

Bacheloroppgave

Shipping Management
TS301011 Bacheloroppgave

Problemstilling

Kan hydrogen og elektrisitet være fremtidens drivstoff for den maritime næringen?

Kandidatnr:

10012

10019

10013

Totalt antall sider inkludert forsiden: 58/75

Ålesund, 18.12.2020

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §31	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Arnfinn Oksavik

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

Dato: 17.12.2020

Sammendrag

Det vi ønsket å finne ut av i denne oppgaven var om elektrisitet og hydrogen kan være fremtidens drivstoff for den maritime næringen. For å finne svaret på dette spørsmålet, så tok vi for oss tre viktige aspekter ved utviklingen og iverksettelsen av disse drivstoffene på markedet. Disse aspektene er; teknologien hvorvidt det er mulig å ta i bruk disse drivstoffene, kostnadene for markedet rundt en endring, og hvordan politiske tiltak kan og bør bidra til utviklingen.

For å skaffe oss mer informasjon på dette området har vi valgt å ta i bruk kvalitativ metode. Dette har blitt gjennomført ved intervjuer av fire informanter. Her har vi tatt i bruk en spørreguide slik at intervjuene dannet et godt datagrunnlag for sammenligning, samtidig som intervjuene også ga mulighet for utfyllende svar. Noe av det viktigste vi ønsket å få ut av intervjuene var å få innsyn i hva de forskjellige aktørene tenker rundt et skifte av drivstoff i næringen. Vi ønsket derfor å snakke med både personer som jobber med utviklingen av nye drivstoff, og aktører i markedet som vi håper skal ta i bruk miljøvennlig drivstoff.

Gjennom intervjuene, samt egne studier på temaet, har vi kommet frem til det vi kaller for empiriske funn. Dette er funn som har hjulpet oss å utvikle oppgaven og våre tanker rundt problemstillingen. I intervjuene satte vi fokus på erfaringer bedriftene hadde hatt med utviklingen av miljøvennlig drivstoff, samt hvordan de videre vil arbeide for å bli mer miljøvennlig. Vi ønsket også å bruke intervjuene til å få teknisk innsikt i temaet, da vi snakket personer med høy kompetanse innenfor temaet.

I oppgaven kommer det frem at det sannsynligvis vil være teknisk mulig å ta i bruk elektrisitet, hydrogen og/eller ammoniakk i fremtiden. Likevel virker det som at skipene i fremtiden i større grad må differensieres da for eksempel batteri ikke egner seg for lengre reiser, mens for eksempel ammoniakk ikke egner seg på lavere hastighet. Markedet virker derfor i større grad å tro på kombinasjoner og hybride skip i et kortsiktig perspektiv, men at hydrogen og elektrisitet absolutt kan være fremtidens drivstoff innen shippingnæringen. Likevel så viser funn at dersom dette skal være mulig, så må det foreligge økonomiske motivasjoner til grunn for bedriftene, samt en grunnleggende infrastruktur. Dette må utvikles og iverksettes av IMO og EU gjennom politiske tiltak.

Forord

Denne oppgaven er skrevet av tre studenter, og er en del av vårt avsluttende arbeid på vår bachelorgrad i shipping management ved NTNU i Ålesund. Oppgaven er skrevet høsten 2020.

Problemstillingen "Kan hydrogen og elektrisitet være fremtidens drivstoff for den maritime næringen?" er basert på våre tanker rundt miljøutfordringene i næringen. Før vi startet så var en del av utfordringen å velge noe vi synes var interessant og ville finne ut mer om. Vi henvendte oss derfor til veileder med et par forslag, og kom fram til at denne problemstillingen var interessant og aktuell for fremtiden. Da vi startet med oppgaven, så hadde vi lite inngående kunnskap om temaet. Oppgaven har derfor vært en læringsprosess der vi har tilegnet oss kunnskap underveis, og vi har derfor sett en utvikling i omfanget, og kommet frem til ulike aspekter vi ikke var klar over da vi begynte.

For å gi leserne innsikt og bedre forståelse av temaet så startet vi med å gi leserne et teoretisk grunnlag, både teknisk, men også markedsmessig. Vi har forsøkt å utvikle oppgaven til å besvare problemstillingen best mulig. Likevel så er temaet stort, og vi har derfor måtte begrense omfanget av oppgaven til det vi mener er mest relevant i forhold til problemstillingen.

Vi vil gjerne takke vår veileder, Arnfinn Oksavik for god oppfølging, samt tips og relevant erfaring inn mot shippingmarkedet som har hjulpet oss med utviklingen av bacheloroppgaven. Videre vil vi takke bedriftene Wilhelmsen, Kongsberg gruppen, Island Offshore, og ACEL som har stilt opp på intervju og gitt oss inngående kunnskap om temaet.

17.12.20

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	4
Forord.....	5
Begrepsliste	8
Innholdsfortegnelse	6
Innledning.....	8
Avgrensning.....	10
Problemstilling	10
Teori	11
Tidlig kunnskapsgrunnlag.....	11
Teknologi.....	11
Batterier	12
Kapasitet.....	12
Sikkerhet.....	13
Hydrogen	13
Utvinning	14
Ulike typer hydrogen.....	15
Well to wake.....	15
Carbon Capture and Storage	16
Drivere.....	17
Metode.....	22
Litteratursøk.....	22
Valg av metode.....	24
Styrker og svakheter ved kvalitative metoder?	25
Fordeler med kvalitative metoder	25
Ulemper med kvalitative metoder	25
Bruken av kvalitative metode for dette temaet.....	25
Utvalg	26
Hvordan ble spørreguiden utformet?	26
Empiriske funn	27
Kvalitativ analyse.....	27
Teknologiske utfordringer og muligheter	27
Batteri.....	27
Hydrogenbaserte drivstoff	29
Ammoniakk	30
Lagring og tidligere bruk.....	30

Hvordan bruke drivstoffet på skip.....	31
Energitetthet	33
Energitap	34
Langdistanse med ammoniakk og hydrogen som drivstoff	35
Andre ulemper med ammoniakk	37
Ammoniakk og hydrogen sammen	38
Økonomien bak en drivstoffendring i den maritime sektoren	39
Batteridrevne båter og ladestrøm	39
Kostnader forbundet med bygging og ombygging.....	39
Økonomiske aspekter forbundet med elektrifisering av sjøtransport.....	40
Kostnader forbundet med strøm som drivstoff	43
Hydrogen og Ammoniakk fra et økonomisk perspektiv.....	44
Kostnader forbundet med hydrogen og ammoniakk som energibærer	44
Veien videre i fremtiden for hydrogenproduksjon	47
Infrastruktur	50
Fordeler	50
Utfordringer rundt infrastrukturen.....	51
Politiske tiltak og utfordringer	53
Lokale myndigheter.....	54
Lokale myndigheters muligheter	54
Lokale myndigheters begrensninger	56
IMO og EU	57
Karbonavgifter.....	58
Ulemper med karbonavgifter.....	59
Insentiver for å velge miljøvennlig drivstoff.....	62
Kontroll av salg.....	63
Lobbyvirksomhet.....	64
Så hva er egentlig mulig?	65
Avslutning.....	68
Bibliografi	69
Figurliste	74
Tabelliste	Feil! Bokmerke er ikke definert.

Begrepsliste

Ammoniakk: NH_3 , består av et nitrogenatom og tre hydrogenatom

Bar: Måleenhet for trykk

Blockchain: En blokkjede som kan brukes som en digital regnskapsbok som bokfører og krypterer transaksjoner gjennom tredjeparter.

Brenselcelle: en elektrokjemisk celle som generer elektrisk energi.

CCS: Forkortelse for karbonfangst

Chartre: Når skipsreder leier ut et skip

Co₂: Består av et karbonatom og to oksygenatomer, og er en av de mest vanlige klimagassene

Dampreforming: Kjemisk prosess som danner hydrogen

Deep sea shipping: Interkontinental shipping, seilaser over lengre distanser

DWT: Dødvekttonn, måleenhet for hvor mye et skip kan bære

Elektrolyse: Redoksreaksjon som vil danne grunnstoffer i sin nøytrale form

Elektrolysør: Et apparat for elektrolyse

EGR: Resirkulerer eksosen for mindre oksygen tilgjengelighet.

Energitetthet: Mengde energi dividert med volum til en energibærer

Empiriske funn: erfaring og data fra undersøkelser

EU: Den europeiske union som er en samarbeidsorganisasjon i Europa bestående av 27 land. Beslutningene som tas av EU er med på å forme politikken i de forskjellige landene.

HFO: Heavy fuel oil, er en samlet betegnelse på en kategori drivstoff som anvendes i den maritime næringen

Hydrokarboner: Organisk-kjemisk forbindelse mellom karbon og hydrogen

IMO: International maritime organisation er en særorganisasjon i FN og tar av seg globale spørsmål med tilknytning til sjøfart.

Infrastruktur: Infrastruktur omhandler den strukturen som må ligge til grunn for at noe skal fungere.

Katalysator: Stoff som øker farten på en kjemisk reaksjon uten å selv forbrukes

KWh: Dette er en enhet for måling av energi

Ladestrøm: Elektrisk kraft som lader selve skipet når det ligger ved kai

Landstrøm: Elektrisk kraft fra strøm til å drifte skip som ligger ved kai

Litium-ion batteri: Mest utbredte ladbare batteriformen i dag

LNG: Flytende naturgass

MGO: Marin gassolje, drivstoffet brukes i dieselmotorer på skip

MWh: En megawatttime er 1000 kWh, som er måleenheten for energi

NOx: Fellesbetegnelse for NO og NO₂, som begge er nitrogenoksider Well to wake:

Modell for drivstoff sin vei fra produksjon til forbrenning

Plug-in hybrid: Kombinerer en diesel/bensin motor med en elektrisk motor med batteri

Rensing av SOx: Rensesystem monteres i skipet for å gjøre den giftige svovelgassen fra eksosen om til ufarlig kalsiumkarbonat.

Short sea shipping: Seilaser over en kort distanse

Skipsreder: Personer som eier og driver et eller flere skip

Smog: Luftforurensing, oppstår når organiske stoffer og nitrogenoksid reagerer kjemisk ved hjelp av solstråling

Tank to propeller: Utslippene fra båten

Tenntemperaturer: Temperaturen som må til for at et stoff skal ta fyr

Innledning

I denne oppgaven skal vi ta for oss hva markedet tror kan være fremtidens drivstoff innen shippingnæringen. I dag står shippingnæringen for rundt 2,5% av hele verdens klimagassutslipp (EU, u.d.). Likevel er næringen den eneste uten noen klimatiltak på global basis. Derfor ønsker vi å finne ut og kartlegge hvordan shippingnæringen kan bli mer miljøvennlig gjennom reduksjon av utslipp fra drivstoff. I oppgaven tar vi for oss teknologien bak elektrisitet, samt hydrogen og etter hvert ammoniakk. Dette er for å finne ut av om det er mulig å ta i bruk disse drivstoffene i fremtiden, hvilken type drivstoff som er best egnet og hvordan det vil fungere sammenlignet med dagens løsninger med HFO og MGO. Videre vil vi også se på hvilke økonomiske konsekvenser en slik endring vil medføre, samt de ulike kostandene ved produksjon av hydrogen. Dette vil gi oss et innblikk på hva som må til for at markedet skal godta denne endringen. For å takle disse økonomiske endringene, og hindre at dette sinker utviklingen, så er det viktig at det settes i gang politiske tiltak. Vi skal derfor se på hvilke tiltak som kan iverksettes for å motivere til en endring, samt se på målene som IMO har satt seg i form av reduksjon av klimagassutslipp.

Avgrensning

I en oppgave som er såpass omfattende som denne, så har vi valgt å se bort ifra andre typer drivstoff, og valgt å fokusere på hydrogen og elektrisitet, samt varianter av hydrogen. Til tross for at vi er klar over at andre muligheter kan være aktuelle så har vi av hensyn til oppgavens lengde valgt å avgrense. Dette gjelder også ulike aspekter vi er inne på i teksten, der vi kunne skrevet mer inngående om det aktuelle temaet, men at vi ikke har plass og mulighet til det.

Problemstilling

Problemstillingen vi derfor endte opp med å bruke var: «Kan hydrogen og elektrisitet være fremtidens drivstoff for den maritime næringen?»

Teori

I dag så står som sagt shippingnæringen for rundt 2,5% av alle klimagassutslippene i hele verden (EU, u.d.). Dette er en veldig stor andel og derfor er det viktig å identifisere og forsøke å finne løsninger i shippingbransjen som kan redusere utslippene. Både IMO og EU har satt tydelige mål. I 2018 annonserte IMO en ny strategi for å redusere klimautslippene i shippingindustrien. Strategien inneholder et mål om å redusere CO₂ utslippene på global basis med minst 40% innen 2030, og jobbe mot å redusere med minst 50% og helst opp mot 70% innen 2050 sammenlignet med tallene fra 2008 (International maritime organization, 2018). Disse målene er satt av IMO og støttet av EU som bidrar mot dette målet med økonomisk hjelp vært eneste år. Etersom disse målene er satt, så er man helt avhengig av at det skjer en forandring i omfanget av klimagassutslippene i shippingindustrien, noe vi skal se videre på i resten av oppgaven.

Tidlig kunnskapsgrunnlag

Før vi satt i gang med undersøkelsene så visste vi at dette er et tema som det forskes utrolig mye på og som mange har meninger rundt. Likevel ønsket vi å gå nærmere inn og kartlegge mulighetene som ligger foran oss, samt hva som må til for at vi kanskje skal kunne redusere utslippene i shippingnæringen. Vi benyttet oss av NTNUs litteraturlitebase Oria, noe vi skal gå nærmere inn på i avsnittet om litteratursøk. Samtidig tilegnet vi oss kunnskap om temaet som forbedret forståelsen vår under resten av oppgaven.

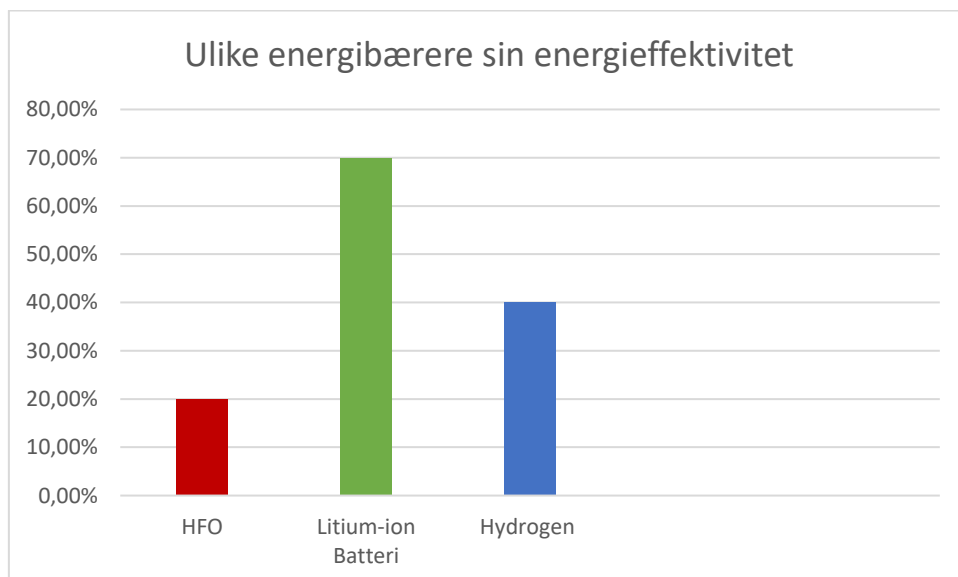
Teknologi

I denne delen av oppgaven skal vi danne et teoretisk grunnlag slik at man enklere kan forstå de ulike teknologiene som ligger til stedet. Vi må finne ut av hvilke områder som må utvikles, slik at hydrogendrevne skip og elektriske skip skal kunne bli en realitet for den maritime næringen.

Batterier

Kapasitet

Det første og største problemet vi skal ta for oss er kapasiteten moderne batterier har i dag. Batteriene er energibærere som skal drive skipet fremover, og det kreves mye energi for å drive både små og store skip. Yara Birkeland er et godt eksempel på dette. Yara Birkeland er et av de største helelektriske skipene på sjøen i dag, og har en batterikapasitet på 7 MWh (yara.com, u.d.). For å visualisere hvor mye elektrisitet dette er kan man sammenlikne det med en Tesla Model S 100d. Denne bilen har en rekkevidde på rundt 500 km og har et batteri på 100 KWh. Det trengs altså 70 Tesla Model S batterier for å få samme kapasitet som Yara Birkeland, og dette er et skip som kun har en kapasitet på 120 TEU på en rute på 6 mil med en service hastighet på 6 knop eller 11 km/t. Tesla sitt batteri veier også 625 kg, så det vil være realistisk å anta at batteriet til Yara Birkeland veier opp imot 40 000 kg. Dette kommer av den lave energitettheten til litium-ion batterier, ettersom de har en energitetthet på rundt 0,3 mWh per kvadratmeter, på de nyeste batteriene (Clean Energy Institute, 2020). Dette er svært lavt, spesielt sammenlignet med HFO som har en energitetthet på rundt 10,5 mWh (Petter, 2013). Dette kommer vi tilbake til senere i teksten.



Figur 1: Energieffektivitet til ulike energibærere

Batteriene har derimot svært god energieffektivitet i forhold til de andre energibærerne som vi ser av tabellen over. Dette kan være positivt for fremtiden, men den lave energitettheten er fortsatt et for stort hinder for langdistanse seilaser.

På grunn av den lave energitettheten til litium-ion batterier vil det kreve svært mye teknologisk utvikling til for at skip som drives på ren elektrisitet skal kunne seile de samme distansene som det HFO gjør i dag.

Sikkerhet

Et annet problem disse batteriene har, er at de utgjør en sikkerhetsrisiko akkurat som konvensjonelle skip gjør i dag. Dette kommer av at de flytende elektrolyttene som frakter litium-ionene, kan bli brutt ned, noe som igjen kan medføre at battericellene overopphetes og tar fyr. Dette er ikke noe som skjer hyppigere enn uhell på konvensjonelle skip, men som får mer oppmerksomhet som følge av at det er fersk teknologi. Et eksempel på dette var i 2019 da et batteri på hybridfergen MF «Ytterøyningen» tok fyr, selv om skipet brukte dieselmotoren sin, og batteriet var frakoblet (Christian Lura, 2019). Heldigvis startet brannen bare noen hundre meter unna land, men hvis en slik brann hadde oppstått i midten av Stillehavet kunne skadene vært katastrofale for både mannskap og last. Grunnen til at en brann på elektrisk skip kan sees på som verre enn en brann på et vanlig skip, er at en brann i et litium-ion batteri krever mer slukningsvann og slipper ut den helseskadelige gassen flussyre (Vestreng, 2019).

Hydrogen

Hydrogendrevne biler og båter har i nyere tid blitt mer og mer populært som et alternativ til både oppladbare fartøy, og bensin/diesel drevne fartøy, og vi har flere transportmidler rundt om i verden som allerede går på hydrogen. Et eksempel på dette er Toyota Mirai.

Det er flere grunner til at hydrogen blitt forsket på som et mulig fremtidig drivstoff de siste årene og vi vil her gå igjennom noen av disse, samt prøve å forklare hvorfor dette drivstoffet ikke har blitt så utspredd som det kanskje burde ha vært.

Hydrogendrevne fremkomstmidler blir i dag sett på som de potensielt mest miljøvennlige, men det er ikke bare positive sider ved dette drivstoffet. Selv om hydrogen er det mest utbredte grunnstoffet i universet, eksisterer det nesten ikke naturlig i sin rene form på jorden. Derfor er det utviklet metoder for å utvinne det gjennom flere ulike prosesser.

