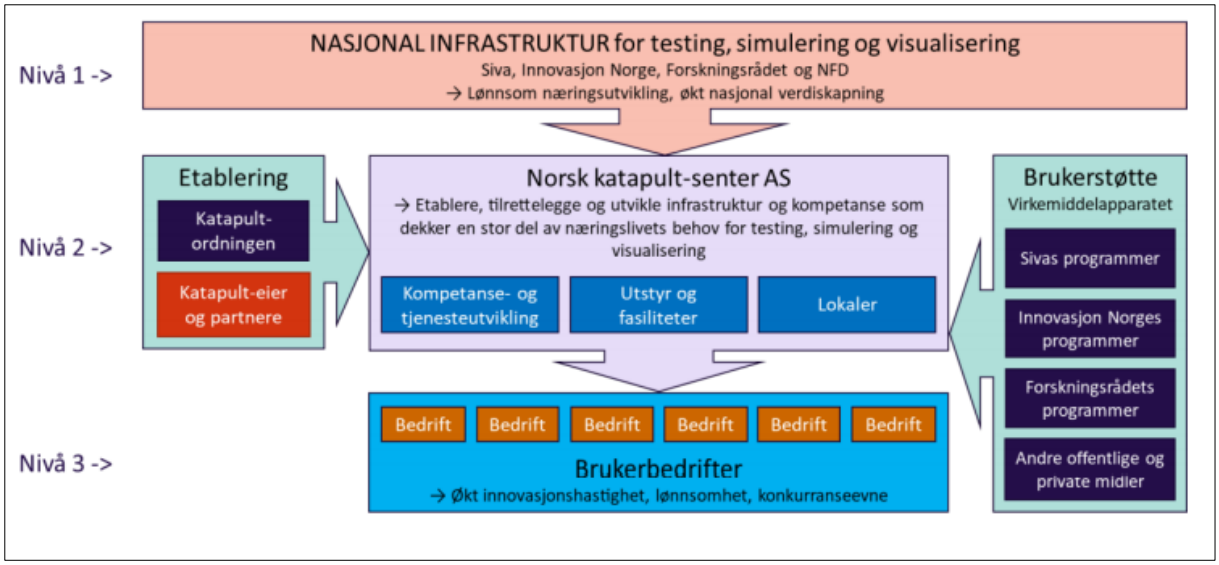
Ordningen **Norsk katapult** eies av Siva, Innovasjon Norge og Norges Forskningsråd, og forvaltes av Siva. Ordningen har som hovedmål å: å bidra til økt industriell verdiskaping i Norge nettopp gjennom etablering og utvikling av nasjonale flerbruks testsentre til nytte for norsk næringsliv. I sentrene skal bedrifter kunne teste, simulere og visualisere teknologier, komponenter, produkter, løsninger, tjenester og prosesser.

Gjennom tilgjengeliggjøringen av ekspertise, utstyr og hensiktsmessige lokaler, skal veien fra konseptstadiet til markedsintroduksjon bli *enklere* og gå *raskere*. Det skal følgelig stimuleres til mer og raskere innovasjon, samt utvikling og deling av kompetanse. En velfungerende katapult-ordning vil kunne være sentral for at Norge og særlig norsk næringsliv skal kunne møte disse utfordringene på en god måte.

Konsortier i næringslivet konkurrerer om etablering av en katapult i forbindelse med utlysningsrunder. Det er Siva som velger ut blant søkerne og søknadsprosessen er krevende og basert på mye interaksjon med Siva. Den langsiktige ambisjonen er så langt å utvikle totalt 7-9 *nasjonale* katapult-sentre på områder av stor verdi for fremtidens industri i Norge: det vil si innenfor relevante teknologiområder og bransjer/sektorer hvor Norge har særlige komparative fortrinn for å lykkes. Det er et sentralt poeng at katapult-sentrene skal være *komplementære* og med det utfylle hverandres tjenester. Sentrene finansieres i første omgang over en femårs periode.

Sentrene kan søke om finansiell støtte til investeringer i lokaler og utstyr, de kan søke om utviklingsstøtte til kompetanse- og tjenesteutvikling, samt etableringsstøtte. Dette innebærer at staten både tilfører katapultene investeringsstøtte (så langt opp til ca. 50 millioner) og løpende driftsstøtte for senteret (om lag ca. 2-3 millioner per år). All økonomisk støtte skal matches med minst 50 prosent bidrag fra næringslivet, men dette bidraget kan komme i mange former. Figur 1 beskriver de tre aktørnivåene (ordningen, sentrene og brukerne), samt oppgave- og rollefordeling mellom dem. Nivåinndelingen vil benyttes i struktureringen av dette tilbudsdokumentet.

Figur 4-1: Oversikt over aktører, tjenester og sammenhenger i ordningen Norsk katapult



Norsk katapult ble lansert som ett av ni prioriterte tiltak da Regjeringen Solberg i mars 2017 la frem Industrimeldingen *«Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende»*[25]. Ordningen ble etablert i løpet av samme år, og var inspirert av det engelske UK Catapult. Ordningen er et næringsrettet virkemiddel som skal bidra til å forsterke den nasjonale infrastrukturen for utvikling og innovasjon. Bakgrunnen for opprettelsen var et identifisert behov for et virkemiddel for finansiering av testinfrastruktur.[26] Dette bygger på tidligere Stortingsmeldinger, eksempelvis Stortingsmeldingen *«Verktøy for vekst – om Innovasjon Norge og Siva SF»* fra 2012.[27] Et hovedbudskap i meldingen var at fysisk infrastruktur for utvikling og innovasjon kan være helt avgjørende for at ny kunnskap skal bli til en faktisk innovasjon, og i neste ledd bidra til verdiskaping. Et annet var at bedrifters investeringer i fysisk infrastruktur for å teste, simulere og visualisere i Norge, er avgjørende for vår internasjonale *vertskapsattraktivitet*[28]. Undersøkelser viste også at det manglet nettopp slik infrastruktur i Norge, og at det var et økende behov blant bedrifter for å teste, simulere og visualisere som en integrert del av utviklings- og innovasjonsprosessen. Samt at det var betydelige barrierer for bedrifter å etablere egne testsentre/anlegg eller å gå inn som deleier, spesielt for små og mellomstore bedrifter (SMBer). Ordningen Norsk katapult ble følgelig også sett på som et sentralt virkemiddel inn i det såkalte «SMB-løft(et)» (NHO, 2018).

Norsk katapult er både en tilskuddsordning og et samhandlingsvirkemiddel.[29] To relaterte samhandlingsvirkemidler til Norsk katapult er *klyngeprogrammet*, som forvaltes av Innovasjon Norge, samt *innovasjonssentrene (SFI)*, som forvaltes av Forskningsrådet.[30] I tillegg vil sentrale innovasjonsvirkemidler

---

[25] *Meld. St. 27 (2016-2017) – Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende.*

[26] *Siva, Innovasjon Norge og Forskningsrådet (2015). «Norsk Katapult» - Forslag til program for å dekke økt behov for å teste, simulere og visualisere.*

[27] *Nærings- og handelsdepartementet (2012). Verktøy for vekst – om Innovasjon Norge og Siva SF. Meld. St. 22 (2011-2012)*

[28] *Vertskapsattraktivitet kan defineres på flere måter, eksempelvis: «Å være en attraktiv lokalisering for næringsvirksomhet». Vertskapsattraktiviteten omfatter lokale, regionale eller nasjonale egenskaper.*

[29] *Se synteserapporten fra Områdegjennomgang av det næringsrettede virkemiddelapparatet: «Helhetlig anbefaling om innretning og organisering av det næringsrettede virkemiddelapparatet».*

[30] *Ordningen har også viktige grenseflater mot direkte virkemidler som stimulerer pilotering, testing og demonstrasjon som forvaltes av Forskningsrådet (for eksempel Demo 2000), Enova (pilotering/demonstrasjon av ny energi- og klimateknologi), Gassnova (Climit Demo) og Innovasjon Norge (Miljøteknologiordningen). Forskningsrådets program for forskningsinfrastruktur har også relevante grenseflater mot Norsk katapult. Disse ordningene er relevante som finansieringskilder både for katapult-senteret og bedriftene som benytter infrastrukturen og tjenestene sentrene tilbyr.*

generelt ha grenseflater til ordningen. Eksempler på slike er Pilot-E og Pilot-T, Innovasjonskontrakter og Skattefunn.

Norsk katapult fremstår som godt egnet virkemiddel for utfordringene som luftfarten står overfor. Vi viser til kapittel 6 for en grundigere drøfting av hvorfor og hvordan dette virkemidlet kan brukes inn mot luftfarten.

4.4.2 Innovasjon Norge

Innovasjon Norges overordnede formål er å bidra til flere gode gründere, vekstkraftige bedrifter og innovative næringsmiljøer, gjennom deres bevilgninger. Innovasjon Norge skal finansiere prosjekter for å heve kompetansen til bedrifter med ambisjoner om vekst og eksport, og bidrar til å skape fremtidige arbeidsplasser. Innovasjon Norge tilbyr tjenester innen finansiering, rådgivning, kompetanse, nettverk og profilering og deres tjenester dekker selskaper i alle næringer, mens det stilles krav til størrelse og alder på foretakene som søker tilskudd og lån. Selskaper som søker Innovasjon Norges finansieringsordninger blir vurdert ut fra et sett kriterier, og får godkjenning eller avslag basert på parametere om prosjektets forventede evne til å skape verdier. Der Siva har hovedfokus på etablering av infrastruktur for innovasjon har Innovasjon Norge hovedfokus på bedriftenes innovasjonsprosjekter.

Blant Innovasjon Norges ulike støtteordninger finner man ulike tjenester som rettes direkte mot grønn omstilling. Flere av disse er tjenester og ordninger hvor Innovasjon Norge er en av flere virkemiddelforvaltere. Et eksempel på dette finner vi i ordningene Pilot E og Pilot T som forvaltes sammen med Forskningsrådet og Enova (ordningene er beskrevet lenger ned).

