

Jon Reme

## Alternative drivstoff

Hvilket alternativt drivstoff ser mest lovende ut for europeisk skipsfart som frakter varer, med tanke på å nå IMO's målsetting om 50 prosent redusert CO2 utslipp?

Bacheloroppgave i Shipping Management

Veileder: Jan Emblemsvåg

Desember 2021



Jon Reme

## **Alternative drivstoff**

Hvilket alternativt drivstoff ser mest lovende ut for europeisk skipsfart som frakter varer, med tanke på å nå IMO's målsetting om 50 prosent redusert CO2 utslipp?

Bacheloroppgave i Shipping Management  
Veileder: Jan Emblemsvåg  
Desember 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden



## Sammendrag

I denne oppgaven har det blitt sett nærmere på alternative drivstoff som kan benyttes i skip. Temaet anses å være svært relevant i arbeidet mot å redusere utslipp, for å kunne skape en mer bærekraftig maritim industri. Bakgrunn for temaet er dagens klimaendringer der det er behov for tiltak, der blant annet IMO har en målsetting om å redusere CO<sub>2</sub> utslipp fra skipsfarten med 50 prosent innen 2050. Dette er en ambisiøs men viktig målsetting. For å klare dette må man starte å bruke alternative drivstoff som kan redusere utslipp av CO<sub>2</sub>. Problemstillingen er derfor «Hvilket alternativt drivstoff ser mest lovende ut for europeisk skipsfart som frakter varer, for å nå IMOs målsetting om å redusere utslipp med 50 prosent innen 2050?». På bakgrunn av litteratur og erfaring fra praksis ble drivstoffene hydrogen, ammoniakk, metanol, biodrivstoff og LNG tatt med i oppgaven.

Opgaven innledes med europeisk skipsfart og dagens fossile drivstoff. Dette er for å få frem hva som er viktig ved valg av drivstoff til skip som seiler i Europa. Videre ble teori om hvert enkelt drivstoff fremlagt der først produksjon ble beskrevet. Dette er viktig ettersom man må ta hensyn til utslippene under produksjonen for å se på de totale utslippene et drivstoff har gjennom livsløpet. Deretter ble infrastrukturen gjennomgått ettersom skipene er avhengig av å få drivstoff der de trenger det, og til riktig tid. Til slutt ble det sett på hvordan de ulike drivstoffene kan brukes som drivstoff. Det ble da sett på blant annet energitetthet, sikkerhet og ulike fremdriftssystemer.

Kapittel 3 går nærmere inn på metodevalget. Her blir det drøftet litt rundt hvorfor det ble valgt en kvalitativ metode, og videre hvorfor intervju ble foretrukket. I dette kapittelet blir det også beskrevet hvordan intervjuene ble gjennomført og hvordan intervjuguiden ble utformet. Avslutningsvis blir validitet og reliabilitet drøftet. I kapittel 4 blir sentrale funn fra de tre intervjuene presentert. Funnene blir tatt med videre til kapittel 5, der de blir drøftet sammen med det teoretiske utgangspunktet.

I analysen ble først hvert enkelt drivstoff analysert, der styrker og svakheter kommer frem. Ut ifra informantenes meninger og teori om hydrogen, kan det se ut som om det ikke har tilstrekkelig energitetthet til europeisk skipsfart, med unntak av ferger og noen bestemte ruter. Infrastrukturen er også dårlig utbygd og det er mer krevende å bygge den ut enn andre drivstoff. Ammoniakk blir sett på som en lovende løsning. Energitettheten er akseptabel og infrastrukturen er noe bygget ut. Utfordringene er blant annet knyttet til sikkerheten som en

følge av at det er giftig. Metanol også sett på som en god løsning, men kan ha utfordringer knyttet til lavt flammepunkt. LNG vet man fungerer, men det gir ikke den reduksjonen man trenger for å kutte utslippene med 50 prosent. Biodrivstoff viser seg å være teknisk mulig, men her er det utfordringer knyttet til tilgjengeligheten.

Til slutt blir viktige egenskaper og detaljer som pris, produksjon, energitetthet og sikkerhet drøftet, der man ser hvordan de ulike drivstoffene er i forhold til hverandre på de ulike punktene. Fremover mot 2050 og videre vil man se at det er flere drivstoff som vil prege europeisk skipsfart, og at redere bør kunne være fleksibel ved valg av drivstoff.

## FORORD

I forbindelse med mitt femte semester ved studiet Shipping Management ved NTNU i Ålesund har jeg skrevet min bachelor oppgave. Det har vært et svært lærerikt semester, der jeg har fått lært mye om temaet i oppgaven, og mye om den maritime bransjen. I dette semesteret har jeg vært utplassert i bedrift, der jeg var så heldig å få lov til å ha min praksisperiode hos Bergen Bunkers AS, som er et selskap som har spesialisert seg på energi til skip. I den forbindelse vil jeg takke alle ansatte i Bergen Bunkers for en lærerik og spennende periode. Jeg vil også takke de ansatte for god hjelp og veiledning, både til skole og i det daglige arbeidet. Til slutt vil jeg takke veilederen min fra NTNU, Jan Emblemsvåg, for god veiledning under denne perioden.

## Innhold

1. Innledning.....	5
1.1. Problemstilling .....	5
2. Teori .....	7
2.1. Klima og IMO 2050 .....	7
2.2. Europeisk skipsfart .....	8
2.3. Hydrogen.....	11
2.3.1. Innføring .....	11
2.3.2. Produksjon.....	11
2.3.3. Lagring, transport og infrastruktur .....	13
2.3.4. Bruk som drivstoff.....	14
2.4. Ammoniakk .....	15
2.4.1 Innføring .....	15
2.4.2 Produksjon.....	16
2.4.3 Lagring, transport og infrastruktur .....	16
2.4.4 Bruk som drivstoff.....	16
2.5 Metanol.....	18
2.5.1 Innføring .....	18
2.5.2 Produksjon.....	18
2.5.3 Lagring, Transport og infrastruktur .....	20
2.5.4. Bruk som drivstoff.....	20
2.6. Biodrivstoff .....	22
2.6.1 Innføring .....	22
2.6.2 Produksjon.....	23
2.6.3 Lagring, transport og infrastruktur .....	24
2.6.4 Bruk som drivstoff.....	24
2.7. LNG.....	26
2.7.1 Innføring .....	26
2.7.2 Produksjon.....	26
2.7.3 Lagring, transport og infrastruktur .....	26
2.7.4 Bruk som drivstoff.....	27
3. Metode.....	28
3.1 Kvalitativ vs kvantitativ metode.....	28
3.1.1 Kvantitative metoder .....	28



3.1.2 Kvalitative metoder .....	29
3.2 Kvalitativt intervju .....	30
3.2.1 Struktur av intervju.....	30
3.3 Utforming av intervjuguide .....	31
3.4 Utvelging av informanter .....	32
3.5 Gjennomføring av intervju .....	33
3.5.1 Hvor ble det gjennomført .....	34
3.5.2 Tidsbruk.....	35
3.6 Tidsbruk .....	35
3.7 Validitet og relabilitet.....	36
4. Presentasjon av empiri.....	38
Sammendrag intervju 1 .....	38
Sammendrag intervju 2 .....	39
Sammendrag intervju 3 .....	40
5. Analyse.....	42
5.1 Drivstoff .....	42
5.1.1 Hydrogen .....	42
5.1.2 Ammoniakk .....	44
5.1.3 Metanol.....	45
5.1.4 Biodrivstoff .....	46
5.1.5 LNG .....	48
5.2 Viktige egenskaper .....	50
5.2.1 Pris.....	50
5.2.2 Produksjon og utslipp.....	51
5.2.3 Infrastruktur.....	53
5.2.4 Energitetthet .....	54
5.2.5 Sikkerhet.....	55
6. Oppsummering .....	56
6.1 Videre forskning .....	58
7. Referanser .....	59
8. Vedlegg .....	64

## 1. Innledning

Klimaendringene preger menneskeliv og truer dyre- og planteliv (Naturvernforbundet, 2019). Jorden blir varmere, polene smelter, havet blir surere og vi ser mer ekstremvær enn tidligere. Årsaken er klimagassene, spesielt CO<sub>2</sub> som slippes ut av mennesker. CO<sub>2</sub> blir sluppet når vi bruker fossile brensler som olje, gass og kull. I dag brukes dette blant annet til produksjon, oppvarming og ikke minst transport (Øystese, 2020, p. 4).

Ifølge IMO blir 90 prosent av varer fraktet med skip, der biler, klær, kaffe, korn og olje bare er noen eksempler. Det blir stadig flere mennesker på jorden og det blir produsert mer og mer varer, som fører til økt transportbehov. Skip blir sett på som et mer miljøvennlig alternativ enn for eksempel fly og bil, ettersom man kan frakte større mengder på et fartøy. Likevel står det for 2-3 prosent av verdens CO<sub>2</sub> utslipp, som vil si ca. 900 millioner tonn CO<sub>2</sub> (Øystese, 2020, p. 4) Temaet i denne oppgaven vil være alternative drivstoff til skip.

For å hindre oppvarmingen av kloden må menneskenes CO<sub>2</sub> utslipp reduseres. Skipsfarten må ta del i dette, og for å klare dette må man ta i bruk ny teknologi. Skrog kan bli mer effektive for å redusere forbruket, planlegging av ruter kan optimaliseres og man kan ta i bruk alternativt drivstoff (Øystese, 2020).

I dag brukes ca. 5,5 millioner fat olje for å produsere drivstoff til skip hver dag (Øystese, 2020). Det må reduseres kraftig og helst raskt. Det finnes i dag flere alternative drivstoff som kanskje kan ta over for fossilt drivstoff. Hydrogen, ammoniakk, elektrisitet, biodrivstoff og metanol har det blitt forsket mye på, og blir sett på som lovende muligheter (BLUE Communication, 2020, p. 11).

### 1.1. Problemstilling

I denne oppgaven skal det diskuteres hvilket alternativt drivstoff som er mest lovende for å kunne nå IMO's målsetting om å redusere CO<sub>2</sub> utslipp fra skipsfarten med 50 prosent innen 2050. Dette er en problemstilling som berører mange parter. Myndigheter, produsenter av drivstoff, rederier, samt personer og bedrifter som mottar varer som er fraktet på skip.

Klimaendringene er et problem som må tas på alvor, og endringene bør starte nå.

Det finnes et bredt spekter av ulike skip. Alt fra store container skip til små bilferger som seiler over norske fjorder. Skip har også svært ulike ruter og seilingsplaner. Man har skip som

seiler over verdenshavene, og som da seiler i mange dager, ofte flere uker. Det finnes også skip som seiler kortere distanser, for eksempel skip som går mellom havnene i Europa. Disse skipene er ofte mindre enn skipene som seiler de lengste distansene. Skip vil ha ulike krav til drivstoff ettersom de seiler ulike lengder. Skip i som seiler mellom kontinentene vil trenge nok energi til å seile over lange distanser, mens skip som seiler innenfor et mindre område og med flere havnestopp, trenger kanskje ikke den samme mengden energi om bord (Øystese, 2020, p. 8). Derfor skal denne oppgaven begrenses til å handle om skip som går i Europa.

En annen begrensning som kan være fornuftig å ta med, er type skip. For å avgrense problemstillingen har det blitt lagt vekt på skip som frakter varer. Årsaken er at man da kan se bort fra skip som frakter passasjerer. På passasjerskip som ferger og cruiseskip er det mange mennesker som ikke har kompetanse og opplæring. Mannskapet på skip har opplæring i hvordan man skal forholde seg til drivstoffet, hva man skal gjøre for å forhindre lekkasjer og brann, og hvordan de skal forholde seg visst noe går galt. Alternative drivstoff kan føre med seg nye farer, i form av at det er enten giftig eller brannfarlig, eller eventuelt begge deler. På grunn av sikkerheten blir derfor passasjerskip ekskludert i denne undersøkelsen.

Det har blitt valgt ut fem drivstoff som det skal fokuseres på i denne oppgaven. Gjennom litteratur og erfaring fra praksis, er det noen typer drivstoff som er mer aktuelle. På bakgrunn av dette er hydrogen, ammoniakk, metanol, biodrivstoff og LNG tatt med i oppgaven. Batterier blir ikke tatt med i denne undersøkelsen. Grunnen er at det er blitt testet godt på norske ferger, og per dags dato ser det vanskelig ut å benytte seg av batterier over lengre distanser (Øystese, 2020, p. 8).

Når man skal diskutere hvilket drivstoff som er best egnet til å bruke i europeisk skipsfart er det flere faktorer som må tas hensyn til. Pris er et sentralt spørsmål, men det spørres om selve prisen på drivstoffet er avgjørende. Hvor mye energi man får på tanken kan også ha noe å si. Blant annet må man ha nok energi til å komme seg mellom havnene, men det er også viktig at tankene ikke tar for stor plass på skipet, ettersom man da får mindre plass på skipet til last, og dermed taper inntjening. En annen åpenbar egenskap med drivstoff, er at det må fungere som drivstoff. Det handler blant annet om at det skaper fremdrift, er trygt å bruke og at det er muligheter for bunkring der man trenger det. Siste faktoren som må på plass er at det skal kunne bidra til at skipsfarten reduserer CO<sub>2</sub>-utslippet med 50 prosent.

Problemstillingen blir derfor:

*Hvilket alternativt drivstoff ser mest lovende ut for europeisk skipsfart som frakter varer, med tanke på å nå IMOs målsetting om 50 prosent redusert CO2 utslipp?*

## 2. Teori

### 2.1. Klima og IMO 2050

Temperaturen på jorden har gradvis økt. Hovedårsaken til at dette skjer er at det slippes ut mer CO<sub>2</sub> i atmosfæren enn tidligere. Konsekvensene av økt temperatur er blant annet av havet stiger, det blir mer ekstremvær og mer tørke i enkelte områder av verden (Øystese, 2020, p. 4). Klimaendringene kan da føre til at det blir vanskeligere å produsere mat, og dyre- og planteliv trues (Naturvernforbundet, 2019).

Med bakgrunn av klimaendringene har det kommet flere internasjonale avtaler. Blant annet ble Parisavtalen underskrevet i 2015. Denne avtalen innebærer at alle land skal kutte klimagassutslipp, for å hindre at jorden ikke blir mer enn 2 °C varmere, og helst ikke mer enn 1,5 °C. Denne avtalen gjelder alle land i verden (FN, 2020), men den innebærer ikke krav til skipsfarten. Derfor er det den internasjonale sjøfartsorganisasjonen IMO som må sette krav til skipsfarten (Øystese, 2020, p. 4)

International Maritime Organization (IMO) er en organisasjon underlagt FN som regulerer den internasjonale skipsfarten. Organisasjonen ble opprettet i 1948, og har i dag sitt hovedkontor i London. I 2021 er det 174 land som er medlem av organisasjonen (FN, 2021).

IMO regulerer blant annet sikkerhet og utslipp knyttet til skipsfart (IMO, 2021). SOLAS konvensjon ble innført i 1914 som en konsekvens av Titanic ulykken. Formålet med denne konvensjonen er å sikre menneskeliv til sjøs, gjennom minstekrav til konstruksjon, utstyr og rutiner. Under dette kommer blant annet krav til skrog, livredningsutstyr, kommunikasjon, brannslukningsutstyr og trening på brann slukking (IMO, 2021). En annen viktig konvensjon er MARPOL, som regulerer forurensing fra skip, både knyttet til driften av skipet og forurensing knyttet til ulykker. Den tar for seg både utslipp i sjøen som for eksempel oljesøl, og utslipp av klimagasser (IMO, 2021).

I 2018 vedtok IMO at utslippene fra skipsfarten skal reduseres med 50 prosent fra utslippsnivået fra 2008. Årsaken til at 2008 er referansepunktet er at IMO mellom 2007 og 2012 målte CO<sub>2</sub> utslippet fra skipsfarten. Det viste seg at det var høyest utslipp i 2008, og

derfor bruker man det som sammenligning på vei mot 2050 (Øystese, 2020, p. 16). Et steg på veien er å gjøre skipene mer effektive. I strategien til IMO er det blant annet vedtatt at i 2025 skal alle skip som blir bygd være 30 prosent mer energi effektiv enn skipene fra 2014 (IMO, 2021). Man snakker da blant annet om ruteplanlegging, fartsoptimalisering, vedlikehold av skrog og mer effektive skrog. For å ytterlig redusere utslipp må skipsfarten også ta i bruk drivstoff med lavere utslipp enn dagens fossile drivstoff (Øystese, 2020, pp. 17-18).

Når man snakker om utslipp fra kjøretøy er det ofte de direkte utslippene man snakker om. I skipsfarten brukes uttrykket Tank to Propeller (TTP), altså utslippene som kommer når man forbrenner et drivstoff. Denne betegnelsen tar bare for seg utslippene fra drivstoffet er på plass i tanken til det blir brukt. Produksjon, transport og lagring blir ikke tatt hensyn til i denne betegnelsen (BLUE Communication, 2020, p. 10).

Well- to- tank (WTT), eller brønn til tank er et begrep som tar for seg alle utslipp som kommer fra produksjon og transport av drivstoffet (BLUE Communication, 2020, p. 10). For å kunne velge egnet drivstoff for fremtiden vil det være viktig å se på disse to begrepene for å måle utslipp i sammenheng. Et godt eksempel på dette kan være elbiler. Fra tank til propell, eller i dette tilfellet tank til hjul vil det ikke være noe utslipp. I Norge er man vandt med at elektrisiteten er produsert av fornybar og grønn energi, som for eksempel vannkraft, og man har da nullutslipp helt fra produksjonen til elektrisiteten blir brukt i bilen. I andre deler av verden brukes ofte kull for å produsere elektrisitet. Da har man CO<sub>2</sub> utslipp i produksjonsprosessen (WTT), mens det ikke er noe utslipp fra tank(batteri) til hjul. Det er derfor viktig at man ser på hele prosessen, og ikke bare utslippene der drivstoffet anvendes (BLUE Communication, 2020, p. 10)

## 2.2. Europeisk skipsfart

Mennesker har fraktet varer på sjøen i over 5000 år (Stopford, 2009, p. 3). Siden den gangen har jordens befolkning økt betraktelig, og handel mellom land har gradvis økt og vil fortsette å øke. I dag fraktes mer enn 80 prosent av verdenshandelen med skip (Øystese, 2020, p. 4).

«Hub/spoke» systemet går ut på at man har et sentralt punkt, hvor store mengder varer blir sendt til. Fra dette punktet blir varene videresendt til mindre steder. Dette er for å gjøre transport mer effektivt, blant annet ved at man unngår å sende varer direkte fra et punkt til et annet (Delve, 2014). Mye av handelen i Europa går gjennom de store havnene i Tyskland og Nederland som for eksempel Rotterdam og Hamburg (Quinn, 2021). Store skip kommer med

varer til Europa fra andre kontinenter, spesielt fra Asia. Når de ankommer europeiske havner blir lasten flyttet til mindre skip, som tar lasten videre til mindre havner. De store havnene i Europa kjennetegnes av at de har en beliggenhet og infrastruktur som gjør videre transport svært effektivt. Rotterdam er Europas travleste havn, og håndterer ca. 466,4 millioner tonn last hvert år (Quinn, 2021). Til denne havnen kommer blant annet store containerskip, oljetankere og kjemikalieskip. I havnen blir de lastet videre til mindre skip, tog eller biler.

Transport av varer innenfor Europas grenser blir betegnet som «short-sea shipping». Skipene som opererer i disse områdene er ofte i størrelsen 400 til 6000 dødvekttonn. Årsaken til at de fleste skipene ikke er større har sammenheng med økonomi og havnenes utbygging. Det er ikke økonomisk å gå med de største containerskipene til for eksempel de mindre havnene i Norge. En annen årsak er at det er ganske få havner i Europa som er stor nok til å ta imot de største skipene. Havnene har begrensninger med tanke på havnens dybde, lengde og bredde. Skipene som går mellom de europeiske havnene har langt flere havneanløp enn skipene som går mellom kontinentene (Stopford, 2009, p. 51).

Skip opererer i to forskjellige «mønstre». Linjeskipsfart er skip som går i fast rute mellom to eller flere havner. Som oftest er dette passasjerskip eller containerskip som går mellom faste havner, for eksempel Hirtshals og Bergen. Containerskip har ofte flere stopp på veien, men ruten er fast. «Tramp» skipsfart er betegnelsen for skip som ikke går i faste ruter, men som tar last fra et sted til et annet, før det tar om bord ny last og seiler til et annet sted. Et bulkskip kan for eksempel frakte stein fra Norge til England. I England losses den av lasten og får eventuelt nytt oppdrag (Menon, 2021).

De fleste skip bruker i dag flytende fossilt drivstoff, som ofte bare blir kalt bunkersolje. Ser man bort fra utslippene er det en tilnærmet perfekt løsning. Det er billig, har høy energitetthet og man kan bunkre over hele verden (Øystese, 2020, p. 7). Drivstoffet som blir brukt er som oftest tungolje og andre destillater som for eksempel produkter som Marine Gasoil (MGO) og Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO) (Marintmiljø, 2020). Strengere regelverk rundt utslipp av svovel (SO<sub>x</sub>) har ført til at man må rense eksosen før den slippes ut ved hjelp av «scrubbere» eller ta i bruk destillater som VLSFO som har lavere svovelinnhold. Fra 2020 kan ikke svovelinnholdet være mer enn 0,5 prosent. I noen områder er grensen 0,1 prosent. Figur 1 under viser disse områdene (Øystese, 2020, p. 23).