Utvinning

Den vanligste måten å utvinne hydrogen på i dag, er ved bruk av dampreforming (energy.gov, u.d.). Denne prosessen består av to trinn: I trinn 1 blander man damp og hydrokarboner, som for eksempel metan, under svært høyt trykk og høye temperaturer i en nikkelkatalysator. Ved å gjøre dette får man reaksjonen $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$. I det neste trinnet skaffer man seg enda mer hydrogen ved å la karbonmonoksidet reagere med vanndamp over enda en katalysator ved rundt 500 celsius (Rosvold, 2017). Det negative ved denne prosessen er at karbondioksid blir produsert i tillegg til hydrogen, noe som gjør at hydrogenet som blir fremstilt ikke kan kalles for miljøvennlig. For å produsere 1 tonn med hydrogen ved denne prosessen, produseres det i tillegg 9-12 tonn med CO₂ (Guido & Foster, u.d.).

En mer miljøvennlig metode for å utvinne hydrogen på er elektrolyse. Denne prosessen innebærer at man spalter vann ved hjelp av elektrisitet, noe som gjør at hydrogenet skiller seg fra oksygenet (Benjaminsen, 2019). Her slipper man altså de negative utslippene som kommer fra dampreforming, men om det er miljøvennlig eller ikke, kommer helt an på om elektrisiteten som brukes er fra en fornybar kilde eller ikke. Hvis energien kommer fra en fornybar kilde som for eksempel vannkraft er utslippene tilnærmet null.

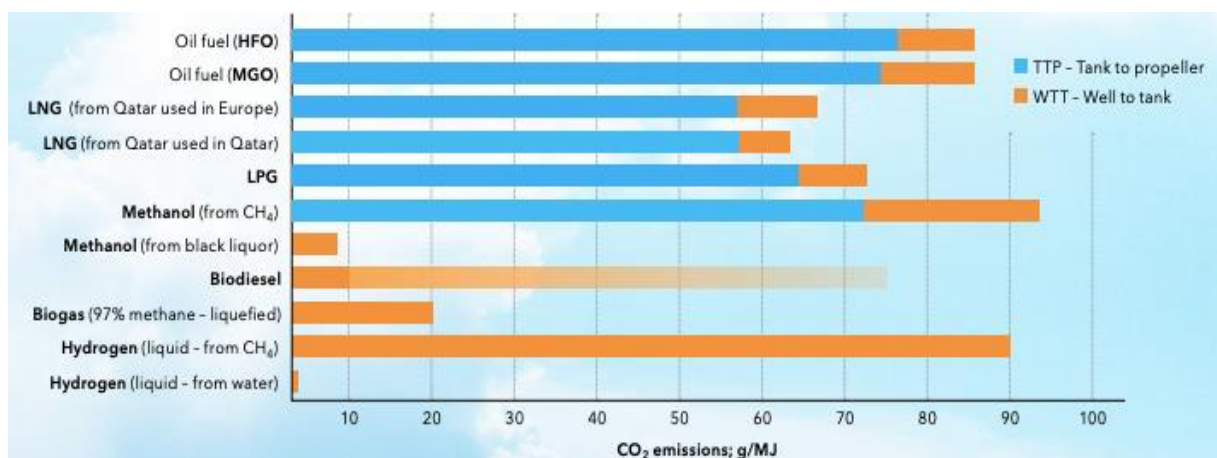
I tillegg til dette krever det også mye energi for å lagre hydrogenet, enten om det er på skip, før det skal brukes, eller på land. Dette er fordi hydrogen er den letteste gassen av alle grunnstoffene, og en liten mengde hydrogen tar forholdsvis stor plass. Derfor er det nødvendig å enten komprimere hydrogenet under utrolig høyt trykk, eller kjøle det ned slik at det går fra gass til væske form (energies.airliquide.com, u.d.). Dette kan sammenliknes med det man gjør for å transportere flytende naturgass, bare at det kreves enda høyere trykk eller lavere temperaturer siden hydrogen er enda mindre enn disse naturgassene.

Ulike typer hydrogen

For å skille de ulike måtene å utvinne hydrogen på, så er det vanlig å dele de inn i ulike «fargekoder». Disse fargekodene er «brunt hydrogen», «grått hydrogen», «blått hydrogen», og «grønt hydrogen». Brunt hydrogen vil være hydrogen som er produsert ved hjelp av kull, der karbondioksidet blir sluppet ut i luften. Grått hydrogen er veldig likt brunt hydrogen, og kan ofte gå under en betegnelse, men blir produsert med naturgass, som for eksempel dampreforming som vi har nevnt over. Deretter har vi blått hydrogen. Blått hydrogen blir også produsert ved hjelp av naturgass, men i stedet for å slippe de resterende miljøskadelige gassene ut i naturen, så blir de tatt opp igjen ved hjelp av «carbon capture» og lagret slik at det ikke skader naturen. Til slutt har vi grønt hydrogen, som er hydrogen produsert med null utslipp, som for eksempel elektrolyse, der elektrisiteten også er produsert med fornybar energi (Puyvelde, 2020).

Well to wake

Etter å ha sett på de ulike måtene å produsere hydrogen på, ser vi at hydrogen nødvendigvis ikke vil være miljøvennlig. Det er derfor viktig å se på historien til drivstoffet og ikke bare utslippene fra skipet. Dette begrepet kalles well to wake og vil være svært viktig å se på for at shippingnæringen skal bli miljøvennlig. Under har vi lagt ved en tabell som viser ulike drivstoff sine utslipp, både fra well to wake, samt tank to propeller:



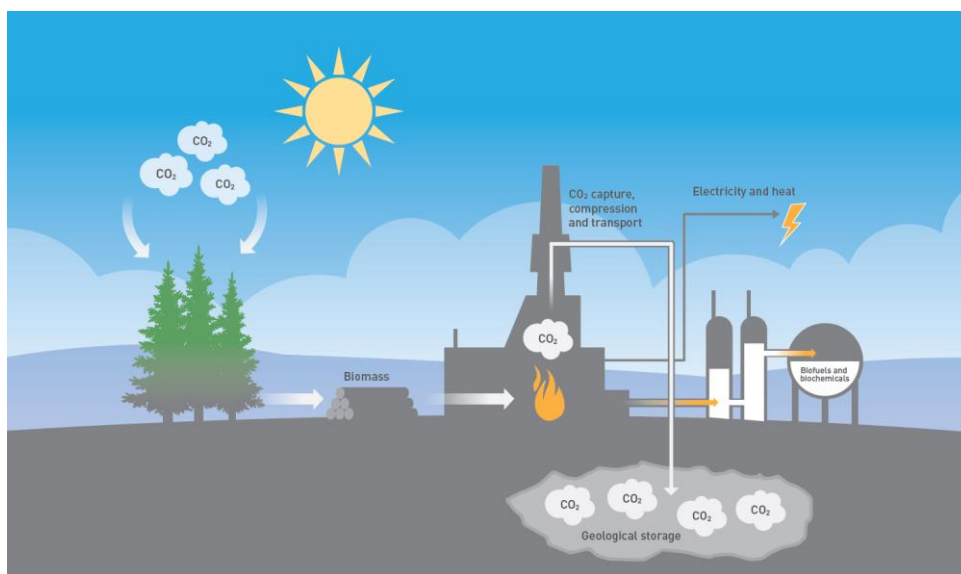
Figur 2: Well to wake prinsippet med flere ulike drivstoff (DNV GL - Maritime, 2019)

Ved hjelp av denne grafen kan vi se hvilke drivstoff som er miljøvennlige under hele prosessen, og hvilke som kanskje ser miljøvennlige ut fra et mer snevert perspektiv. Hvis vi for eksempel ser på hydrogen produsert av dampreforming, så er dette mer miljøskadelig enn hvis vi fortsetter sånn som det er i dag med HFO og MGO, noe vi vil komme tilbake til senere i teksten.

Carbon Capture and Storage

CCS innebærer at man fanger opp miljøskadelige gasser, som for eksempel CO₂ og lagrer det på lagringsplasser slik at det ikke slippes ut i atmosfæren (Benjaminsen, 2019). Systemene vi har på plass i dag kan nesten fange opptil 100% av det CO₂ utslippet som kommer der systemet er i bruk. CCS sees i dag på som svært nødvendig for at vi skal kunne nå de ulike klimamålene vi har satt for oss selv (Gonzales, Krupnick, & Dunlap, 2020)

Selv om CCS ikke hovedsakelig er shipping relatert, er det fortsatt svært relevant. Dette er fordi prosessen kan eliminere mye av de miljøskadelige stoffene som oppstår når man for eksempel produserer grått hydrogen, ved å fange karbondioksidet som blir produsert, og dermed gjøre det blått. Dette hydrogenet kan da bli brukt som drivstoff til skip, og well to wake utslippene vil dermed gå ned.



Figur 3: Illustrasjon av karbonfangst med lagring under bakken (Røkke, 2020)

Etter det vi har skrevet nå så ser det veldig ut som at hydrogen som drivstoff har en lang vei å gå før det vil være miljøvennlig, men det er heldigvis også noen fordeler med hydrogen. Selv om det å utvinne hydrogen i dag ikke er helt miljøvennlig, beveger utviklingen på dette feltet seg svært fort.

Drivere

Når vi skal undersøke hvordan elektrisitet og hydrogen skal kunne ta over som det foretrukne drivstoffet i shippingbransjen, starter vi med å gjennomføre en bransjeanalyse. Dette kan hjelpe oss å forstå miljøvennlig drivstoff sin posisjon i markedet og konkurranseevne i bransjen. Porters five forces er en bransjeanalyse som i utgangspunktet er ment mot selskaper, men i dette tilfellet har vi valgt å bruke det likevel, fordi vi mener den kan være relevant og gi oss nyttig informasjon.

Porters five forces er en modell der fem faktorer skal hjelpe oss å forstå miljøvennlig drivstoff sin posisjon i markedet og konkurranseevne i bransjen. Disse er nye aktører i markedet, konkurranseintensitet blant etablerte aktører, press fra substitutter, kundenes forhandlingsposisjon og leverandørens forhandlingsposisjon. Aktører i dette tilfellet vil i utgangspunktet bli andre typer drivstoff og produsentene av dette.

Når man skal etablere seg i et marked så er det ofte mange etableringshindre. Disse er forskjellige for ulike aktører, men er altså forhold som gjør det vanskeligere for en ny aktør å konkurrere med de eksisterende aktørene. Når vi skal se på etableringshindre for hydrogen og elektrisitet som drivstoff, er det en del å ta tak i. Først og fremst er teknologien et etableringshinder som vi har vært inne på, ettersom det enda ikke finnes noe teknologi som gjør det fornuftig å benytte seg av bare elektrisitet eller bare hydrogen på et skip som skal reise lengre distanser. Likevel er dette et område som det forskes mye på og særlig gjennom elektrisitet så finnes det gode muligheter for mange type skip.

Det største etableringshinderet for å lage elektriske skip eller hydrogen skip er nok det økonomiske aspektet som ofte kan sees på i sammenheng med logistikken. I mange tilfeller så vil det være vanskelig for et skip å ha tilgang på nok elektrisitet eller hydrogen i en havn, og skal dette anskaffes, vil det både være dyrt og ofte vanskelig med tanke på logistikken. Et eksempel på dette kan man finne i fergeruten mellom Sulesund og Hareid. Her er det nærliggende å tenke at det gir mening både økonomisk og miljømessig å bruke en elektrisk ferge mellom de to destinasjonene. Man har nemlig både teknologien til det, samt at man sparer betydelig med penger på drivstoffkostnader over tid. Likevel oppsto det et logistisk problem der det ikke var nok elektrisk energi tilgjengelig i Sulesund som kunne dekke behovet for ruten. Her har man en logistikkbarriere som ble en økonomisk barriere, fordi den rimeligste løsningen da ble å legge en lang strømkabel over fjorden mellom de to destinasjonene for å få tilstrekkelig strøm på Sulesund. Denne kablet kostet mye penger, noe som svekker økonomien i omleggingen til elektrisk drevne ferger på denne ruten. Noe av det samme etableringshindret vil oppstå når man ønsker å ta i bruk hydrogenbåter. Da vil det være vanskelig å få nok hydrogen til havnene og lagre det. Dette er noe som vil koste mye penger selv om kanskje hydrogen i seg selv ikke er det dyreste.



Figur 4: MF Hadarøy som går mellom Hareid og Sulesund (Stensvold, tu.no, 2020)

I begge disse tilfellene handler det om å ha en infrastruktur som er lagt til rette for å bruke enten elektrisitet eller hydrogen. På denne måten vil det kunne bli billigere å ta i bruk, men det er så klart et etableringshinder.

Andre etableringshindre for nye typer drivstoff er definitivt stordriftsfordeler der petroleumsteknologien samt prisen på HFO og MGO gjør det til en lettvinnt løsning på båter. I dette tilfellet vil det definitivt kreve mer av en bedrift å sette i gang prosjekter for å bruke elektrisitet eller hydrogen som drivstoff. Samtidig så har elektrisitet og hydrogen en begrensning til hvilke havner de kan gå til. Dette gjør det vanskelig for mange rederier å velge dette.

Konkurransenintensitet blant etablerte aktører vil være med å påvirke hvor lett eller vanskelig det er for en aktør å komme inn i et marked. Dette kan sees på som hvor mange ulike typer drivstoff det er å velge mellom når man skal bygge en ny båt, men også hvordan de ulike aktørene som produserer samme type drivstoff konkurrerer med hverandre. Her er konkurransenintensiteten relativt lav når man tenker på hvor mye forskjellig drivstoff det er å velge mellom, men det er stor konkurranse innad. Det er for eksempel veldig mange som produserer drivstoff av petroleumsdestillering som HFO og MGO. Her er konkurransen hard, noe som senker marginen og presser prisene ned. Dette påvirker nye typer drivstoff i den grad at det blir vanskeligere å konkurrere på pris og det er flere konkurrenter. Likevel er petroleumsbasert drivstoff også sterkt påvirket av avgifter fra staten, noe som gjør det dyrere, og gir fornybart drivstoff en bedre mulighet til å konkurrere på pris til tross for høy konkurransenintensitet. Dette gjelder imidlertid mest på nasjonal basis, ettersom det på global basis ikke eksisterer avgifter på petroleumsbasert drivstoff, noe som gjør det dyrere å velge nye, miljøvennlige løsninger over HFO og MGO.

Når det gjelder press fra substitutter, er det lite som kan konkurrere med båter når det gjelder å frakte varer og mennesker over lengre distanser over vann. Dersom det ikke skulle kunne utvikles miljøvennlig drivstoff som takler lenger distanser, vil en elektrisk lastebil være en slags substitutt til lengre reiser. Dette er likevel ganske lite sammenlignbart da man ser på mengden av varer som kan fraktes. Alternativet som kan frakte en større mengde varer raskere er faktisk tog. Disse kan gå veldig mye raskere og kan være elektriske, men kan så klart ikke ta i nærheten av så mye tonnasje som et større skip. Aspekter som er viktig å nevne her, er selvfølgelig at petroleumsbasert

drivstoff er et substitutt til hydrogen og elektrisitet, så prisen på for eksempel HFO vil påvirke mulighetene for hydrogen. Det vil si at dersom prisen på HFO blir satt opp, så vil dette påvirke utviklingen og salg av hydrogen positivt.

Kundens forhandlingsposisjon er definitivt en viktig faktor når man ønsker å bruke eller selge miljøvennlige drivstoffløsninger. Først og fremst handler egentlig kundens forhandlingsposisjon om hvor enkelt det er å presse prisen på produkter nedover. I dette tilfellet handler det mer om hvorvidt en kunde kan kreve en miljøvennlig løsning, eller om man må gå for en annen løsning. For en reder som skal bestille et nytt skip, så har han muligheten til å velge mellom oljebasert drivstoff eller miljøvennlig drivstoff. Dette gjør at rederen har en god forhandlingsposisjon fordi drivstoffsyste­mer er relativt standardisert hvis man velger olje. Dette gjør at han vet hva han får og til en god pris. Samtidig vil det være et press, både internt og eksternt på å velge miljøvennlige løsninger som svekker denne forhandlingsposisjonen. Dette er fordi det er begrenset med muligheter for å velge miljøvennlig, og man må ofte gjøre en større innsats i form av samarbeid og utvikling om man for eksempel ønsker å ta i bruk hydrogen i dagens marked. Både IMO og særlig de norske myndighetene legger press på at man skal velge miljøvennlige løsninger og belønner de som gjør det. Sånn sett får man også et etisk spørsmål og ikke bare et økonomisk. Mange redere vil gjerne også ha en visjon om å bli mer miljøvennlige og har et internt press om å følge dette, til tross for at det for eksempel kan være dyrere. Dette gjelder også en kunde som eventuelt skal chartre et skip for å frakte containere. Ønsker han å benytte seg av det billige alternativet som er skip, som går på HFO eller velger han det miljøvennlige alternativet. Dette er noe som rederen også må ta i betraktning når han velger drivstoffløsning på nye skip. Kundens forhandlingsposisjon er derfor viktig når man skal lage et nytt et skip og er preget av mange faktorer både internt og eksternt. I dag ser man flere eksempler der kundene, ofte i form av staten, krever nullutslippsteknologi av leverandøren for å vinne kontrakter, noe som taler positivt for miljøvennlige løsninger. Man kan derfor si at kundens forhandlingsposisjon fortsatt er sterk, men er svekket som følge av økt press både internt og eksternt.

Leverandørens forhandlingsposisjon er også en viktig faktor når man ønsker å komme inn på et marked. For leverandører av miljøvennlige løsninger, har man ifra et økonomisk perspektiv, ikke et utrolig viktig produkt for kunden, fordi man som regel kan finne rimeligere løsninger. Likevel har man nå fått eksternt press fra både myndighetene og IMO, som gjør at bedriftene må tenke mer miljøvennlig. Ofte vet også leverandøren at kunden har retningslinjer eller en visjon om å være miljøvennlig, og vet derfor at det eksisterer et internt press. Dette styrker leverandørens posisjon, og fører til at kjøperne ønsker å samarbeide for å skape gode miljøvennlige løsninger. Gjennom nye lover og retningslinjer så styrkes leverandørens forhandlingsposisjon, og det åpner opp for nye aktører som ønsker å utvikle og selge miljøvennlige løsninger. Leverandørene har nok også merket et større krav fra kundene til miljøvennlige løsninger, og på den måten fått en litt dårligere forhandlingsposisjon enn når man leverte løsninger som man var ekspert på. Man kan derfor si at når man kommer inn som ny aktør og som produsent eller leverandør av nye typer drivstoffløsninger, så er det noe som er ettertraktet i markedet og man har en god forhandlingsposisjon som leverandør.