Gjennom **Miljøteknologiordningen** skal Innovasjon Norge kunne støtte bedrifter som utvikler ny norsk miljøteknologi, og som skal i gang med pilot- og demonstrasjonsanlegg for på sikt å kunne hente inn kommersielle inntekter fra teknologien. Miljøteknologiordningen støtter teknologi som er nær kommersialisering og som skal bygges og utprøves under tilnærmet naturlige forhold. Miljøteknologiordningen gjelder bedrifter av alle størrelser over hele landet. For å få støtte må løsningen være innovativ, gi verdiskapning i Norge og ha stort potensial – også i internasjonale markeder. Miljøeffekten er viktig, og støtten må være nødvendig for at prosjektet skal kunne gjennomføres. Satsningen har også som mål å identifisere miljøteknologiske områder der Norge både har kompetanse og gode forutsetninger for å lykkes nasjonalt og internasjonalt. Sett opp mot ordningene i Enova åpnes det er for et innovasjonsfokus som er bredere enn kun klimarettet teknologi.

Kondemneringsordningen for skip i nærskipsfart. Formålet med ordningen er å bidra til at eldre lasteskip kondemneres og erstattes av lav- og nullutslippsfartøy. Ordningen skal bidra til skipsinvesteringer som fører til et redusert utslipp fra den norskeide flåten av lasteskip. Det kan gis investeringstilskudd til bedrifter som kjøper et nytt lav- eller nullutslippsfartøy eller til et nyere brukt fartøy som ombygges for å gi lavere utslipp. Videre er det et krav om at et eldre fartøy i samme foretak blir kondemnert dersom en tildeles et investeringstilskudd. Det gis tilskudd opp til 8 mill kroner per kondemnering.

Innovasjonslån og IFU/OFU-kontrakter (industrielle og offentlige forsknings- og utviklingskontrakter) egner seg også godt til å finansiere investeringer i pilot- og demonstrasjonsfasiliteter. Dette er virkemidler som retter seg mot innovasjonstiltak som krever betydelige investeringer, og virkemidlene er nettopp rettet mot prosjekter som har kommet over i fasene der den teknologiske usikkerheten er lavere og testing og pilotering står høyere på agendaen.

Samspillsvirkemidler: Innovasjon Norge tilbyr også en rekke samhandlingsvirkemidler gjennom

- Norwegian Innovation Clusters (NIC) – program for klyngebygging, innovasjon, internasjonalisering og kompetanseutvikling (nærings-/klyngerettet grunn- og etterutdanning)
- Bedriftsnettverk - en tjeneste for fasilitering av nettverk og små bedriftsklynger

Fleksibiliteten i miljøteknologiordningen gjør at den kan være egnet til å møte utfordringene, men problemet med ordningen er at den har en begrenset økonomisk ramme. Kondemneringsordningen for skip er interessant å se nærmere på i forhold til luftfarten og omtales nærmere i kapittel 6. IFU/OFU-kontrakter kan også i noen tilfeller være aktuelle, men er betinget av at aktørene har enkeltstående innovasjonsprosjekter som passer inn. Det er relativt høy ramme her, noe som typisk vil være et behov for prosjektene innen luftfarten. Uavhengig av ordningen er det en svakhet at Innovasjon Norge som virkemiddelaktør ikke besitter mer kompetanse på luftfartssektoren.

4.4.3 Forskningsrådet

Norges Forskningsråd er den nasjonale organisasjonen for finansiering av forskning og eksperimentell utvikling (FoU) og FoU-støttet innovasjon. Forskningsrådet har som formål å være en markant forsknings- og innovasjonspolitisk aktør nasjonalt og internasjonalt. Forskningsrådet tildeler støtte til forskningsorganisasjoner, næringsliv og offentlig sektor. Forskningsrådet tildeler støtte til FoU og innovasjon i næringslivet gjennom Innovasjonsprosjekt i næringslivet (IPN) som rettes mot bedrifter, og midlene skal gå til innovasjonsprosjekter med omfattende innhold av forskning og innovasjon. I 2022 er det antatt 1 270 MNOK i tilgjengelige midler til slike prosjekter. Videre tildeler Forskningsrådet tilskudd gjennom såkalte Kompetanseprosjekter for næringslivet (KPN) der en forskningsinstitusjon står i ledelsen for prosjektet. I KPNer er normalt noe mer fokus på forskningsinnholdet.

PILOT-E og Energi X. PILOT-E er ikke et nytt virkemiddel, men en ny form for samarbeid mellom og en koordinering av Forskningsrådets, Innovasjon Norges og Enovas eksisterende virkemiddel. Således er PILOT-E i seg selv en slags pilot for virkemiddelaktørene. Samarbeidet gjennomføres i form av årlige utlysningsrunder avgrenset til utvalgte tema som omhandler teknologi og løsninger for utslippskutt. Samarbeidet inkluderer en felles vurdering av hvilke temaer som skal utlyses hvert år, felles utlysning av prosjektmidler og en felles vurdering av de prosjektsøknadene som kommer inn. Den første utlysningsrunden ble gjennomført i 2016. PILOT-E-prosjektene skal utføres av to eller flere bedrifter, eventuelt en eller flere forskningsinstitusjoner, og utvikles i samarbeid med den første kunden som vil ta i bruk løsningen. Videre er det et krav at:

- Søknaden er innenfor utlyst tema
- Søker har norsk organisasjonsnummer. Samarbeidspartnere kan være utenlandske, men deres innsats vil ikke være utløsende for finansiering fra PILOT-E
- Prosjektet gjennomføres i Norge og bidrar til kunnskaps- og næringsutvikling i Norge
- Strategi og plan for å ta løsningen til markedet må være beskrevet
- Finansieringen fra PILOT-E er utløsende for at prosjektet blir satt i gang

Finansieringen av prosjektene bygger på eksisterende ordninger hos de tre virkemiddelaktørene, som for eksempel Innovasjonsprosjekter/ENERGIX hos Forskningsrådet, Miljøteknologiordningen hos Innovasjon Norge og ulike programmer for investeringsstøtte hos Enova. De eksisterende ordningene retter seg gjerne mot utvalgte deler av utviklingsforløpet av et prosjekt. Gjennom PILOT-E samles disse, slik at prosjektet følges opp gjennom hele teknologiløpet, fra idé til marked. På denne måten representerer PILOT-E én dør inn til tre ulike virkemiddelaktører. Hvilke virkemidler prosjektene får finansiering fra, og støttegrad, tilpasses etter prosjektenes arbeidspakker, utviklingsstadiet til teknologien og utførende aktør, og vil derfor variere på tvers av og innad i

prosjektene. Finansiering gjennom hele løpet skal forutsette at prosjektet evner å møte planlagte milepæler underveis.

Pilot-T. Formålet med Pilot-T er å få nye, smarte mobilitetsløsninger raskere i bruk gjennom å utvikle og teste og/eller pilotere teknologier og forretningsmodeller med potensial til å påvirke fremtidens transportsystem slik at det blir effektivt, miljøvennlig og trygt. I et Pilot-T-prosjekt skal bedriften, i samarbeid med andre aktører, fremskaffe ny kunnskap eller benytte eksisterende kunnskap på nye måter eller områder. Pilot-T er et samarbeid mellom Forskningsrådet og Innovasjon Norge, på oppdrag fra Samferdselsdepartementet. Det henter mye fra Pilot E-ordningen og har mange fellestrekk med den. I 2019-utlysningen ble det tildelt 54 millioner kroner og opp gjennom historien finner vi at få prosjekter tildeles mer enn 10 millioner kroner.

Grønn plattform er en samlebetegnelse for årlige satsninger på store anvendte og helhetlige FoU-prosjekter innenfor grønn omstilling. Prosjektene skal ha et behov for et samlet offentlig tilskudd på over 50 millioner. De skal inkludere målrettet forskning, teknologiutvikling, forretningsutvikling, og de skal koble hele løpet fra kunnskapsproduksjon til implementering, kommersialisering og skalering av grønne teknologier, prosesser, produkter og tjenester. Prosjektene skal ha en varighet på 24-36 måneder. Prosjektet skal involvere et konsortie av samarbeidende aktører og en godkjent forskningsinstitusjon bør delta. Finansieringen administreres gjennom eksisterende virkemidler hos Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Enova og Siva. I 2021 ble det tildelt midler til 11 store prosjekter med tilskuddsstørrelse mellom 50 og 120 millioner kroner. I utlysningen for 2022 er det satt av 750 millioner kroner. Delmål for utlysningen i 2022 er å bidra til grønn omstilling gjennom å:

- utvikle teknologier, prosesser, produkter og tjenester, som inngår i helhetlige og grønne verdikjeder
- bedre miljøet i forhold til dagens løsninger, uten å gi negative konsekvenser for klima og miljø
- øke omstillingstakten, konkurransekraften og verdiskapingen i næringslivet
- øke private investeringer innenfor grønn omstilling

Vilkårene for tildeling av midler gjennom ordningen er regulert gjennom EUs regler for statsstøtte. I 2021 ble det levert inn en større søknad knyttet til elektrisk luftfart der blant Rolls Roys Electro, Sintef og TØI inngikk som deltakere. Søknaden ble ikke godkjent med henvisning til brudd på regelverket for statsstøtte.

Senter for forskningsdrevet innovasjon (SFI) er en status som kan gis til et forskningssenter i Norge, etter søknad. SFI-ordningen ble første gang utlyst i juni 2005. Et SFI etableres for en periode på maksimalt åtte år (fem + tre). Senteret skal være tilknyttet en forskningsinstitusjon, som er vertsinstitusjon for senteret. SFI-ordningen ble etablert av Norges forskningsråd for å styrke innovasjonsevnen i det norske næringslivet og fremme god og langsiktig næringsrettet forskning med internasjonalt anerkjent kvalitet. Sentrene samfinansieres av vertsinstitusjon, bedrifter, andre forskningsinstitusjoner og Norges forskningsråd. Bedrifter må delta aktivt i senterets styring, finansiering og forskning. Hovedkriteriet for å velge ut sentre er potensial for innovasjon og verdiskaping. Vitenskapelig kvalitet i forskningen må ligge på høyt internasjonalt nivå. Forskningsrådet tildeler SFI-status og tilhørende bevilgninger. I 2020 ble det bevilget 222 MNOK til slike sentre. All forskning skal her være langsiktig med åpne forskningsresultater, skjønt rettighetsbeskyttelse av resultater med et kommersielt potensial er tillatt.

