

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för maskinteknik

MODIFIERING AV FRAMDRIVNINGSSYSTEM PÅ M/S SKARVEN

Patrik Fagerström, Joel Fredriksen



02:2019

Datum för godkännande: 10.05.2019

Handledare: Key Ginman, Hans Lavonius

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Maskinteknik
Författare:	Joel Fredriksen & Patrik Fagerström
Arbetets namn:	Modifiering av framdrivningssystem på M/S Skarven
Handledare:	Key Ginman & Hans Lavonius
Uppdragsgivare:	Ålands Landskapsregering, Magnus Eriksson

Abstrakt:
<p>Syftet med detta examensarbete är att undersöka möjliga inbesparingar vid installation av axelgeneratorer/elmotorer ombord på M/S Skarven. Fartygets nuvarande tidtabell har orsakat att det båda huvudmaskinerna som är i drift belastas väldigt lågt vilket ger en ogynnsam bränsleförbrukning. Funktionen med systemet som undersökts är att det ska möjliggöra att driften sköts med endast en av huvudmaskinerna, vilket skulle ge en högre belastning och således en mer ekonomisk bränsleförbrukning.</p> <p>Lönsamheten med att investera i systemet ska komma i form av minskade utsläpp, ökad redundans och ekonomiska inbesparingar. Huruvida inbesparingarna resulterar i vinst eller förlust måste man också ta i beaktande miljöaspekten och en ökad redundans som kan ge en tillräckligt stor kompensation om det skulle visa sig att inbesparingen inte täcker investeringen.</p> <p>Genom ta del av statistik som förts ombord, praktiska mätningar och beräkningar har vi framfört hur förbrukning, utsläpp, drifttimmar och service kommer att minska. Vi har även fört en aktiv diskussion med den tekniska avdelningen på Landskapsregeringen, Wärtsilä och personalen ombord på fartyget för att få information och synpunkter.</p> <p>Vi har kommit fram till att inbesparingar kommer att kunna göras inom alla områden men vi kan inte ta ställning till huruvida detta skulle var lönsamt eftersom vi inte fått ta del av investeringskostnaderna för installationen.</p>

Nyckelord (sökord):
PTO/PTI, Skarven, Hybrid, Framdrivning, Inbesparing

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
02:2019	1458-1531	Svenska	49

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum för godkännande:
12.04.2019	10.05.2019	10.05.2019

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Study program:	Mechanical Engineering
Author:	Joel Fredriksen & Patrik Fagerström
Title:	Modification of propulsion systems at M/S Skarven
Academic Supervisor:	Key Ginman & Hans Lavonius
Technical Supervisor:	Ålands Lanskapsregering, Magnus Eriksson

Abstract:
<p>The purpose of this thesis is to investigate possible savings when installing shaft generators/electric motors aboard the M/S Skarven. The vessel's current timetable has caused the two main engines that are in operation to work at a very low load, which results in an unfavorable fuel consumption. The function with the system that's being investigated is that it will enable the operation with only one of the main engines running, which would give a higher load and thus a more economical fuel consumption.</p> <p>The profitability of investing in the system should come in the form of reduced emissions, increased redundancy and financial savings. Whether the savings result in profit or loss one must also take into account the environmental aspect and an increased redundancy which can give a sufficiently large compensation if it would show that the saving does not cover the investment.</p> <p>By taking part of statistics that have been carried on board, practical measurements and calculations, we have explained how consumption, emissions, operating hours and service will decrease. We also held an active discussion with the technical department of the Landscape Government, Wärtsilä and the staff aboard the ship to get information and comments.</p> <p>We have come to the conclusion that savings can be made in all areas, but we cannot decide whether this would be profitable because we have not taken part of the investment costs for the installation.</p>

Key words:
PTO/PTI, Skarven, Hybrid, Propulsion, Savings

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
02:2019	1458-1531	Swedish	49

Handed in:	Date of presentation:	Approved on:
12.04.2019	10.05.2019	10.05.2019

Innehåll

1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte	6
1.3 Avgränsningar	6
1.4 Definitioner	7
2. ALLMÄNT	8
2.1 M/S Skarven	8
2.2 Trafikområde	8
2.3 Drift	9
3. HYBRIDSYSTEMET	10
4. EFFEKTBERÄKNING	11
4.1 MIP	11
4.2 SFOC	12
5. VÄDERINVERKAN	15
6. DRIFTTIMMAR	16
6.1 Huvudmaskin	16
6.2 Hjälpmotorer	16
7. ELFÖRBRUKNING	17
7.1 Landström	17
8. FÖRBRUKNING	19
8.1 Total	19
8.2 Huvudmaskineri	19
8.2.1 Bränsleförbrukning	20
8.2.2 Specifik bränsleförbrukning	20
8.2.3 Smörjolja	21
8.3 Hjälpmotorer	22
8.3.1 Bränsleförbrukning	22

