



Torrskrubber

Installationsförslag för M/S Seagard

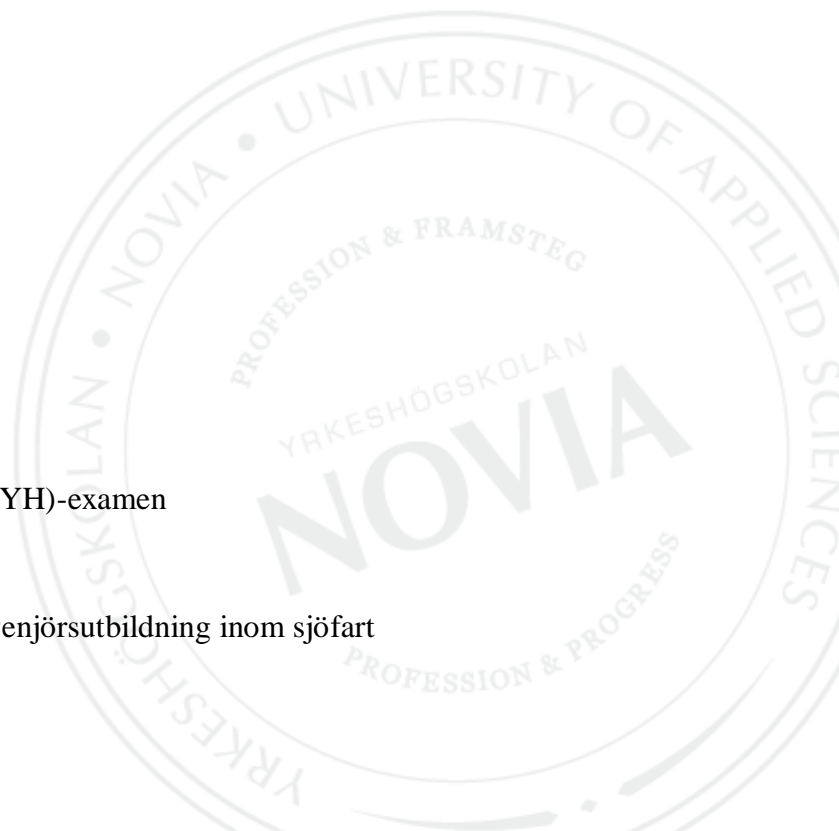
Mats Wikman

Examensarbete för Ingenjör (YH)-examen

Utbildning i sjöfart

Inriktningalternativet för ingenjörsutbildning inom sjöfart

Åbo 2014



EXAMENSARBETE

Författare: Mats Wikman

Utbildning och ort: Utbildning i sjöfart, Åbo

Inriktning/alternativ/Fördjupning: Ingenjör YH

Handledare: Esa Lapela

Titel: Torrskrubber, Installationsförslag för M/S Seagard

Datum 17.10.2014

Sidantal 25

Bilagor 1

Sammanfattning

Detta examensarbete handlar om torrskrubber installation för svavelrening av avgaserna ombord på ett RoRo- fartyg, i detta fall M/S Seagard.

Enligt Marpol (International Convention for Prevention of Pollution from Ships) Annex VI förordning 14 så är det från 1 januari 2015 endast tillåtet att använda bränsle med lägre svavelhalt än 0,10 % eller en svavelrening som gör att avgasutsläppet motsvarar detta inom SECA områden (SOx Emission Control Areas). SECA områdena omfattar Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen. Detta berör M/S Seagard då hon är i Östersjö- och Nordsjötrafik.

I arbetet behandlas ytligt de olika metoder som används för att uppnå en svavelutsläppsnivå som motsvarar att bränslet innehåller max 0,10 % svavel. Av dessa metoder studeras torrskrubbern noggrannare och en närmare genomgång av torrskrubbern görs, hur torrskrubbern fungerar och är uppbyggd.

Torrskrubbern är stor och tung så placeringen är svår ombord på ett RoRo-fartyg med begränsat utrymme. I arbetet beskrivs tre olika placeringsalternativ av torrskrubbern DryEGCS från Couple Systems och hur den skulle installeras på fartyget enligt de olika placeringsalternativen. En utvärdering över vilket alternativ som är mest fördelaktig görs. Utöver detta granskas skrubberns elbehov och inkopplingen av skrubberns alarm till fartygets alarmpanel.

Språk: Svenska

**Nyckelord: Svavelrening
Installationsbeskrivelse**

Examensarbetet finns tillgängligt antingen i webb biblioteket Theseus.fi eller i biblioteket

BACHELOR'S THESIS

Author: Mats Wikman

Degree Programme: Degree Programme in Maritime Studies, Turku

Specialization: Bachelor of Engineering

Supervisors: Esa Lapela

Title: Dry scrubber, An Installation Proposition for M/S Seagard

Date 17.10.2014

Number of pages 25

Appendices 1

Summary

This thesis is about the installation of a dry scrubber for desulfurization of exhaust gases on board RoRo vessels, in this case M/S Seagard.

Under MARPOL (International Convention for Prevention of Pollution from Ships) Annex VI Regulation 14, it is from January 1st, 2015, only allowed to use fuel with lower sulfur content than 0.10%, or a sulfur treatment so that the exhaust emission is equivalent or lower to the permitted content, within the SECA areas (SOx Emission Control Areas). SECA areas include the Baltic Sea, North Sea and English Channel. This concerns M/S Seagard as she is in the Baltic and North Sea Traffic.

In this thesis the different methods used to achieve a sulfur emission level equivalent to the fuel containing a maximum of 0.10% sulfur is generally explained. Of these methods the dry scrubber is studied more thoroughly and a more detailed review is made, to explain how dry scrubbers work and are structured.

The dry scrubber is large in size and heavy so the placement is difficult on board RoRo vessels as they have limited space. In this work three different placement options of the dry scrubber DryEGCS from Couple Systems are described and it is described how the scrubber would be installed on the vessel, according to the different placement options. An evaluation of which option is most beneficial is made. In addition, scrubber electricity demand and the connection of the alarms to the ship's alarm panel are also examined.

Language: Swedish

**Key words: Desulfurization
Installation proposition**

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Målsättningen	1
1.2	Problemformulering	1
1.3	Examensarbetets avgränsningar	1
2	Bakgrund	2
2.1	Bore Ltd	2
2.2	M/S Seagard	3
2.3	Lagar och bestämmelser rörande utsläpp	4
2.4	SECA-områden.....	4
2.5	Undantag från regeln.....	5
2.6	Metoder för att sänka svavelutsläppen från fartyg	6
2.7	Torrskrubber	8
2.8	M/S Timbus – exempel på torrskrubber i användning.....	10
3	Torrskrubbern ombord M/S Seagard.....	10
3.1	Val av torrskrubber	11
3.2	Skrubbers placering	11
3.3	Jämförelse av de olika placeringsalternativen	14
4	Installationen av torrskrubbern	15
4.1	Kontroll och övervakningsenheter.....	15
4.2	Elförbrukare.....	15
4.3	Granulförråd	17
4.4	Absorbatoren.....	17
4.5	Alarm	18
4.6	Rör	21
4.7	Kabeldragning	21
4.8	Elnätet	21
5	Sammanfattning	22
6	Slutsatser.....	22
	Källförteckning	24

1 Inledning

Jag har som ämne för mitt examensarbete valt torrskrubber, svavelavgasrening ombord på fartyget M/S Seagard. Det här är ett intressant ämne som är aktuellt med tanke på de kommande svavelutsläppsreglerna. Arbetet är ett beställningsarbete av rederiet Bore Ltd som äger fartyget.

