
ET GRØNT MARITIMT SKIFTE?

MULIGHETER OG BARRIERER FOR OMSTILLING TIL EN MER MILJØVENNLIG SKIPSFART¹

CenSES working paper #2/2017

Markus Steen

SINTEF Teknologi og samfunn, markus.steen@sintef.no

ISBN: 978-82-93198-21-5

SAMMENDRAG

Reduksjon av klimagassutslipp i transportsektoren er avgjørende for at Norge skal nå sine klimaforpliktelser. Dette kapitlet ser nærmere på et mulig grønt skifte i skipsfart og diskuterer ulike energi- og teknologiløsninger som kan bidra til lavutslipp- eller nullutslippstransport til sjøs. Som transport på land står den maritime næringen nemlig nå overfor et mulig 'teknologiskifte' hvor en rekke nye energibærere og – teknologier (bl.a. batteri, biogass/-diesel, hydrogen, hybridløsninger) kan komme til å erstatte konvensjonell fossil energibruk. Disse nye teknologiene kan betraktes som 'nisjeteknologier'. Videre modning, implementering og oppskalering vil blant annet kreve utvikling av infrastruktur, tilpasning av verdikjeder og nye forretningsmodeller. Ulike typer offentlige støtteordninger og virkemidler vil også være nødvendig, det samme vil tilpasning av regelverk og forskrifter som regulerer energiløsninger ombord i skip. Samtidig vil tempoet og retningen(e) på det maritime grønne skiftet bero på eksisterende virksomheters evne og vilje til å bidra til utvikling og implementering av nye løsninger. I lys av dette diskutert jeg i dette kapitlet 'socio-tekniske' endringsprosesser forbundet med det grønne skiftet i maritim sektor med henblikk på drivere og barrierer.

¹ Kapittel til "Grønn omstilling – norske veivalg" – G. Rusten & H. Haarstad (red.). Arbeidet er finansiert av FME CenSES og forskerprosjektet Greening the Fleet – Sustainability Transitions in the Maritime Shipping Sector (GREENFLEET) – begge EnergiX-programmet i Norges forskningsråd.

INNLEDNING

For at Norge skal nå sine klimaforpliktelser må betydelige reduksjoner foretas i ikke-kvotepliktig sektorⁱ, som omfatter blant annet vei- og sjøtransport. Norge har forpliktet seg til å redusere sine klimagassutslipp i transportsektoren med 40% relativt til 1990 innen 2030 (KMD, 2015). Så langt har utslippsreduksjoner i transportsektoren i Norge i all hovedsak handlet om veitransport, med fokus på incentiver for å stimulere et marked for elbiler (og senere hybrid-kjøretøy), samt overgang til kollektivtrafikk i urbane områder. Skal vi innfri våre klimaforpliktelser må imidlertid alle sektorer bidra. Dette er bakgrunnen for at også innenriks skipsfart, som per i dag står for omtrent 7% av Norges samlede CO₂-utslipp (veitransport står til sammenligning for ca. 10%), må gjennom en bærekraftig omstillingsprosess hvor fossil energi blir erstattet med lav- og nullutslipps energiløsninger (Mellbye et al., 2016). Globalt står skipsfarten for ca. 3% av samlet CO₂-% utslipp, men dette er ventet å øke som en konsekvens av økt global handel. Selv om skipstransport er den minst utslippsintensive transportformen er det derfor viktig at mer miljøvennlig teknologi tas i bruk også her. En grønn utvikling av norsk skipsfart kan i så måte bidra med teknologi og løsninger som kan eksporteres til et internasjonalt marked som etter alle solemerker i økende grad vil etterspørre lav- og nullutslipps energiteknologier og drivstoff. Det er nemlig ikke bare i Norge at skipsfarten utfordres til å bli mer miljøvennlig. De senere årene har internasjonal skipsfart blitt underlagt et strengere regime med regler som begrenser utslipp av forurensende stoffer, særlig nitrogenoksid (NOx) og svovelforbindelser. IMOs MARPOL-konvensjon er viktigst i så måte, men næringen påvirkes også av krav som stilles av aktører som EU. Dagens internasjonale krav er imidlertid ikke i samsvar med de utslippsreduksjonene som kreves for at 2-gradersmålet skal oppnås. Det er derfor ventet at skipsfarten vil bli underlagt ytterligere internasjonale krav om utslippsreduksjoner, særlig drivhusgasser som CO₂, i årene framover.

Til tross for betydelige framskritt i energieffektivisering (mer effektive framdriftssystemer) og design går de langt fleste skip på fossile drivstoff – som de har gjort de siste 100 årene. Bærekraftig omstilling i skipsfarten vil bero på to hovedmekanismer som på sett og vis forutsetter hverandre. For det første må nye lav- og nullutslipps energiløsninger utvikles slik at de som investerer i nye fartøy har reelle alternativ til dagens fossile løsninger. For det andre må det etablerte 'systemet' – i denne sammenheng den maritime næringen – åpne opp for at nye løsninger kan tas i bruk.

Når det gjelder ulike typer fartøy og anvendelsesområder er det viktig å påpeke at sjøtransport (skipsfart) er minst like variert som transport på land. I sin vurdering av tiltak og virkemidler for miljøvennlige drivstoff og energiløsninger for skip skiller DNV GL (2015b) mellom hele 273 ulike segmenter eller typer fartøy basert på skipstype, størrelseskategori og andel tid i norske farvann. Disse ulike fartøystypene går i ulik type fart, har ulike eiere og kunder og inngår i ulike verdikjeder. Dette betyr at forutsetningene for å utvikle og ta i bruk ny teknologi varierer stort. I tillegg er det slik at betydelige deler av den norske flåten enten opererer primært internasjonalt eller går i fart mellom Norge og Europa.. Skip som går i fart i internasjonale farvann (spesielt store skip) har en del andre forutsetninger for energiomstilling enn fartøy som opererer i norske farvann, og vil derfor ikke bli berørt her. Dette kapitlet begrenser seg til å se på innenlands sjøtransport, det vil si den delen av den norske flåten som i all hovedsak går i trafikk i norsk økonomisk sone. De dominerende fartøystypene i innenlands sjøtransport er lasteskip, fiskefartøy, ulike typer offshorefartøy og passasjerbåter. Forøvrig er det viktig å bemerke at det å overføre mer frakt fra vei og bane til sjø – eller "Riksvei 1 – ferdig salta, ferdig brøyta" som en informant kalte det – vil kunne gi store utslippsreduksjoner (SD 2017), men også temaet faller utenfor kapitlets rammer.

På denne bakgrunn ser dette kapitlet nærmere på et mulig grønt skifte i norsk skipsfart og diskuterer ulike energi- og teknologiløsninger som kan bidra til lavutslipps- eller nullutslippstransport til sjøs. Den maritime næringen står nå overfor et 'teknologiskifte' med introduksjon av en rekke nye energibærere og –teknologier som batteri/elektrisk, biodrivstoff, hydrogen/brenselceller samt hybrider av disse og konvensjonell teknologi. Disse nye teknologiene kan betraktes som 'nisjeteknologier'; modning, implementering og oppskalering krever utvikling av infrastruktur, tilpasning og utvikling av (nye) verdikjeder, nye forretningsmodeller og ulike typer

offentlig støtteordninger og reguleringer. Samtidig vil tempoet og retningen(e) på det maritime grønne skiftet bero på eksisterende virksomheters evne og vilje til å bidra til utvikling og implementering av nye løsninger. Videre kan nye teknologier komme i konflikt med hverandre, for eksempel gjennom konkurranse om knappe investeringsmidler. For å fange denne kompleksiteten i forhold til utvikling og implementering av nye teknologier benytter jeg det såkalte flernivåperspektivet (multi-level perspective (MLP)) (Geels, 2002). Dette er et et sosio-teknisk systemperspektiv som i senere tid er mye brukt for å studere prosesser knyttet til bærekraftig omstilling. Det brukes her fordi det er velegnet til en type bred analyse som dette kapitlet anlegger, og anvendes da også primært til å studere historiske overgangsprosesser (for eksempel fra seil til damp på skip) snarere enn til detaljstudier av enkelte teknologier.