8.3.2 Specifik bränsleförbrukning	23
8.3.3 Smörjolja.....	23
9. SERVICEARBETEN.....	24
10. INBESPARINGAR.....	25
11. FREKVENSSOMRIKTARE.....	26
12. REDUNDANS	27
12.1 Förbättringar.....	27
12.2 Svagheter	27
13. UTSLÄPP OCH MILJÖ.....	28
13.1 Oljeförbrukning	29
14. FÖRFLYTTNING AV BEFINTLIG UTRSUTNING	30
14.1 Hjälpmotorrum [akter].....	30
14.2 Kompressorrum [för]	32
14.2.1 Släckningssystem	33
14.2.2 Rörsystem	34
15. INSTALLATION SPECIFICERINGAR	36
15.1 Elmotor	37
15.2 Transformator.....	37
15.3 Hybridenheter	38
15.4 Fältutrustningsskåp	38
16. SLUTSATS.....	39
KÄLLFÖRTECKNING	40
Bilagor	41

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Arbetet gjordes på förfrågan av Ålands landskapsregering för att undersöka om det skulle finnas lönsamhet i att installera elmotorer ombord på bil- och passagerarfärjan M/S Skarven som trafikerar på Föglölinjen. När Skarven byggdes dimensionerades maskineriet för att köra mellan Svinö och Degerby på 25 minuter. När färjan sen sattes i trafik visade det sig att bränsleförbrukningen blev väldigt hög, vilket gjorde att man ändrade turlistan så att resan numera tar 30 minuter. Denna ändring resulterade i att bränsleförbrukningen sjönk men också i att maskinerna körs på väldigt låg belastning och fick därmed en sämre verkningsgrad.

1.2 Syfte

För att få en ökad verkningsgrad på maskineriet och fortfarande köra enligt nuvarande tidtabell ska vi undersöka möjligheten att kombinera nuvarande system med elmotorer/generator monterade på propelleraxlarna för att möjliggöra körning med en huvudmaskin på högre belastning istället för köra med nuvarande två på låg belastning. Tanken är att använda den drivande motorn för att också producera eleffekt med hjälp av PTI/PTO enheten för att driva den andra propelleraxeln med den andra PTI/PTO enheten. Vi skall även se på huruvida redundansen i systemet ökar och vilka inbesparingar som kan göras på underhållssidan i form av kortare dockningstider och mindre drifttimmar.

För att se ifall projekt kommer att vara lönsamt kommer vi att undersöka var vi kan få inbesparingar och hur stora det blir. Vi kommer däremot inte att se på huruvida det blir en rimlig återbetalningstid och hur mycket man kan tjäna eftersom vi inte har tillgång till kostnaderna för investeringen.

1.3 Avgränsningar

Vi kommer bara väldigt ytligt gå in på själva installationen av enheterna och vad som kommer att behöva byggas om och flyttas. Eftersom vi inte kunnat få några offerter för investeringskostnader för ombyggnationen kommer vi inte att kunna ge en fullständig slutsats huruvida det kommer att vara lönsamt att göra denna investering, men detta kan komma att utgöra ett underlag för beslut den dagen offerter finns.

1.4 Definitioner

AC = Air Conditioning

AC = Alternating Current (Stycke 15)

AQM = Aquamaster

B_h = Bränsleflöde [l/h]

DWT = Deadweight tonnage (Fartygets maximala lastförmåga)

EMS = Energy management system

GT = Gross tonnage (Lastvolymmått)

H_{jm} = Hjälpmotor

HM = Huvudmaskin

MEP = Effektivt medeltryck [pa]

MIP = Indikerat medeltryck

n = Varvtal [1/sek]

ρ_{br} = Bränslets densitet [g/l]

P_e = Axeleffekt [kW]

Pod = Roder propeller (Azimuth)

PTO/PTI = Power take off / Power take in

pV – kurva = Tryck – volymkurva

SFOC = Specifick bränsleförbrukning [g/kWh]

T = Takttal (0,5 för fyrtaktsmotor)

TDC = Övre dödläge

V_s = Slagvolym [m³]

W₊ = Positivt indikerat arbete

W₋ = Negativt indikerat arbete

Z = Antal cylindrar

η_{mek} = Mekanisk verkningsgrad

2. ALLMÄNT

2.1 M/S Skarven

Skarven beställdes i februari 2007 av Ålands lanskapsregering. Den byggdes av Western Shipyard i Klaipeda, Litauen och blev färdigställd 2009 och sattes i trafik på Föglölinjen i mars 2010.

Rederi Ansgar AB är nu ansvarig för driften.

Fartygsdata

Längd: 65.3 m

Bredd: 13.0 m

Djupgående: 4.1 m

GT: 2285

DWT: 2635

IMO: 9436630

Motordata

Huvudmaskineri: 2 x Wärtsilä 9L20 - (1800 kW/st)

Hjälpmaskiner: 2 x Sisu diesel 634 - (140 kW/st)

Nöddiesel: 1 x Sisu diesel 620 – (96 kW)

Framdrift

2 x Aquamaster propeller (Us 285 CP)