Jag har ingen egen erfarenhet av skrubbers av den enkla orsaken att det finns få fartyg idag i drift som använder skrubbers. I min position som maskinmästare ombord på Bores fartyg M/S Seagard skulle det bli min uppgift att sköta skrubbern och detta arbete ger en dyrbar insikt i hur en skrubber fungerar och sköts.

1.1 Målsättningen

I mitt arbete syftar jag till att utreda vilka olika sätt det finns att uppfylla svavelutsläppsreglerna. Jag koncentrerar mig sedan på torrskrubbern, dess uppbyggnad, funktion och placeringsförslag ombord M/S Seagard.

Genom mitt arbete vill jag ge en uppfattning om hur en torrskrubber skulle kunna tas i användning ombord ett RoRo-fartyg.

1.2 Problemformulering

I examensarbetet gör jag en jämförelse av de olika placeringsalternativen för installering av torrskrubbern:

- Vilka är de olika placeringsalternativen?
- Hur påverkar de olika placeringsalternativen installationen av torrskrubbern?
- Vilka omändringar på fartyget behövs göras för de olika alternativen?

1.3 Examensarbetets avgränsningar

Examensarbetet avgränsas till funktionsprinciper och installationsförslag av Couple DryEGCS skrubber ombord på M/S Seagard baserat på offerter som Bore har fått. Prisuppgifterna är bortlämnade.

2 Bakgrund

Jag arbetar som maskinmästare på M/S Seagard som ingår i Bore Ltd:s flotta. M/S Seagard trafikerar i huvudsak mellan Finland och England. Fartyget använder tjockolja som bränsle. Tjockolja innehåller svavel och från och med 1 januari 2015 kommer reglerna rörande svavelutsläpp att skärpas markant bl.a. inom det område som M/S Seagard trafikerar. För att svavelutsläppen inte ska överstiga de gränser som reglerna dikterar finns det olika möjligheter som fartygen bör anamma, däribland torrskrubbern.

2.1 Bore Ltd

Bore har en lång tradition inom sjöfarten, som går tillbaka till 1897 då Fredric von Rettig var med och grundade Ångfartygs AB Bore i Åbo. Bore Ltd är ett dotterbolag till Rettig Group Ltd vilket är ett familjeföretag, vilka även äger Rettig Icc vilka tillverkar radiatorer och Nordkalk vilka tillverkar kalkstensprodukter (Bore, 2014).

Bores fartyg trafikerar inom Östersjön, Nordsjön, Biscaya och Medelhavet. Bores flotta består av 15 fartyg plus ett chartrat fartyg (Tabell 1.)(Rettig Group Ltd, 2014).

Tabell 1. Bores Fartyg

RoRo	Bil transport fartyg	Styckegods	Chartrade fartyg
M/S Bore Sea	M/S Auto Baltic	M/S Fingard	M/S Najland
M/S Bore Song	M/S Auto Bank	M/S Svegard	
M/S Estraden	M/S Auto Bay	M/S Sydgard	
M/S Seagard		M/S Nordgard	
M/S Norsky		M/S Westgard	
M/S Norstream		M/S Ostgard	

(Rettig Group Ltd, 2014)

2.2 M/S Seagard



Figur 1. M/S Seagard (Foto: Mats Wikman, 2014)

Tabell 2. M/S Seagard, teknisk data

Fartygstyp	
Ro-Ro container fartyg	
Flagga/Registreringshamn	
Finsk/Mariehamn, FI	
Byggd	
Sietas, Hamburg, Tyskland 1999	
IMO-Nr	
9198977	
Dimensioner	
Längd	153,45 m
Bredd	20,60 m
Djupgående (max)	7,00 m
Huvudmotor	
1 x Wärtsilä Vasa	
16V46B	
15 600 kW	

(Bore Ltd, 2014)

2.3 Lagar och bestämmelser rörande utsläpp

Enligt Trafis utlåtande om Luftföroreningar använder största delen av alla fartyg som trafikerar världshaven tjockolja som bränsle, vilket innehåller svavel. Bland fartygens utsläpp i luften är kväve- och svaveldioxiderna samt växthusgaserna de mest problematiska. Förutom att svaveldioxiderna försurar vattendragen så binds småpartiklar till svavlet och dessa är synnerligen skadliga för människans hälsa (medför hjärt- och kärlsjukdomar) (Trafí).

Genom att införa striktare regler och lagar vill man minska utsläppen av partiklar och svaveldioxider som antas orsaka cirka 50 000 förtida dödsfall per år i Europa och bidrar till försurning av miljön (Svenska riksdagen, 2012).

Dessa begränsningar rör i första hand rederierna med fartyg inom SECA området. Med begränsningarna eftersträvas en renare miljö att leva, som en negativ bieffekt blir däremot affärernas produkter dyrare då begränsningarna i andra hand berör de industrier vars varor importeras och exporteras med fartyg.

Marpol 73/78 Annex VI är allmänna regler för att förebygga luftföroreningar från fartyg över hela världen. Marpol förordning 14 behandlar specifikt svaveloxid (SO_x) och partikelutsläpp från fartyg (DNV s.4).

Enligt denna förordning får svavelinnehållet i bränslen som används ombord på fartyg inte överstiga dessa värden:

- 4,5 % fram till 1 januari 2012
- 3,5 % från och med 1 januari 2012
- 0,5 % från och med 1 januari 2020

Utöver begränsningarna i dessa förordningar har Marpol utsett vissa områden som har skärpta begränsningar rörande svaveloxidutsläppen kallas för SECA-områden (SO_x Emission Control Areas).

2.4 SECA-områden

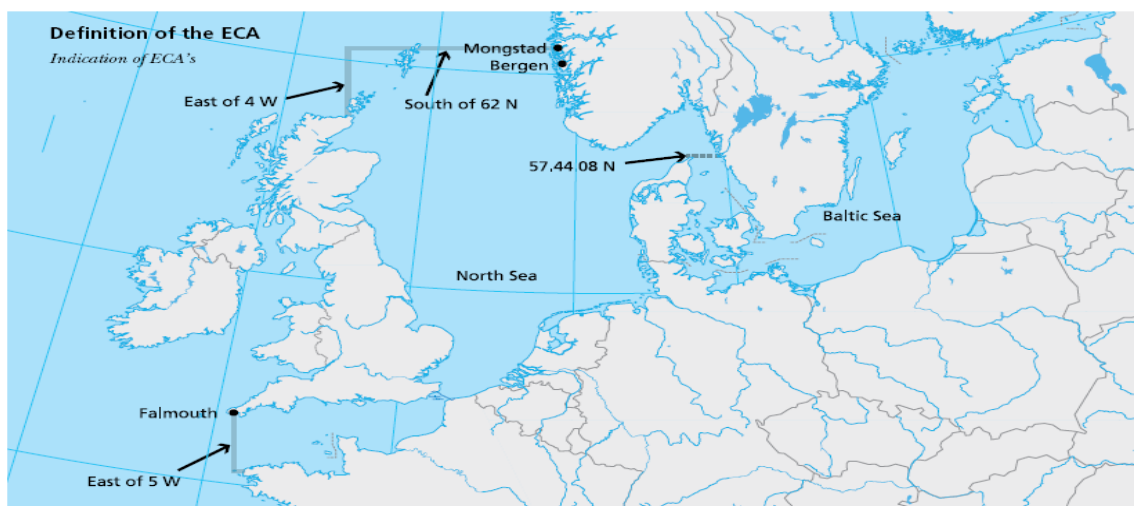
Inom SECA-områden (Figur 2.) får svavelhalten i bränslen som används ombord på fartyg inte överstiga dessa värden (DNV s.14):

- 1,00 % efter 1 juli 2010
- 0,10 % från och med 1 januari 2015

Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen är svavelkontrollområden.

