



CHALMERS



En konvertering för framtiden

Metanol som fartygsbränsle, ur ett tekniskt-,
säkerhetsmässigt- och hälsomässigt
perspektiv

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

SEBASTIEN GUSTAFSSON
ANTON JÖNSSON

RAPPORTNR. SI-15/145

En konvertering för framtiden

Metanol som ett fartygs bränsle, ur ett tekniskt-,
säkerhetsmässigt- och hälsomässigt perspektiv

SEBASTIEN GUSTAFSSON

ANTON JÖNSSON

Institutionen för sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2015

En konvertering för framtiden

Metanol som ett fartygsbränsle, ur ett tekniskt-, säkerhetsmässigt- och hälsomässigt perspektiv

A conversion for the future

Methanol as a shipfuel, from a technical, safety and health aspect

SEBASTIEN GUSTAFSSON

ANTON JÖNSSON

© SEBASTIEN GUSTAFSSON, 2015.

© ANTON JÖNSSON, 2015.

Rapportnr. SI-15/145

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Huvudmaskin 4, konverterad till metanoldrift. Foto av: Madeleine

Göthe Tryckt av Chalmers

Göteborg, Sverige, 2015

En konvertering för framtiden

Metanol som ett fartygsbränsle, ur ett tekniskt-, säkerhetsmässigt- och hälsomässigt perspektiv

SEBASTIEN GUSTAFSSON

ANTON JÖNSSON

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

I den här fallstudien jämförs, ur ett tekniskt-, säkerhetsmässigt- och hälsomässigt perspektiv, konventionella fartygsbränslen och metanol i det pilotprojekt utfört på Stena Germanica. Stena Line har i dagsläget konverterat en av de fyra huvudmaskinerna ombord. Metanolen klassas som ett bränsle med låg flampunkt men är en vätska vid normaltillstånd och dess karakteristik kan liknas mer med diesel än de flesta övriga bränslena med låg flampunkt.

Resultatet fastställer de tekniska skillnader på system som uppstår vid en sådan konvertering för att säkerställa att en metanoldrift inte medför en ökad hälso-/olycksfallsrisk. System gällande bunkring har inte behandlats. Det som påvisats är att metanolen skiljer sig från konventionella fartygsbränslen vad det gäller kemisk struktur, toxicitet och brandegenskaper.

Metanolen ansågs, redan innan det förberedande arbetet inför det här pilotprojektet påbörjades, som ett farligt ämne, med tanke på dess låga flampunkt och akuta toxicitet. Det har resulterat i att ett rigoröst säkerhets tänk kring metanolen funnits vid utformande av regelverk och senare systemutformningen. Efter de åtgärder som utförts ombord kan metanolen i sig inte anses orsaka en förhöjd hälso-/olycksfallsrisk jämfört med tidigare. Det förutsätter dock att en förståelse skapas hos driftpersonalen för det nya bränslet och tillkommande bränsle- och säkerhetssystem. Metanolen som är ett rent bränsle kan komma att ha en positiv inverkan på till exempel brandbekämpning och arbetsmiljön ombord.

Nyckelord: Stena Germanica
Metanol
Konvertering
Säkerhet
HFO
MGO
Brand
IGF code

Abstract

This case study compares, from a technical, safety and health aspect, conventional ship fuels and methanol in the pilot project performed on Stena Germanica. Stena Line has today converted one of the four main engines onboard. The methanol is classified as a low flash-point fuel but is a liquid at a normal state and its characteristics is more similar to diesel than to most of the other low flash-point fuels.

The result determines the technical differences in systems that follow a conversion such as this to ensure that methanol usage doesn't entail an increase in health and accident risk. Systems concerning bunkering have not been taken in regard. What has been shown is that the methanol differs from conventional ship fuels concerning chemical structure, toxicity and fire properties.

The methanol was seen, even before the preparing work for this project was started, as a dangerous substance, bearing in mind the low flash-point and acute toxicity. This has resulted in a rigorous thought process concerning safety when developing guidelines and later systems regarding methanol. After the measures taken onboard can the methanol in its self not be seen as a cause for increase of, safety and health risk compared to before the conversion. It demands that an understanding for the new fuel and the additional fuel- and safety systems is obtained by the operating staff. The methanol which is a clean fuel may even have a positive impact on for example firefighting and work environment.

Keywords: Stena Germanica
Methanol
Conversion
Safety
HFO
MGO
Fire
IGF code

Förord

Författarna skulle vilja tacka Henrik Pahlm för handledning under arbetets gång. Ett hjärtligt tack riktas även till Mats Nilsson på Stena Line och Lennart Haraldson på Wärzilä för all information och visat intresse. Vidare vill vi även tacka alla personer tagit sig tid och bidragit med för arbetet viktig information. Slutligen vill författarna tacka Jan Gustafsson och Sara Paulsson för korrekturläsning i slutskedet av arbetet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
Abstract	2
Förord	3
Figurförteckning	6
Tabellförteckning	6
1 Inledning	8
1.1 Syfte	9
1.2 Forskningsfrågor	9
1.3 Avgränsningar	10
2 Teoretiskt ramverk	11
2.1 Gällande och kommande regelverk	11
2.2 Heavy Fuel Oil (HFO)	13
2.2.1 Kemiska egenskaper	13
2.2.2 Systembeskrivning	16
2.2.3 Säkerhetssystem och hantering	17
2.2.4 Brandbekämpning och säkerhet	19
2.3 Marin Gas Olja (MGO)	20
2.3.1 Kemiska egenskaper	21
2.3.2 Systembeskrivning	22
2.3.3 Säkerhetssystem och hantering	23
2.3.4 Brandbekämpning och säkerhet	23
2.4 Metanol	23
2.4.1 Kemiska egenskaper	23
2.4.2 Systembeskrivning	26
2.4.3 Säkerhetssystem och hantering	29
2.4.4 Brandbekämpning och säkerhet	34
3 Metod	36
4 Resultat	37
4.1 Kemiska egenskaper	37
4.2 Sammanfattning av system	38
4.3 Säkerhetssystem och hantering	39

4.4	<i>Brandbekämpning och säkerhet</i>	40
5	Diskussion	41
5.1	<i>Metoddiskussion</i>	41
5.2	<i>Resultatdiskussion</i>	41
6	Slutsatser	43
7	Referenser	44

Figurförteckning

Figur 1 Metanol Molekyl	23
-------------------------------	----

Tabellförteckning

Tabell 1. Bränslen behandlade av IGF koden.....	12
Tabell 2 Övervakning HM:rum.....	19
Tabell 3 MGO egenskaper	21
Tabell 4. Exponering av metanol och resulterande kroppskoncentrationer	24
Tabell 5. Fysiska och kemiska parametrar, metanol.....	25
Tabell 6 Övervakning HM:rum efter konvertering.....	31
Tabell 7 Övervakning Pumprum efter konvertering	31
Tabell 8 Övervakning IG generatorrum efter konvertering.....	31

Förkortningslista

barö – Bar övertryck
CO₂ – Koldioxid
cSt – centiStoke
ECA – Emission Control Area
EEBD - Emergency Escape Breathing Device
EX klass – Safe to use in EXplosive environment
HAZID – HAZard IDentification
HFO – Heavy Fuel Oil
HLR – Hjärt och Lung Räddning
HPV – Human Papilloma Virus
IARC – International Agency for Research on Cancer
IGC – International code for the construction and equipment of ships Carrying Liquefied Gases in bulk
IGF – International code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint Fuels
LEL – Lower Explosion Limit
LNG – Liquefied Natural Gas
LSMGO – Low Sulphur Marine Gas Oil
MGO – Marine Gas Oil
MSC – Maritime Safety Committee
MSDS – Material Safety Data Sheet
NECA – Nitrogen Emission Control Area
NO_x – Kväve Oxider
PM – Particulate Matter
PMS – Periodical Maintenance System
PPMV – Parts Per Million of Volume
SCBA - Self-Contained Breathing Apparatus
SECA – Sulphur Emission Control Area
SNBOSH - Swedish National Board of Occupational Safety and Health
SOLAS – Safety Of Life At Sea
SO_x - Svavel Oxider
STEL – Short Term Exposure Limit
TSFS – TransportStyrelsens FöreSkrifter
UEL – Upper Explosion Limit
WHO – World Health Organization

1 Inledning

Inom sjöfartssektorn ställs nya krav och regler vad det gäller utsläpp. Internationellt gäller IMO:s (International Maritime Organisation) MARPOL Annex VI, det internationella avtal främst gällande utsläppsnivåer på SO_x (svaveloxider) samt NO_x (kväveoxider). Det kom 2005 att definiera ECA områdena (Emission Control Area) (IMO, 2012). ECA områdena är indelade i Svavelutsläppskontrollområden (Sulphur Emission Control Area, SECA) och kväveutsläppskontrollområden (Nitrogen Emission Control Area, NECA). Det är havsområden där IMO infört strängare kontroller för att minimera de luftburna utsläppen SO_x, NO_x, PM (Particulate Matter) från fartyg. SECA områdena innefattar Nordsjön, Östersjön och Engelska kanalen samt Nordamerikas kustområde, som även är ett ECA område (ibid.).

Enligt de nya svaveldirektiven som trädde i kraft den 1 januari 2015 var fartyg inom dessa områden, tvungna att använda bränslen med ett svavelinnehåll på maximalt 0,1 viktprocent svavel. Kraven för bränslets svavelinnehåll skärps även på internationellt vatten år 2020, från max 3,5 % som är gällande idag till max 0,5%. Detta medför att det antingen krävs ett bränsle som uppfyller de ställda kraven eller att avgasrening införs. Mängden svavel i bränslet står i direkt proportion till mängden svavel i avgaserna (IMO, 2012).

Claes Berglund, som är direktör för Stena Line Public Affairs (Sjöfartsverket, 2012), säger att de därför ser över olika alternativ som att installera skrubber och alternativa bränslen. Problemet enligt honom är att införandet av skärpta miljöregler, som i grunden är bra och nödvändigt, inte sker i den takt som näringen klarar av.

Stena Line är ett av världens största färjerederier, de opererar ca 40 fartyg och har därmed goda förutsättningar att genomföra ett pilotprojekt med metanol som bränsle. Den 1 januari 2015 ska alla fartyg i deras flotta, som opererar inom SECA områden, använda sig av en ny typ av lågsvavlig oljeblandning (Stena Line freight, 2014). Stena Line har bestämt sig för att på Stena Germanica, utföra ett pilotprojekt där metanolens potential som fartygsbränsle ska utredas djupare och där olika säkerhets aspekter som tillkommer kommer att utvärderas. I och med tidigare regelverkskrav har inte samma behov tidigare funnits för att utforska svavelreduktionslösningar. Rederierna sitter därför idag i en sits där få beprövade lösningar finns samt att framtiden för vissa av dessa lösningar är osäker (ibid.).

Enligt Stena Line (Stena Line Freight, 2014) finns det för närvarande få alternativ och möjligheter för sjöfartsnäringen att klara kraven inom SECA från och med 1:e januari 2015. Alternativen Stena Line har betraktat är (ibid.):

- Ett konventionellt bränsle med lågt svavel innehåll t.ex. MGO (Marin Gas Oil) uppfyller kraven vad det gäller SO_x och möjligen PM men inte NO_x.
- LNG (Liquified Natural Gas) uppfyller kraven för SO_x, NO_x och PM. En konvertering kräver omfattande ombyggnad på kringsystem och medför ett mer komplext handhavande med bland annat utmaningar för tryck och temperaturhållning. Mest aktuellt på nybyggnation.

- Metanol uppfyller kraven för SO_x samt PM. Om Otto-principen tillämpas kan även Tier III kraven på NO_x uppnås, däremot uppnås inte samma goda resultat då Diesel-principen användas på Stena Germanica. Tilläggas kan att bio-metanol når Tier III kraven oberoende av princip. Konvertering av befintliga maskiner är en möjlighet.
- Installation av avgasrening är för närvarande inte rimlig då teknologin vare sig är färdigutvecklad eller testad i tillräcklig omfattning för tillförlitligt resultat och effektivitet. Regelverket behöver förtydligas.

En studie utförd av Trafikanalys visar på att en stor del av den flotta som trafikerar det europeiska SECA området på kort sikt kommer använda LSMGO (Low Sulphur Marine Gas Oil) (Trafikanalys, 2013). Det mesta pekar även på att HFO (Heavy Fuel Oil) med lågt svavelinnehåll kommer att bli en bristvara. Alternativa bränslen som LNG och Metanol är relativt outforskade. Vidare framställer samma studie metanol som ett mer troligt alternativ till HFO jämfört med LNG. Metanolen, till skillnad från LNG, är i normaltillstånd en vätska. Detta medför att man i större utsträckning kan använda redan befintlig infrastruktur (ibid.).

Konvertering av Stena Germanica sker på Remontova-varvet i Polen med start i slutet av januari 2015. Arbetet förväntas pågå under sex veckor och EU-initiativet "Motorways of the Seas" finansierar delvis projektet. Projektet genomförs genom ett samarbete mellan Stenas tekniska personal, Wärtsilä och Methanex, som är ett av det ledande metanol företagen på världsmarknaden. (Stena Line AB, 2014)

Metanol som bränsle kan komma att spela en stor roll inom sjöfarten i framtiden. Fortsatt forskning krävs för att utveckla förbränning och produktionssätt men också möjligheten att i stor skala producera bio-metanol (ibid.)

1.1 Syfte

Syftet med denna fallstudie är att jämföra två olika driftfall med olika bränslen, Heavy Fuel Oil, Metanol och Marine Gas Oil ombord på Stena Germanica ur ett tekniskt-, säkerhetsmässigt- och hälsomässigt perspektiv. Den ska även belysa vilka åtgärder som gjorts för att hantera eventuella hälso-/olycksfallsrisker.