2.2 Trafikområde

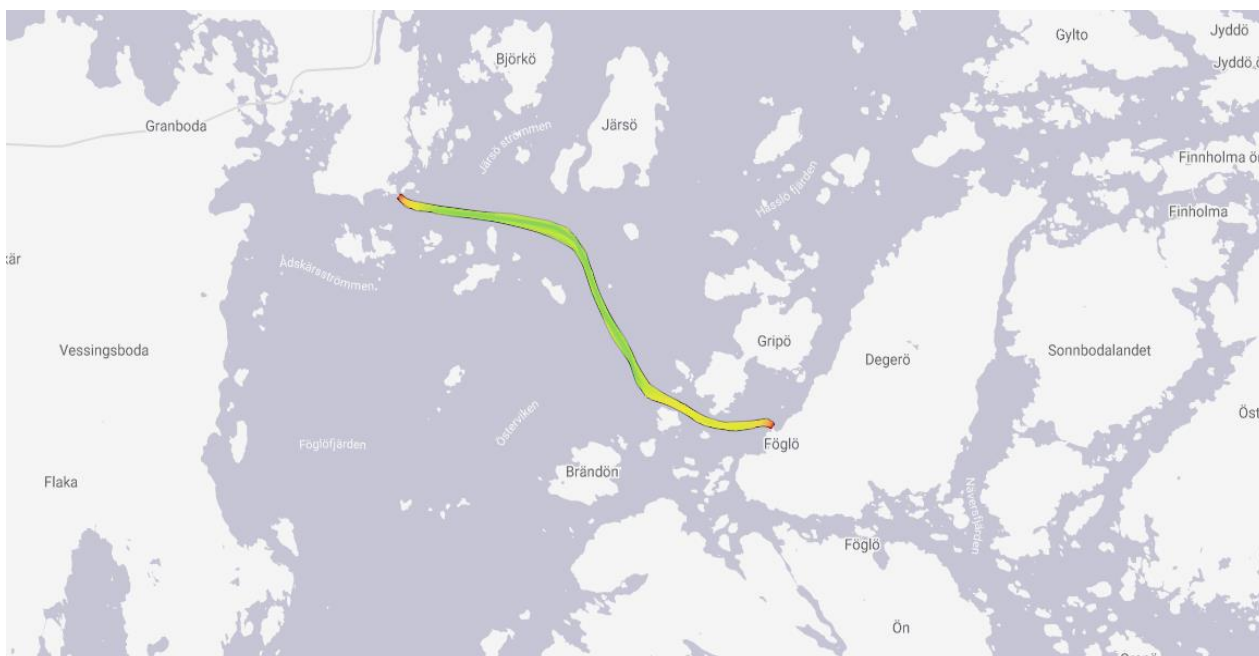
Idag trafikerar skarven mellan Svinö i Lumparland till Degerby i Föglö. Sjöresan däremellan tar cirka 30 minuter. Om det byggs en ny färja som skall trafikera Föglölinjen så kommer Skarven troligtvis att flyttas till linjen Åva-Osnäs (Brändö-Gustavs).

2.3 Drift

Skarven har omkring 12 körningar (tur och retur) mellan Svinö och Degerby under vardagar och lite mindre under helger. Fartyget är i princip identiskt i fören och akter, vilket gör att fartyget inte behöver vända när det utgår från hamn. Detta är väldigt praktiskt då det sparar både tid och bränsle.

Framdrivning är upplagt på sådant sätt att det finns en huvudmaskin placerad i både för och akter av fartyget som med en ren mekanisk överföring driver varsin podd. Fartyget har inget roder utan styr med podden. Om en huvudmaskin skulle stanna så skulle trafiken inte kunna fortsätta då man skulle halvera effekten, tappa styrningen i ena ändan och propellern skulle dessutom ligga still och bromsa fartyget. Detta gör att fartyget är väldigt sårbart för driftstörningar, d.v.s. liten redundans. Detta tas upp mer ingående i stycket Redundans.

Fartyget kör vanligtvis med en fart på 10,5 knop vid de öppna delarna av överfarten och drar ner lite vid trängre passager och när det närmar sig hamn. Sträckan mellan Svinö och Degerby är 4,6 sjömil. I figur 1 kan vi se sträckan som fartyget trafikerar där den gröna sträckan är vad vi refererar till som den öppna överfarten.