Med Östersjön förstås alla vattenområden i den egentliga Östersjön med Bottniska viken, Finska viken och inloppet till Östersjön upp till latitudparallellen genom Skagen i Skagerrak vid 5744,8N.

Med Nordsjön förstås den egentliga Nordsjön begränsad i nord av latitud 62N och i väst av longitud 4V, i ost av Skagerrak till latitud genom Skagen vid 5744,8N och i syd begränsad vid Engelska kanalen av latitud 4830N och longitud 5V (DNV s.14).



Figur 2 . SECA området (DNV s.14)

Andra etablerade SECA områden är bland annat Nord Amerika området, som trädde i kraft 1 augusti 2012, och Förenta Staternas Karibiska havs område, vilket trädde i kraft 1 januari 2014 (IMO, 2014).

2.5 Undantag från regeln

Marpol har en regel 4 vilken tillåter flaggförvaltningarna att godkänna alternativa sätt att uppfylla kraven som är minst lika effektiva när det gäller att minska utsläppen som den föreskrivna svavelgränsen. Detta innebär att ett fartyg kan använda ett bränsle med högre svavelhalt än vad regel 14 tillåter, så länge en godkänd SOx skrubber kan minska SOx utsläppet till en nivå som är lika med eller lägre än de utsläpp som produceras av ett bränsle som uppfyller villkoren. Om en SOx skrubber är monterad måste den godkännas

och verifieras som överensstämmande i enlighet med IMO:s avgasreningssystem riktlinjer (MEPC 184(59) 2009 riktlinjer avgasreningssystem) (Lloyds's Register, 2012, 7-8).

2.6 Metoder för att sänka svavelutsläppen från fartyg

Det finns olika metoder för att sänka svavelutsläppen från fartyg. Torrskrubbern presenteras i ett eget kapitel, de övriga presenteras här:

- *Lågsvavligt bränsle (MGO/MGD, Marine Gas Oil/Marine Diesel Oil)*

Genom att använda sig av lågsvavligt bränsle följer man Marpol direktivet och minskar svavelutsläppet utan att behöva göra större omändringar av fartyget. Eventuellt krävs en kylning av bränslet (pga. värmeutveckling i bränslepumpar). Den största skillnaden mellan MGO och MDO är kvaliteten på bränslet, MDO är kvalitetsmässigt aningen sämre.

Prisskillnaden mellan 1mt IFO380 (=tjockolja) och MGO är 315\$ enligt Tabell 3.

Som exempel kan nämnas att för en rundresa med M/S Seagard på ruten Fredrikshamn (FIN)- Hangö(FIN)- Tilbury(UK)- Fredrikshamn(FIN) är bunkerförbrukningen cirka 250mt. Det betyder att en rundresa blir 78 750\$ dyrare med MGO än med IFO380. Förbrukningen går att sänka en del med sänkt hastighet. Tabell 4 presenterar verkliga värden på bränsleförbrukningen som noterats ombord M/S Seagard under olika hastigheter.

Tabell 3. Prisskillnader mellan tjockolja och lågsvavligt bränsle

Hamn	IFO 380	LS 380	IFO 180	LS 180	MGO
Antwerpen	584,5	649	614,5	679	899
Rotterdam	584	648,5	614	678	899

Priset i US\$/ metriskt ton

(Bunkerindex, Nordeuropa)

Tabell 4. M/S Seagard Bränsleförbrukning uppmätt 05.12.2013

Hastighet (Kn)	t/NM	h/100NM	t/100NM
20,9	0,117	4,78	11,7
20,1	0,116	4,95	11,6
19,5	0,105	5,13	10,5
18,8	0,096	5,32	9,6
17	0,083	5,88	8,3
13,6	0,072	7,35	7,2
12,4	0,069	8,06	6,9

Kn= Knop NM/h
 NM= Nautisk mil
 t= bränsle uppmätt i ton
 h= timme

- *Våtskrubber*

I skrubberenheten förs tvättvattnet i intim kontakt med avgaserna från förbränningsenhet. Tvättvattnet neutraliserar svavlet i avgaserna. Skrubberenheten är vanligtvis monterad i skorstenen på fartyg. Och en reningsanläggning för tvättvattnet, före det pumpas överbord. Och en resthanteringsanläggning för sludg som har separerats från tvättvattnet. Plus en kontroll och utsläppsövervakningssystem. Dessa komponenter är sammankopplade genom rörledningar med pumpar, kylare och tankar beroende på driftsätt (Lloyds's Register, 2012, 14-15).

Våtskrubbern är indelad efter tre driftsätt: öppen, stängd och hybrid.

I öppen drift pumpas havsvatten igenom SOx skrubbern. Havsvattnet neutraliserar svavlet i avgaserna, vattnet rengörs på sotpartiklar och pumpas sedan överbord.

I stängd drift används färskvatten doserat med natriumhydroxid (NaOH, lut eller kasticsoda) som skrubber medium. Processvattnet går till en tank var det rengörs på partiklar och kyls före det pumpas till skrubbern på nytt.

I hybridssystem kan man köra skrubbern i öppet och stängt läge (Lloyds's Register, 2012, 14-15).

De största tillverkarna är Alfa Laval och Wärtsilä. De tillverkar skrubbrarna i öppen, stängd och hybrid drift.

- *Flytande naturgas (LNG, Liquefied natural gas)*

Alternativt till lågsvavligt bränsle kan man använda flytande naturgas. Det rör sig vanligtvis om flytande metangas. Det är främst nybyggda fartyg som använder sig av denna typ av bränsle då man måste byta kolvar, cylinderfoder, cylinderlock och avgasturbiner i motorn och dessutom är det svårt med placeringen av gastankar på befintliga fartyg. De gamla bunkertankarna i botten och de nya gastankarna på däck kan medföra stabilitetsproblem med minskad lastförmåga som följd.

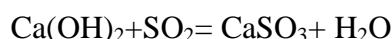
En annan variant är att tillverka en ny mittsektion till fartyget som innehåller LNG systemen och LNG tankar. En sådan installation kan göras på några veckor, då blir tiden ur charter kortare. Och möjlighet att få mera hytter eller mera lastrutrymme (DNV Glas, 2014, s.3).

Fartyg med LNG drivlina är kommersiellt attraktivare på marknaden. Den initiala investeringen för LNG utrustningen vid nybyggnad förväntas vara betald tillbaka inom några år (Germanischer Lloyd, 2014, 8-9).

2.7 Torrskrubber

I landbaserade system (kraftverk) används kalk i pulverform som skrubbnings medium. På fartyg skulle det vara opraktiskt att använda detta på grund av exponering för vatten och utrymmeskrav. Utvecklingen har lett till kalciumhydroxid (Ca(OH)₂) granuler (Figur 3.), som inte reagerar med vatten och tar upp mindre utrymme än pulver.

