

El for alle, alle for el?

En vurdering av mulig krav om null- eller lavutslippsfartøy i oppdrett

Audun Iversen





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 390 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1433 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsen gate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sundalsøra:

Sjølsengvegen 22
NO-6600 Sunndalsøra

Alta:

Kunnskapsparken, Markedsgata 3
NO-9510 Alta

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140

E-post: post@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA



Creative commons gjelder når ikke annet er oppgitt

Rapport

<i>Tittel:</i> El for alle, alle for el? En vurdering av mulig krav om null- eller lavutslippsfartøy i oppdrett	ISBN 978-82-8296-643-6 (pdf) ISSN 1890-579X
<i>Title:</i> An assessment of a possible requirement for low or zero emission vessels in salmon farming	<i>Rapportnr.:</i> 25/2020
<i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Audun Iversen	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen
<i>Avdeling:</i> Næringsøkonomi	<i>Dato:</i> 22.05.2020
<i>Oppdragsgiver:</i> Nærings- og fiskeridepartementet	<i>Ant. sider og vedlegg:</i> 30
<i>Stikkord:</i> Arbeidsbåter, oppdrett, elektrifisering, infrastruktur	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> Marius Dalen
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> Oppdraget handler om en eventuell innføring av krav om null- og lavutslippsfartøy i havbruksnæringen, mer spesifikt om «fartøy som betjener et begrenset geografisk område». Rapporten peker på både fordeler og ulemper ved elektrisk drift, og i hvilken grad teknologien er moden teknologisk og kommersielt, samt om kraftinfrastrukturen er god nok. Å innføre krav om nullutslipp oppfattes som krevende. Det er foreløpig bygget én helelektrisk arbeidsbåt, som har demonstrert at elektrisk drift er mulig for mange lokaliteter, men det er likevel knyttet en del usikkerhet til rekkevidde, operasjonsområde og -tid, samt til tilgjengelig ladeinfrastruktur. Lavutslippsbåter (hybridrift) har i dag små driftsbegrensninger sammenlignet med båter med dieseldrift. Erfaringene som er gjort så langt varierer, med stor spredning i erfarte besparelser. Besparelsene i praktisk bruk synes foreløpig å være mindre enn man hadde forventet. Rapporten anbefaler en trinnvis tilnærming til krav, med fortsatte insentiver i første omgang. Det vurderes at krav til lavutslipp vil være mulig å innføre på relativt kort sikt, mens nullutslipp krever større sikkerhet om både praktisk rekkevidde og tilgang til ladeinfrastruktur.	<i>Prosjektnr.:</i> 10898
<i>English summary/recommendation:</i> The assignment is about a possible introduction of requirements for zero- and low-emission vessels in the aquaculture industry, more specifically on "vessels serving a limited geographical area". The report points out both the advantages and disadvantages of electrical operation, and the degree to which the technology is mature technologically and commercially, as well as whether the power infrastructure is good enough. The report recommends a step-by-step approach to requirements, with continued incentives in the first years and announcement of requirements in some time.	

Sammendrag

Oppdraget handler om en eventuell innføring av krav om null- og lavutslippsfartøy i havbruksnæringen, mer spesifikt om «fartøy som betjener et begrenset geografisk område».

Denne avgrensningen er relevant for rene elektriske fartøy, men i mindre grad for hybridfartøy. Det får også implikasjoner for forslagene. Om kravet skal være *nullutslipp*, så blir en avgrensning som går på operasjonsområde viktig. Om kravet skal være *lavutslipp*, så kan denne avgrensningen gjøres mye enklere.

Rapporten peker på både fordeler og ulemper ved elektrisk drift, og i hvilken grad teknologien er moden teknologisk og kommersielt, samt om kraftinfrastrukturen er god nok.

Å innføre krav om nullutslipp oppfattes som krevende. Det er foreløpig bygget én helelektrisk arbeidsbåt, som har demonstrert at elektrisk drift er mulig for mange lokaliteter, men det er likevel knyttet en del usikkerhet til rekkevidde, operasjonsområde og -tid, samt til tilgjengelig ladeinfrastruktur.

Krav til Nullutslipp anbefales ikke på kort sikt, men insentivordninger bør videreføres og eventuelt utvikles. Krav kan vurderes annonsert for innføring på noe sikt.

Lavutslippsbåter (hybriddrift) har i dag små driftsbegrensninger sammenlignet med båter med dieseldrift. Erfaringene som er gjort så langt varierer litt, med stor spredning i erfarte besparelser. Besparelsene i praktisk bruk synes foreløpig å være mindre enn man hadde forventet. Mens kalkulasjoner har pekt på 70–80 % reduksjon i forbruk, har erfaringene lagt på 25–60 % reduksjon. Teknologien er fortsatt ikke helt moden for kommersielt gjennombrudd, men det har skjedd store forbedringer på bare noen få år.

Krav til Lavutslipp er etter vår vurdering mulig å innføre på relativt kort sikt, om krav er politisk ønskelig. For lettere hybridisering kan man med fordel også utrede utvidelse til arbeids-/servicebåter med større aksjonsradius.

Selv om en elektrifisering både teknologisk og kommersielt nærmer seg modenhet, er det fortsatt litt som mangler for at elektrifisering vil «ta av» uten insentiver eller krav. Mange er usikre på infrastrukturen, og de økonomiske besparelsene oppfattes som usikre. Samtidig er mindre støy og bedre arbeidsmiljø viktige drivere for en elektrifisering av arbeidsbåter. Med økende interesse for hybriddrift, voksende forventninger fra mannskapet om gode arbeidsforhold og modnende teknologi er det likevel forventninger om at elektrifiseringen vil bli vesentlig etter hvert, uavhengig av krav.

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Metode.....	2
2	Dagens flåte og reduksjonspotensial	4
2.1	Typer av arbeidsbåter	4
2.2	Potensial for energisparing	6
2.3	Noen begrepsavklaringer	6
2.4	Driftsmønstre	7
3	Fordeler med elektriske og hybride fartøy	9
3.1	Elektriske fartøy	9
3.2	Hybridfartøy	10
4	Utfordringer for el-båter.....	12
4.1	Driftsmessige utfordringer for el-båter.....	12
4.2	Hvordan bøte på de driftsmessige usikkerhetsmomentene?	15
5	Er teknologien moden nok?	17
5.1	Modenhet i praksis.....	17
5.2	Kommersiell modenhet.....	18
5.3	Økonomi for null- og lavutslippsbåter.....	20
5.4	Vil vi se elektrifisering uten krav?	23
6	Tiltak for overgang til elektrisk drift.....	26
6.1	Kriterier for å kunne stille krav.....	26
6.2	Krav til hva? Krav til hvem?	28
6.3	Økonomiske og distriktspolitiske konsekvenser av slike krav	28
7	Litteraturhenvisninger	30

1 Innledning

Oppdraget handler om en eventuell innføring av krav om null- og lavutslippsfartøy i havbruksnæringen, mer spesifikt om «fartøy som betjener et begrenset geografisk område».

Begrepene null- og lavutslippsfartøy reflekterer at man i utformingen av et eventuelt krav vil legge til grunn at kravet må være teknologinøytralt. For øyeblikket er det helektriske fartøy som kan gi noe nær nullutslipp, og det er hybriddrift med diesel og elektrisitet som er mest aktuelt for å gi lavere utslipp enn dagens fartøy. I denne rapporten vil vi nokså konsekvent bruke begrepene el-båter og hybridbåter, selv om det også jobbes med båter drevet av hydrogen. Hydrogendrift ligger imidlertid noe lenger frem i tid.

Rapporten diskuterer fordeler ved både elektrisk drift og hybriddrift (kapittel 3), og i hvilken grad rekkevidde og brukstid på elektrisitet for arbeidsbåtene tilfredstiller oppdretternes krav i daglig drift. I Kapittel 4 peker vi på utfordringene knyttet til elektrisk drift, og hvordan utfordringene kan møtes.

I kapittel 5 diskuterer vi teknologiens modenhet i både teknologisk/praktisk og kommersiell forstand, og peker på faktorer som taler for elektrifisering.

Rapporten diskuterer til slutt momenter for utforming av ulike modeller for innføring av krav om elektrifisering og mulige konsekvenser av kravene.

1.1 Bakgrunn

I dag er 70–80 % av fôrflåtene ved norske oppdrettslokalteter elektrifisert, i den betydning at de er tilknyttet «landstrøm», elektrisitet som hentes fra land. En del er også utstyrt med batteripakke for å håndtere strømbrudd, mens andre har generator for reservestrøm. Denne elektrifiseringen har skjedd i løpet av ganske få år, blant annet hjulpet av tilskudd fra ENOVA. Suksessen med elektrifisering av fôrflåtene har inspirert til ytterligere innsats for elektrifisering.

Regjeringen laget i 2019 en handlingsplan for grønn skipsfart¹, etter at de i Granavoldenerklæringen satte en ambisjon om å halvere utslippene fra innenriks skipsfart og fiske innen 2030. Her ville de også stimulere til null- og lavutslippsløsninger i alle fartøykategorier, herunder også for servicefartøy i havbruksnæringen.

Bellona og ABB utarbeidet i 2018 en argumentasjon for et «Grønt skifte i havbruk» (ABB/Bellona, 2018), som drøftet elektrifisering av både lokaliteter og arbeidsbåter. Her anslo de et utslipp fra lokalitetsbåter, servicebåter og arbeidsbåter under 15m på til sammen over 200 000 tonn CO₂, med et kuttspotensial på vel 139 000 tonn, eller 68 %. Til sammenligning har utslippskuttene fra elektrifisering av fôrflåtene så langt vært i størrelsesorden 100 000 tonn CO₂ per år.

¹ Departementene (2019): Regjeringens handlingsplan for grønn skipsfart.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/2ccd2f4e14d44bc88c93ac4effe78b2f/handlingsplan-for-gronn-skipsfart.pdf>

Sjømat Norge og Energi Norge fikk i 2018 laget en vurdering av elektrifiseringsmulighetene for både anlegg og arbeidsbåter (DNV-GL, 2018). De peker blant annet på at elektrisitet helt ut til merdene kan gi store besparelser.

Regjeringen har også gitt Miljødirektoratet (og seks andre etater) i oppdrag å utrede tiltak for å oppfylle nye klimamål mot 2030. DNV GL fikk oppdraget med å levere en tiltaksanalyse for skipsfarten (Eide, Rivedal, Leonhardsen, Sekkesæter, & Helgesen, 2019). Her var målet å utrede tiltak for å utløse minst 50 % reduksjon i ikke-kvotepliktige utslipp i 2030 sammenlignet med 2005. I denne rapporten utgjør havbruksfartøylene 95 skip med til sammen 122 000 tonn CO₂-utslipp i året (noe som åpenbart bare fanger opp deler av havbruksflåten. Siden utvalget består av båter som bruker AIS har de antagelig fanget opp brønnbåter og større arbeidsbåter, samt kanskje en del mellomstore). Fram mot 2030 vil energiforbruket etter referansebanen øke med 21 %.

Norske myndigheter har også, gjennom ENOVA, bidratt økonomisk og med kompetanse til bedrifter som ønsker å være tidlig ute med elektrifisering. Gjennom programmet Elektrifisering av sjøtransport har ENOVA støttet 33 prosjekter siste 12 måneder (løpende, per dags dato), hvorav 14 gjelder havbruksbåter. Det er tre brønnbåter, én fôrbåt og 10 prosjekter rettet mot arbeids- og servicebåter. Et par av prosjektene gjelder flere båter, så det er snakk om cirka 15 båter siste år. Før den tid har det imidlertid bare vært snakk om en håndfull båter.