I neste del redegjør jeg kort for flernivåperspektivet. I tillegg diskuterer jeg supplerende perspektiv som bidrar til å belyse ulike aspekter ved bærekraftig omstilling av norsk skipsfart. Selv om bærekraftige overgangsprosesser kan sies å ha noen fellestrekk påvirkes de i betydelig grad av industriell, politisk og geografisk kontekst, og videre vil slike kontekstuelle forhold i stor grad være teknologispesifikke. En helhetlig analyse som tar høyde for alle disse dimensjonene er det i så måte ikke rom for her. Like fullt er det viktig å diskutere ulike kontekstuelle forhold som gjelder alle eller flere av de nye teknologiene, samt forhold som er særegne for enkelte nye energiløsninger for skipsfarten. Kapitlet baseres på primærdata innsamlet gjennom intervju (ca. 60-90 minutters varighet) med seks nøkkelinformanter i Norsk Industri, Rederiforbundet, Sjøfartsdirektoratet, Bellona, Statens Vegvesen og DNV GL. Andre empirikilder inkluderer deltakelse på Enova-konferansene i 2015 og 2016 (hvor det var egne sesjoner på maritim transport) og seminar om nullutslippsløsninger i regi av ZERO i 2017 samt sekundærdata fra politiske dokumenter, industrirapporter, nettsider og media. Det må forøvrig nevnes at det finnes svært lite eksisterende forskningslitteratur om grønt skifte i maritim transport, hvilket primært skyldes at disse endringene i næringen er relativt nye. Til gjengjeld finnes en rekke relevante industri- og konsulentrapporter. Avslutningsvis oppsummerer jeg og reflekter rundt skjær i sjøen for et grønt maritimt skifte og hvordan disse potensielt kan unngås for å nå målsettingen om betydelige reduksjoner i klimagassutslipp fra norsk skipsfart.

'GRØNNE SKIFTER' SOM SOSIO-TEKNISKE ENDRINGSPROSESSER

Essensen i det 'grønne skiftet' er å få til en overgang fra vår nåværende økonomi basert på fossile energikilder til en økonomi som baseres på teknologier og energikilder som har liten eller ingen negativ påvirkning på miljøet. Slik sett kan det grønne skiftet forstås som et teknologiskifte hvor dagens konvensjonelle, modne og forurensende energiløsninger erstattes med (mer) miljøvennlige løsninger. Studier av slike teknologiskifter har imidlertid vist at et ensidig fokus på teknologi gir en langt fra fullstendig forklaring på hva som ligger i disse prosessene, og ikke minst hvorfor slik omstilling er tidkrevende og vanskelig. Kort sagt er dette fordi teknologi må forstås som innvevd i sosiale prosesser og relasjoner og at teknologi utvikles i samspill med institusjoner, praksis og rammebetingelser. Dette betyr at teknologiskifter bør forstås som sosio-tekniske endringsprosesser.

Flernivåperspektivet (Geels, 2002) brukes typisk for å studere teknologiskifter i energisektor, transport, matproduksjon eller avfallshåndtering. Dette er sektorer som har til felles at de er store og komplekse. Teknologiskifter forstås her som sosio-tekniske systemendringer som utspilles i et samspill mellom tre ulike nivåer. Disse er ikke å forstå som klart avgrensede empiriske felt, ei heller som ulike skalanivå, men snarere som mer eller mindre rigide felt bestående av teknologier, kompetanser, ulike typer aktører (og deres nettverk) og spilleregler eller institusjoner (Geels, 2010). Det første og minst stabile eller minst etablerte nivået i dette perspektivet er teknologiske nisjer; dette er arenaen for radikale innovasjoner som ikke nødvendigvis kan implementeres uten at også 'systemet' de skal inngå i endres. Det andre – og mest sentrale nivået i flernivåperspektivet – er regimet. Et sosio-teknisk regime omfatter all den kunnskap, praksis, produksjons- og prosessteknologi, infrastruktur, kundebehov, reguleringer og institusjoner som karakteriserer et etablert felt, eksempelvis transportsektoren. Det tredje nivået i flernivåperspektivet er 'landskapet', som omfatter bredere sosio-kulturelle holdninger knyttet for eksempel til global oppvarming, prisnivå på olje og andre varer, og

internasjonale handelsavtaler eller klimaavtaler. Dette er forhold som enkeltaktører i liten grad kan påvirke direkte. Imidlertid kan indirekte påvirkning på landskapsnivået skje eksempelvis ved at myndighetene eller aktører som Rederiforbundet deltar i utforming av internasjonale krav og retningslinjer for utslippsregelverk.

Flernivåperspektivet er altså utviklet for å analysere sosio-tekniske overgangsprosesser – og er i all hovedsak brukt til å studere overgangsprosesser fra et regime som ikke er bærekraftig (i miljømessig forstand) til et regime som er det. Dette betyr at en bærekraftig omstilling forstås som et skifte fra et regime basert på for eksempel fossil energi til et regime basert på fornybar energi. Regimeskifter innebærer i så måte at nye teknologier som krever andre 'systemer' rundt seg vinner fram. Slike teknologiskifter møter imidlertid mange barrierer i form av ulike typer 'lock-ins' (Klitkou et al., 2015) , for eksempel ved at aktørers innovasjonsprosesser innrammes og begrenses av tidligere erfaringer. Det nåværende maritime transportregimet er dominert av fossile energiløsninger, og inntil nylig har nær all teknologiutvikling og infrastrukturbygging vært knyttet til videreutvikling og optimalisering av fossile framdriftssystemer. Dette er ikke uvanlig: innovasjoner i regimer er i all hovedsak av inkrementell art (Smith, 2011) hvor de bidrar til å forsterke eksisterende utviklingsspor.

Inkrementell innovasjon er en viktig årsak til at sosio-tekniske regimer er stivhengige. For at etablerte utviklingsbaner skal endres vesentlig eller erstattes med nye utviklingsbaner basert på alternative teknologier kreves at disse utsettes for press som medfører en form for ubalanse som genererer mulighetsvinduer for nye teknologier som igjen skaper rom for endring. Slikt press kan i prinsippet komme fra nisjenivået, fra internt i regimet, og/eller fra 'landskapet'. Ofte vil en miks av drivkrefter være nødvendig. De siste tiårene har eksempelvis behov for klimatiltak i økende grad gjort seg gjeldende innenfor transport- og energisektorene – en type press som primært stammer fra 'landskapsnivået' gjennom økt oppmerksomhet på global oppvarming og andre miljø- og klimautfordringer. Samtidig har nye nisjeteknologier som sol- og vindkraft vokst fram og er nå konkurransedyktige med konvensjonell energiteknologi i mange land. Innen transportsektoren (særlig personbilsegmentet men også tungtransport) ser vi en liknende utvikling for batteriteknologi og andre alternativ energiløsninger.