Torrskrubbern är en absorbator var avgaserna kommer i kontakt med kalciumhydroxid granulerna. Den huvudsakliga kemiska reaktionen är följande:



Reaktionsprodukten är kalciumsulfid (som reagerar vidare och bildar kalcium sulfat, allmänt känd som gips) och vatten. Granulerna har en absorptionsyta av ca 18- 20 m²/g och bulkdensitet 800kg/m³. Ju högre svavelhalt i bränslet desto större konsumtion av granulat. I tjockolja (HFO) med svavelhalt på 4,5 % avlägsnar DryEGCS 99 % av SO_x i avgaserna och 80 % av partiklarna (Ships & Offshore, 2011, s.28).



Figur 3. *Kalcium hydroxid granuler* (Ships & Offshore, 2011, s.28)

I torrskrubbern kommer avgaserna in nertill och far ut upptill. Granulerna kommer in upptill och de förbrukade granulerna tas ut undertill. Ingen värme används under processen så en avgaspanna och katalysator kan placeras efter torrskrubbern.

En skruvtransportör för in nya granuler i absorbatoren och en skruv transporterar ut de använda granulerna. Ett pneumatiskt transportsystem gör placeringen av förrådet för granuler flexibelt. Skrubbers övervakningssystem övervakar utsläppet och styr utbytet av granuler i absorbatoren. Torra skrubbern arbetar med en temperatur mellan 240 till 450 grader (Lloyds's Register, 2012, s.26).

Fördelarna med torrskrubbern är att man kan köra fartyget på billigare svavelrik (upp till 2,7 %) tjockolja. De använda granulerna kan användas inom cementindustrin och för jordförbättring.

Rederiet Bore Ltd ägs av Rettig Group som även äger Nordkalk som tillverkar granuler som används till torrskrubbers (Nordkalk, 2014).

2.8 M/S Timbus – exempel på torrskrubber i användning

Fartyget M/S Timbus (Figur 4.) ägs av rederiet Baren från Tyskland. I oktober 2009 utrustades containerfartyget som ett pilotprojekt med den första DryEGCS torrskrubbern från Couple Systems (Couple Systems, 2012d).

M/S Timbus är ett 99,9m långt fartyg med bruttotonnage på 6389. Huvudmaskinen är en Mak 8M32 på 3850 kW vid 600 varv/min. För provperioden rengör systemet ungefär 35 % av avgas volymen producerat vid 100 % uttag från huvudmotorn.

Fartyget har ett certifikat av Germanischer Lloyd daterat 2010-04-27 att det klarar svavelreglerna med ett bränsle med 1,8 % svavel och ett effektuttag från huvudmotorn på 1200 kW vid 600 varv/min.

De har planer på att uppgradera systemet så fartyget klarar av att rena 100 % av avgasernas volym (Couple Systems, 2012d).



Figur 4. M/S Timbus (Couple Systems, 2012d)

3 Torrskrubbern ombord M/S Seagard

Torrskrubbern var inte det enda alternativet som beaktades. Man fick även offerter på våtskrubbrar från Alfa Laval och Wärtsilä, och man besökte M/S Containership VII som

har våtskrubber (Karlström, 2011). M/S Timbus besöktes även (Dahlen & Karlström, 2010). Men Rettig group, som är ägare av Bore Ltd och Nordkalk AB, var intresserad av en lösning som var ekonomiskt fördelaktig för det egna företaget. En torrskrubber använder sig av kalciumhydroxidgranuler som Nordkalk producerar. Placeringsalternativen har kommit fram av Bores tekniska avdelning och Elomatic Consulting & Engineering vilka har haft hand om planeringen av skrubber alternativen till M/S Seagard.

3.1 Val av torrskrubber

År 2012 då skrivandet och planerandet av det här arbetet inleddes fanns det få tillverkare av torra skrubbrar för maritim miljö; Couple Systems var den största tillverkaren av torra skrubbrar (Tronstad, 2012). Därför valdes Couple Systems DryEGCS torrskrubber för M/S Seagard.

3.2 Skrubberns placering

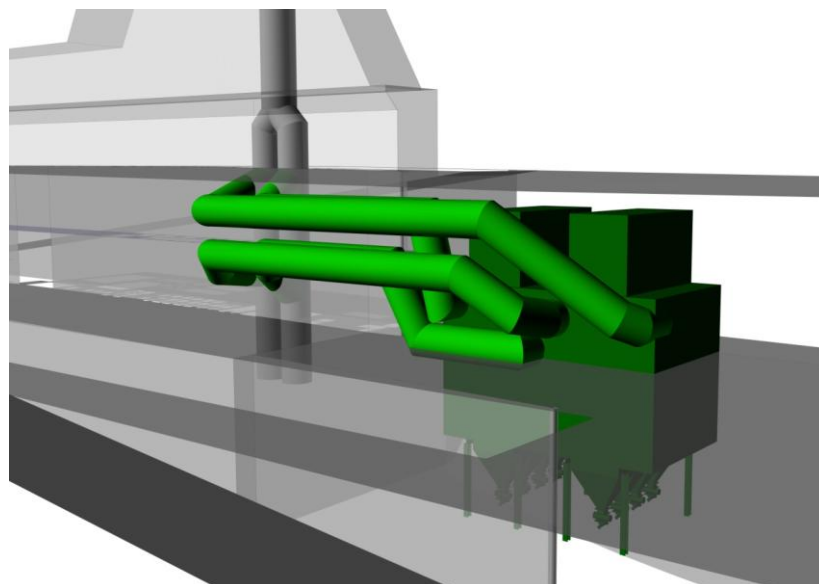
Via diskussioner och korrespondens med Elomatic Consulting & Engineering har tre förslag på placering av skrubbern på M/s Seagard tagits fram (Elomatic Consulting & Engineering, 2012a, 2012b).

I det första alternativet, *lastrumsalternativet*, står skrubbern framför maskinrummet på tanktoppen i undre lastrummet och rakt upp till huvuddäck (Figur 5.). Avgaserna tas ut från avgasturbinerna rakt förut till huvuddäck till skrubbern och sen leds de tillbaka till avgasröret och avgaspannan, vilket innebär lång dragning av avgasrör.

Man måste flytta på högtemperatur (HT)- och lågtemperatur (LT) kylarna och dra om huvudmotorns kylvattenrör, växelns kylvattenpumpar och sjövattenrören till LT och HT kylarna och eventuellt flytta avgaspannan uppåt. I detta alternativ står skrubbern mellan undre lastrummet och huvudlastrummet.

Vid papperslast lastas papper på huvuddäck från fören och akterut och på undre lastrummet i fören och akterkant för att kompensera förligt trim. Möjligheten att lasta papper i aktern, i undre lastrummet försvinner om skrubbern placeras här.

