



CHALMERS

Hur har SECA påverkat färjerederiers val av bränsle på svenskt vatten?

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

Leif Andersson

Magnus Nilsson

RAPPORTNR. Si-15/146

Hur har SECA påverkat färjerederiers val av bränsle på svenskt vatten?

Leif Andersson
Magnus Nilsson

Institutionen för sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige, 2015

Hur har SECA påverkat färjerederiers val av bränsle på svenskt vatten?
How has SECA influenced ferry companies choice of fuel in Swedish waters?

Leif Andersson
Magnus Nilsson

© Leif Andersson, 2015.
© Magnus Nilsson, 2015.

Rapportnr. Si-15/146
Institutionen för sjöfart och marin teknik
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Tryckt av Chalmers
Göteborg, Sverige, 2015

Hur har SECA påverkat färjerederiers val av bränsle på svenskt vatten?

Leif Andersson

Magnus Nilsson

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Den första januari 2015 trädde strängare utsläppsregler om svaveloxider i kraft. På svenskt vatten sjönk den tillåtna svavelhalten i ett bränsle från 1 % till 0,1 % vilket medfört stora förändringar för sjöfartsnäringen. Svaveloxider är skadligt för såväl människan som naturen. Europeiska Unionen, EU, har under ett antal reformer succesivt skärpt kraven om utsläpp av svaveloxider. EU har antagit reformer skriva av International Maritime Organization, IMO.

Studien är en kvalitativ studie där en grupp rederier besvarat en enkät. Rederierna kontaktades via telefon. Fartygen i studien är färjor med en minsta längd på 140 meter och samtliga fartyg är kontinuerligt verksamma på svenskt vatten. Studiens huvudfråga är *”Vad har rederierna gjort för att klara av de nya utsläppsdirektiven av svavel?”*.

Innan årsskiftet 2014/2015 använde samtliga tillfrågade rederier tjockolja som bränsle för framdrivning av deras fartyg. Efter årsskiftet ser situationen helt annorlunda ut. Studien visar att de flesta rederier, i alla fall tillfälligt har löst den nya utmaningen med att byta bränsle. Rederierna har som vision att lösa utmaningen på lite olika sätt men ett slående resultat i studien är ett stort intresse för såväl metanol som för flytande naturgas, LNG.

Under 2014 sjönk priset på de vanligaste fartygsbränslena till runt hälften av sin tidigare nivå. Det låga bränslepriset tros vara en viktig orsak till att alternativa lösningar så som LNG och metanol i dagsläget framförallt är visioner. Om bränslepriset hade varit högre, vilka svar hade då erhållits?

Nyckelord: SECA, tjockolja, svaveloxider, LNG, färjor, bränsle

Abstract

On the first of January 2015 new stricter rules regarding Sulphur emission came into force. In Swedish waters the maximum allowed content of Sulphur in the fuel was reduced from 1 % to 0.1 %, which has led to big changes in the shipping industry. Sulphur oxide is noxious to both humans and nature. The European Union, EU, has by reforms gradually increased the requirement regarding Sulphur emissions. EU has adopted reforms written by International Maritime Organization, IMO.

This thesis is a qualitative study where a group of shipping companies have responded to a questionnaire. The companies were contacted through phone. The vessels participating in this study are ferries with a minimum length of 140 meter and all of them continuously operating in Swedish waters. The main question of the study is: *“What have the companies done to meet the new requirements of Sulphur emissions?”*

Before 2015 all of the approached companies used heavy fuel oil as propulsion fuel on their ferries. Since the turn of the year the situation has changed drastically. The study proves that most of the companies, at least temporary have complied with the new rules by changing fuel. Although the companies have complied with the requirements, they have different visions of future fuel. Great interest is shown in fuels such as methanol and liquefied natural gas, LNG.

In the end of 2014, the price for the four most common fuels used aboard ships, was reduced by almost half of its former price. The low fuel price might be a big reason to why alternative fuels such as LNG and methanol are still just a vision. If the fuel price for distillate fuels would have been higher, could the result have been any different?

Keywords: SECA, heavy fuel oil, Sulphur oxides, LNG, ferries, fuel

Förord

Författarna vill tacka de rederier som medverkat och gjort studien möjlig.

Ett stort tack ges också till handledaren Henrik Pahlm för god vägledning genom studien.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract	ii
Förord	iii
Figurförteckning	vi
Tabellförteckning	vi
Förkortningslista	vi
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Frågeställningar	2
1.4 Avgränsningar	2
2 Teori	3
2.1 Tidigare forskning.....	3
2.2 Regelverk och styrande organisationer.....	4
2.2.1 Emission Control Area (ECA)	4
2.2.2 Sulphur Emission Control Area (SECA).....	5
2.3 Bränslen.....	6
2.3.1 Konventionella bränslen.....	6
2.3.2 Alternativa bränslen.....	7
2.3.3 BWI-index	8
2.4 Emissioner	9
2.4.1 Svaveloxider	9
2.4.2 Kväveoxider	9
2.4.3 Växthusgaser	10
2.4.4 EEDI.....	11
2.5 Avgasrening.....	13
3 Metod	15
4 Resultat	16
5 Diskussion	19
5.1 Metoddiskussion.....	19
5.2 Resultatdiskussion	20

6	Slutsatser	23
6.1	<i>Förslag på framtida forskning inom området:.....</i>	<i>23</i>
7	Referenser	24
7.1	<i>Enkät.....</i>	<i>1</i>

Figurförteckning

Figur 1. Regulation 14 i Marpol Annex IV.....	5
Figur 2. SECA Östersjön (Transportstyrelsen, 2014).....	5
Figur 3. Raffinering i fraktionstorn.....	6
Figur 4. BWI-index (BWI, 2015).....	8
Figur 5. Gränsvärden för kväveoxider.....	10
Figur 6. Hybridskrubber (Alfa Laval, 2015).....	14
Figur 7. Resultatsammanställning.....	18

Tabellförteckning

Tabell 1. Beräkning av NO _x gränsvärde	10
---	----

Förkortningslista

BWI	Bunker World Index
ECA	Emission Control Area
EEDI	Energy Efficiency Design Index
EU	Europeiska Unionen
HFO	Heavy Fuel Oil
IMO	International Maritime Organisation
LNG	Liquefied Natural Gas
MDO	Marine Diesel Oil
MGO	Marine Gas Oil
NO_x	Kväveoxider
SECA	Sulphur Emission Control Area
SO_x	Svaveloxider

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Tillsammans med diesel har tjockolja länge varit det dominerande framdrivningsbränslet för fartyg. Tjockolja innehåller naturligt mycket svavel jämfört med andra drivmedel. Vid förbränning av tjockolja frisläpps svaveloxider och andra föroreningar i atmosfären, föroreningar som bland annat bidrar till växthuseffekten. Svaveloxider bidrar till sur nederbörd som skadar mark, skog, sjöar och vattendrag. Svaveloxider som bildas är i form av små partiklar och ses som en hälsorisk då de kan färdas långt ner i lungorna och irritera (McPhie, 2007). Europeiska Unionen, EU, har länge strävat efter en lägre svavelhalt i marina bränslen (Lindhall & Lejman, 2013).

Under de senaste 20 åren har restriktioner om svavelutsläpp avlöst varandra och vid årsskiftet 2014/2015 trädde den senaste skärpningen om utsläppsregler av svavel i kraft. Inom EU-området finns ett svavelkontrollområde med extra stränga utsläppskrav. Området förkortas SECA och står för Sulphur Emission Control Area. SECA är inte upprättat av EU utan av International Maritime Organisation, IMO (IMO, 2015). I och med de senaste svaveldirektiven får fartyg verksamma inom SECA-området inte använda sig av ett bränsle med mer än 0,1 % svavelinnehåll. Det finns dock undantag till det kravet. Svavelinnehållet i bränslet är direkt proportionerligt till svavelinnehållet i avgaserna (Kuiken, 2008) vilket tillåter att man använder sig av en avgasrenare, en så kallad skrubber. Svavelinnehållet i avgaserna får då inte överstiga 0,1 % (Kalli, Karvonen, & Makkonen, 2009).

Det finns flera Emission Control Areas, ECA. Det området som berör svenskt vatten består av Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen (Svavelkontrollområde (SECA), 2015). I det ECA område som finns utanför USAs kust kontrolleras förutom utsläpp av svaveloxider även utsläpp av kväveoxider (IMO, 2015).

År 2013 gjordes en liknande studie som handlar om hur nordiska färjerederier förberedde sig inför de strängare svaveldirektiv 2015. I den studien gavs det förslag om vidare studier efter införandet av svaveldirektiven. Därför blev studiens ämne extra intressant.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att belysa hur färjerederier, vars fartyg kontinuerligt är verksamma i svenskt vatten, har hanterat de allt strängare utsläppsreglerna kring svavel som trädde i kraft 2015. Studien presenterar vad rederierna har gjort för att klara av de nya utsläppsdirektiven av svavel. Studien tar även upp hur de tillfrågade rederierna förbereder sig för eventuellt strängare utsläppsregler av kväveoxider.

1.3 Frågeställningar

- Vad har rederierna gjort för att klara av de nya utsläppsdirektiven av svavel och hur vill de driva sina fartyg år 2020?
- Hur har rederierna resonerat kring skärpta utsläppsregler av kväveoxider?

1.4 Avgränsningar

Studien har hanterat rederier vars färjor kontinuerligt trafikerar svenskt vatten. Färjor med en minsta längd på 140 meter har använts. Färjor över 140 meter ger en god indikation på hur fartyg i svenskt vatten hanterat utmaningen med strängare svaveldirektiv.

2 Teori

Det här kapitlet innehåller tidigare forskning och teori för att läsaren på ett enkelt och snabbt sätt skall kunna sätta sig in i rapporten.