*Emission Control Areas (merket med grønt) er særlige sårbare områder. Disse ECA-områdene omfatter Østersjøen, Nordsjøen, øst- og vestkysten av USA og Canada og deler av Karibien. Siden 2015 har svovelgrensen i disse områdene være 0,1 prosent, mens grensen for resten av verden ble strammet inn fra 3,5 til 0,5 prosent 1. januar 2020. For kysten utenfor USA, Canada og deler av Karibien er det også strengere krav til NOx-utslipp for skip som er bygget 1. januar 2016 eller senere, og 1. januar 2021 vil de samme NOx-kravene også gjelde i øvrige ECA-områder.*

*Figur 1 - ECA -områdene (Øystese, 2020, s. 23).*

Også kravene til nitrogenoksid (NO<sub>x</sub>) utslipp har blitt strengere med årene. Kravene er ulike for forskjellige skip, ut ifra hvor store de er og når de er bygget. Fartsområdet til skipene spiller også inn, blant annet er kravene i ECA områdene som vist i figur 1 strengere enn andre områder (Øystese, 2020, p. 24).

Pris er viktig for skipseiere. Drivstoff er den største operasjonelle kostnaden til redere, og markedet veldig konkurransedrevet (Haskell, 2021). Alternative drivstoff vil være dyrere enn fossilt drivstoff. En av grunnene er at selve drivstoffet vil være dyrere å kjøpe, men det er også andre faktorer som gjør at totalkostnaden blir høyere. Blant annet er lagring og frakt av alternative drivstoff mer kostbart, og energitettheten er lavere enn fossile drivstoff. Det kan gjøre at man får mindre plass til last, og mister inntjening (Øystese, 2020, p. 12).

## 2.3. Hydrogen

### 4.3.1. Innføring

Hydrogen er det letteste grunnstoffet i periodesystemet. Det er 14 ganger lettere enn luft, og ved vanlig trykk og temperaturer er det en luktfri, ikke-giftig og fargeløs gass (BLUE Communication, 2020, p. 84). Sammenlignet med alle andre fossile drivstoffer og alternative drivstoffer har hydrogen det høyeste energiinnholdet per kg. Hydrogen har en energitetthet på 120 Mj/kg noe som er nesten tre ganger så mye som diesel, som har en energitetthet på ca. 45,6 Mj/kg (Øystese, 2020). Det meste av hydrogen finner man i kjemiske forbindelser med andre grunnstoffer, som for eksempel vann ( $H_2O$ ) og Metan ( $CH_4$ ). Rikelig mengder av hydrogen, høyt energiinnhold, og null  $CO_2$  utslipp ved bruk gjør at hydrogen blir omtalt som et mulig fremtidig drivstoff for skipsfarten (BLUE Communication, 2020, p. 84).

Årlig brukes det ca. 55 millioner tonn hydrogen (BLUE Communication, 2020, p. 84). Det meste blir brukt til industriprosesser som oljeraffinering og produksjon av ammoniakk, og en del blir brukt i stålproduksjon (Tomasgard, et al., 2019, p. 28). Som nevnt fører ikke selve bruken av hydrogen til noe utslipp av  $CO_2$ , men produksjon, transport og lagring kan føre til utslipp av  $CO_2$ . Det finnes i dag flere metoder for produksjon av hydrogen, og hydrogen får fargekoder etter hvordan det er produsert (Tomasgard, et al., 2019, p. 6).

### 2.3.2. Produksjon

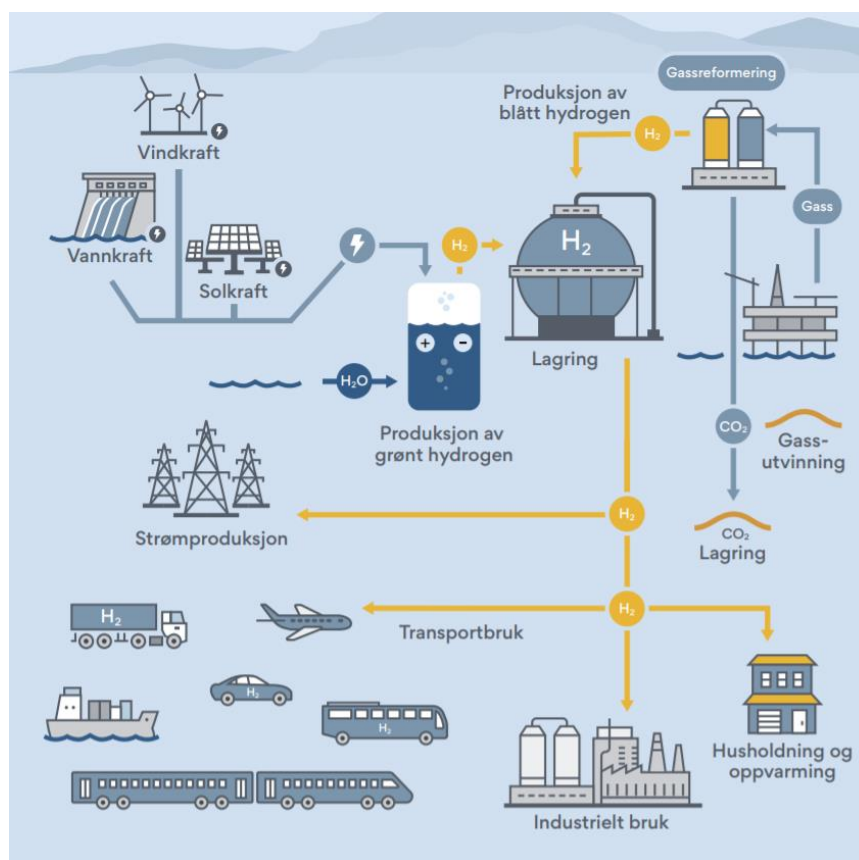
«Grått» hydrogen er en betegnelse på hydrogen som er produsert ved hjelp av fossile brenslere som for eksempel naturgass eller kull. Foreløpig er gassreforming den vanligste metoden å produsere hydrogen på. Som oftest brukes metan ( $CH_4$ ), altså et molekyl satt sammen av ett karbon atom og fire hydrogen atomer. Ved hjelp av høy varme og høyt trykk, og tilførsel av vanndamp og oksygen skilles atomene fra hverandre. Man sitter da igjen med hydrogen, men også  $CO_2$ , som blir sluppet ut i atmosfæren (Klimastiftelsen, 2021, p. 10).

«Blått» hydrogen er også produsert av fossile brenslere, men i motsetning til «grått» hydrogen fanges og lagres  $CO_2$  ved hjelp teknologi som blir kalt «Carbon Capture and Storage» (CCS). Som nevnt sitter man igjen med hydrogen og  $CO_2$  etter gassreforming prosessen, og i de fleste produksjonsprosesser frem til nå har man sluppet  $CO_2$  ut i atmosfæren. Klarer man å fange og lagre  $CO_2$  vil gassreforming i teorien ikke ha noe  $CO_2$  utslipp, og det blir da kalt blått hydrogen (Klimastiftelsen, 2021, p. 11). Foreløpig er dette teknologi som ikke er på plass, men som det blir forsket mye på. I Norge forsker man blant annet mye på hvordan man kan fange, og lagre  $CO_2$  på havbunnen (Egge, 2020). For å produsere store volum med



hydrogen, antas det at dette er den rimeligste måten å produsere miljøvennlig hydrogen på (Blue Maritime Cluster, 2019, p. 7).

«Grønt» hydrogen er produsert ved hjelp av «elektrolyse». Det går ut på at man ved hjelp av elektrisitet skiller hydrogen og oksygen i vann. Man går altså fra vann ( $H_2O$ ) til hydrogen (H) og oksygen (O). For å klare det trenger man vann av drikkevannskvalitet. En annen forutsetning for å kunne kalle det grønt hydrogen er at strømmen er produsert av fornybar energi, som vannkraft, kraft fra vindmøller eller solkraft. Prisen for grønt hydrogen henger derfor sammen med de aktuelle strømprisene (Blue Maritime Cluster, 2019, p. 7). Denne produksjonsmetoden har man brukt i over 100 år (Egge, 2020). I Norge produserer blant annet Uno X hydrogen ved hjelp av vannelektrolyse i Bærum og ved Rjukan (Blue Maritime Cluster, 2019, p. 10). En fordel med denne produksjonsmetoden er at man kan bruke overskudd av elektrisitet til produksjonen. Energien kan da lagres slik at den kan brukes når den trengs, og ikke når den blir produsert (Klimastiftelsen, 2021, p. 9).



Figur 2- Produksjon av grønt og blått hydrogen (Klimastiftelsen, 2021, s. 5).

Figur 2 illustrerer hvordan blått og grønt hydrogen produseres. Som vist i figuren er hydrogenet akkurat det samme og kan brukes til de samme formålene, selv om produksjonsprosessen er forskjellig (Klimastiftelsen, 2021, p. 5)

### 2.3.3. Lagring, transport og infrastruktur

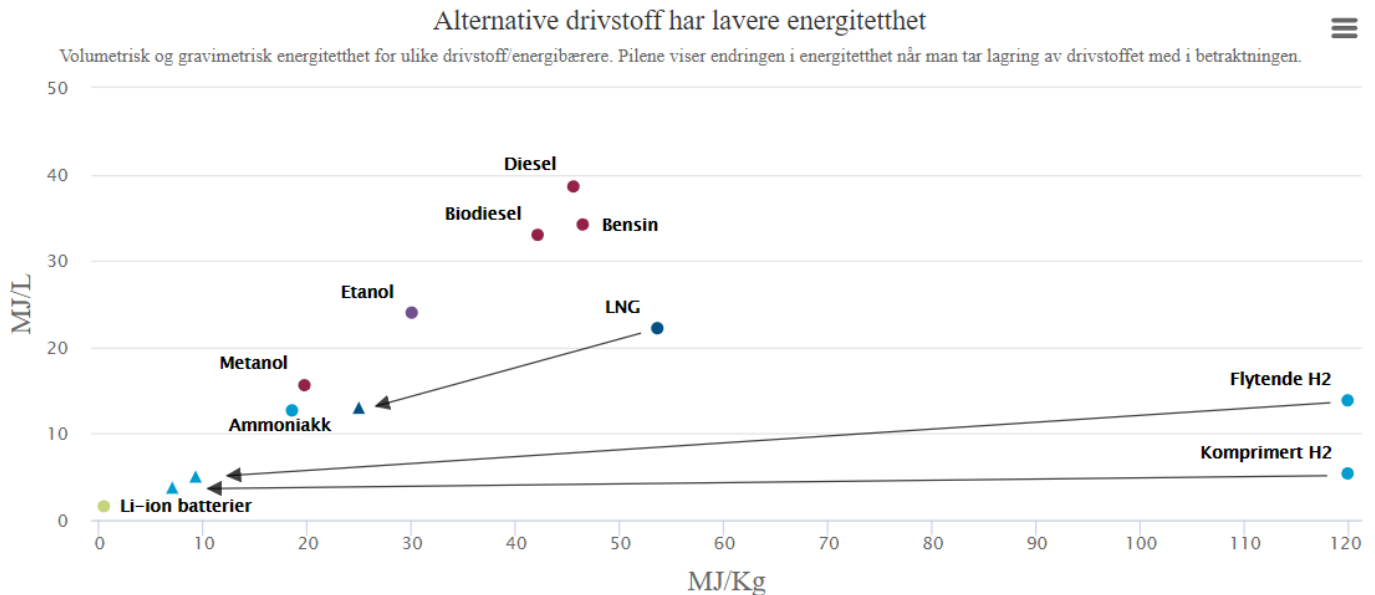
Som nevnt er hydrogen en gass under normale temperaturer og under vanlig trykk. Gass er vanskelig å transportere og lagre. For å lagre og transportere hydrogen bør det enten komprimeres ved hjelp av trykk, eller gjøres flytende ved hjelp av kjøling. Komprimert hydrogen krever minst energi og er derfor foreløpig den rimeligste metoden for lagring. Sammenlignet med Marine Gasoil har komprimert hydrogen 7,7 ganger så stort volum (BLUE Communication, 2020). Komprimert hydrogen kan lagres i trykksatte flasker som kan fraktes med bil eller båt, eller trykksatte containere og tanker (Hofstad, 2021). Ulempen med tankene og flaskene er at de veier en del mer enn en vanlig tank (DNV GL, 2019, p. 31). Komprimert hydrogen kan også fraktes gjennom rørledninger. Foreløpig er rørrnett for hydrogen lite utbygd, og det er svært kostbart å bygge ut. For at det skal bli lønnsomt å bygge ut rørrettet må behovet for hydrogen økes betraktelig (BLUE Communication, 2020, p. 85).

For å gjøre hydrogen flytende ved normalt trykk må det kjøles ned til ca. - 253 °C. Dette er dyrere enn å komprimere hydrogen med trykk, men hydrogenet får da høyere energitetthet enn ved komprimering. Når det er nedkjølt må det videre lagres på spesielle tanker som er egnet for å holde hydrogenet tilstrekkelig nedkjølt og flytende. Etersom tankene er isolerte tar de større plass enn tankene som blir brukt til tradisjonelt fossilt drivstoff. Flytende hydrogen tar 4,3 ganger så stor plass som MGO, men regner man sammen volumet på hydrogenet og isolasjon av tankene, så trenger man en tank som tar 6,6 ganger så stor plass som en vanlig tank (BLUE Communication, 2020, p. 26). I dag finnes det ikke anlegg i Norge som kan gjøre hydrogen flytende. For at det skal være lønnsomt å bygge et slikt anlegg og lønnsomt å drifte anlegget må produksjonsvolumene av hydrogen opp (Blue Maritime Cluster, 2019, p. 17).

Etersom hydrogen er en svært brennbar gass, kommer det spesielle sikkerhetstiltak ved lagring. Skal man lagre mer enn fem tonn hydrogen blir det etter dagens regler noen sikkerhetstiltak man må ta hensyn til. Ved så store volum må man ha sikkerhetssoner som gjør at anleggene tar mer plass enn tradisjonelle anlegg for drivstoff. I tillegg bruker man mer plass til å lagre hydrogen på grunn av energitettheten. I travle havner der behovet for bunkring

er stort, vil altså lagring av hydrogen ta betydelig mer plass enn dagens anlegg (Handberg, et al., 2020, p. 25).

### 2.3.4. Bruk som drivstoff



Figur 3 - Energitetthet til ulike drivstoff (Øystese, 2020, s. 8).

Figur 3 viser energitettheten til ulike drivstoff. Både energimengden per liter og energimengden per kg, begge målt i megajoule (Mj). Som tidligere nevnt og som det blir vist i figuren har hydrogen den høyeste energitettheten per kg, altså 120 MJ/kg. På grunn av at hydrogenet må komprimeres eller kjøles blir resultatet betraktelig dårligere når man måler energitetthet per liter. Man får da 3,76 MJ/l for komprimert hydrogen og 5,04 MJ/l for flytende hydrogen. I forhold til de fleste andre drivstoff kommer hydrogen dårlig ut med tanke på energitetthet, men fortsatt bedre enn energitettheten til batterier (Øystese, 2020, p. 8).

Tradisjonelt drivstoff som diesel og bensin blir brukt i en forbrenningsmotor der man brenner drivstoffet for å utnytte energien i drivstoffet. Hydrogen kan også brukes i en slik motor, men det er lite effektivt. I stedet for kan man bruke hydrogen i en brenselcelle. En brenselcelle bruker en energikilde som inneholder hydrogen til å produsere elektrisitet. Rent hydrogen kan derfor brukes til å produsere elektrisitet. Elektrisiteten man produserer kan man bruke til å drive en elektrisk motor. Det vil si at man istedenfor å ha tunge batterier om bord på skipet, så kan man heller lagre hydrogen. Ved bruk av hydrogen i en brenselcelle har man ingen utslipp,

verken CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> eller NO<sub>x</sub>. Det eneste biproduktet er vann og noe varme (Klimastiftelsen, 2021, p. 6).

Som nevnt er ikke hydrogen giftig, så ved en eventuell lekkasje vil ikke mennesker eller natur ta skade av utslippet. Ettersom gassen er luktfri og fargeløs vil det være nødvendig med sensorer for å tidlig oppdage en lekkasje (BLUE Communication, 2020, p. 87). Ulempen er at det er veldig eksplosjon- og brannfarlig. Prosedyrer og tiltak for eventuelle lekkasjer må derfor på plass. Om gassen ikke blir hindret og kommer ut i friluft er det som oftest ingen fare, ettersom gassen vil stige oppover. Blir gassen hindret og konsentrasjonen av hydrogen blir høy nok vil det være en fare for brann og eksplosjon (Tekna, 2020). Dette kan blant annet løses ved å plassere tankene på et sted i skipet som sikrer at gassen ikke blir fanget i rom ved en eventuell lekkasje. Den norske fergen Hydra er verdens første hydrogenferge som ble satt i drift i 2021. Tankene som skal lagre flytende hydrogen er plassert på dekk 5, ettersom det er det øverste åpne dekket. Dette er gjort av sikkerhetsmessige og praktiske årsaker. Ved en lekkasje vil gassen derfor ikke bli hindret (Nilsen, 2021).

Fergen Hydra har også vist at bunkring av hydrogen til skip er mulig. Hydra skal benytte seg av flytende hydrogen. Ettersom det ikke finnes noen anlegg i Norge som kan gjøre hydrogen flytende skal det fraktes med biler fra Tyskland. For å fylle på tankene på skipet har det blitt bygget et påfyllingstårn som kan flyttes ettersom det er montert på hjul. Tårnet er 10 meter høyt for at det skal nås opp til tankene på skipet. Rørene og armen for påfylling skal i forkant av bunkringen kjøles ned til  $-253\text{ °C}$  (Førde, 2021).

## 2.4. Ammoniakk

### 2.4.1 Innføring

Ammoniakk er en kjemisk forbindelse som består av ett nitrogen atom og tre hydrogen atomer. Det er et giftig stoff, og ammoniakk har en stikkende lukt som lett merkes av mennesker. Det produseres ca. 180 millioner tonn ammoniakk hvert år. Det meste blir brukt i produksjon av kunstgjødsel, og en del blir brukt i renholdsprodukter (Øystese, 2020, p. 8).

Forutsetningene for produksjon av ammoniakk er store i Norge, ettersom det finnes stor tilgang på ren energi, og det har blitt produsert i flere år (Statkraft, 2021). Ammoniakk blir sett på som et mulig drivstoff. Sammenlignet med hydrogen har det et lavere energiinnhold per kg, men energitettheten per liter er høyere. Ved  $-33\text{ °C}$  går ammoniakk fra gass til veske. Det gjør det lettere å lagre og transportere enn hydrogen (Statkraft, 2021)

### 2.4.2 Produksjon

I likhet med hydrogen blir også ammoniakk betegnet med fargekoder ut ifra hvilke metoder som er brukt i produksjonen. Ammoniakk består av nitrogen som er separert fra luft, og hydrogen. I spesielle tanker med høyt trykk og høy varme blir nitrogen og hydrogen blandet sammen (BLUE Communication, 2020, p. 24).

Ettersom ammoniakk er produsert av hydrogen, bestemmer fargekoden på hydrogenet også fargekoden på ammoniakken som blir produsert. Har man ammoniakk som er produsert av grønt hydrogen vil ammoniakken kunne betegnes som grønn ammoniakk. Foreløpig er det meste av ammoniakk som blir produsert grå ammoniakk. For at man skal kunne se på det som et grønt alternativ må man få på plass fungerende CCS teknologi slik at man kan produsere blå ammoniakk. Grønn ammoniakk vil med tiden også bli mer aktuelt ettersom det vil komme avgifter på fossilt drivstoff, og prisene for å produsere ammoniakk og hydrogen fra fornybare kilder er forventet å falle (Øystese, 2020).

### 2.4.3 Lagring, transport og infrastruktur

Som nevnt har ammoniakk flere bruksområder. Produktet transporteres og lagres allerede i de fleste store havnene i verden. Det vil si at man har skip som er egnet for å transportere det, og i havnene er det lagringsmuligheter. Infrastrukturen er derfor allerede delvis utbygd, men det vil fortsatt være behov for enda mer utbygging. (BLUE Communication, 2020, p. 24).

Ammoniakk blir flytende ved  $-33\text{ °C}$  (BLUE Communication, 2020, p. 24). Det blir allerede fraktet i ganske stor skala med skip, og det er relativt lett å håndtere ettersom det bare må kjøles til  $-33\text{ °C}$ . Ettersom det allerede transporteres, finnes det rutiner og regelverk for transport av ammoniakk (Øystese, 2020, p. 8).

### 2.4.4 Bruk som drivstoff

Ammoniakk er et stoff som er giftig og etsende. For bruk som drivstoff vil det derfor være nødvendig med sikkerhetstiltak og trening av mannskapet som skal jobbe med stoffet.