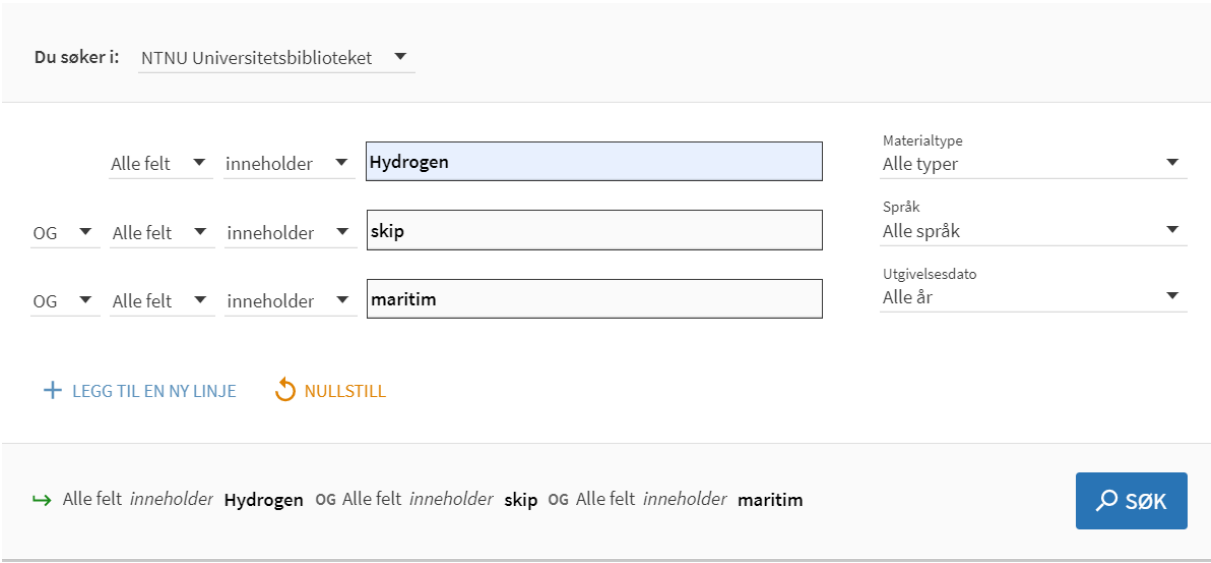
Ved å ha gjennomført denne bransjeanalysen, har vi fått en litt bedre forståelse for elektrisitet og hydrogen sin posisjon i markedet der man gjennom nye lover og retningslinjer har fått en forsterket forhandlingsposisjon. Likevel er det en del etableringshindre som fortsatt gjør det vanskelig å ta i bruk hydrogen og elektrisitet på et større plan. Disse utfordringene skal vi ta med oss videre inn i oppgaven, og se om vi kan identifisere og drøfte.

Metode

Litteratursøk

Når vi skal kartlegge informasjon som allerede eksisterer rundt hydrogen og elektrisitet som drivstoff for skip, kan vi benytte oss av et litteratursøk. Et litteratursøk vil hjelpe oss å kartlegge hva slags kunnskap og forskning som eksisterer rundt dette temaet.

Ettersom vi skal gjennomføre et litteratursøk kan vi benytte oss av søketjenester med store databaser av artikler og forskning. Tjenesten vi skal benytte oss av i dette litteratursøket er Oria. I denne databasen vil vi søke med nøkkelord, for å finne artikler og forskning som kan være relevant for problemstillingen, slik at vi kan få bedre kompetanse og en dypere forståelse for emne. Det er viktig å benytte nøkkelord som er av stor relevans for temaet, slik at vi får et presist søk og dermed får et godt utbytte av litteratursøket som blir gjennomført.



The screenshot shows the Oria search interface. At the top, it says "Du søker i: NTNU Universitetsbiblioteket". Below this, there are three search criteria entered in separate rows:

- Row 1: "Alle felt" (dropdown), "inneholder" (dropdown), "Hydrogen" (text input)
- Row 2: "OG" (dropdown), "Alle felt" (dropdown), "inneholder" (dropdown), "skip" (text input)
- Row 3: "OG" (dropdown), "Alle felt" (dropdown), "inneholder" (dropdown), "maritim" (text input)

On the right side, there are three filter dropdowns:

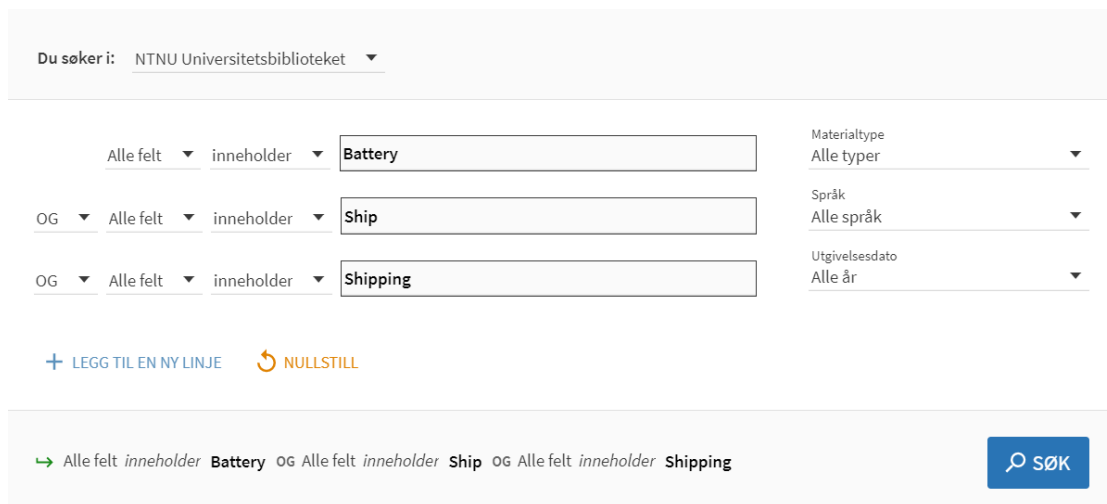
- Materialtype: "Alle typer"
- Språk: "Alle språk"
- Utgivelsesdato: "Alle år"

Below the search criteria, there are two buttons: "+ LEGG TIL EN NY LINJE" and "NULLSTILL". At the bottom of the search bar, there is a summary of the search criteria: "→ Alle felt inneholder Hydrogen OG Alle felt inneholder skip OG Alle felt inneholder maritim" and a blue "SØK" button.

Figur 5: Nøkkelordene vi brukte da vi søkte gjennom Oria

Først søkte vi gjennom databasen til Oria ved hjelp av nøkkelordene som er avbildet over. Da fikk vi opp 6 treff, og 2 av disse hadde nyttig innsikt mot problemstillingen vi valgte for denne oppgaven. En av disse var "Environmental impacts from production and use of hydrogen in maritime transport". Hensikten med denne oppgaven er å finne ut av hvilke positive og negative konsekvenser hydrogen som drivstoff vil ha, dersom

det blir tatt i bruk i den maritime næringen. Dette har blitt gjort gjennom en livssyklusanalyse også kjent som LCA, som danner en prognose på miljøpåvirkningen til produktet gjennom dets livssyklus. Oppgaven konkluderer med at det vil være lønnsomt for miljøet dersom deler av drivstoffet som brukes i dag, blir byttet ut med hydrogen. Infrastrukturen for hydrogen er likevel ikke helt på plass enda, og teknologien for å optimalisere hydrogen som drivstoff må utvikles i større grad på en trygg og sikker måte slik at hydrogen skal kunne ta over for fullt. (Myhre, uib.no, 2020)



The screenshot shows a search interface for NTNU Universitetsbiblioteket. The search criteria are: 'Alle felt inneholder Battery', 'OG Alle felt inneholder Ship', and 'OG Alle felt inneholder Shipping'. There are also filters for Materialtype, Språk, and Utgivelsesdato. A search button labeled 'SØK' is visible.

Figur 6: Nøkkelord vi brukte da vi søkte gjennom Oria

Når vi søkte gjennom Oria på disse 3 nøkkelordene, fikk vi opp 24 939 treff. Her har vi sett gjennom noen av artiklene som kan være av relevans for problemstillingen vår, og lest på disse for å tilegne oss kunnskap rundt problemstillingen.

En av artiklene som vi har lest på het «Taking Norwegian innovation in a new direction?». Denne artikkelen omhandlet flere av de innovative løsningene og fremskrittene som er gjort i Norge, når det kommer til maritim teknologi. Den forteller blant annet om at Norge har vært fremtredende når det kommer til introduksjon av nye miljøvennlige løsninger. I tillegg står det også om hvordan NOx avgiften ble introdusert i Norge, og brukt til å subsidiere forskjellige maritime prosjekter som har som mål om å redusere NOx utslipp. I tillegg står det om Ampere, som var Norges første elektriske ferge, som startet et skifte mot en elektrifisering av norske ferger. Det nevner også Norges vannkraft, som en stor fordel for å kunne etablere maritim transport som går på fornybar energi (Latarche, 2019).

Nettsider med relevant informasjon kan også finnes gjennom et simpelt nettsøk, og det har vi også benyttet oss av. En nettside som tilbyr betydelig med informasjon om hydrogen som drivstoff for maritim sektor er hydrogen.no. Hydrogen.no er en organisasjon som skal fremme hydrogen som en energibærer, og har medlemmer fra norsk næringsliv som for eksempel DNVGL, Equinor og NTNU. Her står det blant annet om hvordan Norge er, og skal være, en pioner innenfor utvikling av hydrogen. I tillegg er det flere artikler om maritime prosjekter som involverer hydrogen som drivstoff på blant annet ferger, som er det første steget som er tatt innenfor maritime fartøy som går på hydrogen. Det står også konkrete fakta om hydrogen, fra hvordan det tas i bruk til sikkerheten rundt hydrogen som drivstoff.

Valg av metode

Da vi startet arbeidet med oppgaven så var intensjonen å både benytte oss av kvalitative og kvantitative undersøkelser. Grunnen til dette var at vi ønsket å sammenligne resultatet fra disse metodene for å oppnå et best mulig teoretisk grunnlag, men også å samle informasjon om hva markedet mente og trodde. Vi lagde derfor både en intervjuguide til bruk i kvalitative undersøkelser, samt også en kvantitativ spørreundersøkelse som vi sendte ut til flere bedrifter. Da vi gjennomførte den kvantitative undersøkelsen, hadde vi et ganske tynt teorigrunnlag som førte til at spørsmålene i spørreundersøkelsen ikke var så gode som vi skulle ønske. Svarene vi fikk var derfor veldig spredt på flere punkter og ga oss derfor et ganske svakt sammenligningsgrunnlag. Vi fikk også et veldig tynt datagrunnlag med få svar. Da vi gjennomførte de kvalitative undersøkelsene derimot, fikk vi utrolig gode og konkrete svar, samt mye teoretisk innsikt i problemstillingen. Og ettersom den kvantitative undersøkelsen ikke bidro til oppgaven på den måten vi ønsket, valgte vi å kun bruke den kvalitative metoden.

Styrker og svakheter ved kvalitative metoder?

Fordeler med kvalitative metoder

Hvis en benytter kvalitative undersøkelser har man en større mulighet til å få den mengden datagrunnlag man forventer. Dette har med oppmøte å gjøre, da det er større sannsynlighet for at informanten tar seg tid til å møte opp, da det er satt opp en avtale. Man oppnår også muligheten til å komme med oppfølgingsspørsmål. Dette gjør at man får fullstendige svar og unngår misforståelser. Det er større sjanse for å få høy validitet med kvalitative undersøkelser fordi man får stille flere spørsmål av relevans og lære underveis i intervjuet. Man får også muligheten til å fange fremtidsvisjonen til de man intervjuer. Derfor er det viktig å intervjuer personer som er fremtidsrettede og jobber med utvikling, og ikke bare se på markedets meninger som en fasit, noe vi kommer tilbake til senere.

Ulemper med kvalitative metoder

Gjennom å lage kvalitative undersøkelser kan man ikke generalisere dataen en får. Altså blir det mer krevende å behandle informasjon man får fra intervjuer enn fra spørreskjema. Det er fordi det ikke finnes en standard for hvordan en skal behandle informasjonen, slik det gjør med kvantitative. Det vil nok også oppleves som lettere å svare ærlig om en sak når undersøkelsen er anonym. Likevel er dette problemet mer aktuelt når man intervjuer en person om en negativ sak kontra en sak som handler om utvikling.

Bruken av kvalitative metode for dette temaet

I den kvalitative undersøkelsen ønsket vi å få synspunkter fra flere deler av shipping næringen. Vi kontaktet derfor firmaer fra forskjellige segmenter av markedet, både noen som jobber med utvikling, men også noen som ikke jobber med utvikling, men som vil bli påvirket av endringen. Til disse ønsket vi å stille spørsmål for å få svar rundt deres tanker om elektrisitet og hydrogen som drivstoff i næringen, samt hva som eventuelt må til for at dette skal bli det foretrukne drivstoffet. Det var særlig tre deler vi ønsket å gå nærmere på, og det var teknologi, økonomi, samt politiske tiltak, og vi så derfor på det

som fordelaktig å ta i bruk intervjuer kontra spørreundersøkelser slik at vi fikk mulighet til å grave dypere og komme med relevante oppfølgingsspørsmål.

Utvalg

Det var viktig for oss å snakke med folk som utviklet dette og har god kunnskap om temaet for å få innsikt i utviklingen, samt å kunne lære mer om viktige aspekter som skal til for å få en forandring. Samtidig var det viktig for oss å snakke med noen fra shipping næringen som ikke holder på å utvikle dette for å høre deres tanker rundt bruken av ny og mer miljøvennlig teknologi i shippingbransjen. På denne måten kan man få innsikt i hva som må gjøres for å ta i bruk mer hydrogen og elektrisitet, samt hva som kreves for at markedet ønsker å ta i bruk den nye teknologien.

Hvordan ble spørreguiden utformet?

I intervjuene brukte vi en spørreguide som fungerte som en sjekklister i forhold til relevante momenter som vi ønsket svaret på. I utformingen av spørreguiden, tok vi utgangspunkt i de tre punktene, teknologi, økonomi og politiske tiltak, og sørget for å stille mange av de samme spørsmålene slik at vi fikk et godt datagrunnlag til å sammenligne. Guiden skulle med andre ord være med å forhindre at det ble spurt et for stort spekter av spørsmål, uten tilstrekkelig relevans. Guiden skal altså hjelpe og spisse spørsmålene mot det man prøver å kartlegge. Spørsmålene vi endte opp med å velge er de spørsmålene der vi mener resultatene best mulig kan bidra til å besvare forskningsspørsmålene.

Empiriske funn

Kvalitativ analyse

Vi har i denne oppgaven gjennomført fire intervjuer som vi har anvendt til å vurdere forskningsspørsmålet «Kan hydrogen og elektrisitet være fremtidens drivstoff i den maritime næringen?» I tillegg til å bruke våre tilegnede kunnskaper under utvikling av oppgaven, bruker vi også intervjuene som gir oss et godt innblikk i flere segmenter av markedet.

Teknologiske utfordringer og muligheter

I teknologidelen av teoridelen i denne oppgaven, satte vi hovedfokus på batteridrevne og hydrogendrevne skip, og dannet et teoretisk grunnlag rundt temaet. Der så vi at det er flere problemer som må løses før batteri og hydrogen kan bli de primære drivstoffene på skip. I denne delen av oppgaven skal vi derimot ta for oss de empiriske funnene fra intervjuene med ulike bedrifter, og bruke dette til å bygge på det vi skrev om i teoridelen. Vi vil blant annet ta for oss andre løsninger som er sterkt knyttet opp mot hydrogen og elektrisitet.

Batteri

«Batterier kommer aldri til å bli hoved-energikilden ombord på båter som har behov for høy fleksibilitet og lange transport etapper»

Dette er svaret vi fikk da vi stilte spørsmål om fremtiden til batteridrevne skip til et installatørfirma av battericeller ombord på skip (ACEL, 2020). Det var ikke et overraskende svar, med tanke på de mange hindrene man må overvinne før hel-elektriske skip eventuelt skulle blitt en ordentlig mulighet for lengre distanser, men vi forventet likevel et litt mer fremtidspositivt svar fra en leverandør av batteri, blant annet med tanke på at vi allerede har skip som Yara Birkeland.

Selv om han sier at batterier ikke vil være hoved-energikilden i fremtiden, betyr det absolutt ikke at batterier ikke kommer til å være en stor del av drivkraften for skip fremover. Vi har tidligere snakket om hybride skip, og vi, samt våre intervjuobjekter,

tror at det er her viktigheten til batterier vil komme inn, og vi velger derfor å fokusere mer på dette området når vi nå skal snakke om fremtiden til batterier.

Hybride skip har i nyere tid fått større etterspørsel, og det kommer frem av intervjuene at det allerede er noen skipsredere som kun har lyst på hybride skip eller andre miljøvennlige løsninger (ACEL, 2020). Dette viser oss at vi er på god vei når det kommer til en mer miljøvennlig flåte her i Norge, selv om det at de er miljøvennlig ofte ikke er hovedgrunnen til at rederier og andre vil ha disse skipene.

Hybride skip med elektrisitet som sekundærkilde har også blitt mer og mer ettertraktet for skip som reiser med lave belastningsnivåer og store endringer i kraftbehov. Ifølge intervjuet med installatørfirmaet av battericeller på båter, er faktisk elektrisitet som sekundærkilde det de leverer mest av (ACEL, 2020). Eksempler på dette kan for eksempel være offshore servicefartøy og slepebåter (marine-offshore.bureauveritas.com, 2019). På slike fartøy vil det noen ganger være nødvendig med store mengder energi over en kort periode. Hensikten med å ha batteriene ombord vil derfor være å tilføye energi, slik at motoren fortsatt kan kjøre på sin optimale kraft. Dette kalles for peak shaving, og ved å benytte det vil man redusere utslipp (abb, 2020).

Men hvor mye er det man egentlig sparer på å bytte til hybride fartøy. Dette vil variere fra skip til skip med tanke på at batteriene på disse fartøyene kan variere i stor grad og det kommer helt an på hva skipet skal brukes til. Vi har derimot noen eksempler som viser oss hvor mye som kan bli spart. I intervjuet med batteriinstallatøren kom det frem at et av skipene som fikk installert en batteripakke på 1MWh sparte over 1 000 000 liter diesel over en periode på 1,5 år, noe som definitivt er en markant besparelse for miljøet. Et annet eksempel på et skip som har spart miljøet for mye utslipp ved hjelp av en hybrid løsning er, Viking Energy. Viking Energy er en supply båt eid av Eidesvik Offshore, som ble gjort om til et plug-in hybrid skip i 2015. Ved å gjøre dette, ble utslippene og forbruket redusert med 30% (equinor.com, 2016).



Figur 7 Bilde av Viking Energy (equinor, 2020)

Problemet er at de aller fleste hybride skip som eksisterer i dag, er omgjort fra skip som gikk på fossilt brensel fra før. Dette betyr da at de fortsatt går på fossilt brensel som sin primære eller sekundære energikilde, noe som ikke vil være godt nok for å kunne nå EUs klimamål innen 2050. Dette spesielt fordi hybride skip ikke er spesielt egnet til lengre distanser, der mesteparten av shipping industriens utslipp kommer fra. Vi må derfor ha en annen energikilde som kan erstatte de tunge fyringsoljene som brukes på de lengre distansene.

Hydrogenbaserte drivstoff

Tidligere i oppgaven var vi inne på hydrogen som drivstoff, og fant ut at det var en del utfordringer forbundet med dette. Det vi har lært i etterkant, ved hjelp av blant annet intervjuene våre, er at det finnes forskjellige former for hydrogen som kan være med å løse en del av utfordringene.

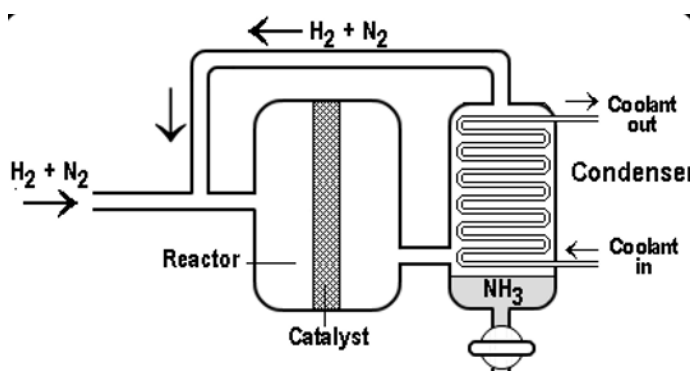
I et av intervjuene vi gjennomførte, der fokuset hovedsakelig var på hydrogen, kom det frem at vedkommende ikke trodde hydrogen i sin normale form kom til å bli fremtidens drivstoff (Kongsberg gruppen, 2020). Da vi spurte hvorfor han mente dette fikk vi som svar at:

«Well, because there are better alternatives»

Og siden vi vil ha med oss de beste alternativene for fremtiden er det naturlig at vi vil ta for oss et av disse her, og sammenlikne de positive og negative sidene med hydrogen.

