CHALMERS

Metanol som framtidens bränsle inom sjöfarten

Kan metanol möta framtidens miljökrav i enlighet med EU:s direktiv?

Examensarbete inom sjökaptensprogrammet

NIKLAS FRIBERG
ERIC MARTINSSON

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2025

Metanol som framtidens bränsle inom sjöfarten

Kan metanol möta framtidens miljökrav i enlighet med EU:s direktiv?

Examensarbete inom sjökaptensprogrammet

NIKLAS FRIBERG
ERIC MARTINSSON

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Avdelningen för maritima studier
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2025

Metanol som framtidens bränsle inom sjöfarten
Kan metanol möta framtidens miljökrav i enlighet med EU:s direktiv?

NIKLAS FRIBERG
ERIC MARTINSSON

© NIKLAS FRIBERG, 2025.
© ERIC MARTINSSON, 2025.

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Bild på metanolbunkring av fartyg, tagen av Göteborgs Hamn. Återgiven med tillstånd. https://goteborgshamn.mediaflowportal.com/extern/folder/1083833/

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Chalmers tekniska högskola
Göteborg, Sverige 2025

FÖRORD

Denna studie är ett examensarbete på Chalmers tekniska högskola i Göteborg inom Sjökaptensprogrammet under våren 2025 är skriven av Niklas Friberg och Eric Martinsson. Arbetet omfattar 15 av de 180 högskolepoängen som ingår i utbildningen.

Författarna vill rikta ett stort tack till deras två handledare Jan Skoog från Chalmers och Therese Jällbrink från Göteborgs Hamn för allt stöd och engagemang under arbetets gång. Även ett stort tack till alla informanter som valde att delta i interjuver som har varit till stor hjälp för arbetets resultat.

Metanol som framtidens bränsle inom sjöfarten
Kan metanol möta framtidens miljökrav i enlighet med EU:s direktiv?

NIKLAS FRIBERG
ERIC MARTINSSON

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Chalmers tekniska högskola

SAMMANDRAG

Sjöfartsindustrin står inför stora förändringar i val av bränsle för att nå de globala klimatmålen. Internationella sjöfartsorganisationen (IMO) har som mål att år 2050 uppnå nettonollutsläpp av växthusgaser. För att uppfylla dessa krav krävs alternativa bränslen, där metanol är ett av alternativen. Denna studie har undersökt både fossil och grön metanol för att bedöma dess potential inom sjöfarten. Studien fokuserar på tre huvudfrågeställningar:
För att besvara dessa frågor genomfördes semistrukturerade intervjuer med rederier, tekniska experter och bränsleleverantörer för att få en bredare bild av industrins syn på metanol som drivmedel.

Resultaten visar att fossil metanol inte är ett hållbart alternativ, då dess utsläpp vid produktion är högre än dagens konventionella bränslen. Däremot kan aktörer i Göteborgs Hamn anpassa sin infrastruktur för att hantera metanol inom ett år med mindre modifieringar. Intervjuer med rederier tyder på att det finns ett intresse för metanoldrivna fartyg, men den begränsade tillgången på grön metanol inom EU utgör en betydande utmaning för en övergång till detta bränsle.

Nyckelord: Metanol, Infrastruktur, Hamn, Bunker, Miljö, IMO

Methanol as the fuel of the future in shipping
Can methanol meet future environmental requirements in accordance with the EU:s directive?

NIKLAS FRIBERG
ERIC MARTINSSON

Department of Mechanics and Maritime Sciences
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The maritime industry is undergoing significant changes in fuel selection to meet global climate targets. The International Maritime Organization (IMO) aims to achieve net-zero greenhouse gas emissions by 2050. To meet this goal, alternative fuels are essential, with methanol being one of the viable options. This study explores both fossil and green methanol to evaluate their potential in shipping. The research focuses on three key questions:

- Is there enough methanol supply to meet future environmental requirements in the EU?
- What infrastructure is needed to provide methanol at the Port of Gothenburg?
- How do shipping companies view the conversion of their vessels to methanol propulsion?

To answer these questions, semi-structured interviews were conducted with shipping companies, technical experts, and fuel suppliers, providing a comprehensive understanding of the industry's perspective on methanol as a fuel.

The results indicate that fossil methanol is not a sustainable alternative, as its production emissions are higher than those of current conventional fuels. On the other hand, stakeholders in the Port of Gothenburg can adapt its infrastructure to handle methanol within a year with only minor modifications. Interviews with shipping companies reveal interest in methanol-powered vessels, but the limited availability of green methanol in the EU presents a significant barrier to transitioning to this fuel. The report is written in Swedish.

Keywords: Methanol, Infrastructure, Harbor, Bunker, Environment, IMO

TABLE OF CONTENTS

1. Inledning *1*

1.1 Bakgrund **2**

1.2 Syfte **2**

1.3 Frågeställning **2**

1.4 Avgränsningar **2**

2. Teori *3*

2.1 IMO:s 2050 mål **3**

2.1.1 MEPC 83 – 2025 3

2.2 EU ETS **4**

2.3 Metanol **5**

2.4 Grön metanol **5**

2.4.1 E-metanol 6

2.4.2 Bio-metanol 6

2.5 Miljörisker **7**

2.6 Hälsorisker **7**

2.7 Infrastruktur - Tankar **8**

2.7.1 Brandskydd 9

3. Metod *11*

3.1 Val av metod **11**

3.2 Urval **11**

3.3 Litteratursökning **11**

3.4 Semistrukturerade interjuver **11**

3.4.1 Utformning av interjuver med Bränsleleverantörer och Tekniska experter 11

3.4.2 Informanter – Bränsleleverantörer och Tekniska experter 12

3.4.3 Utformning av interjuver med Rederier 12

3.4.4 Informanter – Rederier 12

3.4.5 Resultatinsamling 13

3.4.6 Tematisk analys 13

3.5 Etik **13**

4. Resultat *14*

4.1 Finns det tillräckligt med tillgång på metanol för att kunna möta framtidens miljökrav i EU? **14**

4.2 Vad för infrastruktur krävs för att tillhandahålla metanol i Göteborgs Hamn **16**

4.3 Hur ser rederier på att konvertera sina fartyg till metanoldrift? **18**

5. Diskussion *20*

5.1 Finns det tillräckligt med tillgång på metanol för att kunna möta framtidens miljökrav i EU? **20**

5.2 Vad för infrastruktur krävs för att tillhandahålla metanol i Göteborgs Hamn **21**

5.3 Hur ser rederier på att konvertera sina fartyg till metanoldrift? **22**

5.4 Metoddiskussion **22**

6. Slutsatser *24*
6.1 Rekommendationer till fortsatt arbete **24**
Källförteckning *26*
BILAGA 1 – Interjuvfrågor bunkerleverantörer och tekniska experter *28*
BILAGA 2 – Interjuvfrågor rederier *29*

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1. Elektrolys och tillverkning av e-metanol. 6

Figur 2. Bimetallkorrosion 9

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1. Informanter Bränsleleverantörer och Tekniska experter 12

Tabell 2. Informanter Rederier 13

FÖRKORTNINGAR OCH BEGREPP

CO: Kolmonoxid

CO_2: Koldioxid

EU-ETS: EU:s system för handel med utsläppsrätter

GHG Växthusgaser

H_2: Vätgas

Hygroskopiskt: Ämnens förmåga att ta upp vatten och hålla sig bundet till det

IMO: International Maritime Organization

IRA: Inflation reduction act

KPI: Konsument-pris-index

LNG: Liquefied natural gases

LSFO: Low sulphur fuel oil

MARPOL: International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

MEPC: Marine Environment Protection Committee

MSB RIB: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap: beslutstöd till räddningstjänst

NO_x: Kväveoxider

RFNBO: Förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung

SFC: Social Climate Fund

SOLAS: International Convention of Life at Sea

SOx: Svaveloxider

VOC: Lättflyktiga organiska föreningar

VRU: Vapor Recovery Unit

1. INLEDNING

Klimatfrågan är idag en av de mest pressande globala utmaningarna, där många branscher arbetar intensivt för att kunna minska sina utsläpp och bli mer hållbara. Sjöfarten som står för över 90% av världens globala varutransporter, är en central del av den globala ekonomin (Wei m.fl., 2023). Men har länge förknippats med stora utsläpp av växthusgaser (GHG) och andra föroreningar.

Mellan åren 1990 och 2015 ökade utsläppen av koldioxid (CO_2) från sjöfarten med hela 77% för att 2015 generera ungefär 298 miljoner ton CO_2. Mellan perioden 2008 till 2012 stod sjöfarten för 3,1% av de globala CO_2 och 2,8% av de totala utsläppen av växthusgaser (Svanberg m.fl., 2018). Denna betydande miljöpåverkan har lett till ett växande tryck på branschen att utveckla och implementera mer hållbara lösningar. Utöver CO_2 och GHG släpper även sjöfarten ut svaveloxider (SOx), kväveoxider (NOx) och partiklar, vilket påverkar både klimatet och luftkvaliteten negativt.

International Maritime Organizations (IMO) ambitiösa mål är att nå ett netto noll utsläpp av GHG från sjöfarten fram till år 2050, detta är en tydlig signal om att branschen måste genomgå en omställning för att minska sin miljöpåverkan. En av de mest kritiska frågorna i detta arbete är valet av bränsle. Att byta till bränslen med lägre klimatpåverkan, eller bränslen som är helt förnybara, har identifierats som en nyckelfaktor för att minska sjöfartens utsläpp och säkerställa en hållbar utveckling. Här har metanol framträtt som ett alternativt fartygsbränsle.

Traditionellt tillverkas metanol från råmaterial som naturgas eller kol, vilket är fossila källor (McKinlay m.fl., 2021). Dock kan en grönare variant av metanol som antingen framställs genom en kombination av infångad koldioxid och vätgas, som produceras genom elektrolys av vatten som kallas e-metanol, eller bio-metanol som kan produceras genom förgasning av bio-massa.

Metanol har dessutom andra miljömässiga fördelar som gör det attraktivt som bränsle för sjöfarten. Det innehåller varken kväve eller svavel, vilket innebär att utsläppen av SOx och NOx kan reduceras kraftigt jämfört med traditionella fossila bränslen som bunkerolja. Dock finns det även utmaningar kopplade till användningen av metanol som bränsle (McKinlay m.fl., 2021). Ämnet har en låg flampunkt på 12 °C, vilket innebär att säkerhetsåtgärder måste vidtas för att minska risken för brand. Dessutom är metanol giftigt för människor, vilket ställer krav på hantering och övervakning ombord på fartyg. Metanolens låga klimatpåverkan gör det till ett attraktivt alternativ för en mer hållbar sjöfart.