Fokuset på elektrifisering er også i tråd med større internasjonale trender, som går i retning av strengere miljøkrav i internasjonal skipsfart. Kravene frontes blant annet av FNs sjøfartsorganisasjon (IMO)², og ventes å gi økende global etterspørsel etter miljø- og klimateknologi.

Norge har en ledende posisjon innen grønn skipsfart, og norske leverandører til havbruksnæringen er allerede globalt ledende på de fleste teknologiområder, og vil være godt posisjonert til å kunne utnytte også denne muligheten til eksport av miljøvennlig teknologi.

1.2 Metode

Denne rapporten bygger på intervjuer med produsenter og utstyrsleverandører, eksisterende og potensielle brukere av elektriske eller hybrid-elektriske arbeidsbåter (oppdrettsselskaper, service-selskaper og leasingselskaper) og representanter for offentlige organer. Flere av informantene har vi snakket med flere ganger. I en del avsnitt vil poengene bli illustrert gjennom direkte utsagn fra intervjuene, gjengitt i hermetegn.

I arbeidet med rapporten har det også blitt brukt en del skriftlig og nettbasert bakgrunnsmateriale, se referanseliste og fotnoter.

Beregninger

Beregninger som er gjort i rapporten er usikre. De er derfor gjort enkle og ment som illustrative. Driftsmønsteret og drivstofforbruket varierer mye, det er derfor usikkert hvor stort drivstofforbruket er. I og med at det er få båter i drift med el.- eller hybriddrift er det lite erfaringsdata tilgjengelig. Det er også vanskelig å beregne hvor store besparelser i drivstofforbruk man kan forvente. Besparelsene som er kalkulert og formidlet i søknader til ENOVA er den eneste (potensielt) komplette oversikt over

² IMO's strategi for redusert utslipp av klimagasser er redegjort for på deres nettside: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitialstrategy.aspx>

innsparingspotensialet for hittil bygde og prosjekterte båter. Vi har ikke hatt tilgang til disse (ENOVA kan av personvern hensyn ikke dele disse), de kan muligens skaffes gjennom direkte kontakt til selskapene som har søkt støtte. Disse tallene er imidlertid utformet for å få støtte, og kan neppe sies å undervurdere potensielle besparelser. Erfaringene fra brukerne av båtene tilsier i de fleste tilfeller lavere besparelser enn det som er skissert i søknader eller fra produsenter. Dette kan skyldes både uoptimale forhold (lavere temperatur) eller uoptimal drift (annet driftsmønster enn forutsatt, høyere fart, mer kranbruk osv.). I og med at det er få case, og stor variasjon i erfaringene, må beregninger tolkes med forsiktighet.

2 Dagens flåte og reduksjonspotensial

Vi har ikke fullstendig oversikt over antall oppdrettsbåter eller størrelsesfordeling på dem. Vi antar at det finnes rundt 900 arbeidsbåter i oppdrettsnæringen, hvorav cirka 600 er knyttet til lokaliteter og rundt 300 er servicebåter med større operasjonsradius. I tillegg finnes et stort antall personellbåter knyttet til lokalitetene, kanskje rundt 600 av disse også. Da har vi antatt 1 arbeidsbåt og 1 personellbåt per lokalitet, enkelte aktører peker på at antallet kan være enda større. Det finnes iallfall fem større verft som bygger elektrifiserte arbeidsbåter i dag, slik som Grovfjord mek. verksted, Ørnli slipp, Moen marin, Sletta verft og Folla Maritime.

I tillegg finnes en del aktører som leverer båter i samarbeid med utenlandske verft.

2.1 Typer av arbeidsbåter

Type båter i oppdrett og bruken av disse varierer mye fra selskap til selskap, og fra lokalitet til lokalitet, men vi vil likevel peke på et par «typiske båter» og en «typisk» bruk, som et grunnlag for diskusjon og vurderinger. Vi peker på fire typer oppdrettsbåter, hvorav 1 og 2 er de vi oppfatter å være innenfor fokus for denne rapporten, «mindre oppdrettsfartøy med begrenset geografisk arbeidsområde». Det er båtene i kategori 1 vi har hatt mest fokus på, ettersom det er denne kategorien det har vært størst fokus på elektrifisering. Det foregår også forsøk med elektrifisering av båter i kategori 2.

1. Lokalitet(arbeids-)båt

En typisk arbeidsbåt knyttet til en lokalitet er mellom 10 og 15 meter, og stadig oftere en katamaran. Båtene har krav for lettere og middels løft. Disse båtene brukes til alt jevnlig arbeid på lokaliteten, og har derfor mye liggetid ved merd. De brukes også til periodisk ettersyn av ulike funksjoner ved anlegget (noe daglig, noe ukentlig). Båten må kunne håndtere orkastnot, dødfiskhåv (hvor dette ikke er automatisert), luse-telling osv. Oppgavene omfatter gjerne også rengjøring (laser osv.), tilsyn og fôring av rensefisk, kontroll av utstyr (fortøyning, kamera, sender. osv.) og støtte til fjernfôring.



2. Personellbåt

I tillegg til en arbeidsbåt har mange lokaliteter en mindre båt for tilsyn, persontransport o.l.

Denne er gjerne under 8 meter, eller 8–10 meter, og som regel hurtiggående. Av og til brukes også eldre og mindre arbeidsbåter til personelltransport, da har man gjerne tatt bort kran og tyngre utstyr.

Ellers kan båtene brukes til mange av de oppgavene som nevnes ovenfor, alt som ikke krever løftekapasitet.



3. Servicebåt

En del av båtene på inntil 15 meter utfører gjerne **oppgaver på flere lokaliteter** innenfor samme selskap. Mange selskaper driver ulike former for samdrift mellom flere lokaliteter, for eksempel med felles landbase eller med båter som deles mellom flere lokaliteter. Disse har typisk mer periodiske oppgaver, eller støtteoppgaver, som notvask, bidrag til avlusing, skifte av nøter, håndtering av luseskjørt osv.



Disse båtene er ikke nødvendigvis lengre enn en typisk lokalitetsbåt, men har en annen driftsprofil og en annen utforming, med større bredde og kraftigere utstyr, for eksempel større kran. Her vil det være behov for lenger gangtid, og dermed behov for lenger rekkevidde. Notvask krever også mye strøm, det samme med hydraulikk. Disse båtene kan ligge en del standby, og da være på strøm, og ha god tid til lading. Men samtidig er disse båtene avhengige av å kunne være tilgjengelig døgnkontinuerlig i perioder. For slike båter er ren elektrisitet lite aktuelt, mens hybridløsninger absolutt kan være aktuelle.

Enkelte oppdrettere rapporterer at de har båter som i perioder er helt uten oppdrag i oppdrett og da kan de brukes i fiske (og faktisk er nybygget for slik kombinasjonsdrift).

4. Større servicebåter

Mange oppdrettsselskap operer i tillegg **større servicebåter**, mange på 18–25 meters lengde, og noen større. Disse er gjerne delt mellom mange lokaliteter, med betydelig operasjonsområde.



Båter i kategori 3 og 4 faller utenfor det man her har definert som båt med

begrenset operasjonsområde. Vi vil likevel bringe videre en del synspunkter og vurderinger knyttet til disse båtene som har kommet fram gjennom intervjuene. Selv om ren elektrisk drift er lite realistisk på disse, kan lettere hybridisering være veldig aktuelt. Disse har også et stort potensiale for energi-

besparing ved påkobling til landstrøm ved merdene, ettersom de som regel har en del liggetid ved merd, og med energikrevende operasjoner (notvask, avlusing, bruk av stor kran osv.).

2.2 Potensial for energisparing

Som utgangspunkt for diskusjoner om besparelser behøver man oversikt over dagens forbruk. ABB og Bellona laget i 2018 en rapport (ABB/Bellona, 2018) hvor de regnet på kuttspotensialet for CO² (samt NO_x og SO₃). Vi vil ha fokus på energibruken og dermed CO² her. Kuttspotensialet er presentert i Tabell 1 nedenfor.

ABB/Bellona beregnet ikke antall servicebåter, men har beregnet forbruket ut fra en gitt bruk per år (50 bruksdager per lokalitet per år). Vi har anslått antallet servicebåter til cirka 300 etter nettsøk og intervjuer. Bruk og størrelse varierer såpass mye at det er vanskelig å anslå noe drivstofforbruk som er mer nøyaktig enn det ABB/Bellona brukte, så vi forholder oss til det som et greit anslag.

Vi kommer tilbake til eksempler på kuttspotensiale for båter i kategori 1–4 i kapittel 5, hvor vi diskuterer kuttspotensialet i lys av de erfaringer som er gjort med elektrisk og hybriddrift så langt. De stipulerte kuttene synes å forutsette at mye av driften kommer over på helelektriske båter.

Tabell 1 Energibruk i dag og potensial for energisparing (Kilde: ABB/Bellona)

	Forbruk (m ³ diesel/bensin)	Utslipp (tonn CO ²)	Kuttspotensial (tonn CO ²)
Arbeidsbåt < 15m Antall: ca 600	42 194	111 392	104 973
Personellbåt Antall: ca 600	6 976	16 688	16 688
Servicebåt Antall: ca 300	28 900	76 296	17 544
Sum	78 070	204 376	139 205

2.3 Noen begrepsavklaringer

Oppdraget tar utgangspunkt i begrepene null- og lavutslippsfartøy, og reflekterer at man i utformingen av et eventuelt krav vil legge til grunn at kravet må være teknologinøytralt. Vi avgrenset dette i innledningen til å gjelde el-og hybridfartøy.

Tabellen over tar utgangspunkt i stor grad av elektrifisering, spesielt for arbeidsbåter. Hittil er det meste av elektrifiserte båter en hybridløsning, med dieselgenerator som produserer elektrisitet. Det er kun bygget én ren el-båt. Hvor mye av den brukte energien som kommer fra fornybare kilder er helt avgjørende for utslippskuttene, og det blir derfor også viktig å se på hvordan og i hvilken grad fartøyene går over til elektrisk drift.

For øyeblikket så er det helelektriske fartøy som kan gi noe nær nullutslipp, og det er hybriddrift med diesel og elektrisitet som er mest aktuelt for å gi lavere utslipp enn dagens fartøy.

Hva menes med hybriddrift?

Med hybridbåter menes båter med hybride driftssystemer, altså både diesel og elektrisitet som energikilde. Man kan imidlertid snakke om både *form* for hybridisering og *grad* av hybridisering.

Form: Det bygges hybridbåter med lademuligheter, og båter som bare regenererer energi fra hovedmotor. Noen båter har dieselmotor som hovedmotor (dieselmekanisk), mens andre har el-motor som hovedmotor, og hvor en mindre dieselmotor fungerer som generator (dieselektrisk). (Rene elektriske båter kalles gjerne batterielektrisk for å skille dem fra elektriske båter med generator). Et viktig skille er om hybridløsningene har elektrisk fremdriftsmotor, med generator som backup. En slik generator er gjerne dimensjonert slik at den kan holde batteriet på en gitt ladestatus med normal/økonomisk marsjfart. Dieselektriske båter kan bygges med og uten lademuligheter. Uten lademuligheter vil all el-kraft komme fra diesel, slik at fornybarandelen er null. Utslippene vil likevel bli lavere på grunn av mer optimal drift av dieselmotorene, og båten vil fortsatt nyte godt av de andre fordelene ved elektrifisering. Lademuligheter øker likevel utslippskuttene.