Ammoniakk har en stikkende lukt, som kan være positivt, ettersom en eventuell lekkasje vil bli oppdaget før konsentrasjonen av ammoniakk blir så høy at det er farlig (Statkraft, 2021).

Ammoniakk har i motsetning til tradisjonelt drivstoff og hydrogen en lavere risiko for å eksplodere og antenne (Øystese, 2020).

Ammoniakk har en energitetthet på 12,69 MJ per liter. Som vist i Figur 3 er det noe lavere enn metanol og lagret LNG, men det ligger rundt de samme nivåene. I forhold til flytende hydrogen som er lagret på tanker som skal holde hydrogenet flytende, så har ammoniakk over dobbelt så høy energitetthet per liter (Øystese, 2020).

Det er enda ikke noen skip som kan gå på ammoniakk, men det jobbes både med løsninger for å bruke ammoniakk i en forbrenningsmotor, og løsninger for brenselceller. En forbrenningsmotor er det man finner i de fleste skip som går på fossilt drivstoff i dag. Motoren brenner drivstoffet for å utnytte energien. Fordelen med en forbrenningsmotor er at dagens skip kan bygges om relativt enkelt for å bli tilpasset bruk av ammoniakk (Øystese, 2020, p. 13). Selv om det foreløpig ikke er noen forbrenningsmotorer som kan bruke ammoniakk er det forventet at det vil komme på markedet innen 2030. Det er også anslått at en forbrenningsmotor vil være billigere enn brenselceller (BLUE Communication, 2020, p. 26). Ulempen med bruk av ammoniakk i en forbrenningsmotor er at man får utslipp av nitrogenoksid (NO<sub>x</sub>) (Øystese, 2020, p. 13). Dette kan skape helseproblemer for mennesker, og ved bruk i nærheten av bebodde områder kan det skape dårlig luftkvalitet for menneskene som bor der (NO<sub>x</sub>-fondet, 2021). Disse utslippene kan håndteres ved bruk av «SCR-teknologi» (Selective Catalytic Reduction) (Øystese, 2020, p. 13). Ved bruk av denne teknologien kan man redusere NO<sub>x</sub>- utslippene med opptil 95 prosent., ved at man renser eksosen før den slippes ut (Yara, 2021).

Ammoniakk kan også brukes i en brenselcelle for å produsere elektrisitet. Det finnes flere typer brenselceller, der en Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) eller Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) er regnet som de mest effektive (BLUE Communication, 2020, p. 26). En PEMFC virker mellom 60 °C og 90°C. For at den skal produsere strøm må hydrogen og nitrogen først spaltes fra hverandre. En slik brenselcelle har som fordel at den er kompakt og veier relativt lite. I tillegg er dette godt utprøvd og kostnaden for brenselcellen er lavere enn en SOFC. Ulempen er at den ikke er like effektiv som en SOFC eller forbrenningsmotor ettersom den må bruke noe av energien til å produsere varme slik at man kan spalte ammoniakk til hydrogen og nitrogen. En SOFC opererer på høyere temperaturer og kan derfor bruke overskudsvarmen til å spalte ammoniakk, noe som gjør den mer effektiv enn en PEMFC. Foreløpig er dette en relativ umoden teknologi, og kostnadene er foreløpig høye (Øystese, 2020, p. 13).

For at det skal bli aktuelt å bruke ammoniakk som drivstoff på skip er det en forutsetning at det blir mulighet for bunkring. Da må det på plass tillatelser fra myndigheter og gode sikkerhetstiltak som sikrer en trygg bunkring. Dette er foreløpig ikke på plass (Haskell, 2021).

## 2.5 Metanol

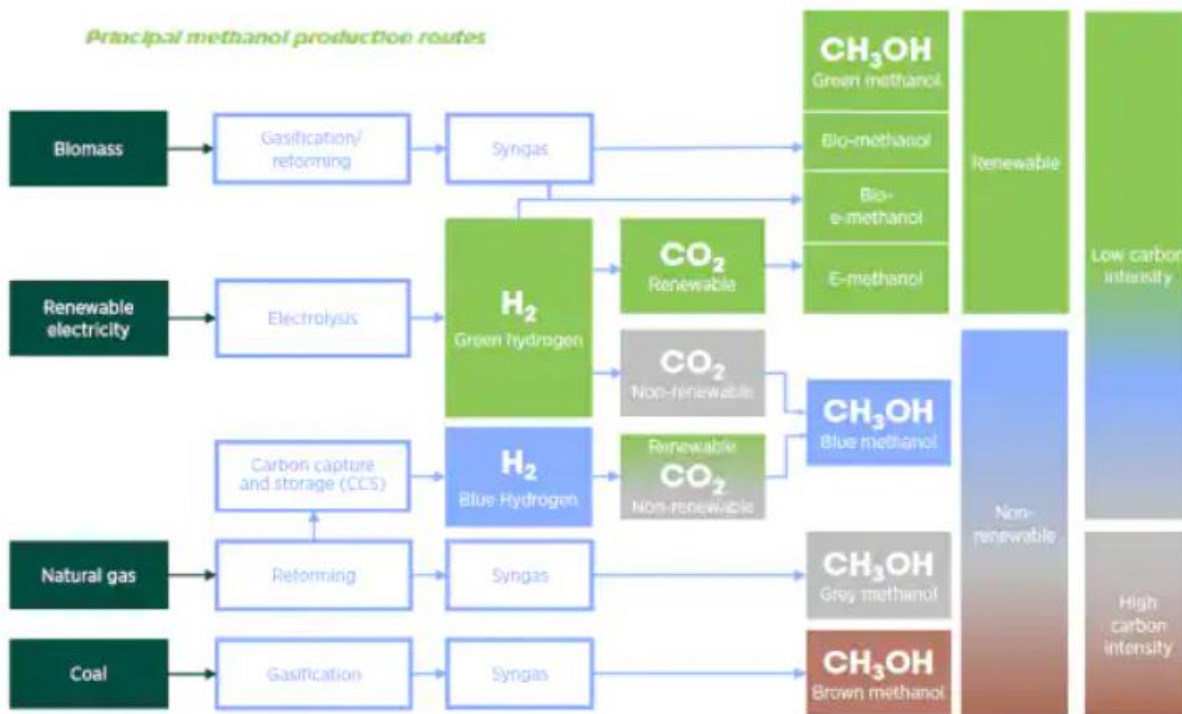
### 2.5.1 Innføring

Metanol er den enkleste formen for alkohol, og er en fargeløs, lett antenkelig og giftig væske. Det er flytende mellom  $-98\text{ °C}$  og  $65\text{ °C}$ . Det brukes det mye i industrielle prosesser og også for eksempel som spylervæske og maling. Metanol har blitt fraktet på skip i flere tiår og det er muligheter for lagring i flere havner (BLUE Communication, 2020, p. 106).

Det meste av metanol blir produsert av naturgass eller kull. Ved denne produksjonsmetoden vil ikke klimagassutslipp reduseres tilstrekkelig (DNV GL, 2019, p. 25). Selv om det ved de tradisjonelle produksjonsmetodene ikke er egnet til å redusere utslipp fra skipsfarten, blir det sett på som en mulig løsning. Rederiet Maersk har blant annet bestilt åtte nye containerskip som skal gå på karbonnøytral metanol (Maersk, 2021).

### 2.5.2 Produksjon

I dag blir det meste av metanol produsert av naturgass. I Kina er store deler av produksjonen basert på kull (Greenhalgh, 2021). I første omgang av metanolproduksjonen blir naturgass, for det meste metan gass, reformert til en syntesegass (Equinor, 2019) Syntesegass er en gass som er satt sammen av hydrogen, karbonmonoksid og  $\text{CO}_2$ . Deretter blir denne gassen konvertert videre til metanol i en reaktor med høy varme og høyt trykk. (Equinor, 2019, p. 7). Ved bruk av fossile energikilder som kull og naturgass er  $\text{CO}_2$ - utslippene fra produksjon til forbrenning på nivå eller litt høyere enn  $\text{CO}_2$ -utslipp fra oljebaserte drivstoff (DNV, 2020, pp. 25-26). Ved forbrenning av metanol er utslippene ca.10 prosent lavere enn ved forbrenning av oljebaserte drivstoff, men produksjonen av metanol fra naturgass og kull gjør at resultatet gjennom hele livsløpet blir det samme eller verre (BLUE Communication, 2020, p. 109).



Figur 4- Produksjon metanol (Greenhalg, 2021).

Metanol kan også bli produsert på fornybare metoder. Som vist i figur 4 kan metanol produseres fra biomasse og fornybar elektrisitet. Bio-metanol er produsert av ulike typer biomasse. Fra ulike typer biomasse som for eksempel slakteavfall, gjødsel og rester fra planter, blir det produsert metangass. Det blir dannet metan når biomassen plasseres i et anlegg uten tilgang på oksygen, og over tid blir da biomassen nedbrutt av mikroorganismer. Metangassen som blir produsert inneholder CO<sub>2</sub>, men ettersom CO<sub>2</sub> uansett hadde blitt sluppet ut i regnes det som karbonnøytralt (Miljødirektoratet, 2021). Når man har fremstilt biogass kan man videre bruke den til å produsere syntesegass som siden blir brukt til produksjon av metanol (BLUE Communication, 2020).

E-metanol er en karbonnøytral løsning. Grønt hydrogen reagerer sammen med «fanget» CO<sub>2</sub> som ellers ville blitt sluppet ut. CO<sub>2</sub> som er et biprodukt fra andre industrielle prosesser blir fanget og videre brukt i produksjonen av metanol. Ettersom den resirkulerte CO<sub>2</sub>en som blir brukt i produksjonen i utgangspunktet skulle bli sluppet ut i atmosfæren regnes det som karbonnøytralt. Som beskrevet under produksjon av hydrogen er grønt hydrogen produsert av



fornybar elektrisitet som for eksempel fra vindkraft eller vannkraft, og vann av drikkevanns kvalitet. Eneste biproduktet av denne prosessen er vann og oksygen. Når man har tilgang på grønt hydrogen og fanget CO<sub>2</sub> blir dette ført sammen i en reaktor der det blir produsert e-metanol (WALLENIS SOL, 2020). Både e-metanol og bio-metanol er oppgitt til å redusere CO<sub>2</sub> utslipp opptil 95 prosent i forhold til tradisjonelt marint drivstoff. Ved bruk av fornybar metanol vil utslipp av nitrogenoksid reduseres med ca. 80 prosent og det vil ikke være noe form for svovelutslipp (BLUE Communication, 2020, p. 109).

#### 2.5.3 Lagring, Transport og infrastruktur

Metanol blir fraktet over store deler av verden, og de aller fleste store havner har terminaler til å håndtere det. Ettersom metanol er et flytende drivstoff kan det bruke mye av de samme transport og lagrings mulighetene som tradisjonelt drivstoff, men med noen små tiltak og oppgraderinger. Drivstoffet er giftig og det antenner svært lett. Ved en eventuell brann vil være behov for branndetektor ettersom flammen brenner usynlig (BLUE Communication, 2020, pp. 108-109). Som nevnt blir metanol allerede fraktet i stort volum og er tilgjengelig i nesten hele verden. Frakt kan foregå med bil, tog og bil på lik linje med tradisjonelt drivstoff, men med ekstra sikkerhetstiltak ettersom flammepunktet er lavt (Andersson, 2015, p. 30)

Ved bunkring av metanol kan man benytte seg av samme metoder som ved tradisjonelt drivstoff. Ettersom det er et flytende drivstoff vil en oppgradering være relativt rimelig. Til bunkring kan man bruke både biler og bunkringsfartøy. Ifølge DNVs Alternative Fuels Insight plattform, er det foreløpig er det ingen muligheter for bunkring fra anlegg eller med bunkringsfartøy (DNV, 2021). I 2015 var det anslått at å bygge om et bunkringsfartøy som i utgangspunktet leverte diesel til å kunne levere metanol ville koste 1,5 millioner euro. Skulle man gjort det samme med LNG ville det kostet rundt 30 millioner euro (Andersson, 2015).

#### 4.5.4. Bruk som drivstoff

Metanol kan brukes direkte i en forbrenningsmotor eller i en brenselcelle til å produsere strøm. Foreløpig er utvikling av brenselceller som kan bruke metanol under utvikling, og det vil mest sannsynlig ikke komme på markedet før i 2030. I 2020 var det 15 skip som opererte med metanol på tanken der ni av de var nybygg. De resterende var ombygde skip, blant annet bilfergen Stena Germanica som ble ombygget i 2015 (BLUE Communication, 2020, p. 108).

Stena Germanica er det første skipet som tok i bruk metanol som drivstoff. Den ble ombygget i 2015, og det ble installert en 4-takts motor fra motorleverandøren Wärtsilä. Denne motoren er bygget slik at den kan brenne metanol, og den kan også bruke tradisjonelt marint drivstoff (Wärtsilä, 2020) Som nevnt har rederiet Maersk også bestilt 8 nye kontainer skip som skal kunne benytte seg av metanol som drivstoff. I likhet med motoren som brukes i Stena Germanica vil motorene i de nye skipene til Maersk kunne benytte seg av både metanol og tradisjonelt marint drivstoff (Maersk, 2021).

Metanol har en energitetthet som er lavere enn tradisjonelt marint drivstoff. Energitettheten er på 15,6 MJ/liter noen som fører til at tankene til drivstoffet må være ca. 2,5 ganger så store som ved bruk av tradisjonelt drivstoff (Øystese, 2020). Som vist i Figur 3 har metanol en energitetthet som er litt høyere per liter en ammoniakk og lagret LNG. I utgangspunktet har LNG en høyere tetthet, men på grunn av de solide tankene som trengs for nedkjøling av gassen blir tettheten redusert (Øystese, 2020). Metanol kan som tidligere nevnt benytte seg av tradisjonelle tanker om bord på skipet, men siden det er både giftig og brannfarlig må det på plass noen ekstra tiltak og sikkerhetssystemer (BLUE Communication, 2020, p. 109).

Som tidligere nevnt har metanol et lavt flammepunkt, og flammene vil være nesten usynlig. På skipet bør det derfor være systemer for å oppdage en brann og effektive tiltak og systemer for slukking av eventuell brann. Ettersom flammene kan brenne ved svært lave temperaturer og det ikke blir produsert røyk ved en brann, vil tradisjonelle røyk og varmedetektorer ikke være tilstrekkelig. Det mest hensiktsmessige vil være å bruke infrarøde kameraer for å oppdage en brann (American Bureau of Shipping, 2021, pp. 8-9). Metanol har vært fraktet som vare i flere tiår, og dette fører til at man kan trekke erfaringer om brannslukking med når man skal benytte metanol som drivstoff (Andersson, 2015, p. 24). Foreløpig er det bare en midlertidig tillatelse fra IMO til å bruke metanol som drivstoff (Wingrove, 2020).

Metanol er giftig for mennesker. Ved kontakt med hud, inhalering eller drikking av metanol vil det oppstå en fare for mennesker. De vanligste plagene ved å få metanol i kroppen er svimmelhet og kvalme. I mer ekstreme tilfeller kan man bli blind, og i verste fall kan det føre til dødsfall. At drivstoffet er giftig medfører at mannskapet må ha ekstra trening i hvordan de skal håndtere drivstoffet, og ha god kontroll over rutiner og utstyr om det skal oppstå en lekkasje. Hele mannskapet bør ha god opplæring i hva de skal gjøre, og hvordan de bruker utstyret riktig. For å ikke selv få stoffet i seg skal alle som rydder opp etter en lekkasje være

utstyrt med klær og masker som beskytter hud og øyne (American Bureau of Shipping, 2021, pp. 7-8). Metanol har som nevnt blitt fraktet som vare over mange år, og det brukes i mange produkter som er vanlig i hverdagen. Metanolforgiftning er derfor forsket mye på, og behandlingen er god (Andersson, 2015, p. 25)

Ved en eventuell utslipp i sjøen vil konsekvensene for dyreliv være mindre enn ved tradisjonelle drivstoff. Årsaken er at det er bionedbrytbart. Ved en eventuell lekkasje i sjø vil det derfor brytes ned mye raskere enn ved en oljelekkasje (American Bureau of Shipping, 2021, p. 2).

## 2.6. Biodrivstoff

### 2.6.1 Innføring

Biodrivstoff er drivstoff som er produsert biologisk materiale. Drivstoffet kan benyttes som både flytende drivstoff og som gass. Innenfor det man kaller biodrivstoff har man ulike typer drivstoff som for eksempel biodiesel, biogass og bioetanol (BLUE Communication, 2020, p. 66). Biodrivstoff blir omtalt som klimanøytralt. Grunnen er at CO<sub>2</sub> fra biomasse regnes som en del av det naturlige kretsløpet. Når biodrivstoff blir brukt i en forbrenningsmotor vil det slippes ut CO<sub>2</sub>. Ettersom planter tar opp CO<sub>2</sub> vil CO<sub>2</sub> som slippes ut ved forbrenning tas opp i nye planter, og det fører derfor ikke til mer CO<sub>2</sub> i atmosfæren enn det som allerede finnes. Diverse avfall fra dyr eller avfall fra sagbruk kan også brukes. Ettersom avfallet med tiden hadde råtnet, så hadde det uansett blitt produsert klimagasser som ble sluppet ut (DNV GL, 2019, p. 27).

I Norge finnes det i dag et omsetningskrav som sier at en viss andel av drivstoffet som selges til landtransport skal være biodrivstoff. Det skjer som oftest i form av at biodrivstoff er blandet inn med fossilt drivstoff, og det er vanlig med ca.7 prosent innblanding. I 2020 fikk også flybransjen krav å blande inn biodrivstoff (Miljødirektoratet, 2021).

Selv om biodrivstoff virker som et lovende drivstoff, så er det også diskusjoner om det er en bærekraftig løsning. Problemet er at produksjonen av biodrivstoff kan komme i direkte eller indirekte konflikt med produksjonen av mat. Førstegenerasjonsdrivstoff som vil bli mer forklart under, er produsert av planter som også brukes til mat. I områder der det er lite tilgang på mat kan denne produksjonsmetoden by på store utfordringer (UngEnergi, 2021).

### 2.6.2 Produksjon

Det finnes flere metoder og ulike råstoffer som kan brukes i produksjonen av biodrivstoff. Produksjonen blir ofte delt opp i «generasjoner», som sier noe om hvordan drivstoffet er fremstilt. Første generasjons biodrivstoff er hentet ut fra landbruksvekster som også kan brukes til mat og produksjon av dyrefor, for eksempel mais, raps og sukkerplanter. Dette er den mest lønnsomme og mest utprøvde metoden, men som nevnt over kan det komme i konflikt med matproduksjon (UngEnergi, 2021).

Andre generasjons biodrivstoff er blant annet produsert av hele eller deler av trær, for eksempel sagflis. Forskjellen på plantene som blir brukt her og plantene som blir brukt i første generasjon, er at i andre generasjons produksjon kan ikke plantene spises. Denne metoden er derfor ikke i konflikt med matproduksjon. Også avfall fra slakting og avføring fra dyr kan brukes i produksjonen (UngEnergi, 2021). Tredje generasjons biodrivstoff bruker biomasse man finner i havet, som for eksempel tang og tare. Foreløpig er prisen for denne biomassen høyere enn den som brukes ved de andre metodene, og det er begrensede mengder av biomassen (Sintef, 2021).

Det finnes flere forskjellige typer biodrivstoff. De mest lovende så langt er LBG, FAME og HVO. Flytende biogass (LBG) er et mer miljøvennlig alternativ enn flytende naturgass (LNG). Som erstatning for fossilt flytende drivstoff eller som innblanding i fossilt drivstoff er Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) og Fatty Acid Methyl ester (FAME) (DNV GL, 2019, p. 27) Som navnet tilsier blir HVO i utgangspunktet produsert av planter, men det brukes også andre biomasser som for eksempel slakteavfall. Denne typen inneholder ikke oksygen, svovel eller nitrogen. I en kjemisk prosess reagerer oljen med hydrogen, og oksygen blir fjernet fra det endelige produktet (Weber & Amundsen, 2016, p. 15). Denne typen biodrivstoff er foreløpig dyrere enn FAME.

FAME kan produseres fra ulike vegetabiliske oljer som for eksempel raps- og palmeolje. I tillegg kan det produseres fra dyrefett og brukt frityrolje. Denne typen biodrivstoff er billigere enn HVO, men kan ikke brukes alene som drivstoff. Den må blandes inn med fossilt drivstoff (DNV, 2020).

Et vesentlig poeng for at biodrivstoff kan kunne regnes som en god løsning på klimaproblemene er at det er produsert på en bærekraftig metode. EU setter blant annet krav om at biodrivstoffet skal redusere CO<sub>2</sub> utslipp med minst 50 prosent gjennom hele livsløpet.

Det finnes også regler knyttet til hvilke områder som brukes til å produsere biomassen. Blant annet må det dokumenteres at man ikke har drenert myr eller hugget ned regnskog for å få plass til produksjon av biomasser til produksjonen. I tillegg er det krav og forventninger om at det ikke skal gå utover matproduksjonen, ettersom matbehovet på jorden stadig øker (UngEnergi, 2021).