Sentre for fremragende forskning (SFF) er et finansieringsvirkemiddel administrert av Forskningsrådet som ble etablert i 2000 for å fremme kvaliteten i norsk forskning. Formålet er å fremme banebrytende, nysgjerrighetsdrevet forskning som flytter den internasjonale forskningsfronten. Betegnelsen benyttes i flere

land om forskningsinstitusjoner som tilføres støtte for fremragende forskning. SFF-er mottar grunnfinansiering i 5 år, før senteret evalueres. Utfallet av evalueringen avgjør om senteret kan motta grunnfinansiering i ytterligere 5 år (5 + 5).

Noen vurderinger av virkemidlene opp mot grønn luftfart

Pilot E, Pilot T og Energi X er alle godt egnet for innovasjonsprosjekter med flere parter inne, men de økonomiske rammene er begrenset og prosjektperiodene er korte. Det er også et problem med Pilot-E og Pilot-T at de er strukturert rundt tematiske utlysninger ettersom det trolig ikke vil være tilstrekkelig mange gode søknader innenfor luftfarten til å forsvare at det velges som en utlysning. Energi-X egner seg for prosjekter som primært har fokus på prosjekter i tidlig TLR-faser. SFI er egnet hvis en vil bygge forskningsbaserte nettverk innenfor luftfarten hvor FoU-instituttene er i ledelsen og her er det store økonomiske rammer.

Ordningen Grønn plattform egner seg godt for aktører som har kapasitet til å ta teknologier og løsninger hele veien frem til marked. Det er da snakk om større industrielle bedrifter. Dersom parallelle prosess og krav (eksempelvis internasjonale godkjenningsordninger) bidrar til å bremse fremdriften i utviklingen av løsninger, vil kravet om maksimalt 36 måneder fort gjøre ordningen lite egnet. For arbeid med null-utslippsteknologi i luftfarten er ordningen godt dimensjonert men har sannsynligvis for kort horisont. Så lenge Norges største teknologiaktør innen luftfart var(er) diskvalifisert på formelle kriterier har ordningen liten relevant.

4.5 Andre virkemidler og programmer

I tillegg til de mer tradisjonelle aktørene i virkemiddelapparatet som vi s5ett litt nærmere på andre næringsrettede virkemiddelaktører.

4.5.1 Eksfin

Eksportfinans Norge (Eksfin) finansierer norsk eksport og internasjonal vekst. Eksfin tilbyr gjennom sine ordninger lån og garantier som skal fremme salgskontrakter og eksportfremmende investeringer i Norge. Eksfin er aktiv i bransjer knyttet til maritim, fiskeri og havbruk, fornybar energi, bank og finans og annen industri som eksporterer varer eller tjenester. Gjennom sine ordninger har Eksfin som formål å styrke hele eksportverdikjeden; eksportører, underleverandører, internasjonale kjøpere og banker. Nedenfor løfter vi frem ordninger som vi anser å ha relevans også for luftfarten.

Investeringer i kapasitetsøkende anleggsmidler: Eksfin garanterer for lån til investeringer i anleggsmidler i Norge. Investeringen må direkte eller indirekte føre til eksport. Garantien er ment å bidra til omstilling av fastlandsindustrien, slik at prosessanlegg til olje- og gassindustri, eiendomsutvikling og rene infrastrukturprosjekter faller utenfor. Det er bedriftens bankforbindelse som sender inn søknad til Eksfin om lånegaranti. Investeringen skal føre til omsetning som direkte eller indirekte er eksportrelatert. Minimum 50 prosent av den resulterende omsetningen skal være fra eksport. Garantien gis på markedsmessige vilkår, og Eksfin deler risikoen med bank på like vilkår. Eksfins garanti dekker normalt opptil 50 prosent av bankens/finansinstitusjonens risiko. Maksimal løpetid er normalt inntil 8,5 år, men varierer noe med sektortilhørighet.

Eksfin har en begrenset relevans i forhold til de aktuelle utfordringene. Unntaket er i tilfeller hvor det forventes at investeringer i testinfrastruktur med stor sannsynlighet vil gi eksportinntekter.

4.5.2 Investinor

Investinor investerer statlig risikokapital (egenkapital) i lovende tidligfaseselskaper. Investinor sin strategi går ut på å gjøre direkte investeringer i selskaper, investere i såkorn- og venturefond, samt å matche-investere sammen med private investorer i tidligfaseselskaper. Investinor forvalter rundt 8 MRD NOK og har totalt investert rundt 27 MRD NOK sammen med sine partnere. Formålet til Investinor er å bidra til at selskapet får mulighet til å utvikle en idé til et produkt eller en tjeneste, som videre kan teste på markedet. Man ønsker særlig å bidra til bærekraftig utvikling og omstilling til grønnere næringer.

Investinor har begrenset med kompetanse på luftarten, men kan være aktuelt dersom en er opptatt av tidligfase teknologiselskaper innenfor luftfarten.

4.5.3 Nordic Innovation og Interreg

Nordic Innovation er en nordisk organisasjon som jobber for å fremme samarbeid om handel og innovasjon på tvers av de nordiske landene. Organisasjonen er underlagt Nordisk ministerråd.

I 2019 etablerte Nordic Innovation et treårig program kalt Nordic Network for Electric Aviation (NEA) hvor formålet er å bli en nordisk plattform for aktører som ønsker å ta et initiativ på ulike områder knyttet til grønn luftfart. Dette skal de gjøre gjennom å samle nordiske aktører med sikte på å akselerere introduksjonen av elektriske fly i de nordiske landene. Programmet skal fasilitere samarbeid innenfor infrastruktur, industri og forretningsmodeller. Programmet jobber blant annet med å standardisere infrastruktur for elektriske fly, utvikle forretningsmodeller for regionale punkt-til-punkt ruter mellom de nordiske landene, utvikle flyteknologi som er tilpasset de klimatiske forholdene i Norden samt at de jobber for å utvikle en felles europeisk og global plattform for samarbeid.

Selv anser Nordic Innovation elflyprosjektet for å ha vært suksessfullt og det er nå i en sluttfase. På grunn av pandemien har ikke alt en ønsket å oppnå blitt nådd til tross for at prosjektet som helhet har vært bra. Samarbeidet med aktørene har fungert godt og de har derfor besluttet å gå videre med finansiering i en ny prosjektfase. Dette blir et nytt prosjekt som bygger på det gamle. Formålet her blir å koordinere aktørene på en måte som sikrer at ulike aspekter tilknyttet implementering skjer i riktig rekkefølge. Prosjektet inkluderer 14 partnere som bidrar til prosjektets finansiering, hvor blant annet Avinor, SAS og El Fly er deltakende (Nordic Innovation, 2022).

Nordic Innovation har også et droneinitiativ kalt The Nordic Drone Initative (u.d.) hvor det jobbes med å utvikle både person- og godstransportløsninger ved hjelp av droner. Programmet ledes av RISE og har 16 partnere fra fire nordiske land.

Green Flyway er et Interreg-prosjekt (EU basert innovasjonsordning som skal bidra til regionale utvikling gjennom innovasjon). Det er eid av Östersund kommune og Røros kommune. Prosjektet har et totalt budsjett på om lag 2 millioner euro hvorav en tredjedel er EU-støtte. Prosjektet skal utvikle testarenaer for elfly, autonome luftfartsløsninger samt luftfartskontroll i korridoren mellom Östersund og Røros. Prosjektet har en varighet fra 1. januar 2020 til 31. oktober 2022.

4.5.4 Grønt skipsfartsprogram

Grønt Skipsfartsprogram (GSP) er et partnerskapsprogram mellom private og offentlige aktører. Programmet er finansiert delvis av offentlige enkeltbevilgninger over statsbudsjettet og delvis av medlemmene selv. I statsbudsjettet for 2020 ble det bevilget 25 millioner kroner til GSP.

Programmet ble opprettet under navnet Grønt Kystfartprogram i januar 2015, og bestod ved oppstarten av 16 private bedrifter og organisasjoner samt to departementer. Våren 2019 skiftet programmet navn til Grønt Skipsfartsprogram for å anskueliggjøre internasjonale ambisjoner. Antall partnere har økt hvert år, og GSP har i dag 101 partnere. Programmets visjon er at Norge skal etablere verdens mest effektive og miljøvennlige skipsfart. Gjennom GSP er det igangsatt 35 grønne pilotprosjekter hvorav 11 er implementert eller under bygging. Programmet har jevnlige partnermøter, med rapportering fra alle pilotprosjektene, planlegging av nye piloter og presentasjoner/diskusjoner om temaer knyttet til grønn omstilling. GSP spiller en rolle for implementering av det grønne skiftet i maritim næring, både som en møteplass for utveksling av ideer, erfaringer og kunnskap, og for utvikling og igangsetting av grønne piloter.

Overføringsverdi fra GSP til luftfarten. Det er naturlig å tenke seg at dette programmet, og den suksessen det har hatt, også kan anvendes på andre områder, herunder utvikling av tiltak og prosjekter for luftfartsnæringen, som står overfor tilsvarende grønn omstilling. Vi kommer tilbake til vår vurdering av overføringsverdien i kapittel 6.

5 Den norske stat som aktiv pådriver

Et spørsmål i denne utredningen har vært å belyse hva verdien er ved at den norske stat inntar en *mer* aktiv pådriverrolle for utvikling av nullutslippsluftfart, utover å benytte det virkemiddelapparat som vi har beskrevet i forrige kapittel for å løse opp i markedssvikt.