Denna studie syftar till att analysera metanolens roll i att uppnå nettonollutsläpp. Fokus ligger på dess fördelar, produktion och de tekniska och säkerhetsmässiga utmaningar som måste lösas för att möjliggöra bred implementering inom sjöfarten.

1.1 Bakgrund

Sjöfarten har under århundranden utvecklat sina sätt av framdrivning, från segel till ångdrivna fartyg som vidare lett till de mer moderna bränslen som används idag. Sjöfarten är fortfarande en sektor som är känd för sina betydande utsläpp då bränslen med negativ miljöpåverkan länge har använts. Miljön är idag ett centralt ämne som diskuteras där många aktörer står inför hårda krav att övergå till ett mer miljövänligt alternativ. Detta i sin tur har lett till en ökad efterfrågan på alternativa bränslen som kan bidra till att minska sjöfartens miljöutsläpp, där metanol är ett av alternativen på marknaden.

1.2 Syfte

Syftet är att undersöka om metanol och grön metanol kan utgöra ett hållbart alternativ för att möta framtidens miljökrav inom sjöfarten. Vidare ska studien analysera rederiers inställning till konvertering av befintliga fartyg eller investering i nyproduktion. Även deras syn på tillgänglighet och användning av metanol ur ett miljöperspektiv kommer att undersökas. Därtill ska studien analysera infrastrukturen i Göteborgs Hamn för möjligheten att tillhandahålla metanol som bunkringsalternativ.

1.3 Frågeställning

- Finns det tillräcklig tillgång av metanol för att kunna möta framtida miljökrav i EU?
- Vad för infrastruktur krävs för att tillhandahålla metanol i Göteborgs Hamn?
- Hur ser rederier på att konvertera sina fartyg till metanoldrift?

1.4 Avgränsningar

Avgränsningarna i denna studie kommer att hållas till Göteborgs Hamn och dess terminaler, samt nordiska rederier på Europamarknaden. Metanol kommer vara det enda bränslet som undersöks. Studien kommer att jämföra fossil metanol och grön metanol. Möjligheten på inblandning av grön metanol i fossila bränslen, ekonomiska aspekter, tekniska lösningar och miljömässiga konsekvenser ligger utanför studiens omfattning.

2. TEORI

I detta kapitel kommer metanol som ämne att analyseras ur olika perspektiv. Metanol kan framställas med olika råvaror såsom fossila bränslen samt förnybara resurser. Förnybar metanol kan som exempel produceras som e-metanol, där CO_2 kombineras med vätgas från förnybara källor. De olika produktionsmetoderna av metanol medför olika former av miljöpåverkan vid produktion samt användning som marint bränsle. En central del av kapitlet är att studera och jämföra olika miljöpåverkan från fossil och förnybar metanol, både ur ett produktionsperspektiv och användningsperspektiv.

2.1 IMO:s 2050 mål

IMO (2023) beslöt sig år 2023 för att anta deras strategi att minska GHG utsläppen, där målet år 2050 är att nå ett nettonoll utsläpp från internationella sjöfarten. Strategin fokuserar på att säkerställa ett upptag av användandet av bränslen med noll- eller nära nollutsläpp senast år 2030 med fastsatta kontrollpunkter under åren 2030 och 2040 för att följa upp resultaten. Till år 2030 ska de årliga utsläppen av GHG från sjöfarten minska med minst 20% jämfört med 2008, med en ambition att nå 30%. Till år 2040 ska utsläppen ha minskat med minst 40% med ett mål på 80% jämfört med 2008 års utsläpp.

Visionen för 2030 är att fasa ut GHG utsläppen inom så kort tid som möjligt där det finns 4 ambitionsnivåer för att uppnå målet enligt IMO (2023).

- **Minskning av fartygens koldioxidintensitet**
  Ambitionen är att stärka designkraven för att förbättra fartygs energieffektivitet.

- **Förminska koldioxidintensiteten från internationell sjöfart**
  År 2030 ska CO_2 utsläppen från fartyg per transportarbete minskas med minst 40%, jämfört med 2008 års nivåer.

- **Ökning av användning av bränslen och teknologier med GHG noll- eller nära noll utsläpp**
  Senast år 2030 ska andelen av bränslen och teknologier som har ett GHG noll- eller nära noll utsläpp vara minst 5%, där målet är att nå 10%.

- **Nettonoll utsläpp av GHG**
  Minskningen av GHG utsläpp ska nå sin topp så snart som möjligt, där målet är att nå nettonoll utsläpp senast år 2050

2.1.1 MEPC 83 – 2025

Marine Environment Protection Committee (MEPC) är en marin miljöskyddskommitté som behandlar miljöfrågor inom IMO. Denna kommitté kontrollerar och förebygger föroreningar från fartyg enligt International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) såsom utsläpp av luftföroreningar och växthusgasutsläpp. IMO har gjort stora framsteg i förhandlingar om en uppsättning av globala regelverk inom ramen för nettonoll-strategin (IMO, 2024). Vid slutet av MEPC 82 mötet den 4 oktober 2024 identifierade medlemsländerna områden där deras ståndpunkter sammanfaller, där det framtogs ett utkast till en juridisk text som ska användas som grund för förhandlingarna om medellångsiktiga åtgärder. Förslagen på dessa åtgärder inkluderar en standard för marint bränsle som kommer

att resultera i en obligatorisk användning av bränslen med en lägre GHG-intensitet. Dessutom ska en global prissättningsmekanism för sjöfartens utsläpp av GHG diskuteras.

Mellan 7 till 11 april 2025 ska mötet MEPC 83 hållas, där medlemsländerna förväntas att godkänna ändringarna från MEPC 82 mötet för att sedan formellt antas under oktober 2025.

2.2 EU ETS

EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) är ett marknadsbaserat verktyg som syftar till att minska växthusgasutsläpp genom att kräva att förorenare betalar för sina utsläpp. Systemet, som lanserades 2005, var det första i sitt slag globalt och är idag en av de största koldioxidmarknaderna. Det täcker utsläpp från el- och värmeproduktion, industriell tillverkning och flygsektorn, vilket tillsammans står för cirka 40% av EU:s totala utsläpp (European Commission, u.å.). Från och med 2024 omfattas även sjöfarten. EU ETS gäller i alla EU-länder samt Island, Liechtenstein och Norge, och är även kopplat till det schweiziska ETS.

Systemet bygger på principen om "Cap and Trade", där ett tak sätts för den totala mängden utsläpp och minskas årligen i linje med EU:s klimatmål. Företag måste köpa och rapportera sina utsläppsrätter, där varje rätt motsvarar ett ton koldioxidekvivalenter. Dessa rättigheter kan handlas på marknaden, och företag som minskar sina utsläpp kan sälja överskottet eller spara det för framtida bruk. En del utsläppsrätter delas ut gratis, men i takt med att utsläppstaket skärps minskar den fria tilldelningen. Företag som inte följer reglerna riskerar höga böter. Priset på utsläppsrätter bestäms av marknaden och fungerar som ett ekonomiskt incitament för att minska utsläppen. Sedan 2013 har EU ETS genererat över 175 miljarder euro, vilka används för att finansiera investeringar i förnybar energi, energieffektivisering och ny klimatvänlig teknik.

EU ETS opererar i handelsetapper och befinner sig nu i sin fjärde fas (2021–2030). Regelverket styrs av ETS-direktivet, som har uppdaterats flera gånger för att anpassas till EU:s klimatmål. Som en del av initiativet "Fit for 55", som presenterades 2021, har flera reformer genomförts för att öka ambitionen i systemet. Bland de viktigaste förändringarna är en skärpning av utsläppstaket med 62% till 2030 jämfört med 2005, en gradvis avveckling av gratis utsläppsrätter för vissa sektorer och en uppdatering av marknadsstabilitetsreserven för att säkerställa en balanserad koldioxidmarknad. Dessutom har ett nytt utsläppshandelssystem, ETS2, skapats för att inkludera utsläpp från byggnader, vägtransporter och mindre industrier från 2027. För att hantera de sociala konsekvenserna av koldioxidprissättningen har EU även inrättat Social Climate Fund (SCF), som mellan 2026 och 2032 ska mobilisera 86,7 miljarder euro för att stödja utsatta grupper under den gröna omställningen.

EU har som mål att uppnå klimatneutralitet till 2050, och som ett första steg ska nettoutsläppen minskas med minst 55% till 2030 jämfört med 1990 års nivåer. EU ETS spelar en central roll i att uppnå dessa mål genom att styra utsläppsminskningarna på ett kostnadseffektivt sätt och skapa långsiktiga incitament för en grönare ekonomi.

2.3 Metanol

I dagens läge är metanol en viktig organisk råvara i kemikalieindustrin, den förekommer naturligt i frukt, grönsaker, fermenterade produkter samt även atmosfären (Kang, 2021). Metanol benämndes förr i tiden som träsprit då detta var en restprodukt vid koltillverkning. Ämnet i sig själv är en vattenlöslig och färglös produkt med en fryspunkt på -97,6°C och kokpunkt på 64,6°C.

Metanolens användning som bränsle började öka under början av 2000-talet, både som rent bränsle, i blandningar med bensin och som en komponent vid biodieselproduktion. Den direkta användningen av metanol som bränsle har ökat avsevärt från ungefär 1% under år 2000 till 14% år 2021 (Kang, 2021). Det märkbara med metanol är att den har ungefär halva den volymetriska energidensiteten jämfört med bensin eller diesel, vilket innebär ett behov av större tankar. Metanol har en stor fördel då den är flytande vid atmosfärstrycket, vilket innebär att infrastrukturmässigt så behövs ett fåtal mindre anpassningar. Även likt petroleumprodukter så kan metanol pumpas igenom rörsystem. Produktionsmässigt så står idag ångreformering av fossila gaser av 65% varav 35% baseras främst av kol, dessa kallas för grå och brun metanol.