Ammoniakk

Ammoniakk, også kjent under den kjemiske formelen NH_3 , er en giftig og fargeløs gass med en svært stikkende lukt. I dag brukes rundt 90% av ammoniakk til produksjon av gjødsel, men kjemikalet brukes også i kjøleskap, rengjøringsmidler, og eksplosiver (chemicalsafetyfacts.org, 2020). Ammoniakk i dag blir produsert ved en prosess som kalles for Haber Bosch prosessen, eller bare ammoniakkprosessen. Enkelt forklart lager denne prosessen ammoniakk ved å blande hydrogen og nitrogen under høyt trykk og relativt høye temperaturer, og har i ettertid blitt regnet som en av de viktigste prosessene for jordbruk fra det siste århundret (britannica.com, 2020). Men hvordan skal ammoniakk kunne løse miljøproblemene shipping forårsaker i dag, og hvorfor er det bedre å bruke ammoniakk enn for eksempel rent hydrogen?



Figur 8: Haber Bosch prosessen illustrert (chemdictionary, 2019)

Lagring og tidligere bruk

En av de største fordelene med ammoniakk, i forhold til hydrogen, er at det er enklere å lagre. Dette er fordi ammoniakk blir flytende i romtemperatur under et trykk på mellom 8-10 bar, eller ved nedkjøling til en temperatur på rundt -33 C ved atmosfærisk trykk. Hydrogen derimot, blir ikke flytende før det kjøles ned til en temperatur på -253 C . Dette medfører at det kreves mye mindre energi for å oppbevare ammoniakk i den formen det skal brukes i, enn hydrogen, fordi lavere temperaturer og høyere trykk krever mer energi. Det vil derfor også bli billigere å lagre ammoniakk enn hydrogen, noe vi vil komme tilbake til i kostnadsdelen av oppgaven (osha.gov, 2020).

Som nevnt tidligere har ammoniakk allerede blitt brukt mye i jordbruksindustrien. Dette fører til at vi kan bruke den erfaringen vi har med å håndtere ammoniakk fra jordbruk, over til shipping. Dette kan for eksempel være transport av ammoniakken på land, siden det allerede blir transportert rundt over hele verden. I tillegg er svært mange havner rustet til å ta hånd om ammoniakk, siden det allerede blir lagret og håndtert i over 120 havner i dag (Scott, 2020).

Hvordan bruke drivstoffet på skip

Noe vi ikke har snakket om tidligere, men som vil være en fordel for både ammoniakk og hydrogen er at de begge kan kjøres i en LNG-forbrenningsmotor så lenge stoffet har en riktig blanding med luft. Dette vil si at det ikke vil være nødvendig med mange endringer på selve forbrenningsmotoren til et skip, for å få det til å kjøre på hydrogen eller ammoniakk, selv om dette i dag er tidlig i testfasen. Dersom man implementerer dette, vil det være enklere å ta i bruk hydrogen og ammoniakk for markedet, selv om ikke brenselceller, som er den foretrukne måten å utnytte energien på er implementert. Dette er noe vi kommer tilbake til senere. Et eksempel på at hydrogen kan kjøres i en standard forbrenningsmotor kan være BMW sin modell, Hydrogen 7, som kunne kjøre på både bensin samt hydrogen, skjønt at dette bare var på 40% effektivitet (Halvorsen, 2019).

Når det kommer til forbrenningsmotorer har faktisk hydrogen en ganske stor fordel overfor ammoniakk. Dette er fordi ammoniakk ikke er like brennbar som hydrogen, og det regnes for eksempel som et ikke-brennbar kjemikalie i USA (enviomed, 2020). Dette medfører at det er mye vanskeligere å få start på en forbrenningsmotor som drives av ammoniakk, og den må støttes av et sekundært drivstoff, som for eksempel hydrogen eller et fossilt brensel, når det skal seile på lavere hastigheter (Crolius, 2016). Det kan hende at dette sekundære drivstoffet må stå for oppimot 20% av drivstofforbruket hvis ammoniakk skal bli brukt i en forbrenningsmotor (Kokarakis, 2020). Dette ser vi også igjen i LNG, som heller ikke er brennbar ved normale tenntemperaturer, men her trengs det under 1% av det sekundære drivstoffet (dnvgl.com, 2014).

Problemet som oppstår når man bruker et drivstoff i en forbrenningsmotor er at det produseres NO_x (Hussein, Valera-Medina, & Alsaegh, 2019). NO_x, eller nitrogenoksid, er en giftig gass som kan føre til ganske alvorlige helseskader som for eksempel

luftveissykdommer. NOx er også den gassen som bidrar til å skape smog, en brunlig gass som ofte formeres rundt og i storbyer, samt sur nedbør (NOx-fondet, u.d.). Dette er altså en gass man vil unngå å slippe ut. En måte å redusere denne gassen på er ved hjelp av EGR (exhaust gas recirculation). EGR fungerer ved at man resirkulerer eksosen fra forbrenningen, ved at man putter det tilbake i forbrenningsmotoren. Dette medfører at det blir mindre tilgjengelig oksygen i motoren noe som vil redusere NOx utslippet.



Figur 9: Smog som danner seg rundt storby, forårsaket hovedsakelig av NOx (Greenlane, 2019)

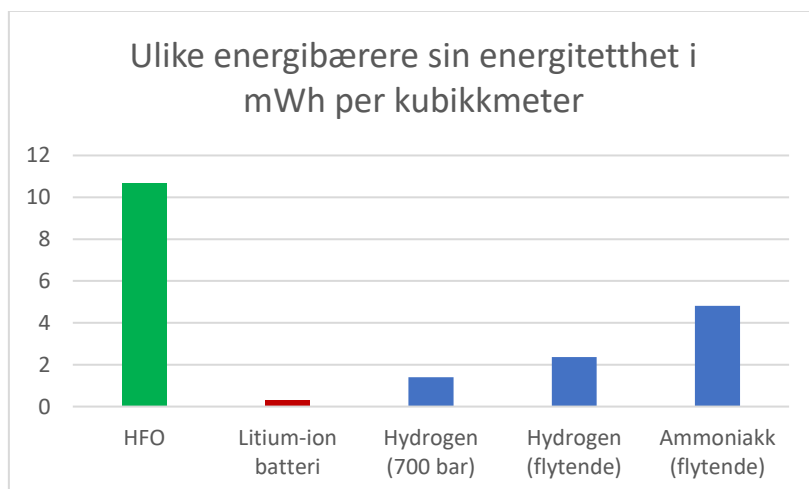
En annen måte å eliminere NOx utslipp fra hydrogen og ammoniakk er ved å ikke bruke det i en forbrenningsmotor, men i stedet bruke det i en brenselcelle. Brenselceller er i dag den teknologien som er mest effektiv på å utnytte ammoniakk og hydrogen som energibærere, med en effektivitet på rundt 60%. En brenselcelle består av to elektroder og en elektrolytt, og fungerer ved at hydrogenet eller ammoniakken ledes inn i den ene elektroden som ioniserer hydrogenet. Deretter møter hydrogenionene oksygenioner som har blitt sluppet inn i den andre elektroden, og danner H₂O og elektrisitet som eneste utslipp (Pedersen & Holtebekk, 2020). Denne elektrisiteten kan deretter benyttes til å drive skipet.

Brenselcelleteknologi blir allerede brukt i dag for å drive biler og mindre båter, men ikke skip som skal seile lengre seilaser. Grunnen til dette er vanskelighetene med å installere nok brenselceller. Dette er hovedsakelig fordi brenselceller krever dyre materialer for å produseres, som for eksempel platina (Timperley, 2020).

Brenselcelleteknologien er i tillegg svært tidlig i produksjonsfasen fordi hydrogen og ammoniakk ikke er utbredt som energibærere på skip, men de blir i dag forsket mye på. Det spås derfor at prisene på teknologien vil gå ned, samtidig som at effektiviteten vil gå opp (DNV GL - Maritime, 2019).

Energitetthet

En annen fordel ammoniakk har overfor hydrogen er at ammoniakken har en mye høyere energitetthet enn hydrogen. Flytende ammoniakk har en energitetthet på rundt 4.32 mWh per kubikkmeter i motsetning til nedkjølt, flytende hydrogen som har en energitetthet på 2.54 mWh per kubikkmeter, og komprimert hydrogen som har en energitetthet på 1.55 mWh per kvadratmeter (Brown, 2017). Man får altså plass til 70% mer energi i en tank med ammoniakk enn det man hadde fått av en tank med hydrogen på samme størrelse. Dette er en svært viktig fordel for ammoniakk når det kommer til shippingnæringen, siden det er så stor konkurranse om plassen ombord på skip. Lav energitetthet er den største grunnen til at det kreves masse utvikling for hel-elektriske skip skal kunne gjennomføre deep sea seilaser.



Figur 10: Energitettheten per kubikkmeter for aktuelle energibærere

Ved hjelp av diagrammet over er det litt enklere å visualisere seg forskjellene mellom de ulike energibærerne. Vi ser blant annet hvor dominant HFO er for når det kommer til sin energitetthet, og hvor dårlig litium-ion batterier er som energibærer i forhold til de andre.

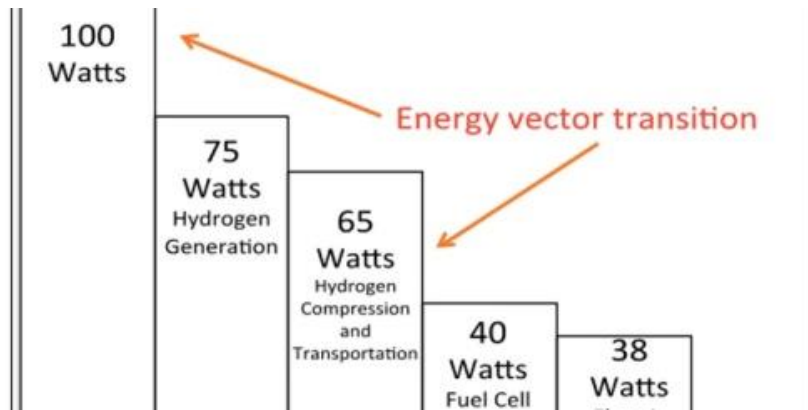
I et av intervjuene våre kom det frem at olje i utgangspunktet er det eneste drivstoffet som egnes til båt, hvis man ser bort i fra miljøskadene, og denne tabellen er bare et av eksemplene som beviser det utsagnet (Wilhelmsen, 2020).

Energitap

Energitapet som oppstår når man tar i bruk hydrogen eller ammoniakk som drivstoff er vesentlig. Dette er fordi den energien man taper kan bli brukt til produksjon av noe annet, der tapet ikke er like stort. Men hvor mye er egentlig det rene energitapet fra produksjonen, til det går inn i en brenselcelle eller en forbrenningsmotor?

Elektrolyse har en effektivitet på rundt 80%, noe som betyr at man står igjen med 80% av den originale energien man puttet inn. Deretter mister man mellom 5% og 35% av energien som er igjen ved å omgjøre det til væskeform ved temperaturendringer eller trykkendringer. Hvis hydrogenet eller ammoniakken deretter skal brukes i en brenselcelle, vil rundt 40% av den resterende energien forsvinne som følge av varmetap (DNV GL - Maritime, 2019).

Det man da står igjen med er rundt 30%-40% av den originale energien som kunne ha blitt brukt til noe annet (Franz, 2018). Fordelen med ammoniakk når det kommer til energitap, er at det krever mindre energi å lagre ammoniakken i væskeform, ettersom det ikke er nødvendig med så lave temperaturer og trykk. Ut ifra dette er jo ikke hydrogen og ammoniakk en effektiv energi, men den er ren og det er det vi trenger for å kunne nå målene som er satt.



Figur 11: 100 watt energi sin prosess til bruk i brenselcelle (Baxter, 2020)

Langdistanse med ammoniakk og hydrogen som drivstoff

Et av de største spørsmålene når det kommer til hydrogen og ammoniakk, er om de kan klare å seile de samme distansene som skip som går på HFO og andre etablerte drivstoff klarer. Det er nettopp distanse som er det største hinderet for elektrisitet og det kan fort bli det samme problemet for hydrogen og ammoniakk også.

I et dokument skrevet av professorer ved universitet i Southampton ble det tatt for seg nettopp dette. Her har de tatt i bruk et skip med en lengde på 290m, DWT på 73 000, oljetank volum på 2700 kubikkmeter, og en lastekapasitet på 135 000 kubikkmeter. De mener det vil være rimelig å bruke dette som standardskip for lengre seilaser. Deretter studerte de dette skipet over en periode på over 3 år og mer enn 100 forskjellige reiser, slik at det blir unngått avvik og at man får mer presise resultater. Etter denne perioden ble det funnet ut at den mest energitunge reisen dette skipet seilte krevde ett energiforbruk på 9270 mWh.

Tabell 1: : Oversatt og forenklet tabell fra dokumentet, som inneholder den mest relevante informasjonen for bruk i denne delen av oppgaven (McKinlay, Turnock, & Hudson, 2020).

Energibærere	HFO	Hydrogen (700 bar)	Hydrogen (flytende)	Ammoniakk (flytende)	Litium-ion batterier
Effektivitet	20-40%	40-60%	40-60%	30-60%	70-95%
Nødvendig inngangsenergi (mWh)	23 175	15 450	15 450	15 450	9 758
Nødvendig lagringsstørrelse (m ³)	2 389	11 036	6 547	3 206	32 855
Total vekt (tonn)	1 998	464	464	2 959	44 354
% av total lastekapasitet	2.99	0.69	0.69	4.42	66.3

For å finne ut av hvor mye ammoniakk og hydrogen som vil være nødvendig for å gjøre den mest energikrevende seilassen som dette skipet seilte, vil vi ta i bruk informasjonen fra tabellen over. Da må vi først se på energieffektiviteten til ammoniakk som er på mellom 30 og 60%, og hydrogen som ligger på mellom 40-60%, som avhenger av om man bruker en forbrenningsmotor eller en spesialisert brenselcelle. Det man da kommer frem til er at man trenger 15 450 MWh energi med hydrogen og/eller ammoniakk for å få 9270 mWh ut av drivstoffet ved hjelp av en brenselcelle med 60% effektivitet. På den andre siden vil det være nødvendig med 23 175 mWh hydrogen eller 30 900 mWh ammoniakk hvis man tar i bruk en forbrenningsmotor, som er det vi er nærmest å kunne ta i bruk i dag.

Etter dette vil vi se på hvor mye større tanker som vil være nødvendig for å kunne lagre drivstoffet ombord på skipet. For ammoniakk vil ikke økningen av drivstofftanken være så veldig mye større enn det vi så på eksempelskipet som hadde en tank på 2700 kubikkmeter. Det vil være nødvendig med en økning av tankkapasiteten på rundt 19%, for å få plass til nok flytende ammoniakk til at skipet skal kunne gjennomføre den mest energikrevende seilassen. 19% høres kanskje ikke så mye ut, men det er en såpass stor endring at det vil være vanskelig å gjennomføre på eksisterende skip, men det finnes absolutt potensiale i nye skip.

Her ser vi igjen utfordringen ved hydrogenet sin lave energitetthet. Det vil være nødvendig å utvide drivstofftanken slik at den kan holde 6547 kubikkmeter med

hydrogen i væske form, eller til 11036 kubikmeter under ett trykk på 700bar. Dette er ikke umulig, men denne tanken vil ta opp plass som ellers kunne blitt brukt til last av lønnsomt gods. I tillegg til dette ser vi også konsekvensene av den lave energitettheten til litium-ion batterier. Hvis vi igjen bruker eksempelskipet, ser vi at batteriene ville tatt opp over 66% av lastekapasiteten som simpelthen ikke er realistisk i dagens marked.

Etter å ha sett på dette så er det ikke helt umulig å se for seg at hydrogen og ammoniakk vil kunne brukes på langdistansereiser i fremtid, hvis vi kun ser på energien som må være ombord på skipet for å kunne fullføre langdistansereiser. Likevel har ammoniakk en klar fordel over hydrogen i og med at det ikke er nødvendig med like store utvidelser av tanken for å kunne klare disse reisene. (McKinlay, Turnock, & Hudson, 2020)

Andre ulemper med ammoniakk

Mange av de ulempene vi finner i ammoniakk finner vi også igjen i hydrogen. Den første og mest åpenbare er at man trenger hydrogen for å produsere ammoniakk. Da vil man igjen komme innpå det med at hydrogenet man produserer for å anskaffe ammoniakken også må være ren. Dette er fordi HFO vil være mer miljøvennlig hvis man ser på well to wake hvis hydrogenet er produsert ved dampreforming uten CCS. I tillegg medfører dette at man lider et energitap ved å omgjøre hydrogenet over til ammoniakk, i stedet for å bare ta i bruk rent hydrogen som drivstoff.

Selv om ammoniakk er enklere å lagre og bruke ombord på skip enn hydrogen, er det fortsatt ikke *enkelt*. Det krever fortsatt energi for å holde det under høyt nok trykk for å gjøre det flytende, eller for å kjøle det ned. Dette kan vi sammenlikne opp mot det vi har i dag, som for eksempel HFO, som kan lagres i sin naturlige form uten ulemper.

Vi nevnte tidligere at ammoniakk er en giftig og fargeløs gass, noe som kan føre til alvorlige situasjoner ombord på skip hvis det skjer noe galt, som for eksempel en lekkasje. Ammoniakk er i tillegg tyngre enn luft noe som fører til at det ikke forsvinner ved normal lufting. I et av intervjuene vi gjennomførte kom det frem at han hadde snakket med en kaptein som hadde lastet ammoniakk tidligere, og at det å ha en ammoniakklekkasje i maskinrommet er noe av det verste som kan skje (Wilhelmsen, 2020).

Ammoniakk og hydrogen sammen

Hittil i teksten har vi satt hydrogen og ammoniakk opp imot hverandre og sett på hvilke fordeler og ulemper de begge har. Det vi ikke har gjort er se på de som komplementære overfor hverandre, og hvordan vi kan utnytte begge to for miljøets beste. Det har vært mye snakk om å bruke ammoniakk som en hydrogenbærer i stedet for drivstoff.

Grunnen til at ammoniakk kan være dette, er fordi det er den eneste hydrogenbæreren som ikke inneholder karbon, samtidig som at en liter med ammoniakk inneholder mer hydrogen enn en liter med hydrogen på grunn av tettheten (Sobhi, 2016). Dette gjør at man kan transportere mer hydrogen ved å gjøre det om til ammoniakk, enn ved å frakte rent hydrogen. Deretter kan man skille ut hydrogenet fra ammoniakken og bruke det som drivstoff. I tillegg er det enklere å lagre ammoniakken og frakte den, som vi har nevnt tidligere, samt den allerede eksisterende infrastrukturen fra jordbruksindustrien. Ammoniakk kan derfor fortsatt være relevant hvis det i fremtiden viser seg at hydrogen vil være den primære energikilden ombord på skip.

Gjennom denne delen har vi sett at det er mye som skal til for at det teknologiske ombord på skip skal være klart før vi kan begynne å ta i bruk hybrid-teknologi, samt ammoniakk og hydrogen for fullt. Selv om det er mye som skal til, så er faktisk en god del av teknologien på plass. Vi har for eksempel brukt hydrogen i både forbrenningsmotorer og brenselceller i dag, og ser at det er muligheter for å bruke dette på skip i fremtiden. I tillegg eksisterer det allerede hybride og hel-elektriske skip som ferger og mindre fartøy, og vi ser ingen grunn til at denne utviklingen vil stoppe. Dessverre er ikke teknologien det eneste problemet vi har foran oss, og dette er noe vi vil se nærmere på videre i oppgaven.

Økonomien bak en drivstoffendring i den maritime sektoren

Shippingbransjen er i stor grad styrt av profitt og et ønske om å tjene mest mulig penger. Derfor spiller økonomi en stor rolle når det gjelder å få til en overgang mot mer miljøvennlig drivstoff. I denne delen skal vi ta for oss, og kartlegge, økonomien bak en eventuell endring, samt drøfte hva som må til for at miljøvennlig drivstoff skal kunne bli mer utbredt.