### 2.6.3 Lagring, transport og infrastruktur

Biodrivstoff kan i stor grad bruke den samme infrastrukturen og lagres på samme måte som fossilt drivstoff. LBG kan benytte seg av den samme infrastrukturen som blir brukt til LNG, uten å oppgradere tanker eller rør. Det samme gjelder for HVO som kan benytte seg av samme infrastruktur som tradisjonelt fossilt drivstoff. For lagring av biodrivstoff må det være tanker som kan drenere vekk vann fra tanken ettersom drivstoffet er hygroskopisk, som vil si at det trekker til seg vann (DNV GL, 2019, p. 27).

Om vann blander seg med biodrivstoff, kan bakterier begynne å gro i tankene. Som nevnt er det derfor viktig å hindre vann i å komme inn i tankene, og det bør være mulig å drenere bort vann fra tanken. Bortsett fra at man må ta hensyn til vann, kan både biodiesel og biogass lagres og transporteres på samme måte og bruke samme infrastruktur som fossilt drivstoff (DNV GL, 2019). Biodrivstoff bør heller ikke lagres over for lange perioder ettersom det kan dannes urenheter i drivstoffet som gjør at det ikke lengre kan brukes som drivstoff (Berg, et al., 2016)

Biodrivstoff har som regel dårligere kuldeegenskaper enn fossilt drivstoff. Det vil si at det kan bli ubrukelig om temperaturene er for kalde. I noen områder, spesielt i vinterhalvåret kan dette by på utfordringer knyttet til lagring av drivstoffet. For å sikre at drivstoffet ikke blir ødelagt bør man i enkelte områder installere oppvarming av tankene (Berg, et al., 2016, p. 15).

### 2.6.4 Bruk som drivstoff

HVO kan brukes som et «drop- in fuel», som vil si at det kan brukes som en direkte erstatning for fossilt drivstoff som brukes i skipsfarten. Motorer og tanker på skipet trenger derfor i de fleste tilfeller ikke noen modifikasjoner, med mindre motorprodusenten krever det. I noen tilfeller vil det være nødvendig å gjøre noen endringer på motorene, men det er beregnet å ha relativt lave kostnader. Flytende biogass kan også brukes som et drop-in fuel som en erstatning til skip som går på LNG. Heller ikke her er det behov for noen oppgraderinger av

utstyret om bord i skipet. LNG og LBG er det også mulig å blande med hverandre (DNV GL, 2019, p. 29).

Biodrivstoff tilfredsstillter kravene som er satt til svovelutslipp, både i ECA områdene og utenfor. Det som kan være problematisk er NO<sub>x</sub> utslippene som i noen tilfeller kan være høyere enn det som er tillat. Det avhenger litt av motoren som brukes, og om skipet seiler i ECA området (DNV, 2020).

FAME kan ikke brukes som drivstoff uten å blandes inn med tradisjonelt drivstoff. For å kunne brukes på skip må det blandes ut med tradisjonelt drivstoff. Blandingsforholdet som er tillat avhenger av hvilke råstoff biodieselen er produsert av og kvaliteten. Flere tester har kommet frem til at FAME fungerer dårlig i ekstreme temperaturer, både høye og lave temperaturer, så det er viktig å ta hensyn til før man fyller det på tankene. Det har også vært tilfeller av økt korrosjon, altså rust. Metaller som sink, kobber, tinn og bly bør man kanskje finne erstatninger for eller vedlikeholde og følge med på utviklingen av rust. Blandet FAME bør heller ikke lagres for lenge. Når det er fylt på tanken bør det brukes med en gang, blant annet for å forhindre at bakterier får vokse i drivstoffet (DNV, 2020).

Vanligvis har biodrivstoff, både HVO og FAME lavere tåkepunkt (CP) og blokkeringspunkt (CFPP) enn fossilt drivstoff (DNV, 2020). Cloud Point vil si at det begynner å danne seg krystaller i drivstoffet når temperaturene faller, men drivstoffet kommer fortsatt gjennom filteret og kan brukes. Cold Filter Plugging Point er den laveste temperaturen drivstoffet kan ha før den blir for tykk til å passere gjennom filtrene (Valmot, 2014). Ved bruk av biodiesel må man derfor følge med på hvilke temperaturer drivstoffet tåler, og ta hensyn til valg av drivstoff når man vet hvor skipet skal seile (DNV, 2020)

Biodiesel har en energitetthet som er bedre enn de andre alternative drivstoffene i denne rapporten. Dette er vist i figur 3. Tradisjonell diesel har en energitetthet på 38,6 MJ/L, og biodiesel har 33 MJ/L (Øystese, 2020).

## 2.7. LNG

### 2.7.1 Innføring

Flytende naturgass blir ofte bare forkortet til LNG, som på engelsk står for Liquid Natural Gass. CO<sub>2</sub> utslippene fra LNG er bare redusert med ca. 25 prosent i forhold til tradisjonelt drivstoff (Barents NaturGass, 2021). Selv om LNG alene ikke kan nå målet om 50 prosent mindre CO<sub>2</sub> utslipp i 2050 så omtaler DNV drivstoffet som det beste overgang drivstoffet (Stensvold, 2020).

Det som selges på markedet består som oftest av metan (CH<sub>4</sub>) som er nedkjølt til ca. – 163 °C for å bli flytende (DNV GL, 2019, p. 20). LNG er luktfri, og det er ikke giftig. I flytende form er det heller ikke brennbart. For at det skal kunne antenne må det først konverteres tilbake til gassform (BLUE Communication, 2020, p. 42).

### 2.7.2 Produksjon

Naturgass blir ikke produsert, men man finner det under jordskorpen i porøse bergarter. Ofte finner man gassen sammen med råolje. Som oftest ligger gassen et lag over oljen, men under høyt trykk kan den være løst i oljen (Lundberg, et al., 2020). Gassen man finner under bakken kalles for rikgass, som er en blanding av våtgass og tørrgass. Våtgass består av tyngre «produkter» som for eksempel butan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) og propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>). At de er tyngre vil si at de består av flere karbon atomer og flere hydrogen atomer. Disse går under kategorien LPG (Liquified Petroleum Gas). Tørrgassen består av metan (CH<sub>4</sub>) og det er denne som i hovedsak blir solgt som LNG (Barents NaturGass, 2021).

For at gassen skal kjøles ned til å bli flytende må den først fraktes fra olje og gassfeltene til et sted der det finnes anlegg for nedkjøling. I Norge er det blant annet slike anlegg på Melkøya, Risavika og Kollsnes (Gassmagasinet, 2021)

### 2.7.3 Lagring, transport og infrastruktur

For å lagre og transportere naturgass er det i de aller fleste tilfeller mest hensiktsmessig å gjøre gassen flytende. Som nevnt må gassen kjøles ned til – 163 °C. Ved å gå fra gass til væske vil volumet reduseres 600 ganger. På land lagres gassen i isolerte tanker som er egnet til å holde på den lave temperaturen (BLUE Communication, 2020, p. 44).

LNG kan transporteres ved flere måter. Det kan blant annet fraktes i rørledninger, men da fraktes den som oftest som gass, og ikke væske. I flytende form kan det fraktes med bil, tog eller båter. Over lengre avstander er det mest hensiktsmessig å bruke skip som er egnet til

dette. Skipene må da ha tanker som er isolerte slik at de kan holde gassen flytende (Barents NaturGass, 2021). I 2020 var det registrert 642 LNG tankskip, altså skip som frakter LNG (Statista, 2021).

Muligheter for bunkring av LNG er foreløpig ikke tilstrekkelig utbygd, men blir nå utbygd i ganske stort tempo. Bunkring kan gjennomføres ved bruk av tankbil, tog, båt eller bunkring ved landanlegg. I dag er det biler som blir mest brukt ettersom det er mangel på båter som kan brukes til fylling av LNG, og mangel på landanlegg. Antallet bunkrings fartøy i viktige bunkringshavner i Europa som Antwerpen, Amsterdam og Rotterdam har økt de siste årene, og det er flere på vei (DNV GL, 2019, p. 20). I 2021 var det registrert 14 bunkringsfartøy i Europa, ni var bestilt og ni fartøy var fortsatt under planlegging (DNV, 2021).

#### 2.7.4 Bruk som drivstoff

LNG har vært brukt som drivstoff siden 2000, og helt tilbake til 1950 tallet har det vært skip som fraktet LNG som brukte lasten sin som drivstoff. Det første LNG skipet som ble satt i drift var den norske bilfergen Glutra (BLUE Communication, 2020, p. 45). I dag er det 226 skip som går på LNG, og 409 som er bestilt (DNV, 2021). I 2021 var det registrert 226 skip som brukte LNG som drivstoff og det var bestilt 406 nye skip med LNG som drivstoff. LNG kan brukes i en forbrenningsmotorer, både to takts og fire taks (BLUE Communication, 2020, p. 45). I tillegg kan det benyttes i en brenselcelle for å produsere elektrisitet (BLUE Communication, 2020, p. 188). Utslipp av nitrogenoksid og svovel er nesten i null, så bruk av LNG vil ikke komme i konflikt med IMO's regulering av NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub> utslipp (BLUE Communication, 2020, p. 43).

Ettersom tankene som brukes til å lagre LNG må være godt isolerte for å holde drivstoffet tilstrekkelig nedkjølt, må man ha ca. 1,8 ganger så store tanker som man ellers ville brukt ved tradisjonelt drivstoff for å få samme energi mengden (BLUE Communication, 2020, p. 42).

Som nevnt reduserer LNG CO<sub>2</sub> utslipp med ca. 25 prosent sammenlignet med oljebasert drivstoff. Utslipp av nitrogenoksid blir også kraftig redusert (Stensvold, 2020). Ettersom LNG har vært brukt som drivstoff i over 20 år finnes det i dag teknologi som er godt utviklet og testet. Dette gjelder både for tankene man bruker for å lagre og kjøle gassen, og for motorer som bruker LNG. Bruk av LNG som drivstoff er regulert gjennom IMO's IGF kode. Denne regulerer skip som bruker LNG og andre drivstoff med lavt flammepunkt. Her settes det krav til opplæring av personell som jobber på skipene, og krav til vedlikehold og inspeksjoner av



skipene (International Maritime Organization, 2021). Ettersom LNG er lagret på ekstremt lav kulde er det en fare for frostskafer for mennesker som kommer i kontakt med væsken. Ved en lekkasje vil væsken gå over til gassform ganske kjapt. Gassen blir da svært brannfarlig og den bør ikke pustes inn, ettersom den erstatter oksygen i lungene. Bruk av gassdetektorer eller tilsetning av lukt i gassen blir derfor ofte brukt (BLUE Communication, 2020, p. 46)

## 3. Metode

### 3.1 Kvalitativ vs kvantitativ metode

Alternative drivstoff er et tema med mange interessenter og involverte parter. Som vist gjennom det teoretiske kapittelet så er det ikke bare skipene som må utvikles. Alt fra produsenter av drivstoff til aktørene som frakter og lagrer drivstoffet må ta del i utviklingen for å nå målet om 50 prosent redusert klimautslipp.

Teamet kan ses på fra flere ulike vinkler og øyner, og det er flere metoder å forske på området. Før prosjektet startet og underveis i arbeidet har det vært flere ganger der man har måtte vurdert om hvilken metode som passer best. Det finnes fordeler og ulemper med både kvantitative og kvalitative forskningsmetoder. I dette prosjektet ble det bestemt at det skulle brukes kvalitative forskningsmetoder, og videre i dette kapittelet skal det drøftes hvorfor det ble besluttet og hvordan arbeidet har pågått.

#### 3.1.1 Kvantitative metoder

Kvantitative forskningsmetoder samler inn data som er tellbare. Ofte blir det da brukt spørreskjema (Larsen, 2017, p. 28). Man kan da for eksempel spørre et utvalg om hvor mange ganger de trener i løpet av en uke. I dette prosjektet er det fullt mulig at en kvantitativ metode hadde vært godt egnet, da det blant annet kunne vært spennende å undersøke hva et større antall av rederier tenkte om alternative drivstoff. Ved å bruke et spørreskjema kunne man undersøkt hva rederiene mente på en relativt effektiv måte, ettersom kvantitative data ofte er enklere å håndtere. Spørsmålene kan være utformet på forhånd, med faste svaralternativer. Et spørsmål i en slik undersøkelse kunne vært:

«Hvilke av drivstoffene under vurderer dere som mest lovende?»

1. Ammoniakk
2. Hydrogen
3. Biodrivstoff
4. Metanol
5. LNG
6. Annet

Man får da effektivt telt opp hvor mange som mener hva. Fra dataene man samler inn kan man da lage statistikk, og undersøke sammenhenger mellom svar. I tillegg kan det være lettere å få ærlige svar, ettersom deltakerne som oftest er fullstendig anonym. (Larsen, 2017, p. 28)

Kvantitative metoder har også noen ulemper. En ulempe er at det ofte brukes standardiserte skjema som gjør at man kanskje ikke får med seg all informasjonen man skulle hatt. I eksempelet som ble vist over, der rederier skulle svare på hvilket alternativt drivstoff de mente var best egnet var det seks svaralternativer. Alternativ «6» ble kalt «annet». Om det er 20 rederier som velger «annet» vil dette være en ulempe. Man finner ikke da ut hva de mener med svaret sitt (Larsen, 2017, pp. 28-29).

### 3.1.2 Kvalitative metoder

Kvalitative metoder har fordelen at man kan få mer utfyllende svar, og man får muligheten til å gå mer i dybden enn det man klarer ved kvantitative metoder. Når man samler inn kvalitative metoder treffer man ofte personene man innhenter informasjon fra ansikt til ansikt. Da kan man lettere unngå misforståelser, og man kan rydde opp i misforståelser om det skulle være noen (Larsen, 2017, p. 29). Kvalitative metoder egner seg godt til å undersøke komplekse problemstillinger, der det er behov for å gå i dybden (Busch, 2013, p. 53). En annen fordel med kvalitative studier er at det kan egne seg bedre om man ikke har nok kunnskap til å lage gode nok spørreskjema (Larsen, 2017, p. 29). For teamet alternative drivstoff kan derfor kvalitative metoder være hensiktsmessig. Det er et komplekst tema, der det er mange meninger og løsninger. Det vil derfor være hensiktsmessig å kunne møte personer med mye kunnskap ansikt til ansikt, og få muligheten til å gå i dybden. Ettersom jeg ikke har kontroll og oversikt over alt innenfor alternative drivstoff vil det være en fordel at jeg

kan komme med oppfølgingsspørsmål når informanten kommer med et svar, og at jeg får muligheten til å gå mer i dybden visst det kommer noe interessante funn.

### 3.2 Kvalitativt intervju

Innenfor det som betegnes som kvalitative metoder er det flere metoder man kan bruke for å samle inn empiri. Blant annet kan man bruke ulike former for intervjuer og ulike former for observasjoner (Larsen, 2017, p. 97). I denne oppgaven ble intervju valgt som metode. Det er to årsaker til at observasjon ble utelukket. For det første er det en metode som jeg ikke har prøvd før. Det var derfor mer naturlig å velge en metode som jeg tidligere har erfaring fra, og som jeg føler jeg har kontroll på. Den andre årsaken er oppgavens tema og problemstilling.. Som beskrevet i teoridelen er det for øyeblikket få skip som faktisk bruker alternativt drivstoff. Det vil derfor være vanskelig å observere hvordan det fungerer, spesielt med tanke på tiden som er til rådighet og svært begrensede muligheter til reising, både på grunn av Corona-pandemien og begrenset økonomi. Derfor falt valget på intervjuer, og videre i dette kapittelet vil det bli beskrevet hvorfor det ble valgt, og hvordan det ble gjennomført.

Kvalitative intervjuer kan gjennomføres på flere måter. Strukturen i intervjuene kan være ulik, og det kan være fornuftig å velge struktur ut fra hva man undersøker og hvor mye kunnskap man har om temaet. Formålet med et kvalitativt intervju er å få frem en persons meninger og erfaringer (Larsen, 2017, pp. 98-99).

#### 3.2.1 Struktur av intervju

Strukturerte intervjuer er intervjuer der spørsmålene er klar på forhånd og spørsmålene stilles i samme rekkefølge. En av fordelene med denne formen for intervju er at det blir lettere og mindre tidkrevende å analysere dataene i etterkant av intervjuet. Om alle personene som har blitt intervjuet har svart på samme spørsmål i samme rekkefølge blir det også lettere å sammenligne svarene (Larsen, 2017, p. 99). Ustrukturerte intervjuer er intervjuer der man ikke har skrevet ned spørsmål på forhånd, men har heller med en liste med stikkord. Disse kan brukes til å holde samtalen rundt temaet. I et slikt intervju er det ikke meningen å styre samtalen i samme grad som ved et strukturert. Stikkordene man har med seg til intervjuet kan brukes til å føre samtalen inn på punkter man vil ha mer informasjon om eller som oppfølgingsspørsmål. Fordelen med en slik struktur er at informanten får selv velge hva den vil snakke om. Det kan føre til at man får gått mer i dybden rundt temaet. Ulempen er at det kan bli uoversiktlig å analysere. Spesielt det å sammenligne svar kan bli utfordrende ettersom

informantene har snakket om forskjellige ting innenfor temaet (Larsen, 2017, p. 100).

Ettersom jeg ikke har tilstrekkelig kunnskap til å lage et strukturert intervju ble dette ikke valgt, og på grunn av litt knapp tid ble ustrukturert intervju utelukket.

Valget falt derfor på å gjennomføre et semistrukturert intervju. Det kan veldig enkelt forklares som en mellomting mellom strukturert og ustrukturert intervju. I et slikt intervju bruker man en fleksibel intervjuguide. På forhånd kan man da forberede spørsmål og temaer, men man kan velge litt mer fritt hvor det passer å stille de forskjellige spørsmålene. Om en informant sier noe som kan være aktuelt er det da mulig å bruke spørsmål eller stikkord som oppfølgingsspørsmål. Ved denne formen er det større sannsynlighet for at informanten får mulighet til å komme med sine synspunkter, samtidig som det blir en viss struktur på intervjuet (Larsen, 2017, p. 99). Kunnskap om alternative drivstoff var begrenset, men likevel var det en viss forståelse som var opparbeidet gjennom praksisperioden og studier av temaet. Derfor ble det konkludert med at et semistrukturert intervju kunne passe bra. Ettersom kunnskapen er begrenset er det fordel å kunne stille oppfølgingsspørsmål for å komme mer i dybden. Med manglende kunnskap kunne det blitt vanskelig å lage en intervjuguide som kunne dekke problemstillingen på en tilstrekkelig måte. Selv om spørsmålene nødvendigvis ikke er stilt i samme rekkefølge til informantene, så er det i stor grad stilt de samme spørsmålene. Dette gjør det lettere å analysere.

### 3.3 Utforming av intervjuguide

Før intervjuene ble gjennomført ble det utformet en intervjuguide. Det er vanlig at intervjuer går gjennom tre faser. Vanligvis begynner man med noen oppvarmingsspørsmål før man går videre til selve refleksjonsdelen, altså den delen som omhandler problemstillingen. Formålet med å starte med noen oppvarmingsspørsmål er å skape en avslappet stemning, samtidig som man begynner å nærme seg temaet (Tjora, 2021, pp. 159-162). Oppfølgingsspørsmålene i denne intervjuguiden tok først for seg litt informasjon om informantene. Spørsmål 1 så slik ut:

1. Kan du fortelle litt om deg selv?

\*navn/alder

\*Arbeidserfaring/karriere/dagens jobb

På denne måten får informanten mulighet til å fortelle om seg selv, uten at det blir lagt noen føringer på hva de skal fortelle. Stikkordene under er hjelpemidler som kan brukes som oppfølgingsspørsmål om det er noe som er uklart eller noe som trenger utdyping. Videre i

oppvarmingsfasen skulle guiden føre samtalen inn på dagens arbeidssituasjon. Med informasjon om informantens tidligere og nåværende arbeidserfaring kan det være lettere å forstå hvorfor de sier som de gjør, og lettere vurdere troverdigheten deres (Tjora, 2021, pp. 159-160).

I hoveddelen der man skal reflektere rundt problemstillingen ble det planlagt 13 spørsmål, med medfølgende stikkord som hjelpemiddel. Selve hoveddelen ble delt inn i to deler. Den første delen var formålet å få frem meninger rundt alternative drivstoff, uten å nevne et spesifikt drivstoff. Spørsmål 4 spurte om hva informanten mente var viktigst når det skulle velges drivstoff for fremtiden. Under spørsmålet ble stikkord som pris, tilgjengelighet, sikkerhet og energitetthet skrevet ned, som kunne brukes som oppfølgingsspørsmål visst det var nødvendig. Håpet var at informanten skulle formidle sine meninger rundt hva som var viktigst, og kanskje vurdere ulike aspekter opp mot hverandre. Hadde det blitt stilt spørsmål om pris var viktig hadde svaret kanskje bare blitt ja. Videre i denne delen skulle guiden prøve å få frem viktige egenskaper, og eventuelle utfordringer med alternativt drivstoff uten å legge ordene i munnen på informantene (Larsen, 2017, pp. 102-103).