Vid framställning av metanol genomgår fossilgas och/eller kol en förångning runt 700°C som skapar syntetgas bestående av CO, vätgas (H_2) samt CO_2. Genom att använda begränsad mängd syre vid förångningen så förbättras bildningen av H_2 och kolmonoxid (CO), samt det reducerar skapandet av CO_2 och vatten (Renewable Energy Agency, 2013). Efter att syntetgasen är producerad så måste den förbehandlas och rengöras genom att plocka bort föroreningar för att uppnå rätt komposition för produktion av metanol. Målet är att uppnå en komposition där syntetgasen har dubblamängden H_2 molekyler som CO molekyler. Efteråt så undergår en vatten-gas-skiftreaktion för att forma mer vätgas då syntetgasen som skapats oftast har en för liten del H_2 för optimal metanolproduktion. En del av CO_2 som produceras måste även separeras, vilket oftast släppts ut i atmosfären. Efter förbehandlingen konverteras den till metanol genom en katalytisk reaktion som baseras på koppar, aluminiumoxid och zinkoxid, vartefter produkten destilleras från vatten och biprodukter som skapats under processen. Vid produktion av fossil metanol kan utsläppet av CO_2 uppnå 0,84 kg per kilo metanol tillverkad (Renewable Energy Agency, 2013).

Enligt IMO:s konvention Safety of Life at Sea (SOLAS) så har metanol en lägre flampunkt än den specificerade för marint bränsle, vilket innebär att fartyg måste genomföra riskanalyser för att visa på godtagliga brandåtgärder som minst motsvarar samma för konventionellt bränsle (Svanberg m.fl., 2018).

2.4 Grön metanol

Grön metanol eller förnybar metanol, som består av bio-metanol och e-metanol står idag för ungefär 0,2% av all produktion av metanol. Grön metanol är identisk kemikaliskt mot fossil metanol, skillnaden är att grön metanol har ett märkbart mindre utsläpp av GHG under hela livscykeln (Renewable Energy Agency, 2013). Grön metanol kan delas in i två kategorier, e-metanol samt bio-metanol. Den förstnämnda producerar metanol genom elektrolys baserad på vätgas blandat med CO_2, medan bio-metanol som produceras genom förångning av kolhaltiga biomassor som skapar vägas.

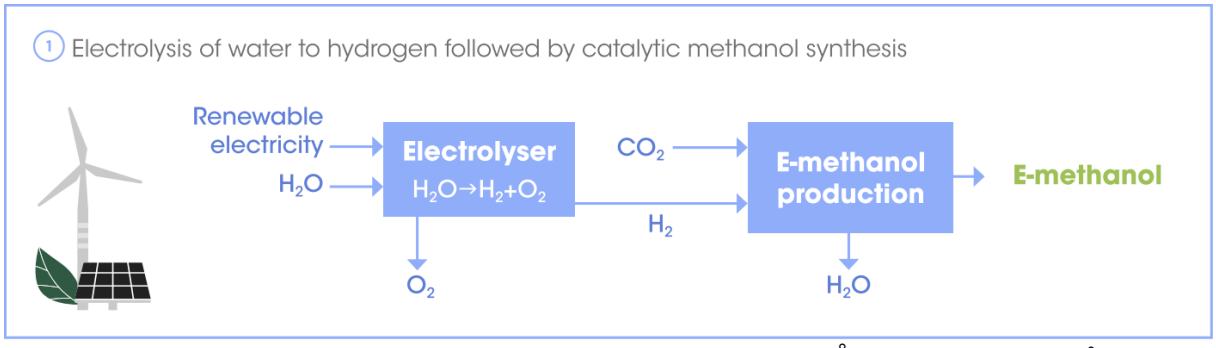
Kang (2021) skriver för att få kallas grön så måste alla råvaror som används komma från förnybara källor. Fördelar med metanol är även dess låga utsläppsnivåer där ämnet inte släpper ut sot (partiklar) eller SO_x, samt låga mängder NO_x.

I följande stycken 2.4.1 samt 2.4.2 presenteras de olika kategorierna mer detaljerat för att påvisa likheter samt olikheter vid produktion.

2.4.1 E-metanol

Elektrometanol, även kallad e-metanol, är kemiskt identisk med fossil metanol. Den framställs genom att H_2-molekyler kombineras med CO_2, och det som särskiljer e-metanol är hur H_2 produceras (Kang, 2021). Majoriteten av H_2-produktionen, cirka 48%, sker med fossilgas som råvara, följt av olja (30%) och kol (18%). Dessa processer är mycket koldioxidintensiva och inte förnybara. Endast 4% av H_2 produceras genom elektrolys av vatten, där elektriciteten måste komma från förnybara källor som vind eller sol för att kvalificeras som grön vätgas.

Elektrometanol har fått sitt namn eftersom H_2 framställs genom elektrolys av vatten, en process som kräver betydande mängder energi. Om elektrolysen drivs med el från icke-förnybara källor leder det till höga CO_2-utsläpp. När H_2 har framställts kombineras det med CO_2 och genomgår en katalytisk reaktion, som tidigare beskrivits i studien, för att bilda e-metanol (Se Figur 1).



Figur 1. *Elektrolys och tillverkning av e-metanol. (Kang, 2021). Återgiven med tillstånd*

2.4.2 Bio-metanol

Shamsul m.fl. (2014) skriver att vid tillverkning av bio-metanol finns det flera olika biomassor som kan användas. En biomassa är en organisk eller kolhaltiga ämnen som kan användas som ett alternativ för fossila bränslen. Biomassa definieras samt delas in i fem olika kategorier beroende på vad avseendet med produkten är:

- **Jordbruksavfall** refererar till biprodukter som halm, grönsaksrester med mera. Den största andelen av biomassaenergin kommer från jordbruksavfall, vilket är ungefär 64%. Tester har gjorts där det framkom att i sockerrörsmassa och majskolvar fanns 5,93% respektive 0,67% bio-metanol i produkten.

- **Skogsbruksavfall** innefattar löv, kvistar, trädstammar med mera har identifierats som en potentiell källa till metanol. Studier har visat på att vissa typer av skogsprodukter så som bambu och japanskt cypresträ kan vid processering generera upp till 55% av sin totala vikt i form av bio-metanol.

- **Rötslam** (restprodukt från reningsverk) är en ökande restprodukt från industrianläggningar, ofta innehållande CO_2, CO, H_2 samt metangas som släpps ut i atmosfären vilket i stället kan användas som biomassa vid produktion av metanol.

- **Boskapsavfall** innefattar gödsel från djur, restprodukter som används som strö vid fjäderfäverksamhet är biomassor som kan omvandlas till bio-energi. Bio-metanol kan skapas från avföring från växtätande djur som kor och getter.

- **Fiskavfall** där det 2006 fångades 146,1 miljoner ton, ungefär 50% av detta blev till restprodukter som kunde ha en oljehalt mellan 40% och 65% som med hjälp av bioraffinaderier kan skapa bio-olja, dock finns det ingen studie på att fiskavfall kan användas vid metanolproduktion.

Shamsul m.fl. (2014) säger att produktionen av bio-metanol är väldigt lik den som fossil-metanol använder där biomassan undergår en förgasning som bildar en syntes gas som är en blandning av CO, H_2, CO_2 och vatten. Därefter genomgår den samma procedurer som vid fossil metanol med vatten-gas-skift reaktion och katalytisk reaktion som skapar metanol. Enlig Renewable Energy Agency (2013) kan tillverkningen av bio-metanol minska utsläppet av CO_2 vid tillverkningen med upp till 33% jämfört med fossil metanol.

2.5 Miljörisker

Methanol institute (2020) skriver att viktiga aspekter att studera med metanol är dess blandbarhet samt dess biologiska nedbrytbarhet. Metanol är 100% blandbar med vatten, detta innebär att vid spill kommer metanolen att lösa upp sig och spä ut sig snabbt till låga koncentrationer. Blandningen blir dock mycket stabil, vilket leder till svårigheter att separera metanol från vatten. Detta innebär stora problem vid sanering av spill, däremot vid spill i öppna hav så bidrar vågrörelser, metanolens lösningsförmåga i vatten samt den stora volymen i världshaven till en snabb utspädning till icke giftiga halter. Metanol ingår under ”volatile organic compounds” (VOC) vilket är ett ämne som lätt förångas i rumstemperatur, i atmosfären blandar sig metanolångorna med NO_x och bildar metylnitrat. VOC har en tendens att bilda fotokemisk smog då solljus bryter ner metanolen och har en halveringstid på 17 till 18 dagar.

Den biologiska nedbrytningen av metanol på vattenytor kan leda till att vattnet blir syrefattigt och därmed kan bli farligt för marina arter (Methanol institute, 2020). Metanol är giftigt för arter av alger, fiskar och kräftdjur vid nivåer av 1000mg/l. Vid kortvarig exponering så kan metanolens toxiska effekter var tillfälliga och reversibla samt att metanol inte bioackumuleras i någon betydande grad i djur högre upp i näringskedjan.

2.6 Hälsorisker

Metanol är i sin kemiska form väldigt hälsofarlig för människor, exponering för ämnet kan ske via inhalering av ångor, förtäring av flytande metanol eller hudkontakt. Om flytande metanol är närvarande så finns det även risk att giftiga ångor existerar. Metanol absorberas väldigt fort av människokroppen via de olika exponeringsvägarna och fördelas snabbt ut i kroppen. Enligt Methanol institute (2020) så absorberar människokroppen 60- till 85% av metanol som inhaleras, det som sker är att kroppen först omvandlar metanolen till

formaldehyd för att sedan omvandlas till formiat, eller myrsyra, därefter omvandlas det till CO_2 och vatten.

Methanol institute (2020) skriver i sin text att metanol är lika giftigt oavsett exponeringsväg. Det oförutsägbara med metanolförgiftning är att symptomen kan ta mellan 8 och 36 timmar för att visas. MSB RIB (u.å.) skriver att symptom som kan uppstå är bland annat sveda i ögon, hals och näsa vid inandning, berusning, illamående och yrsel vid förtäring, samt att metanol är ett avfettande ämne som kan orsaka irritation och rodnad vid hudkontakt. Hög exponering av metanol kan orsaka medvetslöshet, blindhet samt stark allmänpåverkan, den dödliga dosen av ren metanol ligger mellan 10 och 30 ml för en vuxen människa.

2.7 Infrastruktur - Tankar

Design och skydd för lagring av metanol i tankar följer i stora drag samma riktlinjer som för bulkhantering av andra brandfarliga ämnen, såsom bensin och bensen (Methanol institute, u.å. [Produktblad]). Dock har metanol unika kemiska egenskaper vilket kräver vissa modifikationer i konstruktionen av tankarna för att möta de specifika kraven. En av de viktigaste aspekterna att tänka på vid förvaring av metanol är risken för korrosion. Metanol är ett polärt och ledande lösningsmedel, detta innebär att det kan lösa andra polära ämnen effektivt, "lika löser lika". En betydande risk är bimetallkorrosion, även känd som galvanisk korrosion (se Figur 2). Detta inträffar när metaller med olika ädelheter kommer i kontakt med varandra i närvaro av en elektrolyt, som i detta fall är metanolen. Metallen med högre korrosionspotential kommer att korrodera.