Det grønne skiftet – overgangen til en lavutslippsøkonomi – avhenger altså av at sektoren lykkes med å implementere disruptive og radikale innovasjoner (Smith, 2011). Imidlertid kan ikke forurensende teknologier simpelthen erstattes; de nye alternative (og potensielt disruptive) teknologiene trenger kortere eller lengre oppfostringsperioder som gjør dem i stand til å konkurrere med modne teknologier både på pris og virkningsgrad. Denne utviklingen betinges av at nye teknologier får (nettopp) 'nisjer' å utvikle seg i, dvs. applikasjons og/eller markedssegmenter hvor de er skjermet fra seleksjonskriteriene i etablerte regimer (Smith og Raven, 2012). Slike nisjer kommer i mange former, og omfatter alt fra subsidierte markeder og pilot- og demonstrasjonsprosjekter til utviklingsprosjekter internt i større selskaper. Nisjene tilbyr ikke bare muligheter for teknologiutvikling, men også for utvikling av felles forståelser og forventninger om de mulighetene og begrensninger som ligger i ny teknologi og hva som kreves for implementering.

En annen grunn til at sosio-tekniske regimeendringer er krevende er at noen aktører kan gjøre motstand mot ny teknologi og forsøke å bevare 'status quo'. For eksempel har empiriske studier vist hvordan etablerte energiselskaper med økonomiske interesser knyttet til kull, olje eller atomkraft som forsøker å påvirke myndigheter på en måte som favoriserer dem på bekostning av nye aktører og teknologier (Geels et al., 2016). Det er imidlertid slett ikke uvanlig at radikale innovasjoner oppstår i etablerte selskaper, men disse kan mangle incentiver eller kompetanser til å ta slike innovasjoner videre. Et velkjent eksempel er Kodak. Den tidligere fotokjempen var en pioner innen digital fototeknologi, men evnet ikke å tilpasse sin virksomhet til det nye formatet og satset videre på kjerneaktiviteten knyttet til papirfoto. Relevante spørsmål i sammenheng med det maritime grønne skiftet er derfor hvorvidt bedriftene i den norske maritime bransjen deltar i og er i forkant av utviklingen, og hvorvidt de evner å tilpasse seg. Dette vil selvfølgelig bero på endringsprosessenes omfang og takt. Det er opplagt betydelige forskjeller mellom forbrukerelektronikk og kapital-intensive sektorer som

maritim skipsfart, hvor investeringer i fartøy (og infrastruktur) gjerne har en horisont på 25-30 år. Dette betyr at utslippene fra norsk skipsfart i 2030 og 2050 vil avhenge av de valgene som tas i dag.

Mulighetene for å implementere nye teknologier kan videre forstås som å bero på ulike faktorer langs to dimensjoner. Den ene dimensjonen betinges av hvilke endringer som kreves for eksempel i design, konstruksjon og drift av et fartøy for at en ny energiteknologi eller –energibærer skal kunne tas i bruk. Til denne dimensjonen hører også endringer i forretningsmodeller. Den andre dimensjonen betinges av endringer som må til i omgivelsene, gjerne da forstått som den industrielle konteksten men også i andre sektorer og i infrastruktur. For eksempel vil stortilt elektrifisering av skip kreve en betydelig infrastrukturutvikling på landsiden i form av strømtilførsel og -uttak, samt i noen grad endringer i overføringsnett. Poenget her er at ulike miljøvennlige alternativer til dagens konvensjonelle fossilbaserte drivstoff krever utvikling og tilpasning som varierer stort med tanke på tilpasning av skip/fartøy på den ene siden og 'konteksten' de skal operere i på den andre. Dette betyr igjen at implementering av ulike energiteknologier kan ventes å resultere i forskjellige utviklingsbaner som varierer betydelig med tanke på i hvor stor grad det bestående regimet endres. En sentral faktor i så måte vil være hvorvidt ny teknologi konkurrerer med eller kompletterer gammel teknologi.

ET GRØNT MARITIM SKIFTE?

Den maritime industrien er blant Norges fremste og mest dynamiske næringer, og dekker hele verdikjeden fra forskning og utvikling, design og skipsverft, kontrollsystemer, ulike utstyrsleverandører og kunnskaps intensive tjenester (Reve og Sasson, 2012). Norsk maritim sektor regnes for å være internasjonalt i front hva gjelder utvikling av ny teknologi, så også innen miljøinnovasjoner (Norges Rederiforbund, 2014).

Når det gjelder reduksjon av utslipp (CO₂, NO_x, SO_x, partikler) har betydelige inkrementelle (og enkelte radikale) innovasjoner i måten fartøy er designet og konstruert på bidratt til energieffektivisering og utslippsreduksjoner (Rusten, 2010). For eksempel oppgir rederiet Solvang at drivstofforbruk på deres tankskip er halvert på 35 år, mens NO_x-utslipp er redusert med 65% (Frafjord, 2015). Det endrer imidlertid ikke på det faktum at nær samtlige skip både globalt og i Norge går på fossil brensel – slik de har gjort siden damp (og kull) overtok for seil for 100-150 år siden.

Det er ventet en sterk økning i skipstrafikken i norske farvann de kommende tiårene. For at denne økte trafikken ikke skal gi økte CO₂-utslipp må det betydelige tiltak til. Ifølge DNV GL (2015b), som har vurdert ulike tiltak og virkemidler for mer miljøvennlige drivstoff i skipsfartsnæringen, må CO₂-utslippene reduseres med 38% for at utslippene i 2040 skal være på 2015-nivå. Målet om en 40% reduksjon sammenlignet med 2015-nivå vil kreve 63% reduksjon. Flåtefornyelse, fortsatt energieffektivisering og forventet (inkrementell) teknologiutvikling vil bidra til å dempe utslippsveksten, men dette vil ikke monne. Et grønt maritimt skifte betinger en overgang fra fossile brensel til lav- og nullutslippsløsninger som eksempelvis batterielektrisk eller hydrogen.

Som nevnt innledningsvis er dette bakgrunnen for at flere ulike lav- og nullutslipps energiteknologier nå er på vei inn i skipsfarten. Disse inkluderer batteriteknologi, hydrogen, ulike typer biodrivstoff, samt en rekke kombinasjoner eller hybrider av disse og mer konvensjonelle teknologier. I denne sammenheng er det verdt å nevne at også LNG (liquefied natural gas) representerer et alternativ til dagens energiløsninger. Til tross for at LNG er en fossil energiteknologi regnes den som miljøvennlig sammenlignet med konvensjonelle diesel drivstoff som brukes i skipsfarten siden den gir omlag 20% reduksjon i CO₂-utslipp og 85% reduksjon av NO_x-utslipp. Samtidig vil økt bruk av LNG kunne bidra til å forlenge den fossile utviklingsbanen. Selv om LNG er å betrakte som en moden teknologi, den imidlertid i liten grad implementert. I global sammenheng var det i 2015 kun 57 LNG-drevne fartøy i drift, til gjengjeld var 77 LNG-drevne skip i bestilling. Selv om sentrale aktører i norsk maritim bransje fremdeles argumenter for at LNG vil være del av løsningen for en 'grønn flåte' har historien vist at det har vært vanskeligere å implementere denne energiløsningen i norsk skipsfart enn det mange trodde for 20 år siden. Historien om LNG gir oss i så måte en del hint om hva som kan forventes av