I andre delen skulle guiden prøve å få informanten til å formidle sine synspunkter på hvert enkelt drivstoff i rapporten. Før denne delen startet skulle informantene bli informert om at man gikk over til et litt annet fokusområde. Grunne til dette er at det kan da bli lettere for informanten å omstille seg (Larsen, 2017, p. 102).

Andre delen skulle føre samtalen inn på hvert enkelt drivstoff i oppgaven. For hvert enkelt drivstoff ble informanten bedt om å dele sine synspunkter om drivstoffet. Under spørsmålet ble stikkord som pris, tilgjengelighet, sikkerhet og bruk som drivstoff skrevet ned, som skulle fungere som oppfølgingsspørsmål om noe var uklart eller trengte utdyping. Avslutningsvis var planen å spørre om hvilket drivstoff informantene mente var det mest lovende.

### 3.4 Utvelging av informanter

For å samle inn data til denne oppgaven ble tre informanter valgt. Når man benytter seg av kvalitative metoder er ikke det ikke et mål å generalisere statistikk slik man prøver i kvantitative metoder (Tjora, 2021, p. 145). I kvantitative metoder prøver man å representere hele populasjonen, og må derfor benytte seg av sannsynlighetsutvelging, altså at alle har like stor sannsynlighet for å bli trukket ut til undersøkelsen. Ettersom ikke hele populasjonen skal

representeres kan man bruke det som blir kalt ikke-sannsynlighetsutvelging. Her har ikke alle like stor sannsynlighet for å bli trukket ut, og utvalget er ikke tilfeldig (Larsen, 2017, p. 89).

Når informantene ble valgt ble det brukt «skjønsmessig utvelging». Dette er en form for utvelging der forskeren selv velger hvem som skal være med i undersøkelsen. Forskeren velger informanter som kan bidra til å svare på problemstillingen. Man kan da for eksempel velge informanter som er relativt like. Til denne problemstillingen kunne det for eksempel blitt valgt ut tre rederier for å få frem deres holdninger rundt problemstillingen. Det er også mulig å få mer variasjon i utvalget, for å da kanskje få flere synspunkter rundt temaet og problemstillingen (Larsen, 2017, p. 91). Til denne undersøkelsen ble det valgt ut tre personer fra den maritime bransje. De ble først og fremst valgt ut med bakgrunn i at de kunne ha mye kunnskap om temaet. Informantene kom fra ulike organisasjoner fra den maritime bransjen, som ikke har den samme funksjonen i bransjen. Dette ble gjort for å kanskje få frem flere sider av problemstillingen.

Informant 1 kommer fra et klaseselskap. De driver blant annet med rådgivning og sikkerhet innenfor den maritime bransjen. Selskapet gjør også forskning på alternative drivstoff og har en egen avdeling med fokus på bærekraft. Informant 2 kommer fra en organisasjon som har spesialisert seg på energi til skip. Informanten og organisasjonen er stadig i kontakt med rederier og leverandører av drivstoff. Informant 3 kommer fra et rederi. Årsaken til at dette rederiet ble valgt ut var at praksisplassen min anbefalte meg å kontakte de, ettersom de er et rederi som har økt fokuset på grønn skipsfart.

### 3.5 Gjennomføring av intervju

I forkant av intervjuene ble et skjema med informasjon om prosjektet sendt ut på mail. Skjemaet inneholdt blant annet opplysninger om teamet, personvern og retten til å trekke seg. Det er svært viktig at dette blir gjort, da dette er pålagt (Tjora, 2021, p. 180). Før selve intervjuet startet ble det også bedt om tillatelse til å ta opp samtalen på lydopptaker. Bruk av lydopptaker er en stor fordel, ettersom en god analyse er i stor grad basert på nøyaktige fremstillinger av informantenes svar. I tillegg kan man fokusere mer på hva informanten sier, og kroppsspråket til informantene om man ikke trenger å skrive ned like mye notater som man må visst man ikke kan spille inn samtalen. Ulempen med bruk av lydopptaker er at informantene kan bli nervøse og mer bevisst på svarene de gir. Dette kan igjen føre til at viktig kunnskap blir holdt inne (Tjora, 2021, pp. 180-183). Informantene som ble rekruttert til denne

undersøkelsen ga alle samtykke til at intervjuet kunne spilles inn. Det virket ikke som noen av informantene hadde noe imot at samtalen ble spilt inn, og de fremsto ikke nervøse.

Intervjuene ble åpnet med noen spørsmål om informanten, og informantens arbeidsplass. Både for å få en myk start på intervjuet slik at det kan etableres tillit mellom intervjuer og informant, men også litt for å få et inntrykk av informanten (Larsen, 2017, p. 101). I selve refleksjonsdelen gikk intervjuet i stor grad for seg slik det var planlagt. På spørsmålet om hva som var viktig når nytt drivstoff skulle velges, svarte informantene på en meget utfyllende måte. Etter dette spørsmålet ble stilt, forklarte informantene utfyllende om hva som var viktig, og også om en del utfordringer. Dette ga mulighet for å bruke en del andre spørsmål og stikkord fra intervjuguiden for å oppklare uklarheter, og for å få informanten til å utdype enda mer. Når en informant for eksempel snakket om biodrivstoff, ble oppfølgingsspørsmål stilt. Fordelen er at man da får utdypet et tema, eller drivstoff, før man går videre. I andre del av refleksjonsdelen var planen å gå mer i dybden på hvert enkelt drivstoff. I praksis viste det seg at det ikke var behov for å stille de spørsmålene, da de indirekte ble besvart i første del av intervjuet. Selv om de siste spørsmålene ikke ble brukt der de sto i guiden var de svært nyttig. De ble brukt som oppfølgingsspørsmål og som en sjekklister for at alt av empiri som trengtes kom frem.

### 3.5.1 Hvor ble det gjennomført

Ved bruk av kvalitative intervjuer er det en fordel at intervjuet blir gjennomført på et sted der man ikke blir forstyrret, og et sted der informantene føler seg komfortable (Larsen, 2017, p. 98). Det er vanlig å treffes ansikt til ansikt ettersom dette også gir mulighet til å følge med på kroppsspråket til informanten (Tjora, 2021, p. 183). Noe av det viktigste ved et intervju er at informantene føler seg trygg, og da er det som oftest mest hensiktsmessig å velge et sted der informantene er avslappet. Det kan derfor være fornuftig å la informantene velge lokasjon (Tjora, 2021, p. 135). Når informantene ble forespurt om å delta i et intervju ble verken tid eller sted nevnt. To av informantene kom kjapt tilbake med svar, og inviterte meg til kontorene deres for å gjennomføre intervjuet. På den måten fikk informanten velge et sted der de følte seg komfortabel og intervjuet ble da gjennomført ansikt til ansikt. Det gikk midlertidig ikke helt som planlagt. En av informantene ble forkjølet dagen før intervjuet, og ba selv om å flytte møtet til møteplattformen Teams. To av intervjuene ble derfor gjennomført på teams, og ett på kontoret til en av informantene. Kommunikasjonsplattformer som Teams kan føles unaturlig for mange, som kanskje kan føre til at noen blir litt stresset av situasjonen.

Ved intervjuene som ble gjennomført på Teams følte det ikke som noen ulempe. På grunn av Covid-19 har man etter hvert begynt å bli komfortabel med å ha møter på slike plattformer. Ettersom informantene også ba om det, kan man også anta at de var komfortable med dette. Ettersom Teams også tillater bruk av video får man også med seg ansiktsuttrykk.

### 3.5.2 Tidsbruk

Når informantene ble rekruttert fikk de opplyst at intervjuet ville vare fra ca. 30 til 60 minutter. Intervjuer kan i noen tilfeller vare i flere timer. For tema som ikke er så personlige og ikke så følsomme trenger man gjerne ikke å opprette den samme graden av tillit som temaer som er svært personlig. I slike tilfeller kan kortere intervjuer benyttes, ettersom man ikke trenger å bruke mye tid på å bygge tillitt (Tjora, 2021, p. 141). Temaet alternative drivstoff er et tema som ikke inneholder personlig informasjon som kan være vanskelig å dele med andre man ikke kjenner. Med bakgrunn i antall spørsmål ble det beregnet at 30 til 60 minutter skulle være tilstrekkelig for å hente ut nok informasjon. Ved lengre intervjuer kunne man kanskje fått mer informasjon fra hver informant. På en annen side skulle intervjuguiden dekke problemstillingen i størst mulig grad. I tillegg kan det være greit å tenke på at man ikke skal sløse med tiden til informantene (Tjora, 2021, p. 140). Det er stor sannsynlighet at om det hadde blitt stilt flere spørsmål enn planlagt så hadde informanten måtte repetert seg selv flere ganger. En annen årsak til at intervjuet på under en time kan være fornuftig er at det kan være vanskelig å rekruttere informanter visst de må sette av mye tid (Tjora, 2021, p. 142).

### 3.6 Tidsbruk

Denne oppgaven er skrevet gjennom et semester, der jeg samtidig har vært utplassert i en bedrift. Ettersom det bare har vært mulig å bruke noen måneder på arbeidet, har det bare vært mulighet til å samle inn meninger og synspunkter på et visst tidspunkt. Dette kalles en tversnittundersøkelse (Busch, 2013, p. 54). Det vil da si at det bare er synspunktene og meningene til bedrifter og personer på et visst tidspunkt, som i dette tilfellet er høsten 2021 som kommer med i analysen. Dette har både positive og negative sider. Fordelen med tversnittundersøkelser er at man får noen synspunkter som kan sammenlignes med andres synspunkter på et gitt tidspunkt. I dette eksempelet har det for eksempel blitt samlet inn synspunkter om alternativt drivstoff fra flere aktører i den maritime bransjen i 2021. Hadde meningene vært samlet inn over flere år hadde det blitt vanskeligere å kunne sammenligne. Ulempen med en tversnittundersøkelse er at man ikke får forsket på utviklingen i synspunktene og meningene. Når det kommer til utvikling av alternativt drivstoff er den



teknologiske fremgangen stor. Om ett år kan synspunktene til aktørene i den maritime bransjen være helt annerledes enn det de er i dag. Det har sammenheng med teknologisk utvikling og hvilken politikk som blir ført.

### 3.7 Validitet og reliabilitet

For å sikre god kvalitet i oppgaven må validitet og reliabilitet drøftes gjennom hele arbeidsprosessen (Larsen, 2017). I avsnittene under vil det bli drøftet hvordan validitet og reliabilitet har blitt ivaretatt gjennom prosessen.

Validitet går kort fortalt ut på forskningens gyldighet (Larsen, 2017, p. 93). Det vil da si at man svarer på det man skal svare på (Tjora, 2021, p. 260). I denne undersøkelsen skal det undersøkes hvilke alternativt drivstoff som ser mest lovende ut for å redusere CO2 utslippet til europeisk skipsfart med 50 prosent innen 2050. Man må da kunne stille spørsmål som kan svare på dette. I denne undersøkelsen ble det valgt en kvalitativ metode for å kunne svare på problemstillingen. Videre ble det besluttet å gjennomføre semistrukturerte intervjuer med tre informanter. Årsaken er at det muligens kunne passe best for å svare på en så kompleks problemstilling. Hadde jeg hatt mer kunnskap rundt temaet kunne nok et mer strukturert intervju passet bedre, og spørsmålet kunne kanskje blitt bedre besvart. For at informantene skulle få i mest mulig grad komme med den informasjonen de mente var viktig, ble intervjuguiden utformet for å kunne være mer fleksibel, samtidig som man hadde noen konkrete spørsmål å bygge intervjuet ut ifra. Ved et strukturert intervju kunne man risikert at man bare fikk svar på de konkrete spørsmålene man hadde på forhånd, men gikk da glipp av annen empiri som kunne svare på problemstillingen. Valget av informanter ble gjort på bakgrunn av at de mest sannsynlig kunne bidra til å svare på problemstillingen. Alle informantene har god kunnskap rundt temaet, og alle informantene har tett tilknytting til den maritime bransjen. Man kan alltid vurdere om man skulle hatt flere informanter. Kanskje kunne flere informanter bidratt til å svare bedre på problemstillingen. I ettertid ser man at det kunne vært en fordel å ha med flere informanter der de kommer fra rederier, for å mer nøyaktig kartlegge hva rederiene ønsker av nye drivstoff. Når det kommer til stykket så ser det ut som spørsmålene bidrar til å svare på problemstillingen, og det ser ut som informantene hadde tilstrekkelig kunnskap til å kunne bidra. Man kan til slutt alltid vurdere om man kunne stilt andre, eller flere spørsmål.

Det er også et mål i kvalitative undersøkelser å kunne overføre resultatene til andre grupper enn de som har deltatt i undersøkelsen, og andre områder enn det som har blitt undersøkt (Larsen, 2017, p. 94). I denne oppgaven bør derfor funnene fra informantene og teorien kunne overføres til andre personer og områder. Informantene som er valgt har tett kontakt med andre aktører i den maritime bransjen. Deres synspunkter vil derfor muligens være preget av andres synspunkter. Kanskje kan dette føre til at funnene er et resultat av større deler av den maritime bransjen enn det de tre informantene representerer. Når det gjelder overførbarhet til andre områder kan man vurdere om det er mulig å bruke funnene til andre geografiske områder. Trolig kan det ikke overføres til deep-sea shipping, ettersom man der trenger en helt annen energimengde og størrelse på skip og last er som oftest betydelig større. Muligens kan funnene overføres til andre geografiske områder der avstandene er kortere og skipene mindre. For eksempel for noen skip som seiler langs kysten av Amerika eller Asia.

Reliabilitet er knyttet til undersøkelsens pålitelighet (Busch, 2013, p. 61). Det vil si at man kan stole på det som kommer frem av undersøkelsen. For å klare dette må det ligge til grunn at man har vært nøyaktig i arbeidet (Larsen, 2017, p. 94). Blant annet bør man da transkribere korrekt og med presisjon for å kunne gjengi informanten rett. Da vil det være en fordel å bruke lydopptak, og det er blitt gjort. Et annet verktøy for å kunne skape høy reliabilitet er å stille klare spørsmål, som ikke er ledende (Larsen, 2017, p. 95). I intervjuene bør det bli stilt ganske åpne spørsmål. Først og fremst for å kunne dekke problemstillingen best mulig, men det fører også til at spørsmålene ikke blir ledende. Ulempen med dette er at det kan gi rom for tolkning, og at svarene informantene kommer med kanskje blir tolket feil.

Reliabilitet blir også ofte vurdert på om man hadde fått det samme svaret om man hadde gjort den samme undersøkelsen på nytt. Dette er ikke alltid like lett i kvalitative undersøkelser, ettersom man samler inn personers eller gruppers meninger og synspunkter. Det informantene sier og gjør blir av forskere tolket, både bevisst og ubevisst (Larsen, 2017, pp. 94-95). I tillegg gjør teamet det problematisk å «teste» undersøkelsen flere ganger. Utviklingen innenfor alternative drivstoff gjør at om man hadde gjort undersøkelsen igjen om et år så er det en sjans for at man ville fått et annet resultat.

## 4. Presentasjon av empiri

### Sammendrag intervju 1

Informant 1 en person er ansatt i en organisasjon som blant annet arbeider med rådgivning og forskning på alternative drivstoff. Tidlig i intervjuet ble det stilt spørsmål om hvordan de så på det grønne skiftet innen skipsfarten. Svaret var at det var et viktig og stort tema som ville berøre mange forskjellige aktører. Informanten var klar på at for å få utslippene tilstrekkelig ned så måtte skip også benytte seg av alternative drivstoff.

Spørsmål 5 handlet om hva som var viktig når man skulle velge drivstoff. Personen var innom pris, tilgjengelighet og lagring om bord på skipet. Prisen ble trukket frem som svært viktig. Samtidig ble det også trukket frem at pris ikke styrer alt. Man ser allerede at charterere og myndigheter stiller krav, og man kan derfor få jobben selv om man har dyrere pris, om man har et grønnere alternativ enn kundene. Prisen for aktuelle drivstoff var fortsatt uklart ettersom det er mange teknologiske og politiske saker som må bli avklart.

Når det kommer til den ekstra plassen det vil ta for å installere tanker som kan holde på drivstoffet, kom det frem at dagens skip har kapasitet til å ta store mengder tradisjonelt drivstoff, ganske mye mer enn det som trengs. At tankene som trengs for alternativt drivstoff tok mer plass var nødvendigvis ikke et stort problem, bortsett fra på de største skipene som seiler de lengste distansene.

Videre mente informanten at hydrogen har potensial til å redusere CO<sub>2</sub> utslipp, men har noen problemer, spesielt knyttet til energitetthet. Derfor forventet ikke informanten at det ville bli aktuelt som drivstoff, bortsett fra på mindre skip som seiler kortere distanser som for eksempel ferger. Det var også spørsmål knyttet til infrastruktur. Informanten poengterte at det var dårlig bygget ut, og at det var svært usikkert i hvilket tempo det vil bli bygget ut.

Ammoniakk ble sett på som et bedre alternativ til skip som seiler lengre distanser. Årsaken er at energitettheten er bedre enn hydrogen og at infrastrukturen er bedre bygget ut. I tillegg har man erfaring med å frakte ammoniakk. Utfordringene er knyttet til sikkerheten, og da spesielt giftigheten. Informanten mener at det ikke ville være egnet for passasjerskip, men det er ikke relevant for denne oppgaven.

LNG vil bli viktig for skipsfarten som et overgangsdrivstoff, selv om det bare reduserer utslippene med 20 til 25 prosent. Informanten fremhevet at man kan med mindre modifikasjoner bygge om et LNG skip til å kunne benytte seg av andre typer drivstoff, for eksempel ammoniakk.

Informanten mente også at biodrivstoff muligens ville være en del av fremtiden, men det har i likhet med de andre drivstoffene noen utfordringer. Den største utfordringen var tilgjengeligheten. Flybransjens etterspørsel etter biodrivstoff kan by på utfordringer, ettersom det er en begrenset ressurs. Det vil mest sannsynlig ikke være nok til å dekke markedet, så andre drivstoff må også brukes til skipsfarten.

Informanten mente at det ikke ville bli ett drivstoff som dominerer i fremtiden. Forskjellige drivstoff vil være bedre til noen skipstyper. Informanten ville råde rederier til å være fleksibel, slik at de har mulighet til å velge ulike drivstoff som kan benyttes i samme tanker og fremdriftssystemer.

### Sammendrag intervju 2

Informant 2 har stor kunnskap og erfaring innenfor drivstoff og energi til skipsfarten.

Informanten informerte at LNG var det mest utbredte alternative drivstoffet i dag. Det ble stilt spørsmål til om utviklingen vil fortsette, ettersom det ikke reduserer CO2 tilstrekkelig. Det ble også poengtert at det hadde tatt lang tid å bygge opp infrastrukturen. Fordelen er at man muligens kan bygge om til andre drivstoff om man først har basert driften på LNG. Når det kommer til pris på LNG så varierer de mye. Blant annet er det dyrere på vinteren der mye naturgass blir brukt til oppvarming av boliger.

Metanol ble også sett på som en god løsning. Tettheten er grei og det er enklere å håndtere ettersom det er flytende under normale temperaturer. Prisen på grå metanol ligger rundt den samme prisen som fossilt drivstoff når man ser på pris i forhold til energimengde. Her var det viktig å skille mellom grå metanol og grønn metanol, som mest sannsynlig vil bli dyrere.

Utfordringen med metanol er det lave flammepunktet. Informanten var i tvil på om man hadde tatt hensyn til hvordan det skulle lagres i havner og andre anlegg. Når det er sagt så mente informanten at om man behandlet det på en fornuftig måte så er det ikke noe større risiko med metanol enn det er med andre drivstoff.

Informanten mente at hydrogen hadde for lav energitetthet til å kunne være et godt alternativ for europeisk skipsfart. Selv om det mest sannsynlig ikke vil ha høy nok energitetthet til å drive hovedmotoren, så mente informanten at det kanskje kunne brukes i en hybrid løsning fremfor batterier som i dag brukes en del. Altså at man har en hydrogenmotor som brukes i tillegg til en annen motor. Ferger ble trukket frem som en skipstype som kanskje kunne være egnet for hydrogen. Ammoniakk ble også sett på som en løsning. Usikkerheten knyttet til giftigheten så informanten på som noe stor utfordring, ettersom det mest sannsynlig med tiden vil komme regelverk på plass.

Videre fortalte informanten at biodrivstoff brukes av noen skip i dag, noen få som går på biodrivstoff alene, mens andre blander det inne i fossilt drivstoff. Informanten trodde også at man kanskje hadde undervurdert hvor mye drivstoff som brukes i skipsfarten, og at det derfor kanskje ikke ville være tilstrekkelig med biomasse for å produsere biodrivstoff. En overgang til 100 prosent biodrivstoff vil derfor være vanskelig, men det er ikke tvil om at det på en eller annen måte vil spille en rolle i årene som kommer. Teknisk er biodrivstoff det som er enklest å gjennomføre et skifte til, men det finnes også utfordringer. Spesielt det at man må unngå vann i tankene, ettersom det kan by på store problemer og dyre reparasjoner. Også de dårlige kuldeegenskapene kan være en utfordring for enkelte skip, og enkelte områder i Europa.