1.2 Forskningsfrågor

- Vilka tekniska och kemiska skillnader finns mellan en konventionell bränsleförsörjning och en ny metanolförsörjning?
- Vilka åtgärder har gjorts för att hantera eventuella hälso-/olycksfalls risker vid en metanoldrift?

1.3 Avgränsningar

Denna rapport avser att jämföra HFO, MGO och metanol, ur ett kemiskt-, systemtekniskt-, säkerhets- och brandbekämpningsperspektiv. Författarna har medvetet valt att helt bortse från förbränningsprocessen och efterföljande avgasbehandling. Det har inte heller tagits någon hänsyn till potentiella miljörisker vid utsläpp av metanol i luft, mark eller vatten. Risker och åtgärder i hamnar som anlöps beaktas inte heller. Bunkringsprocessen och dess tillhörande system har inte behandlats. Avsaknad av komparativa objekt begränsar studien till en fallstudie på Stena Germanica där man använder medelvarviga trunkmotorer.

2 Teoretiskt ramverk

Kapitlet har för avsikt att ge läsaren en teoretisk grund av det frågeställningen behandlar. Efterföljande avsnitt beskriver olika jämförelser mellan ämnenas kemiska egenskaper. Det kommer även beröra regelverk som ligger till grund för införandet av högre miljökrav och således hela konverteringsprojektet med regelverk för hantering och exponering av de tre skilda substanserna.

2.1 Gällande och kommande regelverk

De regelverk som berörs i rapporten beskrivs i detta kapitel.

International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974

Den första SOLAS-konventionen tillkom år 1914 till följd av Titanics förlisning. Konventionen har under årens lopp uppdaterats och i 1974 års konvention gjordes ett tillägg om tyst medgivande. Detta betyder i praktiken att ändringar träder i kraft vid föreskrivna datum, om inte invändningar mot detta görs av ett antal parter. Konventionen har därför vid flertalet tillfällen uppdaterats och ändrats. Förslag om ändringar från en fördragsslutande stat skickas till organisationens generalsekreterare som vidarebefordrar ändringsförslaget till övriga fördragsslutande stater som därefter har sex månader på sig innan förslaget övervägs. Övervägandet görs av IMO:s sjösäkerhetskommitté (Maritime Safety Committee, MSC) som är det ledande tekniska organet i säkerhetsrelaterade frågor. MSC har i sitt arbete hjälp av ett antal underkommittéer, vilka är specialiserade inom respektive områden. (IMO, 2004)

SOLAS-konventionen huvudsyfte är att förse flaggstater med minimikrav för konstruktion, utrustning och drift av fartyg för att upprätthålla säker drift. Ansvar för att fartyg uppfyller konventionens krav ligger hos flaggstaten. Konventionen innehåller även kontrollbestämmelser som tillåter fördragsslutande stater att inspektera andra konventionsstaters fartyg. Förfarandet kallas hamnstatskontroll, som utförs för att kontrollera att fartyget och/eller dess utrustning är i enlighet med de krav som konventionen ställer. SOLAS gäller endast fartyg i internationell fart som antingen räknas som passagerarfartyg eller har en bruttodräktighet på över 500ton. Passagerarfartyg avser fartyg som tar mer än 12 passagerare (IMO, 2004).

International code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint Fuels (IGF-code)

Under MSC:s 94 session beslutades det att IGF koden ska vara tvingande och utgöra en del av SOLAS(IGF CODE, 2014). En internationell standard med obligatoriska kriterier för fartyg som använder sig av bränslen med låg flampunkt och som inte redan täcks av IGC koden (International code for the construction and equipment of ships Carrying Liquefied Gases in bulk) skapas. Koden adresserar och berör upplägg och installation av maskiner men även övrig utrustning, kring system och övervakningssystem som berörs vid en nyinstallation/konvertering till drift med ett bränsle som har en låg flampunkt. Detta för att kunna säkerställa att hälso-/olycksfallsriskerna vid användning av ett bränsle med låg flampunkt är samma eller lägre i förhållande till HFO drift. IGF koden gäller för alla fartyg oavsett storlek eller displacement och tillämpas vid användande av vad koden enligt

Tabell 1 klassas som ett bränsle med låg flampunkt:

Tabell 1. Bränslen behandlade av IGF koden

<u>Bränsle</u>	<u>Fas vid atmosfärstryck och 25°C</u>
Metan gas	Gas
Butan (i/n)	Gas
Propan	Gas
Propan/Butan blandningar	Gas
Etylalkohol	Vätska
Metylalkohol	Vätska
Vätgas	Gas
Dimetyl-eter	Gas

Koden appliceras på nybyggnationer baserat på den tidpunkt då kontrakt för byggnationen är lagt i förhållande till när koden träder ikraft, om ej sådant kontrakt finns är det datumet för när kölen är sträckt eller när likvärdig byggnation är påbörjad som är avgörande (ibid.). För konverterade fartyg oberoende av konstruktionsdatum som använder sig av ett bränsle med en låg flampunkt ska koden efterföljas om konverteringen har skett på dagen eller efter det att koden trädde i kraft. Vidare är det vedertaget att när IGF koden utformas ska konstruktion/design och tekniska lösningar som tillämpas vara aktuella och baserade på nya fältdata, erfarenheter och forskning. Eftersom utvecklingen av nya drivmedel är snabb sker det en periodisk revidering av IGF koden där man tittar på nya tekniska lösningar och utvärderar de erfarenheter man erhåller från tidigare reglemente (ibid.).

Filosofin om hur IGF koden ska tillämpas är att genom ett målbaserat tillvägagångssätt specificerar krav och funktioner för varje enskild del och på så sätt utarbetas basen för design, konstruktion och operation för systemet (MSC.1/Circ.1394).

Nya förslag till transportstyrelsen

Metanol skiljer sig avsevärt från andra bränslen med låg flampunkt som IGF koden behandlar. Eftersom den i atmosfärstryck och normaltemperatur är en vätska och inte en gas kan de fysikaliska egenskaperna snarare liknas vid diesel än till exempel LNG (Lloyds register, 2015). Den problematik som uttrycks i Lloyd's HAZID (HAZard IDentification, en riskanalys) rapport, medför att valet av metanol som drivmedel ger svårigheter vid tillämpning av existerande regelverk för hur system, som behövs vid användandet av bränslen med en låg flampunkt, skall se ut. Stena Line har därför tillsammans med klassningssällskapet Lloyd's utformat följande riktlinjer (Interim guidelines on safety for ships using ethyl or methyl alcohol as fuel) för användandet av metyl- och etylalkoholer som bränsle (ibid.). Riktlinjerna bygger till stora delar på IGF koden men här identifieras och klassificeras de skillnader som finns för att kunna genomföra tidigare nämnda konvertering på ett godtagbart sätt ur en säkerhetssynpunkt. De kan även användas som referenspunkt för HAZID rapporter och

klassningar. Det är ingen ny kod utan ett tillägg till IGF koden där man reviderar vad som bör gälla för metyl- och etylalkoholer, för att kunna säkerställa att riskerna vid användning av metanol är hanterbara (Stefenson. P, 2015).

Interim guidelines on safety for ships using ethyl or methyl alcohol as fuel

”Guidelines on safety for ships using ethyl or methyl alcohols as fuel” har tagits fram för att skapa en internationell standard med obligatoriska kriterier för fartyg som använder sig av metyl- eller etylalkohol som bränsle. Riktlinjerna adresserar och berör upplägg och installation av maskiner men även övrig utrustning och övervakningssystem som berörs vid en nyinstallation/konvertering till drift med en metyl- eller etylalkohol som bränsle. Detta för att kunna säkerställa att hälso-/olycksfallsriskerna vid användning är hanterbara. Exakt hur och var riktlinjerna kommer att tillämpas är i dagsläget inte fastställt (Interim guidelines, 2015). Det är en vedertagen praxis att utformning av bränslesystem där metyl- eller etylalkohol används som bränsle så ska arkitektur och de tekniska lösningar som tillämpas vara aktuella och baserade på nya fältdata, erfarenheter och forskning (ibid.).

Filosofin om hur riktlinjerna ska tillämpas är genom ett målbaserat tillvägagångssätt där man specificerar de krav och funktioner som finns för varje enskild del och på så sätt utarbetas basen för design, konstruktion och operation för systemet (MSC.1/Circ.1394).

Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2014:1)

Transportstyrelsen är den svenska myndighet som se till att utländska fartyg som befinner sig i svenska farvatten uppfyller de minimikrav som SOLAS stipulerar. Transportstyrelsen fastställer också förhöjda krav för svenskflaggade passagerarfartyg och övriga med en brutto dräktighet på minst 20 ton i TSFS. Transportstyrelsen har möjlighet att adoptera tillägg oberoende av SOLAS (Transportstyrelsen, 2014).

2.2 Heavy Fuel Oil (HFO)

I detta avsnitt behandlas det bränsle som var aktuellt innan konverteringen och före den 1 januari 2015.

2.2.1 Kemiska egenskaper

Kemisk struktur

Råoljans kemiska sammanstämning skiljer sig åt beroende på var den är utvunnen. Råoljan består av många kemiska föreningar av olika storlek och form (Kuiken. K, 2008), bland annat:

- Parafiner: raka och grenade kolväten
- Cykloalkaner: ringformade mättade kolväten
- Aromater: ringformade omättade kolväten
- Svavelväten: förening av svavel och väte

När råoljan destilleras erhålls en restprodukt (residual) som innehåller de längsta kolväteföreningarna samt föroreningar i botten på det så kallade fraktioneringstornet (SNBOSH, 1992). Vidare i denna rapport påvisas det att högre upp i fraktioneringstornet avskiljer man de lättare fraktionerna (destillates). HFO:s är en blandning av residuals med de längsta kolväteföreningarna vid destillering och destillaten som återfinns högre upp i fraktioneringstornet eller *krackade* destillat. Beroende på önskad användning mixas alltså restprodukten med ett tunnare destillat för att erhålla den kvalitet på bunker oljan som önskas (ibid.). Det är väldigt svårt att specificera en HFO blandning utan att ha analyserat just den specifika oljan. Gränsvärden för oönskade ämnen och oljans egenskaper specificeras i ISO 8217 (Kuiken.K, 2008). Den olja som tidigare användes på Stena Germanica var av IF 380 kvalitet (Stefenson.P, 2015).

Krackning

Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet (SPBI) beskriver de olika metoderna som används för att bryta ner de långa och tyngre kolvätekedjorna till korta och lättare kolväte molekyler (Svenska Petroleum & Bio drivmedel Institutet, 2010). Petroleumprodukterna utsätts efter raffinering för antingen termisk krackning, katalytisk krackning eller hydrokrackning. Anledningen till att denna typ av anrikning utförs på de tyngre petroleumprodukterna beror på att marknaden efterfrågar en allt större mängd av lättare bränslen. SPBI beskriver de olika krackningsmetoderna som följande (ibid.):

- *Termisk krackning*
Här utsätts den petroleumprodukt som skall anrikas för en hög temperatur. Den höga temperaturen gör att oljan får en lägre viskositet och på så sätt blir utbytet av lättare kolväten så som diesel, bensin och eldningsolja större.
- *Katalytisk krackning*
För att påverka kolvättemolekylerna och omvandla dem till lättare kolväten används en katalysator. Jämfört med termisk krackning får slutprodukterna här en bättre kemisk stabilitet och utbytet är högre än i den ovan nämnda metoden.
- *Hydrokrackning*
En mer flexibel metod där man beroende av vilket petroleumprodukt som används kan erhålla antingen mellan destillat ur tunga destillat (tungoljekrackning) eller bensin ur mellan destillat (mellanoljekrackning). Metoden går ut på att väte tillsätts och oljan utsätts för 80 barö.

Toxicitet

IARC (International Agency for Research on Cancer) som är ett organ i WHO (World Health Organization) genomförde en studie på möss (WHO, 1989). Där en icke krackad olja applicerades på djurets skin, endast enstaka möss uppvisade HPV(Human Pappiloma Virus). Då den krackade oljan sedan applicerades på samma sätt kunde en tydlig ökning av HPV observeras och djuren utvecklade även Carcinom. Det är en typ av cancer som uppkommer ur epitelceller vilka återfinns i slemhinnor och huden. En rad olika krackade oljor med olika långa kolväten applicerades på mössens hud där samma resultat observerades(WHO, 1989). Vidare har långvarig kontakt med aromatiska kolväten associerats med hud- och lungtumörer, att blodet får en nedsatt förmåga att bära syre (anemi) och

sjukdomar i lever, benmärg och lymfatisk vävnad. Svavelväten som också finns närvarande kan minska lungfunktion och orsaka neurologiska effekter som huvudvärk, illamående, depression och personlighetsförändringar. öga och slemhinnor kan irriteras och skador på hjärt-kärlsystemet (U.S. OIL & REFINING CO.2015).

I MSDS (Material Safety Data Sheet) för HFO IF380 anges följande för olika exponerings sätt (U.S. OIL & REFINING CO., 2008).

- *Inhalering*
Vid inhalering kan irritation av luftvägarna uppstå, det centrala nervsystemet påverkas även och symptomen är trötthet, yrsel, illamående, huvudvärk, försämrade reflexer och även medvetslöshet i vissa fall.
- *Förtäring*
Om förtäring sker, kan frätskador i mun svalg och mage uppstå och precis som vid inhalering påverkas det centrala nervsystemet på ett liknande sätt. Även diarré o rastlöshet kan vara symptom vid förtäring.
- *Hudkontakt*
Vid hudkontakt som sker vid enstaka tillfällen kan irritation, rodnad, klåda och torrsprickor uppstå. Även fall av dermatitis (inflammation av huden) har iakttagits. Vid upprepade kontakt är ovanstående symptom ofrånkomliga och man utsätter inte längre bara huden för en "förgiftning" utan hela kroppen. Symptomen bör då liknas vid de som följer vid förtäring och inhalering. Utan att här gå in på det närmare så är brännskador den direkta faran vid hudkontakt i ett maskinrum, då oljan hettas upp över 100 °C (normalt ca 120 °C) för att erhålla en viskositet som är acceptabel i processen.