drivere og barrierer for at nye grønne energiteknologier skal tas i bruk. For det første var en offentlig aktør (Statens Vegvesen) sentral i det å skape et marked for verdens første LNG-drevne fartøy (fergen MF Glutra i drift fra 2000). For det andre har LNG blitt realisert som energiløsning med finansiell støtte som har dekket merkostnader ved investeringer i mer miljøvennlig teknologi. Når det gjelder LNG komme denne støtten fra næringslivets NOx-fond, som gir inntil 80% investeringsstøtte til skip som kan dokumentere norsk avgiftspliktig fart og reduksjon av NOx-utslipp. For det tredje forteller historien om LNG oss at det er utfordrende å skalere opp bruken av ny teknologi. I så måte har en hovedutfordring for økt anvendelse av LNG vært distribusjon og tilgang på drivstoffet fordi det ikke er etablert infrastruktur i mange sentrale havneanløp. I tillegg har det fra et investorsperspektiv vært en ekstra risiko ved å velge LNG som energiløsning fordi manglende tilgang på LNG internasjonalt reduserer annenhåndsverdien på fartøy.

Mulighetene og barrierene for at nye lav- og nullutslipps energiløsninger skal tas i bruk handler altså både om ulike fartøys anvendelsesområder og den konteksten de skal inngå i. Hensikten med analysene som følger er å gi relativt kortfattede beskrivelser av de ulike 'grønne løsningene', hvilken status de har i markedet både i forhold til utstyr brukt til transport og kjøpere av transporttjenster samt peke på ulike barrierer.

NYE GRØNNE LØSNINGER FOR OMSTILLING AV NORSK SKIPSFART

BIODRIVSTOFF

Med biodrivstoff menes både biogass og biodiesel som dannes av organisk materiale gjennom en naturlig nedbrytningsprosess. Biogass/diesel har omtrent de samme egenskapene som (fossil) naturgass/diesel, og også lik dannelse av forbrenningsprodukter som CO₂. Biodrivstoff regnes imidlertid som fornybare energibærere da det organiske materialet som benyttes for tilvirkning inngår i karbonkretsløpet. Utslipp fra forbrenning av biodrivstoff medfører slik sett ikke økning av CO₂-konsentrasjon i atmosfæren, forutsatt at plantevekst fanger tilbake den samme mengde CO₂ fra atmosfæren som biomassen generer ved forbrenning.

Biodrivstoff er svært fleksibel i bruk, og kan brukes i ulike blandingsforhold med fossile drivstoff, med minimale justeringer på maskineri og utstyr. Biodrivstoff har i så måte den åpenbare fordelen at den kan erstatte fossile drivstoff i konvensjonelle og eksisterende skip uten større investinger i tilpasninger eller utskiftninger av teknisk utstyr. En annen fordel med biodrivstoff er at det kan utvinnes av mange typer organisk materiale (slam, trevirke, kompost osv.) Denne fleksibiliteten hva gjelder råvarer er en åpenbar fordel for biodrivstoff.

Endringer i arealbruk som en følge av produksjon av biodrivstoff kan imidlertid føre til større CO₂-utslipp samlet sett. I tillegg er viktige innvending mot biodrivstoff at arealene som kreves for biomasseproduksjon kan konkurrere med matproduksjon. Flere informanter har i så måte gitt uttrykk for at biodrivstoff er et "feilspor". Typisk første generasjons biodrivstoff (etanol) utvinnes av sukkerrør og mais. Andre- og tredje generasjons biodrivstoff utvinnes derimot av ikke-spiselige vekster, evt restprodukter fra matproduksjon, samt trevirke, slam og kompost. Biodrivstoff kan også utvinnes av alger, her foregår det en betydelig FoU-innsats blant annet ved "algepiloten" på Mongstad hvor en har et demonstrasjonsanlegg for alger framstilt med CO₂ fra karbonfangstteknologi (på samme sted) som viktig innsatsfaktor (Haarstad og Rusten, 2016).

En hovedutfordring for biodrivstoff som miljøvennlig energiløsning for maritim transport (og andre transportformer) er tilgang. Per i dag produseres biodrivstoff kun i relativt små volum. For eksempel har Nord-Europas største produksjonsanlegg for biogass en produksjonskapasitet tilsvarende ca. 25 millioner liter diesel per år. Det samlede drivstoff-forbruket for innenriks sjøtransport i Norge i 2013 var imidlertid på i overkant av 1 millioner tonn (DNV GL, 2015b). En annen utfordring er argumentet om at biodrivstoff bør forbeholdes flytransport, ettersom den i motsetning til skipsfarten har få alternativer til konvensjonell fossil energi.

BATTERIELEKTRISK

Sammenlignet med andre energibærere har batterielektrisk framdrift den åpenbare gevinsten at elektrisitet ikke medfører direkte utslipp. Karbonfotavtrykket ved bruk av batterielektriske energiløsninger vil gjenspeile

energimiksen i ulike energisystem. I Norge, hvor nær all elektrisitet produseres fra fornybare kilder vil batteriteknologi tilsvare nullutslippsteknologi. I andre land, hvor fossil energi inngår i miksen av kraftproduksjon vil batteriteknologi snarere regnes som lavutslippsteknologi. Ettersom fornybarmiksen stadig øker også utenfor Norge vil derfor batterielektriske løsninger for transport ventelig bli stadig 'grønnere'.

Elektromotorer er dessuten svært energieffektive (DNV GL, 2015). Både når det gjelder utslippsreduksjoner og investeringsbehov er det imidlertid stor forskjell på fullelektriske løsninger og hybridløsninger, der eksempelvis batteriteknologi integreres i fartøy med eksisterende dieselektriske systemer som brukes både til framdrift og eksempelvis kranoperasjoner. Fullelektriske fartøy anses primært å være et alternativ ved nybygg, ettersom ombygging til fullelektrisk regnes som svært kostnadskrevede.

Bruk av batteri i moderne skip er nytt, og teknologiutviklingen er ennå i en tidlig fase. Da den fullelektriske bilfergen Ampere ble sjøsatt i 2014 for å trafikere sambandet mellom Lavik og Opedal i Sogn og Fjordane var den verdens første i sitt slag. Bakgrunnen var en innovativ anbuds konkurranse der Statens Vegvesen stilte et eksplisitt teknologikrav. En studie av Siemens og Bellona viste at 61 av Norges totalt 180 fergesamband vil være lønnsomme med fullelektrisk energiløsning, mens 32 samband (med lengre seilingsdistanser) vil være lønnsomme med plug-in hybrid, det vil si en kombinasjon av batteri og konvensjonelle drivstoff (Stensvold, 2015).