I Norge har Avinor og myndighetene kommunisert en målsetning om overgang til nullutslipp i luftfarten innen 2050. I Klimameldingen[31] fremgår det at *"Regjeringa ønskjer å leggje til rette for rask innfasing av låg- og nullutslippsteknologi i norsk luftfart. Det skal mellom anna vere enkelt og attraktivt for innovatørar å nytte Noreg som ein arena for testing og utvikling av låg eller nullutslippsteknologi. Tilnærminga skal vere teknologinøytral, og gjennom Enova og andre virkemiddel kan aktørar i luftfartsindustrien få tilskot til forskning, innovasjon og innfasing av utslippsreduserande teknologi"*

Tilsvarende formuleringer finnes også i Nasjonal transportplan (NTP) 2022-2033[32] hvor det blant annet står at *«Regjeringen vil legge til rette for at luftfarten skal omstilles til lavutslippsamfunnet»* og legge til rette for rask innfasing av null- og lavutslippsteknologi innen luftfarten. Regjeringen ønsker her å tilrettelegge for at Norge skal være en attraktiv arena for testing og utvikling av null- og lavutslippsfly. Gjennom sentrale virkemidler som Enova ønsker regjeringen at aktører kan motta tilskudd til forskning og utvikling av nullutslippsløsninger innen luftfarten.

De siste årene har begrepet «missions» eller det som kan kalles samfunnsoppdrag fått en stadig større plass i den offentlige debatten i tilknytning til statens rolle i næringslivet (se Mazzucato, 2018). EU-kommisjonen har blant annet utpekt fem utfordringer som de har satt ambisiøse målsetninger for innen 2030 (Kunnskapsdepartementet, 2022). Intensjonen med slike samfunnsoppdrag er å sette en tydelig retning for markedsutviklingen som følges opp med konkrete tiltak. Skal en lykkes med å nå de ambisiøse målene vil det i mange tilfeller kreve at en utvikler og tar i bruk ny teknologi, nye systemer og prosesser. Det igjen kan utløse et behov for økte tilskudd, tiltak som reduserer risiko og noen ganger en koordinering av virkemidler på tvers av sektorer og fagområder. Ambisiøse «missions» kan også danne grunnlaget for ny næringsvirksomhet og nye verdikjeder. Gjennom en mission-orientert tilnærming argumenteres det for at man ikke utelukkende skal legge markedssvikt til grunn, men at staten må involvere seg mer direkte gjennom eierskap og koordinerte satsninger for å bidra til transformasjon av økonomien.

Hurdalsplattformen er tydelig på at "det må komme ytterlige statlige virkemidler som driver frem en mer miljøvennlig luftfart, med biodrivstoff og ny teknologi".[33] Et av punktene foreslår blant annet et program for teknologiutvikling: "Regjeringen vil opprettholde et godt, desentralisert nett med kortbaneflyplasser og sørge for at disse brukes i arbeidet med elektrifisering av luftfarten blant annet gjennom et program for teknologiutvikling".

I dette kapittelet gjør vi nærmere rede for hvilke relevante alternative virkemidler som kan egne seg for å stimulere til teknologiutvikling og implementering. Her tenker vi da på statlige subsidier til ruteoperasjon (FOT), avgiftspolitikk overfor flytrafikk, statlig eierskap til test- og pilotanlegg og eierskap til operasjonell infrastruktur (f.eks. anlegg for lading og fuel).

---

[31] *Meld. St. 13 Klimaplan 2021-2030*
[32] *Meld. St. 20 Nasjonal transportplan 2022-2033*
[33] *Hurdalsplattformen (2021). For en regjering utgått fra Arbeiderpartiet og Senterpartiet 2021-2025.*

5.1 Avgifter og subsidier

I Norge er kommersiell luftfart underlagt en rekke særskilte skatter og avgifter. Dette gjelder blant annet flypassasjeravgifter, støyavgifter, drivstoffavgifter, merverdiavgift og miljøavgifter på CO_2 og NO_x. I tillegg belastes flytrafikken med avgifter og gebyrer som relateres til eierskap og drift av sentral infrastruktur. Ved Avinors lufthavner omfatter dette i hovedsak startavgift, passasjeravgift og sikkerhetsavgift samt underveis- og terminalavgifter.[34]

5.1.1 Karbon-relaterte avgifter og subsidier

Norske myndigheter har allerede innført flere tiltak og reguleringer som kan påvirke klimautslipp, som blant annet CO_2-avgift, flypassasjeravgift og krav om at flydrivstoff i Norge skal inneholde 0,5 prosent biofuel fra 2020. Siden 2012 har Norge også vært en del av EUs ETS (Emission Trading Scheme) og i 2021 blir FNs luftfartsorgan ICAO (International Civil Aviation Organization) sitt miljøprogram CORSIA (Carbon Offsetting Scheme for International Aviation) iverksatt. CORSIA har som mål å stabilisere de fremtidige CO_2-utslippene fra internasjonal luftfart på 2020-nivå. Dette skal gjennomføres ved at flyselskapene enten kutter utslipp eller kompenserer sin vekst i utslipp ved å kjøpe CO_2-kvoter. Det er grunn til å forvente at dette vil gi flyselskapene sterkere insentiver til å investere mer i moderne og utslippseffektive teknologier i årene fremover som følge av disse tiltakene.

For å gi aktørene i luftfarten insentiver til å redusere utslippene har regjeringen varslet at innenriks luftfart, både kvotepliktig og ikke-kvotepliktig, vil stå overfor en karbonpris som gradvis skal økes til 2000 kroner pr. tonn CO2 i 2030, målt i faste 2020-kroner. I NTP vises det også til at regionale flyruter innenlands er sikret gjennom offentlige kjøp, der praksisen er at større avgiftsendringer blir kompensert og at en økt CO2-avgift derfor ikke vil svekke tilbudet på de minste rutene i distriktene. Det betyr samtidig at tiltaket sannsynligvis ikke gir samme effekt på insentivene til aktørene som ønsker å operere på disse rutene.

Korrekt satte avgifter og bruk av kvoter innebærer prinsipielt at subsidier ikke er nødvendige. Sagt med andre ord: Dersom pisk som virkemiddel er riktig utformet og dimensjonert, så er det ikke behov for gulrøtter, sett fra et samfunnsøkonomisk perspektiv. Dersom eksternaliteten er internalisert i form av en pris på utslipp som tilsvarer marginal skadekostnad, vil subsidier som kommer i tillegg medføre samfunnsøkonomiske merkostnader. En kan i teorien oppnå like store reduksjoner i utslipp ved å subsidiere klimavennlig adferd som gjennom bruk av avgifter, men dette vil kreve betydelig skattefinansiering og er mindre kostnadseffektivt enn avgifter direkte på den negative eksternaliteten.

Dersom det av ulike grunner ikke er mulig å prise utslippene korrekt, eller dersom det er behov for å stimulere bedriftene til å øke aktivitet, eksempelvis som følge av positive kunnskapseksternaliteter, vil en kombinasjon av avgifter og subsidier (pisk og gulrot) kunne egne seg godt for å skape effektive insentiver for overgang til grønne løsninger. I Menon (2021) har vi redegjort grundig for en slik kombinasjon av virkemidler for å flytte aktører over på nye teknologier i havbruk, men dette betinger da at teknologiene faktisk finnes. Her er det viktig å stille spørsmål ved kravet som må oppfylles for at gulroten skal tildeles. Søknadsbaserte tilskudd gjennom virkemiddelapparatet er en form for gulrot. Subsidier knyttet til implementering av teknologi som reduserer CO2-utslipp med X prosent er en annen type gulrot. Tildeling av driftslisenser (med eller uten driftsstøtte – les FOT som omtales nedenfor), betinget på implementering av lavutslippsteknologi er en tredje type gulrot.

---

[34] *For en mer utfyllende gjennomgang av avgifter og rammebetingelser i norsk luftfart viser vi til Menon-publikasjon nr. 13/2019 Kartlegging av myndighetsbestemte rammebetingelser for norsk kommersiell luftfart.*

5.1.2 Andre avgifter som påvirker lønnsomhet

Flere aktører innen luftfarten har trukket frem at gunstige, stabile og langsiktige rammevilkår må på plass for å gjøre det lønnsomt å utvikle og ta i bruk elektriske fly i norsk luftfart. Det har særlig blitt pekt på fritak for merverdiavgift på reiser med slike fly, med inspirasjon fra markedet for elbiler. Videre ha man løftet frem redusert flypassasjeravgift for elfly frem til 2040. Det er også blitt foreslått en reduksjon i startavgifter til Avinor, samt redusert elavgift for fly i næringsvirksomhet etter modell fra skipsfarten. Avgiftsreduksjoner av denne formen vil kunne gi ytterligere insentiver til satsning på elektrisk luftfart utover det man oppnår gjennom bruk av CO2-avgifter. Ettersom man fortsatt står overfor en betydelig periode med utvikling av teknologi og infrastruktur må denne typen avgiftskutt bindes for lang tid fremover for at man skal kunne oppnå insentiveffektene. Avgiftskuttenes bidrag til selve utviklingsløpet kan da være betydelig, men man må her huske på at dette utviklingsløpet rettes mot nye fly som skal anvendes internasjonalt. Et rent norsk insentiv vil derfor spille en moderat rolle i et løp som vil preges av kostnader og inntekter i markeder der det norske markedet kun utgjør en liten andel. Det er vanskelig å konkret vurdere hvor sterke slike norske avgiftsrettede insentiver vil kunne være sett opp mot gode støtteordninger for utvikling av infrastruktur og teknologi. Generelt vil vi bemerke at jo lenger frem i tid man må vente på de økonomiske gevinstene, jo svakere blir insentiveffektene, både som følge av usikkerhet og diskontering.

5.2 Statlige driftskonsesjoner (FOT-ruter) og distriktspolitikk

Et viktig tiltak for å sikre et tilstrekkelig flytilbud i hele landet er statens kjøp av flytransport på de såkalte FOT-rutene (forpliktelse til offentlig tjenesteytelse). Staten har regelmessig siden 1997 gjennomført anbudskonkurranser for å sikre et tilbud på disse rutene. I disse anskaffelsene stilles det krav til billettpris, kapasitet, frekvens, ruteføring mv. og kontrakten tildeles normal flyselskapet som tilbyr tjenesten til den laveste kostnaden for staten. Flyselskapet som vinner anbudet får enerett på rutetrafikk på de aktuelle strekningene i kontraktsperioden og får betalt for tjenesteytelsen (Samferdselsdepartementet, 2021).