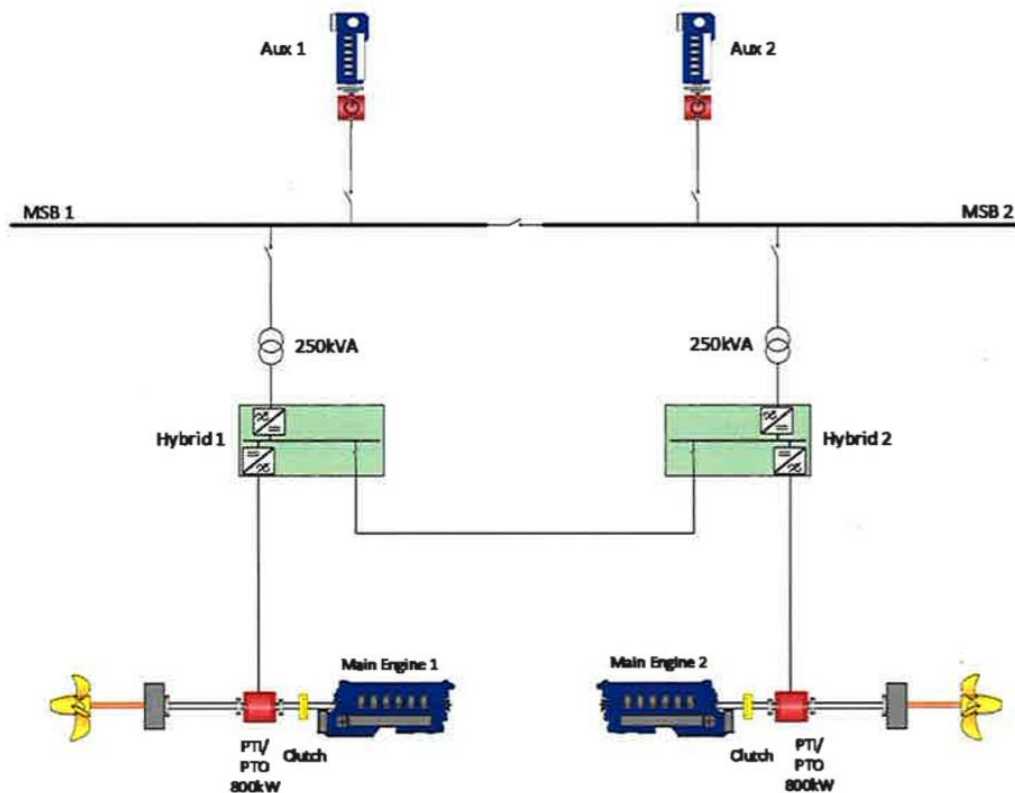
Figur 1 Överblick på sträckan mellan Svinö och Degerby.

3. HYBRIDSYSTEMET

Systemet som skall undersökas är ett förslag som har kommit ifrån Wärtsilä och innebär att man kommer att installera en koppling och elmotor/generator på båda propeller axlarna.

Den huvudmaskin vars axel är i drift kommer att överföra effekten direkt till podden som tidigare men nu även att bli belastad med en generator som överför en del av den producerade effekten till den andra PTI/PTO enheten som då körs som motor. Överföringen mellan det två aggregaten kommer att ske via en DC-tavla kopplad mellan enheterna där växelströmmen som produceras från det aggregat som körs som generator kommer att likriktas för att sedan på nytt växelriktat på sådant sätt att man får det önskade varvtalet för den andra podden.

Beroende på hur mycket av den totala effekten som behövs för framdrift finns det även möjlighet att använda en del av den producerade effekten för att köra ut på huvudtavlan till det övriga elförbrukarna och då kunna undvika körning med hjälpmotor. I figur 1 kan vi se en grov överblick på hur systemet skulle läggas upp.



Figur 2 Systemöverblick (Wärtsilä, 2018).

4. EFFEKTBERÄKNING

För att kunna avgöra om projektet skulle vara möjligt behövde vi få reda på effektbehovet i nuläget för att se om endast en av huvudmaskinerna skulle klara av att producera den effekt som i nuläget är uppdelad på två maskiner.

Det fanns en del svårigheter med att bestämma effekten som fordrades vid den nuvarande driften eftersom det inte fanns någon fast mätutrustning för motorns vridmoment. Som presenteras nedan provades olika metoder för att få fram axeleffekten. Vi valde slutligen att räkna ut den med hjälp av den specifika bränsleförbrukningen vilken vi ansåg vara den bästa metoden bland det som fanns till hands.

Det absolut bästa sätt att för att kunna vara säker på vilken effekt som fordras under olika driftförhållande skulle fortfarande vara att mäta upp vridmomentet som produceras och man kommer säkerligen att behöva göra detta eller något likvärdigt för att säkerställa att motorernas effekt räcker till.

4.1 MIP

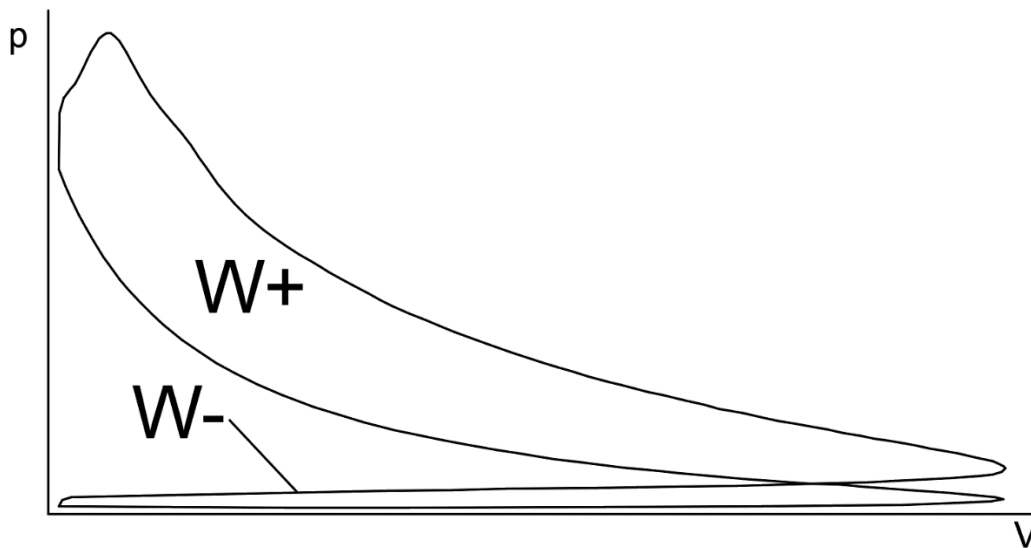
Vi provade i början av projektet med att försöka bestämma motoreffekten genom att tryckindikera motorerna (MIP). Detta visade sig vara krävande eftersom mätutrustning som användes krävde att det skulle finnas en TDC-sensor installerad för att direkt kunna bestämma ett indikerat medeltryck. Det vi fick fram efter indikeringen var en tabell över vad trycket i cylinder var vid en vev-vinkel. För att kunna bestämma det indikerade medeltryck behövde vi alltså själva definiera vilket av de 720 uppmätta tryckvärdena som var vårt TDC och därifrån definiera den korrekta vev-vinkeln för ett givet tryck. Detta motsvarade alltså en fullständig arbetscykel.