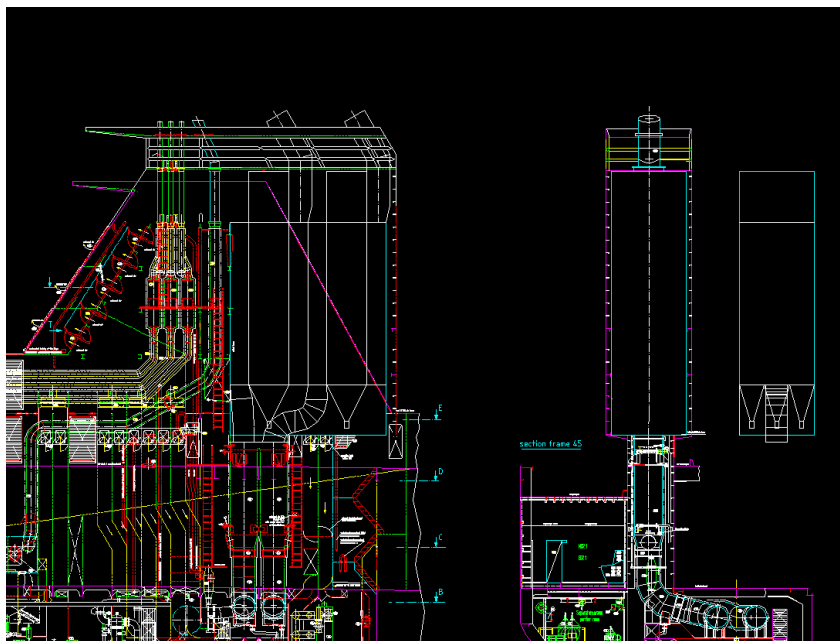
På huvuddäck, framför maskinrummet, finns en VFd enhet (Variable Frequency drive, variabel frekvens enhet). Den blev monterad i maj 2013.



Figur 5. Bild på lastrumsalternativet (Elomatic Consulting & Engineering, 2012b)

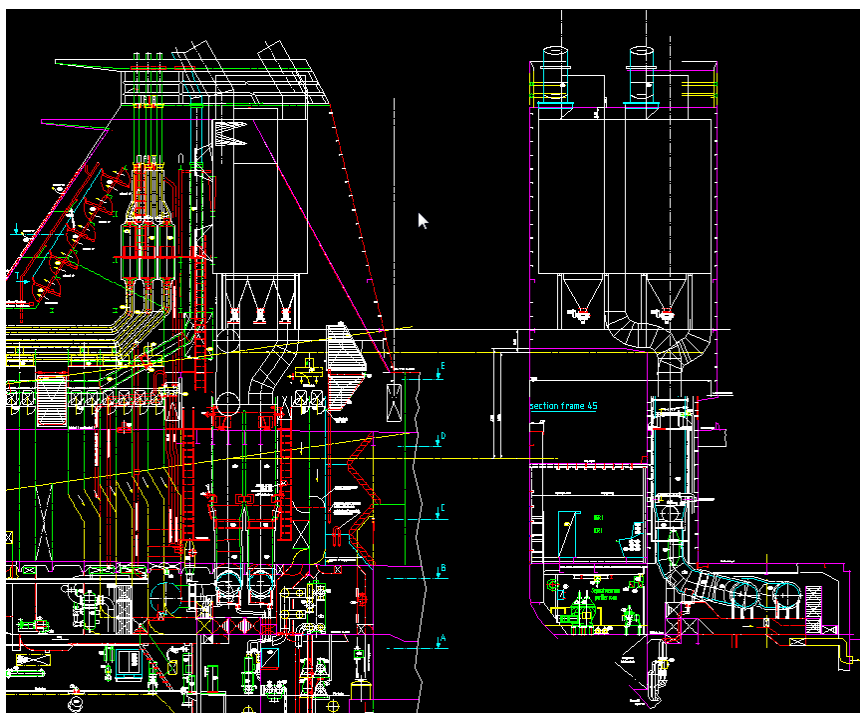
Det som är gemensamt för de två andra alternativen, det *longitudinala alternativet* och det *transversala alternativet*, är att stor del av den befintliga skorstenen och ljuddämparen måste tas bort, dvs ca 18 ton måste tas bort. Man måste tillverka en ny skorsten och förlänga den befintliga med 3m och dessutom göra förstärkningar på ca 29 ton för den 155 ton tunga absorbatoren. Förutom detta måste avgasrör från hjälpmotorer och panna förlängas. Absorbatorn borde räcka som ljuddämpare och bypass är inte nödvändigt enligt Couple och Klassningen (Kalström, 2012).

För övrigt skulle skrubbern i det *longitudinala alternativet* placeras uppe i skorstenen efter avgaspannan och de skulle placeras framför varandra (Figur 6.). Bypassrör ryms ej. Det här alternativet ökar vindytan och skorstenens utvidgning reducerar körfilens bredd och ventilationskanaler för maskinrummet bör konstrueras om (Elomatic Consulting & Engineering, 2012a).



Figur 6. Schematisk bild på longitudinala alternativet (Elomatic Consulting & Engineering, 2012a)

I det *transversala alternativet* skulle skrubbrarna placeras bredvid varandra uppe i skorstenen, efter avgaspannan (Figur 7.). Bypassrör är möjliga men inte optimala. Det här alternativet ger mindre vindyta än longitudinala lösning. Ventilationskanalerna för maskinrummet blir orörda. Det här alternativet reducerar inte körfilernas bredd. Styrkemässigt är detta en mer fördelaktig konstruktion. En annan fördel med detta alternativ är att skrubbrarna placeras på fartygets babordssida. Normalt är fartyget lättare på babordssidan och då fartygets last placeras på styrbordssidan, måste alltid barlastvatten tas in på babordssidan för att kompensera fartygets slagsida. Med skrubbrarna på babordssidan krävs inget (eller mindre) barlastvatten för compensationen. Däremot ger detta alternativ mera stålvikt jämfört med det longitudinala alternativet (Elomatic Consulting & Engineering, 2012a).



Figur 7. Schematisk bild på det transversala alternativet (Elomatic Consulting & Engineering, 2012a)

3.3 Jämförelse av de olika placeringsalternativen

I *lastrumsalternativet* försvinner lastutrymme framför kontrollrummet och fickan i akterkant i undre lastrummet. Det blir en lång avgasrördragning och HT- och LT-kylarna måste flyttas. Eventuellt måste avgaspannan plus dess rördragningen även flyttas. Fördelen med det här alternativet är att tyngdpunkten inte blir flyttad uppåt och skrubbern är placerad nära maskinrummet, vilket är en fördel för underhållet. Det här alternativet är att föredra vid nybyggen.

I det *longitudinala alternativet* leder skorstenens utvidgning till att körfilens bredd på väderdäck reduceras. Det här alternativet har ingen inverkan på utrymmet i huvudlastdäck, men i undre lastrummet försvinner utrymmet i akterkant i fickan där granulförrådet består av tre containrar. Alternativet har kort avgasrördragning men däremot lång rördragning för fyllning av granuler och tömning av gipsum. Fartygets tyngdpunkt flyttas lite uppåt och en del av maskinrummets ventilationskanaler bör omkonstrueras. Det här alternativet ökar skorstenens vindyta.

I det *transversala alternativet* reduceras inte körfilernas bredd på väderdäck. Det här alternativet har ingen inverkan på huvudlastdäck medan det i det undre lastrummet försvinner utrymmet i akterkant i fickan var granulförrådet placeras. Alternativet har kort avgasrördragning men däremot lång rördragning för fyllning av granuler och tömning av

gypsum. Fartygets tyngdpunkt flyttas lite uppåt och mot babord och man behöver inte flytta ventilationskanalerna. För M/S Seagard är det här alternativet det mest fördelaktiga.

Elförbrukningen är ungefär lika i alla tre alternativen, den är uppskattad till 25- 50 kW, absolut max 78.12 kW. Därmed ska el-effekten ombord M/S Seagard räcka till.