2.1 Tidigare forskning

År 2013 utfördes en studie av två studenter, Lindahl och Lejman, vid sjöingenjörsprogrammet i Kalmar. Studien handlar om hur nordiska färjerederier skulle möta de kommande svaveldirektiven 2015. Genom telefonintervjuer har författarna samlat rådata från sju färjerederier som trafikerar Nordsjön och Östersjön. I studien redovisas rederiernas inställning till följande tekniska lösningar för att uppnå de kommande svaveldirektiven:

- Skrubber
- Liquefied Natural Gas, LNG
- Destillat
- Metanol

I studien presenterade rederierna ett stort tvivel gällande användandet av en skrubber (Skrubber beskrivs i kapitel 2.5). Flera rederier ansåg att tekniken var för dåligt utvecklad och att den inte fungerade särskilt bra. Inget av rederierna visste med klarhet vem som skulle ta hand om skrubberns restprodukter eller vad som skulle göras med dessa. En installation av en skrubber på ett befintligt fartyg ansågs av många rederier som ohållbar främst på grund av att fartygets stabilitet påverkas negativt av en sådan installation. Flera rederier kunde dock tänka sig att installera en skrubber på sina framtida fartyg där skrubbern installeras redan från början och på så vis är inräknad i stabiliteten, förutsatt att tekniken vidareutvecklas.

Rederierna hade en gemensam åsikt gällande att LNG inte var en rimlig lösning för befintliga fartyg (LNG beskrivs i kapitel 2.3.2.2). En ombyggnation till LNG-drift av befintliga motorer ansågs innebära orimligt höga kostnader. Flera rederier förutspådde problem med bunkring av LNG. Ifall LNG skulle få bättre bunkringsmöjligheter genom en utvecklad infrastruktur ansåg flera rederier att LNG skulle kunna vara ett bra alternativ till planerade nybyggen. Rederi G sade i en intervju *”När det gäller nybyggnad, så är det LNG jag tror, vi tror kommer”*.

Rederiernas åsikter om metanol var framförallt att metanol befann sig i en testfas och i behov av att utvecklas mer (Metanol beskrivs i kapitel 2.3.2.1). De flesta rederier hade svårt att tro att metanol kunde vara ett reellt alternativ till de övriga tekniska lösningar som presenterades, dock inte alla. En minoritet såg en potential i metanol, främst på grund av att det inte ställer lika höga krav på infrastruktur och investeringar som LNG. Hälften av de tillfrågade rederierna trodde att de skulle välja ett destillat som bränsle när de strängare reglerna kring utsläpp av svaveloxider blir verklighet (Destillat beskrivs i 2.3.1.1). Det då dyrare bunkerpriset ansågs väga upp för eventuella investeringar som andra tekniska lösningar medför. Övriga rederier kunde inte svara på vad de tänkt göra vid årsskiftet 2014/2015. Deras plan var att avvakta och se vad som händer med bunkerpriser och den tekniska utvecklingen av skrubbers (Lindahl & Lejman, 2013).

2.2 Regelverk och styrande organisationer

International Maritime Organization, IMO, är Förenta Nationernas, FN, organ som ansvarar för sjöfartens säkerhet och arbetar förebyggande mot förorening och utsläpp orsakade av sjöfart (IMO, 2015). IMO grundades 1948 under namnet Inter-Governmental Maritime Consultative Organization, IMCO, namnet ändrades 1982 till IMO (IMO, 2015). Internationell sjöfart står för runt 90 % av den globala handeln. För de flesta sorter av gods är sjöfart det mest energi- och kostnadseffektiva transportmedlet. Sjöfart är en internationell bransch och världen förväntar sig en säker och effektiv sjöfart. IMO är den myndighet som sätter globala standarder inom säkerhet för sjöfarten. IMO vidrör alla aspekter inom sjöfart, från designen av fartyg till hur fartyg bemannas och används (IMO, 2015). IMO ansvarar inte för att dess regelverk och standarder följs. Det är upp till IMOs medlemsländer att implementera IMOs regler och standarder i sitt lands lagtexter (IMO, 2015).

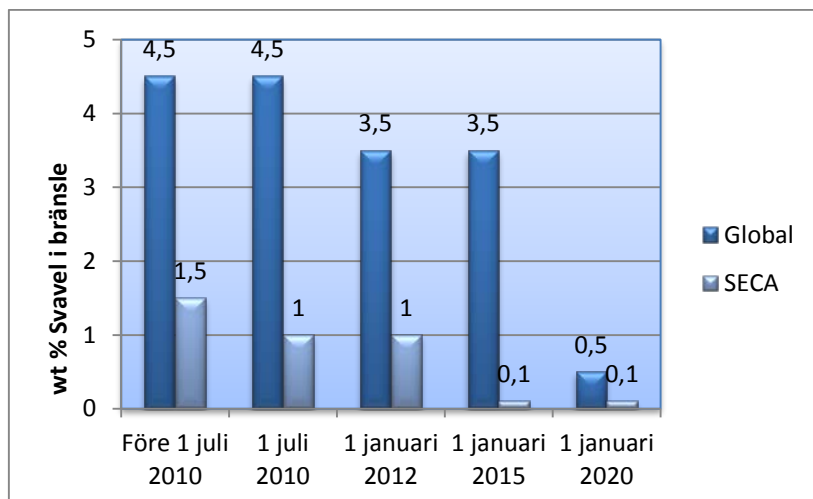
I kapitel 2.2.2 förklaras begreppet SECA. SECA är ett område i Europa med stränga utsläppsregler för svaveloxider. I EU direktiven 1999/32/EC antog EU bestämmelser från Annex VI av Marine Pollution Convention 1973 and 1978, MARPOL 73/78. MARPOL är en miljökonvention från IMO som utfärdades 1973 men trädde först i kraft 1978. Annex VI är ett tillägg till den ursprungliga konventionen och behandlar utsläpp av luftemissioner från fartyg och hur de kan förhindras. EU direktiven 1999/32/EC ändrades genom direktiven 2005/33/EC. I de nya direktiven 2005 uppkom området SECA. Efter påtryckningar från EU utkom 2008 en strängare upplaga av MARPOL Annex VI som sänkte den tillåtna svavelhalten i marina bränslen såväl innanför som utanför SECA. Det är de restriktioner som år 2015 är i kraft genom EU direktiven 2012/33/EU (Europeiska kommissionen, 2015).

2.2.1 *Emission Control Area (ECA)*

ECA står för Emission Control Area och betyder emissionskontrollområde. ECA-områdena regleras av IMO genom MARPOL Annex VI. Idag finns det fyra ECA-områden i världen:

1. Östersjön
2. Nordsjön
3. Nord Amerika
4. USAs del av Karibiska havet.

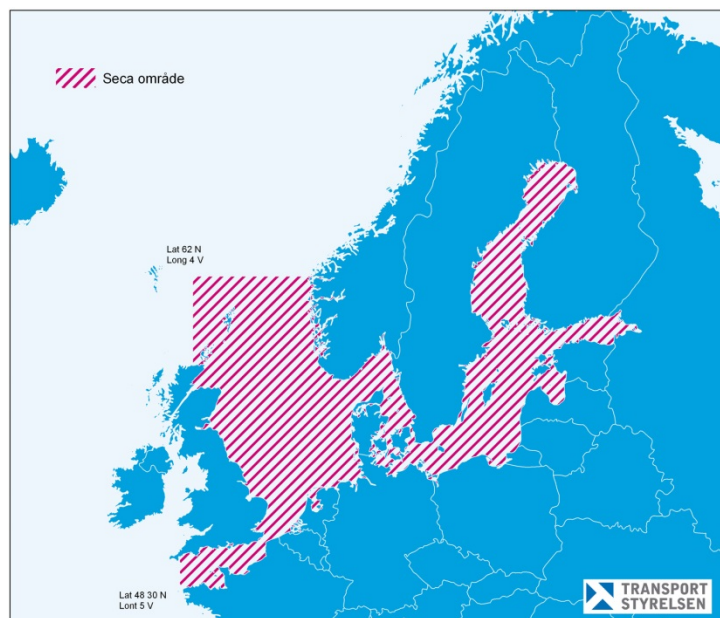
Östersjön och Nordsjön brukar ses som ett område, dit även Engelska kanalen tillhör. Nordamerika och USAs del av Karibiska havet ses också i många sammanhang också som ett område. Området Östersjön och Nordsjön reglerar endast utsläpp av svaveloxider och förklaras närmare i kapitel 2.2.2. Området Nord Amerika och USAs del av Karibien kontrollerar förutom utsläpp av svaveloxider även utsläpp av kväveoxider och partiklar (IMO, 2015).



Figur 1. Regulation 14 i Marpol Annex IV

2.2.2 Sulphur Emission Control Area (SECA)

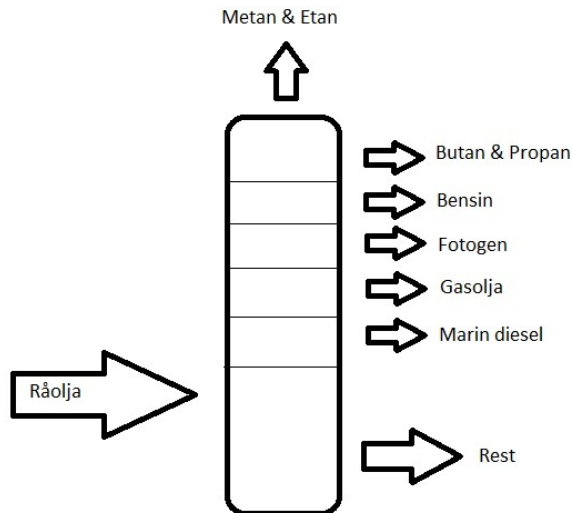
SECA står för Sulphur Emission Control Area och betyder svavelkontrollområde. SECA är ett område där utsläpp av svavel regleras extra hårt. Det området som berör Östersjön består av Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen (Transportstyrelsen, 2015). Vid årsskiftet 2014/2015 trädde strängare utsläppsregler om svaveloxider i kraft. Fartyg inom SECA-området får inte använda sig av ett bränsle med mer än 0,1 % svavelinnehåll. Svavelinnehållet i bränslet är direkt proportionerligt mot svavelinnehållet i avgaserna (Kuiken, 2008) vilket tillåter bränslen med högre svavelinnehåll om avgaserna renas efteråt (IMO, 2015).