För att undvika korrosion är det viktigt att tillämpa katodiskt skydd och genomföra regelbundna inspektioner (Methanol institute, u.å. [Produktblad]). Tankar som ska lagra metanol kan konstrueras av kolstål eller rostfritt stål:

- **Kolstål** innebär en lägre initial kapitalkostnad jämfört med rostfritt stål. Dock innebär detta mycket högre underhållskostnader på grund av mer frekventa inspektioner och korrosionsskydd.

- **Rostfritt stål** är en bättre lösning på lång sikt då det har en betydligt lägre underhållskostnad. Dock är den stora nackdelen att kapitalkostnaden är högre än för kolstål. Med tanke på metanolens polära och ledande egenskaper är galvanisk korrosion vanligare än vid lagring av andra bränslen, vilket gör rostfritt stål till ett starkare alternativ.

Fortsättningsvis har metanol en villighet att bilda blandningar med vatten, vilket gör det hygroskopiskt. Detta kan skapa problem då metanol absorberar fukt från luften. Detta kan bli extra påtagligt i områden med hög luftfuktighet, även stora fluktrationer i tankarna påverkar. Denna risk kan reduceras genom att inerta tankarna med gaser som kväve eller koldioxid, vilket skyddar metanolen från kontakt med syre och minskar risken för korrosionsskador (Methanol institute, u.å. [Produktblad]).

Figur 2. Bimetallkorrosion. D3j4vu. (2010). CC-BY-SA

2.7.1 Brandskydd

Metanol klassificeras som ett extremt brandfarligt ämne på grund av dess låga flampunkt, som är 12°C. Vid standardtemperatur och atmosfärisktryck är metanol en vätska, men den avger brandfarliga ångor vid varierande temperaturer. Vid en brand är det inte vätskan, utan ångorna från ämnet som brinner. Metanolångor är neutrala i sin flytkraft, vilket innebär att de tenderar att följa luftströmmar (Methanol Institute, 2020). Dock kan stora temperaturförändringar påverka ångornas rörelsemönster. Vid höga temperaturer kan ångplymer bildas, medan lägre temperaturer kan leda till att ångorna samlas i lågt belägna områden. Vid antändning brinner metanol på ett särskilt sätt. Till skillnad från många andra bränslen producerar metanol mycket få restprodukter, vilket resulterar i en ljusblå flamma som är nästan osynlig i dagsljus. Flammans temperatur är dessutom relativt låg och vid metanolförbränning genereras inte sot och därav uppstår ingen rök. Värmeutvecklingen vid en metanolbrand är dessutom cirka en tredjedel av den som sker vid en dieselbrand. Brandskydd spelar en stor roll vid hantering av metanollagringstankar. Bränder och explosioner kan i stor utsträckning förhindras genom att kontrollera bränsleångorna och eliminera antändningskällor.

Det finns flera metoder för att hantera metanolångor enligt Methanol Institute (2020):

- **Nedkylning:** En metod är att kyla ner metanol till en temperatur under dess flampunkt (12 °C), vilket förhindrar ångbildning. Denna metod har dock nackdelen av att vara kostsam, särskilt i storskalig tillämpning.

- **Inertgaser:** Ett annat alternativ är att använda inertgaser som nämnts tidigare i texten, så som kväve eller koldioxid, för att skapa en syrefri atmosfär i tankarna. Detta förhindrar syre och fukt från att komma i kontakt med metanolen och minskar risken för antändning och/eller kontaminering.

- **Interna flytande tak:** För storskaliga lagringstankar kan interna flytande tak användas. Dessa tak flyter på ytan av vätskan och följer dess nivå. Detta minimerar kontakten mellan vätskan och luft samt reducerar området där ångbildning kan ske.

- **Flamsläckare och ytskydd:** Tankventiler bör vara utrustade med flamsläckare, dessa tillåter fri passage av gas och ångor, men förhindrar samtidigt spridning av eld. Vidare bör tankarnas ytor målas med värmeavisande färg för att begränsa ångbildning orsakad av höga omgivningstemperaturer.

3. METOD

I detta kapitel kommer metoderna som använts i studien för att besvara frågeställningarna och uppfylla syftet att beskrivas och tillvägagångsättet för insamlingen av data.

3.1 Val av metod

Metoden som anses passa denna studie bäst är intervjuer. Denscombe (2018) skriver för att få fram åsikter, uppfattningar och erfarenheter så är detta den lämpliga metoden.
Genom interjuver kan den information hämtas från erfarna personer från relevanta delar inom sjöfarten som här är rederikontor och bränsleleverantörer som måste anpassa sig för framtidens miljökrav. Semistrukturerade interjuver (Denscombe, 2018) valdes för att kunna ge informanterna möjligheten att dela med sig av sina tankar och erfarenheter om ämnet som diskuteras. Enligt Denscombe (2018) så är personliga interjuver den passande metoden då allt fokus kan läggas på informanten och att intervjun fortlöpte smidigt.

3.2 Urval

Valet var att intervjua rederikontor och bränsleleverantörer då dessa är de som ansvarar för sina bolags planer och strategier för att möta miljökraven inom sjöfarten.
I god tid skickades förfrågan om interjuver till relevanta parter. I samband med bokning skickades frågorna till informanterna för att ge möjligheten att förbereda svar till intervjun. Beslutet togs att kontakta bränsleleverantörer och tekniska experter i Göteborgs Hamn samt nordiska rederier som trafikerar Göteborgs Hamn.

3.3 Litteratursökning

För att få fram relevant information till studien så har olika källor och metoder använts. Den primära litteraturundersökningen har gjorts via Web of Science samt Scopus via Chalmers bibliotek. Dessutom har källförteckningar använts i valda artiklar för att hitta ytterligare information. Även sökmotorn Google har använts för att hitta information via International Maritime Organization och Methanol Institute's hemsidor för relevant information inom ämnesområdet.

3.4 Semistrukturerade interjuver

Som tidigare nämnt i kapitlet valdes semistrukturerade interjuver som metod, detta för att ge informanterna möjlighet att fritt kunna reflektera över frågorna som ställdes och få fram information som mer specifika frågor inte ger svar på. Under delarna 3.3.1 samt 3.3.2 kommer utformningen av intervjuerna att beskrivas i detalj, samt under Bilaga 1 och Bilaga 2 kommer intervjufrågorna redovisas.

3.4.1 Utformning av interjuver med Bränsleleverantörer och Tekniska experter

Intervjuerna med bränsleleverantörer och tekniska experter bestod av 13 frågor som i en bestämd följd ställdes till informanterna, följdfrågor ställdes utefter informanternas svar. Intervjuerna startade med 3 inledningsfrågor om yrkesroll, utbildning samt år inom yrket för att få ett lugnt och avslappnade samtal samt få en inblick i vilka informanterna var.

Fortsättningsvis ställdes de mer specifika frågorna i en bestämd ordning till informanterna, där ytterligare följdfrågor ställdes beroende på svar. Frågorna berörde ämnen som miljöaspekter, logistik samt infrastruktur.

3.4.2 Informanter – Bränsleleverantörer och Tekniska experter

Urvalet av informanter gjordes genom kontakt med företag som bedömdes vara relevanta för studiens frågeställningar. Dessutom tillkom informanter via handledare från Göteborgs Hamn som fungerade som en central förmedlare. Genom dessa tillvägagångssätt säkerställdes att relevanta informanter kontaktades för de semistrukturerade intervjuerna. Tabell 1 visar vilka informanter som deltog i intervjuerna.

Tabell 1. *Informanter Bränsleleverantörer och Tekniska experter*

Informant NR:	**Yrkesroll**	**År inom yrket**
1	Affärsutvecklare	5
2	Teamleader sales	14
3	Manager director	20
4	Head of energy transition	14
5	Göteborgs Hamn	30
6	Marine business developer	18
7	Göteborgs Hamn	20

3.4.3 Utformning av interjuver med Rederier

Utformningen av interjuver med rederier är liknande dom som hölls med bränsleleverantörer och tekniska experter. Intervjuerna startade med samma 3 inledande frågorna för att få en inblick över vilka informanterna var, därefter ställdes mer specifika frågor med möjlighet till följdfrågor. Dessa bestod av 20 frågor som berörde rederiernas miljöstrategier och syn på IMO:s 2050 mål, planer på ombyggnation- eller nyproduktion av fartyg för metanoldrift, samt syn på metanol som ett alternativt bränsle. R

3.4.4 Informanter – Rederier

Urvalet bestod av kontakt med nordiska rederier som rör sig inom Europamarknaden, där en del framkom av kontakt mellan skribenterna och relevanta företag via mailkontakt. Ytterligare informanter uppkom via handledares hjälp, Tabell 2 visar informanter som deltog i interjuver.

Tabell 2. Informanter Rederier

Informant NR:	Yrkesroll	År inom yrket
8	Tekniker	3
9	Tekniker	20
10	VD	35
11	Vice VD	11
12	Vice VD	12
13	VD	15

3.4.5 Resultatinsamling

Resultatet i studien spelades in på mobiltelefon med inbyggt AI transkriberingsprogram. Detta ansågs nödvändigt för att underlätta då mycket information skulle uppstå under intervjuerna. Varje enskild intervju lyssnades igenom i efterhand och korrekturlästes mot transkriberingen för att se till att ingen information saknades.

3.4.6 Tematisk analys

Efter att alla intervjuer var utförda och transkriberade så ställdes de tre frågeställningar upp som huvudrubriker för resultatkapitlet i studien. Intervjufrågorna placerades under respektive frågeställning där de var relevanta. Informanterna som deltog färgkodades och med hjälp av transkriberingen togs relevanta segment ut från intervjuerna och sorterades med liknande svar från andra informanter för att hitta mönster, likheter samt skillnader (Denscombe, 2018). Den information som framkom och var relevant för studien fördes in under kapitel 4.

3.5 Etik

Innan intervjuerna påbörjades informerades alla informanter att all information som behandlas i studien kommer att vara anonym. Ingenting i studien ska kunna spåras till enskild informant eller företag. Då intervjuerna spelades in bads varje informant att signera ett samtyckes avtal som förklarade anonymiteten i texten samt att all information som insamlats endast skulle synas av skribenterna samt handledare på Chalmers tekniska högskola. Inspelningar från intervjuerna sparades fram till dess att studien skickats in till examinator för gradering. Alla informanter informerades om rätten att återkalla sitt medgivande under arbetets gång.