Det er først og fremst innen passasjerbåtsegmentet at fullelektrisk så langt har blitt lansert som en løsning for utslippsreduksjoner i skipsfarten. Imidlertid er det i løpet av det siste året utviklet både fullelektriske kystfiskefartøy og arbeidsbåter til oppdrettsindustrien som er satt i drift. Til felles har det dreier seg om små fartøy med begrenset seilingstid av gangen. Elektrisitet som eneste energibærer i skip krever robuste batteriløsninger og utbygging av tilstrekkelig ladeinfrastruktur på land. Manglende infrastruktur i norske havner og på fergeleier, og hvem som skal bekoste dette, regnes da også som en betydelig barriere for at batteriteknologi skal implementeres i stor skala. En annen barriere for stortstilt fullelektrifisering av fartøy er rekkevidden som tillates av nåværende batteriteknologi. Når det er sagt vil en rekke fergestrekninger bli betjent med fullelektriske ferger i løpet de nærmeste årene, og forøvrig har en rekke rederier i andre segmenter av skipsfarten i løpet av de siste årene tatt investeringsbeslutninger om hybride batteriløsninger.

HYDROGEN

Hydrogen er i likhet med elektrisitet en energibærer hvilket betyr at hydrogen kan brukes til å lagre, transportere og levere energi. Siden gassen (H₂) kan framstilles fra alle typer energi er den svært fleksibel. I likhet med batterielektriske løsninger vil miljøpåvirkningen fra hydrogen som energibærer være avhengig av hvordan hydrogenet produseres og distribueres. Produksjon av hydrogen gjøres i Norge primært ved elektrolyse, dvs. ved spalting av vann. Ellers i verden framstilles hydrogengass i hovedsak fra naturgass (DNV GL, 2015).

Framstilling av hydrogen gjennom elektrolyse er en moden teknologi som har vært i bruk i lang tid. Det som særlig aktualiserer bruk av hydrogen som energibærer i transport er utvikling av brenselceller (Tanner, 2016). Brenselceller konverterer hydrogenets kjemiske energi til varme og elektrisitet, med rent vann som eneste restprodukt. Elektrisiteten kan brukes til å drifte elmotorer. Sammenlignet med andre konverteringsmetoder for energi har brenselceller dessuten svært høy virkningsgrad.

Blant aktørene i den norske maritime bransjen betegnes hydrogen primært som en 'framtidig energiløsning'. Ikke minst stiller bruk av hydrogen som energiløsning høye krav til sikkerhet, spesielt på passasjerskip. Dette skyldes særlig hydrogenens eksplosive egenskaper, som stiller ekstra krav ikke bare til oppbevaring og lagring av hydrogen ombord i fartøy, men også selve fartøyenes konstruksjon. Sikkerhetskrav gjør seg også gjeldende på infrastrukturensiden, der det eksempelvis kan være krevende å anlegge hydrogenfyllestasjoner i havneområder. Imidlertid er det særlig innen hurtigbåtsegmentet at hydrogen nå får oppmerksomhet, noe som skyldes at hurtigbåter trenger store energimengder som dagens batteriteknologi ikke kan levere. Sentrale

utfordringer dog at hverken produksjonskapasitet eller distribusjonsnett for hydrogen eksisterer per i dag, og også når det gjelder regelverk er det betydelig usikkerhet (DNV GL, 2016).

FORDELER, ULEMPER OG ANVENDELSESOMRÅDER

De foregående beskrivelsene av ulike lav- og nullutslipps energiløsninger for maritim transport viser at de ulike teknologiene har ulik modningsgrad, fordeler, ulemper og anvendelsesområder. I tabell 1 er dette oppsummert, i tillegg angis miljø- og klimafordelene av de ulike teknologiene. Her er det forutsatt norsk elektrisitetsmix når det gjelder vurdering av gevinstene ved fullelektrisk og hydrogen som energiløsninger.

TABELL 1 EVALUERING AV ULIKE ENERGIØSNINGER (NÅVÆRENDE STATUS) SAMMENLIGNET MED (KONVENJONELL) DIESEL. KILDER: DNV GL (2015B), NFD (2015), DAHL ET AL. (2013), EGEN FORSKNING

	Biodrivstoff	Fullelektrisk	Hydrogen (brenselcelle)
Reduksjon klimagasser	Høy	Veldig høy	Veldig høy
Reduksjon NOx*	Negativ	Veldig høy	Veldig høy
Reduksjon SOx**	Veldig høy	Veldig høy	Veldig høy
Investeringskostnad	Lav	Høy	Høy
Drivstoffkostnad	Høy	Lav	Moderat
Tilgjengelighet (inkl. infrastruktur)	Lav	Moderat	Lav
'Interne' tilpasninger	Små	Betydelig	Betydelig
'Eksterne' tilpasninger	Betydelig	Moderat	Betydelig
Anvendelsesområder	Alle, særlig lasteskip, offshorefartøy o.l.	Fartøy med begrenset seilingstid, bl.a. ferge, kystfiskefartøy, arbeidsbåter	Alle
Betyding av regularitet	Lite viktig	Svært viktig	Lite viktig
Rekkevidde (per i dag)	Høy	Lav	Høy

*NOx = nitrogenoksid, **SOx = svoveldioksid

Implementering av de ulike teknologiene kan sies å være avhengig av ulik grad av *intern* og *ekstern* tilpasning. Med intern tilpasning menes her de endringene som må gjøres på selve fartøyene for at de nye energiløsningene skal kunne implementeres, mens det med eksterne tilpasninger menes de endringer som må gjøres i 'systemet' som teknologiene skal inngå i. Dette inkluderer blant annet utvikling av nødvendig infrastruktur og produksjonskapasitet for nye typer drivstoff, særlig da hydrogen og biodrivstoff. Generelt sett kan man si at fullelektrisk og hydrogen stiller betydelige krav til 'intern' tilpasning (på fartøy), hvilket tilsier at de primært er aktuelle for nybygg. Biodrivstoff er i så måte diametralt motsatt av batteri. Skip som i dag går på diesel eller gass kan med relativt små modifikasjoner drives av biodiesel eller –gass. Mens de interne tilpasningene vil være små vil imidlertid de eksterne tilpasningene i form av tilstrekkelige produksjonsvolum av biodrivstoff være betydelige. Det er i så måte ventet at produksjon av biodrivstoff vil konkurrere med en rekke alternative anvendelser av bioressurser/biomasse. Dette spørsmålet drøftes ikke her, men dette tilsier at biodrivstoff har en legitimitetsutfordring, som er en velkjent barriere for nye teknologier (Bergek et al., 2008). Dessuten er det åpenbart at de ulike teknologiene har ulike anvendelsesområder. For eksempel har batteri til sjøs på samme måte som på land en rekkeviddeutfordring som gjør at denne teknologien nok er egnet for noen spesifikke bruksområder (kortere seilingsruter) mens biodrivstoff og hydrogen er langt mer fleksibelt. Disse forskjellene er også kort oppsummert i tabell 1. I sum betyr dette at nye teknologier og drivstofftyper trolig vil bidra til at skipsfarten utvikler seg høyst ulikt innen forskjellige segmenter.