För gränsvärden och doser se MSDS för HFO (ibid.)

Brandegenskaper

En HFO är som tidigare nämnts en blandning av olika oljor och därför är alla siffror approximativa. Flampunkten ligger på 60°C och uppåt, när oljan når sin flampunkt avger den gaser som vid kontakt med en naken låga eller gnistor från till exempel en statisk urladdning kan komma att antändas (The American Petroleum Institute, 2011). Vidare visar denna rapport att självantändningstemperaturen är ca 260°C. Gaserna har en högre densitet än luft vilket gör att de kan bildas ett lager i undre delen av utrymmet där gaserna är närvarande och antändning kan ske långt från den punkt där gaserna, vid till exempel en läcka, tränger ut. Då det är en komposition av olika ämnen med olika förångningsstryck kan varken en specifik LEL eller UEL ges då koncentrationen av mer explosiva ämnen kan vara större i en olja jämfört med en annan. Ungefärliga siffror anses vara 1-5% (BP, 2011). Ytterligare en variabel som bör beaktas är då oljor introduceras som en dimma i en atmosfär, så sänks flampunkten väsentligt under den normala temperaturen (The American Petroleum Institute, 2011). HFO har ett energiinnehåll på ca 39000 – 42000 kJ/kg (Wild. Y, 2005).

2.2.2 Systembeskrivning

Systemens utformning har hämtats från fältstudie ombord på Stena Germanica. De komponenter som innefattas i HFO bränslesystemet på Stena Germanica är som följer (Fältstudie, 2015):

- Tankar
- Uppvärmning av tankar och rör
- Rör från tankar till separatorer, boosterenheter, vidare till bränslepumpar
- Bränsleseparatorer
- Boosterenheter
- Bränslepumpar
- Rör från bränslepumpar till bränsleventiler
- Bränsleventiler

Tankar

Det finns här tre olika sorters tankar, bunkertankar, settlingstankar och dagtankar. Bunkertankar och settlingstankar behandlas inte lika utförligt i solas då dessa under normal drift inte är kopplade direkt till huvudmaskinen. Dagtankar behandlas i MSC.1/Circ.1176 och i reviderade MSC.1/Circ.1197. Bunkertankar värms genom att ångrör förts in i tanken där de i botten värmer oljan till ca 50°C för att uppnå pumpbar viskositet (Fältstudie, 2015). Settlingstankar som i regel rymmer en betydligt mindre volym än bunkertankar värms på samma sätt. De här tankarna är utformade för att genom upphettning avskilja vatten och sediment från bränslet (The standard club, 2012). Bestämmelser angående ventiler finns för dagtank och settlingstank. Bestämmelserna enligt TSFS 2014:1 3 kap 11 § (Transportstyrelsen, 2014) säger att ventilationsrören på fartyg omfattade av SOLAS, byggda efter 1 juli 1998 ska placeras och utföras på ett sådant sätt att ett rörbrott inte medför en omedelbar risk för att sjö och regnvatten tränger in (Transportstyrelsen, 2014). Dagtankar skall enligt tidigare nämnda reglemente (MSC.1/Circ.1197) uppfylla följande krav. Det ska finnas två dagtankar för varje bränsle typ som används. De ska ha en kapacitet som möjliggör en drift under 8 timmar på maximal effekt och normalsjögång (MGO för dieselgeneratorer), detta innefattar även drift av ångpanna. Bunkertankar samt settlingstankar är atmosfärsventilerade, de har alltså inte någon inertgaskudde. Dagtankar har ett överflödes rör som går till settlingstanken, det innebär att även denna är atmosfärsventilerad om än indirekt.

Uppvärmning av tankar och rör

Samtliga beskrivna tankar kräver uppvärmning med ånga som leds in via rör för att bibehålla/uppå rätt viskositet på HFO bränslet. Då värmeutbyte sker under transportsträckorna i rörledning, samt att det vid avstängning av systemet finnas olja kvar i rören, krävs även uppvärmning av dessa. Det görs vanligen genom att dra ångrör innanför en isolering tillsammans med HFO rören. TSFS 2014:1 10 kap 1,2,3 § reglerar bestämmelser som gäller för ångrör (Transportstyrelsen)

Bränslerör från tankar till separatorer, boosterenheter, vidare till bränslepumpar

I SOLAS, Kap II-2 (IMO, 2004) med tillägg MSC/ Circ.647 anges att brännoljeledningar skall vara avskärmade eller skyddade på annat tjänligt sätt för att så lång det är praktiskt möjligt undvika att läckage sker på varma ytor, luftintag till maskin eller andra källor till antändning. Antalet kopplingar i ett brännoljesystem ska minimeras. Vidare finns inga krav om dubbelmantling av bränslerör innan

bränslepump(ibid.). De är därför i enkelmantlat utförande(Fältstudie, 2015). I samma kapitel och tillägg definieras heta ytor av SOLAS(IMO, 2004), Kap II-2 med tillägg MSC/ Circ.647. Där anges att alla ytor som har en temperatur på över 220°C och där det finns risk för direkt exponering av bränsle till följd av ett brännoljeläckage skall vara isolerade.

Bränsleseparatorer

Separatorernas primära uppgift är att rena bränslet från föroreningar och vatten. Värmeväxlare i anslutning till separatorn är till för att värma bränslet till optimal separeringstemperatur samt indirekt värma service/settlingtankar (Kuiken. K,2008).

Boosterenhet

Den består av två matarpumpar, två boosterpumpar, mixing/avlufningstank,filter och värmare samt viskositets mätare (Fältstudie, 2015). Matarpumparna som vanligen används en åt gången, höjer initialt trycket på oljan, detta efter att ha genomgått ett filtreringssteg. Oljan leds sedan vidare till mixing/avlufningstank där returoolja från huvudmaskinerna leds in och blandas med den kallare oljan för att ta vara på den värme som redan tillförts den olja som kommer från returen. Därefter höjs trycket ytterligare med hjälp av boosterpumparna, som också de används en i taget vid normal drift. Därifrån leds oljan in i värmeväxlare som värms med ånga. Här höjs temperaturen till en temperatur som säkerställer en optimal viskositet som sedan mäts av en viskositets mätare, normalt ca 8-12 cSt. Filtersteg återfinns även innan mixing/avlufningstank och viskositetsmätare samt efter denna. Från det sista filtreringssteget går oljan till bränslepumparna på maskinerna (Kuiken. K, 2008). Stena Germanica är utrustad med fyra huvudmaskiner i par om två, för varje par återfinns en boosterenhet placerade separat från huvudmaskiner i ett utrymme med vattentät dörr men utan luftsluss (Nilsson. M, 2015).

Bränslepump

I bränslepumpen höjs trycket från det utgivna trycket från boosterpumparna, ca 8 bar, till insprutningstrycket ca 200 bar (Nilsson. M, 2015). Det är ett konventionellt system, alltså inte i commonrail utförande. Pumpen drivs av nockar på kamaxeln som driver en plunge uppåt vilket i sin tur trycksätter oljan fram till bränsleventilen (Kuiken. K, 2008)

Högtrycksrör från bränslepumpar till bränsleventiler

I SOLAS, Kap II-2 med tillägg MSC/ Circ.647 anges att alla externa högtrycks rör mellan bränslepump och bränsleventil ska vara dubbelmantlade på ett sådant sätt att högtrycks röret och det mantlande röret utgör en enhet. Det yttre röret skall vara utformat på ett sätt som tillåter hantering av de höga trycken hos brännoljan. Om läckage sker skall det samlas upp på ett sätt som möjliggör detektering och larm.

Bränsle ventil

Bränslepumpen synkroniserar och förser ventilen med trycksatt brännolja som beskrivs i stycket om bränslepump. Ventilen har en fjäderbelastad nål som öppnar för insprutning in i cylindern när det inställda mottrycket hos fjädern överskrids (Kuiken.K 2008).

2.2.3 Säkerhetssystem och hantering

Personligt skydd och behandling

Enligt det MSDS för 380 LS HFO som BP har gett ut så skall följande skyddsutrustning användas (BP, 2011):

- Skyddsglasögon
- Heltäckande 100% bomullsoverall
- Skyddshandskar
- Vid arbete i otillräckligt ventilerade utrymmen krävs EEED (Emergency Escape Breathing Apparatus) eller SCBA (Self Contained Breathing Apparatus)

Vid exponering av HFO ges följande råd utav MSDS utgivet av BP (*ibid.*):

- *Vid ögonkontakt*
Kall produkt: Tvätta ögat med sårade ögonlock med en stor mängd vatten. Uppsök läkare vid smärta och rodnad.
Varm produkt: Täck ögat med vatten för att kyla ner ämnet. Skölj endast med vatten för att ta bort rester, uppsök läkare omedelbart.
- *Vid hudkontakt*
Kall produkt: Tvätta med tvål och vatten, byt kontaminerade kläder så fort som praktiskt möjligt.
Varm produkt: Täck utsatt område med vatten direkt för att kyla. Täck sedan med ren bomull eller binda. Uppsök medicinsk rådgivning.
- *Vid inhalation*
Vid symptom avlägsna individ till frisk luft. Om individen ej andas utför hjärt- och lungräddning (HLR). Vid svårigheter att andas administrera extra syre. Uppsök genast läkare.
- *Vid förtäring*
Försök ej inducera kräkningar utan medicinsk personals rådgivning. Uppsök läkare omedelbart

Brand- och rökdetektering

Solas Chapter II-2 Part C *Suppression of fire* (IMO, 2004) behandlar syfte och krav för detektering av brand. Brand detektering ska ske på ett sätt som lokaliserar uppkomst samt ge ett larm för att möjliggöra flykt och/eller bekämpning. Fasta brand detekteringssystem ska därför vara anpassade för typ av brand och för det utrymme som övervakas. Manuell aktivering av larm ska kunna ske vid larmpunkter utplacerade så att snabb och säker åtkomst ska kunna ske. Vidare kan man under Part C *Suppression of fire* punkt 4 läsa om kraven för utformning och funktion gällande brand skydd i maskinrum.

Brand- och rökdetektering bestod innan konvertering av ett Siemenssystem för samtliga övervakade utrymmen och ett fristående Consilium/SemSAFE som löpte parallellt med Siemenssystemet i de utrymmen där punktskydd fanns närvarande, då det var detta system som HI-Fog® brand bekämpningen var kopplat till (Stena Line AB, 2015). För att möta kraven i Solas Chapter II-2 Part C *Suppression of fire* var tidigare rökdetekteringen av konventionell typ och flamdetekteringen optisk.

Vilken typ av övervakningssystem och vad de detekterar i HM:rum innan konverteringen visas i Tabell 2.

Tabell 2 Övervakning HM:rum

<i>HM:rum</i>	Rök detektering	Flamdetektering optisk	metanolgas	syrgas
Siemens	X	X		
Consilium	X	X		

Reaktion och interagering av systemen vid detektering (ibid.):

Generellt för Siemens:

- När en eller flera av de rök- eller flamdetektorer som är anslutna till Siemens systemet ger ett larm till kontrollrummet i maskin och till bryggan måste larmet kvitteras inom två minuter annars övergår det till ett larm i de utrymmen personal vistas.
- Automatisk start av brandpumpar.
- Brandspjäll för berörda utrymmen stängs och tillufts fläktar stoppas.

Om aktivering sker vid någon av de manuella utlösningssknapparna sker samma som ovan nämnt.

Generellt för Consilium/SemSAFE:

När en rök- eller flamdetektor aktiveras i huvudmaskinrum:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen.

När två rök- och/eller flamdetektorer aktiveras i huvudmaskinrum:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen.
- Larmindikering i Valmarine.
- Pumpar till HI-Fog® brandbekämpningen startas automatiskt.

2.2.4 Brandbekämpning och säkerhet

Det MSDS som BP står bakom förespråkar att koldioxid, torra kemikalier, skum eller vatten dimma används för brandbekämpning (BP, 2011). Stena Germanica har därför utrustats med nödvändig utrustning i huvudmaskinrum och andra utrymmen där bränsle återfinns för att uppfylla minst de krav som stipuleras i SOLAS kap II-2 regulation 10 part 5.2 (Fältstudie, 2015):

- Brandlarm system
- Hi-fog®
- CO₂ total fyllning av utrymme
- Fartygets huvudbrandlina
- Skumsläckning

- Pulverbrandsläckare
- Snabbavstängningsventiler för bränsle
- EEBD (Emergency Exit Breathing Device)

Hi-fog®

System sitter rakt över huvudmaskiner och pumpar. Det arbetar med ett högre tryck än ett vanligt sprinklersystem och levererar vattendimma istället för vattenstrålar. Fördelarna med systemet är mindre vattenförbrukning vilket underlättar saneringsarbeten samt att ett mindre volymetriskt flöde i pumpen krävs. Vattendimma är effektivare vid brandsläckning då den har lättare för att övergå till vattenånga och förbrukar därför mer energi, från branden (Hi-fog®, 2015). Under normaltillstånd håller en pilotpump trycket till ca 12 bar. Då den har varit i drift mer än 10 sekunder kontinuerligt, klarar den inte att hålla trycket av egen kraft utan kräver aktivering av systemet där 8 Hi-fog® pumpar startas efter behov. Dessa håller i sin tur ett tryck av ca 140 bar (Nilsson.M, 2015).