Figur 2. SECA Östersjön (Transportstyrelsen, 2014)

2.3 Bränslen

Detta kapitel behandlar vanliga bränslen för maritimt bruk. När råolja utvinns består denna av en mängd olika kolväteföreningar. Beroende på var i världen oljan har utvunnits har den olika egenskaper. Exempel på egenskaper som kan skilja sig är svavelinnehållet i råoljan (Cockett, 1997).



Figur 3. Raffinering i fraktionstorn

För att dela upp kolväteföreningar vid raffinering används ett fraktionstorn. En enkel systembeskrivning av processen visas i figur 3. Råolja förs in i tornet och hettas upp till ca 350 °C varpå lättare kolväten övergår till gasform och stiger. Råoljan kondenserar vid olika temperaturer och på så vis kan specifika grupper av kolväteföreningar med likartade fysikaliska och kemiska egenskaper utvinnas. I botten av tornet samlas den restprodukt som innehåller tunga kolväten som inte övergår till gas genom upphettningen i processen. Två av dessa restprodukter är asfalt och tjockolja.

2.3.1 Konventionella bränslen

Till gruppen konventionella bränslen hör de bränslen som historiskt använts i marina dieselmotorer och bränslen som har liknande fysikaliska egenskaper.

2.3.1.1 Destillat

Vid raffinering av råolja utvinns ett flertal olika bränslen. Något förenklat kallas de bränslen som utvinns i fraktionstornets mellersta del för destillat. Destillat och består av lättare kolväten. Jämfört med raffineringsprocessens restprodukter som återstår i botten av processen är destillaten renare då de tyngre kontamineringsarna samlas i fraktionstornets botten. Destillat som används för maritimt bruk kategoriseras vidare där de två vanligaste bränslena är:

- Marine Gas Oil, MGO.
- Marine Diesel Oil, MDO.

MDO översätts många gånger till endast diesel på svenska. Skillnaden på MGO och MDO är att MGO inte får innehålla något spår av restprodukt, vilket MDO får lov att göra (Proteux, 2015).

2.3.1.2 Restbränslen

Produkten som blir kvar i botten av fraktionstornet innehåller tyngre kolväten och föroreningar. Genom att blanda restprodukten med tillsatser och destillat framställs ett användbart bränsle med lämplig viskositet för dieselmotorer. Då föroreningar koncentreras tillsammans med tyngre kolväteföreningarna krävs omfattande reningsprocesser ombord på fartygen för att uppnå godtagbar kvalitet av bränslet. De restbränslen som används till sjöss går under namnet Heavy Fuel Oil, HFO, vilket översätts till tjockolja på svenska (Andersson, 2008).

2.3.1.3 ECA bränslen

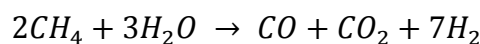
För att erbjuda rederierna ytterligare alternativ att möta SECA kraven har nya bränslen utvecklats av oljebolagen. Så kallade ECA-oljor har börjat produceras. Egenskaperna för oljorna är väldigt lika tjockoljas, och innehåller endast 0,1 % svavel. Tjockoljan och ECA-bränslenas likheter möjliggör en övergång från tjockolja till en ECA-olja utan större ombyggnationer av framdrivningssystemet. Ett exempel på en ECA-olja är Exxon Mobils HDME 50 vilken marknadsförs som en Heavy Distillate Marine ECA fuel (ExxonMobil, 2015)

2.3.2 Alternativa bränslen

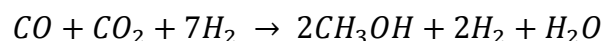
Till alternativa bränslen räknas de bränslen som på ett avsevärt sätt skiljer sig från de konventionella bränslena, både fysikaliskt och kemiskt. Vid drift på alternativa bränslen kan motorns konstruktion behöva modifieringar.

2.3.2.1 Metanol

Metanol (CH_3OH) är en alkohol och är en lätt, färglös och brandfarlig vätska vid rumstemperatur. Jämfört med många andra bränslen innehåller metanol mycket lite kol men desto mer väte. Den vanligaste metoden för produktion av metanol är att utvinna syntesgas, som består av kolmonoxid, koldioxid och vätgas. Syntesgasen utvinns ur kolbaserade restprodukter som till exempel biomassa, jordbruks- och skogsavfall.



Genom en katalytisk reformering av syntesgasen bildas metanol:



Om en extern källa av koldioxid finns att tillgå kan överflödet av vätgas användas till att producera ytterligare metanol (Methanol Institute, 2015). I likhet med LNG är metanol ett rent bränsle och medför lägre utsläpp av svaveloxid, kväveoxid, koldioxid och partiklar. I ett samarbete mellan Stena Line och motortillverkaren Wärtsilä har en av de fyra huvudmaskinerna ombord M/V Stena Germanica konverterats till metanoldrift. Syftet är att utvärdera metanol som bränsle. Blir resultatet tillfredställande kan resterande huvudmaskiner konverteras och M/V Sena Germanica i så fall helt gå över till metanol (Bergman, 2015)

2.3.2.2 *Liquefied Natural Gas (LNG)*

Liquefied Natural Gas, LNG, översätts till flytande naturgas på svenska. Vid drift på LNG uppfylls kraven för svavelutsläpp. Det är framförallt den egenskapen som gjort LNG till ett intressant val för rederier verksamma inom SECA-området. LNG har fler goda egenskaper så som ett bättre EEDI-värde till följd av minskade koldioxidutsläpp samt en minskning av kväveoxidutsläppen på runt 90 % jämför drift på tjockolja (Brynnolf, Magnusson, Fridell, & Andersson, 2014).

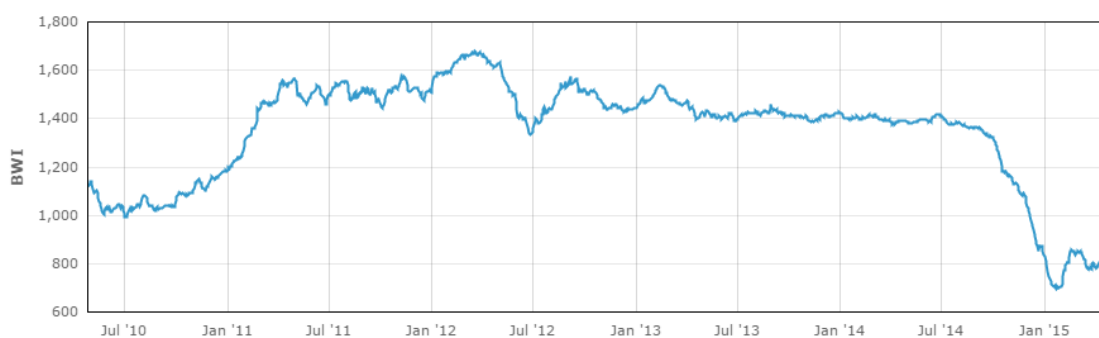
Naturgas har liksom tjockolja olika egenskaper beroende på var i världen den utvinns. Naturgas består till största del av metan (CH₄). Innan naturgas används som bränsle rensas den från orenheter och föreningar. Naturgas kondenserar vid ca -160⁰ C och för att spara plats kyls gasen till kondensat. I flytande form benämns naturgas LNG. I flytande tillstånd upptar naturgas endast 1/600 del av volymen. Förvaringsvolymen för LNG är mindre än den för tjockolja eller diesel.

För att byta från drift på destillat- och restbränslen till drift av alternativa bränslen så som LNG eller metanol krävs ombyggnationer av stora delar av framdrivningssystemet. På grund av LNGs höga självantändningstemperatur arbetar motorn enligt Otto principen vilket innebär att en bränsle-luft blandning komprimeras och antänds av ett tändstift eller pilotlåga. Ett koncept som erbjuds är Dual-Fuel motorer. Dessa går både att driva på gas eller vanligt konventionellt bränsle (Wärtsilä, 2013).

I Sverige är infrastrukturen av LNG begränsad. År 2011 stod den första svenska LNG-terminalen klar i Nynäshamn. Ytterligare terminaler är under planering, bland annat en i Göteborgs hamn. (Swedegas, 2015)

2.3.3 *BWI-index*

Grafen nedanför beskriver utvecklingen av Bunker World Index, BWI, de senaste fem åren. BWI är ett index som företaget Bunkerworld använder sig av. Indexet tar hänsyn till bränslena IFO380, IFO180, MDO och MGO. IFO står för Intermediate Fuel Oil och är en blandning av tjockolja och gasolja. 180 och 380 står för oljans viskositet. Indexet är ett medelvärde av bränslepriserna i 20 av världens största hamnar som till exempel Rotterdam, Singapore och New York (BWI, 2015).



Figur 4. BWI-index (BWI, 2015)

2.4 Emissioner

I MARPOL Annex VI som antogs 1997 reglerades avgasemissioner från ett fartyg globalt för första gången. MARPOL Annex VI har sedan dess blivit mer omfattande och strängare och ställer idag stora krav på utsläpp av såväl svaveloxider som kväveoxider (IMO, 2015).