Grad: Graden av hybridisering kan best defineres ut fra hvor mye av energibruken som er elektrisk. Enda bedre som hvor mye av energibruken som kommer fra landstrøm (og ikke er generert av dieselmotor). I Norge er det meste av elektrisitet fra fornybare energikilder, slik at dette på samme tid blir en «fornybargrad». Energimiksen vil i praksis avhenge av den faktiske bruken av den enkelte båt, og således ikke være enkelt å få oversikt over. En noe enklere indikator kan være hvor stor kapasitet de elektriske motorene har i forhold til dieselmotorene. Om en båt for eksempel har dieselmotor på 1022kW og en elmotor på 180 (til sammen 1202) kan man si at el-graden er 15 % (180/1202). En annen båt, med dieselmotor på 194 kW og batteri på 240 vil da ha en el-grad på 55 %. Et tredje alternativ kunne være å se på antall driftstimer på henholdsvis diesel og el-drift. Denne ville gi inntrykk av mye større el-drift enn det energibruken tilsier, ettersom gangtiden, som er den mest energikrevende, driver opp energibruken. Regjeringens handlingsplan for grønn skipsfart (Klima_og_Miljødepartementet, 2019) støtter seg på DNV-GLs definisjoner, hvor man med *lavutslipp* regner minst 40 % reduksjon i forhold til konvensjonell teknologi, og *nullutslipp* som 95 % reduksjon.

Vi har ikke forsøkt å operasjonalisere hybridgrad noe videre, men denne avgrensingen kan være viktig ved en eventuell utforming av krav til lavutslipp. For utformingen av eventuelle krav vil det være enklest å forholde seg til kapasiteter som mål på hybridiseringsgrad (el-kapasitet/total maskinkapasitet). For miljømessige og økonomiske vurderinger er den reelle bruken av energi avgjørende for å vurdere besparelsene.

2.4 Driftsmønster

En lokalitetsbåt på elektrisk drift må planlegges ut fra at den skal dekke både operasjoner ved anlegget og kjøring til og fra landbase. Kjøring krever mye energi, og avstand fra landbase til lokalitet blir derfor veldig avgjørende for hvor hensiktsmessig en elektrifisert løsning blir.

Et av utgangspunktene for dette oppdraget var at krav om null-eller lavutslippsfartøy skulle rettes mot fartøy som betjener et «begrenset geografisk område». Det er derfor nødvendig å ta stilling til hva man legger i begrepet. Norske oppdrettsanlegg var i tidlige faser stort sett «landfaste», slik at bil kunne kjøres helt frem, og fôr kunne transporteres med handtralle eller truck ut til merdene. Selv med plastringer hadde man gjerne disse liggende langs en flytebrygge koblet til land. I dag er flytende ringer dominerende, og på de fleste lokaliteter har merdene blitt flyttet lenger fra land, for å få større dybde

og bedre strømforhold. I noen tilfeller bare noen hundre meter ut fra land på samme sted som tidligere, i stadig flere tilfeller har man etablert nye lokaliteter langt unna vei. Mange oppdrettere betjener også flere lokaliteter fra én landbase. Gangtiden for en oppdrettsbåt fra landbase til anlegg varierer derfor mye, alt fra noen få minutter til en time eller mer. Vi har ikke gjort forsøk på å anslå et gjennomsnitt.

Energibruk i drift ved mærkanten

Vi har tatt utgangspunkt i at en oppdrettsbåt behøver en viss mengde energi til drift på lokalitet gjennom en arbeidsdag (8–12 timer), med varierte aktiviteter, inklusive bruk av kran.

Ut fra hvor stor batterikapasitet en båt har, og hvor mye energi den har bruk for i arbeid ved anlegget, kan man kalkulere en slags «restkapasitet» som bestemmer hvor mye som er tilgjengelig for gange til og fra anlegget, og dermed hvor stor praktisk rekkevidde en oppdrettsbåt kan ha, eller med andre ord: hvor langt fra landbasen anlegg som skal betjenes av elektriske fartøy kan ligge. En slik beregning er illustrert i caseboksen til høyre.

Vi ser at farten man går med betyr veldig mye for utnyttelsen av batterikapasiteten, og dermed rekkevidden. Driftsmønsteret for båter er svært variert, dette regnestykket kan tjene som en illustrasjon.

Gange til og fra anlegg

Gange til og fra anlegg blir av våre respondenter holdt fram som den mest energikrevende delen av driften. Arbeidsbåtene er som regel bygd mer for stabilitet enn for fart, og møter ved økende fart en terskel, hvor det kan være stor forskjell i motstand på bare en knop eller to. Rett fart er dermed avgjørende.

Vi har hentet inn erfaringer fra de som har brukt elektriske eller hybridbåter. Disse er oppsummert som et av punktene under vurderingen av teknologiens modenhet, avsnitt 5.1.

Astrid Helene som case:

Denne båten er en ren batteribåt, med en batterikapasitet på 180kWh. Ved anlegget går det 5kW per time ved normal drift, eller 40kWh på 8 timer. Med mer aktiv bruk av kran og vinsj kanskje 60-70kWh. Det gir 110 til 140 kWh til transport. Ved maks hastighet (9 knop) bruker båten cirka 5,6kWh per nautisk mil. Det betyr 20-25 nautiske mil rekkevidde (eller 10-12 nautiske mil til og fra landbase). Ved 5 knop reduseres energibruken til cirka 1,65kWh per nautisk mil, noe som gir 67-86 nautiske mil rekkevidde, eller 33-43 nautiske mil rekkevidde til lokalitet. Mannskapet rapporterte etter første års bruk at batterikapasitet ofte var på rundt 50 % ved retur til landbase, av og til 30 %.

3 Fordeler med elektriske og hybride fartøy

Denne rapporten handler om et mulig krav om null- eller lavutslippsfartøy, men vi vurderer det likevel som viktig å redegjøre for positive faktorer som bidrar til at oppdretterne, uavhengig av insentiver eller krav, velger elektrisk eller hybrid fremdrift. Dette er viktig både for å kunne vurdere om overgang til elektriske løsninger ville kunne funnet sted uten tiltak, og for å kunne forstå hvilke typer tiltak som kan bidra til å sette fart på elektrifiseringen.

I de følgende avsnittene oppsummerer vi fordeler med elektriske fartøy og hybridbåter. Mange av fordelene med el-båter gjelder også hybridfartøy, de er ikke nødvendigvis gjentatt i avsnittet som oppsummerer hybridfartøyenes fordeler, dette avsnittet fokuserer på hvordan man med hybriddrift delvis oppnår de samme fordelene som ren el-drift, uten de begrensningene som batteridrift gir.

3.1 Elektriske fartøy

Hovedinntrykket fra intervjuene er at de båtene som har vært i bruk jevnt over får gode skussmål fra brukerne for praktiske egenskaper.

«båten er godt egnet til daglige oppgaver»

Ingen tomgangskjøring. Mye av tiden for en arbeidsbåt tilbringes ved anleggene, både rene elektriske og hybridbåter bør kunne gå på elektrisk drift hele dagen ved anlegget. Mens en diesalbåt vil ha maskineri som går kontinuerlig, vil en el-båt kun bruke energi når den trenger det. Motor brukes til fremdrift, ved tomgang er energiforbruket lavt, men man behøver fortsatt noe energi til lys og varme.

Støy. Elektrisk drift gir mindre støy om bord, noe som oppfattes som en betydelig forbedring av arbeidsmiljøet på dekk. Mindre vibrasjon oppfattes også positivt. Mindre støy og mindre vibrasjoner gir mindre tilbakemelding til skipper, enkelte påpekte at *«man må tenke annerledes, nesten som å lære seg å kjøre båt på nytt»*, uten at det ble lagt noe negativt i det.

«Det er lite støy»

«Det er et fremmedord»

«Mulig å snakke til hverandre»

«Det er stilt og fredelig om bord»

«Det er god uteluft»

«Vi liker båten»

«Behagelig om bord»

«Fantastisk å være mannskap om bord»

Mindre stress for fisken. Flere av røkterne vi har snakket med opplever, eller iallfall forventer, at mindre støy og vibrasjon ved mærkanten gjør at fisken stresses mindre. Dette vil ha positive virkninger for biologisk prestasjon (vekst, dødelighet, førfaktor osv), uten at det er enkelt å tallfeste slike effekter.

Driftssikkerheten på el- og hybridbåter oppleves som god, de båtene som har vært i drift har hatt stabil drift. Det er relativt få bevegelige deler på en el-motor, og dermed få deler som slites eller kan bli defekt.

Vedlikeholdsbehov. Elektrisk fremdriftsmaskineri gir lave vedlikeholdskostnader, og lite tid som går med til vedlikehold. En el-motor går nærmest vibrasjonsfritt, det påvirker også slitasjen på resten av fremdriftssystemet.

«Vedlikeholdet er å støvsuge batteriene en gang i året. Og smøre 4 nipler til propellene, det tar 5 minutt.»

«Det som er av slitasje er lager på hylse til propellen, det må man jo ha på en dieselbåt også.»

Det nevnes også muligheter for å montere el-motor i propellen, slik at man får enda færre bevegelige deler.

«Det kommer hele tiden nye løsninger for el-drift»

Levetid. Levetid på en el-motor er forventet å være lang. Batterier vil imidlertid svekkes over tid, men batteriteknologien er såpass god nå at denne effekten først vil være synlig etter noen år. Levetiden på batterier måles gjerne i antall ladesykluser, én respondent nevnte at de var forespeilet 7000 sykluser. Med én lading per dag kunne dette vært hele båtens levetid, men om man regner 2 ladinger per dag, er vi nede på ti års brukstid. Om man videre tar hensyn til at båten etter 4 år kanskje behøver 3–4 ladinger per dag, noe som ikke er urealistisk med svekket batteri i kombinasjon med lave temperaturer, så kan forventet levetid på batteripakken gå ned mot 6–7 år. Levetiden avhenger imidlertid også av hvor mye batteriet tappes ned ved hver lading. Ved lite nedtapping øker man levetiden på batteriet (men samtidig har man da investert i et større batteri enn strengt tatt nødvendig).

«El-motorer lever jo nærmest evig»

«Batterier svekkes, men etter ett års bruk hadde batteripakken fortsatt 100 % effekt»

Mange har forventninger om at det skal komme nye gjennombrudd i batteriteknologien de neste årene, slik at det å skifte batteripakke kan komme til å være en veldig aktuell levetidsforlengende oppdatering. Selv om levetiden på batteripakken er forventet å være lang, er det et usikkerhetsmoment.

3.2 Hybridfartøy

I dag bygges mange båter med batteripakker, men med ulik grad av hybridisering, eller andel av elektrisk drift. Hybridbåter gir lavere terskel for å ta i bruk el-drift, man oppnår mange av fordelene med el-drift, uten å måtte bekymre seg for manglende rekkevidde. Hybriddrift er godt egnet for å møte arbeidsbåtenes to veldig ulike energibehov: Diesel er best egnet til den energikrevende gangtiden, mens båten ute ved anlegget kan operere en hel dag utelukkende på batteri. Selskapene som opererer hybridbåter har litt ulike erfaringer, men rapporterer at båten kan gå på elektrisitet veldig mye av tiden.

«Anlegget er nært land, dermed kan båten gå på el-drift hele dagen»

«Hybridbåter får mest ut av dieselen man bruker»

Selv om ikke noe særlig av fremdriften besørgeres av el-motor, vil man likevel spare mye tomgangsdrift, både ute ved anlegg og ved land. Batteriene kan også brukes ved «peak-laster», og dermed redusere behovet for kraft (størrelse på motor) for hovedmotoren. Størrelsen på batteripakken avgjør «graden av hybridisering», og hvilke oppgaver eller driftsformer som kan foretas med el-drift, og også hvor

lenge båten kan operere ved merd. Servicebåter med lav hybridiseringsgrad må kanskje kjøre generator 1 av 6 timer ved merd, mens andre klarer 10–12 timer.

Produsentene og oppdretterne har sett at det er store fordeler selv med små batteripakker.