Anbudskonkurransen for tildeling av driftskonsesjon gir staten relativt stor grad av frihet til å sette krav og føringer overfor leverandørene. En kunne tenke seg at dette kan utgjøre et virkemiddel hvor en nettopp kan stille krav om bruk av lav- og nullutslippsfly. Dette er også foreslått i Avinor og Luftfartstilsynet (2020). Det er i denne sammenhengen viktig å være oppmerksom på at FOT-ordningen primært har til hensikt å bidra til distriktspolitiske mål gjennom å tilby rimeligere flyrutetjenester med høyere frekvens til steder der man må forvente at det ikke er kommersielt grunnlag for slikt. Ordningen er med andre ord en distriktspolitisk ordning. Det er nå også et økende politisk fokus på å bruke kortbanenettet inn i arbeidet med elektrifisering av luftfart (jf. Hurdalsplattformen)

Fra et samfunnsøkonomisk ståsted bør et virkemiddel i størst mulig grad rette seg direkte mot det problem man ønsker å løse. Et virkemiddel kan bare i enkelte tilfeller bidra til flere mål samtidig, og da primært når målene i stor grad oppnås gjennom å stimulere samme aktivitet. Dersom man tar i bruk tildelingskriteriene i FOT-ordningen for å stimulere til raskere overgang til grønn luftfart (eksempelvis gjennom å premiere implementering av grønnere fremdriftssystemer) så benytter man et virkemiddel som har som primært fokus å løse et problem (distriktsutfordring). Denne utfordringen sammenfaller ikke nødvendigvis med klimaproblemet. Eksempelvis vil det geografiske subsidiebehovet (eksempelvis basert på befolkningsgrunnlag) ikke nødvendigvis sammenfalle med bidraget til CO2-reduksjon. I tiden fremover er det høyst sannsynlig at de distriktspolitiske behovene vil endre seg i lys av endret demografi og ulikheter i næringsutvikling. Et eksempel kan være etableringen av nytt næringsliv og ny flyplass i Mo i Rana som tilsier at det distriktspolitiske behovet for subsidier reduseres, men der vi likevel har behov for å stimulere til implementering av grønne løsninger. Et annet element som taler imot å

benytte FOT-ordninger for å stimulere til et grønt skifte knytter seg til at ordningen ikke omfatter kommersielle ruter i tilknytning til kortbanenettet. Alle relevante ruter vil dermed ikke dekkes, eksempelvis kommersielle ruter fra Trøndelag og Nord-Norge til Oslo. Behovet for lavere utslipp er dog ikke noe mindre på disse rutene.

Med dette som bakgrunn anbefaler vi ikke bruk av FOT-ordningen som et virkemiddel for overgang til grønn luftfart. FOT bør dedikeres til distriktspolitisk mål, ikke miljømål. Dersom man ønsker at trafikk på kortbanenettet skal være utslippsfri, bør andre ordninger sikre at flyselskapene velger å nettopp benytte slike fremdriftssystemer, uavhengig av om strekningen er subsidiert eller ei, basert på distriktshensyn.

5.3 Statlig eierskap

Et annet virkemiddel kan være gjennom en mer aktiv og målrettet utøvelse av statlig eierskap i luftfartsrelaterte selskaper. Gjennom Hurdalsplattformen har den nåværende regjeringen gitt klart uttrykk for at staten ønsker å benytte statlig eierskap som verktøy for å fremme det grønne skiftet i næringslivet (se Hurdalserklæringen side 12). Det er derfor naturlig å vurdere i hvilken grad statlig eierskap vil egne seg som verktøy for å bidra til å løse de to hovedutfordringene vi har skissert i kapittel 4.

I luftfarten er staten allerede en sentral eier gjennom Avinor. Statens begrunnelse for eierskapet i Avinor er å ivareta drift og utvikling av et landsomfattende nett av lufthavner samt sivil og militær flysikringsvirksomhet. Statens mål som eier er kostnadseffektiv og sikker drift og utvikling av statlige lufthavner og flysikringsvirksomhet. Avinor har avgiftsinntekter fra lufthavn- og flysikringsvirksomheten, som betales av flyselskapene og reguleres av Samferdselsdepartementet. De regulerte inntektene utgjør i underkant av halvparten av Avinors samlede inntekter (sett bort fra årene med korona-pandemi). Det er lagt til grunn en samfinansieringsordning av konsernets virksomhet. Samfinansieringen innebærer at ulønnsomme lufthavner finansieres gjennom overskudd fra de lønnsomme lufthavnene, særlig Oslo lufthavn. Ordningen er statsstøtterettslig begrunnet i unntaket for nettverksfinansiering. Selskapet utfører også samfunnspålagte oppgaver, blant annet å holde lufthavnene åpne for ambulansefly og -helikopter utenfor ordinær åpningstid. Det kommer relativt klart frem at utvikling av lufthavner og sivil luftfart inngår som et mål for statens eierskap. Staten kan med andre ord benytte Avinor som et verktøy for å stimulere til et raskere grønt skifte både gjennom utviklingsaktiviteter og operasjonell drift. Som nevnt i kapittel 4 er kravet til eierskap og egenkapitaltilførsel som virkemiddel at staten som eier besitter en eierkompetanse som er verdiøkende for samfunnet. Dette kan enten handle om eierkompetanse som øker den kommersielle verdien av aktivitetene eller det kan handle om at staten som eier effektivt griper inn i selskapets aktivitet for å justere for eksternaliteter (både positive og negative). Gjennom å definere klare utviklingsoppgaver i Avinor, kan staten nettopp bidra til denne typen verdiøkning for samfunnet.

Historisk har staten vært aktiv som eier inn i luftfarten gjennom eierskapet i SAS. I perioden før staten trakk seg ut som eier var statens eierskap i all hovedsak knyttet til kommersielle mål. I et marked med intens internasjonal konkurranse er det vanskelig å se at staten har særlige eierfortrinn i flyselskaper utover å potensielt kunne tilby lav pris på kapital under eventuelle kriser. Å legge særskilte føringer på enkelte flyselskapers klimaavtrykk gjennom statlig eierskap vil både påvirke konkurransen og fungere som et ineffektivt virkemiddel, all den tid en slik strategi bare vil berøre en del av luftfartsmarkedet.

Staten har også lang tradisjon for eierskap i teknologiselskaper. Kongsberg Gruppen hvor staten eier 50,001 prosent er et godt eksempel. Statens begrunnelse for eierskapet i Kongsberg Gruppen er å opprettholde et ledende teknologi- og industriselskap samt en forsvarsindustriell tilbyder med hovedkontorfunksjoner i Norge. Statens mål som eier er høyest mulig avkastning over tid. Fokuset på sikring av norske hovedkontorfunksjoner

baserer seg på man erfaringsmessig ser at steder og land der selskaper har hovedkontorfunksjoner ofte erfarer sterkere klyngeeffekter enn der hovedkontoret er flyttet til et annet land. Dermed skaper man grobunn for et mer dynamisk og vitalt næringsliv over tid. I forbindelse med Rolls-Royce sitt salg av den norske enheten (2018) valgte Kongsberg å tre inn som ny eier. Dermed sikret man norsk eierskap til teknologimiljøer som også er høyst relevante for utvikling av fremdriftssystemer i luftfart. Dog valgte man å skille ut Rolls-Royce særskilte satsning på elektriske fremdriftssystemer med fokus på luftfart (Trondheims-miljøet), men Kongsberg har i lang tid utviklet verdensledende kunnskap om fremdriftsteknologier for luftbåren transport og kan lett vri seg i retning av mer fokus på nye fremdriftsteknologier i sivil luftfart.

Staten har hatt varierende suksess med å gå inn som stor eier i eksisterende private selskaper der målstrukturen er rent kommersiell. Et eksempel statens inntreden som eier i Aker Holding. Målet var å sikre nasjonalt forankret eierskap som sikrer lokalisering av hovedkontorfunksjoner. Innen luftfartsteknologi er i det i dag få og stort sett små private aktører som opererer i Norge (se kapittel 3). Det er vanskelig å se for seg at staten skal ha et eierfortrinn i disse selskapene og behovet for å sikre statlige hovedkontorfunksjoner i disse selskapene er også begrenset.

Stat og kommune er også aktive i næringsutvikling gjennom eierskapet i kraftselskap som Statkraft, BKK, Lyse, Eidsiva etc. Gjennom slike selskaper har offentlig sektor tatt en sentral rolle i utviklingen av energisystemet for transport, lagring og lading av energi. Staten kan gjennom sitt eierskap i slike selskaper påvirke strategiske veivalg i retning av å bidra sterkere til fasilitering av nye grønne løsninger innen luftfarten.

Staten har også erfaring med å ta eierskap i infrastruktur som benyttes for uttesting, pilotering og eksperimentering. Gjennom Siva Eiendom har man eksempelvis eierskap i en rekke bygg og anlegg der det drives aktiv testing og pilotering. Eksempler på dette er Herøya, Kalfjord og Oslo Cancer Cluster. Det er viktig å være oppmerksom på at staten ikke behøver å eie slike anlegg alene. Gjennom sameierskap sikres markedsforankring og man får testet markedets behov for utprøvinger. Siva benytter seg i stor grad av nettopp slikt sameierskap. I Sverige har man sett nye initiativer av denne typen inn mot luftfarten. Den svenske staten har finansiert et nytt testsenter for Luftfartsverket i Malmø direkte over statsbudsjettet. Luftfartsverket er en svensk statlig eid forvaltningsbedrift som leverer lufttrafikktjeneste til sivil og militær luftfart i Sverige.

6 Oppsummering og anbefalinger

I dette kapittelet presenterer vi noen anbefalinger knyttet til bruk av virkemidler for å fremme grønn luftfart i årene som kommer. Vi tar utgangspunkt i de utfordringer som har blitt løftet frem de senere årene og som vi redegjør for i starten av kapittel 4. For at virkemidlene skal ha noen funksjon må de nettopp egne seg til å løse disse utfordringene.