2.4.1 Svaveloxider

Svaveloxiderna som lämnar fartyget med avgaserna fortsätter upp i atmosfären. I atmosfären kyls svaveloxiderna ned och när de reagerar med syre och väte bildas svavelsyra. Svavelsyran lämnar atmosfären genom regn och försurar mark, skog, sjöar och vattendrag (SPBI, 2015). Svavlet stannar i marken och bildar en buffert av svavel. Om svavlet ligger inom ett tillrinningsområde till en sjö kommer detta leda till försurning av sjön. Påföljder av detta blir att pH-värdet sjunker. Ett sjunkande pH-värde medför att arter som tidigare varit vanliga i sjön snabbt kan försvinna och istället ersättas av andra arter som tål en surare omgivning. Markförsurning leder till att såväl miljö som byggnader vittrar sönder (Trafikverket, 2014). Det går att mäta hur mycket svavelpåverkan ett område tål vilket anges i kritisk belastningsgräns (Petersson, 2008).

Svaveloxider som bildas är i form av små partiklar och dessa partiklar har en stark påverkan på människans andningsorgan och framkallar hosta och nedsatt lungfunktion. Vid långvarig eller hög dos kan betydande skador uppstå på luftvägar (Chen, Gokhale, Shofer, & Kuschner, 2007).

2.4.2 Kväveoxider

Kväveoxider (NO_x) bildas genom en förening av syre (O) och kväve (N). För att kväveoxider skall bildas krävs höga temperaturer, vilka till exempel uppnås i en förbränningsmotor. En högre förbränningstemperatur leder till fler reaktioner och därmed mer kväveoxider.

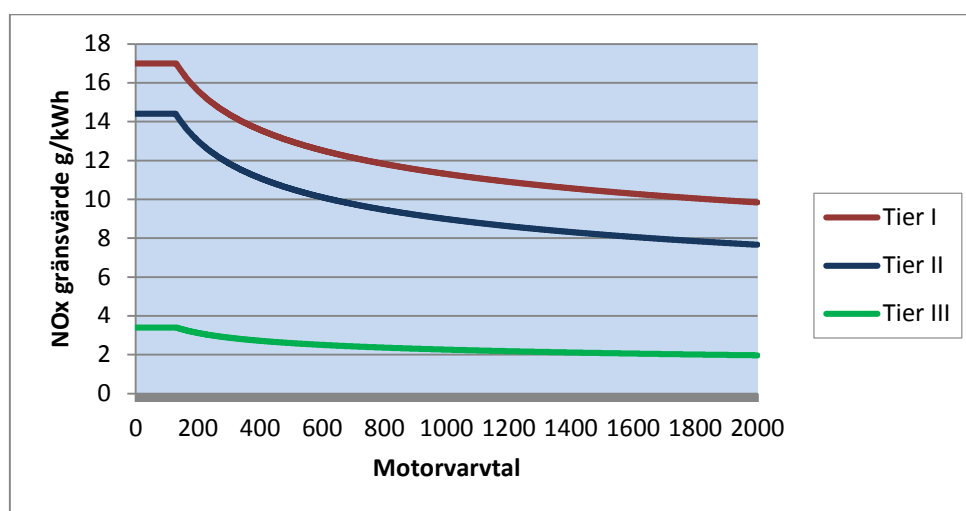
Kväveoxider är skadligt för såväl miljön som för människor. I miljön bidrar kväveoxider till försurning och agerar frätande mot byggnader då kväveoxider i reaktion med vatten bildar syror. Hos människor irriterar kväveoxider bland annat kroppens slemhinnor (Trafikverket, 2014).

Globalt kontrollerar IMO utsläppen av kväveoxider. IMOs kontroll och begränsning av kväveoxider gäller alla motorer med en motorstyrka över 130 kW som inte är avsedda för nöddrift av fartyget. Utsläppsrestriktionerna delas upp i tre olika nivåer. Vilken nivå som måste följas är beroende av olika faktorer så som fartygets ålder och var i världen fartyget seglar (IMO, 2015).

Tabell 1. Beräkning av NO_x gränsvärde

Tier	Byggnadsdatum	Gränsvärde av NO _x - innehåll i avgaser		
		rpm < 130	rpm =130 - 1999	rpm ≥ 2000
I	1 januari 2000	17,0	$45 \times n^{(-0,2)}$	9,8
II	1 januari 2011	14,4	$44 \times n^{(-0,23)}$	7,7
III	1 januari 2016	3,4	$9 \times n^{(-0,2)}$	2,0

De olika nivåerna benämns som Tier I, II och III och bestäms beroende på när fartyget byggts. För att räkna ut gränsvärdet används tabell 3. En övergripande bild redovisas i Figur 5 (IMO, 2015).

**Figur 5. Gränsvärden för kväveoxider**

2.4.3 Växthusgaser

Växthuseffekten är en naturlig process på jorden. Utan växthuseffekten skulle jordens yta vara ca 35 grader Celsius kallare (Miljöportalen, 2010) vilket skulle ge en medeltemperatur på -18 grader Celsius. Växthusgaser är ett samlingsnamn på de gaser som håller kvar delar av solens strålning på jorden och på så vis framkallar växthuseffekten. Förenklat värmer solens strålar upp jordytan som i sin tur skickar ut värmestrålar ut i rymden. På sin väg ut i rymden studsar jordens värmestrålar med växthusgaser i atmosfären. Studsen leder till att värmestrålarna ändrar riktning tillbaka till jorden och jorden behåller på så vis sin värme (SMHI, 2014).

Människan har sedan den industriella revolutionens stora genombrott vid slutet av 1700-talet släppt ut allt mer växthusgaser i atmosfären, och på så vis påverkat den annars naturliga processen. Koldioxidhalten i atmosfären ökade med knappt 45 % mellan åren 1750 och 2010. Även den mer aktiva växthusgasen metan ökade stort mellan samma tidsperiod. Såväl ökningen av koldioxid och metan tros bero på människan. I takt med att atmosfären får en allt mer koncentrerad samling av växthusgaser får jorden en allt högre medeltemperatur. Forskare världen över ser idag ett starkt samband mellan en förhöjd medeltemperatur på jorden och förhöjda halter av växthusgaser i atmosfären (Tjernström & Björkström, 2015).

2.4.4 EEDI

Den första januari 2013 trädde Energy Efficiency Design Index, EEDI, i kraft för IMO. EEDI är IMOs verktyg för att bestämma hur energieffektivt ett fartyg behöver vara och gäller sedan 2013 alla nybyggda fartyg. Varje fartyg räknar ut sitt eget EEDI men indexet är inte alltid applicerbart, det fungerar dåligt för vissa fartyg. Exempel på fartyg där EEDI fungerar särskilt dåligt på är fartyg som inte är tillverkade för transport av gods och för fartyg med dieselelektrisk framdrivning. För dessa fartyg krävs det tillägg av diverse korrekterings faktorer för att dess EEDI skall kunna beräknas. Förenklat kan EEDI förklaras genom följande formel:

$$EEDI = \frac{CO_2 \text{ emissioner}}{\text{Utfört arbete}}$$

(IMO, 2012)

Fartygets EEDI beräknas enligt följande formel:

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^n f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{n_{ME}} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}) + \left(\prod_{j=1}^n f_j \cdot \sum_{i=1}^{n_{PTI}} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} - \left(\sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot f_c \cdot Capacity \cdot f_w \cdot V_{ref}}$$

Nedan följer ett exempel på hur ett fartygs EEDI kan beräknas. Fartyget som beräkningarna är gjorda på är ett fiktivt fartyg. Fartyget har två huvudmaskiner drivna på LNG och tre dieselgeneratorer. Capacity i formeln är fartygets dödvikt. Fartyget har ingen axelgenerator eller innovativ teknik så som till exempel avgasturbin.

$$EEDI = \frac{(P_{ME} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME}) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}) + (P_{TTI} - f_{eff} \cdot P_{AEff} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}) - (f_{eff} \cdot P_{eff} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME})}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

$$EEDI = \frac{\left(0,75 \cdot 6000 \cdot 2 \cdot 2,75 \cdot \left(2,4 + \frac{7458}{45000} \cdot 1000 \right) \right) + (1405 \cdot 3 \cdot 0,75 \cdot 3,206 \cdot 192) + 0 - 0}{(1,0 \cdot 19010 \cdot 16 \cdot 1)} = 20,079$$

- P_{ME} – Effekt av fartygets huvudmaskiner vid 75 % maximalt arbetsvarvtal, MCR.
- C_{FME} – Dimensionslös faktor, för diesel = 3,206 för LNG = 2,750
- SFC_{ME} – Specifik bränsle konsumtion för fartygets huvudmaskiner i g/kWh vid 75 % MCR.
- P_{AE} – Effekt av fartygets generatorer vid 75 % MCR.
- C_{FAE} – Dimensionslös faktor, för diesel = 3,206 för LNG = 2,750.
- SFC_{AE} – Specifik bränsle konsumtion för fartygets generatorer i g/kWh vid 75 % MCR.
- P_{TTI} – 75 % av varje axelgenerators effektbehov dividerat med dess verkningsgrad.
- f_{eff} – Dimensionslös tillgänglighetsfaktor av innovativ teknik.
- P_{eff} – Huvudmaskiners effektreducering på grund av innovativ teknik.
- f_i – Kapacitetsfaktor uppskattad till 1.0

- f_w – Dimensionslös koefficient uppskattad till 1.0 som indikerar fartygets fartförluster i vattnet.
- *Capacity* – Kan förklaras som utfört arbete vilket för en Ro-Ro färja, Roll On-Roll Off färja är fartygets dödvikt.
- V_{ref} – Fartygets referenshastighet (COMMITTEE, 2012)

För att räkna ut vilket EEDI ett fartyg maximalt får ha används följande formel för Ro-Ro färjor, *Tillåtet EEDI* $= a \cdot b^{-c}$. EEDI parametrarna i nedstående exempel är enligt tabell 1.1 för Ro-Ro passanger ships (Lloyd, 2013).

$$a \cdot b^{-c} = 752,16 \cdot 19010^{-0.381} = 17,6205$$

- a – Dimensionslös faktor beroende på vilken typ av fartyg.
- b – För Ro-Ro färjor fartygets dödvikt.
- c – Dimensionslös faktor beroende på vilken typ av fartyg.