Koldioxid system

Koldioxid gasen finns i alla utrymmen där bränsle återfinns. Det innebär bland annat pump-, dieselgenerator- och huvudmaskinrummet. Aktivering av koldioxidsystemet kan enbart göras på maskinchefens eller befälhavarens order. Alla brandspjäll stängs automatiskt innan gasen släpps ut och kväver branden. Indikering finns på brandspjäll i pump- och dieselgeneratorrum, däremot inte i huvudmaskinrummet. Aktivering görs manuellt från CO₂ rummet på däck 6 eller säkerhetsstationen på däck 7 (Stena Roro AB, 2015).

Snabbavstängningsventiler

Manuellt både fjärr- samt lokal aktivering (Nilsson.M, 2015)

Ventilation

Enligt Solas kap II-2 part B 2.2.2 skall ventileringen vid normala förhållanden vara tillräcklig för att förhindra ansamling av HFO ångor (IMO, 2004)

Läckage

Ett effektivt länsumpssystem skall i enlighet med Solas Part B "Subdivision and stability" Regulation 21 finnas. Dränering av alla vattentäta avdelningar förutom ett utrymme som permanent disponeras för transport av färskvatten, ballastvatten, brännolja eller flytande last skall vara möjlig. För sådant utrymme skall andra effektiva medel för pumpning tillhandahålls under alla praktiska förhållanden (IMO, 2004)

2.3 Marin Gas Olja (MGO)

MGO använd som pilotbränsle för att göra det möjligt att antända metanolen i en diesel process (Wärzilä, 2015). MGO har tidigare används som sekundärt bränsle vid anlop, avgång samt elproduktion vid hamnvistelse där landanslutning ej är tillgänglig (Nilsson. M, 2015).

2.3.1 Kemiska egenskaper

Kemisk struktur

MGO har precis som tjockoljan sitt ursprung i råolja och det lättare MGO destillatet är ett bränsle med kortare kolvätekedjor och mindre föroreningar jämfört med en tjockolja. MGO är en blandning av destillat ofta framtagna genom någon form av krackning och ett bränsle av den här typen behöver därför ej värmebehandlas (Kuiken.K, 2008). Vidare ges exempel på MGO:s egenskaper i Tabell 3.

Tabell 3 MGO egenskaper

	Kg/m ² @ 15°C	cSt @ 40°C	Flampunkt °C	Flytpunkt °C Vinter/Sommar	Cetantal
MDO	890	Min 1.50 Max 6.00	60	-6 /0	40 - 50

Toxicitet

I MSDS (U.S. OIL & REFINING CO.2015) uppges MGO som HFO innehålla polycykliska aromatiska kolväten. Långvarig kontakt med dessa föreningar har associerats med hud och lungtumörer, att blodet får en nedsatt förmåga att bära syre (anemi), sjukdomar i lever, benmärg och lymfatisk vävnad. Svavelväten som också finns närvarande kan minska lungfunktion och orsaka neurologiska effekter som huvudvärk, illamående, depression och personlighetsförändringar. Öga och slemhinnor kan irriteras och skador på hjärt-kärlsystemet (ibid.). Likt HFO innehåller även MGO svavelväten om än normalt i lägre koncentrationer, se 2.2.1 toxicitet. Vidare visar samma MSDS på följande effekter av olika exponeringssätt (ibid.):

- **Inhalering**
För exponering och effekter se 2.2.1 *Inhalering*.
- **Förtäring**
Kan orsaka irritation i mag- och tarmkanal. Symptom kan vara magsmärtor, upprörd mage, illamående, kräkningar och diarré. Aromaten naftalen kan orsaka lever- och njurskador och även anemi som kan leda till döden.
- **Hudkontakt**
Vid hudkontakt som sker vid enstaka tillfällen kan irritation, rodnad och klåda uppstå. Det samma gäller för upprepad kontakt men kan även leda till det som nämns i toxicitet för MGO. Även naftalen kan absorberas genom huden i skadliga mängder.

För gränsvärden och doser se MSDS för MGO(U.S. OIL & REFINING CO.2015).

Brandegenskaper

Eftersom de ämnen som utgör MGO även återfinns i HFO blandningar kommer dess brandegenskaper vara motsvarande. (se 2.2.1 Brandegenskaper)

2.3.2 Systembeskrivning

Systemens utformning har hämtats från en fältstudie ombord på Stena Germanica (Fältstudie, 2015). De komponenter som innefattas i MGO bränslesystemet på Stena Germanica är uppdelat som följer (ibid.):

- Tankar
- Rör från tankar till separatorer, boosterenshet, vidare till bränslepumpar
- Bränsleseparatorer
- Boosterenshet
- Bränslepumpar
- Rör från bränslepumpar till bränsleventiler
- Bränsleventiler

Tankar

Det finns två olika sorters tankar, bunker- och dagtankar. Bunkertankar behandlas mindre utförligt i solas då dessa normalt inte är kopplade direkt till maskinen, utan fokus ligger på dagtankar i MSC.1/Circ.1176 och reviderats i MSC.1/Circ.1197. Bestämmelser om ventilering av dagtankar är samma som för HFO (se 2.2.2 tankar) Dagtankar skall enligt tidigare nämnda reglementen (MSC.1/Circ.1197) uppfylla följande krav. Det skall finnas två dagtankar för varje bränsle som används. De ska vardera ha en kapacitet som möjliggör en drift under 8 timmar på maximal effekt och normal sjögång, detta innefattar även drift av ångpanna. Då även MGO kan användas som bränsle för huvudmaskiner kan en alternativ utformning förekomma för att uppfylla redundans kraven. Det krävs då en HFO dagtank med en kapacitet på 8 timmar för huvudmaskin och ångpanna. Därutöver behövs två dagtankar för MGO som har en kapacitet för 4 timmar drift på maximal effekt vardera för huvudmaskin, dieselgeneratorer samt ångpanna(MSC.1/Circ.1197). Bunkertankar är atmosfärsventilerade. Dagtankar är indirekt atmosfärsventilerade genom överflödesrör (Fältstudie, 2015).

Bränslerör från tankar till separatorer, boosterenshet, vidare till bränslepumpar

Se 2.2.2 *”Bränslerör från tankar till separatorer, boosterenshet, vidare till bränslepumpar”*.

Bränsle separatorer

Separatorns huvuduppgift är att rena bränslet från föroreningar och vatten (Kuiken. K, 2008).

Boosterenshet

MGO systemets boosterenshet är den samma som tidigare nämnt för HFO se 2.2.2. Dock behövs ingen värmebehandling av bränslet för att erhålla rätt viskositet (Kuiken. K, 2008)

Bränslepump

Utöver det som beskrivs i 2.2.2 *”bränslepump”* har det nya systemet anpassats för metanoldrift med MGO som pilotbränsle. Enda skillnaden är plungen. Den har istället för en skåra med en viss lutning, två olika lutningar. En flack lutning för det scenario då MGO används som pilotbränsle och enbart en mindre mängd skall levereras. Den andra brantare lutningen är för när enbart MGO används som bränsle (Nilsson. M, 2015)

Högtrycksrör från bränslepumpar till bränsleventiler

Se 2.2.2 "Högtrycksrör från bränslepumpar till bränsleventiler".

Bränsle ventil

Se 2.2.2 "Bränsleventil". Efter konverteringen tillförs och synkroniseras MGO fortfarande på samma sätt som för HFO men för bränsleventilens utformning se 2.4.2 "Bränsleventil".

2.3.3 Säkerhetssystem och hantering

Se 2.2.3 "Säkerhet och hantering".

2.3.4 Brandbekämpning och säkerhet

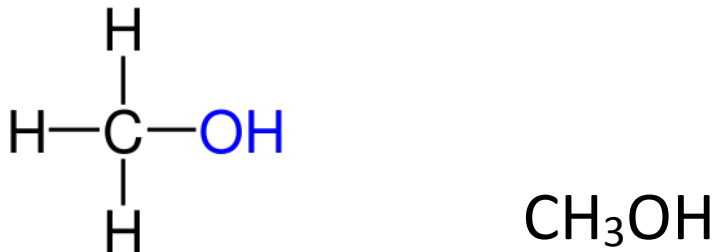
Se 2.2.4 "Brandbekämpning och säkerhet"

2.4 Metanol

I detta avsnitt behandlas det bränsle som är aktuellt efter konverteringen utförd på Stena Germanica.

2.4.1 Kemiska egenskaper

Kemisk struktur



Figur 1 Metanol Molekyl (Wikimedia commons, 2013)

Metanolen är den enklaste alkoholen. Molekylen består endast av en kolatom, fyra väteatomer och en syreatom (Nationalencyklopedin, 2015) som visas i Figur 1. Metanolen har en viskositet på 0,54 cSt vid 20°C, ytterligare egenskaper presenteras i Tabell 4 (Ecotraffic ERD3 AB, 2007).

Toxicitet

Kemikalieinspektionen är en myndighet med uppdrag av regeringen att kontrollera och bedöma kemikalier innan de tas i bruk i Sverige. Enligt kemikalieinspektionen så är metanol ett ämne som klassificeras som giftigt vid förtäring, inandning samt vid hudkontakt. Det är även mycket brandfarligt. (Kemikalieinspektionen, 2010), Detta framgår även av det MSDS som Methanex, en av aktörerna vid konverteringen på Stena Germanica, gett ut för metanol (Methanex, 2013). Där klassificeras metanol som akut giftigt vid ovanstående exponeringsscenario. Metanol är så vitt känt

varken cancerogent eller mutagent för människor eller djur (ToxWorks, 2009). En oberoende konsultfirma med vetenskaplig och ingenjörsmässig inriktning, Exponent, har framställt en rapport till Methanol institute. Bakom Methanol Institute finns en samling företag som handlar med metanol, däribland Methanex. Rapporten behandlar bland annat exponering av metanol (Exponent. 2012). Enligt rapporten så sker vid exponering genom inhalering, hudkontakt eller förtäring en absorption av metanol, snabbt till blodet. Vid inhalering leds en del bort genom lungor och njurar utan att metaboliseras men så mycket som 60-85% av metanolen tas upp i blodet. Metanolen har en metaboliseringshastighet på 25 mg/kg-h, som är ca sju gånger långsammare än etanol. Detta är oberoende på koncentration i blodet, dock skiljer hastigheten från en individ till en annan. Människors bakgrunds nivå av metanol i blodet efter kort inhalering av en lägre dos som resulterar i en blodkoncentration på mindre än 10mg/l leder inte till förhöjd nivå av myrsyra i kroppen. När kroppen metaboliserar metanol i levern sker det genom att ett enzym (alkoholdehydrogenas) påbörjar nedbrytningsprocessen av metanolen. Först omvandlas metanolen till formaldehyd. Formaldehyden bryts sedan i sin tur ned till myrsyra, en metabolit, som vid högre koncentrationer tillsammans med formaldehyden är mycket skadlig för människor. Slutprodukter blir koldioxid och vatten. Människans förmåga att bryta ned metanol till myrsyra och formaldehyd är mycket snabbare än förmågan att bryta ned dem till koldioxid och vatten. Effekten blir att ämnena ackumuleras. Myrsyran medför även en risk för ett sänkt PH-värdet i blodet. Koncentrationen i kroppen efter långvarig exponering ökar över tid och kan resultera i skadliga effekter. Formaldehydens konsekvenser och effekter på den som utsätts för ämnet är flera och kan leda till yrsel, blindhet och i svåraste fall död. Vid exponering genom inhalation och/eller hudkontakt blir koncentrationen som en individ utsätts för sällan så hög att dödlighet riskeras, vilket visas i Tabell 4. Mer vanligt är att metanolen förtärs, antingen genom misstag eller med uppsåt för att vålla egen skada eller död. Skadlig koncentration vid förtäring uppnås snabbt. Symptom och insjuknande är oftast fördröjda vid en exponering (ibid.).

En studie gjord av IARC (WHO, 2006) där formaldehyd administrerades till råttor genom inhalation visade belägg för cancerogenitet. Dock har liknande studier på hamstrar och möss genomförts där inga tecken på carcinogenitet uppvisats. IARC drar då slutsatsen att det inte finns tillräckliga belägg för att formaldehyd skulle vara cancerogent för människor (ibid.).

Tabell 4. Exponering av metanol och resulterande kroppskoncentrationer

<i>Exponering/dos</i>	<i>Adderad koncentration metanol (mg)</i>
<i>Bakgrundshalt (70 kg kroppsmassa)</i>	<i>35*</i>
<i>Hand i metanol (2min)</i>	<i>170</i>
<i>Inandning (40 ppm, 8h)</i>	<i>170</i>
<i>Inandning (150 ppm, 15min)</i>	<i>42**</i>
<i>Förtäring (0,21 ml)</i>	<i>170</i>

<i>Förtäring (90 ml)</i>	<i>70000</i>
<i>Dödlig kroppskoncentration</i>	<i>21000-71000****</i>

(Ecotraffic ERD3 AB, 2007)

* Uppskattat från 0,73 mg/L blodkoncentration

** Antaget 100% lungupptag (60-85% är troligare (medinski 1997))

***IPCS, 1997

I studien utförd av Ecotraffic (Ecotraffic ERD3 AB, 2007) anges följande för olika exponerings sätt:

- Inhalering
Metanolånga som andas in upptas och absorberas i blodet till mellan 60-85%, se exempel i Tabell 4 (Ecotraffic ERD3 AB, 2007). Studier har också visat att upprepad exponering av metanolångor under tre år, med en koncentration mellan 365-3080 ppmv (parts per million volume), daglig (lägre ppmv), veckovis(högre ppmv) , har medfört huvudvärk, yrsel, illamående och till och med tillfälliga synstörningar (ibid.). Inhalering kan även leda till permanent blindhet och allvarliga bestående hälsoskador enligt ett säkerhetsdatablad som methanex publicerat (Methanex, 2013). Metanolånga kräver höga koncentrationer för att dofta, mer än 2000 ppm vilket är nästan 10 ggr högre än det rekommenderade gränsvärdet för korttidsexponering (STEL=250 ppm). Doften liknar etanol. För att öka detekterbarheten kan ett luktämne tillsättas till metanolen(Ecotraffic ERD3 AB, 2007).
- Förtäring
Förtäring är det troligaste sättet att nå en dödlig dos. Vid förtäring krävs en konsumtion av ca 25-90 ml då intervallet för en dödlig dos ligger mellan 21000-71000 mg kroppskoncentration för en individ med kroppsvikt på ca 70 kg, se exempel i Tabell 4. I övrigt samma biverkningar som vid inhalering.
- Hudkontakt
Metanol som kommer i kontakt med huden torkar snabbt ut huden, men avdunstar snabbt. Det krävs vanligtvis en mycket längre exponering än vad som är vanligt vid mindre utsläpp samt att en stor del av kroppen utsätts för att nå en skadlig nivå, se exempel i Tabell 4.