Batteridrevne båter og ladestrøm

Stadig flere selskaper satser på mer alternative drivstoff for å drive båtene sine som følge av økt internt og eksternt press på å velge miljøvennlige løsninger (Dalaker, Viki, & Grov, 2019). En av disse mulighetene er batteridrevne båter som benytter seg av elektrisitet som drivstoff. Dette er best egnet for mindre skip som mindre offshorefartøy og ferger. Teknologien bak disse batteriene egner seg ikke i større skip, eller såkalte «deep sea» fartøy. I Norge rettes fokuset mot en elektrifisering av den norske fergeflåten, noe som vil være et stort steg mot å oppnå et fergesystem som har nullutslipp. Regjeringen har uttalt et mål om å elektrifisere hele fergesektoren innen 2025 (Dalaker, Viki, & Grov, 2019). Planen er at energien som driver disse fergene skal være fornybar. Norges ønske om en elektrifisering har også ført til at det eksisterer støtteordninger som skal fasilitere en overgang mot elektriske fartøy, men dette kommer vi tilbake til senere.

Når økonomien bak disse innovasjonene skal diskuteres er det tre viktige forskjeller fra de tradisjonelle dieselfergene. Prisen på drivstoffet, prisen for å ombygge/bygge båten og kostnaden forbundet med utbygging av infrastruktur for at en slike maritime fartøy skal kunne fungere sømløst, slik et dieselskip ville gjort med den infrastrukturen som eksisterer i dag.

Kostnader forbundet med bygging og ombygging

I dagens marked er det høyaktuelt med bygging og ombygging av båter for å kunne elektrifisere disse. Dette kommer som en konsekvens av det økende søkelyset på å redusere utslippene både lokalt og globalt, for å ta hensyn til miljøet som vi skrev over.

Det å skulle bygge et helt nytt skip, eller bygge om et skip, som en bedrift allerede har på en strekning vil være en betydelig kostnad for en bedriften. Her kommer statens ønske om å redusere utslipp inn. Statsforetaket Enova som arbeider for å redusere Norges utslipp har flere støtteordninger som disse bedriftene kan benytte seg av. Disse støtteordningene kan søkes om dersom en bedrift ønsker å bygge et nytt skip som er batteridrevet, eller bygge om et skip, slik at det blir elektrifisert. Veldig mange bedrifter har ikke økonomi til å drive en endring selv og er helt avhengig av at større selskaper, eller staten, støtter opp om utviklingen, slik at de kan henge seg på (Island Offshore, 2020).

Økonomiske aspekter forbundet med elektrifisering av sjøtransport

For at en bedrift skal kunne få innvilget investeringsstøtte, skal kapitalen brukes på konkrete fysiske installasjoner eller tiltak med batterier som skal spille en sentral rolle i prosjektet. Batteriet må være knyttet til et system som er energikrevende, som for eksempel fremdriftssystem eller lastehåndtering. I tillegg kan andre energieffektiviserings tiltak om bord på båten også få støtte, dersom de er blant de mest miljøvennlige og energieffektive løsningene på markedet. I neste avsnitt står det konkret hva Enova krever for at et prosjekt skal kunne få innvilget støtte (Enova, 2020).

«Investeringen skal redusere energibruken med minimum 100.000 kWh/år eller kutte klimagassutslippene tilsvarende 26 000 kg CO₂/år sammenlignet med alternativet til å gjennomføre tiltaket. Energieresultatet skal utgjøre minimum 10 prosent reduksjon i energibruk på system-/komponentnivå sammenlignet med konvensjonell teknologi (Enova, 2020).»

Støtten til elektrifisering av fergetransport er et eksempel på en slik støtteordning, som kan gjøre det lønnsomt for bedrifter å bygge batteridrevne ferger (Enova, 2020). Ved å ha en aktiv støttespiller som gir tilskudd til slike prosjekter, vil flere bedrifter ha et ønske om å legge om til en mer miljøvennlig strategi. Foretak som dette eksisterer for å motivere bedrifter til å bygge batteridrevne fartøy, ettersom en bedrift ikke alltid vil ta en slik økonomisk risiko på egenhånd kun for å legge om til en mer klimavennlig flåte (Island Offshore, 2020). Bedriftene vil ikke nødvendigvis ta dette steget på egenhånd, ettersom de kan bli utkonkurrert av andre aktører som benytter seg av det billigere alternativet og som dermed kan tilby bedre priser.

Et eksempel på en bedrift som har fått støtte til et slikt prosjekt er Selvåg Senior AS som har fått støtte av Enova på 14 935 230 kroner. Denne støtten er innvilget for å bygge et LNG-ringnotfartøy med plug-in hybrid og andre energioptimaliserende tiltak om bord i båten (Enova, 2020). Fartøyet skal ha en batteripakke på 1 mWh, i tillegg skal lossingen gjennomføres ved hjelp av elektrisk energi, samt at fartøyet skal få tilrettelegging for landstrøm. Fartøyet ville trolig ikke blitt optimalisert for å redusere utslipp ved hjelp av plug-in hybrid teknologi og andre miljøbesparende tiltak, dersom det ikke hadde fått betydelig økonomisk støtte (Svendsen, 2020).



Figur 12: Konsept på LNG Ringnot fartøy med Plug in Hybrid fra Selvig Senior AS (Svendsen, 2020)

Utbyggingen av et strømanlegg som kan tilby både ladestrøm og landstrøm varierer i pris ut ifra hvor høy spenningen må være. Ifølge en rapport fra den norske regjeringen kan et slikt anlegg koste alt fra noen få millioner kroner, til i underkant av 100 millioner kroner. Prisantydning endres også dersom det er frekvensomformer, høyspent strøm og flere tilkoblingsløsninger (Samferdselsdepartementet, 2019).

Infrastrukturen må ligge til grunn i strategiske havner for at det skal være lønnsomt å drive med batteridrevne fartøy og ferger. Det er først og fremst havnen som må stå for disse tjenestene, ettersom det ikke er bedriftene som drifter disse batteridrevne fartøyene sitt ansvar å etablere dette. For å kunne etablere et slikt tilbud er det viktig at havnene kan samarbeide med et nettselskap, slik at de sammen kan bygge ut et godt tilbud som er pålitelig. Selskapet BKK og Bergen havn har gått sammen og stiftet selskapet Plug. Plug bygger strømanlegg som kobler skip rett på det ordinære strømmettet, i tillegg til at anleggene legger til rette for hvilken type frekvens og spenning hvert enkelt fartøy trenger (Samferdselsdepartementet, 2019).



Figur 13: Plug tilbyr landstrøm i Bergen Havn (Skipsrevyen, 2019)

Flere havner har uttrykt at de ikke har anledning til å bygge anlegg for landstrøm og ladestrøm på egenhånd (Samferdselsdepartementet, 2019). Dermed vil havnene være avhengig av støttende foretak som kan hjelpe havnene med å etablere tilbud om landstrøm og ladestrøm. Enova tilbyr her flere støtteordninger for landstrøm, basert på hvor langt i utviklingen havnen har kommet med prosjektet om å etablere landstrømanlegg.

For at infrastrukturen og batteridrevne fartøy skal kunne utvikles i enda større grad, vil det ofte være nødvendig med økonomisk støtte, gjennom for eksempel Enova. I tillegg

kan det være verdifullt for de forskjellige aktørene å danne samarbeid, som for eksempel Plug, som tidligere nevnt i teksten er et samarbeid mellom en havn og et nettselskap.

Kostnader forbundet med strøm som drivstoff

Til tross for at batteri som energibærer på skip skal spare skip for drivstoffkostnader og klimautslipp, er det naturligvis kostnader forbundet med dette. Det økonomiske bildet knyttet til dette, handler om hvor stor innsparing man gjør på å få effektivisert motorene sine, kontra kostnader for å bygge/ombygge et elektrifisert fartøy i motsetning til et vanlig fartøy. Batteridrevne fartøy som kan kombineres med en forbrenningsmotor kan spare forbruk av drivstoff en prosess som kalles peak shaving som vi har vært inne på tidligere. På denne bruker vi elektrisitet til å spare drivstoff.

I en rapport om batteridrevne ferger har Zero kommet med et eksempel på dette. Zero er en miljøstiftelse, som jobber tett med den maritime bransjen for å utvikle nullutslippsfartøy. I eksemplet sitt, tar de høyde for at fergen har et forbruk på 80 liter MGO per driftstime med en pris på 4,20 kr per liter. Dette ville gitt en årlig utgift på 2,3 millioner norske kroner. I motsetning til dette ville en ferge som gikk på elektrisitet hatt en gjennomsnittlig strømpris på 0,5kr per kWh og 0,35 kr nettleie per kWh. Dette ville gitt en årlig utgift på 1,8 millioner norske kroner (Opdal, 2010). Dette illustrerer at strøm er billigere enn MGO, men likevel er ikke forskjellen i pris på disse drivstoffene vesentlig nok i forhold til kostnadene som er forbundet med å ombygge/bygge et skip.

Elektrifisering av både ferger og andre fartøy som kun seiler kortere distanser ser ut til å være en positiv utvikling for miljøet, og ved hjelp av økonomisk støtte fra Enova og ulike andre støtteordninger kan bedrifter gjennomføre slike prosjekter. Med bakgrunn i prisforskjellen på strøm og MGO, og kostnaden forbundet med å bygge eller ombygge et skip, vil det fortsette å være fordelaktig å ha støtteordninger som Enova for å få gjennomført slike prosjekter.

Hydrogen og Ammoniakk fra et økonomisk perspektiv

Hydrogen og ammoniakk er to av drivstoffene som det er optimisme rundt i den maritime industrien, men for at vi skal kunne komme dit har næringen en lang vei å gå. De største problemene ligger ikke bare i teknologien og hva som er mulig på et fartøy, men hva som kan bli lønnsomt, sikkert og bærekraftig. Drivstoffene har ikke blitt introdusert på markedet på en ordentlig måte enda, og det meste rundt disse to drivstoffene er fortsatt i utviklingsfasen. Likevel er det flere som har troen på at både ammoniakk og hydrogen kan være med i kampen om å bli et av de nye drivstoffene i den maritime næringen. For at det skal kunne skje, må det tilrettelegges med riktig infrastruktur, i tillegg til at produksjon og distribusjon må etableres på en måte som gjør det konkurransedyktig mot drivstoffene som dominerer næringen i dag.

De ulike aktørene vi intervjuet var i stor grad av samme oppfatning rundt at det ikke kunne være bedriftene alene som skapte et skifte i drivstoffet som er ledende innenfor den maritime næringen (Island Offshore, 2020). Dette kommer av at de bedriftene som eksempelvis hadde valgt å ta i bruk hydrogen eller ammoniakk, ville blitt utkonkurrert av de andre bedriftene som fortsatte å brenne HFO og MGO. Grunnen til dette er at totalkostnaden ved omlegging til de nye drivstoffene vil være høy, samt at infrastrukturen i høyere grad må være på plass for at de skal lykkes. Det er derfor ganske sannsynlig at det vil påvirke bedrifter som ønsker å være fremtredende i utviklingen negativt, fra et økonomisk perspektiv, med mindre de får støtte.

Kostnader forbundet med hydrogen og ammoniakk som energibærere

Hydrogenproduksjonen er en svært viktig del av kostnadsbildet til hydrogen som drivstoff i den maritime næringen. Produksjonen av hydrogen på verdensbasis i dag er også svært høy, men store deler av dette hydrogenet tilhører allerede en verdikjede innenfor en annen industri. Dermed vil det være behov for en betydelig økning i produksjon av miljøvennlig hydrogen som kan anvendes i den maritime næringen, og kostnadsbildet på dette vil variere basert på hvilken måte hydrogenet skal produseres på. Vi har, som vi har vært inne på tidligere, fire ulike former for hydrogen som produseres for øyeblikket.

Den vanligste formen for hydrogen per i dag er grått hydrogen, og det er også den typen hydrogen som er billigst å produsere. Grått hydrogen koster ifølge det amerikanske energidepartementet i dag mellom 40 og 68 øre per kWh å produsere. Denne prisen vil fluktuere basert på prisene til naturgass, ettersom dette er en essensiell komponent i produksjonen (NVE, 2019). Problemet med produksjon av grått hydrogen er at det slipper ut større mengder med CO₂, dermed er det ikke en ønskelig produksjonsmåte. (Brenna, 2019)

Blått hydrogen er en form for produksjon som baserer seg på å bruke et CCS system på hydrogenproduksjonen. Denne måten å produsere hydrogen på er i dag ikke helt optimal når vi ser på økonomien bak det, dermed er det også svært lite produksjon av blått hydrogen kontra grått hydrogen. En rapport fra Bloomberg viser at i 2030 vil prisen på et slikt CCS system være cirka 800kr per tonn. Denne prisen på et karbonfangstsystem ville gitt blått hydrogen en pris mellom 60 og 87 øre per kWh. (Brenna, 2019)

Grønt hydrogen produseres altså gjennom elektrolyse. Ifølge en rapport fra IRENA koster grønt hydrogen mellom 120 og 180 øre per kWh hydrogen, med bakgrunn av hvilken elektrolyse som benyttes (NVE, 2019).

Kostnadene på hydrogen i dag er lavest på den typen hydrogen som har størst CO₂ utslipp og høyest på den typen hydrogen som er mest miljøvennlig. Som tidligere nevnt i oppgaven er utslippet til HFO faktisk lavere totalt sett enn utslippet til grått hydrogen, når vi ser på «well to wake» prinsippet (se tabell 2) Dermed er det essensielt for hydrogenets fremtid som drivstoff i shipping næringen at grønt hydrogen blir konkurransedyktig, slik at det vil være en miljøgevinst i å ta i bruk hydrogen-drevne fartøy.

Tabell 2: Tabell som er tatt fra det amerikanske energidepartementet for å illustrere hvilke priser vi kan ha per kWh (ARPA-E, 2016)

	HF O	Grått Hydroge n	Ammoniakk fra grått hydrogen	Fornybar Elektrisite t	Grønt hydroge n	Grønn ammoniakk
Drivstoffkostnad i nok/kWh	0,47	0,58	0,63	0,56	0,9	1,28
Transportkostnad i nok/kWh	0,01	0,6	0,04	0,38	0,6	0,04
Oppbevaringskostna d i nok/kWh	0,01	0,3	0,07	1,06	0,3	0,08
Produksjon til brukskost i nok/kWh	1,59	2,92	1,35	2,36	3,27	2,56

Tabellen ovenfor sammenligner ulike typer drivstoff, men denne tabellen kan ikke regnes som en fasit, derimot heller som en antydning på hva prisene kan være. En observasjon som kan gjøres er at prisen på HFO, grått hydrogen og grå ammoniakk er betydelig billigere å produsere, enn det grønt hydrogen og grønn ammoniakk er å produsere. Med utgangspunkt i denne trenden kan vi se hvorfor et grønt skifte er vanskelig å gjennomføre, ettersom prisforskjellen er relativt stor. Noe av grunnen til dette er infrastrukturen som ligger til rette for de ulike drivstoffene, og vi kommer tilbake til dette skifte mot grønt hydrogen senere i teksten.

Ammoniakk har en del fordeler som ikke finnes i rent hydrogen. Ammoniakk kan blant annet lagres i en LNG-tank, og brukes som drivstoff uten at den båten vil måtte undergå store forandringer. Dette er noe som kan kutte ned på kostnader, dersom bedriften har LNG-skip de kan bygge om (Island Offshore, 2020).

En annen fordel som ammoniakk har fremfor hydrogen, er kostnadene per oppbevarte enhet av lagret energi. Enhetskostnaden over 182 dager på de respektive drivstoffene ville vært 0,54\$/kg for ammoniakk, sammenlignet med 14,95\$/kg for hydrogen. Dette er en betydelig forskjell i pris, og er en av grunnene til at mange regner ammoniakk som en bedre kandidat til å bli et drivstoff for shippingnæringen i fremtiden (Hussein,

Valera-Medina, & Alsaegh, 2019). Vi kan også se på tabell 5 at oppbevaringskostnad i nok/kWh har en betydelig forskjell mellom hydrogen og ammoniakk, for hydrogen er prisen 0,3 nok/kWh og for ammoniakk er den 0,07 nok/kWh. Dette understreker poenget at ammoniakk er betydelig lettere å håndtere, og har som en konsekvens av dette en lavere oppbevaringskostnad. Det samme kan sies om transportkostnadene for både hydrogen og ammoniakk, her er også hydrogen betydelig dyrere å transportere.

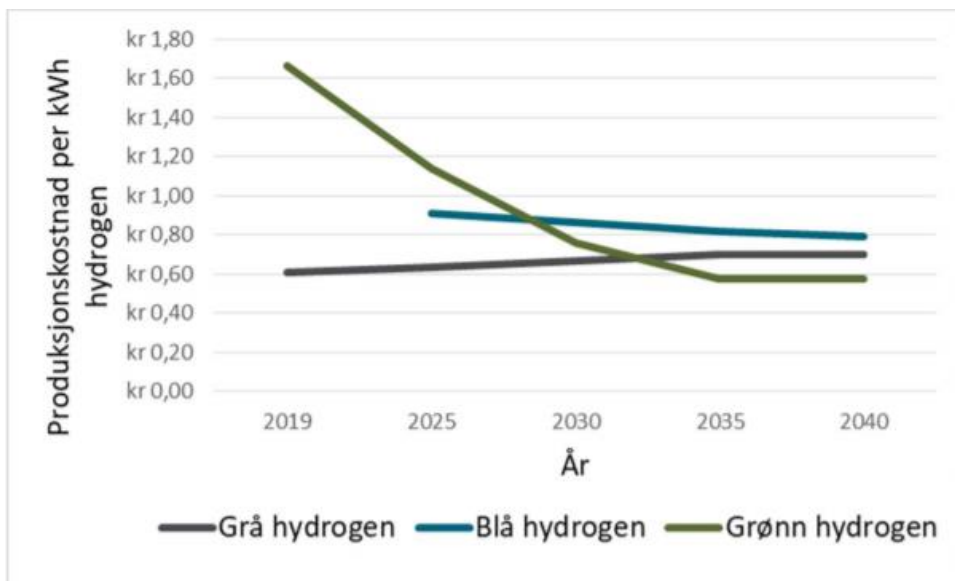
Dersom man ser på flytende hydrogen som drivstoff, vil kostnadene som kommer i tillegg være relativt like som på en LNG-båt. Grunnen til dette er at motorene som skal drive båten ved hjelp av drivstoffet er forventet å ha relativt lik kostnad som en LNG-motor. Videre forventes lagringsenhetene å være dyrere enn for LNG oppbevaring, dette kommer som en konsekvens av hvor vanskelig hydrogen er å håndtere. Kostnadsbildet knyttet til annet tilbehør som rør, ventilasjon, pumper osv, forventes å være likt komponenter som eksisterer på LNG-skip. De operasjonelle kostnadene knyttet til motorene om bord på et skip som benytter seg av flytende hydrogen som drivstoff, forventes å være direkte sammenlignbare med de operasjonelle kostnadene om bord i et skip som bruker HFO. (DNVGL, 2019)

Fra et kostnadsperspektiv vil dette kunne bety at ammoniakk er et mye billigere alternativ å håndtere og lagre, sammenlignet med hydrogen ved hjelp av tabell 5. De operasjonelle kostnadene knyttet til drivstoffene vil heller ikke være altfor høye, sammenlignet med de skipene som er vel etablert i næringen i dag.