I likhet med informant 1 sa denne informanten at inntrykket var at skip har plass til mer drivstoff enn det som er nødvendig. Det ble videre fortalt at skip som går mellom havnene i Europa er innom en havn med mulighet for bunkring ca. hver tredje til fjerde dag. Et annet viktig poeng fra dette intervjuet var at informanten mente motorleverandører ville få et press på seg for å kunne levere motorer som kan benytte seg av flere typer drivstoffer. Det vil mest sannsynlig ikke være et dominerende drivstoff i fremtiden, og derfor bør rederiene kunne være fleksibel på valg av drivstoff.

### Sammendrag intervju 3

Informant 3 er ansatt i et rederi. I likhet med de andre informantene mente denne informanten at det grønne skiftet er et utfordrende tema, med mange faktorer å ta hensyn til. I tillegg til overgang til alternative drivstoff ble effektiviseringen av skip trukket frem. For å få alternative drivstoff til å fungere i praksis må skip bli mer effektive ettersom energitettheten er lavere enn tradisjonelt drivstoff. En annen utfordring informanten trakk frem var at man må undersøke hvor drivstoffet kommer fra, altså hvordan det er produsert. Informanten trakk

blant annet frem ammoniakk og metanol som har høyere livsløpsutslipp om det er produsert fra naturgass, enn tradisjonelt fossilt drivstoff.

Infrastruktur og pris ble sett på som viktige faktorer når drivstoff skal velges. For rederiet var det viktig at det var mulig for bunkring i de fleste havner. Derfor ble fuel fleksibilitet sett på som svært viktig. Det vil si at skipene har en motor og tanksystem som kan bruke flere forskjellige drivstoff. Når det kommer til pris på drivstoff var det svært viktig. Et rederi kan egentlig ikke gå over til grønne alternativer før konkurrentene gjør det. Prisene for grønt drivstoff er dyrere enn fossilt, og det vil føre til store tap for rederiet. Informanten påpekte også at det er vanskelig å spå hvilket drivstoff som vil bli rimeligst, ettersom det blir produsert i svært liten skala. Riktignok blir ammoniakk, hydrogen og metanol produsert i større mengder, men dette er basert på naturgass, noe som ikke kan brukes om målene skal nås.

Hydrogen ble sett på som en usannsynlig løsning. Energitettheten var for lav, og det krevde for mye energi for å gjøre det flytende. For mye av skipet måtte da brukes til lagring av drivstoffet, noen som fører til tapt inntjening. Informanten mente at hydrogen ville spille en vesentlig del i det grønne skiftet, selv om det alene vil være dårlig egnet som drivstoff. Både metanol og ammoniakk trenger hydrogen for å kunne produseres, og man trenger grønt hydrogen, eventuell blå for at det gjennom hele livsløpet skal slippe ut mindre CO<sub>2</sub>.

Ammoniakk ble sett på som en realistisk mulighet. Energitettheten var akseptabel og kjøling av ammoniakk ble sett på som noe som kunne gjennomføres. Utfordringene er knyttet til produksjonskapasiteten.

Informanten var litt skeptisk til bruk av biodrivstoff. I likhet med informant 1 trakk informanten frem konkurransen med flybransjen og andre bransjer om en begrenset ressurs. Videre mente informanten at biodrivstoff produsert fra enkelte biomasser kunne føre til at CO<sub>2</sub> utslippene ble høyere gjennom hele livsløpet enn det fossilt drivstoff har. Informanten mente at for at biodrivstoff skulle være et bærekraftig alternativ måtte biodrivstoffet være produsert av diverse avfall og biomasser som ikke kan brukes til andre formål. Da står man igjen med en svært begrenset ressurs, som mest sannsynlig ikke kan dekke skipsfartens enorme behov etter drivstoff.

LNG ble sett på som et overgangsdrivstoff. Grunnen var at det er det reduseres CO<sub>2</sub> her og nå, og det vil ta tid før andre alternativer er tilstrekkelig på plass. En annen fordel er at

infrastrukturen nå begynner å bli utbygd. I tillegg kan et skip som er konstruert for LNG drift enkelt ombygges til andre typer drivstoff. Går man over til ammoniakk trenger man bare å skifte over til rustfrie deler. Det ble også nevnt muligheten til å gå over til biogass. Metanol kunne også være et alternativ. Energitettheten var akseptabel og det var et pluss at man ikke trengte nedkjøling for å holde drivstoffet flytende. Informanten mente den største utfordringen var å få produsert nok grønn metanol. Bruk av grå metanol, altså metanol produsert fra naturgass vil gi mer CO<sub>2</sub> utslipp gjennom hele livsløpet enn fossilt drivstoff.

Informanten mente at det mest fornuftig var å velge fremdriftssystemer som var beregnet til å kunne bruke flere typer drivstoff. På denne måten kunne man redusere risikoen for å ikke få bunkers når man trengte det. Det informanten hadde mest tro på var bruk av en Solid Oxide Fuel Cell. Man kan da benytte seg av man kan da benytte seg av LNG, metanol og ammoniakk. Selv om en SOFC er dyrere enn andre brenselceller mente informanten at det var en fornuftig investering.

## 5. Analyse

I denne delen vil først hvert enkelt drivstoff bli analysert på bakgrunn av teori og informantenes synspunkter. Videre vil viktige punkter som produksjonsprosess, utslipp, energitetthet, sikkerhet og infrastruktur analyseres, for å danne et bilde av hvilket drivstoff som ser mest lovende ut for å nå IMO 2050.

### 5.1 Drivstoff

#### 5.1.1 Hydrogen

Hydrogen har flere egenskaper som kan gjøre det aktuelt som drivstoff. Det finnes rikelig med hydrogen i naturen til å kunne drive skipsfarten. I tillegg kan hydrogen være helt utslippsfritt, helt fra produksjon til bruk som drivstoff. Det forutsetter at det er snakk om blått eller grønt hydrogen. I dag blir det meste av hydrogen produsert fra naturgass, altså grått hydrogen. For at hydrogen skal være et reelt alternativ må produksjonsvolumet av blått og grønt hydrogen skaleres opp. Spørsmålet er om produsenter er villige til å øke produksjonen av miljøvennlig hydrogen. For at det skal være lønnsomt, spesielt for blått hydrogen må etterspørselen for hydrogen økes. Det er flere faktorer som peker for økt etterspørsel, men også noen som taler mot dette. Som vist i kapittel 2.3.1 er det ikke bare til bruk som drivstoff hydrogen er egnet. Det kan også brukes i andre industriprosesser og til oppvarming. I tillegg kan det brukes til

produksjon av ammoniakk og fornybar metanol. Dette kan føre til at etterspørselen etter hydrogen øker, som igjen kan føre til bedre tilgjengelighet i Europa.

En annen fordel er at prosjektet med å bygge fergen Hydra var vellykket. Man har dermed vist at hydrogen kan brukes som drivstoff, og at det er mulig å få hydrogen om bord på skipet. Det kan tenkes at flere kan vurdere hydrogen, når man ser at det er mulig å gjennomføre.

Energitettheten for lagret hydrogen, både komprimert og nedkjølt er lavest av alle drivstoffene som er med i undersøkelsen. Spørsmålet er om det er tilstrekkelig med energi selv om det er dårligere enn de andre alternativene. Informantene påpekte at dagens skip har plass til mer drivstoff enn det som er nødvendig. Samtidig kom det frem fra informantene at hydrogen trolig vil ha for lav energitetthet til å brukes som drivstoff i europeisk skipsfart. Informant 1 mente at hydrogen ville være best egnet for kortere distanser, som ferger og hurtigbåter. Informant 2 og 3 hadde ikke tro på hydrogen som drivstoff for skip som seiler litt lengre distanser. Årsaken var den lave energitettheten, altså at man ikke får med nok energi ved hver bunkring. Erfaringene til informant 2 er at skip som seiler i Europa er innom en havn ca. hver 3-4 dag. Med hydrogen vil man derfor måtte ha flere bunkringsstopp på veien mellom to havner. Som vist i figur 3 har både komprimert og nedkjølt hydrogen høyere energitetthet enn batterier. Informant 3 la også vekt på utfordringene med å kjøle ned drivstoffet, grunnet det store energibehovet. Gjennom intervjuene kom det frem at flere skip ser på muligheten for hybride løsninger, der batterier og et annet drivstoff kombineres. Om det er tilfellet, kan det kanskje være mer hensiktsmessig å bruke hydrogen i en hybridløsning for å redusere CO<sub>2</sub> utslipp. Foreløpig er batteri mest utprøvd og vil nok fremstå som det tryggeste valget for redere som vurderer hybridløsning, men prosjekter som Hydra fergen har vist at det er mulig. Etter hvert som hydrogen kanskje blir testet gjennom bruk i norske ferger kan det fremstå som et tryggere alternativ.

Infrastrukturen rundt hydrogen kan også by på problemer om hydrogen skal bli regnet som en god løsning. Som vist i kapittel 2.3.2 bør hydrogen komprimeres eller gjøres flytende ved nedkjøling for å øke energitettheten. Flytende hydrogen har høyest energitetthet, men det er også den metoden for lagring som er mest energikrevende og dyrest. Det kan føre til at prisene på hydrogen øker, ettersom lagring og transport blir kostbart. En annen ulempe er at man trenger stor plass for lagring. For det første er energitettheten per liter lavest av alle drivstoffene som er nevnt i oppgaven. For det andre fører eksplosjonsfaren til hydrogen til at



man må ha en sikkerhetsavstand visst større mengder skal lagres. Det kan igjen føre til at havner heller vil bygge ut infrastrukturen for drivstoff som tar mindre plass å lagre.

Brann- og eksplosjonsfaren knyttet til hydrogen kan være en barriere mot å ta det i bruk som drivstoff. Foreløpig er det ikke noe regelverk for bruk av hydrogen som drivstoff på skip. Nå som det første hydrogen skipet (fergen) er bygget, kan man demonstrere at det er trygt å bruke som drivstoff.

### 5.1.2 Ammoniakk

Gjennom teori og intervjuer kommer det frem at ammoniakk har potensiale til å bli et viktig drivstoff for å nå IMO sitt mål. I likhet med flere av de andre drivstoffene som er med i analysen avhenger det i stor grad av produksjonsprosessen. Grå ammoniakk vil ikke kunne bidra til å nå målene, ettersom det blir sluppet ut store mengder CO<sub>2</sub> i produksjonsprosessen. Informantene la stor vekt på at man må vite hvordan drivstoffet er produsert. I teorien er både blå og grønn ammoniakk mulig å produsere. Spørsmålet er om det er mulig å produsere stort nok volum til å kunne dekke forbruket til skip som seiler mellom havnene i Europa.

En utfordring med ammoniakk er manglende infrastruktur. Det er et problem som for øvrig også gjelder en del andre alternative drivstoff. Riktignok er infrastrukturen til ammoniakk noe utbygd, ettersom ammoniakk allerede blir fraktet med blant annet skip. Det er derfor muligheter for lagring i ganske mange havner i Europa. Selv om det finnes noe infrastruktur, så må det bygges ut mer om skipsfarten skal kunne ta det i bruk som drivstoff. Gjennom intervjuene kommer det frem at skip er innom ganske mange forskjellige havner for å ta imot drivstoff. Informant 1 mente det var svært vanskelig å vite hvor fort utbyggingen kan skje. Det kan gjøre det vanskelig for redere å velge ammoniakk, som igjen fører til at utbyggingen tar lengre tid. Informant 3 påpekte viktigheten av en godt utbygd infrastruktur. Redere kan ikke gå for alternative drivstoff før det er rimelig sikkert at de kan bunkre der det er nødvendig. En fordel når infrastruktur til ammoniakk skal utbygges er at teknologien allerede er på plass.

Som vist i figur 3 har ammoniakk en energitetthet per liter som ligger på omtrent det samme nivået som metanol og LNG. Informantene påpekte at energitettheten kan være akseptabel til å brukes på i det europeiske fartsområdet. Det gjør ammoniakk til et reelt alternativ.

Riktignok er energitettheten noen lavere enn metanol og LNG. Informantene ga ikke uttrykk for at de mente at dette ville spille en vesentlig rolle. En annen fordel med ammoniakk som

drivstoff er at det kan brukes både i en forbrenningsmotor og i en brenselcelle. Spesielt det at ammoniakk kan brukes i en Solid Oxide Fuel Cell kan bli sett på som en styrke, ettersom en slik brenselcelle kan benytte seg av andre drivstoffer også. Dette kan da gi rederiene mer fleksibilitet. Alle informantene hadde den oppfatningen av at det var flere drivstoff som kom til å være aktuelle fremover mot 2050 og etter, som gjør det svært nyttig å kunne bytte mellom ulike drivstoff. Dette taler for at en SOFC brenselcelle er den beste løsningen om ammoniakk skal brukes. Som nevnt tidligere er det forventet at en brenselcelle vil være dyrere enn en forbrenningsmotor. Informant 2 og 3 mente at det ville være en fornuftig investering, ettersom man får mer fleksibilitet. Noe som også taler for bruk av brenselceller er utslippene av NOx. Utslippene av NOx ved bruk av ammoniakk i en forbrenningsmotor, kan komme i konflikt med dagens regler for utslipp av NOx utslipp. Ved bruk av ammoniakk i en brenselcelle vil man ikke ha den problemstillingen.

Sikkerheten kan bli en utfordring ved bruk av ammoniakk som drivstoff, ettersom det er giftig. Informant 1 mente at dette gjorde det uegnet for skip som frakter passasjerer, ettersom de ikke har trening i håndtering av drivstoffet, og ikke har opplæring i rutiner om det skulle oppstå en lekkasje. Problemstillingen tar ikke for seg passasjerskip, men det kan være verdt å merke seg. Informantene så ikke for seg at det skulle by på store problemer at drivstoffet er giftig. Det vil være nødvendig med opplæring av mannskapet og gode rutiner, men det virker gjennomførbart.

### 5.1.3 Metanol

Metanol har vist seg å være teknisk mulig gjennom flere prosjekter, som for eksempel Stena Germanica. På bakgrunn av teori og informantenes synspunkter, så virker det svært lovende. Basert på informasjonen fra informantene virker det som om det er ganske mange i den maritime bransjen som har tro på at metanol kan være løsningen, eller i alle fall en del av løsningen. Metanol har noen aspekter ved seg som både er positive og negative.

For det første er det produksjonsprosessen man må vurdere. I dag produseres nesten all metanol fra naturgass, og i noen tilfeller kull. Dette gir høyere CO2 utslipp enn dagens fossile drivstoff om man regner på hele livsløpet, og kan derfor ikke regnes som en god erstatning for fossilt drivstoff. Produksjon basert på hydrogen eller biomasse må derfor skaleres opp dersom metanol skal kunne bidra til å nå IMO's mål. Gjennom teori og informantenes synspunkter, virker det som om det er mulig å klare. Likevel ble det stilt spørsmål til om

produksjonsvolumene av fornybar metanol ville bli tilstrekkelig. Det kan bli et problem. Om mange nok rederier velger å gå over til metanol, uten at tilgangen til bio eller e-metanol er tilstrekkelig så overgangen kanskje virke mot sin hensikt.

Uavhengig av hvordan metanol er produsert, så har det blitt vist at det fungerer som drivstoff. Det var heller ikke noen av informantene som ikke hadde tro på metanol som drivstoff. Det kan være greit å ta med seg at metanol har lavere energitetthet enn fossilt drivstoff, men da kommer man igjen inn på spørsmålet om hvor mye energi man trenger mellom hver bunkring i Europa. Per liter har metanol høyere energitetthet enn både LNG og ammoniakk, og informantene var klar på at energitettheten var tilstrekkelig for å brukes i Europa.

Infrastrukturen til metanol er delvis utbygd ettersom det allerede blir fraktet på skip, men den må utbygges videre for å kunne dekke behovet til skipsfarten i Europa. Som vist tidligere kan metanol i stor grad benytte seg av eksisterende infrastruktur for fossilt drivstoff ettersom det i utgangspunktet er flytende. Ser man bort fra noen sikkerhetstiltak på grunn av det lave flammepunktet kan infrastrukturen benyttes på samme måte. For redere kan dette gjøre det lettere å velge metanol. Informantene var klar på at manglende infrastruktur og vanskeligheter knyttet til bunkring gjør det vanskelig å gå fra fossilt drivstoff til alternative drivstoff. Ettersom fungerende infrastruktur for metanol i teorien kan komme på plass ganske kjapt vil det tale for at metanol kan være et godt alternativ for å begynne veien mot 2050. I tillegg vil infrastrukturen være betydelig billigere å bygge ut enn hydrogen og LNG ettersom man ikke trenger teknologi som kan gjøre drivstoffet flytende.

Ulempen er det lave flammepunktet som kan skape problemer for sikkerheten. Foreløpig er det bare et midlertidig regelverk for metanol, som kan by på problemer for rederier som vil benytte seg av metanol. Fra informantene kom det frem at de hadde tro på at et gjennomtenkt regelverk ville komme på plass, mye på grunn av at det allerede er gode rutiner om håndtering av metanol som last. Informant 2 påpekte også at metanol ikke er farligere enn andre drivstoff, så lenge det er håndtert på en sikker måte.

#### 5.1.4 Biodrivstoff

Biodrivstoff blir sett på som et godt alternativ. Gjennom teori og intervjuer kommer det frem at det er mange aktører i bransjen som vurderer mulighetene til å gå over til biodrivstoff. En av de største fordelene er at rederne trenger å gjøre svært lite endringer på skipene sine og måten de opererer på. Infrastruktur er også på plass, ettersom det i stor grad kan benytte seg

av den som allerede er på plass for tradisjonelt drivstoff. Det er tilgang på anlegg, biler og bunkersfartøy i alle store havner. Som nevnt tidligere må man passe ekstra på kuldeegenskapene til biodrivstoff, ettersom de pleier å være dårligere enn fossilt drivstoff. For noen skip som opererer i kalde områder kan det skape problemer, og det er derfor mulig at noen skip som opererer i nordlige områder av Europa, spesielt på vinterhalvåret bør velge andre drivstoff.

En annen side rederne må vurdere om de skal velge biodrivstoff, er lagring av biodrivstoffet. Forskning og prøver av biodrivstoff viser at det bør brukes innen to til tre måneder etter at det er tatt om bord på skipet, ellers kan drivstoffet med tiden bli ubrukelig. Biodrivstoff har en høyere energitetthet enn de andre aktuelle drivstoffene. Visst man likevel ikke kan bunkre for flere måneder frem i tid kan man stille spørsmål om det er behov for å velge drivstoffet med høyest energitetthet. Gjennom intervjuene kommer det frem at informantene mente at skip har plass til mer bunkers enn de trenger. De fleste skip som seiler i Europa er innom en havn med noen dagers mellomrom. I de fleste havnene er det gode muligheter for å bunkre. Derfor er det mulig at de andre typene drivstoff kan være et like godt alternativ. Selv om de har lavere energitetthet og man får mindre energi ved fullt lastete tanker, kan det likevel være et godt nok alternativ ettersom man uansett har mulighet til å bunkre regelmessig. På en annen side kan det være en fordel å få så mye energi som mulig om bord under hver bunkring. Skal man bunkre ofte så går det mye tid med til å vente. Tiden går til bunkring, og eventuell venting på biler eller bunkringsfartøy.

Alle informantene stilte spørsmål om tilgangen til biodrivstoff fremover. Skipsfarten bruker enorme mengder med drivstoff, og bærekraftig biomasse er en begrenset ressurs. Informant 2 påpekte at man kanskje undervurderer det store volumet av fossilt drivstoff som blir brukt til skipsfarten. I tillegg til den maritime bransjen er det flere andre sektorer som også er interessert i drivstoffet. To av informantene la spesielt vekt på flybransjens interesse for biodrivstoff. Om den maritime bransjen, flybransjen og landbasert transport har et behov for biodrivstoff vil det bli svært høy etterspørsel. Med høy etterspørsel og lav tilgjengelighet kan det føre til at prisene stiger. Når man tenker på det «bærekraftige», kan det oppstå problemer. Spesielt en av informantene la vekt på dette. Skipsfarten trenger store mengder drivstoff, og bærekraftig biomasse som matavfall og sagflis er en begrenset ressurs. Om man hugger ned trær og bruker planter som kan brukes til mat eller matproduksjon vil det ikke være et

bærekraftig alternativ. På en annen side finnes det en god del biomasse som kan regnes som bærekraftig. En mulighet er at biodrivstoff kan brukes til de segmentene som opererer over lengre perioder uten å gå til en havn, og som derfor trenger høyere energitetthet enn andre skip. Fra informant 2 ble forskningsfartøy trukket frem som et eksempel.

#### 5.1.5 LNG

I likhet med DNV, så ser informantene på LNG som et overgangsdrevstoff. Årsaken er at det er tilgjengelig i ganske stor grad, og kan fra første øyeblikk bidra til å redusere CO<sub>2</sub> utslipp. LNG har vist seg teknisk mulig, og i dag er det flere skip som opererer på LNG. For å nå IMO 2050 vil ikke LNG alene være tilstrekkelig etter som det bare reduserer CO<sub>2</sub> utslipp med ca. 25 prosent, men det regnes som en start på veien. En av fordelene ved bruk av LNG er at det ikke kommer i konflikt med gjeldende reguleringer for utslipp av NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub>. Selv om problemstillingen ikke tar for seg disse utslippene vil det være noe redere må ta hensyn til ved valg av drivstoff.