«Vi setter batterier i omtrent alle båter, det er ingen grunn til å la være lenger»

Arbeidsbåter har ganske forskjellig driftsmønster, og dermed egentlig litt forskjellige behov. Men i og med at dette ikke alltid er kjent på forhånd, så blir mange båter bygd etter «standard oppskrift». Det betyr at de egner seg bra til det meste, men at driftsmønsteret ikke nødvendigvis gir optimal utnyttelse av drivpakken. Mange båter har mye tomgangskjøring, og mange går i perioder med «ugunstig last». Selv med diesel som hovedmotor og relativt liten batteripakke kan mye av tomgangskjøringen spares. Med batteripakke for å dekke periodene med tomgangskjøring eller liten belastning kan man kjøre dieselmotoren i kortere perioder, og kjøre på optimalt turtall når man først kjører. I mye av arbeidet ved merdkanten, og i pauser, ettermiddag og natt (for dem som har overnatting om bord), så kan hovedmotor være av. Dette sparer en del drivstoff, ved at motoren går mer av tiden den kjøres på optimalt turtall, men slår enda mer ut på antall driftstimer, og dermed behovet for vedlikehold. Ikke bare spares driftstimer, men vedlikeholdskostnadene for én dieselmotor er betydelig lavere enn for tre.

I konvensjonelle båter kjører man gjerne to eller tre motorer kontinuerlig, to fremdriftsmotorer og en mindre generator for å drive hydraulikken. Ved merdkanten går dermed ofte tre motorer på tomgang. Med elektrisitet kan batteriene stå for kontinuiteten, mens motorene startes ved tunge løft (gjerne omtalt som peak-laster) eller for å lade batteriene.

En del oppdrettere tenker at når man har prøvd ut teknologien, og ser at systemene fungerer, så er det mulig å øke batteristørrelsen, og dermed fornybarandelen uten altfor store kostnader.

Om man kan koble båtene på landstrøm når man ligger ved anlegget gir det enda mer effektiv bruk av elektrisiteten, i og med at man slipper effekttapet ved lading, og oppnår dermed større besparelser. Mens man på strøm fra land via flåte kan betale rundt 1 kr/kWh, så vi samme energimengde hentet fra diesel koste rundt 2,50 (denne beregningen forutsetter at 1 liter diesel gir rundt 4 kWh).

Energiøkonomisering

Hybridiseringen ser ut til å være en viktig forklaring på at fokuset på energieffektiv drift har blitt større. Nye båter bygges derfor med mange systemer for å redusere energiforbruket på kraner, oppvarming og så videre. Kranene leveres gjerne med energisparende effektereguleringssystemer (HPU), med start/stopp systemer og regulering av energibruken ut fra last.

Mye av energibruken for en oppdrettsbåt som ligger ved merdkanten går til oppvarming i ulike former, varmtvann til høytrykksspyling, gulvvarme, motorvarmer, defroster og så videre. Gjennom å installere sentralvarmeanlegg med varmegjenvinning fra motor så spares mange timer med driftstid på generatorene, og dermed store vedlikeholdskostnader. Når motor ikke går bruker man i tillegg en sentralvarmekjele (Pyro). Litt avhengig av driftsmønster er det ikke urealistisk, med kombinasjon av hybriddrift og sentralvarmeanlegg (inkl. Pyrokjele), å redusere antallet driftstimer for dieselmotorene med 50–70 %. Dette gir mye lenger seviceintervaller og dermed store kostnadsbesparelser.

4 Utfordringer for el-båter

I dette avsnittet vil vi beskrive de største utfordringene med å ta i bruk elektrisk drift for arbeidsbåter. Vi peker først på de driftsmessige usikkerhetsmomentene som gjør at oppdrettere «sitter på gjerdet», før vi drøfter infrastrukturutfordringer.

4.1 Driftsmessige utfordringer for el-båter

Det er en del utfordringer eller usikkerhetsmomenter som går igjen i svarene fra oppdretterne.

Rekkeviddeangst?

Noe av skepsisen mot elektrisk drift skyldes usikkerhet rundt forbruk og reell rekkevidde eller effektiv driftstid for elektriske fartøy, ikke ulikt det el-bileiere refererer til som rekkeviddeangst. Oppdrettere vil ha ulike forventninger til rekkevidde, basert på sitt driftsmønster.

«El-båt må minst kunne gå 5 km og ha 10 timer operasjonstid»

«Må minimum kunne gå 6 nautiske mil/40 min»

«Disse båtene har normalt 12-timersdager»

«Fungerer best for anlegg nært land»

I tillegg til den daglige driften brukes de fleste arbeidsbåter innimellom til avlusninger og andre operasjoner som krever lange dager, doble skift eller mer eller mindre kontinuerlig drift i perioder. Dette kan bidra til at elektrisk drift vurderes som uaktuelt, og at hybriddrift blir mindre aktuelt.

«I perioder mye døgkontinuerlig arbeid»

«Det vil oppstå ting»

En del operasjoner krever mye strøm selv ved anlegget, til hydraulikk, notvask og så videre. Frekvensen og hyppigheten av slike operasjoner betyr en del for den praktiske rekkevidden til båtene.

«Det kreves mye strøm bare å holde en not oppe»

«Dieselen starter fort når vi bruker krana»

Batterienes effekt vil være lavere i kaldt vær, den reelle rekkevidden for en båt kan derfor være lavere enn spesifisert. Dette er også en faktor som bidrar til usikkerhet.

«Vi ser en dropp i kapasiteten på batteriene»

«Batteriene taper raskt kapasitet»

«Vi må varme rommet batteriene er i»

Flere vi har snakket med (selv en av dem med lengst erfaring fra hybridbåter) frykter driftsstans/tomt batteri og vil ikke være uten motor som backup.

«Vi vil ikke tørre ren el-båt»

Gangtid: El-båtene bruker mest energi ved gange, og spesielt om man skal opp i det som regnes som normal gangfart, 8–10 knop. Den foretrukne formen på arbeidsbåter har blitt korte og brede katamaraner. De er stabile, men ikke så energieffektive som enskrogsbåter kan være. Mange båter

møter en «motstandspeak» ved 8–10 knop, noen ved enda lavere fart og noen litt høyere. Avstand mellom landbase og lokalitet blir dermed viktig.

«Vi kan spare strøm ved å gå saktere, men vi kan ikke bruke hele dagen på transport, heller»

«Vi tredobler rekkevidden ved å gå fra 9 til 5 knop, men 5 knop er sakte»

«8 og 10 knop er kanskje ikke stor forskjell, men glem 12 knop»

«Stor forskjell på 8 og 10 knop også»

«Mindre enn 10 minutt gangtid fungerer bra»

Ladeinfrastruktur: Lading, og spesielt hurtiglading, krever mye strøm. Tilgjengelige lademuligheter, og spesielt kapasiteten på ladingen, kan variere mye fra område til område. Det er ikke bare kapasiteten på eget anlegg som kan være begrensning, i mange områder er man i deler av året nær maksimal kapasitetsutnyttelse av det offentlige strømmettet. Dette er en begrensning oppdretterne deler med andre deler av sjømatnæringen, det oppstår problemer for både fryseanlegg, smoltanlegg, slakterier osv³. I utgangspunktet regner vi med at de fleste båter i hovedsak vil lades fra landbase, men for både driftssikkerhet, forlengelse av arbeidskapasitet og for å begrense størrelsen på batteripakken bør det være mulig å lade fra flåten, og helst med hurtiglading. Mulighetene for lading på flåten kan imidlertid være begrenset, da mange av de som nå går på landstrøm ligger i marginale områder. En del av de som har blitt tilknyttet landstrøm har ikke installert høy nok kapasitet til å lade med hurtiglading, eller til å lade litt større batteripakker. Det er ofte slik at ved full utføring på flåten så kan man hente ut litt til topplading, mens for å få nok strøm til hurtiglading så må man planlegge for å lade i pause i fôringen.

En av de båtene som har vært i bruk en tid kan lades til 60 % kapasitet på en halv time. Dette gir en betydelig økning av driftstid på det som er en normal pausetid. Slik hurtiglading krever imidlertid mer strøm enn det som er tilgjengelig på mange flåter.

«Hurtiglading krever 250kw (2x125 Ampere kurser)»

«Ved landbase kan båten lades på 2,5 time (med 157kw)»

«Mange plasser har bare 50A linje»

«Det vil være vanskelig med pålegg»

Lademulighetene på land, eller potensialet for ulike ladehastigheter, bestemmes av kapasiteten i det elektriske anlegget. 400V på land er en fordel, mange landbaser med nye elektriske anlegg har gjerne det.

Flåter som ikke er på landstrøm kan også brukes til «nødlading» eller topplading. Lading fra diesel-drevne flåter bidrar i seg selv ikke til miljøgevinst, men kan likevel gjennom å øke fleksibiliteten og rekkevidden til båtene bidra til å gjøre el- eller hybriddrift til et gunstig alternativ.

Det er i dag landstrøm på stadig flere lokaliteter, 60–80 %, men det er likevel sannsynlig at det tar tid å elektrifisere de resterende. En del vil kanskje aldri bli elektrifisert på grunn av store investeringer og lave besparelser. Små anlegg langt fra utbygget infrastruktur er de som sist, og kanskje aldri, blir elektrifisert (DNV-GL, 2018). Potensielle besparelser reduseres når anlegget blir mindre og dermed bruker mindre energi, mens investeringskostnaden ikke nødvendigvis reduseres tilsvarende. Når avstanden til utbygd infrastruktur øker, øker også kabelkostnaden dramatisk.

³ Se for eksempel «Når nettene blir trange!», Norsk fiskerinæring, nr 11/12 2019, side 111-115.

Begrensninger i strømmettet: For å elektrifisere fôrflåter og arbeidsbåter kreves det at det hentes strøm fra nett som ofte allerede har en utnyttelse nær kapasitetsgrensen. Det sentrale nettet nord-sør regnes å ha god kapasitet, utfordringen ligger oftere i å bringe nok strøm lenger ut i nettet, til både øyer og nes ut i havgapet. Spesielt om man skal lade raskt, og om man skal lade litt større båter, så kreves det mye kapasitet.

Om det må bygges nye linjer for å kunne dekke behovene til en ny aktør, så vil nettselskapene kreve anleggsbidrag. Fra 1. januar 2019 ble retningslinjene for dette skjerpet. Mens man tidligere kunne ta anleggsbidrag kun for tiltak i distribusjonsnettet, er man nå pålagt å beregne anleggsbidrag for både regionalnett og transmisjonsnett. Anleggsbidragene vil kunne oppleves som en alvorlig barriere for elektrifiseringen.

Oppdretterne opplever tilgang på strøm som en reell begrensning:

«Det er generelt et problem med kapasitet»

«Ikke alltid nok strøm å få på land, vi vil ikke alltid kunne regne med å ha fulladet båt på morgenen»

«Hva om man ligger ved enden av en høyspentforbindelse? Blir fort store anleggsbidrag for å bygge noen kilometer med linje»

Det finnes enkelte steder prosjekter for å utnytte eksisterende nett bedre, slik at man slipper å bygge ut kapasiteten til det som er et kortsiktig maksimalt behov. I en del av de aktuelle områdene har man fiskeindustri med innfrysingsanlegg som de mest krevende kundene. Ett prosjekt ser på bruk av batteriløsninger for å magasinere opp strøm for å kunne ta toppene. I enkelte områder bruker man allerede aggregater i toppsesongen. Her jobber man allerede med driftsoptimalisering, blant annet gjennom sekvensiell oppstart av maskineri for å unngå peak-belastninger.

«Man må organisere seg for ikke å bruke alt samtidig»

«For mange av disse stedene er fiskeriene også aktuelle for elektrifisering, og det ville vært helt umulig med dagens infrastruktur å lade en fiskeflåte som også skulle gå på strøm»

Det er mulig at slike tiltak gjør det kurant å ta i bruk ladbare båter i området, men slike tiltak er også en indikasjon på at nettet allerede er veldig høyt belastet, slik at infrastrukturen vil være en reell begrensning for elektrifisering i mange områder.