DRIVERE OG BARRIERER FOR ET MARITIMT GRØNT SKIFTE

Hoveddriveren for nye og miljøvennlige energiteknologier i maritim sektor er nå i første omgang behovet for å redusere klimagassutslipp (CO₂) for å imøtekomme Norges internasjonale forpliktelser, særlig aktualisert etter

COP21/Parisavtalen. Som påpekt av en representant for Rederiforbundet har *"klima og miljø kommet stadig høyere opp på agendaen også i vår bransje."* I den nåværende regjeringens maritime strategi (NFD, 2015: 6) heter det da også at regjeringen vil *"stimulere til grønn vekst for norsk maritim næring og økt bruk av miljøteknologiske løsninger og mer miljøvennlig drivstoff for skip."* Imidlertid handler dette ikke kun om eksternt politisk påtrykk; den maritime bransjen påvirkes også innenfra av allmenn interesse og engasjement for klima og miljø. Flere informanter gir uttrykk for at nye generasjoner medarbeidere, det være seg ledere eller fagfolk, har en helt annen holdning til miljø enn foregående generasjoner og at dette i seg selv er en sterk driver for en mer miljøvennlig retning. I tråd med flernivåperspektivet (Geels og Schot, 2007) kan dette tolkes som hvordan en type landskapsendring (klimaholdninger) ikke bare bidrar til å legitimere og skape åpninger nye teknologier, men også til destabilisering av et bestående regime ved at de etablerte institusjonene (holdninger, vaner mm.) endres. Slik sett skjer det grønne maritime skiftet også som et resultat av 'regimeinterne' drivkrefter.

Fra privat sektor påpeker redere og teknologiutviklere at den sterkeste driveren for å ta i bruk miljøvennlige energiløsninger i skipsfarten burde være markedet, det vil si innkjøpere av logistikkjenester. Imidlertid mener synes det å være bred enighet blant ulike aktører i maritim sektor om at det er mange *"vaner som er vonde å vende"*, og at spesielt innkjøpere av logistikkjenester er konservative og at de har få incentiver til å velge 'grønt'. Ifølge en spørreundersøkelse blant norske redere utført i 2011 er pålitelighet, sikkerhet og kostnad de viktigste kriteriene som må være oppfylt for at ny teknologi skal tas i bruk (Acciaro et al., 2013). En hovedutfordring for et maritimt grønt skifte er derfor at markedet i liten grad etterspør miljøvennlige logistikk løsninger. Dette målbæres også i den maritime bransjens innspill til Regjeringens ekspertutvalg for grønt konkurransekraft. Her heter det at *"per i dag er betalingsviljen lav blant innkjøpere av transport-tjenester (...) Vi trenger konkrete og effektive grep som får markedet for grønne løsninger til å fungere"* (Grønt Kystfartsprogram, 2016: 14). Mens offentlige anskaffelser gjør det mulig å innføre grønne energiløsninger i deler av passasjertrafikken må det også virkemidler på plass i andre segment av skipsfarten som incentiverer økt bruk av miljøvennlig energiteknologi.

I tillegg er det å redusere lokale utslipp av særlig nitrogenoksid (NOx) og svoveloksid (SOx) den primære driveren for implementering av landsstrøm som muliggjør at skip som ligger til kai slipper å holde motorer i gang for produksjon av egen strøm. Her har de store havnebyene (særlig Oslo) ledet an. Press for å redusere lokal forurensing gjør seg imidlertid også gjeldende i andre kontekster enn de urbane. Spesielt gjelder dette i cruisetrafikken, hvor det de senere år har blitt økt oppmerksomhet om forurensningen fra den store cruisetrafikken i blant annet Geirangerfjorden. Den samme tendensen ser man i ekspedisjonscruise-segmentet, hvor Hurtigruten nylig har besluttet å investere i hybrid-teknologi på sine nye skip som skal seile blant annet i polare strøk (Stensvold, 2016b).

Samtidig kobles disse miljø- og klimaforpliktelsene til en annen driver, nemlig mulighetene for verdiskaping basert på teknologiutvikling og nye løsninger for miljøvennlig maritim transport som det er ventet at i økende vil bli etterspurt internasjonalt. I bransjens innspill til Grønn konkurransekraft og samtlige informanter legges det vekt på at den norske maritime klyngen har alle mulige forutsetninger for å gå i internasjonal front når det gjelder lav- og nullutslipps energiløsninger for skipsfarten. Dette har også vært et sentralt tema på seminarer der utslippsreduksjon i skipsfarten er diskutert.

I litteraturen om bærekraftig omstilling råder en etablert oppfatning om at det oftest er nye aktører som går i bresjen for å ta i bruk og utvikle ny miljøvennlig teknologi (Steen og Weaver, 2017). I den norske maritime næringen er det imidlertid særlig enkelte store (og veletablerte) rederier som offshore levrandselskapet Eydevik som har gått foran for å stimulere til utvikling og implementering av nye energiløsninger, i tett samspill med leverandører og med støtte fra virkemiddelaktører som Enova. At det er store selskaper som går foran her kan forklares med at foretak trenger både muligheter og incentiver til å investere i utviklingen av grønne løsninger samt til å ta disse i bruk (Wesseling et al., 2015). Muligheter avhenger blant annet av foretaks ressurser både i form av kompetanse og finansielle ressurser, mens incentiver handler om markedsmuligheter.

Når det gjelder aktørene i den maritime bransjen er det nok slik at mindre aktører både har manglende muligheter og incentiver, mens de større rederiene har større ressursmessig handlingsrom og mulighet til å innta noe mer framoverskuende grep i forhold til forventet markedsutvikling. Også på leverandørsiden ser vi at mange nye løsninger kommer fra etablerte aktører som Wärtsila, Siemens og Rolls Royce, men her er det samtidig også mange nyetablering blant annet innen produksjon av batterier, hydrogen og biodrivstoff.

En sentral utfordring fra et investorperspektiv er i så måte den lange investeringshorisonten på skip som gjerne er på 25-30 år. Å gjøre feil drivstoffvalg i dag kan ha store konsekvenser for et fartøys økonomi i et livsløpsperspektiv, inkludert avhendingsmuligheter og annenhåndsverdi (DNV GL, 2015a). Dette siste er viktig da mange norske skip gjerne har et liv nummer to i andre farvann. Dette markedet for videresalg er primært internasjonalt, følgelig kan fartøy med 'nye' energiløsninger ha et mer begrenset marked enn fartøy med konvensjonell teknologi. Med tanke på annenhåndsverdien er da nye drivstoffløsninger potensielt problematiske fordi nødvendig infrastruktur og tilgang på drivstoff kan mangle i andre markeder.

Vi har tidligere vært inne på at bærekraftig omstilling ofte krever virkemidler for at nye teknologier skal utvikles og tas i bruk. På generelt grunnlag kan man si at introduksjon av nye miljøvennlige teknologier krever en kombinasjon av 'technology push' og 'market pull' i tillegg til virkemidler som skaper nødvendige endringer i 'systemet' teknologien skal inngå i (Rogge og Reichardt, 2016). I tråd med flernivåperspektivet må virkemidler og politikken nemlig påvirke både det 'nye' og det 'etablerte' for at bærekraftig omstillingsprosesser skal få moment.

Fem typer virkemidler er i så måte spesielt interessante. For det første støtte til forskning og utvikling (FoU) av nye drivstofftyper, energiteknologier og infrastrukturloosnigner. Her synes det å ha vært en betydelig vekst i Norge de siste årene. Et eksempel er det nylig etablerte forskningscenteret for miljøvennlig energi (FME) MoZEES (Mobility Zero Emission Energy Systems) som ledes av Institutt for Energiforskning på Kjeller og som samler mange av de fremste FoU-aktørene innen miljøvennlig transport samt en rekke proaktive transport- og logistikkelskaper i Norge har som ambisjon om å bidra med dette også for maritim transport. Et annet er SFI Smart Maritime som er et senter for forskningsdrevet innovasjon som ledes av SINTEF og som har sterkt fokus på miljøvennlige energiløsninger. I tillegg kan bransjen stimuleres mer indirekte til innovasjon gjennom klynge- og nettverksprosjekter. Mange forsknings- og utviklingsprosjekter synes da også å være knyttet til og initiert av aktører som inngår i klyngene NCE Maritime Cleantech (med base på Stord) og GCE Blue Maritime (med base på Stord).