4 Installationen av torrskrubbern

Torrskrubbern är inte bara en dyr investering, den är även en tung sådan och utrymmeskrävande. Oberoende av placeringen av torrskrubbern så medför installationen att flera separata enheter måste installeras. Torrskrubbern måste kunna kontrolleras för olika belastningar och övervakningsenheter med alarm krävs (Bilaga 1). Även granulerrådet måste tas i beaktandet vid installationen.

4.1 Kontroll och övervakningsenheter

Till M/S Seagard behövs följande utrustning för kontroll och övervakning (Couple Systems, 2012b):

- Kompletta kontrollsystem, PLC-Programerbar logik kontrollsystem.
- Temperaturkontroll
- Tryckkontroll
- Nivåkontroll
- Kontroll av värmning
- Kontinuerlig avgasutsläppsövervakning av CO₂ och SO_x. Och uppfylla kraven för schema B i Marpol Annex VI och skall vara certifierad.
- En alarm punkt till fartygets kontroll och övervakningssystem.

4.2 Elförbrukare

Det finns flera funktioner i torrskrubbern som kräver elektricitet och påverkar således elförbrukningen ombord på fartyget (Tabell 5). Dessa elförbrukares funktioner är följande:

- De **Vridbara** slidventilerna är inbyggda och extraherar de reagerade granulerna.

- **Silo filter** separerar bort dammet vid fyllning av granuler och tömning av gypsum. Dessaa placeras i undre lastrummet.
- **Värmeelementen** används endast när temperaturen är under 180 °C. Granulerna reagerar med svavel först när temperaturen är över 60 °C och då är effektiviteten 20-30% . Vid temperaturer över 200°C är effektiviteten störst. Det tar ungefär 6- 10 dagar för absorbatoren att kallna beroende av storlek (Couple Systems, 2012c).

Tabell 5. Skrubberns Elförbrukare

Artikel	kW/ Enhet	Enheter	Effekt (kW)
Vridbar slidventil rotary fejdern	0,37	6	2,22
Silo filter	2,2	1	2,2
Värmeelement utsug	1,8	6	10,8
Värmeelement silo	5	2	10
PLC/ Övervakningsenhet	3,9	1	3,9
Fläkt	4	1	4
Kompressor	45	1	45
Säkerhetsmarginal	5%		2,1
		Upskattad Installation	33,12kW+45 kW
		Upskattad förbrukning	25- 50kW

(Couple Systems, 2012b)

- **PLC/ övervakningsenhet** är temperatur-, tryck- och nivåövervakning och en kontinuerlig utsläppsövervakning som uppfyller kraven för schema B i Marpol Annex VI och denna skall vara certifierad. En alarmkontakt skall kopplas till fartygets övervakningssystem.

- **Kompressorn** används vid fyllning av granuler till silon från förrådet genom att blåsa granulerna, kompressorns effekt är beroende av rörens längd och antalet vinklar.

4.3 Granulförråd

Försörjningen och hanteringen av använda granuler ombord på M/S Seagard består av tre utbytbara containers på tanktoppen framför maskinrummet.

Kapaciteten av det här systemet är cirka 50 ton med oanvända granuler. Det betyder att fartyget kan operera självförsörjande i 192 timmar med 80% motorbelastning med 2,7% svavel i bränslet. All transport av granuler kommer att skötas med ett pneumatiskt transportsystem (Couple Systems, 2012a).

Granulatkapaciteten planeras efter fartygets tidtabell, rutt och svavelhalten i bränslet. Avgörande för den här planeringen är givetvis priset på granuler samt storleken av förrådet (Couple Systems, 2012a).

4.4 Absorbatorn

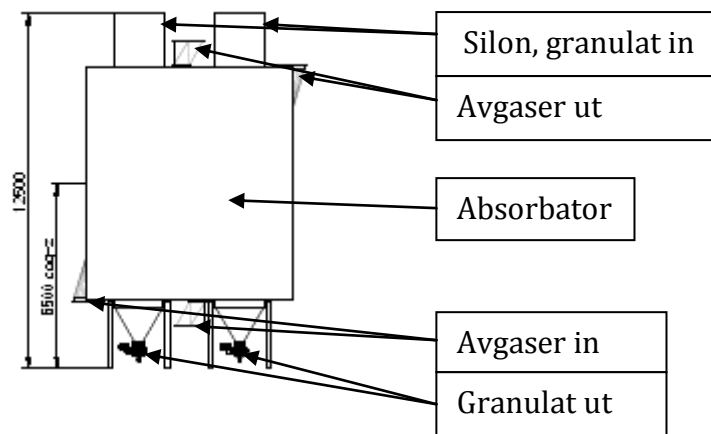
Reaktorn väger ungefär 40 ton och då den är fylld med granulat uppgår vikten till 155 ton. Det designade avgasflödet vid 80% motoreffekt är max $134000 \text{ Am}^3/\text{h}$ vid $285 \text{ }^\circ\text{C}$.

Absorbatorn är byggd av HII panstål P265GH samt delvis av S235 JRG2 (Couple Systems, 2012b).

Utanpå absorbatorn finns en silo för granuler (Figur 8). Där finns värmeelement som används vid behov. Normalt värms granulerna upp av värmen från avgaserna före de far in i absorbatorn. Avgaserna styrs igenom absorbatorn som har mellanväggar och är fylld med granuler så att avgaserna är i kontakt med tillräckligt med granuler för att avlägsna svavlet. De förbrukade granulerna tas ut vid de vridbara slidventilerna i botten på absorbatorn (Couple Systems, 2012b).

Skillnaden mellan en hybrid absorbator och en vanlig absorbator är att i en hybrid kan största delen av granulförrådet placeras på valfri plats på båten. I en vanlig absorbator är förrådet däremot i silon utanpå absorbatorn, vilket inte är så bra om absorbatorn placeras uppe i skorstenen.

Absorbatorn isoleras med mineralull med galvaniserat plåt utanpå så att ytemperaturen hålls under 60 °C (Couple Systems, 2012b).



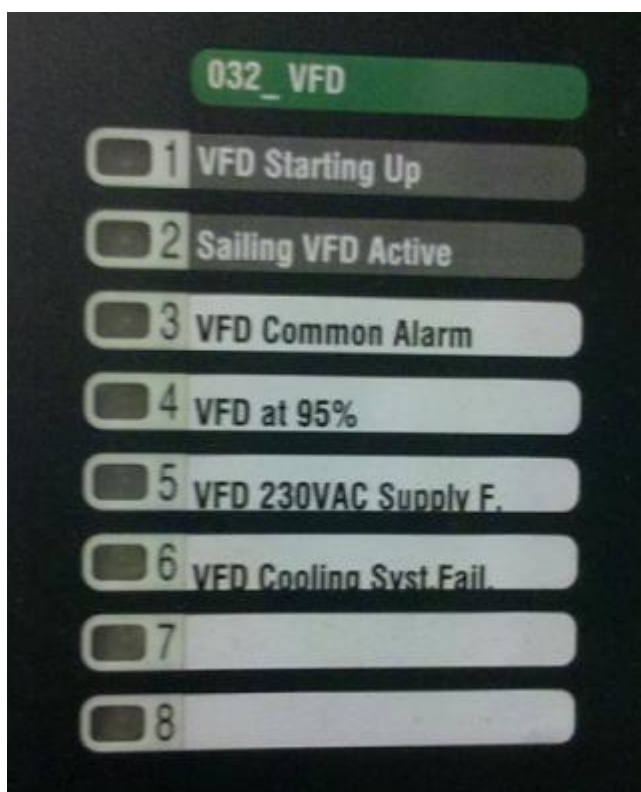
Figur 8. Schematisk bild över absorbatorn (Couple Systems, 2012b)

4.5 Alarm

Skrubbern behöver en alarmpunkt till fartygets kontroll- och övervakningssystem och ett allmänt alarm bör kopplas på. Detaljerad alarmlista kommer att vara tillgänglig på PLC skärmen på skrubbers kontrollskåp (Couple Systems, 2012b).