HMS og sikkerhet

Arbeidsbåter i oppdrett har typisk begrenset innendørs plass, og det oppleves (av enkelte) som vanskelig å opprettholde et godt, tørt miljø for det elektriske. Det oppstår lett kondens, og man drar inn saltvann. Dette skaper usikkerhet om hensiktsmessigheten ved el-drift.

«Saltvann og elektro er ingen god kombo»

Andre brukere ser imidlertid ikke denne problematikken:

«Alt er godt beskyttet mot fukt»

Det er godt mulig at usikkerhet eller ulike erfaringer rundt fukt og elektrisitet kan tilskrives ulik kvalitet på de båtene som hittil er produsert, og at om nyere båter blir produsert i henhold til «best practice» vil ikke fukt og elektrisitet være noen utfordring.

Kontraktsformer

I mange tilfeller, i alle fall for servicebåter, så blir dagens kontraktsformer pekt på som et hinder. Et serviceselskap som kommer til et anlegg for å rengjøre en not har for eksempel betalt for å gjennomføre den tjenesten, og dekke kostnadene for drivstoff. Om de ønsker å koble seg på landstrøm ved anlegget, så ville det være naturlig å kompensere oppdretter for det, eller betalingen legges om. Kontraktsformene burde være det enkleste å ordne, men det kreves tydeligvis bevissthet fra flere parter for å sørge for at de som må ta investeringene også får gevinsten.

4.2 Hvordan bøte på de driftsmessige usikkerhetsmomentene?

For nullutslippsbåter byr mulig *rekkevidde* og *operasjonstid* som vist ovenfor på en del utfordringer. Disse utfordringene kan reduseres gjennom følgende tiltak eller momenter:

God instrumentering gir god kontroll. Dagens el-båter har presis og pålitelig angivelse av aktuell kapasitet, slik at drift og eventuelle tiltak kan planlegges utfra batteristatus.

Lavere gangfart øker gjenværende rekkevidde. Ved å basere seg på lavere gangfart, for eksempel å gå ned fra 8–10 knop til 5–7, knop kan rekkevidden økes betraktelig. En tommelfingerregel tilsier at besparelsen tilsvarer fartsreduksjonen i tredje potens (10 % reduksjon i fart gir dermed cirka 27 % besparelse ($0,9^3 = 0,73$, eller 27 % reduksjon). I ett konkret tilfelle blir rekkevidden på elektrisitet tredoblet ved å redusere farten fra 9 til 5 knop. Fartsreduksjon kan altså være et veldig aktuelt tiltak ved lav batteristatus, men gir selvsagt ulemper i form av tidsbruk.

Hurtiglading på flåte. Med rask lading⁴ kan batteriene lades relativt mye bare ved en halvtimes ligge ved en fôrflåte. Én av båtene som har vært i bruk kunne lades til 60 % kapasitet på en halv time. Batterikapasiteten gjorde imidlertid at denne muligheten ikke har vært brukt i løpet av første år i drift. Hurtiglading krever at det er bygd ut stor kapasitet til flåte.

Rekkeviddeforlenger. El-båter kan leveres med dieselgenerator som rekkeviddeforlenger. Denne kan være fastmontert som en integrert del av driftssystemet (da snakker vi for såvidt hybridbåt...), eller i form av en generator som løftes om bord ved behov for lengre forflytninger eller for perioder med intensiv drift. For større rekkevidde har det også vært vurdert batteripakker som lades på flåte og som heises om bord (containerløsning).

Hybridløsninger har fastmontert dieselgenerator, fortrinnsvis med kapasitet dimensjonert til å holde en gitt marsjfart og til å holde topplading under gange, slik at fartøyet har 100 % batterikapasitet når man kommer fram til lokalitet. Ved å bruke av batteri underveis kan man bidra til maks fart, men mer aktuelt er det nok å gå såpass under maks at man kan få plusslading underveis.

Lademuligheter ved merd. Arbeidsbåter bruker mye av dagen ved merdkanten. Når båten ligger i ro går det lite strøm til fremdrift, men desto mer til bruk av kraner og eventuelt capstan. Kranbruken kan

⁴ Lading bestemmes både av kapasitet i nettet for lading og hvor mye av effekten batteriet klarer å ta imot/lagre (ladefaktor).

være veldig energikrevende, det er tunge nøter som skal håndteres, og ved for eksempel notspyling kreves også mye strøm. Ved operasjoner hvor båten ligger ved merd i flere timer kunne det være hensiktsmessig å strekke strømledninger med høyere kapasitet ut til hver enkelt merd, om flåten er tilkoblet landstrøm.

Strøm ut til merd burde ikke bare være aktuelt for å lade, men også for å koble seg på for direkte el-drift av servicebåter. Det er ikke alle hybridbåter som har anledning til å koble seg på i dag, men det er en liten tilpasning som kreves. Her må nok standardisering til, om dette virkelig skal være rasjonelt.

5 Er teknologien moden nok?

I dette avsnittet diskuterer vi hvorvidt teknologien er moden nok til å forsvare innføring av et krav om null- eller lavutslipps arbeidsbåter i oppdrett. Konsekvensene av et slikt krav vil være at det viktigste av dagens insentiver, investeringsstøtte gjennom ENOVA, ikke lenger vil være tilgjengelig.

Om teknologien er *moden nok* er et spørsmål som ikke kan gis et enkelt eller absolutt svar. Vi vil besvare dette gjennom en firedelt tilnærming. Vi vil først drøfte teknologiens modenhet i forhold til de praktiske krav som oppdretterne stiller til en båt i daglig drift, før vi diskuterer modenhet i kommersiell forstand. I avsnitt 5.3 diskuterer vi lønnsomhet i elektrifiseringsprosjekter, før vi kort oppsummerer våre inntrykk av hvor nær teknologien er et kommersielt gjennombrudd.

5.1 Modenhet i praksis

Teknologien kan regnes som moden om det er tilgjengelig løsninger som gir ytelser som dekker dagens krav til arbeidsbåter.

Rekkevidden for eksisterende arbeidsbåter ligger i dag på et nivå som gjør det kurant for mange lokaliteter å bruke el-drift. Men kapasiteten brukes raskt opp ved økt gangtid eller høyere marsjfart, slik at man får en raskt fallende praktisk operasjonsradius. De anleggene som ligger lengst fra landbaser krever også at man bruker litt fart for ikke å bruke «hele dagen» på inn- og uttransport til lokalitet.

Her er et par eksempler på praktisk rekkevidde:

- Helelektrisk fartøy: Praktisk rekkevidde, gitt at båten skal være i aktivitet en hel dag, blir 10–12 nautiske mils avstand fra landbase (som kan økes betydelig ved lavere fart). I praktisk bruk har denne båten som regel hatt mellom 30 og 50 % restkapasitet på batteriene ved retur til landbasen.
- Hybridbåt: el-anlegg dimensjonert for 2,5 timer i 7,5–8 knop, 8–9 timer på anlegg.
- Hybridbåt: en av de som hadde brukt hybridbåt en stund, på flere lokaliteter, oppsummerte den praktiske rekkevidden (avstand fra landbasen til anlegg) slik:
 - 45 min gangtid – det funket ikke. Vi flyttet båten til annen lokalitet
 - 25 min – praktisk talt tomt batteri når man kommer til anlegget
 - 15 min går fint om man har landstrøm på anlegget og kan lade i pauser
 - 10–15 min – praktisk rekkevidde når man tar hensyn til at batteriet fungerer litt dårligere etter noen tusen ladesykluser og de lave temperaturer man har store deler av året
 - 5 min – går helt fint, kan drive på el hele dagen ved anlegget, samt kjøre til og fra
- Hybridbåt: bruker 10–15 min fra landbasen, kjører inn og ut med generator i gang
 - ved 7,1 knop kjører man på litt mindre enn generatoren yter, slik at man lader litt på batteriet, og har full kapasitet på batteriet når man kommer fram, som gir hele arbeidsdagen ved anlegg på batteri
 - har ikke nok strøm til å kjøre både inn og ut, samt jobbe på anlegget en hel dag

Erfaringene varierer altså, men ser ut til å være mer positive hos de som har de nyeste båtene, noe som indikerer at man har sett en viss modning fra de første båtene ble bygd i 2016. Dette handler både om rekkevidde og praktisk bruk, samt bedre integrasjon av systemer som gjør det lettere å oppnå forespeilede besparelser.

5.2 Kommersiell modenhet

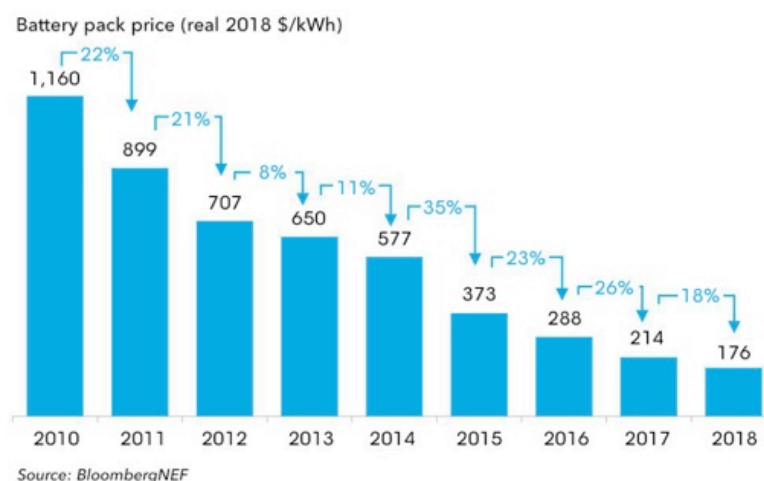
De siste 20–30 årene, etter at litium-ion-batterier gradvis tok over for nickel-cadmium-batterier, har utviklingen i kapasiteten for batterier gått sakte fremover. Det er sikkert fortsatt litt å hente i optimalisering av teknologien, og fortsatt mye å hente i mer effektiv energibruk, slik at batteriene rekker lenger, men flere av båt- og batteriprodusentene pekte på at det er først med helt ny teknologi vi kan vente store hopp i effektivitet fra batteriene. I første omgang kan det bli en videreutvikling av dagens litium-ion-batterier, med silisiumanoder, mens man i et 5–10-årsperspektiv muligens kan se en kommersialisering av nye batterier som er 2–3 ganger så effektive som dagens, med solid-state-teknologi.

Vi har imidlertid forholdt oss til at det i årene fremover vil være konvensjonell batteriteknologi som er alternativet, og baserer drøftingen på det.

Teknologien som ligger bak både ren batteridrift og hybriddrift er godt utprøvd i andre deler av skipsfarten. Spesielt i offshoreflåten har hybriddrift vært i bruk i mange år (Lindstad, Eskeland, & Rialland, 2017). Basisteknologien er med andre ord kjent.

En god indikator på en teknologis modenhet i kommersiell forstand er prisene på sentrale innsatsfaktorer. For el-biler og -båter er prisen på batterikapasitet en slik velegnet indikator. Det er samme type battericeller som monteres i båter som i biler⁵.

Batteripriser har blitt sterkt redusert de senere årene, og ser ut til å flate enda mer ut de neste årene. Produsentene av batteridrevne båter oppgir at prisene på batteripakker har blitt redusert fra 1400 USD i 2013 til rundt 600–640 USD per kWh nå. Dette rimer bra med utviklingen av prisene til batteripakker på bil. Her er markedet mye større, mer gjennomslukt og med lenger historikk. Vi har derfor tatt med en prisserie for å illustrere prisutviklingen. Figur 1 viser at prisenivået i 2018 var på 15 % av det reelle prisenivået i 2010, etter årlige prisreduksjoner på mellom 10 og 35 %.