Brandegenskaper

Tabell 5. Fysiska och kemiska parametrar, metanol

<i>Parameter</i>	<i>Enhet</i>	<i>Värde</i>
<i>Densitet</i>	<i>kg/L</i>	<i>0,79</i>
<i>Energihållning</i>	<i>kJ/kg</i>	<i>19700</i>
<i>Cetantal</i>		<i><5</i>
<i>Rel. ångdensitet</i>	<i>Luft = 1</i>	<i>1,1</i>

<i>Viskositet</i>	<i>cSt</i>	<i>0,52</i>
<i>Smält-/steln.punkt</i>	<i>°C</i>	<i>-98</i>
<i>Kokpunkt</i>	<i>°C</i>	<i>+65</i>
<i>Flampunkt</i>	<i>°C</i>	<i>+11</i>
<i>Tändtemperatur</i>	<i>°C</i>	<i>+455</i>
<i>Ångtryck</i>	<i>kPa vid 20°C</i>	<i>12,8</i>
<i>Explosionsgräns</i>	<i>%</i>	<i>5,5 – 36,5</i>
<i>Löslighet i vatten</i>	<i>mg/L</i>	<i>36310</i>

(Ecotraffic ERD3 AB, 2007)

Ett rent metanolbränsle, alltså ett icke utblandat medium, har en låg flampunkt, se Tabell 5 (Ecotraffic ERD3 AB, 2007). Metanol brinner med en näst intill osynlig låga. Metanol har dessutom en obefintlig rökutveckling om inte föroreningar finns. Vidare kan i Tabell 5 utläsas att metanol endast har en energimängd motsvarande 19700 kJ/kg. Detta i samband med den höga ångbildningsentalpin, 1178 kJ/kg (Wärtsilä, 2014), ger en lägre förbränningstemperatur samt en låg värmestrålning. Det ger en metanolbrand en förhållandevis låg utbredningshastighet. Metanol har väldigt hög blandningsförmåga i vatten. Det låga cetantalet tyder på en dålig självantändningsförmåga vid högt tryck och temperatur (Ecotraffic ERD3 AB, 2007). Metanol klassas som mycket brandfarligt både i vätskefas och ångfas enligt methanex (Methanex, 2013).

Då metanolångor har ett relativt lågt ångtryck så reducerar detta risken att nå explosiva blandningsförhållanden med luft (Ecotraffic ERD3 AB, 2007). En annan karakteristik för metanolångor är att de har en förhållandevis låg densitet (liknande luftens densitet - se Tabell 5) samt en hög diffusionskoefficient i luft. Detta medför i sin tur att då metanolen inte befinner sig inom ett instängt utrymme så kommer ångorna att blandas ut över ett stort område och alltså inte stanna vid "marken". På så sätt är alltså explosionsrisken relativt låg i öppna utrymmen då LEL (Lower Explosion Limit) 5,5 och UEL (Upper explosion limit) 36,5% metanol i luften. I slutna utrymmen däremot finns risk med metanol, eftersom en låg flampunkt ger tillräckligt med gaser även i låg ambient temperatur (ca 10-40 grader) för att nå en explosiv miljö (ibid.).

Slutligen ska nämnas att trycket ökar i en sluten behållare som innehåller metanol, om den utsätts för hetta. Det uppstår även sönderdelningsämnen vid värme exponering, dessa är koloxider samt formaldehyd. (Methanex, 2013)

2.4.2 Systembeskrivning

Den nysatsning som utförts på Stena Germanica har inneburit förändringar inom strukturen på bland annat bränslesystemet. Metanolens bränslesystem innefattar följande komponenter (Fältstudie, 2015):

- Tankar
- Rörledningar från tankar till pumprum
- Pumprum
- Rörledning från pumprum till huvudmaskin
- Huvudmaskin
- Bränsleventil
- Inertgas generator

Tankar

För pilotprojektet har det beslutats att en före detta ballasttank ska användas som bunker/dagtank för metanolen. Denna har en volym på 470m³ samt en integrerad överfyllnadstank (Nilsson. M, 2015). Den kommer att ha vatten i form av permanent barlast runt hela tanken förutom undersidan, då en dubbel botten inte är ett krav enligt gällande riktlinjer(Interim guidelines, 2015). Tanken får en skyddande beläggning för att motverka metanolens korrosiva egenskaper. Lagring av metanol kräver en inert miljö, ett nitrogentäcke överlagrar därför alltid metanolen med ett tryck på ca 150 mbar (Nilsson. M, 2015). En säkerhetsventil har placerats högst upp på fartyget i händelse av övertryck i tanken(Interim guidelines, 2015). Ventilen öppnar vid ett tryck på 220 mbar. (Nilsson.M, 2015)

Rörledningar från tankar till pumprum

Dragningen av rör från tankar till pumprum är dubbelmantlade med tryck- och nivå detektering. Utförandet är i enlighet med interim guidelines kap 7(Interim guidelines, 2015). Alla rör är utförda i rostfritt syrafast 316 stål och svetsade i ett stycke (Stena RoRo AB, 2013).

Pumprum

Pumprummet är en ATEX zon klass 1. ATEX är ett samlingsnamn på två EU direktiv som behandlar säkerheten inom en explosiv miljö, där det första gäller säkerheten för individer som arbetar i nämnd miljö (European comission, 2006). Det andra behandlar utrustning som nyttjas i explosiva miljöer (European comission, 1994). Zon 1 har som standard att då läckor kan förekomma och utan att man ska få ett läckage till omgivning oavsett hur lång tid en explosiv miljö förekommer (ibid.). Detta upprätthålls med hjälp av en luftsluss, i denna gäller klass 2 för elektrisk utrustning. Enligt specifikationerna för konvertering(Stena RoRo AB, 2013) har det i luftslussen installerats två mekaniskt drivna fläktar som enskilt ska kunna utföra 15 luftutbyten varje timma. Det råder även övertryck i luftslussen i förhållande till pumprum och angränsade vestibul för att säkerställa att inget läckage inträffar. I pumprummet är bränslerören enkelmantlade. I utrymmet finns även två mekaniskt drivna fläktar som var för sig skall klara av att utföra 30 luftbyten per timma. I pumprummet finns också 2 transfereringspumpar och 4 högtryckskolvpumpar (Stena RoRo AB, 2013).

Högtrycksrör från pumprum till huvudmaskin

Högtrycksrören är dubbelmantlade då de befinner sig utanför ATEX 1 zonen (Stena RoRo AB, 2013). Rören är svetsade i ett stycke, och går därför inte att ta isär. Dubbelmantlingen utrustas med nivå- och tryckdetektering med syfte att upptäcka läckage på det inre röret. De är designade för att klara höga tryck då det handlar om ett commonrailsystem (ibid.). Stena Line har utfört rördragningen från högtryckspumpen fram till ett kopplingsblock strax innan huvudmaskinen (Nilsson. M, 2015). De är i grövre utförande än de utgående rör till huvudmotorn, som Wärtsilä utformat. Utförandet har gjorts i enlighet med interim guidelines kap 7 (Interim guidelines, 2015). Alla rör är i rostfritt syrafast stål med en korrosion klassificering av 316 (Stena RoRo AB, 2013).

Huvudmaskin

Det är i dagsläget enbart huvudmaskin nummer 4 (Fältstudie, 2015) som har utrustats för metanoldrift. Arbetet har utförts av Wärtsilä (Wärtsilä, 2014). Topplöck har bytts på samtliga cylindrar för att anpassas till de nya bränsleventilerna. Bränsleventilerna är designade för att förse cylindern med både MGO och metanol. Det har även lagts till två olika system för servo olja, ett kontrolloljesystem för att styra commonrailsystemet med tillförsel samt returlina och ett förseglingssystem med samma utförande. Utöver detta installeras också ledningar för inertgasen med returlina(ibid.).

Bränsleventil

Bränsleventilen kan leverera både MGO samt metanol/gas. Den är utformad med en MGO nozzle med 9 hål centrerat i ventilen. Förbränningen som används är diffusionsförbränning. Runt den centrala MGO nozzle sitter tre metanol/gas nozzle med 3 hål i varje. Dessa arbetar med ett tryck på ca 600 bar för metanol/gas (Haraldsson. L 2015). På grund av bränslen med låg viskositets genomträngningsförmåga har en förseglingolja varit en av de essentiella egenskaper som möjliggjort tekniken. Den trycksätts till ca 20 bar över metanolen/gasens tryck och innesluter nålen för att förhindra läckage (Nilsson. M, 2015). Den är designad för att kunna tillföra tillräckligt med MGO för att driva maskinen på full effekt. Motsvarande för metanol/gas framdrivning (Haraldsson. L 2015), dock med uppskattningsvis ca 5% MGO för antändning (Wärtsilä, 2014).

Inertgasgenerator

Den inertgas som används på Stena Germanica är kvävgas. Den framställs med hjälp av en generator (Stena RoRo AB, 2013) och fungerar genom att man med två luftkompressor trycker luft genom ett membran. Kvävgasen passerar då och strömmar ut medan de andra ämnena stannar kvar. Det tryck som leds till tanken är 150 mbar, för detta behövs en mängd trycksänkventiler i parallellkoppling för att klara av det stora flöde av inertgas som krävs. Trycket sänks alltså från levereringstrycket på 10 bar till 150 mbar för tanken medan utrensningssystemet sänks från 10 till 8 bar (Nilsson. M, 2015) Utrensningssystemet används för att blåsa rent bränslelinorna efter att driften övergått till ren MGOdrift. Hur mycket av systemet som blåses rent skiljer sig dock åt beroende på situation som lett till MGOdrift. Renblåsningen görs för att inte metanol ska finnas kvar i ledningarna (ibid.).

Commonrail

Commonrailsystemen utformas olika beroende på typ av maskin och tillverkare. Principen är dock den samma och bygger på att de tidigare kamaxel drivna plunsepumparna, som försett varje cylinder med brännolja separat, ersätts. Det görs med en eller flera högtryckspumpar som levererar bränslet till en gemensam bränslelina. Till bränslelinan är alla bränsleventiler parallellt anslutna och injektionstimmingen styrs elektroniskt med hjälp av att en kamaxelgivare som talar om för motorstyrningen när varje enskild ventil ska öppnas (Kuiken. K 2008). De har dragit en huvudlina för metanolens commonrailsystem som löper från topplock till topplock (Wärtsilä, 2014). Den är trycksatt till ca 600 bar och förser alla cylindrar med bränsle. Från den sista cylindern leds metanolen tillbaka till spilltanken i metanolfumpummet via en returlina . Det sker endast vid renblåsning av systemet (Nilsson. M, 2015).

2.4.3 Säkerhetssystem och hantering

Personligt skydd och behandling

Många olyckor anses vara orsakade av den mänskliga faktorn och enligt Dekker (Dekker, S. 2002) kan man i viss mån skylla alla händelser på den mänskliga faktorn då de tekniska systemen är utvecklade, underhållna och opererade av människor. Vidare skriver han att komplexa system i regel är säkra men de behöver skyddas från otillförlitliga människor. För att skydda systemen från människors nyckfulla beteende rekommenderas (ibid.):

- att se över operation och reglemente gällande systemet
- att införa ytterligare teknik för att övervaka oberäkneligt mänskligt beteende eller för att operera systemet
- se till att de människor som använder och opererar systemet är utbildade

Samtliga inom driftbesättningen har i dagsläget fått genomgå en utbildning i säkerhetssyfte med betoning på det nya bränslet. I genomgång ingår nya säkerhetssystem som tillkommit och kortfattat hur det fungerar. Mats Nilsson som höll i utbildningen går även kortfattat igenom de olika åtgärder som kan göras vid eventuell exponering av metanol (Nilsson. M, 2015).

Det Stena Line, i samarbete med Methanex och andra parter har ansatt som nödvändig skyddsutrustning när metanollexponerings risken är låg är (Stena Line AB, 2015):

- Overall i 100% bomull
- Skyddsglasögon med sidoskydd
- Heltäckande skor
- Metanol beständiga skyddshandskar
- Vid arbete i ej tillräckligt ventilerade utrymmen krävs EEED eller SCBA

Där metanolånga är trolig ska även andningsskydd användas (Methanex, 2013). Det har inte ansetts tillräckligt med filterskydd eftersom ett filter kan bli mättat utan användarens vetskap. Det främsta skälet till det beror på att metanol är näst intill doftlös. Därför har det istället beslutats att andningsskydd med extern luftkälla krävs för att säkerställa individens säkerhet (Stena Line AB, 2015).