- Den ene utfordringen knytter seg til et særnorsk behov for innfasing av nye fly i tilknytning til betjening av det norske kortbanenettet.
- Den andre utfordring er av mer langsiktig karakter og handler om norsk næringslivs langsiktige posisjon innenfor utvikling av luftfartsteknologi og grønne løsninger på lengre sikt.

Så langt har vi kun beskrevet utfordringene. I dette kapittelet går vi mer normativt til verks og vurderer i hvilken grad det er hensiktsmessig at staten dedikerer betydelige ressurser i arbeidet med å løse utfordringene.

Det er viktig å være oppmerksom på at det er overlapp mellom de to utfordringene. Selv om innfasingen av nye fly og konsepter på kortbanenettet må hvile på fly-konsepter som allerede er under utvikling, er det fortsatt behov for utvikling og testing av komponenter, motorer og systemer som skal inn i disse flyene. En aktør som Rolls-Royce Electric er tett involvert i disse aktive prosessene hos flere flyprodusenter og FoU-arbeidet skjer parallelt med konseptutvikling og etablering av kommersielle intensjonsavtaler. Det er derfor grunn til å hevde at disse to utfordringene må ses på i en mer samlet kontekst.

Generelt gjelder det videre at virkemiddelvalg må ta inn over seg sentrale kjennetegn ved utviklingsløpene knyttet til nye teknologier innen luftfart:

- Det er lange løp for godkjenning av motorer, sensor- og kontrollsystemer og nye flytyper. Løpene er betydelig lenger enn det man erfarer innen maritim sektor og innen veitransport
- For leverandørene blir teknologiene først lønnsomme når det åpnes for produksjon av større serier av produkter/komponenter. Også her avviker luftfarten en del fra maritim sektor der man i større grad kan hvile på skreddersøm
- Det er et tungt innslag av utenlandske aktører i dag. Den norske delen av verdikjeden er liten og spredt. Dette til sammenligning med maritim sektor der norske aktører har en helt sentral rolle i store deler av verdikjeden som tar oss over i grønnere fremdrift på skip og ferger. Hard konkurranse om å vinne frem med en standard som vil dominere luftfarten som i dag preges av Boeing og Airbus-maskinene 737 og A320

6.1 Virkemidler for Innfasing av nye fly på kortbanenettet

I dag finnes det nærmere 25 kortbaneflyplasser rundt om i Norge. Dette er flyplasser med en rullebanelengde som er beregnet for flytyper som klarer seg med rundt 800 meter for avgang og landing. Selv om det meste av flytrafikken i Norge drives på kommersielt grunnlag er det kun deler av innenriks rutetilbudet på kortbanenettet som er kommersielt lønnsomt. Mange ruter har et for tynt markedsgrunnlag til å kunne forsvare et rutetilbud fra en bedriftsøkonomisk vurdering. Dette er flyruter som i hovedsak betjener mindre flyplasser på Vestlandet og i Nord-Norge.

I Nasjonal transportplan 2022-2033 (NTP) fremgår det at Regjeringen vil legge til rette for at luftfarten skal omstilles til lavutslippsamfunnet og at det er en viktig forutsetning for at vi skal kunne fortsette å reise.

Majoriteten av rutene på kortbanenettet opereres i dag av Widerøe med deres Dash 8 fly. De siste årene har Widerøe gjennom kjøp av brukte fly og et vedlikeholdsprogram (ESP - Extension Service Program) sørget for at de har fly som kan betjene kortbanenettet en del år til. Signalene fra Widerøe er helt tydelige på at når de nå skal erstatte flyene sine må det skje med nye fremtidsrettede lav- eller nullutslippsfly. 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.

I vår gjennomgang av ulike teknologiske utviklingsløp fremover viser vi til at det fremtidige markedet for regionalfly nok er relativt begrenset i en global kontekst. Dette innebærer at det norske markedet på kortbanenettet utgjør en markant andel av markedet for regionalfly. Det innebærer videre at det for Norges del er særskilt viktig at man får implementert denne typen fly og tjenester så fort som mulig. I kapittel 2 viser vi at flyprodusenter og teknologileverandører i andre land har kommet såpass langt i utviklingen av konsepter for regionale fly at det er liten grunn til å forvente at norske aktører vil ta en sentral rolle i fremstillingen av slike fly (med unntak av Rolls-Royce som allerede er inne med teknologileveranser til flere av flyprodusentene).

Vi peker derfor i all hovedsak på mulighetene som ligger i å få etablert en testinfrastruktur for utprøving av nye fly, den relaterte infrastrukturen som omgir flyene, samt kommersiell utprøving av nye fly-konsepter når man kommer litt lenger i utviklingsløpet.

6.1.1 Hva må til for å støtte opp om dette behovet?

For å gjøre utprøvingstiden og godkjenningsperioden kortest mulig tror vi det er en god ide å etablere en test-infrastruktur som gjør det mulig å prøve ut regionale flytyper med opptil 19 seter basert på ulike fremdriftssystemer som er aktuelle for håndtering av det norske kortbanenettet. Vi må forvente at det vil etableres flere konkurrende testarenaer i andre land som vil kunne konkurrere med testinfrastruktur i Norge, men Norge har noen fortrinn som man kan utnytte:

- Våre intervjuobjekter og Samferdselsdepartementet har trukket frem at kortbanenettet kan være velegnet til teknologiutvikling, testing, demonstrasjon og kommersiell utvikling. Nettet gir mulighet til å teste operasjoner i omskiftelig vær, med ulike avstander mellom flyplasser, med varierende befolkningsgrunnlag etc.
- Våre intervjuobjekter trekker også frem at det er oversiktlig å operere i Norge med få aktører på myndighetssiden som det er lett å få en dialog med
- Det pekes også på at utenlandske aktører har sett at Norge har vært tidlig ute med en pådriverrolle for å fremme elektrifiseringen innen andre transportsektorer, som vei og ferger, og at erfaringene og kunnskapen fra dette ses på som et fortrinn. Dette er viktig fordi man må forvente at de aller fleste brukerne av testinfrastrukturen vil være utenlandske produsenter, leverandører og operatører

Slik vi forstår det er det etablert tette bånd mellom Luftfartstilsynet og EASA som gjør det lettere for EASA å følge testaktivitet i Norge for videre utforming og implementering av standarder og ny regulering. Denne tette koblingen er avgjørende for å få på plass et regelverk så tidlig som mulig. Her handler det ikke minst om hvordan en designer en AOC-organisasjon (tjenestesystem) som oppfyller alle krav som er angitt i EASA Part ORO (Organisatoriske krav til luftoperasjoner) ved bruk av nullutslippsteknologi.

- For et flyselskap betyr innføringen av slik teknologi mer enn bare å anskaffe et mer moderne fly. Commercial Airline Operation er en lisensiert aktivitet, som krever en godkjent organisasjon, som er kompetent til å drive et bestemt fly
- Hvis et flyselskap kjøper et velkjent fly (f.eks. en Boeing 737) kan kompetanse hentes, og prosesser og prosedyrer kopieres fra andre. I slike tilfeller tar et Entry Into Service-program vanligvis rundt 6 måneder. Med innføringen av nye flytyper, der flyselskapet fungerer som lanseringsoperatør, må prosesser og prosedyrer utvikles og opplæringskrav defineres i et trilateralt samarbeid mellom flyprodusenten, flyselskapet (AOC) og den kompetente myndigheten (EASA/Luftfartstilsynet). I slike tilfeller vil en typisk inngang til serviceprogrammet ta et erfarent flyselskap 18 - 24 måneder
- En nullutslippsløsning representerer en helt ny teknologiplattform, ofte beskrevet som et tredje epokefly. Da må selv ferdighetene og kompetansen til de involverte defineres, før prosesser og prosedyrer kan utformes. Det er blitt anslått at dette arbeidet vil ta 48-60 måneder (4-5 år). Det vil kreve operasjonell forskning og utvikling for å foreslå nye prosesser og prosedyrer som skal godkjennes av internasjonal og nasjonal luftfartsmyndighet. Med en mest mulig effektiv utprøvingsplattform kan godkjenningsprosessene kanskje kuttes til 3-4 år

For å bidra til en raskere og mer effektiv implementering av fly med nullutslippsteknologi i Norge anbefaler vi at det etableres en testinfrastruktur som lar flyprodusentene i tett samarbeid med regulerende myndigheter teste:

- ulike ladeløsninger med tilhørende sikkerhetsrutiner, både for faste og utskiftbare batterier
- løsninger for fueling av hydrogen
- tårntjenester og ground-handling med fokus på værmessige utfordringer
- servicefunksjoner og teknisk support
- ansvarsdeling av ulike tekniske og driftsmessige operasjoner
- ulike måter å organisere energiforsyning til flyplassen og videre ut til flyene, i samarbeid mellom flyplasseier og energiselskapene/nettselskapene.
- Kommersiell testing av konsepter (2026 og utover). Her tenker vi først og fremst på kostnadsstruktur og kostnadsoptimering for testruter. knyttet til bruk av ulike tjenester på flyplassene

Vi tror det er viktig at det tilbys tilstrekkelig fleksible testfasiliteter for å være attraktivt for utenlandske teknologimiljøer, flyprodusenter og flyselskaper. Testfasiliteter som skal dekke så vidt bredt utvalg av funksjoner må forventes å kreve betydelige investeringer. Vi tror derfor det er behov for å søke seg mot virkemidler som har en høy tilskuddsramme.

Ettersom både markedet for teknologileveranser, flyproduksjon og luftfartstjenester er svært internasjonalisert, mener vi det er viktig at virkemiddelet som tilbys kan bistå med tilskudd som også kan kanaliseres til utenlandske partnere. Det vil gjøre testinfrastrukturen mer attraktiv, både fra et tilbyder-perspektiv og fra et bruker-perspektiv.

Virkemidlene som tilbys for å løse denne utfordringen bør også ha en innretning som gjør det mulig å koordinere bruk av andre typer virkemidler fra andre virkemiddelaktører.