Figur 1 Kostnader til batteripakker til elektriske biler (Kilde: BloombergNEF⁶)

⁵ Batteripakker til norske båter leveres blant annet av AKAZEM, etter fusjon av AKASOL, som har vært en stor leverandør til bilindustrien, og norske ZEM, norsk spesialist på batteriløsninger for skip. Andre leverandører er Siemens og Elmarin.

⁶ <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/>

Prisene antas å flate ut etter 2–5 år til med noe mer moderate reduksjoner enn man har sett de siste årene. Andre peker på at man kan forvente ytterligere reduksjon, slik at prisene i 2050 er nede på 25 USD/kWh (DNV-GL, 2019). Det er to motstridende drivere som driver denne prisutviklingen. På den ene siden har teknologiforbedring, økende etterspørsel og stordriftsfordeler bidratt til å redusere prisene kraftig over tid. På den annen side frykter mange at man i årene fremover vil kunne oppleve mangel på råstoffer (for eksempel litium og kobolt), og at økt etterspørsel etter batterier til el-biler vil gjøre at prisene vil stige igjen. På litt lengre sikt, kanskje 5–10 år, forventer leverandørene nye batterityper som både vil gi høyere energitetthet og lenger levetid. Helt ny teknologi, med mye større energitetthet, vil ventelig være mye dyrere ved introduksjon, mens oppskalering vil kunne få prisene ned. Med større energitetthet vil redusert vekt og plassbehov om bord kunne kompensere noe for eventuelt økte kostnader til batteripakken.

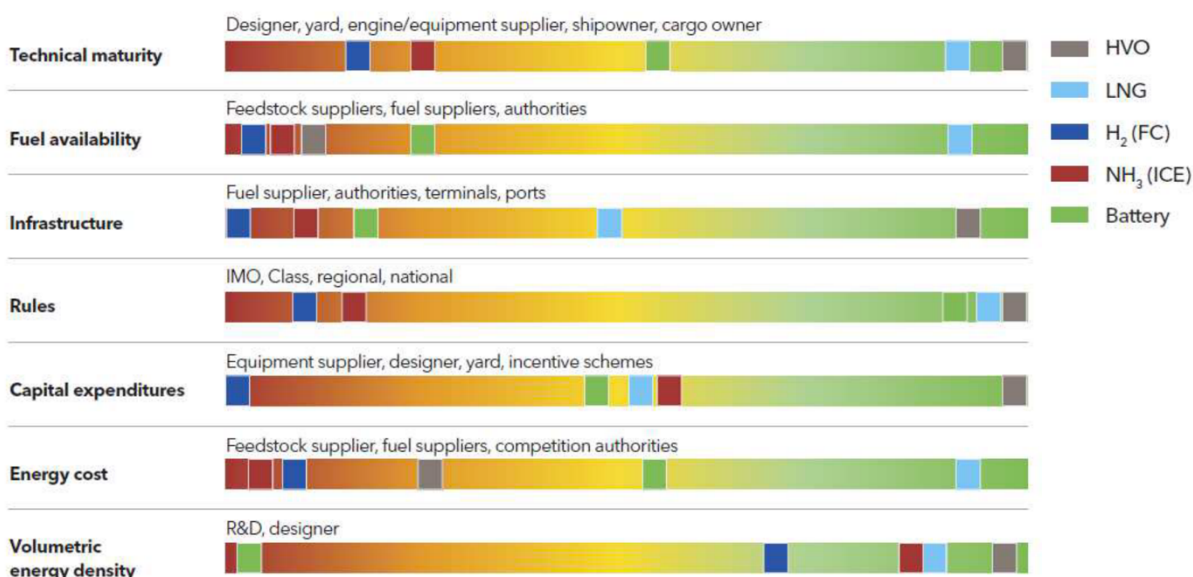
Prisene på batterier til marine anvendelser er som vi ser betydelig høyere enn til biler. Det er rimelig å anta at man med større bruk av batterier i båter vil oppnå litt lavere priser, og en tilnærming til prisene for biler, men man vil aldri oppnå den skala og effektivitet man ligger på i bilproduksjon, slik at prisene må forventes å ligge betydelig høyere også i årene fremover.

Dagens batteripakker har en forventet levetid på 10–15 år. Dagens båter vil kunne fornyes med nye batteripakker etter hvert som ny og bedre batteriteknologi blir tilgjengelig. Det er også mulig at ladefaktoren, forholdet mellom energimengden som går med til lading og den energi som blir tilgjengelig i batteriet, kan forbedres gjennom teknologisk utvikling. Ladefaktoren ligger i dag på mellom 1,2 og 1,5.

Det resterende av det elektriske driftssystemet, slik som motor, skap/styring og el-opplegg, regnes av aktørene som moden teknologi.

Det finnes også flere andre mulige indikatorer for teknologiens modenhet. DNV GL lager hvert år en Energy Transition Outlook (DNV-GL, 2019), og de har diskutert dette i «klimakurprosjektet» (Eide *et al.*, 2019). Figuren under viser at el-drift har middels teknologisk modenhet, er middels dyrt og med middels investeringskostnader. Elektrisitet scorer imidlertid lavt på energitetthet og infrastruktur. Dette er forhold som vi kjenner godt igjen også i den norske situasjonen, med behov for kostnadskrevende infrastrukturbygging for å kunne få nok ladekapasitet overalt.

The Alternative Fuel Barrier Dashboard: Indicative status of key barriers for selected alternative fuels



Technical maturity - refers to technical maturity level for engine technology and systems.

Fuel availability - refers to today's availability of the fuel, future production plans and long-term availability.

Infrastructure - refers to available infrastructure for bunkering.

Rules - refers to rules and guidelines related to the design and safety requirements for the ship and onboard systems.

Capital expenditures (capex) - Cost above baseline (conventional fuel oil system) for LNG and carbon-neutral fuels, i.e. engine and fuel system cost.

Energy cost - reflects fuel competitiveness compared to MGO, taking into account conversion efficiency.

Volumetric energy density - refers to amount of energy stored per volume unit compared to MGO, taking into account the volume of the storage solution.

HVO, hydrotreated vegetable oil; LNG, liquefied natural gas; H₂ (FC), hydrogen in fuel cells; NH₃ (ICE), ammonia burned in internal combustion engines; Battery, full-electric with batteries

©DNV GL 2019

Figur 2 Status for viktige barrierer for alternative drivstoff/energikilder (Kilde: DNV GL)

Energitettheten er altså liten for elektrisitet, noe som for båter viser seg i behovet for store og tunge batteripakker, som gjør at båter må bygges større og tyngre for å romme batteripakkene, eller at man må leve med begrenset rekkevidde.

Figuren over gir et visst bilde av den relative styrken til elektrisitet, men mer avgjørende for den enkelte oppdretter er hvilken økonomi som kan oppnås i de konkrete alternativene som foreligger, teknologisk og kommersielt.

5.3 Økonomi for null- og lavutslippsbåter

I dette avsnittet presenterer vi noen enkle regneeksempler for investering i elektrisk og hybrid fremdrift på arbeidsbåter. Vi presenterer tre eksempler.

For de to første, **elektrisk** og **dieselektrisk** arbeidsbåt, har vi tatt utgangspunkt i en katamaran på 13,5–14 meter lengde og 7,5 meter bredde. Det er størrelsen på den eneste helelektriske arbeidsbåten bygd så langt, og det finnes tilsvarende store hybridbåter som også er relativt nybygde. Dette er også en svært vanlig størrelse for arbeidsbåter, slik at man har gode referanser for kostnader ved konvensjonell drift.

Vi nevnte innledningsvis at **servicebåter** (kategori 3 og 4) i utgangspunktet er utenfor fokus for denne rapporten, ettersom de normalt betjener flere lokaliteter, og dermed har stort operasjonsområde. Vi har imidlertid sett at det bygges flere båter med hybriddrift i denne båtgruppen, og at det er mer interessant enn vi først fikk inntrykk av. Flere vi har intervjuet har vært negative til potensialet for slike båter, ettersom disse båtene gjerne går 24 timer i strekk i lange perioder. Det er flere båter på rundt 20 meter lengde med dieselelektrisk drift under bygging eller som nylig er satt i drift, og brukerne rapporterer om gode erfaringer, så vi har valgt å ta med et slikt eksempel også.

I regnestykkene har vi satt inn grove estimater for de tre viktigste effektene: økte investeringskostnader, sparte drivstoffkostnader og sparte vedlikeholdskostnader.

Økte investeringer. Merinvesteringen for elektrisk drift i de eksemplene vi har diskutert har vært på 40–60 %. For en arbeidsbåt på 13–15 meter påløper det gjerne 4–6 millioner i ekstra investeringer i forhold til samme båt med dieselfremdrift. Investeringens størrelse avhenger i stor grad av størrelsen på batteripakken. Vi har antatt at investeringskostnadene vil være omtrent like for disse to alternativene, en ren elbåt vil gjerne ha litt større batterier enn en hybrid, mens en hybridbåt vil ha kostnader til dieselgenerator. I tillegg kommer selvfølgelig ladestasjon og eventuelle infrastrukturkostnader. Denne merinvesteringen kan tjenes inn gjennom sparte drivstoffkostnader og spart vedlikehold. Levetiden for batteriene vil være viktig for lønnsomheten til investeringen. I tillegg gir ENOVA foreløpig tilskudd på inntil 50 % av denne merinvesteringen (40 % for større selskap)⁷, slik at nettoinvesteringen blir lavere.

Sparte drivstoffkostnader. Anslagene for sparte drivstoffkostnader spriker mye, både på grunn av type båt, teknologi og ulike driftsmønstre. Vi har dristet oss til noen anslag, men skylder å gjøre oppmerksom på at det er knyttet stor usikkerhet til disse. Vi har antatt et gjennomsnittlig forbruk basert på innhentede eksempler. En båt på 13-14x7,5m bruker gjerne 140-160 liter diesel på hovedmotorene per time ved gange, mens forbruket kan være 15 på tomgang. I tillegg kommer dieselgenerator som bruker 6-7 liter per time. Arbeidsbåtene ligger gjerne på 2000-3000 driftstimer i året, med et snittforbruk som gjerne ligger på 20-30 liter per time). Med kort avstand og lite drift kan man kanskje komme ned i 40.000 liter i året på en slik båt (2000 timer a 20 liter), mens man med lenger gangtid og mer intensiv bruk kanskje må opp i det dobbelte (3000 timer a 30 liter er 90.000 liter). Vi har regnet 65.000 liter/500.000 kroner som et rimelig anslag for gjennomsnittlig drivstoffkostnad. Vi har regnet 65 % reduksjon i drivstoff på en hybridbåt av denne størrelsen. For en større servicebåt på 20 meter har vi lagt inn en reduksjon i drivstofforbruk på 25 %, etter anslag på 18-34 %.