Då pumprummet och andra utrymmen kräver en EX-klassning (explosiv miljö) tvingas Stena Line att köpa in viss ny utrustning (ibid.). Verktyg har införskaffat för underhållet av pumpar och övrig utrustning som befinner sig i ATEX 1 zoner. De är utförda i materialval som inte orsakar gnistbildning, till exempel, aluminium, brons och plast. Därutöver har Stena Line köpt in små personliga sniffers, gasläckage detektorer, för att personalen snabbt och smidigt ska kunna undersöka misstänkta läckage. Vidare införskaffades telefoner, radioapparater, ficklampor samt personliga gasmätare, alla är EX-klassade.

Vid exponering av metanol ges följande råd för behandling utav Stena Line (Stena Line AB, 2015)

Vid förtäring:

- Skölj munnen med vatten.
- Om möjligt ge läkemedel för neutralisering, annars administrera etanol. Eftersom etanolen bryts ned innan metanolen kan man på detta sätt förhindra att kroppen metaboliserar metanolen.
- Uppsök sjukhus omgående.

Vid ögonkontakt:

- Spola genast med vatten
- Fortsätt under 15 minuter
- Se till att hela ögat sköljs genom att lyfta på både övre och undre ögonlocket
- Sök alltid läkarvård

Vid hudkontakt:

- Avlägsna blöta kläder, behandla dessa som brandfarligt material
- Tvätta det utsatta området med tvål och vatten i 15 minuter
- Vid irritation uppsök läkarhjälp

Vid inhalering säger Methanol institute vidare att:

- Avlägsna individ till frisk luft, om det är säkert för dig själv att göra så
- Håll individen varm och iakttag andningen hos denna
- Vid andningssvårigheter eller andningsstopp utför HLR om behörighet finns administrera extra syrgas med assisterad ventilation (Methanol institute, 2013).

Brand, rök och gas detektering

Den interim guideline (Interim guidelines, 2015) som är framtagna behandlar under stycke 3.2 de funktionella krav som ställs på system vid konvertering. Säkerhet, tillförlitlighet och pålitlig ska vara likvärdig och jämförbar med den som uppnås för konventionellt oljedrivna huvud- och hjälpmaskiner.

I interim guidelines 11.8 "Requirements for fire detection and alarm system" belyses en problematik som uppstår vid metanol som bränsle (Interim guidelines, 2015):

A fixed fire detection and fire alarm system complying with Fire Safety System Code shall be provided for all compartments containing the methyl/ethyl alcohol fuel system.

(**Note:** Methyl / ethyl alcohol burns with an invisible flame. Suitable detectors are to be selected based on the fire characteristics on the fuel. Currently not covered by the FSS Code.)
(Interim guidelines 11.8 Requirements for fire detection and alarm system).

För att detektera metanolflammar används därför detektorer som arbetar med en infraröd teknik till skillnad från den tidigare konventionella, optiska detekteringen (Nilsson. M, 2015).

Siemenssystemet har i och med konverteringen byggts ut till pump- och inertgasrummet. De fristående Consilium/SemSAFE systemet har byggts ut till metanolkumprummet då punktskydd ska finnas. Berörda utrymmen har även försetts med gasdetektering för metanol och/eller syrgas som även det är ett fristående Consilium system. Både Consilium/SemSAFE och systemet för gasdetektering är anslutna till Valmarine som är maskinrummets larm och övervaknings system (Stena Line AB, 2015). De system som återfinns i specifika utrymmen återges i Tabell 6, 7 och 8.

Tabell 6 Övervakning HM:rum efter konvertering

HM:rum	Rökdetektering	Flamdetektering- IR	metanolgas	syrgas
Siemens	X	X		
Consilium	X	X		
Gas detektering			X	

Tabell 7 Övervakning Pumprum efter konvertering

Pumprum	Rökdetektering	Flamdetektering- IR	metanolgas	syrgas
Siemens	X	X		
Consilium	X	X		
Gas detektering			X	X

Tabell 8 Övervakning IG generatorrum efter konvertering

IG generator rum	Rökdetektering	Flamdetektering	metanolgas	syrgas
Siemens	X			
Consilium	X			
Gas detektering				X

Vidare kan man i manualen som är utarbetad av Mats Nilsson läsa hur de olika systemen reagerar och interagerar (Stena Line AB, 2015):

Generellt för Siemens:

- När en eller flera av rök- eller flamdetektorer som är anslutna till Siemenssystemet ger ett larm till kontrollrummet i maskin och till bryggan måste kvittens ske inom två minuter annars övergår det till ett larm i de utrymmen personal vistas.

- Automatisk start av brandpumpar.
- Aktuella brandspjäll stängs och tillufts fläktar stoppas.

Om aktivering sker vid någon av de manuella utlösningssknapparna sker samma som ovan nämnt. Skulle två utav de detektorerna som har monterats i metanoldpumprummet aktiveras kommer huvudmaskin automatiskt gå över till MGO drift.

Generellt för Consilium/SemSAFE:

Det system som är monterat i huvudmaskinrum samt metanoldpumprum . När en rök- eller flamdetektor aktiveras i huvudmaskinrum sker följande:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen.

När två rök och/eller flamdetektorer aktiveras i huvudmaskinrum:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen.
- Larmindikering i Valmarine.
- Pumpar till HI-Fog® brandbekämpningen startas automatiskt.

När en rök eller flamdetektor aktiveras i metanoldpumprum:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen.
- Larmindikering i Valmarine.
- Brandlinans avgränsnings ventiler öppnas.
- Pumpar till HI-Fog® brandbekämpningen startas automatiskt.
- Huvudmaskin övergår automatiskt till MGO drift, högtryckspumpar och transferpumpar för metanol stoppas och metanoltillförseln stryps.
- Metanolrummets separata länssystem startas och överbord ventilen öppnas.

När två rök och/eller flamdetektorer aktiveras i metanoldpumprum:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen.
- Larmindikering i Valmarine.
- Brandlinans avgränsnings ventiler öppnas.
- Pumpar till HI-Fog® brandbekämpningen startas automatiskt.
- Huvudmaskin övergår automatiskt till MGO drift, högtryckspumpar och transferpumpar för metanol stoppas och metanoltillförseln stryps.
- Metanolrummets separata länssystem startas och överbord ventilen öppnas.

Generellt för gasdetektering i huvudmaskinrum samt metanoldpumprum och inertgasrum:

Gas detekteringen är som tidigare nämnt sammankopplad med Valmarine och maskinrumslarmen och har ytterligare försetts med både ljud och visuellt larm. När detektering av metanol ångor görs indikeras larm både i och utanför metanol pumprummet, maskinrummets kontrollrum, övriga maskinutrymmen och på bryggan. Systemet larmar i två steg för metanol ånga, vid 30 % LEL ges endast larm medan vid 60 % LEL övergår huvudmaskin automatiskt till MGO drift.

När 30 % LEL detekteras i huvudmaskinrum:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen, Valmarine, larmpanelerna i maskinutrymmen, maskinrummets kontrollrum och brygga.

När 60 % LEL detekteras i huvudmaskinrum:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen, Valmarine, larmpanelerna i maskinutrymmen, maskinrummets kontrollrum och brygga.
- Huvudmaskin övergår automatiskt till MGO drift, högtryckspumpar och transferpumpar för metanol stoppas och metanoltillförseln stryps.
- Högtrycks rören mellan metanol pumprum och huvudmaskin töms med igenom blåsning av inertgas.

När 30 % LEL detekteras i metanoldpumprum:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen, Valmarine, larmpanelerna i maskinutrymmen, maskinrummets kontrollrum och brygga.
- Luft utbytet i pumprummet ökar från 15 till 30 gånger i timmen.

När 60 % LEL detekteras i metanoldpumprum:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen, Valmarine, larmpanelerna i maskinutrymmen, maskinrummets kontrollrum och brygga.
- Huvudmaskin övergår automatiskt till MGO drift, högtryckspumpar och transfer pumpar för metanol stoppas och metanoltillförseln stryps.
- Standby ventilations fläktar startar
- Högtrycks rören mellan metanoldpumprum och huvudmaskin töms med igenom blåsning av inertgas.

Gasdetekteringssystemet har också till uppgift att kontrollera syrehalten i både metanol pumprum samt i det utrymme inertgasanläggningen finns. När syrehalten i det kontrollerade utrymme är lägre än 19,5 % kommer larm att ske.

Skär detektering av låg syrehalt i metanoldpumprum:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen och Valmarine.
- Ljud samt visuellt larm för låg syrehalt indikeras vid ingången till metanol pumprummet luftsluss och även inne i pumprummet.

Skär detektering av låg syrehalt i inertgasrummet:

- Larm ges till den för systemet fristående panelen och Valmarine.
- Ljud samt visuellt larm för låg syrehalt indikeras vid ingången till utrymme där inertgasanläggningen finns.

Blackout

Skulle man av någon anledning råka ut för en blackout, det vill säga ett totalt strömbortfall, kommer högtrycksrören mellan metanol pumprummet och huvudmaskin samt bränslesystemet på motorn och returlinan att automatiskt blåsas ren med hjälp av kvävgas (Stena Line AB, 2015).

2.4.4 Brandbekämpning och säkerhet

Methanex redogör i sitt MSDS för metanol hur man behandlar en släckning av brand.

Bladet säger att en vattendimma, alkoholbeständigt skum, pulver eller koldioxid bör användas.

Däremot bör användning av hård vattenstråle undvikas (Methanex, 2013).

Säkerhetspresentationsmanualen som förmedlats av Mats Nilsson gör gällande att Stena Germanica är utrustat med följande brandbekämpningsutrustning i huvudmaskinrum och pumprum och andra utrymmen där bränsle återfinns (Stena RoRo AB, 2015):

- Brandlarm system
- Hi-fog®
- CO₂ total fyllning av utrymme
- Gas detektering system
- Dubbelmantlade bränslerör
- Fartygets huvudbrandlina
- Skumsläckning
- Pulverbrandsläckare
- Snabbavstängningsventiler för bränsle
- EEBD (Emergency Exit Breathing Device)

Hi-fog®

Se HFO avsnitt 2.2.4 "Brandbekämpning och säkerhet". Utökad för att täcka pumprum (Stena Line AB, 2015).

Koldioxid system

Se HFO avsnitt 2.2.4 " Brandbekämpning och säkerhet". Utökad för att täcka pumprum (ibid.)

Snabbavstängningsventiler för bränsle

Mellan metanoltanken och högtryckspumparna sitter den fjäderbelastade snabbavstängningsventilen (Stena RoRo AB, 2013). Ventil som vid signal från brandövervaknings automationen helt stryper tillförseln av metanol. Konstruktionen är även av "fail-safe" typ vilket innebär att om bortfall av styrsignal eller kontrolluft inträffar stänger ventilen och huvudmaskin övergår till MGO drift (Nilsson. M, 2015).

Ventilation

I varvs specifikation som omfattar konverteringen (Stena RoRo AB, 2013) beskrivs hur de tillkomna ventilationssystemen är utformade. Redundans i systemet finns med stand-by fläktar. Brandspjäll ska

kunna stängas både inifrån samt utifrån brandzonen. De ska inte stängas vid en normal övergång till Stand-by fläktar. De ska däremot automatiskt stängas vid brandlarm. Då återställning görs efter avstängning skall brandspjällen öppnas automatiskt efter att startsignal getts till fläktarna, som startar först när spjällen är öppna.

Utöver det redan existerande ventilationssystemet har ventilering i följande utrymmen lagts till (ibid.):

- Pumprum 2 stycken frånluftsfläktar.
- Luftsluss 2 stycken tilluftsfläktar.
- Elektriskt utrustningsutrymme 1 tilluftsfläkt, 1 frånluftsfläkt (styr temperaturen, max 30 °C annars ges larmindikering).
- Inertgasrummet är försett med ett separat ventilationssystem som består av 1 tilluftsfläkt, 1 frånluftsfläkt.

3 Metod

Forskningsfrågorna avser att jämföra två olika driftfall på Stena Germanica, före och efter konverteringen till metanol. Som tidigare nämnt är konverteringen av Stena Germanica ett pilotprojekt varför tillgången till referensobjekt är ytters begränsad. Valet föll därför på att utföra en jämförande fallstudie utförd enligt Harvard ger enligt Yin (Robert.K.Y, 2011) möjlighet att utforska förhållanden i sammanhang där förhållandena mellan de olika fallen inte är definierade i detalj. För undersökningar som har för avsikt att förklara de samband som finns och som inte kan förklaras genom experiment eller surveyundersökningar lämpar sig fallstudier väl (ibid.). Stora delar av fallstudien har bestått av datainsamling, denna har gjorts genom litteraturgenomgång, informantmöten och fältstudier. Datainsamlingen har gjorts med syfte att skildra hur system och regelverk är utformade och på så vis skapa underlag för att kunna besvara den frågeställning som rapporten behandlar (Esaïasson, P, 2007).