Veien videre i fremtiden for hydrogenproduksjon

Om man ser videre inn i fremtiden kan mye tyde på at det er grønt hydrogen som kommer til å bli en hovedkomponent for et fremtidig nullutslippssamfunn. Selv om veien dit er lang, viser flere prognoser at grønt hydrogen kommer til å bli betydelig billigere å produsere de neste årene. Statkraft har gjort beregninger for kostnaden av å produsere grønt hydrogen med vindkraft fra en vindmøllepark på Raggovidda i 2025. Beregningene Statkraft har gjennomført tilsier at ved å fremstille hydrogen ved elektrolyse med vindkraft, kan de produsere grønt hydrogen som er konkurransedyktig med grått hydrogen. Prisen per kWh vil være på 56 øre ifølge beregningene deres. (NVE, 2019) Om vi sammenligner dette med standardprisen som er gitt for grått

hydrogen i dagens marked som fluktuerer mellom 40 og 68 øre per kWh, har vi fått grønt hydrogen som er konkurransedyktig med nåtidens store hydrogenprosess.



Figur 14: Prognose av prisutvikling på produksjon av hydrogen (NVE, 2019)

Selv om det er etablert at grønt hydrogen kan bli konkurransedyktig med grått hydrogen, vil ikke dette komme av seg selv. Store skifter og investeringer må til for at dette skal kunne realiseres, og grunnen til det, er de enorme mengdene med bærekraftig energi som trengs for å produsere hydrogen på denne måten. Vindmølleparken Raggovidda, som tidligere er nevnt, skal ha kostet anslagsvis 600 millioner norske kroner for prosjektet i sin helhet (Nilsen, 2014). Det er snakk om betydelige investeringer som dette, for å kunne produsere nok bærekraftig/fornybar energi som kan brukes til elektrolyse. Kostnadsbildet, for å kunne danne et volum som er stort nok til å kunne supplere alle skip som vil ha behov for å benytte hydrogen som drivstoff, er utrolig stort. I tillegg vil det hjelpe når elektrolysørene blir mer etterspurt, slik at konkurransen kan øke og bedrifter kan oppnå stordriftsfordeler (NVE, 2019).

For at vi i fremtiden skal kunne ha en maritim næring med hydrogen i en sentral rolle som drivstoff, bør aktørene vurdere et samarbeid. Gjennom et samarbeid kan de forskjellige aktørene jobbe sammen for å prosjektere en plan. Meningen med dette er å sørge for at hver enkelt aktør vil få den støtten og kompetansen som trengs for å utvikle og etablere en infrastruktur som skal kunne bidra til en omlegging av drivstoff. Hvis Enova utformer støttetilbud som ulike aktører kan søke om å motta, slik som de har gjort for batteridrevne fartøy, så vil dette legge til rette for en raskere og bedre utvikling. For at dette skal være effektivt bør det tilbys støtte for alle deler av verdikjeden, slik at hydrogen for fullt kan begynne å etablere seg som et drivstoff i den maritime næringen.



Figur 15: Raggovidda vindmøllepark (Varanger Kraft, u.d.)

Infrastruktur

Infrastruktur er en av de store utfordringene for å få den maritime næringen mer miljøvennlig. Vi har vært inne på ulike alternative drivstoff og deres utfordringer i forhold til lagring og energitetthet. Dette er utfordringer som er med på å vanskeliggjøre utbyggingen av infrastruktur. Til tross for utfordringene kan infrastruktur i det lange løpet sees på som en nøkkel til å redusere utslippene i den maritime industrien.

Fordeler

For at nye typer drivstoff skal kunne etablere seg på markedet, er man avhengig av at det, til en viss grad, skal lønne seg for aktørene. Her spiller infrastrukturen en viktig rolle. For at man skal utnytte de lave eier- og potensielt operasjonskostnadene, til for eksempel elektrisitet og ammoniakk så er man avhengig av at det ikke koster for mye å få tak, i eller frakte det til havnen man skal til. For å få til dette er man avhengig av å ha en tilgjengelig infrastruktur. Når det gjelder hydrogen eller ammoniakk så betyr dette at det må bygges muligheter for bunkring i strategiske havner. Disse havnene er kritiske for å få til dette, ettersom det er her båtene skal bunkre opp. Det som er positivt med havner er at man har mange muligheter til å lage gode løsninger for både vann- og landbasert infrastruktur, og på den måten få ned kostnadene på miljøvennlig drivstoff. Når det gjelder muligheter for å bygge ut en infrastruktur som miljøvennlige løsninger drar nytte av, finnes det en del muligheter. Vi har tidligere vært inne på de ulike typene hydrogen og miljøeffekten av disse. I en havn så har man mulighet til å bruke fornybar energi i form av vannkraft og bruke dette til å produsere hydrogen på land. På denne måten kan man faktisk produsere miljøvennlig drivstoff som vil ha lave kostnader. (Riviera news, 2020) Selv om teknologien eller viljen til å gjennomføre noe sånt akkurat nå, ikke ser ut til å være til stede i dag, viser det absolutt hvordan infrastrukturen kan være en nøkkel til hvordan man skal få den maritime næringen til å benytte andre drivstoffkilder. I dag ser vi allerede eksempler på at hydrogen blir utviklet og brukt som drivstoff på landbaserte operasjoner i havner. For eksempel i Valencia havn så er det satt i gang et prosjekt kalt «The H2Ports project», som går ut på at den landbaserte infrastrukturen skal begynne å benytte hydrogenbrenselceller som drivstoff for å dekarbonisere de landbaserte operasjonene. Her virker det som at utviklingen av infrastrukturen på land er på god vei, noe som vil være en fordel når man ønsker å

utvikle skip som går på hydrogenbasert drivstoff. (World ports sustainability program, 2019)



Figur 16: Valencia havn som er en av de første havene som bruker hydrogenbrenselceller til å kjøre lasteoperasjonene på land. (Bergenson, 2019)

Utfordringer rundt infrastrukturen

Selv om infrastrukturen kan være en nøkkel, inneholder det også en del utfordringer. Noe av det som kan sees på som nøkkelen vil det naturligvis også være utfordringer rundt. En av de største utfordringene rundt det å kunne lage en infrastruktur for fremtiden er at vi ikke per dags dato har noe miljøvennlig drivstoff som vil fungere til alle typer skip og distanser. Det betyr at vi kan måtte differensiere de ulike skipstypene og drivstoffene, noe som igjen skaper problemer for infrastrukturen. Dersom det viser seg at vi faktisk må ha en del ulike typer drivstoff for å kunne gå bort i fra dagens drivstoff, så er det klart at det vil oppstå bunker problemer i mange havner. Kapasitet og økonomi vil kanskje ikke strekke til, for å kunne bygge en infrastruktur som takler denne differensieringen.

Andre problemer med infrastrukturen er definitivt tidsperspektivet. Det å utvikle en infrastruktur tar lang tid, både i de forskjellige havnene og på global basis. I de forskjellige havnene, er det ny teknologi som må implementeres, samt at man i tillegg har en del andre muligheter med tanke på den landbaserte infrastrukturen, som vi har vært litt inne på tidligere. Disse mulighetene finnes, og vil være mulig å gjennomføre, men krever også at en del andre utfordringer løses som vi har vært inne på og skal snakke videre om i oppgaven. Men uansett, er det å få til en infrastruktur på global basis noe som definitivt vil være vanskelig og tidkrevende å gjennomføre. Her kan det oppstå flere politiske, økonomiske og kulturelle utfordringer som vi vil se senere.

For å danne et bilde av hvor tidkrevende et nytt drivstoff i den maritime næringen kan være, trenger vi ikke å se lenger tilbake enn til inntoget av LNG for 20 år siden (Island Offshore, 2020). LNG ble sett på som det nye miljøvennlige drivstoffet som mange trodde skulle bli fremtiden i shippingbransjen. Drivstoffet hadde nesten ikke NO_x eller SO_x utslipp og ble spådd av mange til å bli fremtidens drivstoff. Likevel vil markedet i dag, kun si at de fortsatt er i begynnelsen av utbyggingen av infrastrukturen (Kongsberg gruppen, 2020). Hvor lang tid vil det da ta å bygge en infrastruktur for en av de nye drivstoffene som for eksempel ammoniakk?

Et positiv aspekt ved at man har jobbet med å bygge ut en infrastruktur for LNG de siste 20 årene er at man kan bruke mye av de samme delene av infrastrukturen til hydrogen og ammoniakk. Når man bruker LNG som drivstoff, foregår dette gjennom en forbrenningsmotor. Dette er en av måtene man kan bruke ammoniakk og hydrogen på også, selv om dette ikke er den mest miljøvennlige løsningen som vi har vært inne på. Men da har man mulighet til å bruke en god del av den eksisterende infrastrukturen ombord på skipet og på land, til man får på plass brenselceller, og til man har en god infrastruktur på land. Ved å gjøre det på denne måten, utnytter man mye av det gode arbeidet som har blitt gjort de siste årene, samtidig som man utvikler seg mot å bli utslippsfrie. For dersom man må bruke forbrenningsmotor i en periode for å kunne få på plass det som skal til for å bruke brenselceller, vil dette kunne redusere utslippene i lengden.



Figur 17: LNG terminalen i Maasvlakte i Rotterdam. Disse kan i teorien utvikles og brukes til hydrogenlagring. Her ser vi hvor tilgjengelig slik teknologi kan være i store havner. (Greenport, 2016)

Infrastruktur kan som sagt være nøkkelen til å få en mer miljøvennlig maritim næring, likevel finnes det utfordringer som for øyeblikket kan sees på som vanskelig å løse på dette tidspunktet, og som definitivt kommer til å ta lang tid. Likevel vil arbeidet med infrastruktur være et viktig verktøy i retningen mot nye drivstoffkilder.

Politiske tiltak og utfordringer

Politiske tiltak vil, og må være en av de store driverne i endringen mot miljøvennlig drivstoff. For at shippingnæringen, der de aller fleste aktørene er drevet av profitt, skal kunne endre seg så må det lønne seg å ta i bruk de nye miljøvennlige drivstoffløsningene og det må slutte å lønne seg å bruke HFO og MGO som det gjør i dag (se tabell 5). Dette er utfordringer lokale myndigheter, EU og IMO må ta for seg og løse. Hva kan norske myndigheter gjøre uten å ødelegge konkurransevnen til de norske selskapene på global basis? Hvordan kan EU bruke deres posisjon og prosjekter til å fremme miljøvennlige løsninger? Og hvordan kan IMO lage lover og regler for å begrense utslippene uten at aktører skal kunne finne smutthull for å produsere billigere,

men mindre miljøvennlig. Dette er noen av spørsmålene som verden står ovenfor i dag og som ikke er lett å svare på for noen av aktørene.

Lokale myndigheter

Selv om forurensingen i den maritime næringen er en global problemstilling som ikke blir løst på Stortinget, så har fortsatt Nasjonale og lokale myndigheter en stor påvirkningskraft på selskapene som holder til i Norge. Dette gjelder både de som kun opererer innenlands, men også de som opererer globalt. Når myndighetene gjennomfører tiltak, er det en del hensyn som må tas, men det finnes også gode muligheter til å gjennomføre betydningsfulle endringer.

Lokale myndigheters muligheter

Norge har vært en forkjemper for endringen av den maritime næringen og mange nye prosjekter som omhandler nullutslippsskip er kommet frem i Norge. Her har myndighetene vært med og støttet opp om prosjektene (Latarche, 2019). Samtidig kan man også se til for eksempel de mange fergene i landet, der en god del av kontraktene krever nullutslippsteknologi for at de skal kunne vinnes. Dette er en bevisst strategi fra myndighetene for å kutte ned utslippene, til tross for høyere utviklings- og produksjonskostnader. Særlig på disse fergene og kortere ruter, har myndighetene stor innflytelse og mulighet til å spille en stor rolle, enten direkte gjennom kontraktene eller ved å påvirke kundene til å velge miljøvennlig.

Ved å være en driver for miljøvennlig drivstoff, vil man også få med seg flere aktører. Bedriftene er ofte villig til å være med på det grønne skiftet, men har som regel ikke økonomi eller kompetanse til å være en driver selv eller gjøre det på egenhånd (Island Offshore, 2020). Og ettersom viljen er der så har myndighetene en enklere jobb med å gjennomføre tiltak eller prosjekter. Men det viser seg som oftest at det må lønne seg for bedriftene og at det er dette som er mest avgjørende for om de kan, eller vil, bli med på prosjekter eller ikke. I Norge har vi organisasjonen Enova som jobber for omstillingen til lavutslippssamfunnet (Enova, u.d.). På denne måten kan flere bedrifter bidra med å kutte utslippene sine uten at de trenger å tenke på den økonomiske risikoen, og sånn sett

gjøre prosjekter de ellers ikke hadde gjennomført. Enova investerer årlig over to milliarder av fellesskapets midler i prosjekter for å senke utslippene i Norge. Enova hjelper Norske maritime bedrifter med økonomisk støtte, til de bedriftene som ønsker å forske på og utvikle nye drivstoffløsninger, men også de som ønsker å ta det i bruk. For eksempel de som ønsker å lage rene elektriske ferger.

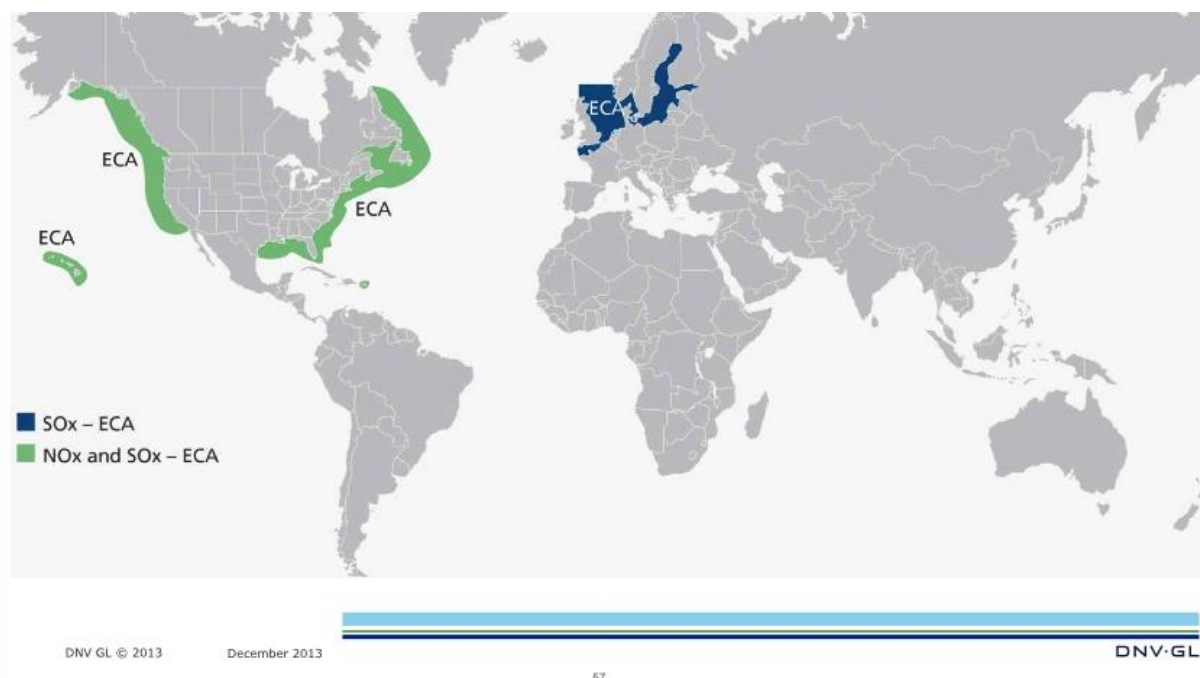
Når man får støtte til å utvikle miljøvennlige løsninger som utvikles og testes i Norge, kan dette også sees på som et springbrett videre ut i verden for teknologibedriftene. Bedriftene har videre større muligheter til å tjene penger på teknologien sin i resten av verden om den er fremtidsrettet og innovativ. På den måten kan støtten regjeringen tilbyr også føre til økonomisk vekst i et lengre perspektiv.



Figur 18: Bilde av 4 nullutslippsskip fra ha Havila Kystruten som skal gå fra Bergen til Kirkenes uten utslipp. Prosjektet er støttet av Enova med nesten 88 millioner kroner. (Enova, 2018)

Lokale myndigheters begrensninger

Selv om det finnes en god del muligheter for myndighetene til å påvirke det grønne skiftet, er de også veldig begrenset i at dette er et globalt problem, og at ikke alle lands myndigheter tenker likt som Norges. Norge kan derfor ikke innføre ubegrensede restriksjoner eller krav ovenfor båter som skal konkurrere på global basis slik at de norske båtene mister konkurranseevnen ovenfor de utenlandske (Wilhelmsen, 2020). Samtidig kan man også se en begrenset effekt på båter som går fra Norge og ut i verden. Det finnes for eksempel krav om å rense SO_x-utslipp når man seiler i farvann rundt Norge som Norskehavet og Nordsjøen, men som ikke gjelder andre i andre farvann (Chougle, 2020). Dette kommer av Imo tier 3 reglene, og av intervjuene har det kommet frem at det er vanlig å kutte ut rensingen når man går ut av norsk sokkel (Island Offshore, 2020). På denne måten kan man si at man oppnår ganske liten effekt med lokale restriksjoner på båter som skal gå lenger distanser til utlandet, dersom skipene har muligheter til å slå av rensingen.



Figur 19: I områdene dekket av blått og grønt er det krav om rensing som følger av IMO Tier 3 (DNVGL) (Chougle, 2020)

En annen utfordring for myndighetene i forhold til bruk av nye typer drivstoff som kanskje ikke er blitt forespeilet like mye, er bruken av de nasjonale energikildene. Vi har ved flere anledninger vært inne på utfordringene i energiutnyttelsen av hydrogen og ammoniakk, men dette kan også være et problem for myndighetene. Som vi har vært inne på så er elektrolyse ved bruk av fornybar energi den eneste muligheten til å lage utslippsfritt hydrogen. Og dersom dette er den eneste måten vi skal produsere drivstoff til skip på, kommer det naturligvis til å kreve enorme mengder fornybar energi. Da oppstår også spørsmålet om det er dette man ønsker å bruke Norges dyrebare vannkraft på, som man kunne brukt til mye annet. Samtidig må man også bygge ut utvinning av utrolig mye mer fornybar energi, som man tidligere har sett ikke alltid faller så godt i smak hos resten av befolkningen i Norge, da det ofte går på bekostning av andre forhold. Til tross for dette kan man også se et stort potensiale i utnyttningen av overskuddsvann i demninger. Dersom dette hadde blitt optimalisert ville man gjerne hatt enda flere muligheter til å utnytte vannkraften fra demninger til å lage hydrogen.

IMO og EU

For at andre typer drivstoff, som hydrogen eller ammoniakk, skal kunne bli det foretrukne drivstoffet på verdensbasis, er vi avhengig av politiske tiltak. Viktige politiske tiltak i forbindelse med miljøskadelige utslipp er ofte avgifter, men også insentiver kan bli aktuelt for å få næringen til å ta i bruk renere drivstoff. I 2018 annonserte IMO en ny strategi for å redusere klimautslippene i shippingindustrien. Strategien inneholder et mål om å redusere CO₂-utslippene på global basis med minst 40% innen 2030, og jobbe mot å redusere med 70% innen 2050 sammenlignet med tallene fra 2008 (International maritime organization, 2018). Av IMOs rapport fremkommer det, at dette er tall de har kommet frem til som følge av utviklingen av alternative drivstoff og/eller energikilder, men likevel foreligger det ingen klare krav eller regler fra IMO for å kunne oppnå dette.