Til bruk i europeisk skipsfart vil energitettheten til LNG være tilstrekkelig. Energitetthet på 13 MJ/L gjør at det ligger omtrent på samme nivå som ammoniakk og metanol. Det er riktignok noe lavere enn metanol, men forskjellen er så lite at det ikke vil påvirke seilingsmønsteret. Når man ser på energitettheten som ligger på 13 MJ/L, så er det medregnet tankene som kan holde gassen flytende. Bruk av LNG i en forbrenningsmotor er mulig, men ut fra to av informantenes synpunkt virker det som om LNG i en brenselcelle er mest hensiktsmessig, og spesielt da en Solid Oxide Fuel Cell som kan benytte seg av flere ulike drivstoff, ettersom den opererer på høyere temperaturer. Informantene trakk frem muligheten til å benytte seg av ammoniakk om man har et skip og et tanksystem som er beregnet for LNG. Grunnen er at naturgass må kjøles ned til -163 °C for å bli nedkjølt. Klarer man det, så klarer man også å kjøle ammoniakk som bare trenger -33 °C for å bli flytende. Bruk av LNG åpner altså opp for å bli mer fleksibel for ulike drivstoff fremover. Dette er noe alle informantene trakk frem som svært viktig, med tanke på at man ikke vet enda hvordan utviklingen vil bli. En annen mulighet for skip som bruker LNG er å gå over til biogass, som i prinsippet er det samme, bare at det kommer fra biomasser. Det kan enten brukes alene eller som innblanding. Ved bruk av biogass får man redusert utslippene ytterligere og kan dermed nå IMO sin målsetting. Når det er snakk om biogass er det igjen viktig å ha tilgjengeligheten til biomasse i bakhodet. Informantene trodde ikke at det var mulig at alle fremtidige skip blir konstruert for LNG drift, for å så gå over til biogass.

Noe som kan være en ulempe med LNG er at det må kjøles ned til  $-162\text{ °C}$ . Man ser at det er enighet at det er problematisk å gjøre hydrogen flytende på grunn av energibehovet for nedkjøling og økt størrelse på tanker, og dermed lavere energitetthet når man tar tankene med i betraktningen. For LNG blir også energitettheten lavere når man tar med økt tankstørrelse i betraktningen, men som man ser er energitettheten akseptabel. Informantene ser heller ikke noen spesielle utfordringer ved nedkjøling.

Infrastrukturen har gjennom årene blitt gradvis utbygget. Den begynner derfor å nærme seg akseptabel, men det gjenstår fremdeles mer arbeid for å kunne tilfredsstillere behovet til skipsfarten. Man ser i dag at det er bestilt flere bunkringsfartøy, spesielt i store havner som Rotterdam og Antwerpen. Informant 2 stilte spørsmål til om utviklingen ville fortsette. Årsaken er at LNG ikke reduserer utslipp av CO<sub>2</sub> tilstrekkelig. Spørsmålet er da om havner og leverandører av drivstoff vil investere i utstyr som kanskje bare kan brukes i noen år. Infrastrukturen for LNG vil også være dyrere enn infrastrukturen til andre drivstoff ettersom den må være i stand til å kjøle drivstoffet ned til  $-162\text{ °C}$ . Det kan da hende at aktører i bransjen heller vil satse på andre drivstoff. På en annen side kan infrastrukturen til LNG kanskje brukes til andre drivstoff, for eksempel ammoniakk og metanol. Om det skal være aktuelt kan for eksempel leverandører av drivstoff bygge et bunkringsfartøy for LNG, og senere kunne tilby ammoniakk fra samme båt når det blir tilgjengelig på markedet. Det kan sikre leverandører mer forutsigbarhet og fleksibilitet i fremtiden, men det vil være en dyrere løsning. Informantene var veldig klar på at man må satse på å ha «fuel fleksibilitet», riktignok når det var snakk om bruk som drivstoff, men det kan muligens også overføres til leverandører av drivstoff. I så fall vil det være fornuftig å starte med LNG.

LNG er som nevnt regulert gjennom IMOs IGF kode, som blant annet tar for seg sikkerhet. I flytende form vil ikke LNG antenne og er derfor ikke brannfarlig. Ulempen ved nedkjølt LNG er at mennesker kan få frostskafer, ettersom det er svært kaldt. Det er riktignok godt regulert, og man har etter over 20 år med erfaring god kunnskap og rutiner om hvordan man skal behandle drivstoffet. Fra informantene kom det ikke frem noe bekymring rundt sikkerheten knyttet til LNG. Som tidligere nevnt går LNG over til gass ganske raskt ved en eventuell lekkasje. Denne gassen er i motsetning til flytende naturgass svært brannfarlig, og den bør heller ikke pustes inn av mennesker. Rutiner og utstyr for deteksjon av eventuelle lekkasjer må derfor på plass, men det er allerede vist og regulert gjennom IGF koden. En av

informantene kom inn på sikkerheten rundt metanol. Informanten mente da at selv om metanol var svært brannfarlig, så vil det ikke by på problemer visst man klarer å behandle drivstoffet på en forsvarlig måte. Dette kan også føres over til LNG, og egentlig også andre drivstoff. Fossilt drivstoff er også brannfarlig og det bør heller ikke pustes inn, men man har håndtert det i så lang tid, og vet hvordan man skal håndtere det at man i det daglige ikke ser på sikkerheten som noe utfordring.

## 5.2 Viktige egenskaper

### 5.2.1 Pris

Fra informantene kommer det frem at pris vil være svært viktig når nye drivstoff skal velges. Det er forventet at prisen på alternative drivstoff vil være ganske mye dyrere enn fossilt drivstoff. Spørsmålet er hvor mye dyrere. Det vil være vanskelig å spå hvordan prisutviklingen vil være fremover. Alle drivstoffene som med i analysen blir produsert i dag, men i vesentlig mindre volum enn det som trengs for å dekke behovet til skipsfarten. Ved økt produksjon vil man kanskje se at noen drivstoff kan produseres billigere på grunn av stordriftsfordeler. I tillegg må man ta med den teknologiske utviklingen som kan komme fremover mot 2050. Som vist tidligere er det antatt at blått hydrogen vil være mest rimelig om man skal produsere store volum med hydrogen. Blått hydrogen er produsert av naturgass, der CO<sub>2</sub> blir fanget og lagret. CCS teknologien er ikke på plass enda, og det kan derfor være vanskelig å beregne pris på hydrogen, og derfor også pris på andre drivstoff som kan trenge hydrogen for å produseres.

Infrastrukturen til de ulike drivstoffene kan også ha påvirkning på prisen for alternative drivstoff frem mot 2050. Blant annet pekte en av informantene på hvor energikrevende det var å gjøre hydrogen flytende, og energi koster penger. Man skulle i utgangspunktet tenke seg at hydrogen vil være billigere enn ammoniakk og metanol som er produsert av hydrogen, ettersom ammoniakk og metanol er et sted videre etter man har produsert hydrogen. Alt fra produksjon, transport, lagring og mulighet for bunkring vil spille inn på prisen. I tillegg kommer tilbud og etterspørsel. Ser man på kostnadene for transport, lagring og bunkring kan man kanskje anta at metanol og flytende biodrivstoff vil komme bedre ut enn drivstoffene som må kjøles for å være flytende. I tillegg kan de i stor grad eller med små tilpasninger kunne bruke dagens infrastruktur som er beregnet for fossilt drivstoff.

Ulik energitetthet gjør det også vanskelig å sammenligne priser for ulike drivstoff. Prising av fossilt drivstoff går som regel på pris/tonn eller pris/kubikkmeter. For å kunne sammenligne prisen på alternative drivstoff må man kunne sammenligne kostnaden må energimengden tas med, for eksempel blir pris/Mj.

En annen faktor som spiller inn er eventuelle sanksjoner for bruk av fossilt drivstoff, eller eventuelle støtteordninger for alternativt drivstoff. Informant 3 var klar på at man ikke kunne begynne å bruke alternativt drivstoff før konkurrentene ettersom det ville føre til at konkurrentene da kunne operere ved lavere kostnader. Hvordan det blir med eventuell sanksjon/støtte er foreløpig uklart, men det vil definitivt ha påvirkning på valget av drivstoff.

Som man kan se er det mange faktorer som kan påvirke prisen. Informantene var også klar på at pris ville spille en vesentlig rolle for valg av drivstoff, men ettersom prisforskjellene foreløpig er uklar vil det være vanskelig å bruke pris som et argument for å velge et drivstoff nå.

#### 5.2.2 Produksjon og utslipp

For å nå IMO's målsetting om å redusere CO<sub>2</sub> utslipp med 50 prosent må man ha drivstoff som kan bidra til dette. Som nevnt tidligere så er det ikke bare snakk om utslippene der hvor drivstoffet blir brukt, men man må ta med utslippene gjennom hele prosessen. Det vil si helt fra produksjon eller utvinning og videre til lagring og transport, og igjen videre til bruk. Basert på synspunktene til informantene og litteratur fremstår dette som kanskje den største utfordringen.

Hydrogen og ammoniakk kan i prinsippet være utslippsfri gjennom hele livsløpet. For at det skal være mulig må hydrogenet være «grønt» eller «blått». Grønt hydrogen blir allerede produsert, men i relativt liten skala. Informantene var alle tydelig på at tilgjengelighet for drivstoff må være på plass, altså at man får drivstoff når man skal ha det. Fremover blir det ikke bare viktig å ha tilgang på drivstoff, men man må ha tilgang på drivstoff som kan redusere CO<sub>2</sub> utslipp tilstrekkelig. Derfor må produksjonen av grønt hydrogen skaleres opp. Enten fordi det kan brukes alene som drivstoff, eller for at man skal ha mulighet til å produsere ammoniakk eller metanol. Spørsmålet da blir om det finnes nok energi i form av ren elektrisitet til å produsere de mengdene hydrogen som skipsfarten trenger. Dette er et problem som informantene også delte. Informant 3 påpekte at man trenger enorme mengder med elektrisitet for å kunne produsere grønt hydrogen. Kanskje finnes det ikke nok



elektrisitet, og det kan føre til at det må satses mer på blått hydrogen, altså hydrogen produsert av naturgass der CO<sub>2</sub> fra produksjonen blir fanget og lagret. Ingen av informantene var inne på blått hydrogen, men fra litteratur ser man at det på sikt vil være teknisk mulig, og kanskje det mest hensiktsmessige med tanke på pris når større volum skal produseres.

Metanol har også mulighet til å redusere utslipp, eller være karbonnøytral. Det er ikke det samme som nullutslipp. Prinsippet er at utslippet av CO<sub>2</sub> ved forbrenning uansett vill bli sluppet ut. Tidligere i oppgaven ble det skrevet om bio-metanol og e-metanol. Som nevnt er bio-metanol produsert på samme metode som grå metanol, men syntesegassen som blir brukt i produksjonsprosessen kommer fra biologisk avfall. Det biologiske avfallet ville med tiden råtnet og da produsert klimagasser som ble sluppet ut. Bruker man disse gassene til å produsere metanol vil metanol regnes som karbonnøytralt, og vil da bidra til å nå IMO 2050. E-metanol vil også redusere CO<sub>2</sub> utslipp ettersom man da bruker grønt hydrogen og fanget CO<sub>2</sub> som ellers ville blitt sluppet ut i atmosfæren. Begge mulighetene er teknisk mulig, men igjen kommer spørsmålet om man kan produsere nok. E-metanol kan få problemer med å ha tilstrekkelig tilgang på hydrogen, og bio-metanol kan ha problemer med å ha tilstrekkelig mengder med biomasse. Problemet med at man ikke klarer å produsere nok grønn metanol er at man da må benytte seg av grå metanol. Tar man hele livsløpet med vil grå metanol slippe ut mer CO<sub>2</sub> enn det dagens fossile drivstoff gjør. Som to av informantene påpekte er det derfor viktig at man vet med sikkerhet hvor drivstoffet kommer fra.

Biodrivstoff blir som nevnt regnet som karbonnøytralt ettersom biomassen uansett ville sluppet ut CO<sub>2</sub>. Spørsmålet er om det kan regnes som miljøvennlig i det store bilde, og om det vil kunne produseres nok biodrivstoff til å dekke behovet. Dette er et viktig spørsmål som også informantene trekker frem. For det første er det spørsmålet om hvilken type biomasse som blir brukt til å produsere biodrivstoffet. Som nevnt kan produksjonen komme i konflikt med matproduksjon. Om man kutter ned skog for å plante hurtigvoksende planter for å produsere biodrivstoff vil det heller ikke være bra for miljøet. Informant 3 trakk frem at enkelte biomasser ville føre til mer utslipp av CO<sub>2</sub> enn dagens drivstoff, og det er derfor viktig at man bruker biomasse som er bærekraftig. Da står man igjen med et begrenset utvalg av biomasser, som gjør det usikkert om man kan produsere nok til skipsfarten. Dette er en utfordring informantene var svært klar over. Det blir heller ikke bedre av at flybransjen også er svært interessert i biodrivstoff. Da blir det enda flere som skal ha drivstoffet, og det kan

føre til knapphet. Informantene hadde ikke tro på at man skulle få nok biodrivstoff til å dekke hele skipsfarten, men mente at en del skip kan bruke det eller at man bruker det til innblanding i fossilt drivstoff.

### 5.2.3 Infrastruktur

For at man skal kunne bytte til alternativt drivstoff må en god infrastruktur på plass. Det spiller ingen rolle hvor mye som blir produsert om man ikke kan få fraktet drivstoffet til der rederiene trenger drivstoffet. Informanten som er ansatt i et rederi var klar på at de ikke kunne benytte seg av alternativt drivstoff før de var sikker på at det var mulig å bunkre der de hadde behov for det. Ved en overgang til alternative drivstoff vil det kanskje i større grad enn tidligere være behov for en godt utbygd infrastruktur, ettersom energitettheten er lavere. Som nevnt er den lavere enn dagens drivstoff, som kan føre til at man må bunkre oftere, avhengig av hvor mye man pleier å bunkre. Spesielt for skip som går i «tramp fart», vil godt utbygd infrastruktur være særdeles viktig. Ofte vil ikke skipene vite hvor de skal før noen dager i forveien. Derfor er det viktig at de kan regne med at det finnes muligheter for bunkring i den havnen de skal til. For linjetransport vil det være mindre krav til utbygd infrastruktur ettersom man vet ruten sin på forhånd.

Infrastruktur for hydrogen er lite utbygd. Det vil også være dyrt ettersom det er krevende å bygge noe som kan holde det flytende. Komprimert hydrogen er også en mulighet, men energitettheten er så lav at man trenger veldig stor plass for å lagre det. Frakt av hydrogen vil også være dyrt. Man må gjerne ha flere turer ettersom tettheten er så lav, og det er energikrevende å holde det flytende. Informantene hadde liten tro på at dette var gjennomførbart.

Infrastrukturen til ammoniakk er delvis utbygd ettersom det allerede blir fraktet på skip. Derfor finnes det muligheter for lagring i havner. Dette kan gjøre det lettere for redere å velge ammoniakk. I forhold til hydrogen er det relativt enkelt å gjøre det flytende, samt lettere å holde det flytende. Det vil også være billigere å transportere ettersom energitettheten er høyere, så man får da mer ammoniakk med på en tur. Metanol har også noe lagringsmuligheter i flere havner, og man har erfaring med å frakte det på skip. Videre er det ikke bygget noe særlig infrastruktur for metanol, men ettersom drivstoffet er flytende kan man i stor grad benytte seg av samme infrastruktur som fossile drivstoff, med forbehold om at man gjør noen modifikasjoner for å kunne håndtere drivstoff med lavt flammepunkt. En av

informantene kommenterte at man kanskje ikke hadde tatt nok høyde for hvordan man skal lagre metanol i havner. Lavt flammepunkt vil kunne by på utfordringer knyttet til sikkerhet. Likevel har man erfaring i håndtering av metanol, og etter informantenes synspunkter vil det komme på plass mer utfyllende regelverk. Som tidligere nevnt mente informanten at metanol ikke er noe farligere enn andre drivstoff om det behandles med fornuft.

LNG har over 20 år blitt gradvis utbygd, og begynner å bli tilstrekkelig utbygd. Det finnes spesialbygde skip som kan frakte LNG, samt rørledninger. Utbygging av infrastruktur, både for lagring og transport er generelt dyrere enn til andre drivstoff ettersom man må ha mulighet til å holde gassen flytende. Det som informantene ser på som en mulig utfordring ved videre utbygging av LNG er at man muligens ikke vil satse på det når man ser at andre drivstoff som kan redusere CO<sub>2</sub> utslipp i større grad enn LNG kommer på markedet. Som nevnt er det dyrere enn andre drivstoff, og spørsmålet da er om aktører vil satse på LNG når det i utgangspunktet ikke er godt nok for å nå IMO 2050. På den andre siden kan infrastrukturen kanskje brukes videre til andre drivstoff når det blir mer tilgjengelig, og på den måten kan kanskje infrastrukturen til LNG gjøre overgangen til andre drivstoff lettere.

#### 5.2.4 Energitetthet

Som vist tidligere er energitettheten til alternative drivstoff lavere enn fossilt drivstoff. Man trenger derfor mer plass for å få plass til samme energimengden. Under er en rangering av alternative drivstoff fra høy til lav for å vise forholde mellom dem. Tallene tar hensyn til at tanken er medregnet, og tallene er hentet fra figur 3.

Biodrivstoff (flytende) – 33MJ/L

Metanol - 15,6MJ/L

LNG (lagret) - 13MJ/L

Ammoniakk - 12,69MJ/L

Flytende hydrogen- 5,04MJ/L

Komprimert hydrogen 3,76MJ/L

Biodrivstoff har høyest energitetthet. Det er derfor mulig å tenke seg til at det vil bli det foretrukne valget. Mer energi om bord på hver bunkring vil føre til mer fleksibilitet og mindre tid i havn. Muligens også færre stopp mellom laste og losse havn. Som informantene påpeker

er det ikke sikkert at man trenger så mye energi, spesielt ikke i det europeiske området. Informant 1 mente at dagens skip har plass til ganske mye mer drivstoff enn det som er nødvendig. Dette blir også støttet opp av informant 2 som også fremhever at skip i Europa er innom en havn hver 3-4 dag der det er mulig å bunkre. Da kan man igjen se på muligheten for bruk av andre drivstoff med lavere energitetthet. Tidligere har det blitt nevnt at hydrogen, både komprimert og flytende vil ha for lav energitetthet. Derfor vil det trolig ikke kunne regnes som et godt alternativ for skipsfarten i Europa. Det er selvfølgelig en mulighet for at noen spesielle skip i bestemte ruter kan benytte seg av det, eller at det kan benyttes i en hybrid løsning. Man står da igjen med biodrivstoff, ammoniakk, metanol og LNG som vil ha tilstrekkelig energitetthet, og dette er noe informantene støtter opp.

#### 5.2.5 Sikkerhet

Som man har sett så fører de alternative drivstoffene med seg utfordringer knyttet til sikkerheten. Noen av drivstoffene har høy brann og eksplosjonsfare, mens andre er giftig. Ved bruk av hydrogen er det en fare for brann- og eksplosjoner. Det er foreløpig ikke noe spesifikt regelverk for hydrogen, men det vil med tiden komme. Fergen Hydra kan være med på å få opp tempoet med dette, ettersom det er vist at det er mulig å håndtere hydrogen på en trygg måte. Ammoniakk er en giftig gass. Fordelen er at man har fraktet det som vare i mange år, og vet hvordan man skal håndtere det. Informant 1 sitt synspunkt på ammoniakk var at det i utgangspunktet er trygt når det blir håndtert av profesjonelt personell. For bruk i passasjerskip vil ikke informant 1 anbefale ammoniakk, ettersom passasjerer ikke har nødvendig opplæring. Metanol har som nevnt et lavt flammepunkt og brannfaren er derfor i aller høyeste grad til stede, og i likhet med LNG er det en gass man ikke bør få i kroppen.

Selv om det er utfordringer må man også huske på at fossilt drivstoff også har noen av de samme egenskapene. Fossilt drivstoff er også brannfarlig og man bør ikke få det i kroppen. Gjennom erfaring og gode rutiner klarer man nå å behandle fossilt drivstoff på en god måte, og man vet hvordan man skal forholde seg om en ulykke skal inntreffe. Man har blant annet utviklet SOLAS konvensjonen som skal sikre menneskeliv til sjøs, der det blant annet settes krav til brannsikkerhet. Når man skal gå over til nye drivstoff er det kanskje lett å tenke at dette er noe nytt og skummelt. Informantene er enige om at det finnes utfordringer knyttet til sikkerhet, men at de kan løses med å håndtere drivstoffet på en fornuftig måte. Det vil også være behov for nye reguleringer, men det vil mest sannsynlig komme på plass med tiden. Det er derfor ikke noen av drivstoffene som vil bli umulig å bruke på grunn av sikkerheten.