Redusert vedlikehold. Redusert vedlikehold kan komme på flere måter. Det kan være reduksjon av antall motorer eller reduksjon i antall driftstimer på de motorene man har. For hver av motorene er det behov for hyppig småvedlikehold som kan reduseres (for eksempel periodiske skifter av oljefilter, dieselfilter og så videre (som gjerne kan være hver 500 time eller én gang per måned)). Ett rederi hadde rutiner for 7 oljeskift i året. Kostnadene varierer en del. Noen kan gjøre lettere vedlikeholdsarbeid selv, mens andre setter det bort. Med elektrisk drift begrenser vedlikeholdet seg til å «støvsuge batteriene én gang i året». Ytre vedlikehold og vedlikehold knyttet til propeller vil være som ved konvensjonelle båter. Med reduksjon av driftstimer vil det bli reduksjon i vedlikehold som er knyttet til driftstid, og det vil gå lenger tid før det er behov for større overhaling eller motorskifter (som gjerne kommer

⁷ ENOVA følger EUs definisjoner for selskapsstørrelse, som større selskaper regnes selskaper med mer enn 250 ansatte, mer enn 50 millioner Euro i omsetning og mer enn 43 millioner Euro i balansen.

etter 15–30 000 driftstimer). Om man regner inn motorbytte, som fort koster 1,5 million med arbeid, og fordeler det over 7 års levetid på motor, så får man fort at totale vedlikeholdskostnader ligger på 500-600.000 i året. Om man skal regne inn motorbytte, så vil det også være riktig å regne fornying av batteripakke, som vi forutsetter har 10 år levetid. Ny batteripakke koster med dagens priser nesten det samme som et motorskifte (rundt 1,2 mill. for 200kWh), men bør være betydelig billigere om 10 år. Vi har anslått at årlig vedlikehold for hybrid- og el-båter kan bli hhv. 150.000 og 200.000 mindre enn ved konvensjonell drift. For den større servicebåten har vi her regnet 50 % reduksjon i vedlikehold knyttet til fremdriftssystem.

Det gjøres oppmerksom på at dette er eksempler laget for illustrasjon av kostnader og effekten av tilskuddsordninger. Med leverandørenes kalkyler og optimal drift får man ofte litt bedre tall enn det som foreløpig har latt seg realisere i praktisk drift. Vi har lagt oss litt imellom, slik at realisert inntjeningstid i realiteten kan være både kortere og lengre.

Tabell 2 Eksempler på investeringer og inntjeningstid for 3 alternative el- og hybridbåter

	Ekstra-investering	ENOVA-støtte	Netto ekstra-investering	Kostnadsbesparelse	Inntjeningstid (Pay-back ⁸)
Ren el-båt 13,75m	5 mill	2/2,5 mill	3/2,5 mill	Drivstoff: 500 000 Vedlikehold: 200 000	4,5/3,5
Hybrid 13,5m	5 mill	2/2,5 mill	3/2,5 mill	Drivstoff: 325 000 Vedlikehold: 150 000	5/4
Hybrid 20m	8 mill	3,2/4 mill	4,8/4	Drivstoff: 500 000 Vedlikehold: 500 000	5/4 år

Vi ser at alle alternativene har kort tilbakebetalingstid. Men også at man uten tilskudd ville hatt mer marginal lønnsomhet i investeringen. 7-8 års inntjeningstid er likevel ikke lenger enn at dette burde være interessante investeringer for mange, selv uten tilskudd.

Nybygg eller ombygging?

Nybyggingsaktiviteten i oppdrettsnæringen har vært stor, både når det gjelder arbeidsbåter og litt større servicebåter. En stor del av den norske flåten av arbeidsbåter består dermed av relativt nye båter. Samtidig vet man at fremdriftssystemene på båter kan ha kortere levetid enn resten av båten. Enkelte brukere antyder 6–7 år levetid på motor, noen helt ned i 4–5 år, mens skroget fint kan gå 20 år. Da burde ombygging heller enn nybygg være en nærliggende tanke.

Fra verftenes side blir det påpekt at det er mer hensiktsmessig å bygge nytt, fordi alt rundt motorene også må skiftes, og ikke minst fordi man kan få systemer som virker bedre sammen ved å bygge nytt.

«Det er mulig, men dyrt, vi snakker om mye forgjeves investeringer»

«Det er ofte bedre å selge og heller kjøpe ny elektrisk båt»

Ved behov for motorskifte, som gjerne oppstår etter 5–7 år, burde det være et aktuelt tidspunkt å skifte til el-drift. En del oppdrettere peker på at ombygging er en opplagt mulighet:

⁸ Nåverdimetode ville vært mer korrekt, men på grunn av stor usikkerhet i anslagene for både kostnader og levetid, lave renter samt kort tilbakebetalingstid, så har vi valgt den enklere Pay-Back-metoden.

«Båten er gulle god, ombygging er absolutt gjennomførbart»

ENOVA støtter ombygging med samme satser som nybygg, 40/50 % av ekstrainvesteringen. I tilfelle ombygging vil det meste av ombyggingskostnadene kunne gå inn i beregningsgrunnlaget for støtte.

5.4 Vil vi se elektrifisering uten krav?

Et viktig spørsmål som stilles i oppdraget er om teknologien nå er så moden at den vil tas i bruk uten insentiver eller krav. Dette er «syretesten» på om teknologien er kommersielt moden nok.

Vi antar at om teknologien fungerer godt, og ekstrainvesteringene lar seg tjene inn over båtens levetid, så vil investeringer bli gjennomført og elektrifiseringen skyte fart. Utfordringen for verftene er i dag todelt: de må a) sannsynliggjøre at teknologien fungerer tilfredsstillende og de må b) overbevise oppdretterne om at det vil lønne seg.

a) Fungerer el-båter tilfredsstillende?

Oppdretterne som har prøvd ut elektriske eller hybride arbeidsbåter har gjennomgående positive holdninger til elektriske og hybride båter:

«Har ingen betenkeligheter med å bruke el-båt»

«Mange lokaliteter det kan passe for»

«Fungerte akkurat som søsterskip med dieselmotor»

«Normale arbeidsdager er aldri et problem»

«Ladet aldri på en vanlig arbeidsdag»

«Må passe på lading»

«Redusert støy og bedre arbeidsmiljø er en viktig driver»

«Teknologien er moden nesten overmoden»

Men tilbakemeldingene er ikke helt entydige:

«Vi var veldig optimistiske, men det er forskjell på teoretiske spesifikasjoner og praktisk bruk»

«Hvis løsningene er så gode som man tror, så ville alle gjort det»

Vårt inntrykk etter intervjurunden er at båtene vil kunne fungere tilfredsstillende for de fleste lokaliteter. For lokaliteter med over lang avstand vil hybridbåter være mest aktuelt. Et eventuelt krav til nullutslipp vil av de fleste i næringen oppfattes som noe prematurt.

b) Vil det lønne seg?

Om regnestykkene skissert ovenfor holder, burde elektrifisering være å anse som gode investeringer. Med støtte fra ENOVA ser investeringene ut til å kunne være inntjent etter 4–5 år. Selv uten støtte indikerer disse beregningene at ekstrainvesteringene vil være inntjent halvveis i båtens levetid (7–9 av 20 år). Oppdretterne oppfatter likevel en økonomisk usikkerhet i levetiden til batteripakken.

Når båtene må bruke diesel til og fra anlegget forsvinner en del av besparingspotensialet. For mange utgjør gangtiden 80 % av forbruket, og når den delen må gjøres på diesel, så blir ikke besparelsen så stor som forventet. Hybridbåter har likevel en inntjeningstid som ikke er så mye lenger enn for rene el-båter.

Regnestykkene burde allerede være gode nok til å få oppdretterne interessert.

Vil vi se elektrifisering uten krav?

Verftene vi har snakket med melder om økt interesse for elektrifisering av arbeidsbåter. Dette vises også igjen i teknologien som velges, med økt bruk av hybrid fremdrift. Noen verft setter batterier i alt av båter, for dem er det mer spørsmål om grad av hybridisering. Fordelene med hybriddrift er flere enn bare sparte drivstoffkostnader. Sparte vedlikeholdskostnader er viktig for økonomien, mens redusert støy og bedre arbeidsmiljø også er viktig. Fordeler med lavere støy og bedre arbeidsmiljø gjør at manskapet i mange tilfeller har begynt å presse på for elektriske løsninger.

Med bedre utviklede og mer integrerte systemer vil man ventelig prøve å øke andelen av tiden som går på batteri. Det er mye som tyder på at elektrifiseringen har fått et momentum som gjør at man vil se mer hybridisering. En forbedring i vekt/pris/ytelsesforhold over tid vil bidra til at hybridiseringen vil kunne skyte fart.

Samtidig ser man at mange fortsatt sitter på gjerdet. Oppdretternes holdninger og forventninger spriker litt, noen er positive:

- «Kommer av seg selv om ikke prisen blir så mye høyere»*
- «Livstidskostnad er ganske lik, om infrastruktur er på plass»*
- «Skiftet kommer når løsningene er der»*
- «De som husker tilbake til Parisavtalen i 2015 vet at det må skje noe med utslippene før 2030, da må vi gjøre noe nå i 2020; noen kan bli helelektriske, andre kan bli hybride»*
- «Næringen bør være klar lenge før 2030»*

Andre er mer avventende eller til og med negative:

- «Mange er avventende, de venter på krav»*
- «Mange er konservative»*
- «Når teknologien blir bedre...»*
- «Skulle hatt større batteri, det er nøkkelen for vår del»*
- «Prisen på el-komponentene må ned»*
- «Batteriene er for tunge og tar for stor plass i forhold til effekten og rekkevidden de gir»*
- «Batteriene har for kort levetid»*
- «Batteriene mister effekt over levetiden»*
- «Man bygger fordi man får støtte»*
- «Besparelsene er mindre enn det som er nødvendig for å forsvare investeringen»*
- «Har prøvd, men går ikke videre med elektrifisering»*
- «I 2020 kjøper vi fortsatt dieslebåter, til tross for dialog med mange miljøer»*
- «Diskuterer spek på nye båter, men verftene må standardisere og effektivisere for å få ned prisen før vi kjøper»*
- «Det må finnes et godt serviceapparat før vi kjøper, som kan el-drift»*
- «Mange installerer batteri nå – litt for syns skyld, og image»*

En del oppdrettere opplever at det fortsatt er stor utvikling på design og funksjonalitet av ulike konsepter, og venter på bedre batterikapasitet, kvalitetssikring av trygg drift, HMS, brannsikkerhet osv. Infrastrukturen blir av mange regnet som det største hinderet for elektrifisering.

«Det er ikke bare vilje som mangler, infrastrukturutfordringen er reell»

Hva med ENOVA-støtte?

Virkemiddelapparatet forventer at elektrifiseringen vil skyte fart.

Det er mulig å få støtte fra ENOVA til både nybygging og ombygging til elektrisk drift. Ved nybygging er det ekstrakostnaden ved elektrifisering som er utgangspunkt for støtteberegningen, ved ombygging kan hele kostnaden være grunnlag for støtte. Støtten er på inntil 50 % (40 % for store selskap).

Støtten er en del av ENOVAs program *Elektrifisering av sjøtransport*, og er ment å skulle bidra til en markedsendring hvor nullutslippsfartøy blir konkurransedyktige. Programmet skal *bidra til at kommersiell bruk av batterier om bord på skip skjer hurtigere og i et økt omfang enn de ellers ville blitt brukt, og til at batteriløsninger blir mer tilgjengelige i markedet. Økt markedsvolum skal bidra til å bygge opp tilbudssiden av markedet, gi grunnlag for videre utvikling og styrket konkurransekraft. Målet er at batteriløsninger skal bli det foretrukne valget uten støtte og føre til reduserte utslipp og en mer energi- og klimaeffektiv skipsfart på vei mot lavutslippsamfunnet* (sitert fra ENOVAs hjemmeside).

ENOVA har bidratt til anslagsvis 15–20 arbeidsbåter i havbrukssektoren. Av kanskje rundt 1000 fartøy, så utgjør dette en liten del av båtsparken. Enova vil kunne fortsette å gi støtte til elektrifisering en stund til, men vil stoppe støtten «når vi ser at markedet går av seg selv». I praksis vil det kunne bli noen år til.

En innføring av krav vil bety at ENOVA ikke lenger kan støtte denne typen prosjekter. ENOVA støtter ikke lenger tiltak for landstrøm til flåter, men vil kunne støtte tiltak som går lenger enn det som er gjort tidligere ved landstrøm til flåte, for eksempel å trekke strøm ut til merdene. Dette vil samtidig være gunstig for lademuligheter for arbeidsbåter.