For det andremålrettede støtte til pilotanlegg utprøving og skalering av teknologi som reduserer eller eliminerer utslipp. Slik støtte er så langt kanalisert gjennom Grønt Kystfartsprogram (statlig støtte og koordinert av DNV GL) samt fra Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova gjennom Pilot-E programmet. Enovas støtteordning for energi- og klimatilak i skip som ble lansert i 2015 har i tillegg vært utløsende for flere investeringer i grønne energiløsninger. I litteraturen om bærekraftig omstilling vektlegges viktigheten av å støtte slike utviklingsarenaer hvor ny teknologi blir utprøvd i fullskala sammenheng .

En tredje virkemiddeltype er omlegging av avgifts- og skattepolitikken til fordel for mer miljøvennlige løsninger. Næringslivets NOx-fond vurderes som å ha vært en suksess med tanke på å redusere utslipp av NOx fra norsk skipsfart, men har samtidig i all hovedsak bidratt til modifiseringer på eksisterende fartøy snarere enn å realisere investeringer i de nye energiløsningene som kreves for tilstrekkelige reduksjoner av klimagassutslipp. I senere tid har sentrale aktører (redere, skipsbygger, NHO, DNV GL) i norsk maritim bransje tatt til orde for at et tilsvarende fond bør etableres for å redusere CO₂-utslipp. Dette målbæres også i 'Sjøkart for grønn kystfart', som er innspill fra Grønt Kystfartsprogram til Regjeringens ekspertutvalg for grønn konkurransekraft. Fiskebåtredere Tore Roaldsnes i Nordic Wildfish uttaler (Stensvold, 2016a) eksempelvis at "*NOx-fondet har vært en stor suksess. Vi ønsker en tilsvarende modell for andre skadelige gasser, som CO₂. Sett gjerne opp mineraloljeavgift og CO₂-avgift, men sett pengene i et fond. De som vil investere i ny teknologi som får ned utslipp eller bytte til energibærere med lave eller ingen utslipp, kan søke penger fra fondet og få lavere avgift.*"

En fjerde virkemiddeltype er miljøkrav i offentlige innkjøp av maritime tjenester slik som fergedrift. Slike miljøkrav i offentlige anbud var avgjørende for realisering av både verdens første LNG-ferge (MF Glutra i 2000) og verdens første el-ferge (Ampere i 2014). Her er imidlertid en utfordring at fylker (som har ansvar for fergesamband på fylkesveiene) har mer begrensede ressurser til å for eksempel investere i ladeinfrastruktur enn det staten har (som har ansvar for fergesamband på riksveiene). Bransjen er derfor relativt samstemte i at staten må ta ansvar for å tilrettelegge for en helhetlig infrastruktur for ulike typer lav- og nullutslipps drivstoff og energiløsninger i hele landet. En slik infrastrukturutvikling for passasjerfartøy vil kunne komme også andre segmenter av skipsfarten til gode. En femte virkemiddeltype er krav til innblanding av biodrivstoff i konvensjonelle drivstoff. I siste budsjettforlik legger regjeringen opp til en krav om 20% innblanding av biodiesel innen 2020, og det er foreslått at et lignende omsetningskrav også skal komme for skipsfarten (Lie, 2016).

OPPSUMMERING OG KONKLUSJON: UTVIKLINGSBANER OG VEIVALG FOR ET GRØNT MARITIMT SKIFTE

Grønn omstilling av norsk skipsfart har fått betydelig oppmerksomhet de siste årene. Selv om dette kapitlet har fokusert på grønt skifte i norsk innenriks skipsfart er det viktig å se denne omstillingen i en større kontekst. Norsk maritim næring har vært tydelige på at nasjonale tiltak, reguleringer og bestemmelser må ses i sammenheng med og være i tråd med internasjonale utslippbestemmelser for slik sett ikke å være konkurransevridende (Norges Rederiforbund, 2014). Det bør også være klart at et grønt maritimt skifte ikke handler om å erstatte en moden teknologi med en annen – framtidens skip og fartøy vil etter alle solemerker benytte en rekke ulike teknologier og drivstoff. Dette kjenner vi igjen i fra energisystemet i bredere forstand; det grønne skiftet innebærer i så måte en overgang fra noen dominerende energityper (spesielt fossil) til ulike kombinasjoner av konvensjonelle og nye energiteknologier. Dette er ikke uproblematisk, da nye teknologier ikke bare konkurrerer med etablerte teknologier men også kan komme i konflikt med hverandre, for eksempel over ressurser eller legitimitet (Sandén og Hillman, 2011). Det betyr imidlertid også at de fremtidige utviklingsbanene framstår som uoversiktlige, og at utprøving og modning av de nye energiteknologiene bør stimuleres med ulike virkemidler uten at teknologispesifikke veivalg tas.

I motsetning til transport på land, hvor Norge ikke har noen særlig industriell posisjon, er den maritime bransjen blant Norges sterkeste og mest kunnskapsintensive næringer. Nettopp dette gjør skipsfarten spesielt interessant i et omstillingsperspektiv som ikke bare handler om en overgang til mer miljøvennlige løsninger men også at det grønne skiftet byr på nye verdiskapingsmuligheter. Mulighetene som ligger i ny 'grønn' verdiskaping gjennom utvikling av teknologi og løsninger for eksport kan i så måte gi norsk maritim bransje nye komparative fordeler i det globale markedet for skipsteknologi og energiløsninger for maritim bruk. Dette handler ikke bare om teknologi som tas i bruk i fartøy, men også om 'infrastrukturløsninger' som utvikles i de norske protomarkedene for nye energiteknologier til maritim sektor. Vi ser her en interessant parallell til hvordan eksempelvis Danmark stimulerte til utviklingen av sin vindenergiindustri gjennom å etablere tidligfase markeder for det som nå er blitt en global ledende næring (Simmie, 2012).

Samtidig er det åpenbare skjær i sjøen. Noen av disse kan betraktes som generiske da de er gjenkjennbare fra andre bærekraftige omstillingsprosesser. Dette gjelder blant annet at det er betydelig usikkerhet knyttet til teknologivalg, virkemidler og framtidig etterspørsel og behov. I Norge går nå offentlige aktører foran og skaper tidligfase markeder, og dette skjer konkret gjennom anbudsregimet for fergedrift. Dette er selvsagt av umåtelig stor betydning for å implementere nye løsninger, høste erfaringer og vise at nye teknologier virker. Det bidrar til å redusere usikkerhet, og kan gjøre det lettere å skape legitimitet for ny teknologi i de bredere segmentene av skipsfarten. Det er imidlertid ingen tvil om at det må være etterspørsel i andre deler av skipsfarten, herunder fiskeri, oppdrett, lastefartøy og offshorefartøy, for at utviklingen skal få moment. Her vil offentlige virkemidler, det være seg i form av reguleringer, påbud/forbud eller avgifter, være viktige for å støtte implementering av nye teknologier. Heri ligger imidlertid en annen generisk utfordring for et grønt maritimt

skifte, nemlig usikkerhet rundt utforming av offentlige virkemidler og varigheten på disse. En sentral oppgave for politikktutforming er derfor at det settes langsiktige og tydelige mål om hvordan visjonen og en mer miljøvennlig norsk skipsfart skal utvikles og oppnås. På markedssiden vil det særlig være viktig å tilpasse støtteordninger til teknologiers modningsgrad og spesifikke barrierer, slik at man unngår at teknologivalg tas for tidlig og utviklingsbanene 'låses fast' til begrenset sett av løsninger. Som med annen umoden teknologi er det viktig at det offentlige støtter forskning og utvikling på området, men dette synes å være godt ivaretatt med de forskningsprogrammene som nå er etablert.