Dersom vi ser på shippingnæringens utvikling, er det mye som tyder på at dette er en næring som kommer til å vokse videre og bli større. Det betyr i utgangspunktet flere båter og mer forurensing, noe som igjen gjør målene til IMO enda vanskeligere å oppnå. Ifølge forskning IMO gjennomførte i 2020, ligger klimagassene i shippingindustrien fortsatt an til å øke. Faktisk sier studiene som ble lansert den 4. august at

klimagassutslippene ligger an til å øke med så mye som 130% i 2050 sammenlignet med 2008 dersom tiltak ikke settes i gang. (Karcca & Bach, 2020) Det burde derfor være grunnlag til å vurdere sterkere tiltak for IMO, og det ganske raskt, dersom det overhode skal være mulig å nærme seg målene. Skal man kunne redusere med 40% innen 2030 sammenlignet med 2008, så må man i hvert fall redusere langt over 50% per båt i 2030.



Figur 20: Bilde fra møtet med «IMO's Marine Environment Protection Committee» fra Imos hovedkvarter i London (IMO, 2018)

Karbonavgifter

En oppfatning i markedet er at markedsbaserte avgiftsløsninger kan være løsningen på problemet. På denne måten kan man straffe de som fortsatt bruker miljøskadelig drivstoff, og belønne bruken av fornybar energi. Den mest omtalte avgiftsløsningen er karbonavgift. Hvordan dette skal løses er det mange forslag til, men kan for eksempel være at man må betale avgift ut ifra hvor mye CO₂ båtene slipper ut, eller at man må betale avgift for hvor mye karbon drivstoffet inneholder over et visst standardnivå. Det er ingen tvil om at internasjonale maritime drivstoff er underpriset fra et miljøperspektiv, og karbonavgift vil være med på å gi et bredere spekter av muligheter til å redusere karbonutslippene. Man vil kunne ha muligheten til å bygge hybridskip og

bruke elektrisitet til å redusere bruken av HFO og MGO, og dermed betale mindre i karbonavgift ettersom man seiler mer på elektrisitet. Man vil også ha muligheten til å bygge om flåten til å bli mer energieffektiv og bruke nye drivstoffløsninger på nye båter for å slippe å betale karbonavgiften. Med andre ord, blir ingen tvunget til å gjøre noen forandringer, men det vil lønne seg å gjøre forandringer for bedriftene. Bedriftene blir derfor mer motiverte til å investere i ny teknologi. Nylig har EU valgt å inkludere skipsfart i ordningen for handel med utslippskvoter, noe som gjør at skipsfarten i Europa må betale for Co2-utslippet sitt. På den måten vil EU motivere til bruk av miljøvennlige løsninger, noe man etter hvert også kan se for seg på verdensbasis (Straus & Harvey, 2020).

Ulemper med karbonavgifter

Selv om karbonavgifter sannsynligvis vil være en god start på å løse et stort problem, er det en del utfordringer med en slik type ordning. En av utfordringene med å kun teste karbonutslippet fra en motor og ilegge avgifter etter resultatene, er at testene ikke sier noe om historien til drivstoffet. Dersom man tar en test av en båt som går på hydrogen, har man ingen måte å finne ut om dette hydrogenet er produsert ved bruk av elektrolyse med fornybar energi eller om det er produsert gjennom dampreforming. Da har man ingen anelse om hydrogenet er så og si utslippsfritt eller om det faktisk forurenses mer enn dagens løsninger med HFO og MGO. Dette er noe som absolutt burde ha mye å si, fordi det ikke har noe å si hvor i prosessen utslippet kommer så lenge det eksisterer. Dette er noe EU og Norge er opptatt av å få med i utslippsregnskapet, for å vise til at selv om biofuel har en god del utslipp, så kan dette være bedre enn andre typer drivstoff med en dårligere produksjonshistorie. IMO derimot, er mer opptatt av at alt skal være fornybart, og sannsynligvis vil det være den endelige løsningen, men det utelukker løsninger for å få ned utslippet underveis i prosessen. Dersom man ikke vet historien til drivstoffet, vil det være vanskelig å bruke karbonavgift som et godt måleinstrument, fordi det utelukker for eksempel bruken av biofuel eller carbon capture ettersom utslippene av karbon vil sees på som likt (Kongsberg gruppen, 2020).

Et annet problem med bruken av karbonavgifter vil være håndhevelsen av det. Hvem skal måle karbonutslippet, hvordan skal det måles, og hvordan skal det gjennomføres? Dette er en utfordring for IMO som ikke er lett å løse. Dersom man overlater overvåkingen og gjennomføringen av IMOs regler til lokale myndigheter slik som det gjøres i dag, kan man få flere problemer. Her i Norge, eller for eksempel i Nederland, hvor det er liten grad av korrupsjon, og myndighetene virkelig ønsker en reduksjon i klimagassutslipp, er det mulig å lage gode ordninger for sporing av hydrogenet fra det blir produsert til det skal brukes, samt at testene av utslippene vil gjennomføres nøye og ordentlig. Men problemene vil kunne oppstå i land med mindre utviklet infrastruktur og med myndigheter uten uttalte klimamål. Her vil det kunne være vanskeligere å vite hvordan hydrogenet er produsert, og man risikerer at hydrogenet er produsert billigst mulig uten å tenke på miljøet for å slippe unna karbonavgiftene. Land som dette og de som opererer i disse områdene kan derfor komme seg unna på en mye billigere regning og de vil derfor kunne oppnå store konkurransefordeler ved å bryte reglene (Wilhelmsen, 2020). For IMO sin del, blir ikke dette lett å overvåke, og som vi har vært inne på tidligere, så vil det ikke være noe stort problem å ha full oversikt på well to wake på en seilas fra land med velutviklet infrastruktur og gode tiltak for å redusere klimautslipp. Men problemene oppstår når man skal seile fra land der korrupsjon er mer utbredt og man enkelt kan forestille seg at kontrollmyndighetene ikke nødvendigvis følger reglene. Håndheving av en slik karbonavgift vil derfor ikke være noen enkel oppgave, og det må vurderes om dagens endring eventuelt må endres.

En situasjon som er ganske sammenlignbar og som man kan hente lærdom fra i forhold til en fremtidig overgang til hydrogen og ammoniakk, er historien om svovelutslipp i shippingbransjen. Svovelutslipp i shippingbransjen var et av de store miljøproblemene tidligere, fordi det ikke var noen begrensninger på hvor mye svovel man kunne ha i oljen. Da hadde stort sett de aller fleste et svovelinnhold på mellom 3% og 4% i oljen sin, som skapte et stort forurensningsproblem i form av SO_x. Da det ble innført en regel om maks 0,5% svovelinnhold i oljen på internasjonal basis, var det ingen til å kontrollere dette, og det åpnet for konkurransefordeler for de som ikke fulgte reglene, så og si uten noen sjanse for å bli straffet. Dette var ikke noe IMO hadde tenkt på og 40 rederier, inkludert noen av verdens største som gikk sammen og dannet en allianse for å få myndighetene til å lage et kontrollregime (Wilhelmsen, 2020). Dette kontrollregimet skulle sørge for at båtene holdt seg til de nye reglene. Så i dag gjennomføres det testing

av drivstoffet, hvor havnestatsmyndighetene kan gå om bord og ta prøver, og straffeforfølge de skipene som ikke oppfyller kravene. Dette er noe som en god del tenker kunne vært gjennomført med karbonavgift også. Altså at havnestatsmyndighetene går om bord i skipet og ser på karbonutslippet til skipet, og at det stemmer med for eksempel skatten de betaler. Testing av svovel har en likevel en ganske stor fordel over testing av for eksempel hydrogen. Når man tar en test og ser på testen i et laboratorium så kan man enkelt se om det er for mye svovel eller ikke, noe som gjør testingen og de eventuelle straffene ganske standardiserte. Når man skal lage et kontrollregime for bruk av karbon så er det mye vanskeligere å ta hensyn til om man har gjort noe bra med karbonet i forkant, eller om hydrogenet er produsert på en ikke miljøvennlig måte, fordi dette ikke sees i en enkel test. Det er derfor mye vanskeligere å ta hensyn til hvem man skal skattlegge eller ikke fordi det er så mye man kan gjøre med for eksempel biofuel eller hydrogen før det skal brukes som drivstoff, samtidig som det er lett å si og argumentere at man har gjort en ting, mens man egentlig har gjennomført en billigere og mindre miljøvennlig løsning.



Figur 21: Bildet skal illustrere en enkel test av svovelinnholdet i HFO eller GMO (McPherson Oil, 2016)

Uansett er karbonavgifter en løsning som i utgangspunktet vil få positive følger og som definitivt gir et riktigere prisbilde på HFO og MGO, som til nå har vært underpriset fra et miljøperspektiv. Samtidig sørger det for, og motiverer til et relativt bredt spekter av muligheter til å bli mer miljøvennlig. Likevel så er det, som vi har sett, utrolig mange utfordringer med en ordning som denne, kanskje ikke først og fremst i Norge, men i land hvor det er vanskeligere å spore og holde oversikt over hvordan ting blir produsert.

Insentiver for å velge miljøvennlig drivstoff

Et alternativ til karbonavgift kan være insentiver, altså at man lønner miljøvennlige løsninger og på den måten motiverer selskaper til å gå for disse løsningene kontra HFO og MGO. Innovasjon og utvikling av ny teknologi koster mye penger og er ikke nødvendigvis lønnsomt for bedriften som vi har sett tidligere. Det kan derfor være et godt alternativ, ettersom myndighetene kan hjelpe bedriftene i gang. I Norge har vi Enova, som vi har vært inne på tidligere, dette er en variant av insentiver der man kan søke om støtte til å gjennomføre miljøvennlige prosjekter. Om man hadde fått til noe slikt på global basis så har man mulighet til å også følge opp prosjektene man deler ut penger til litt bedre. Det betyr at selv om man benytter hydrogen, så må man faktisk dokumentere og bevise at hydrogenet er grønt for å kunne bli tildelt penger.

Når det gjelder bruk av insentiver som et virkemiddel, er det viktig å ta i betraktning EU sitt regelverk for frie markeder. Disse reglene skal blant annet sikre at landene ikke favoriserer egen industri og begrenser det frie markedet. Samtidig skal man heller ikke ødelegge industrier. Det er derfor viktig å ta hensyn til regelverket når det kommer til bruk av subsidier.

Mange av utfordringene man har med karbonavgifter vil også vise seg som utfordringer ved en insentivordning. Eksempelvis er jo hvem som skal bestemme hvem som skal motta støtte og hvor mye støtte som skal bli tildelt og at det fortsatt kan være vanskelig å være helt sikker på historien til drivstoffet. Samtidig er dette noe som kan være vanskelig å gjennomføre på global basis grunnet det store omfanget. Akkurat som med karbonavgiftene, vil det være muligheter til å være uredelige og prøve utnytte ordningene for å skaffe seg konkurransefordeler.

Et annet problem med en slik løsning er hvor pengene skal komme fra. Det er dessverre ikke slik at det finnes ubegrensede midler til å støtte miljøvennlige løsninger. En mulig løsning kan være at alle i shippingbransjen må betale en avgift hvert eneste år som går til utviklingen av miljøvennlige løsninger. På den måten er det bransjen som betaler for den miljøvennlige utviklingen, samt at sjansen for at en trend utvikler seg øker, da mange vil ha tilgang på disse pengene. En av grunnene til at dette kunne fungert er at flere deler av shippingbransjen tåler høyere kostnader (Wilhelmsen, 2020), og må regne med å snart betale sin del i miljøkampen. Dette kan føre til at noen bedrifter med dårlig økonomi vil slite, men det kan sees på som en nødvendighet da shippingmarkedet må bidra. Da kan det hende at en løsning der bedriftene får betalt seg litt ut av problemene kan være en mulighet, samtidig som andre som har lyst til å utvikle nye løsninger, for støtte til dette (Wilhelmsen, 2020).

Kontroll av salg

Et alternativ for å unngå at uredelige aktører lar seg friste til snarveier og skaffer seg konkurransefordeler på en uredelig måte, kan være å kontrollere historien og hvordan hydrogenet blir produsert. Dette er som vi har sett ingen enkel oppgave, men kunne blitt løst gjennom et globalt salgssystem som foregår i en annen markedsform enn et fritt marked, for eksempel et oligopol. Gjennom oligopolet snevrer man inn antall aktører som produserer og selger hydrogenet eller ammoniakken. På denne måten kan IMO enklere kontrollere hydrogenet som blir produsert og solgt, og sørge for at denne er utslippsfri. Tanken går litt ut på at det kun blir et fåtall aktører som skal ha muligheten til å tilby hydrogenbasert drivstoff rundt om i de forskjellige havnene i verden, samt at hydrogenet fra disse leverandørene er det eneste hydrogenet som er godkjent av IMO til å brukes. Ved en sann løsning er den åpenbare utfordringen at det er mindre markedspress på prisen, og at det kanskje blir for dyrt å benytte seg av hydrogen eller ammoniakk. Samtidig har blant annet EU regler som skal hindre konkurransebegrensede avtaler i dag. Dette kan gjøre det utfordrende for IMO å gjennomføre en slik løsning, men det er noe som burde bli vurdert av begge aktørene.

Dersom dette skal kunne gjennomføres så kan det være en god løsning å endre måten IMO overvåker og kontrollerer regler i dag. Gjennom en ny løsning der IMO går mer aktivt inn og lager et kontrollorgan, kan man oppnå bedre kontroll. Da kan IMO gå inn

å kontrollere prisen, eller eventuelt subsidiere kjøperne av dette hydrogenet. Gjennom en slik ordning vil det også være enklere å gjennomføre en slags karbonavgift og/eller tilby incentiver til de som bruker drivstoffet fra disse aktørene. En slik ordning kan også tale til fordel for infrastrukturen da aktørene blir spesialister innen bunkring og infrastruktur på kjemikalier som er vanskelige å håndtere. Dette vil medføre en veldig omfattende prosess, men vil sannsynligvis være ganske effektivt.

En annen mulighet enn å lage et helt nytt kontrollorgan kan være å ta i bruk «blockchain» teknologi for å spore prosessen. Dette er en struktur som lagrer transaksjoner gjennom tredjeparter slik at man ikke kan forfalske informasjonen. Denne teknologien er under utviklingen og er meget interessant, uten at vi skal gå dypere inn på hva dette er. Det denne teknologien kan gjøre for hydrogen og ammoniakk er også veldig interessant. Den store utfordringen med tiltakene er som sagt at vi ikke vet historien til drivstoffet, men dersom man er nødt til å kjøre gjennom hver eneste transaksjon i et blockchain system så vil det nesten være umulig å forfalske dokumenter, da de originale transaksjonene ligger sikkert hos tredjeparter. Man kan fortsatt velge ut noen få aktører som er godkjente til å produsere og levere hydrogen, men det kan bli lettere å følge hele historien fra «Well to Wake» (Ramsøy, 2020). Disse aktørene kan for eksempel bli valgt ut gjennom at klasseselskaper kan reise rundt å verifisere ulike produsenter av hydrogen.

Lobbyvirksomhet

Et annet aspekt ved politikken som virker å påvirke utvikling av politiske tiltak og ordninger er lobbyvirksomhet. Lobbyvirksomhet er en aktivitet der interessenter rundt en avgjørelse prøver å påvirke folkevalgte politikere og/eller andre beslutningstakere (Thorsen, 2020). Ifølge en rapport publisert av organisasjonen InfluenceMap, som overvåker og varsler lobbyvirksomhet, har shippingnæringen aggressivt drevet lobbyvirksomhet inn mot FN og IMO mot klimareguleringer i næringen (Darby, 2017). I denne rapporten kom det også frem at 31 av 100 personer som deltok på et miljømøte i IMO kom fra næringslivet. IMO er altså den eneste organisasjonen i FN som tillater et så stort antall representanter fra næringslivet. Dette skaper problemer for industriens evne til forandring og kan være noe av forklaringen til at shippingindustrien enda er den eneste industrien i verden som ikke er underlagt noen utslippsreducerende tiltak på

verdensbasis (InfluenceMap, 2017). Lobbyvirksomheten som finnes bør identifiseres og fjernes dersom IMO skal ha en bedre mulighet til å gjennomføre drastiske endringer inn mot shippingmarkedet, og kunne gjennomføre utslippsmålene som de har satt seg innen 2030 og 2050.



Figur 22: Bildet illustrer hvordan lobbyvirksomhet kan fungere (OJO_Images & iStockphoto, 2020)

Så hva er egentlig mulig?

Som vi ser er det mange muligheter for IMO til å sette i gang politiske tiltak, men at det er utfordringer som er vanskeligere å løse for shippingbransjen enn andre bransjer, spesielt om vi tar den åpenbare lobbyvirksomheten i betraktning. En av de viktigste vurderingene vi må gjøre er om karbonavgifter og insentiver er mulig å gjennomføre, eller om dette kun vil gagne de uredelige aktørene. Fordi stor del av aktørene i shippingbransjen har null interesse i klimaproblemene og kun bryr seg om profitt, samt utfordringene vi har identifisert tidligere så er det vanskelig å si om dette først og fremst vil gagne uredelige aktører mer enn de som faktisk ønsker å investere i miljøvennlige

løsninger. På en måte vil vi få en mer riktig pris på drivstoffet fra et miljøperspektiv, så det er ingen tvil om at det vil føre med seg gode ting. Likevel er noe av poenget at avgiftene skal motivere til bruk av nye og miljøvennlige drivstoffer, det vil si at man vil ta i bruk og utvikle hydrogenbaserte løsninger, men da er det vanskelig å kartlegge historien til drivstoffet. Ifølge et av intervjuene vi har gjennomført, der personen har vært i shippingbransjen i mange år, så er han klar på at bransjen er full av folk som ikke følger reglene og at «Det er altså en masse folk som driver skipsfart som rene gangstere» (Wilhelmsen, 2020). Når det er så mange utfordringer med karbonavgifter og insentiver, er det naturlig å tenke at folk vil utnytte dette. En god tanke kunne jo vært at man innfører avgifter på CO₂-utslippene og bruke pengene man får inn her til å støtte opp om utviklingsprosjekter med miljøvennlige løsninger eller eventuelt bruke det som insentiver. Men i frie former ser dette ganske utfordrende ut.



Figur 23: IMO må foreta tiltak om klimamålene skal være mulig å oppnå.

Dersom man hadde foretatt seg dette i kontrollerte former slik det er forklart over, er det grunn til å tro at det vil kunne ha en større effekt. Da vil man kunne kontrollere historien til drivstoffet bedre og bruke pengene man får inn fra skattene fornuftig. Problemet med en sann løsning er at den neppe vil bli tatt godt imot i markedet og hos EU fordi det sannsynligvis vil gjøre det dyrere å operere og man fjerner

markedsfriheten. Selv om markedet ikke liker det, så tåler skipsfarten høyere kostnader (Wilhelmsen, 2020). Det er også sannsynlig, basert på tidligere rapporter, at markedet vil påvirke IMO til å unngå å gjennomføre en så krevende og stor prosess. Derfor er det viktig at FN og særlig IMO identifiserer lobbyvirksomhet i organisasjonen og hindrer at det er økonomiske motivasjoner som bestemmer avgjørelsene. Så klart skal man ikke ødelegge lønnsomheten i shippingbransjen, men man skal motivere til å velge miljøvennlige løsninger, og en slik ordning kan gjøre nettopp dette. Dersom man velger å gå for en slik løsning i kontrollerte former eller lignende løsninger så krever det store omveltninger og endringer, og dette er derfor ikke noe kortsiktig tiltak, men heller et langsiktig tiltak.

En annen utfordring med en slik løsning vil være når miljøvennlig drivstoff er helt implementert, fordi man naturligvis ikke vil motta noen inntekter fra karbonavgiftene. Dette kan føre til problemet med at man ikke har midler til å holde prisene i oligopolet nede, og at man på den måten skaper problemer for shippingnæringen i fremtiden. Samtidig vil dette være mange år frem i tid, og dersom man ser på kostnadene forbundet med hydrogen produsert med fornybar energi som vi har vært inne på tidligere, så er det mye som tyder på lavere produksjonskostnader i fremtiden når det blir mer etablert. Likevel er dette en problemstilling som det er viktig å ta stilling til og diskutere, fordi kontrollerte markeder der leverandørene får styre prisene som de vil, ikke er noe man ønsker å oppnå.