6 Tiltak for overgang til elektrisk drift

For å kunne stille krav til null- eller lavutslippsbåter i oppdrettsnæringen med begrenset geografisk aksjonsområde er det en del spørsmål som må avklares eller begreper som må defineres, for eksempel hva som ligger i lavutslipp og hva som er et «begrenset geografisk område».

Det er mulig, som i Regjeringens handlingsplan for grønn skipsfart (Klima_og_Miljødepartementet, 2019) å støtte seg på DNV-GLs definisjoner, hvor man med *lavutslipp* regner minst 40 % reduksjon i forhold til konvensjonell teknologi, og som *nullutslipp* regner 95 % reduksjon. De hybride arbeidsbåtene som er bygget eller prosjektert til nå ser alle ut til å kunne klare 40 % reduksjon, dog med forbehold for enkelte lokaliteter med lang gangavstand.

Vi tar i det videre for gitt at kravene vil være teknologinøytrale, slik at man ikke stiller direkte krav til fartøyutforming. Teknologinøytrale virkemidler vil stimulere til ny teknologi, mens påbud om en gitt teknologi kan virke hemmende for utviklingen av andre nye teknologier. Vi antar videre at krav i første omgang vil gjelde nye båter. Krav til alle båter vil kreve mye ombygging.

Krav om nullutslipp vil være enkelt å forholde seg til, da er det kun elektrisitet som er aktuelt i dag. Hydrogen er mulig i framtiden, da med hydrogen som energibærer og med brenselceller for å produsere elektrisitet. Hydrogen krever imidlertid en del elektrisitet i fremstillingen, som også bør være mulig å gjøre fornybart. Et første skritt mot nullutslipp er elektrisk fremdrift, enten energikilden er batteri, hydrogen eller dieselgenerator. Eller en kombinasjon av disse, hvor miksen kan endres i retning nullutslipp underveis. Uavhengig om energikilden er dieselgenerator, batteri eller brenselcelle så vil det ligge store besparelser i å få bort tomgangskjøring og ugunstig last på motoren. Med stor batteripakke, og dieselgenerator som reserveløsning eller til ekstraordinære arbeidssituasjoner eller forflytning, kan også en hybridbåt komme inn under definisjonen til nullutslipp (95 % reduksjon).

Definisjonen av hva som kan regnes som operasjon innen et «begrenset geografisk område» kan tenkes gjort på flere måter. Man kan for eksempel stille krav til at en arbeidsbåt må kunne gå et gitt antall nautiske mil på elektrisitet eller man kan stille krav om at alle båter som har «fast nattligge» kan regnes innenfor gruppen. Det må påregnes utfordringer med grensefastsetting og omgåelser. En kartlegging av gangavstand for dagens flåte bør kunne gi grunnlag for å vurdere hvor mange som faller innenfor målgruppen. For krav om hybridisering/dieselektrisk fremdrift vil denne avgrensningen være mindre relevant, men det vil likevel være en del båter knyttet til fjerntliggende lokaliteter som vil ha vansker med å spare inn 40 %, ettersom gangtiden er såpass energikrevende.

6.1 Kriterier for å kunne stille krav

Hvis teknologien er teknologisk moden, men ikke kommersielt moden, innebærer det god og samfunnsnyttig teknologi ikke tas i bruk. Da eksisterer det en form for markedssvikt, hvor godt utformede insentiver eller krav kan gi bedre samsvar mellom tilbud og etterspørsel. Utfordringen med å innføre krav er at om de kommer for tidlig, før det er utviklet modne løsninger, så vil krav kunne innebære at det heller enn en markedsrettig oppstår ytterligere markedssvikt, hvor det utvikles sub-optimale løsninger eller at en næring pålegges urimelige kostnader. For å vurdere om næringen og teknologien er moden for innføring av krav om lav- eller nullutslipp, så må vurderingen omfatte i alle fall tre dimensjoner: teknologi, infrastruktur og økonomi.

Vår vurdering av modenheten kan oppsummeres for henholdsvis lavutslipp og nullutslipp i punktene og tabellene nedenfor.

1) *Krav om en form for lavutslipp er mulig å innføre i løpet av relativt kort tid*

Lavutslipp	Modenhet?	Kommentarer
Teknologi	Ja	Teknologi nær kommersiell modenhet
Infrastruktur	Tja	Infrastruktur ikke på plass over alt, noen steder kostbar utbygging?
Økonomi	Ja	Inntjening på 4-10 år, avhengig av støtte

2) *Krav om nullutslipp anbefales ikke på kort sikt, men kan annonseres innført fra et gitt tidspunkt, for eksempel 2025 eller 2030.*

Nullutslipp	Modenhet?	Kommentarer
Teknologi	Ja	Moden teknologi, men usikkerhet om praktisk rekkevidde
Infrastruktur	Tja	Infrastruktur ikke på plass over alt, noen steder kostbar utbygging?
Økonomi	Ja	Inntjening på 4-9 år, avhengig av støtte

Det finnes en del usikkerheter, og en del momenter som bør vurderes:

- For nullutslipp må man være sikker på at fartøyene det gjelder har nok rekkevidde. Rekkevidden på dagens løsninger ser ut til å kunne være tilstrekkelig for en stor del av lokalitetene
- Før krav innføres bør det undersøkes og dokumenteres at det finnes nok el-kraft tilgjengelig til lading. Påbud krever mye utbygging av infrastruktur
- Krav om elektrifisering kan tenkes innført i flere trinn, med plan for innfasing av krav. Annonsering av fremtidige krav fra myndighetenes side vil i seg selv kunne være en viktig pådriver for å øke innføringstakten for ny teknologi.
- Eventuelle krav som krever ombygging bør ta hensyn både til at man har begrenset verftskapasitet og at mye av båtparken i dag er ny og moderne. Det bør likevel være et realistisk alternativ å elektrifisere båter når disse likevel krever motorbytte.
- Før innføring av eventuelle krav bør behovet for infrastruktur utredes/avklares nærmere. Ved absolutte krav bør det være unntaksordninger eller overgangsordninger for lokaliteter med lang avstand eller krevende utbygging av infrastruktur.
- Det bør vurderes om insentiver fortsatt er mer hensiktsmessig enn krav. ENOVA har gitt tilskudd til rundt 80 elektrifiserte fartøy innen alle sektorer, anslagsvis 15–20 i havbrukssektoren. Det vil fortsatt være rom for tilskudd til flere. Av de arbeidsbåter som har fått tilskudd er det bare 5-6 som er i drift, og det finnes således et begrenset erfaringsgrunnlag. Ny erfaringsinnsamling om 1-2 år vil kunne gi mye bedre grunnlag for å vurdere økonomi og reelle besparelser på drivstoff og vedlikehold.

6.2 Krav til hva? Krav til hvem?

I bestillingen til rapporten heter det å vurdere krav om innføring av null- og lavutslippsteknologi for servicefartøy i havbruksnæringen. I utgangspunktet har vi tolket dette som at kravet rettes mot kjøper av disse fartøyene, enten det er oppdrettsselskaper eller selvstendige serviceleverandører.

Et spørsmål som har meldt seg underveis er om det også finnes andre måter å fremskynde det grønne skiftet på. Vi har pekt på infrastrukturutfordringene som én viktig barriere.

Den mest energieffektive form for el-drift er direkte drift fra landstrøm. Drift fra batteri vil kreve mer energi til lading enn det som kan hentes ut av batteriene (dvs at ladeeffektivitet > 1 , normalt på 1,2–1,4). Om batteriene i tillegg har fått lading fra dieselgenerator, så har man også et energitap her. Karbonavtrykket vil heller ikke bli lavere når el-kraften må hentes fra diesel. Om man derimot kunne koblet båtene på strøm ute ved merdene, så ville man kunne unngå begge disse formene for energitap. Dette krever imidlertid at det er bygd stor nok strømforstyrning helt ut til merdene, noe som igjen krever at flåten har opplegg for nok strøm og at kapasiteten på land er stor nok.

Det bør, samtidig med vurderinger om krav til null- eller lavutslippsfartøy, også vurderes om man ved ytterligere insentiver (eller krav) kan fremskynde:

- At oppdrettsflåtene har tilstrekkelig kapasitet til ladestrøm på flåten
- At det finnes driftsstrøm ved merdene
- At det finnes kapasitet til nok strøm til lokaliteter og landbaser

6.3 Økonomiske og distriktpolitiske konsekvenser av slike krav

Krav om innføring vil kunne ha flere typer konsekvenser. Vi vil peke på et par av dem, men har ikke gått grundig inn i denne type vurderinger.

Økonomiske konsekvenser

Det vil være små økonomiske konsekvenser knyttet til krav. El- eller hybriddrift er nært kommersielt gjennomførbart. Investeringsbehovet vil øke, men tilgjengelige eksempler og økonomiske vurderinger tyder på lønnsomhet i investeringene.

Konsekvenser for teknologiutvikling

Krav kan generelt føre til at teknologiutvikling kan bli ensidig rettet mot de løsninger som tilfredsstillende aktuelle krav i dag, mens teknologier som ikke er kommet like langt mot kommersialisering kan komme til å bli satt på sidelinjen. Teknologinøytrale krav vil redusere muligheten for en teknologisk «lock-in», men ikke eliminere den.

Geografiske konsekvenser?

Krav om elektrifisering vil i utgangspunktet ha små distriktpolitiske konsekvenser, men om det legges absolutte krav til elektrifisering før tilstrekkelig infrastruktur er på plass, kan det føre til at mange gode lokaliteter blir uaktuelle, eller i alle fall uønsketmessig dyre, å bygge ut eller opprettholde. Trenden de siste 30 årene har vært å flytte anleggene ut fra grunne fjordområder til mer eksponerte lokaliteter, med større dybde og bedre gjennomstrømming. Dette har vært en viktig forutsetning for at oppdrett

i sjø har kunnet fungere, med god miljøstatus, i så stor skala som man opererer med i dag. At mange gode lokaliteter blir uaktuelle vil være en uheldig bieffekt av et slikt krav.

Effekten for verftsindustrien vil i første omgang være positiv, men kan på sikt gi noe mindre arbeid knyttet til vedlikehold.

7 Litteraturhenvisninger

ABB/Bellona. (2018). *Grønt skifte i havbruk. Laks på land kan kutte 300.000 tonn CO2*. Retrieved from https://new.abb.com/docs/librariesprovider50/media/abb---bellona---grønt-skift-i-havbruk-med-laks-på-landstrøm.pdf?sfvrsn=38238a14_4

DNV-GL. (2018). *Fullelektrisk fiskeoppdrett*. Retrieved from https://www.energinorge.no/contentassets/ef7f99cb7a954aa99393156203f764ad/fullelektrisk-fiskeoppdrett_endeligversjon.pdf

DNV-GL. (2019). *Maritime transport - Energy transition outlook 2019*. Retrieved from <https://eto.dnvgl.com/2019/index.html>

Eide, M., Rivedal, N., Leonhardsen, J. H., Sekkesæter, Ø., & Helgesen, H. (2019). *Reduksjon av klimagassutslipp fra innenriks skipstrafikk*. Retrieved from <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2020/februar-2020/reduksjon-av-klimagassutslipp-fra-innenriks-skipstrafikk/>

Klima_og_Miljødepartementet. (2019). *Regjeringens handlingsplan for grønn skipsfart*. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/contentassets/2ccd2f4e14d44bc88c93ac4effe78b2f/handlingsplan-for-gronn-skipsfart.pdf>

Lindstad, H. E., Eskeland, G. S., & Rialland, A. (2017). Batteries in offshore support vessels – Pollution, climate impact and economics. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 50, 409–417. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2016.11.023>