## 6.Oppsummering

I denne oppgaven er det blitt sett på alternative drivstoff som kan bidra til å nå IMO sin målsetting om 50 prosent redusert CO2 utslipp. For å klare det må man se på utslippene gjennom hele livsløpet, og ikke bare fra tank til utnyttelse. Derfor har det blitt skrevet om produksjon og infrastruktur for hvert enkelt drivstoff. Man har da sett at det finnes flere metoder og råstoffer som kan brukes, og at det gir forskjellig utslag på CO2 utslipp gjennom hele livsløpet. Som informantene påpeker vil det derfor være viktig for redere å vite hvilket produkt de kjøper. Når det kommer til infrastruktur ser man at flere av drivstoffene har noen utfordringer, men også noen sider som gjør at infrastrukturen er mulig å få tilstrekkelig på plass. Biodrivstoff kan i stor grad bruke samme infrastruktur som fossilt drivstoff, bortsett fra at det kanskje må på plass noen oppgraderinger for å være sikker på at vann ikke blander seg med drivstoffet. Her har man også sett at det ikke bør lagres for lenge, verken i anlegg på land eller i skipet. Metanol ser også lovende ut, så lenge man får på plass rutiner og regelverk som kan håndtere det lave flammepunktet. Det finnes allerede noen muligheter for lagring, og det vil være relativt billig å bygge ut i forhold til en del av de andre drivstoffene. For ammoniakk er noe bygget ut, men det vil være behov for mer. LNG har blitt gradvis bygget ut over 20 år, men det vil fortsatt være behov for mer utbygging. Som nevnt tidligere kan man stille spørsmål om aktører er villig til å satse på LNG når man vet at det ikke reduserer utslippene nok. Med unntak av hydrogen så ser infrastrukturen til de ulike drivstoffene lovende ut. Hydrogen har noen utfordringer knyttet til manglende infrastruktur, og utfordringer knyttet til lav energitetthet som gjør transport og lagring dyrt. I tillegg er det krevende å gjøre hydrogen flytende og krevende å holde det flytende.

Man har også sett at pris vil være viktig for et eventuelt valg. Foreløpig er det lite alternativt drivstoff som blir produsert, i alle fall drivstoff som reduserer CO2 utslipp. Det blir derfor vanskelig å forutse hvordan prisene vil bli. Derfor blir det også vanskelig å gjøre en vurdering basert på pris.

Teknisk har det blitt vist at drivstoffene kan brukes. Biodrivstoff har den høyeste energitettheten og det kan være med på at redere foretrekker det. Fra informantene kommer det frem at hydrogen vil mest sannsynlig ha for lav energitetthet, men at det er et alternativ for kortere distanser. Det har også blitt stilt spørsmål til om man trenger den energitettheten som biodrivstoff gir, ettersom skip som seiler mellom europeiske havner uansett er innom en havn

relativt ofte. Derfor kan man konkludere med at energitettheten til alle drivstoffene er god nok, med unntak av hydrogen. Sikkerhetsmessig er det ikke noen av drivstoffene som skiller seg ut. Alle drivstoffene har noen utfordringer knyttet til sikkerhet, men som man har sett så er det ikke noe som er umulig å løse.

Tilgjengelighet er noe informantene mente var svært viktig, og det er her man kanskje ser de største utfordringene. Alle informantene stilte spørsmål om tilgjengeligheten til biodrivstoff. Inntrykket er at man undervurderer behovet for drivstoff, og man overvurderer tilgangen på bærekraftig biomasser. I tillegg er skipsfarten i direkte konkurranse med flybransjen, som ikke har så mange andre valg enn å gå over til biodrivstoff når man skal redusere utslipp. Det kan derfor bli problematisk å få nok biodrivstoff, noen som gjør at redere kanskje bør velge andre drivstoff.

Kanskje det viktigste funnet i denne undersøkelsen er at alle informantene mener at flere typer drivstoff vil prege fremtiden, og at redere derfor bør gå for løsninger som gjør at de kan være fleksible. Man vet enda ikke hvordan fremtiden for drivstoff blir, og derfor blir det viktig å ikke låse seg til et valg. Man har sett at det finnes forbrenningsmotorer som kan benytte seg av fossilt drivstoff og metanol, noe som gjør at skipene har tilgang til bunkring flere steder. Fremover vil man kanskje også se at flere skip blir bygget med brenselceller om bord, og da spesielt Solide Oxide Fuel Cell. Fordelen med denne er at man kan benytte seg av flere drivstoff, blant annet hydrogen, ammoniakk, metanol og LNG. Som man har sett har hydrogen mest sannsynlig for lav energitetthet for europeisk skipsfart, men om man først bygger skip med tanker som kan holde på LNG så kan man senere velge mellom LNG, metanol og ammoniakk. Man har da større sannsynlighet for tilgjengelig drivstoff i ulike havner, og om det skulle vise seg at et drivstoff blir billigere enn andre i fremtiden så er man klar for å bruke det.

For å oppsummere så ser man at flere drivstoff vil prege fremtiden, og det gjelder for rederier å være fleksible.

### 6.1 Videre forskning

Når det kommer til alternativt drivstoff er det flere tema og spørsmål som kunne vært svært interessant å forske på. Det første man kunne undersøkt nærmere er hvert enkelt av de drivstoffene som er nevnt i rapporten. De har alle sine egne utfordringer og fordeler som man kunne gått enda mer i dybden på. Man kunne da undersøkt hvordan produksjonen skulle skaleres opp, og sett på hvor i verden det er best forutsetninger og mest hensiktsmessig å produsere drivstoffet. I Norge ser det tilsynelatende ut som det er gode forutsetninger for å produsere grønt hydrogen. Her kunne det vært spennende å se på hvordan Norge kan tjene penger på hydrogen etter at oljeeventyret er over. Da måtte man sett på alt fra produksjon til hvordan man skulle fraktet hydrogenet til resten av verden.

En annen vinkling som kunne vært spennende å undersøke er hvordan man skal effektivisere overgangen fra fossilt drivstoff. Underveis i arbeidet har jeg stadig kommet over artikler og rapporter der høna/egget problemstillingen blir nevnt, altså hvem skal begynne omstillingen, rederier eller produksjon av alternativt drivstoff. Dette er en problemstilling som ikke har noe enkelt svar. Rederier vil ikke gå over til alternativt drivstoff før det er løsninger som er testet, og det må også være en infrastruktur og muligheter for bunkring på de rutene de går. Aktørene innenfor produksjon av alternativt drivstoff vil ikke skalere opp sin produksjon før det er en viss mengde skip som forplikter seg til å bruke drivstoffet. Alt dette gjør det vanskelig å gå over fra fossilt drivstoff til alternativt drivstoff.

I tillegg kommer spørsmålet om pris for alternative drivstoff. I dag og i oppstartfasen vil alternative drivstoff være dyrere enn fossilt drivstoff. I et marked der rederiene er hardt utsatt for konkurranse på pris, vil det være vanskelig å velge en løsning som er dyrere enn dagens og som svekker deres konkurransevne. Hvordan skal man da få rederier til å velge grønne løsninger? Man kan her drøfte ulike sanksjoner for bruk av fossilt drivstoff, som for eksempel CO<sub>2</sub> avgift, eller støtteordninger for de som velger alternative drivstoff.

Gjennom prosjektet har det kommet frem at det kan bli en utfordring med tanke på å få nok alternativt drivstoff. Biodrivstoff sliter med å ha nok tilgang på bærekraftig biomasse, og hydrogen og drivstoff som er basert på hydrogen kan slite med å ha nok tilgang på miljøvennlig hydrogen. Det kunne derfor vært spennende å undersøke hvordan man kan få nok alternative drivstoff til skipsfarten.

Bruk av batterier og seil kunne også vært interessant å se nærmere på. Batterier vil kunne spille en rolle i skipsfarten, men det kunne vært spennende og undersøkt i hvilken grad. Interessen for seil har også vært økende. Man kunne da sett på hvilke skip og ruter det kunne vært aktuelt med rotorseil.

## 7.Referanser

American Bureau of Shipping, 2021. *METHANOL AS MARINE FUEL*, Houston, Texas: American Bureau of Shipping.

Andersson, K., 2015. *METHANOL AS A MARINE FUEL REPORT*, London: FCBI energy.

Barents NaturGass, 2021. *Barents NaturGass*. [Internett]

Available at: <https://barentsnaturgass.no/miljofordeler/>

[Funnet 19 oktober 2021].

Berg, H. Ø., Harbo, H. G. & Lånke, A. F., 2016. *Biodrivstoff i transport-sektoren - Kartlegging av barrierer og kostnader*, Trondheim: Miljødirektoratet.

BLUE Communication, 2020. *LOW CARBON SHIPPING FUELS & ENERGY GUIDE 2020*. Oxford: BLUE Communication.

Blue Maritime Cluster, 2019. *Status H2 som energibærer i maritim næring*, s.l.: pwc.

Busch, T., 2013. *Akademisk skriving*. 1 red. Bergen: Fagbokforlaget.

Delve, S., 2014. *Inbound Logistics*. [Internett]

Available at: <https://www.inboundlogistics.com/cms/article/how-the-hub-and-spoke-mode-transformed-the-transportation-industry/>

[Funnet 7 oktober 2021].

DNV GL, 2019. *ASSESSMENT OF SELECTED ALTERNATIVE FUELS AND TECHNOLOGIES*, Oslo: DNV GL.

DNV GL, 2019. *Produksjon og bruk av hydrogen i Norge*, Oslo: Regjeringen.

DNV, 2020. *DNV*. [Internett]

Available at: <https://www.dnv.com/news/using-biodiesel-in-marine-diesel-engines-new-fuels-new-challenges-186705>

[Funnet 28 oktober 2021].

DNV, 2021. *DNV- Alternative Fuels Insight*. [Internett]

Available at: <https://afi.dnvgl.com/Statistics?repId=5>

[Funnet 1 november 2021].



DNV, 2021. *DNV-Alternative Fuel Insight*. [Internett]

Available at: <https://afi.dnvgl.com/Statistics?repId=1>

[Funnet 1 november 2021].

Egge, H., 2020. *Sintef*. [Internett]

Available at: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/hva-er-egentlig-gra-gronn-bla-og-turkis-hydrogen/>

[Funnet 26 september 2021].

Equinor, 2019. *Equinor*. [Internett]

Available at: <file:///C:/Users/jonre/Downloads/equinor-tjeldbergodden-2019.pdf>

[Funnet 5 november 2021].

FN, 2020. *FN*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>

[Funnet 10 oktober 2021].

FN, 2021. *fn.no*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-organisasjoner-fond-og-programmer/den-internasjonale-sjoefartsorganisasjonen-imo>

[Funnet 6 oktober 2021].

Førde, T., 2021. *TU*. [Internett]

Available at: <https://www.tu.no/artikler/grenser-flyttes-med-verdens-forste-hydrogenferge/507556>

[Funnet 19 oktober 2021].

Gassmagasinet, 2021. *Gassmagasinet*. [Internett]

Available at: <http://www.gassmagasinet.com/lng/>

[Funnet 1 november 2021].

Greenhalgh, K., 2021. *IHS Marketing*. [Internett]

Available at: <https://ihsmarkit.com/research-analysis/methanol-production-capacity-may-quintuple-on-decarbonized-ind.html>

[Funnet 9 november 2021].

Handberg, Ø. N. et al., 2020. *Scenarioanalyse av infrastrukturbehov for alternative drivstoff til fartøy i maritim sektor*, Oslo: Menon Economics.

Haskell, C., 2021. *Lloyd's Register*. [Internett]

Available at: <https://www.lr.org/en/insights/articles/decarbonising-shipping-ammonia/>

[Funnet 15 oktober 2021].

Hofstad, K., 2021. *Store norske leksikon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/hydrogenlagring>

[Funnet 4 10 2021].

IMO, 2021. *imo.org*. [Internett]

Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse->

[gas-emissions-from-ships.aspx](#)

[Funnet 27 september 2021].

IMO, 2021. *International Maritime Organization*. [Internett]

Available at: <https://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>

[Funnet 17 september 2021].

IMO, 2021. *International Maritime Organization*. [Internett]

Available at: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx)

[Funnet 17 september 2021].

IMO, 2021. *International Maritime Organization*. [Internett]

Available at: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

[Funnet 17 september 2021].

International Maritime Organization, 2021. *IMO*. [Internett]

Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/01-IGF.aspx>

[Funnet 2 november 2021].

Klimastiftelsen, 2021. *Hydrogen som klimaløsning*, Bergen: Klimastiftelsen.

Larsen, A. K., 2017. *En enklere metode*. 2 red. Bergen: Fagbokforlaget.

Lundberg, N., Nesse, N., Hagland, J. & Hofstad, K., 2020. *Store norske leksikon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/naturgass>

[Funnet 20 oktober 2021].

Maersk, 2021. *Maersk*. [Internett]

Available at: <https://www.maersk.com/news/articles/2021/08/24/maersk-accelerates-fleet-decarbonisation>

[Funnet 3 november 2021].

Marintmiljø, 2020. *Marintmiljø*. [Internett]

Available at: <https://www.marintmiljo.no/artikkel/hva-er-olje/>

[Funnet 22 11 2021].

Menon, H., 2021. *Marine Insight*. [Internett]

Available at: <https://www.marineinsight.com/maritime-law/what-are-liner-services-and-tramp-shipping/>

[Funnet 1 november 2021].

Miljødirektoratet, 2021. *Miljødirektoratet*. [Internett]

Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fornybar-energi/biodrivstoff/>

[Funnet 30 oktober 2021].

Miljødirektoratet, 2021. *Miljødirektoratet*. [Internett]

Available at: [61](https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-</a></p></div><div data-bbox=)

[utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/fornybar-energi/utrede-potensialet-for-biogass/hva-er-biogass/](#)

[Funnet 8 november 2021].

Naturvernforbundet, 2019. *Naturvernforbundet*. [Internett]

Available at: <https://naturvernforbundet.no/klima/konsekvenser-av-global-oppvarming/category974.html>

[Funnet 13 september 2021].

Nilsen, M., 2021. *Sjøfartsdirektoratet*. [Internett]

Available at: <https://www.sdir.no/aktuelt/nyheter/batterihibrid-blir-verdens-forste-hydrogenferje/>

[Funnet 19 oktober 2021].

NOx-fondet, 2021. *nho.no*. [Internett]

Available at: <https://www.nho.no/samarbeid/nox-fondet/artikler/hva-er-nox/>

[Funnet 11 oktober 2021].

Quinn, J., 2021. *ripleybelieves*. [Internett]

Available at: <https://no.ripleybelieves.com/busiest-cargo-ports-in-europe-3944>

[Funnet 5 oktober 2021].

Sintef, 2021. *Sintef.no*. [Internett]

Available at: <https://www.sintef.no/ekspertise/sintef-energi/biodrivstoff/>

[Funnet 26 oktober 2021].

Statista, 2021. *Statista*. [Internett]

Available at: <https://www.statista.com/statistics/468412/global-lng-tanker-fleet/>

[Funnet 15 november 2021].

Statkraft, 2021. *statkraft*. [Internett]

Available at: <https://www.statkraft.no/nyheter/nyheter-og-pressemeldinger/arkiv/2021/gronn-ammoniakk-klimavennlig-drivstoff-for-lange-distanser-og-tunge-oppgaver/>

[Funnet 9 oktober 2021].

Stensvold, T., 2020. *TU*. [Internett]

Available at: <https://www.tu.no/artikler/dnv-gl-lng-motorer-er-best-pa-vei-mot-dekarbonisering/499792>

[Funnet 20 oktober 2021].

Stopford, M., 2009. *Maritime Economics*. 3 red. New York: Routledge.

Tekna, 2020. *Tekna*. [Internett]

Available at: <https://www.tekna.no/kurs/innhold/hydrogen-kan-sta-overfor-en-revolusjon.-men-hvor-sikkert-er-det/>

[Funnet 18 oktober 2021].

Tjora, A., 2021. *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 4 red. Oslo: Gyldendal.

Tomasgard, A. et al., 2019. *Hydrogen i fremtidens lavkarbonsamfunn*, s.l.: Center for Sustainable Energy Research, NTNU.

UngEnergi, 2021. *Ungenergi*. [Internett]

Available at: <https://ungenergi.no/energikilder/bioenergi/biodrivstoff/>  
[Funnet 26 oktober 2021].

Valmot, O. R., 2014. *TU*. [Internett]

Available at: <https://www.tu.no/artikler/derfor-er-diesel-billigere-enn-bensin/228183>  
[Funnet 29 oktober 2021].

WALLENIOUS SOL, 2020. *Wallenius Sol*. [Internett]

Available at: <https://wallenius-sol.com/en/e-methanol-future-fuel>  
[Funnet 8 november 2021].

Weber, C. & Amundsen, A., 2016. *Fornybare drivstoffer- Fornybar diesel: HVO*, Oslo: Transportøkonomisk institutt.

Wingrove, M., 2020. *Riviera*. [Internett]

Available at: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/imo-approves-methanol-as-a-safe-ship-fuel-62055>  
[Funnet 14 november 2021].

Wärtsilä, 2020. *Wärtsilä*. [Internett]

Available at: <https://www.wartsila.com/media/news/14-04-2020-industry-celebrates-five-year-anniversary-of-world-s-first-methanol-powered-commercial-vessel-2684363>  
[Funnet 9 november 2021].

Yara, 2021. *Yara*. [Internett]

Available at: <https://www.yara.no/kjemiske-og-miljomessige-losninger/kontroll-av-nox-utslipp-i-industrien/scr-sncr-system-eller-sncr-scr-hybridsystem/scr-teknologi/>  
[Funnet 11 oktober 2021].

Øystese, K., 2020. *Ammoniakk kan kutte store utslipp i skipsfarten*. [Internett]

Available at: [https://klimastiftelsen.no/wp-content/uploads/2020/06/NK\\_notat\\_3\\_2020\\_Ammoniakk\\_kan\\_kutte\\_store\\_utslipp\\_i\\_skipst.pdf](https://klimastiftelsen.no/wp-content/uploads/2020/06/NK_notat_3_2020_Ammoniakk_kan_kutte_store_utslipp_i_skipst.pdf)  
[Funnet 8 oktober 2021].

Øystese, K. Å., 2020. *Grønn skipsfart: Utslippene må i null i 2050*, Bergen: Norsk klimastiftelse.

## 8. Vedlegg

### Vedlegg I

#### INTERVJUGUIDE:

#### INNLEDNING:

1. Kan du fortelle litt om deg selv?

\*navn/alder

\*Arbeidserfaring/karriere/dagens jobb

2. Kan du fortelle litt om hva dere driver med?

\*marked/område (til rederier)

\*skip/antall/størrelse/type (til rederier)

#### HOVEDDEL

3. Hvordan ser dere på det grønne skifte innen skipsfarten?

\* Utfordringer

\* Løsninger

\*planer

4. Hva mener dere er viktig når nytt drivstoff skal velges?

\* pris

\*tilgjengelighet

\* energitetthet/utnyttelse

\* muligheter for bunkring

\* sikkerhet

5. Er pris så avgjørende at det alene vil styre valget?

\*pris på selve drivstoffet

- \* flere bunkringer/tap av tid

- \* tap av lastekapasitet

- \* andre operasjonelle kostnader

6. Har dere noen skip som opererer på alternativt drivstoff eller noen som er under planlegging? (til rederier)

- \* Visst ja, hvorfor? Visst nei, hvorfor?

7. Hva hindrer dere for å gå over til alternative drivstoff nå? (til rederier)

- \* For lite utprøvd

- \* For dyrt

- \* Tap av konkurransekraft

8. Hva tror du hindrer rederier til å gå over til alternativt nå? (For andre aktører i bransjen)

- \* For lite utprøvd

- \* For dyrt

- \* Tap av konkurransekraft

## ULIKE DRIVSTOFF

9. Hvordan ser dere på hydrogen som drivstoff?

- \* Tilgjengelighet/flere havner/ bunkring

- \* bruk som drivstoff

- \* pris

- \* sikkerhet

- \* lagring

- \* problemer med lagring

10. Hvordan ser dere på ammoniakk som drivstoff?

- \* Tilgjengelighet/flere havner/ bunkring
- \* bruk som drivstoff
- \* pris
- \* sikkerhet
- \* lagring

11. Hvordan ser dere på biodrivstoff?

- \* Tilgjengelighet/flere havner/ bunkring
- \* bruk som drivstoff
- \* pris
- \* sikkerhet
- \* lagring
- \* problemer med lagring

12. Hvordan ser dere på metanol som drivstoff?

- \* Tilgjengelighet/flere havner/ bunkring
- \* bruk som drivstoff
- \* pris
- \* sikkerhet
- \* lagring
- \* problemer med lagring

13. Hvordan ser dere på LNG som drivstoff?

- \* Tilgjengelighet/flere havner/ bunkring
- \* bruk som drivstoff
- \* pris

- \* sikkerhet

- \* lagring

- \* problemer med lagring

14. Er det noen andre drivstoff som er aktuelle

- \* Batteri

- \* Atomkraft

15: Hva ser dere på som den beste løsningen? \*Hvorfor