4. RESULTAT

I resultatkapitlet kommer relevant data som kommit fram under interjuver att presenteras. Resultaten kommer att presenteras i ordning utefter studiens tre frågeställningar. Relevanta frågor kommer att behandlas i kapitlet utefter informanternas svar.

4.1 Finns det tillräckligt med tillgång på metanol för att kunna möta framtidens miljökrav i EU?

Hur ser tillgången till grön metanol ut i dagsläget, och hur tror ni att den kommer utvecklas inom de närmaste 5–10 åren?

På denna fråga svarade majoriteterna av informanterna väldigt lika, att i dagsläget är produktionen på grön metanol väldigt liten.

Informant 4 svarade att i dagsläget finns det ingen tillgång på grön metanol, eller den är i alla fall väldigt begränsad. I stället tittar de på vilka projekt som kan förverkligas inom en rimlig framtid. Informanten är aktiv på marknaden och sonderar terrängen, pratar med olika bolag som har planer på att starta produktion av e-metanol. Bland dessa ingår befintliga leverantörer av konventionell metanol, men även potentiella nya partners. Det finns väldigt mycket olika intressanta och spännande projekt som är på gång. Skulle alla dessa projekt bli verklighet skulle marknaden bli övermättad, mer produkt än vad som efterfrågas. I dagsläget och inom den närmsta framtiden ser efterfrågan på e-metanol ut att vara väldigt låg. Även de ansvariga på dessa projekt ser detta och därför har vi sett och kommer att se flera projekt som läggs ner eller skjuts på framtiden. Alltså kommer det finnas en stor obalans mellan tillgång och efterfrågan.

Informant 6 säger att metanol generellt är svår att få tag i. Fokus ligger på att hitta värdekedjor och sätt att distribuera ut produkten ut till kunder, egentligen att hitta någon som vill köpa produkten. Detta hade varit relativt enkelt om man tittar på möjligheterna att producera e-metanol så finns dessa. Problematiken är att det inte finns någon slutkund, någon som vill använda produkten och faktiskt köra på den. Möjligheten att producera produkten är god, tillgången är bättre än efterfrågan vilket blir ett problem.

Närmsta fem åren kommer det komma pilotprojekt som försöker penetrera marknaden. Problemet är att det inte finns något tvingande regelverk vilket gör det svårt för kunder att ta steget över till e-metanol när priset är 3 – 4 gånger dyrare än konventionella bränslen. Eftersom det finns andra alternativ på marknaden som är billigare och fortfarande uppfyller regelverken så kommer utvecklingen ta tid. E-metanol kommer dröja innan den slår igenom på grund av priset, 2034 kommer det troligen tuffare krav på att vi måste ha ”Renewable Fuel of Non Biological Origin” (RFNBO) vilket kan ha en positiv inverkan för e-metanol.

Informant 7 har sett en tillbakagång i produktionen tyvärr. Det har varit väldigt många projekt på ritbordet med investeringsbeslut och även med pengar från klimatklivet. Trots detta så läggs projekt ner, tex Flagship One som var ett stort projekt, men även andra projekt i vårt närområde har lagts ner. Men om man zoomar ut och kollar i världen så är Kina stora på produktion av e-metanol, produktion av bio-metanol finns även den i andra delar av världen. USA har en fond som heter ”Inflation Reduction Act” (IRA) vilken skulle bidra till den gröna omställning med enorma summor pengar men som President Trump nu har pausat helt. Detta kan få stor inverkan på utvecklingen av e-metanol. När IRA var aktivt så subventionerades

metanol med 50%, att detta nu ligger på paus kan ha stora konsekvenser för e-metanolens storskalighet.

De närmsta 5 åren kommer vi se pilotprojekt med grön metanol men ingen storskalig produktion förrän om 10 år, en sakta upptrappning den kommande tiden. Det kommer också vara en konkurrens mellan metanol, ammoniak och biogas. Vilket bränsle väljer rederier och producenter att investera i.

Hur kan produktionen av grön metanol skalas upp för att möta efterfrågan från sjöfarten?

Informant 4: Det finns några olika komponenter som kommer vara viktiga, framför allt långsiktighet och att jobba ihop. Producenter och konsumenter behöver jobba mer tajt med varandra än vad man traditionellt har gjort med fartygsbränsle. Frågan från leverantörer börja dyka upp om att skriva långsiktiga kontrakt för att säkra upp efterfrågan på e-metanol. För att leverantörerna ska våga tillverka ett nytt bränsle så krävs det att man säkrar upp köpare. Samtidigt behöver köparna säkra upp bränslet för att kunna bygga nya fartyg. Det behövs ett nytt närmare samarbete mellan producent och konsument. Men det största problemet är att e-metanol är för dyrt.

Informant 6: Det finns goda förutsättningar. Vi bor i ett land, en region med väldigt bra tillgång på förnyelsebar energi. Det finns bra möjligheter att skapa fossilfri energi, men framför allt förnyelsebar elektricitet. Vi har väldigt mycket skogsindustri och olika typer av gas. Utvecklingen av biogas går framåt snabbt, detta gör att vi har flera källor av biogen CO_2 som vi kommer åt vilket är en viktig byggsten i produktionen av e-metanol. Så länge vi har en överproduktion av förnyelsebar elektricitet, så pass hög att vi kan avyttra den utan att bekymra oss om förluster i elnätet. Behovet av att säkra stora mängder förnyelsebar el utan att störa ut elnätet och leveransen till andra aktörer är det stora problemet för alla typer av e-bränslen.

Informant 1: Vi behöver förnyelsebar el för att kunna producera e-metanol. Så pudelns kärna här blir att säkra tillgången på stora mängder grön el.

Informant 7: Genom stöd och policys. Policys behövs men tills dessa är på plats globalt så behövs stöd för att få i gång omställningen. I dagsläget är det 5 gånger så dyrt att köpa e-metanol som att köpa LSFO. Finns det inga internationella krav/regelverk så kommer denna omställning aldrig ske. IMO:s miljöskyddskommitté kommer ha ett möte i april 2025 som kan ha stor inverkan på regelverken globalt, om det går igenom blir det positivt för omställningen. Så länge det är frivilligt att byta till ett grönt dyrare bränsle så kommer omställningen inte ske. Jämför man med när suezkanalen inte var möjlig att passera på grund av säkerhetsskäl så går man runt. Detta kostar stora summor i extra förbrukning men eftersom det är ett säkerhetskrav så gör man det utan att blinka, även fast det kostar pengar. Det behövs ett liknande angreppssätt till omställningen till gröna bränslen, så länge det heter miljö och är frivilligt kommer ingen göra det, det behövs tydliga och hårda regelverk.

Byter man till ett bränsle som kostar dubbelt så mycket blir det en stor kostnad för rederierna, kan man i stället lägga denna kostnad på slutkonsumenten så märks det knappt. Transport av en vara mellan Stockholm och Åbo som kostar 1 euro till slutkonsument ökar priset med 0,3% om bränslet kostar det dubbla. Kan man lyckas få slutkunden att ta denna kostnad så kan omställningen gå fortare. Problemet är att inköpsavdelningar tittar på konsumentprisindex

(KPI) och fraktpriser, deras jobb är att hitta den billigaste frakten och inte den som är bäst för miljön. Då kan man i stället tappa kunden.

Vilka teknologiska innovationer kan ytterligare främja metanolens roll i sjöfarten?

Informant 4: Kostnaden behöver gå ner till rimliga nivåer. Det görs mycket forskning och finns många innovationer. Få ner kostnaden i produktionsledet, tekniken finns men storskalighet saknas. Förbränningsmotorer för metanol är etablerade och finns, man kan även köra på metanol via en reformerings bränslecell. Tyvärr har den låg verkningsgrad. Någon innovation som kan få ner kostnaden i produktionsledet kan revolutionera.

Informant 6: Kan man lyckas få motorerna mer effektiva, eftersom man inte kan ändra energivärdet på bränslet men det går att förbättra motorerna. En innovation som gör att motorerna kan ha en mycket högre verkningsgrad kan främja metanolen. Även alternativa sätt att hjälpa framdriften tex batterier, vindsegel eller liknande kan hjälpa metanolen. Detta är inget unikt för just metanolen utan kommer slå likadant på alla bränslen. Innovationer som göra syntesen eller elektrolysen billigare kan främja metanolen.

Informant 1: Att volymerna tillhandahålls till rätt pris.

Informant 7: Större tillgång på grön el. Skulle någon av vindkraftparkerna som är planerade utanför Göteborg bli godkända och byggas har vi möjligheter att få till produktion i Göteborg. Priset på grön el kommer gå ner och kan man ta elen utan att köra den på stamnätet och direkt använda den till produktion skulle priset kunna bli riktigt bra. Utveckling av elektrolysörerna kan främja produktionen av metanol. I dagsläget finns det inte skalbarhet i dessa eftersom man bygger modulärt. Ska man ha 50Mw eller 100Mw då köper man en eller 2 elektrolysörer. Alltså ingen fördel att bygga större och storskaligt. Pilotprojekten är bra för utvecklingen men det behövs att storskalig produkten kommer i gång för att kunna få ner priset på sikt. Det är elektrolysörerna och el som kostar pengar, resten finns.

4.2 Vad för infrastruktur krävs för att tillhandahålla metanol i Göteborgs Hamn

Vad skulle Göteborgs Hamn behöva erbjuda eller utveckla för att ni ska överväga att bunkra metanol där och Finns det specifika tjänster, logistiklösningar eller stöd från hamnen som skulle underlätta för er att börja använda metanol?

Under dessa frågor svarade informanterna lite olika på vad Göteborgs Hamn skulle behöva erbjuda. En rörledning för bunkring av metanol för fartyg som kommer in till Göteborgs Hamn skulle spara mycket tid i stället för att vänta på en bunkerbåt sade informant 8 och 9, dessutom ansåg dom att det behövs fler bunkerbåtar för att erbjuda bunkringsmöjligheter längs kusten. Informant 10 svarade att ett incitament på hamnavgiften för att kunna visa kunder att hamnavgifter blir billigare om man går på grönt bränsle, informanten fortsätter med att det är inget som behöver vara för alltid men kan få hjulet i rullning. Faktor att under bunkring ej behöva stoppa lastning- / lossningsoperationer diskuterades även under frågan.

Hur ser ni på att konvertera en befintlig cistern?