Material som studerats för att skapa rapportens vetenskapliga grund bygger mestadels på vetenskapliga artiklar. Ytteligare information är erhållen genom informantmöten med ett antal inblandade parter där vi fått ta del av den primärdata som för närvarande finns tillgänglig. Kontakt med informationsutbyte har också skett frekvent via e-mail med nyckelpersoner inom projektet. Stycken som refererats till nyckelpersonerna har delgivits till dessa för granskning och godkännande vid färdigställande av studien. Underlaget består även av kursmaterial och vetenskapliga artiklar som är sökta i nedan nämnda databaser. Information finns även insamlad från relevanta böcker. Det gör att rapporten även bygger på "beprövad erfarenhet". Inledningsvis söktes information mer brett för att därefter snävas in och avgränsas till behovet av att fördjupa kunskaperna för att färdigställa rapporten. Materialet i litteratursökningarna gav upphov till ett urval baserat på relevans, aktualitet och tillförlitlighet. Urvalet gjordes genom att bedöma i vilken mån frågeställningen berörs av materialet, om materialet kan betraktas som aktuellt och gängse inom området men också om det fanns anledning att ifrågasätta tillförlitligheten i delar av materialet. Detta görs genom att i största möjliga utsträckning pröva informationens validitet genom att ställa teorier och fakta från två eller flera parallella källor mot varandra, överensstämmelser i de teoretiska begreppen dem i mellan indikerar att informationen är tillförlitlig. Underlaget som faller utanför ramen med svaga eller inga samband kan ifrågasättas och bör uteslutas ur analysen (Esaïasson, Gilljam, Oscarsson och Wängnerud 2007).

Sökmotorer:

Scopus
Google
pubmed

4 Resultat

I det här kapitlet sammanställs information från kapitel 2. Syftet är att besvara de forskningsfrågor som framställts i kapitel 1.2.

Då MGO är närvarande både före och efter en konvertering till metanol och dess tillhörande system är oförändrat, bortsett från en ny plungedesign i de befintliga bränslepumparna, är det inte ur frågeställningens perspektiv intressant. Därför tas inte MGO, förutom de modifikationer som gjorts på systemet, upp i detta kapitel. Detta då kemiska egenskaper, hantering och säkerhetssystem rörande MGO är oförändrade.

4.1 Skillnad på kemiska egenskaper

Kemisk struktur

Metanolen är en enkel kemisk struktur och är ett rent bränsle medan HFO är en blandning av en mängd olika ämnen och kan även innehålla föroreningar. Viskositeten för metanolen är mycket lägre än för HFO.

Toxicitet

Metanol uppvisar inga mutagena eller cancerogena egenskaper till skillnad från HFO där studier har påvisat en cancerogenitet hos möss. För formaldehyd, nedbrytningsämnet för metanol, har blandade resultat fåtts i studier gällande endast detta ämnes cancerogenitet och några säkra slutsatser kan därför inte dras gällande detta ämne. Metanolen är mer akut toxiskt än HFO, speciellt vid förtäring och har en ackumulerande effekt.

Brandegenskaper

Metanolen har en mycket låg flampunkt i förhållande till HFO. Den har dock en mycket högre självantändningstemperatur. Metanolens låga relativa ångdensitet, som ligger nära den för luft, i samband med en hög diffusionskoefficient medför att metanolångorna i förhållande till HFOångor har en större benägenhet att blanda sig med luft i omgivningen och därför lättare når LEL i hela utrymmet. HFOångorna skickar sig i större utsträckning vilket innebär att den snabbare kan nå LEL i skicket, dock har metanolens låga flampunkt den inverkan att en explosiv miljö bildas även vid låg ambient temperatur. Metanolen har ett längre spann mellan LEL och UEL vilket medför att en större mängd metanolångor kan blandas i luften innan UEL nås. Metanol brinner med en näst intill osynlig låga och nästan utan sotbildning till skillnad från HFO som har en kraftig rökutveckling och synlig låga. Metanolen har endast hälften av energiinnehållet jämfört med HFO och en lägre förbränningstemperatur. Till skillnad från HFO har metnolen en god utblandningsförmåga i vatten.

4.2 Sammanfattning av system

Det som skiljer de olika systemen åt är följande punkter:

- Tankar
- Uppvärmning av tankar och rör
- Transfer/bränslerör
- Bränsleseparatorer
- Boosterenhet
- Bränslepumpar
- Bränsleventiler
- Pumprum
- Inertgasgenerator

Tankar

HFOsystemet innefattar bunker-, settling- och dagtankar medan metanolssystemet endast består av en bunkertank. Metanolens bunkertank är inuti ytbehandlad för att motverka ämnets korrosiva egenskaper och är omsluten av permanent barlastvatten, utom i botten. Omslutningen gör för att säkerställa att inget läckage av metanolångor eller inertgas sker till omgivningen. Inertgas överlagrar metanolen i tanken för att förhindra en explosiv miljö. Tankar för HFO är atmosfärsventilerade medans det i bunkertanken för metanol råder ett svagt övertryck som ventileras genom säkerhetsventil.

Uppvärmning av tankar och rör

Metanolens låga viskositet medför att uppvärmning inte behövs varken på tankar eller rör.

Transfer/bränslerör

För HFO krävs inte någon dubbelmantling förutom efter bränslepumpen till bränsleventilen. För metanolen däremot krävs dubbelmantling på samtliga rör utanför ATEX 1 zonen (pumprum). De är även utrustade med tryck/nivå detektering för att upptäcka läckage. Den utökade säkerheten beror på metanolens låga flampunkt.

Bränsleseparatorer

Ej nödvändigt för metanolen. Endast filtrering tillräcklig för rening då ytterst lite föroreningar förekommer.

Boosterenhet

Metanolen har inget behov av boosterenshet innan bränslepump utan endast transferpump krävs. Detta då metanolen inte har något behov av uppvärmning och brukar ett commonrailsystem istället för konventionella plunsepumpar. Eftersom Boosterenheterna förser huvudmaskinerna parvis, och metanolen kontinuerligt behöver MGO som pilotbränsle förses även huvudmaskin 3 enbart med MGO.

Bränslepumpar

Metanolen använder ett commonrailsystem där tryckhöjningen sker med kolvpumpar. Det nya systemet arbetar med ett tryck på upp till 600 bar jämfört med tidigare ca 200 bar. De tidigare konventionella plungepumparna som användes vid HFO drift används nu istället enbart för MGO leverans med en ny design av pumpens plunge.

Bränsleventiler

De nya bränsleventilerna för metanoldrift är designade för att kunna leverera två olika bränslen med olika insprutningstryck. Nålarna för metanolen har dessutom en förseglingsolja som trycksätts till drygt 20 bar över bränslets tryck för att motverka läckage.

Pumprum

ATEX 1 klassat pumprum krävs för metanolen då pumparna innebär en risk för läckage vid till exempel underhåll. Där finns dränering till läcktank och utökad anpassad ventilation. En luftsluss har installerats med övertryck jämfört med pumprummet för att motverka läckage ångor från detta utrymme. Bränslerör är här som för HFO:n i enkelmantlat utförande.

Inertgasgenerator

Generatoren är ny för metanoldriften. Den producerar inertgas som krävs för bunkertankar, för att motverka explosiv miljö samt renblåsning av bränsle rör och pumpar i metanolens bränslesystemet.

4.3 Säkerhetssystem och hantering

Personligt skydd och behandling

Drift personalen har fått utbildning i hantering av metanol samt hur säkerhetssystem interagerar och reagerar. Skyddsutrustningen ser ut som tidigare med skillnaden att även heltäckande skor och skyddskläder är ett krav. Vid arbete med metanol där metanolångor förekommer skall SCBA användas istället för andningsmask med filter. I ATEX 1 zonen krävs för metanolen EX-klassad utrustning och verktyg.

Vid exponering ges i stort sett samma råd för HFO och metanol. Skillnaden är att då HFO med stor sannolikhet är varmt vid exponeringstillfället finns risken för brännskador. Rekommendationerna vid förtäring skiljer sig i och med metanolens toxicitet.

Brand, rök och gas detektering

De två redan existerande systemen, Siemens och Consilium (Semsafe) för rök- och flamdetektering har utökats för att täcka de nya utrymmena, pump- och inertgasrum. Inertgasrummet har enbart rökdetektering. Flamdetekteringen har bytts till infraröd övervakning istället för en optisk. Vid rök- och flam indikering går huvudmaskinen automatiskt över till MGOdrift. Siemenssystemet kräver att två detektorer indikerar i samma utrymme för detta ska ske medan Consilium/Semsafe endast erfodrar en. Vidare har ett fristående gasdetekteringssystem installerats för övervakning av metanolångor i huvudmaskinrum och pumprum samt syrehalten i pump- och inertgasrum. Gasdetekteringen är sammankopplad med Valmarine och maskinrumslarmen och har ytterligare

försetts med ljud samt visuellt larm. När detektering av metanolångor görs indikeras larm både i och utanför metanolkumprummet, maskinrummets kontrollrum, övriga maskinutrymmen och på bryggan. Systemet larmar i två steg för metanol ånga, vid 30 % LEL ges endast larm medan vid 60 % LEL ges larm och huvudmaskin övergår automatiskt till MGO drift, bränslerören töms därefter genom en renblånsning av inertgas. Syrgasövervakningen larmar då syrehalten i luften underskrider 19,5%.

Blackout

Skulle man av någon anledning råka ut för en blackout, det vill säga ett totalt strömbortfall, kommer högtrycksrören mellan metanolkumprummet och huvudmaskin samt bränslesystemet på motorn och returlinan att automatiskt blåsas ren med hjälp av kvävgas.

4.4 Brandbekämpning och säkerhet

Det som skiljer sig i de båda fallen är följande:

- Hi-fog® (vattendimma, punktskydd)
- Koldioxidsystem
- Snabbavstängningsventiler
- Ventilation
- Läckage (uppsamling och dränering)

Hi-fog®

Utökad till pumprum.

Koldioxidsystem

Utökad till pumprum.

Snabbavstängningsventiler

Snabbavstängningsventilerna för metanolsystemet automatiserade istället för en manuell utlösning för HFO. Vid bortfall av styrsignal eller kontrolluft stänger metanolensystemets fjäderbelastade säkerhetsventiler.

Ventilation

Det som tillkommit för ventilationen vid metanoldrift är:

- Pumprum 2 stycken frånluftsfläktar.
- Luftsluss 2 stycken tilluftsfläktar.
- Elektrisk utrustnings utrymme 1 tilluftsfläkt, 1 frånluftsfläkt (styr temperaturen, max 30 °C annars ges larmindikering).
- Inertgasrummet är försett med ett separat ventilationssystem bestående av 1 tilluftsfläkt, 1 frånluftsfläkt.

Läckage (uppsamling och dränering)

Utöver det befintliga dräneringssystemet så har det i pumprummet tillkommit ett separat system för att hantera eventuella metanolspill. Det är anpassat för metanolen med EX-klassning på pumpar. Spillet leds sedan till en spilltank som är belägen i pumprummet.

5 Diskussion

Kapitlet behandlar diskussion utförd för metod och resultat.

5.1 Metoddiskussion

Valet av metod kan anses vara relevant för att besvara studiens frågeställning, Dock bör det tas i beaktande att det i fallstudier kan finnas brister i noggrannhet och att partiska åsikter kan påverka innehåll och slutsatser. Det kan vara svårt att i fallstudier ge generaliserande resultat (Yin. K.R, 1994). Fallstudien som utförts baserad på tillgänglig primärdata kan i viss mån vara bristfällig då stora delar av de data vi tagit del av mer eller mindre har ett ursprung och framställts av Stena Line AB. Validiteten i denna rapport bör därför bedömas med beaktande av att konverteringen av Stena Germanica är ett pilotprojekt och tillgången av motsvarande undersökningsobjekt är ytterst begränsad. Stora delar av underlaget i studien är skrivet på engelska. Vid översättning kan det finnas en viss risk för feltolkning vilket kan påverka resultat och slutsats. Omständigheten med begränsat underlag från enstaka aktörer är bekant för författarna men resultat och undersökningar som legat till grund för detta arbete bedöms ändå som trovärdigt och godtagbart. Båda författarna har läst underlagsmaterial som översätts och använt engelsk ordbok för bästa översättning och därmed minimera risken för felaktiga slutsatser.

5.2 Resultatdiskussion

Skillnaderna som presenteras i resultatdelen speglar endast utförande och åtgärder i fallet Stena Germanica. Vidare är den interim guideline som utarbetats i och med konverteringen och lagts som förslag till transportstyrelsen inte antagen. Den kan komma att ändras i framtiden med andra krav och riktlinjer om utformning, till följd av utvärderingar som görs i ett senare skede. Även de förutsättningar som råder i maskinutrymmen innan konvertering kommer att ha inverkan på de kompletterande systemen utformning.

Jämförandet av de olika bränslena visar på att metanolen till skillnad från HFO inte är en blandning av en mängd olika ämnen utan består av endast ett. Detta medför att kartläggningen av dess karaktäristik och toxicitet blir mer exakt.

Metanolen behöver tack vare sin låga viskositet och renhet inte behöver värmebehandlas eller renas i någon större utsträckning. Risker för exponering minskar därför med bortfallet av det underhållsmoment som till exempel en separator eller booster enhet utgör.

Underlaget i studien har visat på att metanolen är mer akut giftig än HFO vid tillfällig och kontinuerlig exponering i och med nedbrytningsämnenas, i kroppen, ackumulerande egenskap. Den uppvisar inga cancerogena egenskaper till skillnad från HFO:n om än inte tillräckliga belägg för detta finns i mänskliga studier.

Det faktum att metanolen inte behöver ett lika omfattande system för förvaring och bränslebehandling kan vid nybyggnation frigöra utrymme och minska riskerna vid handhavande av

heta bränslen. Pumprummets utformning med luftsluss och gasövervakning samt dubbelmantlingen på rörledningar utanför pumprummet säkerställer att läckage inte sker oupptäckt. Även tryckindikeringen på den omslutande permanenta barlasten är installerade i detta syfte. För att motverka den explosionsrisk förvaring och användande av metanol medför att ännu ett säkerhetssystem i form av inertgas tillkommit. Den inerta gasen utgör dock ytterligare en risk i form av kvävning om läckage sker i utrymmen där ej tillräcklig ventilation eller syrgasövervakning finns. Commonrailsystemets arbetstryck på 600 bar och långa bränsleledningar i och med högtryckspumparnas placering i pumprummet, medför en ökad risk vid läckage. Systemets utformning gör att sannolikheten för att personal skulle exponeras vid läckage är dock låg.