Det tillåtna EEDI reduceras av en X-faktor vilket för Ro-Ro färjor är mellan noll och fem under fas ett (2015-01-01 – 2019-12-31) enligt tabell 1.3 (Lloyd, 2013).

Ny tillåten EEDI beräknas:

$$EEDI_{ny} = \left(\frac{1 - X}{100} \right) \cdot EEDI_{gammal}$$

Dieselmotorer som drivs på diesel eller tjockolja släpper ut mer koldioxid än vad gasmotorer drivna på flytande naturgas eller metanol gör. Lägre utsläpp av koldioxid leder till ett bättre EEDI. De lägre utsläppen av koldioxid en gasmotor medför äts dock upp av det som kallas för metan slip. Metan slip kommer från engelskans methane slip och översätts till slinkande metan vilket innebär att oförbränd metan följer med förbränningsgaserna ut i atmosfären och bidrar på så vis till växthuseffekten, vilket är ett problem (Draffin, 2013).

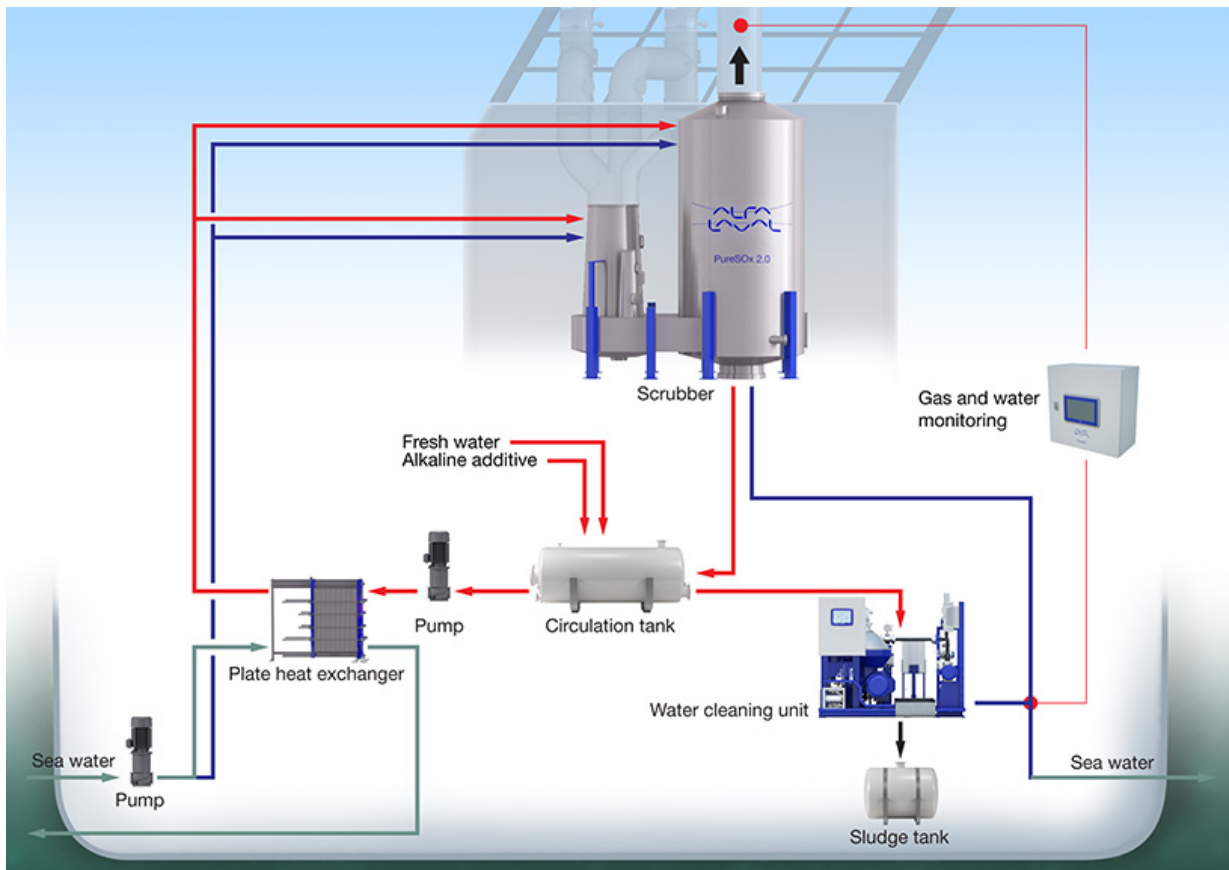
2.5 Avgasrening

Alternativet till att använda ett bränsle med en svavelhalt på mer än 0,1 % svavel är att rena avgaserna på bränslet. Dispens till att använda bränslen med högre svavelinnehåll blir då möjligt så länge svavelinnehåll i avgaserna aldrig överstiger 0,1 % (IMO, 2015). En metod att rena avgaserna med är med hjälp av en så kallad skrubber. Det finns två olika typer av skrubber, våt- och torrskrubber.

I en torrskrubber passerar avgaserna genom kalksten som reagerar med svaveloxiderna. I reaktionen bildas gips och koldioxid. Gipset är i fast form och stannar kvar i skrubbern medan koldioxiden släpps ut med resterande avgaser. För att ha kontinuerlig operation krävs att kalkstenen byts ut enligt anvisat intervall eftersom denna övergår till gips. Gipset som bildas är en restprodukt som tas om hand om och kan senare används industriellt.

I en våtskrubber sprejas avgaserna med vatten. Svavlet binds i vattendropparna. Vattnet samlas upp och går vidare till ett reningssystem. Vilken typ av vatten som används varierar mellan olika skrubbers. I ett system med öppen slinga används havsvatten, det använda havsvattnet filtreras på partiklar och metallföremål innan det pumpas ut i havet igen, svavelemissionerna pumpas överbord. I en stängd slinga används istället färskvatten som cirkuleras inom systemet. För att kompensera mot det lägre pH-värde svaveloxiderna medför det cirkulerande vattnet behandlas vattnet med alkaliska tillsatser som Natriumhydroxid (NaOH) för att uppnå en neutral lösning (Driffin, 2012).

En lösning som erbjuds är en så kallad hybridskrubber. I en hybridskrubber kan sjövattnet antingen kyla av färskvattnet i den stängda slingan, eller användas som skrubbevatten direkt i en då öppen slinga. I hamnar som inte tillåter utsläpp av skrubbevatten är det då möjligt att byta över till stängd slinga och drift på färskvatten som lagras i tankar ombord. Väl ute på öppet vatten kan fartyget övergå till drift av sjövattnet igen (Wärtsillä, 2015).



Figur 6. Hybridskrubber (Alfa Laval, 2015)

I Figur 4 illustreras ett system för en hybridskrubber. Sjövattnet är utmärkt med grön slinga och kan antingen kyla ner en stängd slinga av skrubbervatten, eller användas som skrubbervatten. Då fartyget befinner sig på vatten som tillåter utsläpp av skrubbervatten kopplas kylaren bort och sjövattnet pumpas istället in i skrubbern. Det kontaminerade vattnet töms sedan ut överbord.

Vid användning av stängd slinga cirkuleras färskvatten som vid bruk av öppen slinga lagras i en cirkulationstank. För att vattnet skall behålla rätt PH-värde doseras vattnet ett basiskt ämne så som Kaustiksoda (NaOH). Vidare är en separator ansluten till cirkulationstanken. Separatorm renar vattnet. Restprodukter som tungmetaller och svavel lagras i en sludge tank och det renade vattnet pumpas överbord (Sveriges hamnar, 2015)

3 Metod

I följande metodbeskrivning används en mall som beskrivs i Forsknings-metodikens grunder av Runa Patel och Bo Davidson. Vald metod är en kvalitativ metod där en enkät erbjudits ett antal rederier. För att standardisera den kvalitativa undersökningen har samtliga rederier besvarat samma frågor. Enkäten är av varierad art där varje fråga är anpassad. Av varierad art menas att enkäten innehåller såväl öppna som stängda frågor. Ett flertal frågor kan även ses som semistrukturerad då rederierna önskas motivera sina svar (Denscombe, 2009).

Rederierna som tilldelats enkäten är samtliga nordiska färjerederier verksamma inom svenskt vatten där de undersökta färjorna har en minsta längd på 140 meter. Det är relativt få rederier som uppfyller studiens avgränsningar. Det kan finnas rederier som inte blivit kontaktade inom studiens avgränsningar och det beror i så fall på att de inte vistes om, sannolikheten för större bortfall får dock ses som relativt liten. Rederiets representant som besvarat enkäten hos rederierna har varit sakkunnig inom området, t.ex. en super intendent.

Vid faktainsamling för teoridelen har sökmotorn google.se använts samt Chalmers biblioteks sökmotor lib.chalmers.se. Även böcker och föreläsningar har använts som källor vid faktainsamlingen.

För att säkerställa att enkäten besvaras kontaktades rederierna först via telefon. När rätt person hos rederiet blivit kontaktad beskrevs studien kortfattat för personen i fråga. Om personen ville delta i studien fick han eller hon två alternativ:

1. Enkäten med frågor skickas via e-mejl till personen i fråga och han eller hon besvarar frågorna och skickar tillbaka det.
2. Frågorna läses upp över telefon, svaren antecknas och skickas i ett e-mejl till den intervjuade personen för att bekräfta att han eller hon godkänner svaren.