M/S Seagards alarmpanel består av två Noris Norimos 2000 TX paneler med 120 + 120 larmpunkter, totalt 240 st, var det finns lediga larmplatser för olika gruppalarm.

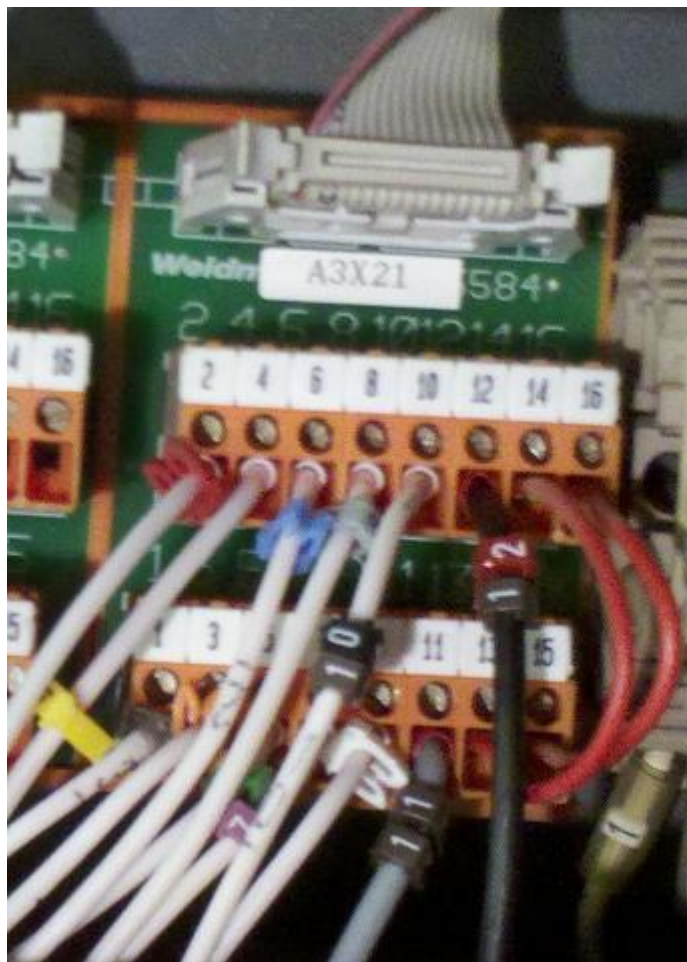
På grupp 32, var VFD har sina alarm, finns två lediga alarmpunkter, 7 och 8 (Figur 9.).



Figur 9. Alarmpanel Norimos 2000 A03 grupp 32 var alarm 7 och 8 är ledigt. (Foto: Mats Wikman, 2014)

Grupp 32 är kopplat till alarmkort A3X21 var alarm 7 är mellan kopplingspunkt 13 och 14 och alarm 8 är mellan kopplingspunkt 15 och 16 (Figur 10.).

För att få alarmpunkten namnsatt och aktiv måste man ha Noris att bränna en ny E-prom (*Erasable Programmable Read Only Memory*= raderbart programmerbart läsminne). E-prommen skickar signaler till Norimos skåpet om det är alarm vid öppen eller sluten kontakt och vid fördröjning hur många sekunder alarmet skall vara aktivt innan det alarmerar. Vid alarm kan man se på alarmpanelerna vilket alarm som alarmerar. Alarmpaneler finns på bryggan, i maskinisthytterna, i dagrummet, i mässen, i förliga maskinrummet och utanför aktra verkstaden i maskinrummet. E-prommen installeras i Noris Norismos 2000 panel var alarmgruppen finns, i detta fall A03 grupp 32 (Figur 11.).



Figur 10. Kort A3X21 lediga platser för alarm mellan 13-14 och 15-16 (Foto: Mats Wikman, 2014)



Figur 11. Norimos panel 2000 A03 pilarna indikerar var man öppnar för att byta e-prom. (Foto: Mats Wikman, 2014)

4.6 Rör

Fyllningen av granuler sker genom rör med dimension DN 80 (3tum, innerdiameter 80mm) och dessa går från granultankarna i akterkant, i undre lastrummet, upp i skottet fram till spant 85 där går de till babords- och styrbords bunkerport bredvid HFO bränsle bunkringsrören (Couple Systems, 2012a).

Granulerna går genom stålrör från bunkerportarna till undre lastrummet och genom en flexibel slang genom det undre lastrummet (Couple Systems, 2012b).

För *avgasrördragning* för *lastrumsalternativet* krävs 15m+15m+10m+10m, dvs cirka 50m DN 1000 avgasrör och 12 flänsar med dimension DIN 86044.[14]. Till detta alternativ behövs även fyra by-pass ventiler.

Rördragningen till silofiltret från silorna blir cirka 12+12m d=127*4 sömlösa stålrör (Couple Systems, 2012e).

För det *longitudinala alternativet* och *transversala alternativet* krävs 2m+5m+3m+3m, dvs cirka 13meter DN 1000 avgasrör och 8 flänsar med dimension DIN 86044 (Couple Systems, 2012b). I de här alternativet behövs inte by-pass ventiler.

Dessa alternativ behöver längre rör för fyllningen av granuler och för tömningen av gipsumet krävs cirka 35m fyllning och 25m tömningsrör och nödavstängningventiler för att avgaser inte skall kunna ta sig in i lastutrymmet.

Dessa alternativ behöver längre rör till silofiltret, ett rör per silo, ca. 35+35 m d=127*4 sömlösa stålrör (Couple Systems, 2012e).

4.7 Kabeldragning

Kabeldragningen blir ungefär lika lång i alla tre fall då avståndet från kontrollrummet är ungefär det samma.

4.8 Elnätet

M/S Seagards nätspänning är 400 V 50 Hz. Ombord finns två dieselgeneratorer, en hamn/nöddieselgenerator, en axelgenerator samt dessutom en VFD till axelgeneratorm. Dieselgeneratorerna är av märket Caterpillar 3212 och har en effekt på 500 kW. Nöd/

hamngeneratoren är också en Caterpillar 3212 men har en effekt på 480 kW. Axelgeneratoren har en effekt på 1500 kW och effekten för VFD är på 700 kW.

Vid normal elförbrukning i hamn är 280 kW, men fluktuationen är stor, mellan 150- 400 kW. Elförbrukningen är störst när lastrumsfläktar och balastpumpar är på samt när heelingpumparna startar. Heelingpump är en pump som pumpar vatten mellan en tank på babordssidan och en tank på styrbordssida för att hålla båten rak i hamn under lastning.

Den normala elförbrukningen på sjön är 300 kW men även här finns en fluktuation mellan 280-480 kW. Störst elförbrukning kan observeras då lufttorkarna för huvuddäcket och undre lastrummet är på, då stabilisatorerna är ute och evaporatorer på. Stabilisatorerna är ca fyra meter långa vingar på båda sidorna av fartyget, under vattenytan, som vrider sig för att minska fartygets rullningar och evaporatorn destillerar sjövattnet under undertryck.