Informant 1 svarar att det tar upp till ett år för konvertering av en cistern, där två stora faktorer är att ta hänsyn till att systemet måste vara helt segregerat från andra petroleumprodukter för att undvika kontaminering av metanolen. Den andra faktorn är att en Vapor Recovery Unit (VRU) måste beställas och installeras, en gasåtervinningsenhet som fångar upp metanolångor som bildas i tankarna under bunkring och återcirkulerar dem.

Informant 6 ser inte några konstigheter att konvertera en cistern, det kan vara ett annat typ av korrosionsskydd, men ser inte några tekniska problem med konvertering. Frågan om en cistern ska vara tillverkad av kolstål eller rostfritt stål kom upp under intervjun, där informanten svarade att man tittar på livslängd kontra kostnad ifall det skulle bli dags.

Vilka anpassningar på er och hamnens infrastruktur behövs för att tillhandahålla metanol?

Informant 1 säger att det som krävs är ett helt segregerat system från andra petroleumprodukter för att undvika kontaminering samt installering av en VRU enhet.

Informant 4 säger att det finns en process och infrastruktur för att bunkra metanol. Det som krävs är att gå från en grå molekyl till en grön molekyl och på sikt skala upp med fler fartyg vilket ger större volymer. Detta i sin tur kan möjligen kan ställa högre krav på infrastruktur och att det i hamnen finns lagringsmöjligheter så man inte behöver köra lastbilar från någon annanstans i världen. Infrastrukturen bör även ha någon form av skalbarhet och lite mer flexibilitet.

Informant 7 förklarar att lagringskonverteringen är klar och att miljötillstånd, driftföreskrifter och anpassningsplan redan finns på plats. Det enda som saknas är själva produkten.

Informant 6 förklarar att i slutändan är det enda som verkligen krävs för att tillhandahålla produkten att dedikera tankarna när det blir aktuellt. Informanten ser inga logistiska hinder, utan snarare en utmaning i att skapa efterfrågan på produkten.

Vilka logistiska utmaningar ser ni med att leverera metanol i Göteborgs Hamn?

Svaren som framkom på frågan var att logistiskt sett så ser majoriteten av informanterna inga problem med att leverera metanol i Göteborgs Hamn. Informant 1 säger i intervjun att brandskyddet måste utökas samt gas-återvinning (VRU) vid bunkring av fartyg som kommer ta ungefär ett år att bygga. En stor faktor som flera informanter diskuterade, är avsaknaden av produktion av grön metanol i Europa, och hur den ska levereras till Göteborgs Hamn.

4.3 Hur ser rederier på att konvertera sina fartyg till metanoldrift?

Hur ser ert företag på användningen av metanol som marint bränsle i framtiden?

Informant 13 säger att ifall det finns tillgång på grön metanol så är det nog det bästa fartygsbränslet, både kostnadsmässigt, säkerhetsmässigt och rent operationellt med tankar eller maskinkonfiguration. Det kluriga är tillgången och efterfrågan på produkten.

Informant 8 förutspår att metanol kommer att vara ett av flera bränslealternativ på marknaden. Vilket alternativ som slutligen väljs beror bland annat på vilka trader fartygen trafikerar och vilka kunder rederierna har. Till exempel är det betydligt svårare för ett fartyg på spotmarknaden, som seglar från resa till resa, att planera bunkring på grund av den begränsade tillgången på grön metanol. Detta står i kontrast till exempelvis ett passagerarfartyg som har förutsägbara rutter och vet exakt vilka hamnar det kommer att besöka.

Informant 11 ser att det är praktiskt möjligt men inte det bästa alternativet, den fossila metanolen är sämre än andra alternativ. Energidensiteten är lägre än andra alternativa bränslen som exempelvis LNG och att det saknas en storskalig produktion av grön metanol.

Informant 10 och 12 svarar relativt lika på frågan, som ser positivt på användningen av metanol som ett alternativt bränsle, där informant 10 ser att förvaringen av metanol är enklare är exempelvis LNG. Informant 12 tror att metanol kommer vara ett alternativ och valet kommer bero på fartyg och vart de trafikerar.

Vilka faktorer avgör era beslut kring övergång till metanol?

Informant 13 svarade att det är beroende på tillgång och efterfrågan. Flera faktorer belyser att metanol är ett relativt säkert bränsle om man jämför med exempelvis LNG som behöver kylas eller ammoniak som är mycket giftigt. Vid atmosfäriskt tryck är metanol relativt likt exempelvis diesel i hantering. Informant 10 svarade lika på att hanteringen av metanol är enklare än LNG, exempelvis så behövs inget tryck i tankarna. En annan faktor är att Göteborgs Hamn har planer på att bli en metanolhubb.

Informant 8 och 9 svarar relativt lika att faktorer som spelar roll är tankstorleken på fartygen, då energi densiteten är ungefär hälften jämfört med diesel. Detta kan bli ett problem på volymslaster där man då behöver ha en mindre ”lastlåda”. Informant 8 diskuterade även att containerfartyg kan ha större bunkertankar och färjor som trafikerar samma hamnar kan vara bättre lämpade för metanol.

Vilka tekniska utmaningar ser ni med att implementera metanoldrivna fartyg i er flotta?

Inga av informanterna ser egentligen några större tekniska utmaningar. Tankkapacitet var en faktor som togs upp, där den lägra energidensiteten hos metanol kan innebära behov av större bunkertankar, vilket i sin tur kan innebära ett minskat lastutrymme ombord.

En annan faktor informant 10 tog upp är att det inte har funnits någon existerande motor för metanol på marknaden ännu. Att implementera metanol på tankfartyg kan vara lättare enligt informant 12 där EX klassade områden redan existerar, till skillnad från exempelvis en torrlastare som kan behöva införa sådana zoner ombord. Informant 11 nämner att duel-fuel

motorer kan vara en utmaning då val av bränsle behöver göras på förhand och man ej kan byta till vilket bränsle man vill.

Hur ser ni på att konvertera befintliga fartyg till metanoldrift?

Svaren på denna fråga var liknande från de informanter vars rederier transporterar volymlaster att ur den ekonomiska synpunkten är det ej hållbart att konvertera befintliga fartyg. Då fartygens livslängd är på tjugo år så blir den ekonomiska kostnaden för stor vid konvertering av befintligt fartyg.

Har ni planer på nybyggnation av fartyg som använder metanol som drivmedel?

På frågan var svaren relativt lika mellan 5 av 6 informanter, att planer finns eller har funnits på nybyggnation av fartyg med metanol som drivmedel.

Vilka investeringar krävs för att ställa om till metanolteknik och vilka stöd eller subventioner skulle underlätta omställningen?

Informant 13 svarar på frågan att det krävs stöd om man tittar på retro-fit (konvertering), kostnadsläget är otroligt dyrt och det är svårt att räkna hem denna kostnad i jämförelse med nybyggnation. Informanten fortsätter med att det kommer krävas omfattande subventioner innan någon kan överväga konvertering av befintliga fartyg. Vid nybyggnation av fartyg kan man planera för exempelvis metanoldrift från start, då kan man köra på exempelvis tjockolja men har motorn redo för metanol, och den dagen övergången sker så konverterar man tankar och maskin för en mindre summa.

Informant 8 säger att de har studerat om konvertering av ett existerande fartyg är möjligt. Där den största investeringen är ombyggnationen av huvudmaskinen samt att bygga om en del av lastlådan till en bunkertank på grund av den sämre energidensiteten.

Informant 11 svarar att det som krävs är att lösa tillgången på grön metanol, dock anser informanten att det skulle vara till bättre nytta ifall investeringarna skulle användas till att utöka produktionen av biogas där det idag finns en marknad och infrastruktur.

Informant 10 talar om modifieringar på motorn som kommer förberedd för metanoldrift genom ett fuel-gas system, vid övergången till metanol är det mindre modifikationer man behöver utföra så som att byta topplock exempelvis. Informanten talar även om svårigheten att konstruera om tankar från exempelvis diesel till metanol. Med diesel måste tankarna ha dubbelsida ut mot vattnet men ej in i fartyget, däremot med metanol är det tvärtom, mot vattnet kan det vara enkel sida men in i fartyget måste det vara dubbelt. Även den sämre energidensiteten diskuteras vilket medför en högre förbrukning.

5. DISKUSSION

I diskussionskapitlet kommer den data som presenterades i resultatkapitlet att analyseras. I samma utformning som resultatkapitlet kommer detta kapitel att presentera diskussionerna i ordning utefter studiens frågeställningar.

5.1 Finns det tillräckligt med tillgång på metanol för att kunna möta framtidens miljökrav i EU?

Utifrån de insamlade intervjuerna och den aktuella forskningen är det tydligt att tillgången på grön metanol idag är mycket begränsad. Majoriteten av informanterna påpekar att produktionen är i ett tidigt skede, med få storskaliga projekt i drift. Informant 4 menar att om samtliga planerade projekt förverkligas skulle marknaden kunna övermättas, men att nuvarande situation snarare präglas av låg efterfrågan och osäkerhet. Detta skapar en obalans där potentiell produktionskapacitet inte motsvaras av marknadsintresse.

EU ETS vilket är EU:s system för handel med utsläppsrätter har potential att stimulera användningen av grön metanol genom att sätta ett pris på koldioxidutsläpp (European Commission, u.å.). Genom att inkludera sjöfarten i EU ETS från och med 2024 skapas incitament för rederier att minska sina utsläpp, vilket i sin tur kan gynna bränslen med lägre klimatpåverkan som e-metanol. Informant 6 framhåller dock att problemet i dagsläget är avsaknaden av tvingande regelverk som driver efterfrågan. Medan EU ETS skapar ekonomiska incitament kan ett ökat pris på utsläppsrätter potentiellt göra e-metanol mer konkurrenskraftig jämfört med konventionella bränslen.

För att öka tillgången på grön metanol behövs tekniska innovationer som kan sänka produktionskostnaderna och öka effektiviteten. Enligt informant 4 och 6 handlar det om att utveckla mer effektiva elektrolysörer samt förbättra verkningsgraden hos motorer som använder metanol som bränsle. Genom att förbättra teknologier för elektrolys av vatten och utveckla storskaliga produktionsanläggningar kan kostnaden för e-metanol minska betydligt. Informant 7 pekar även på vikten av tillgång till billig och grön el, vilket skulle kunna gynnas av nya vindkraftsparker utanför Göteborg.

Fossil metanol är inte ett hållbart alternativ för att möta framtidens miljökrav, eftersom dess klimatpåverkan är betydligt högre än både grön metanol och till och med traditionella fossila bränslen som diesel. Användning av fossil metanol skulle innebära att sjöfarten inte når de uppsatta klimatmålen och att man i stället riskerar högre utsläpp av växthusgaser.