För att rederierna skall kunna uttrycka sina visioner utan att bli igenkända hanteras resultatet konfidentiellt. Varje rederi tilldelas en bokstav och den ursprungliga rederilistan raderas. Konfidentiellt innebär att enbart de som utför studien vet vem som svarat vad. I rapporten redovisas resultatet anonymt (Patel & Davidson, 2003).

4 Resultat

I Resultatdelen presenteras svaren från rederierna anonymt. Svaren presenteras med hjälp av frågeformuläret där varje rederis svar syns efter frågan. Kapitlet avslutas med en sammanfattande presentation i ett diagram.

1. Vad använde ni er av för bränsle på merparten av era fartyg innan årsskiftet 2014/2015?

Rederi A: Tjockolja med en svavelhalt på 0.5 %. Tjockolja har varit det ekonomiskt mest fördelaktiga bränslet och vi använde en lägre svavelhalt för att vara någorlunda miljövänliga.

Rederi B: Olja med <1% svavelhalt.

Rederi C: RMD 380 max 1 % svavel och DMA Gasolja max 0,1 % svavel då vi låg mer än två timmar till kaj. Bränsle enligt myndighets beslut.

Rederi D: Vi körde då på HFO 1,5 % svavel till det billigaste på marknaden alltid.

Rederi E: På våra två stora färjor har huvudmaskinerna drivits på RMG380 olja vilket är en tjockolja. Anledning till att tjockolja användes är att fartygen är byggda för tjockolja. Tjockoljan har haft en svavelhalt på 0.5%.

Rederi F: LSFO 180 1 % S + MGO.

2. Vad använder ni er av för bränsle på merparten av era fartyg just nu?

Rederi A: Marine gas oil som uppfyller kraven på 0.1% svavelinnehåll. Skrubber är inte tillräckligt utvecklat och inte tillräckligt intressant i nuläget. LNG är inte ekonomiskt försvarbart att bygga om på ett existerande fartyg.

Rederi B: Olja med <0,1 % svavelhalt.

Rederi C: ECA 0,1 % svavel, RMD 80. Vi har inget val.

Rederi D: Alla fartyg som har skrubbers HFO 3,5 % övriga Mixad HFO 0,1 % svavel.

Rederi E: Destillat olja, WRD. Motivering att det är den bästa oljan för maskinerna med till hänsyn till viskositet.

Rederi F: MGO.

3. Vilken teknisk lösning har ni använt er av för att klara av de nya direktiven angående svavelutsläpp i SECA-området?

Rederi A: Vi har bytt bränsle vilket har setts som mest effektiva alternativet. Vi har även fått justera insprutningssystem, göra rent tankar och installera bränslekylare.

Rederi B: Olja med <0,1 % svavelhalt. Det är det enklaste sättet att uppfylla SECA-kravet. Ingen konvertering/ombyggnad av fartyg behövs.

Rederi C: Avgasrening med ”skrubber” på ett av fartygen annars se ovan svar.

Rederi D: Vi har installerat skrubbers för att få ned bränsle kostnaden.

Rederi E: Bytt bränsle vilket har varit den enklaste vägen. Skrubber tekniken är inte tillräckligt stabil, ett closed loop-system är ett frågetecken.

Rederi F: Lågsvavligt bränsle.

4. Vilket bränsle har ni som vision att era fartyg drivs på år 2020?

Rederi A: Ett så miljövänligt bränsle som möjligt och vi ser med stor nyfikenhet på utvecklingen av metanoldrift. Vi hoppas och tror att det kommer att vara praktiskt genomförbart med att konvertera ett existerande fartyg till metanoldrift.

Rederi B: Ett fartyg är nyligen konverterat till metanol, om detta faller väl ut kan fler fartyg komma att konverteras.

Rederi C: Vi undersöker att installera fler ”skrubbar” om det skulle bli nybyggnationer lutar det åt LNG.

Rederi D: Vi går alltid på den lösningen som är ekonomiskt försvarbar inom regelverket

Rederi E: Om fem år drivs våra nybyggda fartyg på LNG. LNG ses som ett steg i rätt riktning gällande utsläpp.

Rederi F: MGO.

5. Hur resonerar ni kring införandet av eventuella utsläppsregler för kväveoxider, likt de utanför USA:s kust?

Rederi A: Vi tar den diskussionen när den kommer men vi är medvetna om dem kraven. Vi försöker i nuläget att optimera vår fartygsflotta efter gällande krav. Vi tar självklart redan idag hänsyn till kommande krav när vi gör investeringar.

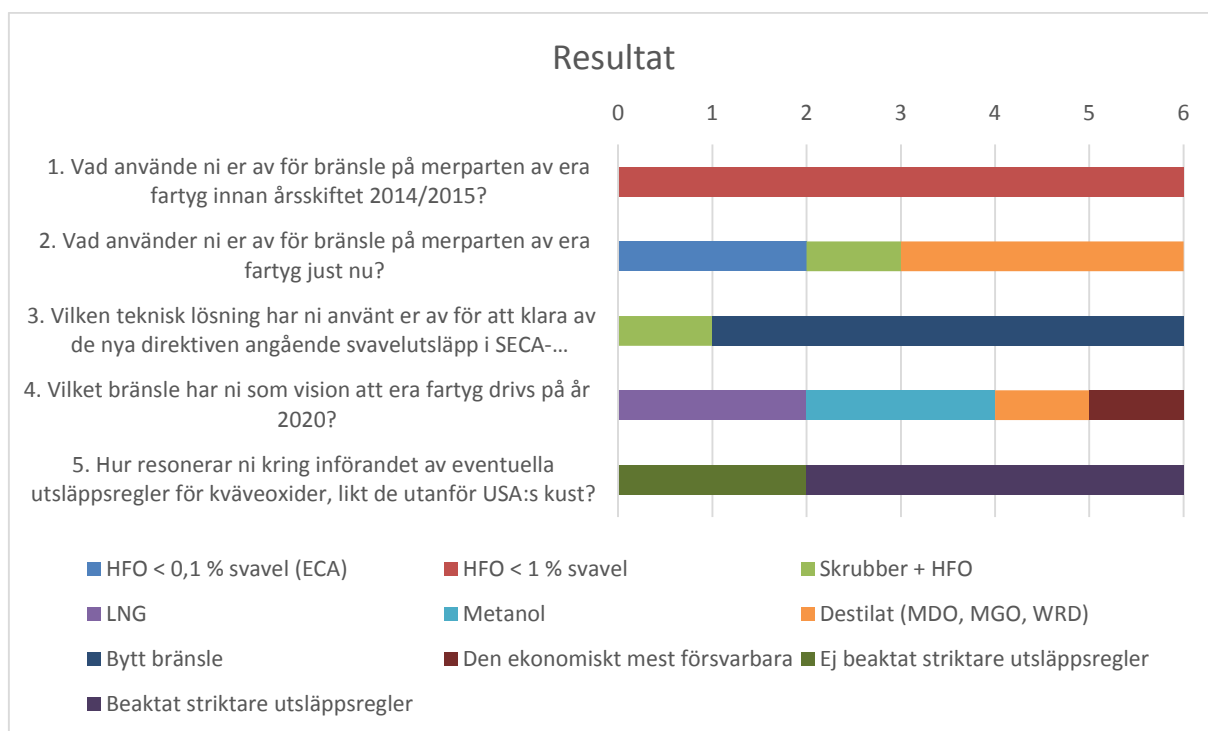
Rederi B: Vi har i dagsläget inte beaktat strängare NOx-krav när vi väljer olja, men med metanol mer än halveras NOx-utsläppen.

Rederi C: Frågan behandlas av Redareföreningens Miljökommitté. För en gemensam ståndpunkt bland samtliga rederier.

Rederi D: Då får man sätta in någon form av avgasrening när det blir aktuellt.

Rederi E: Vi använder oss av katalysator. Vi har stränga krav på oss angående utsläpp av kväveoxider från staten i och med att vi driver en statligt upphandlad färjelinje.

Rederi F: Katalysator.



Figur 7. Resultatsammanställning

Som framgår i grafen ovanför använde samtliga tillfrågade rederier HFO, tjockolja med mindre än 1 % svavelhalt innan årsskiftet 2014/2015. För att klara av de strängare svaveldirektiven rederierna ställts inför har fem rederier bytt bränsle och ett rederi har installerat skrubberanläggningar. Fyra av sex rederier har som vision att om fem år drivs merparten av deras fartyg, i alla fall de nybyggda av Metanol eller LNG. Rederierna har delade erfarenheter huruvida de diskuterat eventuellt strängare utsläppsregler av kväveoxider.

5 Diskussion

5.1 Metoddiskussion

Studiens metod är en kvalitativ metod där en enkät med fem frågor besvarats av färjerederier verksamma inom svenskt vatten. Rederierna erbjöds två sätt att besvara enkäten på: Enkäten mejlas till dem eller de intervjuas över telefon. De flesta rederier besvarade enkäten genom telefonintervjuer. Till en början såg enkät med tillhörande intervjuer ut vara ett väldigt bra metodval. De första rederierna som erbjöds enkäten var lätta att få tag på och det låg inte speciellt mycket arbete bakom varje svar som erhöles. Efter hand ändrades dock den bilden en aning. En stor utmaning i studien var att få tag på rätt person att erbjuda enkäten. Ett flertal rederier har i vissa avseenden bristfällig information på sina hemsidor vilket försvårade processen att kontakta rederiet. I de flesta fall ringdes rederiets växel upp, en växel som inte alltid visste vem som skulle kunna besvara frågorna i enkäten. När väl rätt person blivit kontaktad gick processen mycket smidigt. Urvalet av personer att erbjuda enkäten är ett moment som skulle kunna genomföras på ett bättre sätt än det gjordes. I metodavsnittet, kapitel tre står det *”Rederiets representant som besvarat enkäten hos rederierna har varit sakkunnig inom området, t.ex. en superintendent”*. Det är mycket möjligt att det hade varit enklare att nå ”rätt person” att erbjuda enkäten snabbare ifall urvalet varit distinktare, och inte bara ”sakkunnig inom området”, till exempel rederiets VD eller dess miljöansvarige. I studien ges en stor tillförlitlighet till personen som sitter i rederiets växel att själv avgöra vem som är mest lämpad att besvara enkäten, vilket givetvis inte är optimalt. Studiens validitet kan hänga ihop med ifall rätt person besvarat enkäten, vilket i den här studien förutsätts då frågorna är relativt komplexa. Under studiens gång hänvisade rederiernas personal vid ett flertal tillfällen enkäten vidare till en kollega på rederiet vilket tolkas som att enkäten besvarats av en sakkunnig person.