6.1.2 Anbefaler et Norsk katapult-senter for testing innen grønn luftfart

Gjennomgangen av eksisterende programmer og støtteordninger i kapittel 4 viste at det er ingen som er rettet inn mot eller forbeholdt luftfarten i dag. Sett fra et norsk ståsted så er de ordningene med tydeligst kobling til grønn luftfart satsningene gjennom Nordic Innovation og Interreg.

I lys av behovene vi beskriver over anbefaler vi etablering av et nasjonalt katapult-senter for testing og pilotering av ulike løsninger innen grønn luftfart. Hovedårsakene bak denne anbefalingen er at:

- Senteret kan driftes av både statlige og private aktører der vi anser Avinor som en viktig potensiell partner. Utvalgte flyplasser hos Avinor kan anvendes som testarenaer. Ordningen åpner videre for at både norske og utenlandske aktører stiller utstyr og kompetanse til rådighet
- Ordningen gir økonomiske rammer som gjør det attraktivt å etablere/utvide ny testteknologi og løsninger. Som katapult-senter er det i dag mulig å hente inn finansiering for investeringer i fasiliteter på 50 mill. kroner samlet over en 5 års-periode. Sannsynligvis er det mulig å utvide investeringsstøtten ytterligere
- Ordningen tilbyr finansiering av drift og kompetanseheving i størrelsesorden 2-4 mill kr per år. Dette gjør det mulig å finansiere et lite senter/sekretariat som koordinerer testinfrastrukturen, partnerne, diverse kundehenvendelser, samt behov for samordning opp mot alternative tilskuddsordninger
- Ordningen er tilstrekkelig fleksibel til å inkludere utenlandske aktører både på partner og kundesiden
- Ordningen er allerede på plass med et velfungerende team i Siva som følger opp senterene. Samtidig er ordningen fortsatt under utvikling med åpning for nye varianter og tilpasninger
- Det er mulig å tilføre Siva ressurser gjennom separate oppdragsbrev for å sikre etableringen av et slikt senter

Et katapult-senter vil kunne påta seg en koordinerende rolle for både henvendelser om test og pilotering og henvendelser om FoU-samarbeid. Gjennom intervjuer har vi avdekket at en rekke henvendelser om uttesting og FoU fra nasjonale og utenlandske aktører ikke har blitt fulgt opp ordentlig fordi ansvar og roller er dårlig definert. Nedenfor viser vi noen eksempler:

Maritime Robotics AS i Trondheim hadde i 2021 møte med Airbus sin avdeling i München som utvikler droner som er aktuelle for det norske forsvaret. Airbus var/er interessert i «norsk content» og forespør norske bedrifter om samarbeid knyttet til operasjon, testing og til dels deltakelse i teknisk utvikling alt etter hvilken kompetanse bedriften har. Airbus peker på at dersom Norge hadde hatt et tydelig norsk program gjennom en virkemiddelaktør som kunne gitt tilskudd til en slik satsning, så ville Norge fremstått som mer attraktivt for uttestinger. Det kunne igjen bidratt til mer kompetansebygging og teknologiutvikling i Norge. Airbus (med A^3 Vahana) har vært i Norge for å diskutere mulig test-/demonstrasjonsprogram i Norge. De har hatt møte med Posten, Avinor m.fl. men ingen følger opp eller har noe å bidra med for å få prosjektet hit.

Rolls-Royce har sitt senter for elektriske drivsystemer i Trondheim. Utvikling av elektriske fremdriftssystemer har svært lang tidshorisont og er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt innenfor normale beregninger. Rolls-Royce vil trekkes mot å legge slik utvikling til land hvor man mottar ekstra tilskudd. Dette er et satsingsområde i Europa og det er viktig at Norge raskt kommer på banen med utviklingsmidler slik at Rolls-Royce i Norge får konkurransedyktig vilkår for FoU i Norge. Den store prosjektsøknaden rettet mot Grønn plattform for utvikling

av et grønt luftfartskonsept der RR skulle samarbeide med Sintef, Widerøe og TØI ble avvist på grunn av formaliteter som man eksempelvis i Tyskland har klart å løse. De hadde hatt behov for veiledning i denne søknaden.

6.1.3 Anbefaler en risikolåneordning og kondemneringsordning for nye nullutslippsfly

For flyselskapene er det alltid en viss risiko knyttet til å være først ute med å kjøpe nye fly og det kan antas at risikoen er enda større når helt ny fremdriftsteknologi skal tas i bruk. Det reiser et spørsmål om det finnes tiltak og ordninger som kan bidra med risikoavlastning for flyselskaper som er villige til å investere i null- og lavutslippsfly.

- Vi anbefaler at det tilbys en risikolåneordning i forbindelse med kjøp av nye lite utprøvde nullutslippsfly, der det settes av minimum 30 prosent til tapsavsetninger. Dette er nivået på tapsavsetninger man benytter i eksisterende ordning for innovasjonslån, og nivået synes i stor grad å reflektere den merrisiko som kommer i tilknytning til slike prosjekter. Lån knyttes da til selve innovasjonsprosjektet i likhet med dagens Innovasjonslån fra Innovasjon Norge. En slik ordning må naturligvis utformes innenfor handlingsrommet i regelverket for offentlig støtte

Som vi har omtalt i kapittel 4 administrere Innovasjon Norge i dag allerede en støtteordning for kondemnering av skip ved at selskaper får direkte støtte til investeringer i nye lav- eller nullutslippsfartøy dersom gamle skip kondemneres. Her gis det støtte for å påvirke insentiver til kjøp og implementering av ønskede klimavennlige løsninger kombinert med utfasing av utdaterte fartøy med store utslipp. Dersom regjeringen ønsker å satse og bidra til en raskere omstilling til en grønn luftfart og en fornyelse av flyflåten ser vi ingen prinsipielle forskjeller på å gi tilsvarende støtte til kjøp av nye fly som det her er gjort for skipsfarten. Kondemneringsordningen for skip åpner opp for at et maksimalt tilskudd på inntil 8 millioner kroner per fartøy. Tilskuddet kan imidlertid ikke overstige 40 % av støtteberettigede kostnader for store bedrifter, 50 % for mellomstore bedrifter og 60 % for små bedrifter. De nevnte prosentsatsene kan økes med 5 % innenfor det distriktspolitiske virkeområdet (Innovasjon Norge, 2020).

Vi har fått innspill underveis i prosjektet om at de første nullutslippsflyene som vil være aktuelle for norsk luftfart vil koste i størrelsesorden 40 millioner kroner. Da er det er grunn til å tro at et støttebeløp på inntil 8 millioner kroner vil være et relevant tiltak for å bidra til å redusere risiko. Skal ordningen ha en reell betydning for valg av løsning bør subsidieelementet utgjøre over 10 prosent av innkjøpsverdien for nye fly. Vi har ikke vurdert rammen for støtte opp mot EUs statsstøtteregelverk, da dette ligger utenfor oppdragets mandat.

6.1.4 Hvorfor ikke et Grønt Luftfartsprogram basert på GSP?

Det skyldes først og fremst at det er få relevante norske aktører som utpeker seg som aktuelle deltakere til et slikt program. I motsetning til maritim sektor, hvor Norge har en internasjonalt ledende posisjon og med noen av verdens fremste aktører, er utgangspunktet for å etablere noe tilsvarende innenfor luftfartsnæringen ikke på langt nær like godt. GSP er videre i stor grad basert på samfinansiering fra deltakerne, både hva gjelder driften av programmet, men også de enkelte prosjektene. Kostnadene ved å utvikle produkter og løsninger innenfor luftfarten vil trolig også være betydelig høyere som følge av lengre og mer krevende utviklingsløp på grunn av høye krav til sikkerhet og godkjenninger. Et program basert på samfinansiering av store og kostnadskrevende prosjekter vil kunne bli krevende for flere av selskapene som kunne vært aktuelle deltaker å være med å finansiere.

Etter vår vurdering vil derfor ikke et Grønt luftfartsprogram bygget opp etter modellen til GSP være en hensiktsmessig løsning.

6.1.5 Hvorfor ikke en storskala pilot-ordning gjennom Enova?

Som vi nevner i kapittel 4 er denne ordningen høyst relevante for grønn luftfart, og da særlig med tanke på denne utfordringen, ettersom fokuset på pilotering og demonstrasjon tillater at det investeres ressurser i implementering av nye teknologiske løsninger som allerede har kommet langt i utvikling eksempelvis fra andre land.

Når det er sagt er det viktig å være oppmerksom på at en effektiv og attraktiv infrastruktur for testing og pilotering av nye grønne løsninger i luftfarten må inneholde langt flere komponenter enn de som knytter seg til energi (bruk, distribusjon, lagring etc). En stor andel av testoperasjonene vil handle om helt andre aktiviteter som knyttes opp til sikkerhet, regularitet, standardisering, operasjonelle prosedyrer etc. Vi er usikre på om dette faller inn under Enovas tilskuddsmandat. Det kan tenkes at dette kan tilpasses, men det vil sannsynligvis kreve etablering av en ny ordning.

6.2 Virkemidler for langsiktig utvikling av teknologi- og infrastrukturleverandører

I lys av norske teknologileverandørers relativt svake posisjon inn mot internasjonal luftfart har det blitt pekt på behovet for en mer langsiktig satsning på FoU og næringsutvikling i Norge. Dette handler med andre ord om norsk næringslivs langsiktige posisjon innenfor utvikling av luftfartsteknologi og grønne løsninger på lengre sikt.

Som vi har pekt på har norske bedrifter en ledende posisjon som leverandører til null- og lavutslippsløsninger innen maritim sektor, men innen grønn luftfart 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, der Sintef ønsker å ta en sentral rolle. Men den samlede FoU-innsatsen er fortsatt høyst begrenset, særlig i lys av aktivitetsomfanget i andre land.