Efter detta var klart uppritades en pV-kurva med hjälp av Excel för att sedan kunna lägga in vårt diagram i AutoCAD för att bestämma dess area vilket skulle motsvara ett indikerat arbete och kunde då "bakvägen" bestämma det indikerade medeltrycket (se figur 3). När detta var bestämt kunde vi beräkna en axeleffekt genom formlerna nedan. (Andersson, 2015)

$$MEP = MIP * \eta_{mek}$$

$$P_e = MEP * V_s * n * Z * T$$

Det resultat som vi fick fram blev inte trovärdiga eftersom vid beräkning av den specifika bränsleförbrukningen fick alldeles för låga förbrukningar. En mer fullständig beräkning för detta kan ses i bilagorna.



Figur 3 pV-kurva baserad på de uppmätta värdena.

4.2 SFOC

Som tidigare nämnt har vi bestämt våra axeleffekter genom användning av den specifika bränsleförbrukningen (SFOC). Vi avläste bränsleflödet för huvudmaskinerna under en öppen överfart och kunde då beräkna motoreffekten genom att anta en specifik bränsleförbrukning och sedan göra en passningsberäkning med hjälp av formeln nedan. (Andersson, 2015)

$$P_e = \frac{B_h * \rho_{br}}{SFOC}$$

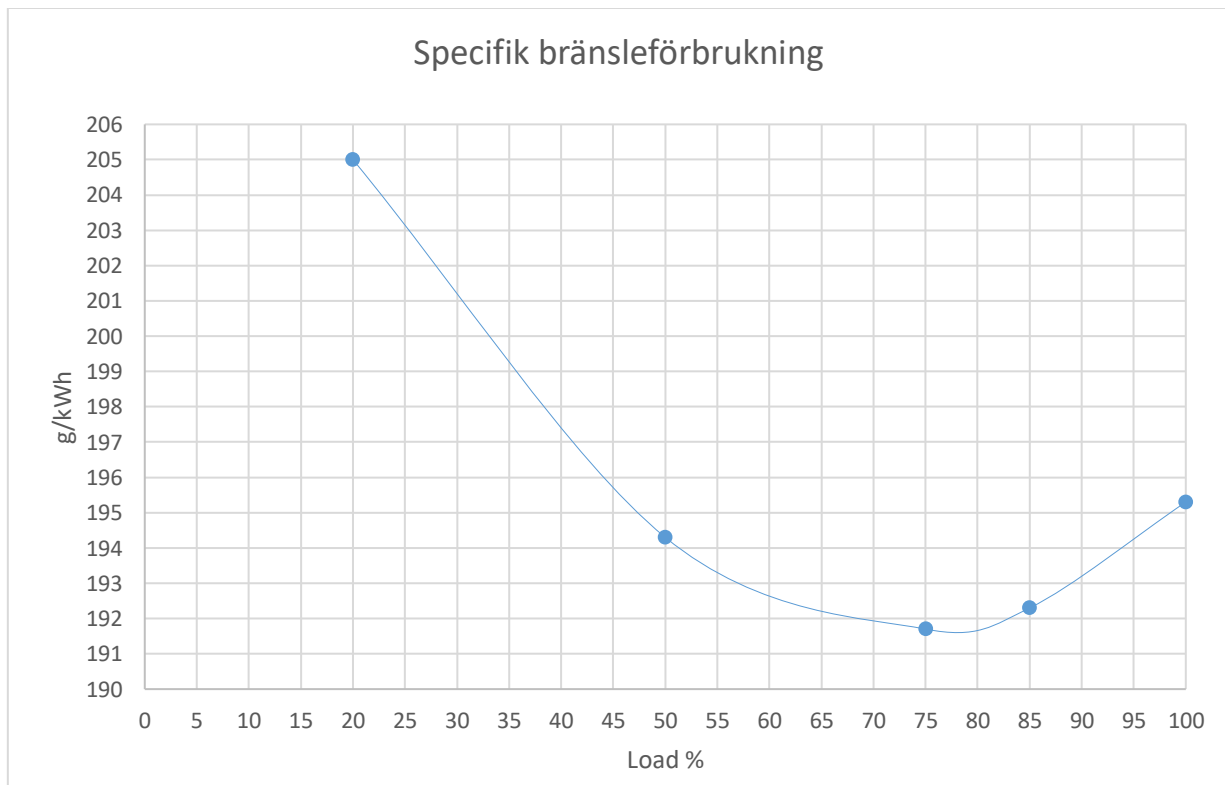
Passningsberäkningen gjordes så att när vi fick fram en motoreffekt genom en antagen SFOC använde vi oss av kurvan som presenteras i figur 5 för att se vad SFOC skulle behöva vara för den motoreffekten som då blev uträknad och fortsatte på detta viss tills den uträknade motoreffekten och SFOC stämde överens med kurvan. Kurvan baserar sig på värden tagna ur Wärtsiläs produktguide. (Wärtsilä, 2018)