Policyfrågor är en kritisk faktor för att säkerställa en stabil efterfrågan på grön metanol. IMO:s kommande möte med miljöskyddskommittén (MEPC 83) i april 2025 kan få stor betydelse (IMO, 2024). Om skärpta regelverk för sjöfarten införs globalt kan det skapa en positiv marknadsutveckling för grön metanol. Informant 7 argumenterar för att så länge det är frivilligt att byta till dyrare, gröna bränslen, kommer omställningen att gå långsamt. Tydliga och hårda regelverk skulle kunna bryta detta mönster och tvinga aktörer att ställa om. En viktig aspekt är de ekonomiska incitament som kan påskynda utvecklingen. Stöd och subventioner, som tidigare setts i USA genom ”Inflation Reduction Act” (IRA), har visat sig vara effektiva. Subventioner som täcker en del av produktionskostnaderna kan göra e-metanol mer attraktiv för både producenter och konsumenter. Vidare lyfter informant 4 fram behovet av långsiktiga kontrakt mellan producenter och konsumenter för att säkra upp efterfrågan. Detta skulle kunna minska riskerna för båda parter och främja investeringar i storskalig

produktion. Sammanfattningsvis är tillgången på grön metanol idag otillräcklig för att möta framtidens krav i EU, men potentialen finns. Genom att kombinera tekniska framsteg, skärpta policyer, ekonomiska incitament och en välfungerande koldioxidmarknad som EU ETS, kan utvecklingen ta fart. Det krävs dock ett nära samarbete mellan industri, politiker och forskare för att skapa en marknad där grön metanol blir ett konkurrenskraftigt alternativ till fossila bränslen inom sjöfarten.

5.2 Vad för infrastruktur krävs för att tillhandahålla metanol i Göteborgs Hamn

Intervjuerna belyste flera faktorer som aktörerna i Göteborgs Hamn behöver anpassa, utveckla och erbjuda för att möjliggöra tillhandahållandet av metanol som bränsle. Ett återkommande tema bland informanterna var att det inte finns några större hinder för att leverera metanol i hamnen. Tidigt i intervjuerna framkom att aktörerna i Göteborgs Hamn redan är väl förberedd för att hantera metanol, förutsatt att vissa mindre anpassningar på infrastrukturen genomförs. Dessa anpassningar inkluderar konvertering av befintliga cisterner vilket kräver en annan form av korrosionsskydd samt att produkten är helt segregerad från andra petroleumprodukter. Dessutom behövs installation av en VRU. Dock finns redan driftföreskrifter, miljötillstånd och en plan för anpassning på plats, vilket ytterligare underlättar en övergång till metanolbunkring.

En viktig fråga som kvarstår är huruvida en dedikerad rörledning kommer att byggas för att möjliggöra bunkring vid en av hamnens kajer, eller om metanol enbart kommer att bunkras via bunkerbåtar. Det senare alternativet kan medföra längre väntetider, särskilt om en dedikerad metanolbunkerbåt befinner sig utanför kusten för att bunkra andra fartyg. Detta kan i sin tur påverka effektiviteten och logistiken för rederier som överväger metanol som bränslealternativ.

En ytterligare aspekt som lyftes under intervjuerna är hur lastnings- och lossningsoperationer påverkas av bunkringsprocessen. Eftersom metanol har en lägre energidensitet än exempelvis diesel (Kang, 2021), så krävs mer frekvent bunkring, vilket kan leda till längre hamnuppehåll. Dessutom är metanol en extremt brandfarlig vätska (Methanol institute, 2020), vilket potentiellt kan innebära att lastnings- och lossningsoperationer måste stoppas under bunkringen av säkerhetsskäl. Detta skulle resultera i betydande tidsförluster för både rederier och lastägare. Ett möjligt incitament för att underlätta metanolbunkring i Göteborgs Hamn skulle kunna vara att tillåta bunkring parallellt med pågående lastnings- och lossningsaktiviteter, under förutsättning att detta kan ske på ett säkert sätt.

Slutligen framhöll flera informanter att en avgörande faktor för metanolens framtid i Göteborgs Hamn är tillgången på en storskalig produktion av grön metanol inom Europa. Frågan om varifrån metanolen ska importeras är således av stor betydelse, och många informanter uttryckte en tydlig preferens för att den gröna metanolen bör produceras inom EU, och i bästa fall inom Sverige, för att säkerställa en hållbar och långsiktig försörjning.

5.3 Hur ser rederier på att konvertera sina fartyg till metanoldrift?

Resultaten från intervjuerna visar att majoriteten av informanterna har en positiv inställning till grön metanol som ett alternativt bränsle inom sjöfarten. Flera av dem har redan planer på, eller har tidigare övervägt, att använda metanoldrivna fartyg. Däremot framstår fossil metanol som ett mindre attraktivt alternativ i jämförelse med exempelvis diesel, som redan är etablerat på marknaden. Intervjusvaren och studien av Kang (2021) indikerar att produktionen av fossil metanol genererar högre utsläpp än andra bränslen, vilket ytterligare minskar dess attraktivitet. Samtidigt bedömer en stor del av informanterna att grön metanol har potential att bli ett av de alternativa bränslen som används inom sjöfarten. Dock finns det utmaningar kopplade till bränslets lägre energidensitet som enligt informanter och Kang (2021) är ungefär hälften i jämförelse med diesel, vilket väcker frågor om dess lämplighet för olika typer av fartyg.

En av de utmaningar som lyfts fram i intervjuerna rör konstruktionen och placeringen av bränsletankar, särskilt på fartyg som fraktar volymlaster. Rederier står inför strategiska överväganden kring huruvida lastutrymmet bör reduceras för att ge plats åt större bränsletankar eller om mindre tankar bör prioriteras, vilket möjliggör större lastkapacitet men samtidigt innebär ett ökat behov av frekvent bunkring. Denna problematik förvärras på spotmarknaden, där fartygens destinationer ofta varierar, vilket gör det svårt att på förhand planera bunkring av metanol. Däremot kan metanol utgöra ett mer realistiskt alternativ för passagerarfartyg och färjor som trafikerar fasta rutter, då dessa har bättre möjligheter att planera och säkerställa regelbunden bunkring.

Vidare framgår det att endast ett fåtal rederier anser att det är ekonomiskt lönsamt att konvertera befintliga fartyg till metanoldrift. De höga konverteringskostnaderna, i kombination med en upplevd brist på ekonomiskt stöd eller subventioner, innebär att investeringen inte nödvändigtvis återbetalar sig under ett fartygs livslängd, som enligt informanterna i genomsnitt är 20 år.

Ytterligare en faktor som försvårar övergången till metanoldrivna fartyg är den begränsade tillgången på motorer anpassade för metanol. Även om det finns dual-fuel-motorer tillgängliga på marknaden krävs det ett strategiskt beslut att inkludera metanol som ett av de primära bränslena. Denna osäkerhet förstärks av den begränsade storskaliga produktionen av grön metanol samt den osäkra tillgången på bränslet, vilket ytterligare hämmar utvecklingen och implementeringen av metanoldrivna fartyg inom sjöfartssektorn.

5.4 Metoddiskussion

Denna studie baseras i stor utsträckning på semistrukturerade intervjuer med sju tekniska experter och sex informanter från rederibranschen, vilka besitter expertis inom olika delar av sjöfartsindustrin. En av de mer tidskrävande delarna av studien var utformningen av relevanta och anpassade intervjufrågor för de två olika informantgrupperna. Vid studiens inledning togs den begränsade tidsramen och informanternas tillgänglighet i beaktande, då det fanns en risk att insamling av tillräckligt med data skulle försvåras inom den givna tidsperioden.

Intervjuerna genomfördes i största möjliga mån på plats i informanternas arbetsmiljö, där val av lokaler och god tid syftade till att minimera störningar och skapa en lugn situation för både informanter och intervjuare. Detta bedömdes vara gynnsamt för att erhålla tillförlitliga svar

från respektive informant. Under studiens gång utvecklades även intervjutekniken vilket medförde att de senare intervjuerna genomfördes mer effektivt än de tidigare.

En mättnad av svar inom majoriteten av frågorna uppnåddes redan innan den sista intervjun genomfördes, vilket indikerade att det totala antalet informanter var tillräckligt för att besvara studiens syfte. Det bedöms därmed att ytterligare intervjuer sannolikt inte hade tillfört ny eller avgörande information. Reliabiliteten ansågs god genom informanternas specifika kompetenser och yrkesbakgrunder inom sjöfartssektorn, dessutom har en god validitet eftersträvats genom informanttriangulering enligt Denscombe (2018). Genom att färgkoda svaren har likheter och skillnader sökts, vilket har gett en bättre förståelse för forskningsämnet.

Alternativa metoder till intervjuer, såsom fokusgrupper eller enkäter övervägdes när studien startade. Enligt Denscombe (2018) består en fokusgrupp av en mindre samling individer som sammanförs för att diskutera ett specifikt ämne. En av fördelarna med denna metod är att flera informanter kan närvara samtidigt, vilket kan ge en bred insikt i informanternas åsikter, attityder och idéer. Dock identifierades flera utmaningar med att använda fokusgrupper inom ramen för studien. Den begränsade tidsramen ansågs utgöra ett hinder, då det skulle vara svårt att samla relevanta informanter vid en specifik tidpunkt som passade alla. Dessutom fanns en osäkerhet kring huruvida fokusgrupper skulle kunna ge tillräckligt djupgående information, samt en risk att nödvändiga individuella intervjuer inte skulle hinnas med om fokusgruppernas resultat visade sig otillräckliga.

Enkäter övervägdes också som ett alternativ, främst på grund av deras möjlighet att nå en större mängd informanter och därmed generera en större kvantitet av data. Denna metod bedömdes dock vara mindre lämplig, då den riskerade att resultera i antigen kortfattade eller ja/nej svar, vilket inte ansågs tillföra den nyanserade information som eftersträvades i studien. Av dessa skäl valdes semistrukturerade intervjuer för insamling av data, där specifika frågor kunde ställas och ytterligare diskussioner kunde uppmuntras under intervjuförfarandet.

6. SLUTSATSER

Produktionen av grön metanol är för närvarande mycket begränsad inom EU, vilket skapar en stor obalans mellan tillgång och efterfrågan. Resultatet påvisar att även om det finns många pågående projekt för att öka produktionen, är det osäkert om dessa kommer att förverkligas inom de närmaste fem till tio åren. Huvudutmaningarna inkluderar höga produktionskostnader och avsaknaden av ett tvingande regelverk som skulle kunna öka efterfrågan. För att kunna möta framtidens miljökrav krävs långsiktiga politiska åtgärder och incitament för att stimulera en ökad produktion av grön metanol.