Konverteringen har inneburit modifikationer i säkerhetssystem och övervakning där händelseförlopp vid läckage eller brandindikering har automatiserats. I och med denna automation har riskerna för handhavandefel hos driftpersonal minskat. Den medför ytterligare en förkortad responstid vid larmindikering. Den interna utbildning för driftpersonalen som hålls ger en förståelse för hur det nya bränslet bör hanteras och för hur det nya systemen är utformade och fungerar.

Då metanolens flampunkt ligger under det som får anses vara under ett maskinrums normala ambienttemperaturen kommer ett läckage alltid innebära att brännbara gaser avges. Då den har en relativ ångdensitet mer likande luft än HFO medför det en större benägenhet att blanda sig med den omgivande luften vilket innebär att en explosiv miljö lättare nås än för HFO.

Metanolens karaktäristiska drag medför både fördelar och nackdelar vid brandbekämpning. Initialt är det svårt att med blotta ögat, i och med den knappt synlig lågan och marginella rökutvecklingen, lokalisera branden. Dock innebär den marginella rökutvecklingen och låga värmestrålning en metanolbrand har att brandbekämpning kan ske närmare och i bättre förhållanden. Det i förhållande till HFO låga energi innehållet medför att endast hälften så mycket energi behövs kylas bort. Ytterligare en positiv egenskap metanolen har vid brand bekämpning är att den är vattenlöslig, vatten baserade släckanordningar har inte längre bara en kylande effekt utan att vattnet blandar sig med metanolen och skapar ett medium som inte längre är brännbart.

I rapporten tas ytterligare modifikationer och utbyggnationer av system upp, dessa uppfyller att minst samma funktion och resultat som tidigare erhålls.

6 Slutsatser

Mycket står på spel i och med ett sådant här projekt, som kommer att bli avgörande för metanolens framtida användningsområde som fartygsbränsle. De tekniska skillnader för bränsleförsörjningen den här konverteringen inneburit medför att arbetsmiljön förbättras i en rad maskinutrymmen då det nya bränslet inte är i behov av varken upphettning eller separering innan användning. Det leder till färre komponenter för behandling av bränslet. Detta i kombination av ett uppdaterat PMS (Periodical Maintenance System) kommer framöver leda till att färre exponeringstillfällen av bränslet. Detta i samband med modifierade säkerhets- och övervakningssystem gör att det akut giftiga ämnet metanol säkert kan användas som fartygsbränsle.

Författarna har även övervägt den risk inertgasen utgör ombord. Den kan dock inte anses som ett stort riskmoment, då de utrymmen där ett läckage troligen skulle uppstå är syrgas övervakade.

Efter att en övervägning av alla de olika egenskaper som bränslena besitter har utförts, anser författarna att metanolen sammantaget inte skulle kunna ses som en förhöjd hälso-/olycksfallsrisk i detta fall. Detta i och med de modifikationer som gjorts. Dess brandegenskaper skulle till och med kunna ses som positiva ur ett brandbekämpningsperspektiv jämfört med tidigare bränslen.

Förslag till vidare studier

Författarna ställer sig frågande till hur den oljedrivna ångpannans framtid ser ut på ett fartyg där metanol används som bränsle, då ångförbrukningen drastiskt minskar i och med bränslets uppvärmningsbehov faller bort. Författarna då ser i framtiden ett utrymme för en studie där nödvändigheten av en oljedriven ångpanna ombord på ett metanol drivet fartyg utreds.

Konverteringen av samtliga huvudmaskiner hade vid tidpunkten för denna studie inte färdigställts. Författarna ser därför att det finns utrymme för en återkoppling rörande de faktiska förändringar för arbetsmiljön i maskinrummet då ett bättre underlag för slutsatser kan fås då projektet varit i drift under en period.

Den problematik som bortsetts ifrån i denna studie på grund av tidsbrist, angående förbränningsprocessen och dess eventuellt efterföljande hälsoeffekter skulle kunna ligga till grund för ytterligare studier.

7 Referenser

Elektroniska källor

BP. (2011) Material Safety Data Sheet

Hämtat den 15:e april 2015, från:

<http://www.bp.com/content/dam/bp-marine/en/documents/USA-RMGtoRMK.pdf>

Ecotraffic. (2007) Användning av metanol som drivmedel i fordon. Hämtad den 18:e februari 2015, från:

http://www.ecotraffic.se/media/5707/21.2007_anv_ending_av_metanol_som_drivmedel.pdf

European commission. (1994) Directive 94/9/EC

Hämtad den 3:e mars 2015, från:

http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/atex/direct/text94-9_en.pdf

European commission. (2006) Directive 99/92/EC

Hämtad den 3:e mars 2015, från:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0092&from=en>

Exponent. (2012) White paper, Methanol Use in Wastewater Denitrification

Hämtat den 19:e mars 2015, från:

<http://www.methanol.org/getdoc/74efb789-8095-4313-be84-38f6ae0df142/Exponent-Methanol-Denitrification-Report-July-2012.aspx>

Hi-fog®. (2015) Fire fighting excellence

Hämtad den 25:e april 2015, från:

http://www.marioff.com/sites/default/files/brochures/1201e-en_fire_fighting_excellence_web.pdf

IMO. (1994) MSC/Circ.647

Hämtat den 20:e mars 2015, från:

<http://www.mardep.gov.hk/en/msnote/pdf/msin1260anx1.pdf>

IMO. (2004) International convention for the safety of life at sea, SOLAS.

Hämtad den 5:e mars 2015, från:

<http://www.shmsa.gov.cn/UserFiles/File/e%20SOLAS%20consolidated%20edition2004.pdf>

IMO. (2011) GENERIC GUIDELINES FOR DEVELOPING IMO GOAL-BASED STANDARDS

Hämtad den 9:e mars 2015, från:

www.imo.org/blast/mainframemenu.asp?topic_id=327&offset=21

IMO. (2012). International Shipping Facts and Figures.

Hämtad den 25:e februari 2014, från:

<http://www.imo.org/KnowledgeCentre/ShipsAndShippingFactsAndFigures/TheRoleandImportanceofInternationalShipping/Documents/International%20Shipping%20-%20Facts%20and%20Figures.pdf>

IMO. (2014). IGF CODE.

Hämtad den 9:e mars 2015, från:

http://www.lng-info.de/fileadmin/Normen/Draft_IGF-Code_26.04.2013_rev.12.07.2013.pdf

Kemikalieinspektionen. (2010) Teknisk beskrivning av ämnet, metanol.

Hämtad den 19:e mars 2015, från:

<https://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne/metanol.htm>

Methanex. (2013) Utvidgade säkerhetsdatablad, metanol.

Hämtad den 20:e februari 2015, från:

<https://www.methanex.com/about-methanol/methanol-safety-data-sheets>

Methanol Institute. (2013) methanol safe handling manual

Hämtad den 20 februari 2015, från:

<http://www.methanol.org/Health-And-Safety/Safety-Resources/Health---Safety/Methanol-Safe-Handling-Manual-English.aspx>

Nationalencyklopedin. (2015) metanol

Hämtad den 24:e april 2015, från:

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/metanol>

Sjöfartsverket. (2012). Sjörapporten nr 2 årgång 2012.

Hämtad den 18:e februari 2015, från:

<http://weblisher.textalk.se/sjofartsverket/1202/index.php?doc=&res=&op=search&internal=1&ajax=1>

SNBOSH (Swedish National Board of Occupational Safety and Health). **(1992).** MOTOR FUELS

Hämtad den 1:e mars 2015, från:

<http://www.av.se/dokument/inenglish/legislations/eng9218.pdf>

Stena Line AB. (2014) Stena Line minskar utsläppen drastiskt med världens första metanoldrivna fartyg. Hämtad den 18:e februari 2015, från:

<http://nyheter.stenaline.se/pressrelease/view/stena-line-minskar-utslaeppen-drastiskt-med-vaerldens-foersta-metanoldrivna-fartyg-1085729>

Stena Line freight. (2014) 2015 The sulphur challenge.

Hämtad den 18:e februari 2015, från:

<http://www.stenalinefreight.com/~media/Files/Freight/Broschure/Sulphur%20Brochure%202014%20-%20Final%20online%20version.ashx>

Svenska Petroleum&Bio drivmedel Institutet. (2010) Raffinering av råolja

Hämtad den 15:e april 2015, från:

<http://spbi.se/var-bransch/produktion/raffinering-av-raolja/>

The American Petroleum Institute. (2011) Heavy fuel oils category analysis and hazard characterization.

Hämtad den 25:e februari 2015, från:

<http://www.epa.gov/hpv/pubs/summaries/heavyfos/c15368hc.pdf>

ToxWorks. (2009) Assessment of the cancer potential of methanol

Hämtad den 31 mars 2015, från:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19514918>

Trafikanalys. (2013). Konsekvenserna av skärpta krav för svavelhalten i marint bränsle – slutredovisning, Rapport 2013:10. Hämtad den 25:e februari 2015, från:

http://www.trafa.se/PageDocuments/Rapport_2013_10_Konsekvenserna_av_skaerpta_krav_fo_er_svavelhalten_i_marint_braensle_-_slutredovisning.pdf

Transportstyrelsen. (2014) Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om maskininstallation, elektrisk installation och periodvis obemannat maskinrum. Hämtad den 5:e mars 2015, från:

http://www.transportstyrelsen.se/TSFS/TSFS_2014_1.pdf

U.S. OIL & REFINING CO.(2008). MSDS IFO 380.

Hämtad den 9:e mars 2015, från:

<http://www.usor.com/files/pdf/4/940.pdf>

WHO. (1989). IARC MONOGRAPHS VOLUME 45.

Hämtad den 1:e mars 2015, från:

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol45/mono45.pdf>

WHO. (2006). IARC MONOGRAPHS VOLUME 88.

Hämtad den 24:e april 2015, från:

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/mono88.pdf>

Wild. Y. (2005) Determination of energy cost of electrical energy onboard sea-going vessels

Hämtad den 24:e april 2015, från:

http://www.effship.com/PartnerArea/MiscPresentations/Dr_Wild_Report.pdf

Wikimedia Commons.(2013) Einfachste Alkohol Metanol

Hämtad den 31 mars 2015, från:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Methanol-2D.png?uselang=sv>

Wärtsilä. (2014) Technology review.

Hämtad från kursmaterial i SJO168 den 15:e mars 2015.

Tryckta källor

Esaiasson, P. (2007). *Metodpraktikan: konsten att studera samhälle, individ och marknad.* (3., [rev.] uppl.) Stockholm: Norstedts juridik.

Kuiken, K. (2008) Diesel Engines I. Onnen: Target Global Energy Training.

Yin, R. K. (2011) Qualitative research from start to finish. New York: The Guilford Press.

Från informantmöten

Interim Guidelines. (2015) INTERIM GUIDELINES ON SAFETY FOR SHIPS USING ETHYL OR METHYL ALCOHOL AS FUEL.

Mottagen av Per Stefansson, Stena Line, den 10e mars 2015

Lloyd's Register. (2015) HAZID REPORT STENA GERMANICA

Mottagen av Per Stefansson, Stena Line, den 10e mars 2015

Stena Line AB. (2015) Methanol training manual.

Mottagen av Mats Nilsson, Stena Line, den 1a april 2015.

Stena RoRo AB. (2013) Conversion specification, methanol installation Stena Germanica

Mottagen av Per Stefansson, Stena Line, den 10e mars 2015

Muntliga och email källor

Haraldsson. L. (2015) Chefsingenjör, Wärtsilä (granskat och godkänt)

Nilsson.M. (2015) Projektanställd 1e fartygsingenjör på Stena Germanica (granskat och godkänt)

Stefenson.P. (2015) MSc Naval Architect Marine Standards Advisor. Stena AB (delgiven material)

Fältstudier

Fältstudie. (2015) Fältstudie utförd av författarna ombord på Stena Germanica.

Den 1a april 2015

Bilagor

Bilaga 1 Stena Germanica specifikationer



M/S STENA GERMANICA

GENERAL

RoRo Passenger ship, car ferry

OPERATION AND TRADE

Göteborg - Kiel

CLASSIFICATION

Lloyds +100 A1+ LMC
UMS + Ice 1A 1B IWS+SMC
Lloyds number: 9145176

REGISTRATION

Port: Göteborg
Signal letters: SLDW
IMO-Nr: 9145176
Flag: Swedish

YARD

NB 81
AES A Puerto Real, Spain
Built 2001/07/10

CAPACITIES

1300 passengers,
3907 lm

PRINCIPAL PARTICULARS

Length o.a	240,1 m
Length p.p	221,75 m
Breadth moulded	28,7 m
Breadth incl fender	29,7 m
Depth moulded.....	15,1 m
Draught design	6,1 m
Width/height/length	6,5/4.8/18 m of bow ramp
Width/height/length	15/5,2/15 m of stern ramp
Deadweight.....	11378 t
Gross tonnage.....	44372 t
Net tonnage.....	17209 t
Speed	21,5 knots
Fuel consumption 24 h	54M3
Fuel quality	HFO 380

REGULATIONS

Solas-90, 2 comp vessel A265
Stockholm Agreement



Datum 5/6/2012

M/S STENA GERMANICA

M/S STENA GERMANICA

M/S STENA GERMANICA

M/S STENA GERMANICA

M/S STENA GERMANICA

M/S STENA GERMANICA

M/S STENA GERMANICA

M/S STENA GERMANICA

M/S STENA GERMANICA

M/S STENA GERMANICA