$$\text{Load \%} = \frac{P_e}{P_{e_{tot}}} * 100 \%$$

Resultaten kan ses i tabell 1 och det representerar överfarten på ”öppet vatten” vid normala förhållanden.

Wärtsilä 9L20		AE/DE	AE/DE	ME	ME
Cylinder output	kW	185	200	200	200
Engine speed	RPM	900	1000	1000	1000
Speed mode		Constant	Constant	Variable	Constant
MDF viscosity, min.	cSt	1.8	1.8	1.8	1.8
Max. MDF temperature before engine (TE101)	°C	45	45	45	45
Fuel consumption at 100% load, HFO	g/kWh	195.6	196.3	196.3	196.3
Fuel consumption at 85% load, HFO	g/kWh	194.3	195.9	193.1	195.9
Fuel consumption at 75% load, HFO	g/kWh	193.0	195.8	192.5	195.8
Fuel consumption at 50% load, HFO	g/kWh	198.3	199.9	194.8	200.4
Fuel consumption at 100% load, MDF	g/kWh	194.7	195.3	195.3	195.3
Fuel consumption at 85% load, MDF	g/kWh	193.4	195.0	192.3	195.0
Fuel consumption at 75% load, MDF	g/kWh	192.3	195.0	191.7	195.0
Fuel consumption at 50% load, MDF	g/kWh	197.8	199.4	194.3	199.9

Figur 4 Specifik bränsleförbrukning för Wärtsilä 9L20, tagen ur produktguide.



Figur 5 Kurva uppritade utifrån värden i produktguide.

För att få kurvan att sträcka sig till de lägre lasterna använde vi oss av en trendfunktion och lät Excel rita upp kurvans utseende där vi inte hade någon specifik bränsleförbrukning angiven. Se figur 5.

Tabell 1 Effekter vid normal körning

Uträkningar för normal körning				
	<u>Effekt</u> kW	<u>SFOC</u> g/kWh	<u>Load</u> %	<u>Bh</u> l/h
HM aktra	678	198.2	37.7	160
HM förliga	412	203.9	22.9	100
HM total	1090	192.6	60.6	
HM total med hotellast och förluster	1221	191.95	67.8	279

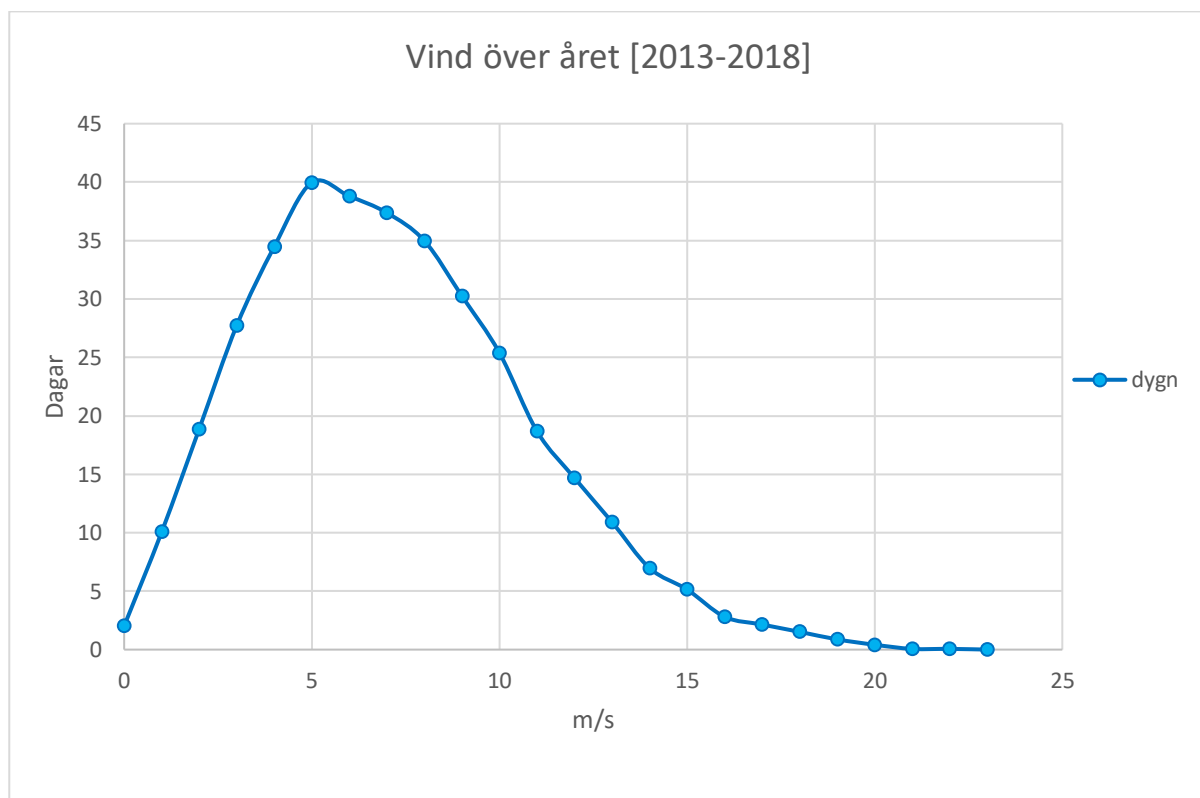
Vi ser här att effekten kommer att räcka till både framdrift och övriga förbrukare vid normala väderförhållanden. I stycket väderinverkan kommer vi att ta upp hur det tänkta driftsättet kommer att påverkas av vädret.