Huruvida studiens resultat kan generaliseras går hand i hand med studiens bortfall och analysen av resultatet. Efter att resultatet analyserats har det framkommit att vissa frågor i enkäten har liknande svar, i många fall identiska. Det tillsammans med att bortfallet av rederier inom studiens ramar är mindre än 50 % gör att vissa av svaren kan generaliseras. Det finns idag inte så många färjerederier med fartyg över 140 meter som trafikerar svenskt vatten kontinuerligt, studien representerar samtliga dessa rederier bra.

En stor svårighet med en studie av den här karaktären är att den är beroende på att företag eller privatpersoner frivilligt delar med sig av information utan att egentligen få någonting tillbaka. Om inget eller för få företag och privatpersoner delar med sig av önskad information kan studiens resultat ifrågasättas.

I det stora hela genomfördes studien som den var tänkt att genomföras och med små justeringar är studiens metod att rekommendera vid en liknande studie. Efter genomförd studie insågs att en av de bättre egenskaper intervjuer har jämfört med att endast mejla en enkät till någon är att all information som önskades blev besvarad, vilket nödvändigtvis inte behöver vara fallet då en enkät mejlas iväg och besvaras.

5.2 Resultatdiskussion

Syftet med studien är att få en översikt hur färjerederier vars fartyg kontinuerligt trafikerar svenskt vatten har hanterat strängare utsläppsregler av svaveloxider i svenskt vatten. Med syftet i åtanke togs frågeställningen fram. Vidare presenteras i metoden en enkät med fem frågor som utformades för att besvara frågeställningen. Tio rederier kontaktades och svar erhöles från sex av dem.

Svarar resultatet på frågeställningen som i sin tur speglar studiens syfte? Ja! Även om inte samtliga tillfrågade rederier besvarat enkäten har tillräckligt många svar mottagits för att svaren skall kunna analyseras och generaliseras på ett sätt som speglar verkligheten. Svaren besvarar såväl studiens syfte som dess frågeställning. De flesta svar är utförliga och besvarar många gånger mer än den direkta frågan. I grafen "Resultat" på sidan 18 presenteras en övergripande och sammanställd bild av de besvarade enkäterna. Intressant med grafen är att frågeställningens första fråga besvaras med nästintill lika svar "*Vad har rederierna gjort för att klara av de nya utsläppsdirektiven av svavel?*". Resultatet visar att innan årsskiftet 2014/2015 använde samtliga rederier tjockolja som bränsle på de flesta av sina fartyg in studiens ramar. Tjockoljan som användes innehåller för mycket svavel för att vara tillåten idag. Efter årsskiftet, i hand med strängare utsläppsregler har fem av sex rederier bytt bränsle och ett rederi har installerat skrubberanläggningar på sina fartyg. I praktiken har två rederier installerat skrubberanläggningar på sina fartyg. Det rederi som inte redovisas som om de använder skrubber idag har bara installerat det på ett fartyg, vilket inte syns i grafen. Grafen kan tolkas som något generaliserande och även missvisande då den endast tar hänsyn till hur merparten av rederiernas fartyg ser ut, inte situationen i specifika fall.

Vidare besvaras frågeställningens andra fråga av enkätens femte fråga. I enkätens femte fråga besvarar rederierna hur de resonerar kring strängare utsläppsregler av kväveoxider i svenskt vatten. I dagsläget råder det jämförelsevis milda regler jämfört med det ECA-område som finns utanför USAs kust vilket förklaras i kapitel 2.2.1. Rederierna är delade i hur de förbereder sig kring hårdare utsläppsregler av kväveoxider i framtiden. Det var lite svårt att generalisera den här frågan men i stora drag kommer två av sex rederier att hantera utmaningen när, eller rättare sagt, om den blir verklighet. Ett av rederierna (E) har idag stränga krav på sig och ligger väl i framkant med utmaningen.

I enkäten rederierna tagit del av ställs frågan "*Vilket bränsle har ni som vision att era fartyg drivs på år 2020?*" "ni" syftar på de tillfrågade rederierna. Fyra av sex rederier svarar att de om fem år vill driva sina fartyg på antingen LNG eller metanol. Rederi F tror sig använda destillat som bränsle om fem år och rederi D besvarar frågan med "*Vi går alltid på den lösningen som är ekonomiskt försvarbar inom regelverket*". Det framgår vid ett flertal tillfällen i de besvarade enkäterna att den ekonomiska aspekten vid val av bränsle är oerhört viktig. Svaren i enkäten kan tolkas som om rederierna på ett så billigt sätt som möjligt försöker nå upp till de krav som ställs på dem. Om rederierna samtidigt använder sig av ett

bränsle vars konsekvenser på miljön är mindre än det minsta kravet ser de mycket positivt på det, men det är inte den viktigaste faktorn.

I kapitel 2.1, tidigare forskning, presenteras en studie av Lindahl och Lejman vilken utfördes 2013 på sjöingenjörsprogrammet i Kalmar. Studien undersökte hur en grupp nordiska färjerederier förberedde sig inför strängare utsläppsregler av svaveloxider årsskiftet 2014/2015. Resultaten från studien visar att flera av de åsikter och frågor rederierna hade 2013 fortfarande är relativt genomslående. I Lindahl och Lejmans studie malar de flesta rederier upp skrubber som någonting ofullständigt och näst intill klumpigt med ett otydligt regelverk kring sig. Två år senare råder det fortfarande oklarheter kring användandet av skrubber, framförallt undrar rederierna om det är tillåtet att använda sig av så kallad öppen slinga på svenskt vatten och i Östersjön, och framförallt hur regelverket kommer att se ut i framtiden.

I kapitel 2.3.3 visar figur 4 hur priset på fyra av de vanligaste marina bränslena har förändrats de senaste fem åren. Marina bränslen har det senaste året blivit avsevärt billigare. Det låga bränslepriset är en trolig orsak till att rederierna inte arbetat intensivare med att installera mer hållbar teknik, sett ur såväl ett ekonomiskt som ett miljömässigt perspektiv ombord på sina fartyg. Installationer och ombyggnationer av fartyg är väldigt dyrt och i vissa fall inte möjligt, vilket framgår i kapitel 2.1.

Utan allt för mycket teori som stödjer den här slutsatsen framgår det nästan som om rederierna tillfälligt har räddats av fallande bränslepriser. Sett till grafen BWI-index i kapitel 2.3.3 fanns det inga eller om möjligt väldigt svaga tecken i juli 2013 att bränslepriset skulle falla så mycket som det gjorde under 2014. Bränslekostnaden är många gånger den största utgift ett rederi har och BWI-indexet sjönk med ungefär hälften under 2014. I en generalisering där BWI-indexet är det bränsle samtliga rederier använder sig av idag hade det medfört att rederiernas bränsleutgifter hade varit dubbelt så stora ifall inte bränslepriset fallit som det gjort.

Rederierna verkar se optimistiskt på framtiden. Många rederier som kontaktats testar just nu eller inom nära framtid LNG, metanol eller skrubber. Framförallt LNG och metanol ses som framtidens bränslen då de i dagsläget uppfyller alla miljömässiga krav de ställs inför. Rederierna verkar väl medvetna om vad deras konkurrenter testar för projekt och iakttar med nyfikenhet resultaten av dem. Skulle ett av rederiernas projekt bli extra framgångsrikt kan fler rederier mycket väl ta efter deras koncept.

LNG och metanol framställs många gånger som väldigt miljövänliga och näst intill felfria bränslen jämfört det mer konventionella bränslet tjockolja. En aspekt som sällan diskuteras är metan slip. Metan slip kommer från engelskans methane slip och översätts till slinkande metan och förklaras i kapitel 2.4.4. I en förbränningsprocess av LNG eller metanol slinker oförbränt bränsle med avgaserna ut i atmosfären. Metan är en mycket starkare växthusgas än

koldioxid och dess påverkan av växthuseffekten blir väldigt påtaglig. EEDI är ett index där ett fartygs energieffektivitet klassas (EEDI beskrivs i kapitel 2.4.4). Indexet jämför hur mycket koldioxid ett fartyg släpper ut med hur stort arbete det utfört, med andra ord: Hur mycket ett fartyg påverkar växthuseffekten under en viss mängd arbete. Indexet blir väldigt missvisande på ett fartyg som drivs av metanol eller LNG då det många gånger påverkar växthuseffekten mer än vad som visas på grund av dess metan slip. Ett mer rättvisande index vore att föredra.