Aktörer i Göteborgs Hamn har goda förutsättningar att anpassa sin infrastruktur för metanolbunkring och därmed utnyttja sin potential som en metanolbunkringshubb. Med relativt små investeringar och anpassningar kan hamnen bli en viktig aktör i den gröna omställningen av sjöfarten. Konverteringen av befintliga cisterner och installationen av en VRU skulle kunna genomföras inom ett år. De största logistiska utmaningarna består i att säkerställa en säker hantering av metanol samt ett dedikerat system som är helt segregerat från andra petroleumprodukter.

Rederierna ser positivt på metanol som ett möjligt framtida bränsle, särskilt om tillgången på grön metanol ökar. Det finns ett genuint intresse bland rederier för att konvertera till metanoldrivna fartyg, då de ser fördelar med metanolens säkerhet och lagringsmöjligheter jämfört med andra alternativa bränslen som LNG. De största hindren för en övergång är dock höga omställningskostnader och den begränsade tillgången på grön metanol. För att möjliggöra en övergång till metanol krävs dessutom tvingande internationella regelverk som skapar en ekonomisk och praktisk drivkraft för rederier att investera i metanoldrift.

6.1 Rekommendationer till fortsatt arbete

Trots att denna studie gett viktiga insikter om metanolens potential som framtidens bränsle inom sjöfarten, har flera områden medvetet avgränsats för att hålla studiens omfattning hanterbar. Vidare forskning inom dessa områden skulle inte bara kunna ge en djupare förståelse för de utmaningar som ligger framför, utan även bidra med praktiska lösningar för att påskynda den gröna omställningen inom sjöfarten. Följande förslag riktar in sig på att vidareutveckla kunskapen inom dessa områden:

- Genomföra detaljerade kostnads-nyttoanalyser för både ombyggnation av befintlig infrastruktur och investeringar i nyproduktion. Undersöka hur ekonomiska incitament, såsom subventioner och långsiktiga kontrakt, kan minska de ekonomiska riskerna för både rederier och bränsleleverantörer.

- Forskning bör riktas mot att optimera processer för storskalig produktion av grön metanol, där förbättrade elektrolysmetoder och modulära produktionsanläggningar kan spela en avgörande roll. Ytterligare studier kring tekniska anpassningar för konvertering av befintliga fartyg, exempelvis effektivisering av motorer anpassade för metanoldrift, skulle kunna minska omställningskostnaderna och öka driftsäkerheten.

- Miljömässiga konsekvenser och detaljerade livscykelanalyser är medvetet exkluderade i denna studie, därför är det viktigt att genomföra helhetsanalyser som kartlägger utsläppen av CO_2 och andra miljörisker från produktion, distribution och användning av både fossil och grön metanol. Jämföra metanolens miljöpåverkan med andra

alternativa bränslen, exempelvis LNG, ammoniak eller vätgas, för att underbygga dess roll i att uppnå de globala klimatmålen.

- Ett centralt hinder som identifierats i studien är avsaknaden av tvingande regelverk. Vidare forskning bör analysera hur internationella och nationella regler, exempelvis framtida direktiv från IMO och justeringar i EU ETS, kan utformas för att skapa en stabil efterfrågan på grön metanol. Studier om hur samverkan mellan industrin, myndigheter och forskningsinstitutioner kan stimulera utvecklingen av en konkurrenskraftig metanolmarknad är också angelägna. Trots att Göteborgs Hamn identifierats som väl rustad för en övergång till metanolbunkring, saknas praktiska studier.

- Framtida projekt bör fokusera på pilotstudier där de föreslagna infrastrukturella anpassningarna, såsom konvertering av cisterner och installation av VRU-enheter, testas i en verklig miljö. Dessa pilotprojekt kan även utvärdera säkerhetsaspekter, logistiska flöden, den operativa hantering av metanol, vilket ger värdefull information för en bredare implementering.

- Genomföra en liknande studie på ett alternativt drivmedel som exempelvis ammoniak, grön LNG eller vätgas.

KÄLLFÖRTECKNING

D3j4vu. (2010). *Bimetallkorrosion* [fotografi]. Openverse. https://openverse.org/image/cb1c5cc8-cd44-4675-8058-ae55e7354423?q=Galvanic+corrosion

Denscombe, E. (2018). *Forskningshandboken: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna* (4.uppl.) Studentlitteratur AB

European Commission. (u.å.) *What is the EU ETS?* https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en

International Maritime Organization. (2023, 7 Juli). *Revised GHG reduction strategy for global shipping adopted.* https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/Revised-GHG-reduction-strategy-for-global-shipping-adopted-.aspx

International Maritime Organization. (2024, 8 Oktober) *IMO makes progress on net-zero framework for shipping.* https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/MEPC-82-makes-progress-IMO-netzero-framework.aspx

International Renewable Energy Agency (2013, Januari). IEA-ETSAP and IRENA Technology Brief I08. *Production of Bio-methanol.* https://www.irena.org/Publications/2013/Jan/Production-of-Bio-methanol

Kang, Seungwoo. (2021). *Innovation outlook: renewable methanol*. International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf

Kang, Seungwoo. (2021). [Bild]. *Innovation outlook: renewable methanol*. International Renewable Energy Agency, p.43. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf

McKinlay, C. J., Turnock, S. R., & Hudson, D. A. (2021). Route to zero emission shipping: Hydrogen, ammonia or methanol? *International Journal of Hydrogen Energy*, *46*(55), 28282–28297. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.06.066

Methanol Institute. (2020) *Methanol safe handling manual.* (5. uppl.). https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2020/03/Safe-Handling-Manual_5th-Edition_Final.pdf

Methanol Institute. (u.å.) *Atmospheric above ground tank storage of methanol.* [Produktblad]. https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2020/04/Atmospheric-Above-Ground-Tank-Storage-Of-Methanol-Bulletin.pdf

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (u.å.) *Beslutstöd till räddningstjänst.* https://rib.msb.se/fa/Substance/Index?id=662

Shamsul, N. S., Kamarudin, S. K., Rahman, N. A., & Kofli, N. T. (2014). An overview on the production of bio-methanol as potential renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 578–588. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.024

Wei, H., Müller-Casseres, E., Belchior, C. R. P., & Szklo, A. (2023). Evaluating the Readiness of Ships and Ports to Bunker and Use Alternative Fuels: A Case Study from Brazil. *Journal of Marine Science and Engineering*, *11*(10). https://doi.org/10.3390/jmse11101856

BILAGA 1 – INTERJUVFRÅGOR BUNKERLEVERANTÖRER OCH TEKNISKA EXPERTER

Inledningsfrågor

1. Vad har du för yrkesroll? Och vilka arbetsuppgifter?

2. Vad har du för bakgrund och utbildning?

3. Hur många år har du arbetat inom branschen?

Produktion och distribution

4. Hur ser tillgången till grön metanol ut i dagsläget, och hur tror ni att den kommer utvecklas inom de närmaste 5–10 åren?

5. Vilka logistiska utmaningar ser ni med att leverera metanol i Göteborgs Hamn?

Miljöpåverkan och hållbarhet

6. Vilka miljöfördelar kan metanol erbjuda jämfört med andra marina bränslen?

7. Hur kan produktionen av grön metanol skalas upp för att möta efterfrågan från sjöfarten?

Konkurrens och framtidsperspektiv

8. Hur ser ni på metanol som en konkurrenskraftig lösning jämfört med andra bränslealternativ som tex vätgas, LNG eller ammoniak?

9. Vilka teknologiska innovationer kan ytterligare främja metanolens roll i sjöfarten?

Samarbete mellan Göteborgs Hamn och leverantörer?

10. Vad skulle Göteborgs Hamn behöva erbjuda eller utveckla för att ni ska överväga att börja tillhandahålla metanol som bränsle?

11. Finns det specifika tjänster, logistiklösningar eller stöd från hamnen som skulle underlätta för er att börja tillhandhålla metanol?

Teknisk omställning

12. Hur ser ni på att konvertera en befintlig cistern?

13. Vilka anpassningar på er och hamnens infrastruktur behövs för att tillhandahålla metanol?

BILAGA 2 – INTERJUVFRÅGOR REDERIER

Inledningsfrågor

1. Vad har du för yrkesroll?

2. Vad har du för bakgrund och utbildning?

3. Hur många år har du arbetat inom branschen?

Strategiska mål

4. Hur ser ert företag på användningen av metanol som marint bränsle i framtiden?

5. Vilka faktorer avgör era beslut kring övergång till metanol?

Tekniska och operationella utmaningar

6. Vilka tekniska utmaningar ser ni med att implementera metanoldrivna fartyg i er flotta?

7. Hur ser ni på säkerhetskraven för hantering av metanol som bränsle ombord?

Kostnader och investeringar

8. Hur uppfattar ni kostnadsläget för metanol jämfört med andra alternativa bränslen som LNG eller ammoniak?

9. Vilka investeringar krävs för att ställa om till metanolteknik, och vilka stöd eller subventioner skulle kunna underlätta omställningen?

Frågor om hamnen

10. Vad skulle Göteborgs Hamn behöva erbjuda eller utveckla för att ni ska överväga att bunkra metanol där?

11. Finns det specifika tjänster, logistiklösningar eller stöd från hamnen som skulle underlätta för er att börja använda metanol?

Strategiska beslut och miljö

12. Hur ser ert rederis miljöstrategi ut?

13. Hur ser ni på IMO:s 2050-mål för att minska utsläppen inom sjöfarten?

14. Vilken roll tror ni att metanol kan spela i att uppnå dessa mål?

Teknisk omställning

15. Hur ser ni på att konvertera befintliga fartyg till metanoldrift?

16. Har ni planer på nybyggnation av fartyg som använder metanol som drivmedel?

17. Vilka tekniska och ekonomiska utmaningar ser ni med att implementera metanol i er flotta?

Logistik och planering

18. Finns det några logistiska hinder som gör att ni tvekar inför att börja använda metanol som bränsle?

Öppna frågor

19. Vad skulle kunna motivera er att satsa på metanol som primärt fartygsbränsle?

20. Finns det något ytterligare ni önskar från hamnar, myndigheter eller leverantörer för att underlätta övergången till metanol?

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige
www.chalmers.se

CHALMERS