Den specifika bränsleförbrukningen är väldigt lastberoende och eftersom att båda motorerna körs på låga belastningar ligger den långt ifrån det optimala. Som vi ser skulle den förbättras avsevärt om vi skulle lägga den totala lasten på endast en av maskinerna.

5. VÄDERINVERKAN

Med endast en huvudmaskin i drift kommer effekten inte att räcka till i alla väderförhållanden, så man kommer då att vara tvungen att köra med båda huvudmaskinerna i drift. Detta kommer resultera i att inbesparingarna under den tiden försvinner. Vi har därför studerat väderstatistik från 2013-2018 för att undersöka hur många dagar i året man kan tvingas köra med båda i drift.

Vi diskuterade en del med bryggpersonalen ombord på fartyget och fick den uppfattningen att det inte behövdes någon större pådragningsförändring fram till vindhastigheter på ungefär 15 m/s. Vi kan i diagrammet nedan se en överblick på hur många dagar om året vi har en specifik vindhastighet. Se figur 6.



Figur 6 Specifika vindhastigheter.

Vi har utifrån datan observerat att det uppkommer vindhastigheter på 15 m/s och högre ungefär 13 dagar per år. Detta har tagits i beaktande när vi har beräknat hur ofta man skulle behöva använda sig av två maskiner med det nya systemet. (Finnish Meteorological Institute, 2019)

6. DRIFTTIMMAR

Vi kommer att se en minskning av drifttimmar på både huvudmaskinerna och hjälpmotorerna vilket gör att intervallen mellan servicearbeten kommer att öka då det kommer att ta längre att uppnå de drifttimmar då underhåll är planerat vilket i sin tur kommer att minska servicekostnaderna

6.1 Huvudmaskin

Man kommer att se en stor minskning för huvudmaskineriets drifttimmar eftersom framdriften fodras med endast behöver en av maskinerna i drift. Tanken är att de båda huvudmotorerna skall köra växelvis inom en viss tidsram.

De nuvarande drifttimmarna på huvudmaskineriet är cirka 9600 timmar per år. Vi har beräknat att de nya drifttimmarna skulle komma att ligga på cirka 5000 timmar per år. De nya drifttimmarna är en halvering av de gamla sammanslaget med drifttimmarna som tillkommer på grund av väderinverkan.

6.2 Hjälpmotorer

Under tidigare år har ett problem varit att på sommaren under drift av AC-anläggningen så har man legat nära toppbelastning med hjälpmotorn vilket har resulterat i att när båten är på väg in i hamn och hydrauliken till bildäck har startats har hjälpmotorn gått över sin belastningsgräns. I och med detta startar den andra hjälpmotorn för att klara av den stora belastningsförändringen.

Den höga belastningen uppträder under väldigt kort tid vilket gör att den andra hjälpmotorn knappt hinner fasas in på nätet innan den blir överflödigt på nytt. Detta leder till ökade drifttimmar och slitage på utrustning. Problemet skulle kunna undvikas om elproduktion kom från PTO/PTI-enheten.

Det nuvarande drifttimmarna på hjälpmaskineriet ligger på cirka 6600 timmar per år och efter ombyggnationen har vi räknat med att det blir cirka 1800 timmar per år. Drifttimmarna kan komma att minska ytterligare beroende på vad man anser är det bästa sättet att sköta elproduktion vid längre hamnuppehåll. Det optimala skulle vara användning av landström.

7. ELFÖRBRUKNING

Den eleffekt som fordras vid normaldrift skiljer sig mellan sommar- och vintermånaderna, till stor del på grund av att AC-anläggningen körs under sommarmånaderna. Man har till viss del minskat effektförbrukningen eftersom man istället för att köra smörjoljeseparatorerna nu istället avvänder sig av *GreenOil filter*. Hydraulpumparna till bildäckets hydraulik har även fått en ”*slow start*” för att få ner effektpikar. I tabell 2 ser vi hur effektförbrukningen skiljer sig mellan sommar- och vintermånaderna.

Tabell 2 Effektbehovet under året.