Andre skjær i sjøen er mer spesifikke i forhold til skipsfarten, og også til skipsfarten i Norge. Dette gjelder blant annet lang investeringshorisont og usikkerhet knyttet til annenhåndsverdi av fartøy. Det norske bosettingsmønsteret med betydelig næringsaktivitet i ulike former langs kysten betyr også at det vil kreves omfattende grep for å tilrettelegge for ulike typer infrastruktur som de nye lav- og nullutslipps energiteknologiene krever.

LITTERATUR

- Acciaro, M., Hoffmann, P.N., Eide, M.S., 2013. The energy efficiency gap in maritime transport. *Journal of Shipping and Ocean Engineering* 3, 1.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Sandén, B.A. 2008. 'Legitimation' and 'development of positive externalities': two key processes in the formation phase of technological innovation systems. *Technology Analysis & Strategic Management* 20(5): 575-592.
- Dahl, P.I., Bünger, U., Vøller, S., Korpås, M., Møller-Holst, S., 2013. Hydrogen for transport from renewable energy in Mid-Norway. SINTEF, Trondheim.
- DNV GL, 2015a. In Focus - LNG as Ship Fuel. Latest developments and projects in the LNG industry. DNV GL Maritime, Høvik.
- DNV GL, 2015b. Vurdering av tiltak og virkemidler for mer miljøvennlige drivstoff i skipsfartsnæringen. DNV GL Maritime, Høvik.
- DNV GL, 2016. Hydrogen som energibærer på Vestlandet. Mulighetsstudie 2016. Høvik.
- Frafjord, E., 2015. -Ikke bare LNG-skip som er miljøvennlige, Maritime.no.
- Geels, F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy* 31, 1257-1274.
- Geels, F.W., 2010. Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. *Research Policy* 39, 495-510.
- Geels, F.W., Schot, J., 2007. Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36, 399-417.
- Geels, F.W, Kern, F., Fuchs, G., Hinderer, N., Kungl, G., Mylan, J., Neukirch, M. & Wassermann, S. 2016. The enactment of socio-technical transition pathways: A reformulated typology and a comparative multi-level analysis of the German and UK low-carbon electricity transitions (1990–2014). *Research Policy* 45(4), 896-913.
- Grønt Kystfartsprogram, 2016. Sjøkart for grønn kystfart. Innspill fra Grønt Kystfartsprogram til Regjeringens ekspertutvalg for grønn konkurransekraft, Oslo.
- Haarstad, H. Rusten, G. 2016. The challenges of greening energy: policy/industry dissonance at the Mongstad refinery, Norway. *Environment and Planning C: Government and Policy* 34(2), 340-355.
- Klitkou, A., Bolwig, S., Hansen, T. & Wessberg, N. 2015. The role of lock-in mechanisms in transition processes: The case of energy for road transport. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 16, 22-37.
- KMD, 2015. Ny utslippsforpliktelse for 2030 – en felles løsning med EU, in: Miljødepartementet, K.-o. (Ed.). Klima- og Miljødepartementet, Oslo.
- Lie, Ø., 2016. Maskinistforbundet advarer mot eksplosjonsfare, TU.no.
- Mellbye, C.S., Riialand, A., Holthe, E.A., Jakobsen, E.W., Minsaas, A., 2016. Analyserapport til arbeidet med Maritim21-strategien. Maritim næring i det 21. århundret - prognoser, trender og drivkrefter, Menon-publikasjon.
- NFD, 2015. Maritime muligheter - blå vekst for grønn fremtid, in: Fiskeridepartementet, N.-o. (Ed.). Nærings- og Fiskeridepartementet, Oslo.

- Norges Rederiforbund, 2014. Blått hav - grønn fremtid. Norges Rederiforbunds miljøstrategi. Norges Rederiforbund, Oslo.
- Reve, T., Sasson, A., 2012. Et kunnskapsbasert Norge. Universitetsforlaget, Oslo.
- Rogge, K.S., Reichardt, K., 2016. Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. *Research Policy* 45, 1620-1635.
- Ruef, A., Markard, J., 2010. What happens after a hype? How changing expectations affected innovation activities in the case of stationary fuel cells. *Technology Analysis & Strategic Management* 22, 317-338.
- Rusten, G. 2010. Riding the Waves of Design: Industrial Design and Competitive Products in the Norwegian Marine, Maritime and Offshore Sectors. I: G. Rusten & J. R. Bryson (red.). *Industrial Design, Competition and Globalization*. Hampshire, Palgrave Macmillan: 195-219.
- Sandén, B.A., Hillman, K.M. 2011. A framework for analysis of multi-mode interaction among technologies with examples from the history of alternative transport fuels in Sweden. *Research Policy* 40(3): 403-414.
- SD, 2017. Nasjonal transportplan 2018-2029. Meld.St. 33 (2016-2017). Samferdselsdepartementet, Oslo.
- Simmie, J., 2012. Path Dependence and New Technological Path Creation in the Danish Wind Power Industry. *European Planning Studies* 20(5): 753-772.
- Smith, A., Raven, R., 2012. What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. *Research Policy* 41, 1025-1036.
- Smith, K., 2011. Den vanskelige transformasjonen, in: Hanson, J., Kasa, S., Wicken, O. (Eds.), *Energirikdommens paradokser. Innovasjon som klimapolitikk og næringsutvikling*. Universitetsforlaget, Oslo, pp. 23-44.
- Steen, M., Weaver, T., 2017. Incumbents' diversification and cross-sectorial energy industry dynamics. *Research Policy* 46(6), 1071-1086.
- Stensvold, T., 2015. Siemens: Lønnsomt å bytte ut 70 prosent av fergene med batteri- eller hybridferger, TU.no.
- Stensvold, T., 2016a. Krever CO2-fond for å rense skip og tungtransport, TU.no.
- Stensvold, T., 2016b. Nå er det like før: Slik skal Hurtigrutens eksepedisjonsskip seile miljøvennlig i arktiske strøk, TU.no.
- Tanner, A.N., 2016. The emergence of new technology-based industries: the case of fuel cells and its technological relatedness to regional knowledge bases. *Journal of Economic Geography* 16, 611-635.
- Wesseling, J.H., Niesten, E.M.M.I., Faber, J., Hekkert, M.P., 2015. Business Strategies of Incumbents in the Market for Electric Vehicles: Opportunities and Incentives for Sustainable Innovation. *Business Strategy and the Environment* 24, 518-531.

ⁱ Kvotepliktig sektorer er landbasert industri, olje og gass og luftfart. Ikke-kvotepliktige sektorer inkluderer bl.a. vei- og sjøtransport, jordbruk og byggsektoren (KMD 2015)