5 Sammanfattning

I arbetet gjordes en utredning om tre olika placeringsalternativ av en torrskrubber ombord på fartyget M/S Seagard. Under arbetets gång märkte man att en vittomfattande installationsbeskrivning skulle gjort arbetet för stort. Därför utelämnades de omändringarna som skulle gjorts på platserna var skrubbern var planerad. Istället gjordes en jämförelse av längd av avgasrör, fyllnadsrör av granuler till skrubbern och tömningsrör av gipsum från skrubbern. Var och hur man kopplar in skrubberns alarmpunkt till fartygets alarmpanel förklarades även. Skrubberns elförbrukning är ungefär lika i de tre alternativen. I forskningen blev det klart att det största problemet är skrubberns placering, då den är så stor och tung, och dragningen av avgasrören, då de är så grova att de tar mycket utrymme så att mycket kringutrustning måste flyttas om de skall dras till lastrummet.

Nordkalk har tillverkat och monterat en liten torrskrubber för test ombord M/S Seagard.

6 Slutsatser

Genom den erfarenhet jag har fått med det här arbetet skulle jag välja det transversala alternativet för då försvinner minst lastutrymme och vikten i skorstenen far lite till babordssida vilket leder till att mindre barlastvatten behövs ta in på babordssida vid fullast. Styrkemässigt är detta alternativ mer fördelaktigt. Avgasrörsdragningen blir även mycket kortare än vid lastrumsalternativet. Lastrumsalternativet skulle vara bra då det inte flyttar tyngdpunkten uppåt men det här alternativet ger stora ingrepp i maskinrummet genom att

kylare måste flyttas, vattenrör måste dras om och avgaspannan måste flyttas uppåt. I det här alternativet minskar lastutrymmet mest.

Jag arbetar själv som maskinmästare och det har varit lärorikt att skriva examensarbete om torrskrubber och se vad det finns för andra alternativ att uppfylla svavelutsläppsnormerna som träder i kraft den första januari 2015. Det här arbetet har gett mig en inblick hur skrubbrar är uppbyggda så det borde göra det lättare för mig i framtiden om skrubbrar blir vanligare på fartyg.

Arbetet baserar sig på offerter som Bore fått samt på material från internet. Kommunikationen med Bore var stundvis svår, speciellt p.g.a. personalbyten. I ett tidigt skede kom det även tydliga indikationer från Bores sida att en torrskrubber inte var det alternativ som skulle väljas, vilket även påverkar motivationen att skriva om installationen av en torrskrubber.

En torrskrubber är en dyr investering och en skrubber har ungefär ett halvt års leveranstid efter att den är beställd. 2012 då arbetet inleddes uppvisade Rettig group, var Bore är dotterbolag, ett intresse av torrskrubbrar. Man kan spekulera i om Rettigs intresse av torrskrubbrar kan ha berott på att Rettig group även är ägare av Nordkalk som producerar granuler för torrskrubbrar. Man hoppades då att fartygets chartrare skulle uppvisat likadant intresse och betalat en del av skrubbern. Tyvärr har fartygets chartrare inte visat detta intresse och vad jag har förstått kommer M/S Seagard att köra på gasolja från första januari 2015. Av den information som finns tillgänglig på Bores hemsidor så kommer åtminstone ett av Bores fartyg utrustas med en skrubber, en våtskrubber från Deltamarine Floating Construction Ltd (Bore).

Källförteckning

Bore Ltd. (2014).

<http://www.bore.eu> (Hämtad: 29.9.2014)

Bunkerindex.(u.å.). Nordeuropa.

<http://www.bunkerindex.com/prices/neurope.php> (Hämtat: 26.5.2014)

Couple Systems, Bardowick, Tyskland. (2012a). *Utredning beställd till Bore angående DryEGCS torrskrubber för MS Seagard*

Couple Systems, Bardowick, Tyskland. (2012b). *Utredning beställd till Bore. Technical Specification of DryEGCS. DryEGCS Plant for "MV Seagard"*.

Couple Systems, Bardowick, Tyskland. (2012c). *Informationsblad. FAQ – The Dry Exhaust Gas Cleaning System*

Couple Systems, Bardowick, Tyskland. (2012d). *Broschyr. The very new exhaust gas cleaning system. There is no longer an excuse!*

Couple Systems, Bardowick, Tyskland. (2012e). *Utredning beställd till Bore. DryEGCS for MV Seagard. Preliminary Flow Chart.*

Dahlen, S. och Karlström, G. Bore LTD, Mariehamn. (2010). *Rapport. Visit report Timbus. Check of Dry Scrubber COUPLE SYSTEMS.*

DNV. (u.å.). *Technical and Operational Implications. Marpol 73/78 Annex VI. Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships*
http://www.dnv.com/binaries/marpol%20brochure_tcm4-383718.pdf (Hämtat: 14.11.2012)

DNV Glas. (2014). *A Crazy Idea? Retrofitting cruise ships to LNG by elongation, s.3*
http://www.dnv.com/binaries/LNG_RetrofitCruise_2014-03-L03_tcm4-596302.pdf
(Hämtad 22.5.2014)

Elomatic Consulting & Engineering (2012a). *Officiellt dokument. M/V Seagard Skrubber alternative*

Elomatic Consulting & Engineering (2012b). *Officiellt dokument. Bore Seagard Preliminary Scrubber*

Germanischer Lloyd. (2014). *Key results from a GL and MAN joint study. Costs and benefits of LNG as ship fuel for container vessels, 8-9*
http://www.gl-group.com/pdf/GL_MAN_LNG_study_web.pdf (Hämtat: 22.5.2014)

IMO (2014). *Sulphuroxides Regulation 14. Pollution Prevention*
<http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-%28SOx%29-%E2%80%93-Regulation-14.aspx> (Hämtat: 15.3.2014)

Karlström, G. Bore LTD, Mariehamn. (2011). *Rapport. Visit Containership VII Turku Repair Yard.*

Karlström, G. Bore LTD, Mariehamn. (2012). *Officiellt dokument*. Preliminary Scrubber installation M/V Seagard

Lloyd's Register. (2012). *Guidance for shipowners and operators*. Understanding exhaust gas treatment systems
http://www.lr.org/Images/Understanding%20exhaust%20gas%20treatment%20systems%20June%202012_tcm155-240772.pdf (Hämtat: 10.9.2013)

Nordkalk. (2014). *Torrskrubber för svavelrening tas i bruk på fartyg – Nordkalk levererar absorbent*.
http://www.nordkalk.com/default.asp?viewID=887&newsID=1628&news_offset=0
(Hämtat: 29.9.2014)

Rettig Group Ltd. (2014). *Information om fartyg*.
<http://www.rettig.fi> (Hämtad 5.3.2014)

Ships & Offshore. (2011). *Dry exhaust gas cleaning system*. Green Tech, s.28

Svenska riksdagen. (2011). *Direktiv om svavelhalt*. Fakta PM om EU förslag.
http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/EU/Fakta-PM-om-EU-forslag/ndring-direktiv-om-svavelhalt_GZ06FPM48/ (Hämtat: 29.9.2014)

Trafi. (u.å.). *Luftföroreningar*. Den marina miljön
http://www.trafi.fi/sv/sjofart/den_marina_miljon/luftfororeningar (hämtat: 21.5.2014)

Tronstad, T. (2012). *Det Norske Veritas Shipping Seminar*. Åland Maritime Day.