Även om naturgas och andra alternativa bränslen inte är helt felfria har de egenskaper och positiva effekter som konventionella bränslen saknar. Om priset på konventionella bränslen inte höjs kan det ta lång tid innan fartyg på svenskt vatten helt drivs av så kallade alternativa bränslen. *”Natural gas obviously brings with it a number of quality-of-life environmental benefits because it is a relatively clean-burning fuel. It has a CO2 footprint, but it has no particulates. It has none of the other emissions elements that are of concern to public health that other forms of power-generation fuels do have: coal, fuel oil, others.” - Rex Tillerson, ExxonMobile*

6 Slutsatser

Slutsatser som kan sättas efter genomförd studie är:

- Tjockolja var det bränsle som samtliga rederier inom studiens ramar använde sig av före årsskiftet 2014/2015. Näst intill samtliga rederier har bytt bränsle för klara av de nya utsläppsreglerna kring svaveloxider. Rederierna har ingen delad bild av vilket bränsle deras fartyg kommer att drivas på inom fem år men ett flertal rederier ser LNG och metanol som intressanta alternativ.
- Rederierna har delade erfarenheter om hur de resonerat kring eventuellt skärpta utsläppsregler av kväveoxider. I stora drag har två av sex rederier inte alls resonerat kring utsläppsregler av kväveoxider, de övriga fyra har mer eller mindre behandlat frågan.

6.1 Förslag på framtida forskning inom området:

Författarna tycker att det hade varit intressant att inom en period av 5 år följa upp denna studie och undersöka vilken effekt svaveldirektiven fått på lång sikt.

Då sjöfartsnäringen ständigt utvecklas och mer miljökrav ställs ifrån styrande organ hade författarna gärna sett en mer djupgående studie på hur färjerederierna tänker möta eventuella kväveoxidsrestriktioner.

- Vilket bränsle driver rederier verksamma på svenskt vatten sina fartyg på år 2020? Det vill säga fem år efter den här studien genomfördes.
- Hur går rederier verksamma på svenskt vatten till väga om det införs strängare utsläppsregler av kväveoxider i svenskt vatten?
- En fördjupning inom EEDI, framförallt på fartyg som använder sig av LNG eller metanol. Dessa fartyg är extra intressanta på grund av metan slipens inverkan av växthuseffekten.

7 Referenser

- Alfa Laval. (2015). Hybrid scrubber. Hämtat från <http://www.alfalaval.com/campaigns/puresox/documents/technical.htm#tabs3>
- Andersson, T. (2008). *Maskinlära för Sjöpersonal*. Stockholm.
- Bergman, A. (Mars 2015). Germanicas metanoldrift invigd. *Sjöfartstidningen*. Hämtat från <http://www.sjofartstidningen.se/germanicas-metanoldrift-invigd/>
- Brynolf, S., Magnusson, M., Fridell, E., & Andersson, K. (2014). *Compliance possibilities for the future ECA regulations through the use of abatement technologies or change of fuels*. Göteborg: Shipping and Marine Technology, Chalmers University of Technology.
- BWI. (2015). *About the Bunkerworld Index (BWI)*. Hämtat från <http://www.bunkerworld.com/prices/index?tab=bwi> den 28 april 2015
- Chen, T.-M., Gokhale, J., Shofer, S., & Kuschner, W. G. (2007). *Outdoor Air Pollution: Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, and Carbon Monoxide Health Effects*.
- Cockett, N. (1997). *Neil Cockett on Bunkers*. London.
- COMMITTEE, T. M. (2012). *2012 GUIDELINES ON THE METHOD OF CALCULATION OF THE ATTAINED ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX (EEDI) FOR NEW SHIPS*.
- Denscombe, M. (2009). *Forsknings-handboken*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Draffin, N. (2012). *Bunker Fuel for Marine Engines: A Technical Introduction*. Petrosport.
- Draffin, N. (2013). *A introduction to LNG bunkering*. England: Petrosport Limited.
- Europeiska kommissionen. (2015). *Transport and Environment: Emission from Maritime Transport*. Hämtat från European Commission: <http://ec.europa.eu/environment/air/transport/ships.htm> den 22 april 2015
- ExxonMobil. (2015). *ExxonMobil Premium HDME 50*. Hämtat från http://www.exxonmobil.com/MarineLubes-En/products_exxonmobil-premium-hdme-50.aspx
- IMO. (2012). *EEDI - rational, safe and effective*. Hämtat från <http://www.imo.org/MediaCentre/HotTopics/GHG/Pages/EEDI.aspx> den 10 april 2015
- IMO. (2015). *Brief History of IMO*. Hämtat från <http://www.imo.org/About/HistoryOfIMO/Pages/Default.aspx> den 01 mars 2015
- IMO. (2015). *Frequently Asked Questions*. Hämtat från <http://www.imo.org/About/Pages/FAQs.aspx> den 22 april 2015
- IMO. (2015). *Introduction to IMO*. Hämtat från <http://www.imo.org/About/Pages/Default.aspx> den 03 mars 2015
- IMO. (2015). *Nitrogen Oxides (NOx) - Regulation 13*. Hämtat från <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-%28NOx%29-%E2%80%93-Regulation-13.aspx> den 12 03 2015
- IMO. (2015). *Prevention of Air Pollution from Ships*. Hämtat från <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx> den 16 april 2015

- IMO. (2015). *Sulphur oxides (SO_x) - Regulation 14: IMO*. Hämtat från <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-%28SOx%29-%E2%80%93-Regulation-14.aspx> den 03 mars 2015
- Kalli, J., Karvonen, T., & Makkonen, T. (2009). *Sulphur content in ships bunker fuel in 2015*.
- Kuiken, K. (2008). *Diesel Engines*.
- Lindahl, J., & Lejman, E. (2013). *Nordiska färjerederiers lösning på det nya svaveldirektivet*. Kalmar: Linnéuniversitetet.
- Lloyd, G. (2013). *Guidelines for Determination of the Energy Efficiency Design Index*.
- McPhie, P. (2007). *Heavy fuel oil consumption in Canada*.
- Methanol Institute. (2015). *Methanol basics*. Hämtat från <http://www.methanol.org>
- Miljöportalen. (2010). *Växthuseffekt och växthusgaser - vad är det egentligen?* Hämtat från Miljöportalen: <http://www.miljoportalen.se/luft/vaexthusgaser/vaexthuseffekt-och-vaexthusgaser-vad-aer-det-egentligen> den 06 mars 2015
- Patel, R., & Davidson, B. (2003). *Forskningsmetodikens grunder*.
- Petersson, G. (2008). *Förurning*. Göteborg: Institutionen för kemi- och bioteknik, Kemisk miljövetenskap.
- Proteux. (2015). *Proteux Marine Engine Diesel Fuels | DMX, DMA, DMB, and DMC Marine Fuels*. Hämtat från <http://proteux.com/product/marine-engine-diesel-fuels-dmx-dma-dmb-and-dmc-marine-fuels-2/>
- SMHI. (2014). *Växthuseffekten*. Hämtat från SMHI: <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/vaxthuseffekten-1.3844> den 23 april 2015
- SPBI. (2015). *Transporters miljöpåverkan*. Hämtat från SPBI: <http://spbi.se/miljoarbete/oljeprodukters-miljopaverkan/transporters-miljopaverkan/> den 08 03 2015
- Svavelkontrollområde (SECA)*. (den 08 03 2015). Hämtat från Transportstyrelsen.
- Swedegas. (2015). *LNG-Terminal Göteborg*. Hämtat från http://www.swedegas.se/lng_terminal/lng_terminal den 22 april 2015
- Sveriges hamnar. (den 09 Januari 2015). Hämtat från http://www.transportforetagen.se/Documents/Publik_F%C3%B6rbunden/Sveriges_Hamnar/Branschfr%C3%A5gor/Milj%C3%B6/Fr%C3%A5gor%20och%20svar%20om%20milj%C3%B6/Folder%20om%20skrubber,%20princip.pdf
- Tjernström, M., & Björkström, A. (den 12 03 2015). *Växthuseffekten*. Hämtat från NE: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/v%C3%A4xthuseffekten>
- Trafikverket. (2014). *Vägtrafikens utsläpp*. Hämtat från Trafikverket: <http://www.trafikverket.se/Privat/Miljo-och-halsa/Halsa/Luft/Vagtrafikens-utslapp/>
- Transportstyrelsen. (2014). *SECA*. Hämtat från <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Sjofart/Miljo-och-halsa/Luftfororening/SOx---svaveloxider/Kommande-krav/> den 08 mars 2015
- Transportstyrelsen. (den 08 03 2015). *Svavelkontrollområde (SECA)*.
- Wärtsilä. (2015). *Wärtsilä Hybrid Scrubber System*. Hämtat från <http://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/exhaust-gas-cleaning/sox-abatement/wartsila-hybrid-scrubber-system>

Wärtsilä. (2013). *Shipping in the gas age*. Hämtat från <http://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines-generating-sets/dual-fuel-engines/wartsila-sp-b-wartsila-gas-age.pdf?sfvrsn=4> den 27 april 2015

Bilagor

7.1 Enkät

- 1. Vad använde ni er av för bränsle på merparten av era fartyg innan årsskiftet 2014/2015?** (T.ex. bränsle x).
 - Motivera svaret. (T.ex. bränsle x var billigast; bränsle x var mest miljövänligt etc.).

- 2. Vad använder ni er av för bränsle på merparten av era fartyg just nu?** (T.ex. bränsle x)
 - Motivera svaret. (T.ex. bränsle x pris har sjunkit; bränsle x är beprövat).

- 3. Vilken teknisk lösning har ni använt er av för att klara av de nya direktiven angående svavelutsläpp i SECA-området?** (T.ex. avgasrening med skrubber).
 - Motivera svaret. (T.ex. avgasrening med skrubber på grund av).

- 4. Vilket bränsle har ni som vision att era fartyg drivs på år 2020?** (T.ex. bränsle x).
 - Motivera svaret. (T.ex. bränsle x är ett spännande alternativ och har följande fördelar).

- 5. Hur resonerar ni kring införandet av eventuella utsläppsregler för kväveoxider, likt de utanför USA:s kust?** (T.ex. vi har inte beaktat eventuellt strängare krav för kväveoxider).
 - Motivera svaret. (T.ex. vi har inte beaktat eventuellt strängare krav för kväveoxider på grund av).