Dersom man skal klare å redusere med de tallene som IMO har lagt frem for 2030, er man helt avhengig av kortsiktige tiltak også. Og noe markeder virker å tro på at kan være en kortsiktig løsning er rene karbonavgifter, fordi det gir et mer riktig prisbilde på HFO og MGO, og man vil tidligere forstå at man må tenke nytt for å være konkurransedyktig i fremtiden. Likevel vil ikke dette alene løse noe, og det ser vanskelig ut å vri om et globalt shippingmarked til å bruke miljøvennlige løsninger med det første. Er det en ting som kommer frem av funnene våre, er at det er mange aspekter IMO må ta tak i og at tiltak må skje fort.

Avslutning

I denne oppgaven har vi tatt for oss problemstillingen «Kan elektrisitet og hydrogen være fremtidens drivstoff for den maritime næringen?». Vi tok for oss de teknologiske aspektene bak en slik implementering, hvordan en implementering vil påvirke kostnadene i markedet, og hvordan politiske tiltak kan bidra til utviklingen, samt hvordan det kan gjennomføres. Omfanget av oppgaven var større enn vi trodde, og vi hadde derfor ikke mulighet til å ta for oss flere faktorer ved en endring i foretrukne drivstoff.

Da vi startet på oppgaven hadde vi noe kunnskap om elektriske ferger, samt at hydrogen var tidlig i utviklingsfasen som maritimt drivstoff. Derimot var ikke vi ikke klar over omfanget av oppgaven, blant annet lærte vi underveis at ammoniakk var en potensiell mulighet. Vi oppdaget også hvor utrolig stort det politiske aspektet ved denne problemstillingen er.

Det er vanskelig å spå hvordan shipping næringen kommer til å se ut i fremtiden, og ettersom problemstillingen stiller spørsmål frem i tid, finnes det ikke noe fasit. Likevel ser vi at markedet, blant annet ved hjelp av intervjuene, er positivt til muligheten for at hydrogen, eller ammoniakk kan bli det foretrukne drivstoffet for «deep sea», mens elektriske skip virker som det beste alternativet for «short sea». Dette kommer av at batterier har høy energieffektivitet som gjør det godt egnet på kortere distanser med lavere energibehov. Samtidig har batteriene kommet mye lenger i utviklingsfasen enn hydrogenbasert drivstoff, noe som gjør det mer aktuelt å ta i bruk i dag. Batteriene har derimot for lav energitetthet til å bli brukt på lengre distanser med høyere energibehov. Vi er derfor avhengig av andre løsninger på de lengre distansene. Her kom vi frem til at ammoniakk kan være et godt nullutslippsalternativ da det har relativt høy massetetthet, til å inneholde hydrogen, og relativt høy energieffektivitet.

For å få implementert dette raskest mulig må kostnadene justeres i forhold til dagens priser, for å få med markedet på endringen. I dag er HFO og MGO underpriset fra et miljøperspektiv, og det kreves endringer i pris på disse, for å gjøre miljøvennlig drivstoff mer attraktivt. Her spiller organisasjoner som IMO og EU en stor rolle når det gjelder å skape et skifte.

Videre forskning må derfor omhandle hvordan vi kan utvikle infrastrukturen og hvordan vi kan ta i bruk nullutslippsdrivstoff på en effektiv måte.

Bibliografi

- abb. (2020). *new.abb.com*. Hentet fra <https://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/electric-solutions/energy-storage>
- ACEL. (2020, November 11).
- ARPA-E. (2016, April 26). Renewable energy to fuels through utilization of energy-dense liquids (refuel). s. 57.
- Baxter, T. (2020, Juni 11). *energypost.eu*. Hentet fra <https://energypost.eu/energy-conversion-for-hydrogen-cars-is-only-half-that-for-bevs/>
- Benjaminsen, C. (2019, Oktober 7). *sintef.no*. Hentet fra <https://www.sintef.no/en/latest-news/this-is-what-you-need-to-know-about-ccs-carbon-capture-and-storage/>
- Bergenson, A. (2019, Januar 4). Hentet fra <https://www.hydrogenfuelnews.com/port-in-spain-to-be-europes-first-to-have-operations-powered-by-hydrogen-fuel-cells/8536655/>
- Brenna, A. L. (2019, 10 21). *Enerwe*. Hentet fra Enerwe.no: <https://enerwe.no/hydrogen-nye/dette-bor-du-vite-om-gratt-blatt-og-gront-hydrogen/337483>
- britannica.com*. (2020). Hentet fra <https://www.britannica.com/technology/Haber-Bosch-process>
- Brown, T. (2017, April 12). *ammoniaenergy.org*. Hentet fra <https://www.ammoniaenergy.org/articles/the-new-generation-of-fuel-cells-fast-furious-and-flexible/>
- chemdictionary. (2019, September 27). *chemdictionary.org*. Hentet fra <https://chemdictionary.org/habers-process/>
- chemicalsafetyfacts.org*. (2020). Hentet fra <https://www.chemicalsafetyfacts.org/ammonia/>
- Chougle, T. (2020, Januar 17). *marineinsight.com*. Hentet fra <https://www.marineinsight.com/tech/different-ways-meet-nox-tier-iii-standards/>
- Clean Energy Institute. (2020). *cei.washington.edu*. Hentet fra <https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/battery-technology/>
- Crolius, S. H. (2016, November 2). *ammoniaenergy.org*. Hentet fra <https://www.ammoniaenergy.org/articles/ammonia-powered-internal-combustion-engines/>
- Dalaker, S., Viki, K. J., & Grov, B. (2019, Februar 1). *Nrk.no*. Hentet fra https://www.nrk.no/vestland/regjeringa_-alle-bilferjer-skal-ga-pa-straum-innan-2025-1.14408153?fbclid=IwAR2T2ZRmQia9qikM40VBWMvsQKuehTOOUaedp7suMIqsJUR8G3T27AWgTXM
- Darby, M. (2017, Oktober 23). *Climate Change news*. Hentet fra <https://www.climatechangenews.com/2017/10/23/un-shipping-climate-talks-captured-industry/>
- DNV GL - Maritime. (2019, Juni). Assessment of selected alternative fuels and technologies.
- DNVGL. (2019, 6). *DNVGL*. Hentet fra https://www.dnvgl.no/publications/index.html?:file:///C:/Users/Eier/Downloads/Alt-Fuels_guidance_complete_2019-08_web.pdf

- dnvgl.com*. (2014, November 1). Hentet fra <https://www.dnvgl.com/maritime/lng/engines-for-gas-fuelled-ships.html>
- Enova. (2018, Desember 21). *Mynewsdesk.com*. Hentet fra <https://www.mynewsdesk.com/no/enova-sf/pressreleases/satser-paa-nullutslippsseilas-bergen-kirkenes-2817516>
- Enova. (2020, Desember 10). *Enova.no*. Hentet fra <https://www.enova.no/bedrift/maritim-transport/elektrifisering-av-sjotransport/>
- Enova. (u.d.). *Enova*. Hentet fra <https://www.enova.no/om-enova/>
- enviromed. (2020). *enviromed.ca*. Hentet fra https://enviromed.ca/index.php?id_cms=28&controller=cms
- equinor. (2020, Januar 23). *equinor.com*. Hentet fra <https://www.equinor.com/no/news/2020-01-23-viking-energy.html>
- equinor.com*. (2016). Hentet fra <https://www.equinor.com/no/magazine/battery-hybrid-supply-ship.html>
- EU. (u.d.). Hentet fra https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping_en
- EU. (2019). *eu2019.fi*. Hentet fra <https://eu2019.fi/en/priorities/climate-leadership/emissions-reduction-targets>
- Franz, S. (2018, April 9). *pv-magazine.com*. Hentet fra <https://www.pv-magazine.com/2018/04/09/hydrogen-dont-give-up/>
- Gonzales, V., Krupnick, A., & Dunlap, L. (2020, Mai 6). *rff.org*. Hentet fra <https://www.rff.org/publications/explainers/carbon-capture-and-storage-101/>
- Greenlane. (2019, Mai 23). *greenlane.com*. Hentet fra <https://www.greelane.com/nb/science-tech-math/samfunnsfag/what-is-nitrogen-oxide-pollution-1204135/>
- Greenport. (2016, September 12). *Greenport.com*. Hentet fra <https://www.greenport.com/news101/lng/rotterdam-lng-terminal-expansion>
- Halvorsen, B. (2019, April 19). *greencarreports.com*. Hentet fra https://www.greencarreports.com/news/1122364_is-hydrogen-internal-combustion-a-better-idea-than-fuel-cells-engineering-explained
- Hussein, N. A., Valera-Medina, A., & Alsaegh, A. S. (2019, Februar). *sciencedirect.com*. Hentet fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610219302760>
- IMO. (2018, April 13). Hentet fra <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitialstrategy.aspx>
- InfluenceMap. (2017, Oktober). *InfluenceMap*. Hentet fra <https://influencemap.org/report/Corporate-capture-of-the-IMO-902bf81c05a0591c551f965020623fda>
- International maritime organization. (2018, April 13). Hentet fra <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitialstrategy.aspx>

- Island Offshore. (2020, November 10).
- Karcca, J. M., & Bach, R. (2020, September 25). *Financial Times*. Hentet fra <https://www.ft.com/content/6647bd84-0d2b-4c14-b62c-e6bd80ff40e4>
- Kim, K., An, J., Park, K., Roh, G., & Chun, K. (2019, April 14). *mdpi*. Hentet fra [mdpi.com: https://www.mdpi.com/2076-3417/9/8/1547](https://www.mdpi.com/2076-3417/9/8/1547)
- Koerth, M. (2019, Oktober 30). Hentet fra <https://fivethirtyeight.com/features/why-carbon-capture-hasnt-saved-us-from-climate-change-yet/>
- Kokarakis, J. (2020, April 9). *safety4sea.com*. Hentet fra <https://safety4sea.com/cm-the-case-of-ammonia-as-a-marine-fuel/>
- Kongsberg gruppen. (2020, November 2).
- Kuznetsov, V. L. (2008, Juli). *researchgate.net*. Hentet fra https://www.researchgate.net/figure/Energy-densities-of-various-energy-storage-materials-and-technologies-illustrating-the_fig3_238394762
- Latarche, M. (2019, Mai 1).
- marine-offshore.bureauveritas.com*. (2019, Oktober 7). Hentet fra <https://marine-offshore.bureauveritas.com/magazine/charging-future-electric-power-systems>
- McKinlay, C., Turnock, S., & Hudson, D. (2020, Januar 30). *eprints.soton.ac.uk*. Hentet fra https://eprints.soton.ac.uk/437555/1/C.McKinlay_A_Comparison_of_Hydrogen_and_Ammonia_for_Future_Long_Distance_Shipping_Fuels.pdf
- McPherson Oil. (2016, November 23). *mcphersonoil.com*. Hentet fra <https://www.mcphersonoil.com/the-importance-of-annual-fuel-testing/>
- Myhre, S. T. (2020, Juni). *bora.uib.no*. Hentet fra <https://bora.uib.no/bora-xmlui/bitstream/handle/1956/23120/FINAL-Environmental-impacts-from-production-and-use-of-hydrogen-in-maritime-transport.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Myhre, S. T. (2020, Juni 1). *uib.no*. Hentet fra <http://bora.uib.no/bitstream/handle/1956/23120/FINAL-Environmental-impacts-from-production-and-use-of-hydrogen-in-maritime-transport.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nilsen, J. (2014, 09 12). *Tu*. Hentet fra Tu.no: <https://www.tu.no/artikler/her-reises-norges-nyeste-vindpark/231913>
- Nordal, L. (2019). *ntnuopen*. Hentet fra [ntnuopen.ntnu.no: https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2619230](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2619230)
- NOx-fondet. (u.d.). *nho.no*. Hentet fra <https://www.nho.no/samarbeid/nox-fondet/artikler/hva-er-nox/>
- NVE. (2019). *NVE*. Hentet fra [nve.no: https://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019_12.pdf](https://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019_12.pdf)
- OJO_Images, & iStockphoto. (2020, Juni 8). *Store Norske Leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/lobbyvirksomhet>

- Opdal, O. A. (2010, 11). *Zero*. Hentet fra Zero.no: <https://zero.no/wp-content/uploads/2016/05/batteridrift-av-ferger.pdf>
- osha.gov*. (2020). Hentet fra https://www.osha.gov/SLTC/etools/ammonia_refrigeration/ammonia/
- Pedersen, B., & Holtebekk, T. (2020, Desember 16). *snl.no*. Hentet fra <https://snl.no/brenselcelle>
- Petter, D. (2013). *researchgate.net*. Hentet fra https://www.researchgate.net/figure/Energy-content-of-HFO-MGO-and-LNG_tbl1_305438099
- Ramsøy, C. (2020, Februar 7). *Visma.no*. Hentet fra <https://www.visma.no/blogg/hva-er-blockchain/>
- Riviera news. (2020, September 23). *Rivieramm*. Hentet fra <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/experts-say-supporting-port-infrastructure-will-help-increase-hydrogen-vessel-adoption-61012>
- Røkke, N. (2020, August 24). *gemini.no*. Hentet fra <https://gemini.no/2020/08/slik-kan-ccs-pa-avfallsforbrenning-fjerne-co2-fra-atmosfaeren/>
- Samferdselsdepartementet. (2019, 06). *Regjeringen.no*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/67c3cd4b5256447984c17073b3988dc3/handlingsplan-for-infrastruktur-for-alternative-drivstoff.pdf>
- Scott, A. (2020, August 12). *cen.acs.org*. Hentet fra <https://cen.acs.org/energy/renewables/Ammonia-route-fuel-ships-planes/98/i31>
- Skipsrevyen. (2019, Februar 21). *Skipsrevyen*. Hentet fra <https://www.skipsrevyen.no/article/plug-er-navnet/?fbclid=IwAR1zy1Kay173wYkCPMGARERNvoR9rImblZcqoIOWSRo9BsqaBJOOWGweay4>
- Sobhi, Ö. Y. (2016). *n-ems.com*. Hentet fra <https://n-ems.com/can-ammonia-be-the-new-carbon-free-fuel/>
- Stensvold, T. (2020, Juli 8). *tu.no*. Hentet fra <https://www.tu.no/artikler/yara-birkeland-ingen-tidsplan-for-gjenoppstart/495443>
- Stensvold, T. (2020, Mars 24). *tu.no*. Hentet fra <https://www.tu.no/artikler/batteriferger-ladesystemer-sviker-ofte/487299>
- Straus, M., & Harvey, J. (2020, September 16). *hellenicshippingnews.com*. Hentet fra <https://www.hellenicshippingnews.com/eu-parliament-votes-to-make-ships-pay-for-their-pollution>
- Svendsen, K. (2020, December 2). *Tekfisk*. Hentet fra Tekfisk.no: <https://www.tekfisk.no/fiskeri/nye-selvag-senior-bli-en-av-fem-med-statlig-stotte-til-gronnere-flate/2-1-922437>
- Thorsen, D. E. (2020, Juni 8). *Store Norske Leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/lobbyvirksomhet>
- Timperley, J. (2020, November 30). Hentet fra <https://www.bbc.com/future/article/20201127-how-hydrogen-fuel-could-decarbonise-shipping>

usgs.gov. (2017). Hentet fra https://www.usgs.gov/faqs/how-much-carbon-dioxide-does-united-states-and-world-emit-each-year-energy-sources?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products

Varanger Kraft. (u.d.). *varanger-kraft.no*. Hentet fra https://www.varanger-kraft.no/lokal-kraft/vindkraft/raggovidde-vindkraftverk/?fbclid=IwAR3TMdrpZuEy2Bijp5C2rMpHWI5dQBgJRI2dTqQDSyMIqgeZJm6eX_41ilw

Vestreng, T. (2019, Oktober 30). *Dagsavisen.no*. Hentet fra https://www.dagsavisen.no/oslo/brann-i-elektriske-busser-og-ferger-bekymrer-1.1607216?fbclid=IwAR1N0l1t9OfqkRT3HBCzDF7PvZmtB91ykX4hUpvM3_XvKJgAX2oK1H8s0QI

Wilhelmsen. (2020, November 3).

World ports sustainability program. (2019). Hentet fra <https://sustainableworldports.org/project/port-of-valencia-h2ports/>

Figurliste

<i>Figur 1: Energieffektivitet til ulike energibærere</i>	12
<i>Figur 2: Well to wake prinsippet med flere ulike drivstoff (DNV GL - Maritime, 2019)</i>	15
<i>Figur 3: Illustrasjon av karbonfangst med lagring under bakken (Røkke, 2020)</i>	16
<i>Figur 4: MF Hadarøy som går mellom Hareid og Sulesund (Stensvold, tu.no, 2020)</i>	18
<i>Figur 5: Nøkkelordene vi brukte da vi søkte gjennom Oria</i>	22
<i>Figur 6: Nøkkelord vi brukte da vi søkte gjennom Oria</i>	23
<i>Figur 7 Bilde av Viking Energy (equinor, 2020)</i>	29
<i>Figur 8: Haber Bosch prosessen illustrert (chemdictionary, 2019)</i>	30
<i>Figur 9: Smog som danner seg rundt storby, forårsaket hovedsakelig av NOx (Greenlane, 2019)</i>	32
<i>Figur 10: Energitettheten per kubikkmeter for aktuelle energibærere</i>	33
<i>Figur 11: 100 watt energi sin prosess til bruk i brenselcelle (Baxter, 2020)</i>	35
<i>Figur 12: Konsept på LNG Ringnot fartøy med Plug in Hybrid fra Selvig Senior AS (Svendsen, 2020)</i>	41
<i>Figur 13: Plug tilbyr landstrøm i Bergen Havn (Skipsrevyen, 2019)</i>	42
<i>Figur 14: Prognose av prisutvikling på produksjon av hydrogen (NVE, 2019)</i>	48
<i>Figur 15: Raggovidda vindmøllepark (Varanger Kraft, u.d.)</i>	49
<i>Figur 16: Valencia havn som er en av de første havene som bruker hydrogenbrenselceller til å kjøre lasteoperasjonene på land. (Bergenson, 2019)</i>	51
<i>Figur 17: LNG terminalen i Maasvlakte i Rotterdam. Disse kan i teorien utvikles og brukes til hydrogenlagring. Her ser vi hvor tilgjengelig slik teknologi kan være i store havner. (Greenport, 2016)</i>	53
<i>Figur 18: Bilde av 4 nullutslippsskip fra ha Havila Kystruten som skal gå fra Bergen til Kirkenes uten utslipp. Prosjektet er støttet av Enova med nesten 88 millioner kroner. (Enova, 2018)</i>	55
<i>Figur 19: I områdene dekket av blått og grønt er det krav om rensing som følge av IMO Tier 3 (DNVGL) (Chougle, 2020)</i>	56
<i>Figur 20: Bilde fra møtet med «IMO's Marine Environment Protection Committee» fra Imos hovedkvarter i London (IMO, 2018)</i>	58
<i>Figur 21: Bildet skal illustrere en enkel test av svovelinnholdet i HFO eller GMO (McPherson Oil, 2016)</i>	61
<i>Figur 22: Bildet illustrer hvordan lobbyvirksomhet kan fungere (OJO_Images & iStockphoto, 2020)</i>	65
<i>Figur 23: IMO må foreta tiltak om klimamålene skal være mulig å oppnå.</i>	66

Tabelliste

Tabell 1: : Oversatt og forenklet tabell fra dokumentet, som inneholder den mest relevante informasjonen for bruk i denne delen av oppgaven (McKinlay, Turnock, & Hudson, 2020).___ 36

Tabell 2: Tabell som er tatt fra det amerikanske energidepartementet for å illustrere hvilke priser vi kan ha per kWh (ARPA-E, 2016)_____ 46