Ifølge Sintef foreligger det et betydelig markedspotensial for norsk teknologi ved utvikling av en grønn verdikjede for luftfartsnæringen (SINTEF og NTNU, 2022). Widerøe Zero hevder videre at en verdikjede for grønn luftfart i Norge vil tilrettelegge for arbeidsplasser tilknyttet utvikling av elektriske motorer, batterier, hydrogen og ny infrastruktur, eller sentrale komponenter og tjenester knyttet til dette. Disse aktørene løfter frem at en realisering av dette verdiskapingspotensialet knyttet til grønn luftfart hviler særlig på følgende suksesskriterier:

- En tydelig visjon fra myndighetene som sikrer forutsigbare rammevilkår[35]
- Et fremoverlent lokalt marked for utvikling av en operativ verdikjede i Norge. Ettersom Staten gjennom Avinor og tildeling av operasjonslisenser står helt sentralt i utformingen av dette markedet er tanken at staten må være fremoverlent som aktør med fokus på teknologi- og tjenesteutvikling
- Tilpassede virkemidler som legger til rette for læringseffekter knyttet til grønn luftfart av kommersiell skala, og bidrar til at norske aktører kan posisjonere seg i et nytt og delvis ukjent marked
- Langsiktige virkemidler som bidrar til å bringe næringsaktører og FoU-aktører tettere og som sikrer finansiering av prosjekter over lengre tid

[35] *Regjeringens signaler i Klimameldingen inneholder formuleringene som er lite konkrete og uforpliktende og regjeringen kommer heller ikke med noen konkrete tiltak for hvordan en skal sørge for at målsetningen nås. Her kunne norske myndigheter vært mye tydeligere på målsetningen for 2050 med konkrete milepæler som bør nås på vei frem mot 2050.*

- Oppnå konkurransefortrinn ved å være tidlig ute når teknologien er kommersielt konkurransedyktig

6.2.1 Relevante tiltak/virkemidler knyttet til denne utfordringen

I dag består de identifiserte aktørene av stort sett av mindre selskaper (se kapittel 3), og det er rimelig å anta at det vil være knyttet store utfordringer for disse å ta en posisjon internasjonalt, utover den rolle som Rolls-Royce har i dag. Dette innebærer at man må tenke langsiktig for å kunne realisere et mulig potensial for norsk næringsliv innen denne sektoren. I utformingen av virkemiddelapparatet møter man på denne problemstillingen i vurderinger rundt spørsmålet om næringsnøytral politikk. Skal staten velge å ta hensyn til næringenes størrelse, konkurranseevne og kompetanse når man velger ut satsningsområder, eller skal staten stille seg nøytral til slike egenskaper?

I det forskningspolitiske arbeidet er ikke spørsmålet om nøytralitet like aktuelt. Det er lang tradisjon for at de innovasjonsrettede forskningsmidlene i stor grad kanaliseres til de sterkeste miljøene, de man hviler på søknads- og peer review-baserte ordninger, gjerne med internasjonale fagfeller. Det trekker tydelig i retning av at de miljøene som er langt fremme faglig og som har tunge faglige bånd til de store næringer også tildeles mest midler. Typiske eksempler på slike tildelinger er sentertildelingene i Forskningsrådet gjennom SFI og FME-ordningene (se kapittel 5).

Normalt argumenteres det for at man bør rette inn næringsrettede og innovasjonsfremmende virkemidler mot de næringer der vi har kompetanse og kapasitet til å vokse. Eksempelvis tenker man da på maritim sektor, havbruk, fornybar energi, metaller og materialer. I næringen som er mindre og mer fragmenterte vil det være hensiktsmessig å utnytte eventuelle koblinger til de større og tyngre næringsmiljøene. For luftfarten kan dette eksempelvis være koblinger til elektrifisering av maritim sektor eller teknologimiljøene på Kongsberg. Ettersom næringslivet rundt luftfarten er såpass internasjonalisert er det også helt avgjørende at en langsiktig satsning hviler på et tett samarbeid med utenlandske forsknings- og teknologimiljøer. På lengre sikt er det også grunn til å forvente at næringsaktørene retter stadig mer fokus mot null- og lavutslippsteknologier for mellomdistanseflygninger som utgjør et langt større marked enn regionalmarkedet. I tillegg må man forvente at utviklingen av eVTOLS kommer til å prege markedet ettersom slike fly vil kunne tilby en helt annen fleksibilitet enn det man har med andre farkoster. Dette innebærer at norske langsiktige satsninger inn mot luftfartsteknologi bør ta høyde for disse forventede utviklingstrekkene.

6.2.2 Hva må til for å støtte opp om dette behovet?

En mer langsiktig satsning på grønn luftfartsteknologi kan del strykes gjennom å utvikle en effektiv og attraktiv testinfrastruktur her i landet, jamfør løsninger knyttet til den mer kortsiktige utfordringen. Får man til dette, så etableres det også koblinger mellom aktører her hjemme og i utlandet. Man etablerere et aktivt nettverk/arena der aktørene som arbeider med grønne løsninger kan møtes og samarbeide om videre utvikling.

Dernest ser vi og mange av intervjuobjektene at det er behov for å styrke kompetansen rundt luftfart og luftfartsteknologi generelt i virkemiddelapparatet. Luftfart vies langt mindre ressurser gjennom virkemiddelaktørene enn andre transportformer. I Enova har man eksempelvis egne programmer for sjøfart og landtransport, men ikke noe for luftfart. Ved å tilsette 1 til 2 eksperter på luftfart med saksbehandlerkompetanse hos en av virkemiddelaktørene (Enova, Forskningsrådet, Innovasjon Norge eller Siva) vil man lettere kunne omfatte luftfart i tilknytning til strategiske satsninger. Dersom man eksempelvis velger å etablere et katapult-

senter, kunne man eksempelvis lokalisere slik kompetanse til Trondheim der man også finner sterke teknologimiljøer (eksempelvis Rolls-Royce) og forskningsmiljøer.

Videre tror vi at det er behov for et mer langsiktig FoU-prosjekt av den typen som organiseres gjennom en SFI som delfinansieres av forskningsrådet. Vi er derimot skeptiske til at det dedikeres FoU-midler til næringen særskilt. Det er god grunn til å la FoU-miljøene konkurrere om etablering av en SFI eller en FME på luftfartsområdet med andre slike søknader fra andre næringer. Blant annet er FoU- og teknologimiljøene på dette feltet for små til å konkurrere internt innen et dedikert program. Vi tror at Sintef i samarbeid med næringsaktører, Avinor og andre bør jobbe systematisk for etablering av et Senter for forskningsdrevet innovasjon (SFI) for grønn luftfart med langsiktig finansiering og med senterledelse i en større forskningsinstitusjon. Vilkår for utenlandsk deltakelse må avklares og forbedres. Gjennom en SFI åpnes det for finansiering som gjør det mulig med større utviklingsprosjekter som strekkes seg over mange år. Gjennom en SFI vil man ha langsiktig fokus på teknologutfordringene samt et senter som kan koordinere eksterne henvendelser om FoU-samarbeid og lignende.

Et alternativ til å dedikere et fullt FoU-program til luftfart er å etablere en satsning på luftfart under Pilot T eller Pilot E gjennom en dedikert utlysning ett år. Slike tematiske utlysninger gjennomføres i dag, men vi er samtidig litt skeptiske til slike kortvarige tematiske satsninger ettersom tidsvinduet begrenser tilgangen på gode prosjekter.

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., Søgaard, 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 nærskipsfart*. Hentet fra Innovasjonnorge.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 elektrolysør til verdens første hydrogenanlegg offshore*. Hentet fra E24.no: https://e24.no/det-groenne-skiftet/i/dmQab1/nel-skal-levere-elektrolysoer-til-verdens-foerste-hydrogenanlegg-offshore

Luftfartstilsynet. (u.d.). *Norge blir europeisk satsingområde*. Hentet fra Luftfartstilsynet.no: https://luftfartstilsynet.no/om-oss/nyheter/nyheter-2019/norge-blir-europeisk-satsingsomrade/

M. Bermudez, J., Hannula, I., Connelly, 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 Initaitve. (u.d.). *Who We Are*. Hentet fra Nordicdroneinitiative.com: https://www.nordicdroneinitiative.com/

Nordic Innovation. (2022). *Nordic Network for Electric Aciation (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 - ekspertutvalg for klimavennlige investeringer.* Hentet fra Regjeringen: https://www.regjeringen.no/contentassets/e9825737f6eb4db980cfb3692461e309/mandat_ekspertuvalg-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

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 rejgeringen.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-energibehov.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 of 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

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

Wolff, C., & Riefer, 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 prosessteknologi og storskala batteriproduksjon som ikke uten videre bare finner sted hos teknologiutviklerene.

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 nøkkelmaterialer, 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 vær 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 nikkel 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 overvåkning. Kapasiteten er på ca. 40 MWh per år.

JBI 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

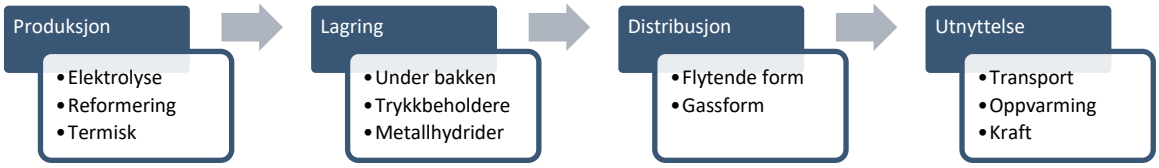
Det er flere norske aktører som retter seg mot ulike deler av den hydrogenbaserte verdikjeden i Norge. De hydrogenbaserte aktivitetene er mange og gir uttrykk for hydrogenets potensial som en ledende bidragsyter for å kutte klimagassutslipp, og samtidig bli en sentral eksportvare for norsk økonomi. Til 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 2030[36]

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 Avation» 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.[37]

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 elektrolysører[38], med potensiale til å betraktelig redusere tilknyttede kapitalkostnader (Schiøtz,

---

[36] *https://www.rechargenews.com/energy-transition/green-hydrogen-will-be-cost-competitive-with-grey-h2-by-2030-without-a-carbon-price/2-1-1001867*
[37] *Vi mener det vil være rimelig å anta en overlapp mellom teknologier brukt i de ulike sektorene.*
[38] *En elektrolysør er et apparat for elektrolyse.*

2021). Nel skal levere elektrolysør 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 metallhydrider 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 lettvekts 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-tankskip i utviklingen av LH2-bukerfartøy. 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, metall-legeringer, 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 konsulentselskap 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