Årstid	Effekt förbrukning
Sommar	80-110 kW
Vinter	60-90 kW

Förbrukningen skulle troligen komma att öka med det nya systemet inplacerat på grund av dess kringutrustning. Denna extra förbrukning skulle endast uppkomma när systemet var i drift och är medräknat som en förlust när vi kör med detta upplägg eftersom vi inte får ut detta som axeffekt utan istället är effekt som måste produceras för att systemet skall fungera.

7.1 Landström

Man har i nuläget möjlighet att ta landström i både Degerby och Svinö men den effektförbrukning som fordras under dagtid är för stor för transformatorn som finns ombord. Transformatorn installerades 2016 för att ge fartyget en galvanisk avskiljning från landnätet.

Transformatorn är dimensionerad för att klara en kontinuerlig belastning på 102 ampere vilken belastningen till viss del överstigs under de svalare månaderna. Under sommarmånaderna ökar belastningen ytterligare i form av AC-anläggning och ökad belastning på fläktar vilket gör det omöjligt att använda sig av landström under dagtid.

Man använder sig därför endast av landström under natten när en stor del av förbrukarna är avstängda. För att det skulle vara möjligt att använda landström under dagtid skulle man behöva minimera förbrukningen till det som används nattetid där belastningen på transformatorn i nuläget är cirka 75 ampere. (Erämetsä, 2019)

Med en större transformator skulle det vara möjligt att använda landström under dagtid och då fullständigt eliminera körning av hjälpmotorerna under åtminstone höst, vinter och vår då AC-anläggningen inte är i bruk. Detta skulle ju då även eliminera kostnaderna helt för hjälpmotorerna och vi skulle se inbesparing på 27 000€ i året jämfört med om man skall köra en hjälpmotor fem timmar per dag. Istället kommer landströmsförbrukningen att öka och således kostnaderna för det. Beräkningar baserar sig på ett bränslepris på 450 €/m³.

8. FÖRBRUKNING

För att det skall kunna komma att bli aktuellt att genomföra denna ombyggnation måste vi få inbesparingar någonstans. Kostnaden för bränsle är alltid den största när det gäller fartygsdrift och således även det område man kan komma att få stora inbesparingar. Bränslet som används ombord på fartyget är av typ diesel, vilket har använts sedan fartyget byggdes.

8.1 Total

I tabell 3 kan man se hur den totala bränsle förbrukningen skiljer sig mellan åren 2016-2017.

Tabell 3 Total förbrukning.

År	Förbrukning
2016	1277 m ³
2017	1267 m ³
Medel	1272 m ³

8.2 Huvudmaskineri

Vi kommer att se en ökning i bränsleförbrukningen för huvudmaskinerna eftersom det nu även kommer att sköta elproduktion samt att vi får en del förluster i elmotorerna och koppling. I tabell 4 kan vi se hur förbrukningen sett ut under det tidigare åren.

Tabell 4 Förbrukning för huvudmaskiner.

År	Förbrukning	Procent av totala förbrukningen
2016	1040 m ³	81,4 %
2017	1022 m ³	80,7%
Medel	1031 m ³	81,1 %

8.2.1 Bränsleförbrukning

Den totala bränsleförbrukning som uppkommer vid den öppna överfarten ligger idag på cirka 260 l/h. Eftersom fartyget kör saktare i trängre områden och nära hamn, samt vid kaj så ligger den totala medel förbrukningen på cirka 215 l/h.

Den nya totala bränsleförbrukningen vid den öppna överfarten räknades ut genom den uträknade effekten samt SFOC och densiteten och blev då cirka 280 l/h. För att sedan räkna ut en ny total medelförbrukning tog vi i beaktande förhållandet mellan den totala bränsleförbrukningen och den totala medelförbrukningen. Nya totala medelförbrukningen blev då cirka 230 l/h. Som förväntat ökar bränsleförbrukningen på huvudmaskineriet eftersom elproduktion tillkommer. I tabell 5 ser vi en jämförelse mellan nuvarande bränslekostnader och beräknade kostnader efter ombyggnationen.

$$B_h = \frac{SFOC * P_e}{\rho_{br}}$$

Tabell 5 Jämförelse mellan nuvarande bränslekostnader och beräknad kostnad efter ombyggnationen

Nuvarande förbrukning		
Hm	215,00	l/h
Drift timmar	9600	h/år
Total förbrukning	1032	m ³ /år
Bränsle pris	450,0	€/m ³
Kostnad per år	464400	€
Förbrukning efter ombyggnation		
1 Hm	230,7	l/h
2 Hm (vind)	240	l/h
Drift timmar (1 Hm)	4800	h/år
Drift timmar (2 Hm)	200,0	h/år
Total förbrukning	1155	m ³ /år
Bränslepris	450,0	€/m ³
Kostnad per år	519965	€

8.2.2 Specifik bränsleförbrukning

Som tidigare presenterats så kommer den specifika bränsleförbrukningen att minska när vi får en ökad belastning på huvudmaskineriet. För att jämföra två maskiner i drift mot endast en så har vi slagit ihop det båda huvudmaskinernas specifika förbrukning och räknat ut ett medeltal.

Den nuvarande blir då 200,33 g/kWh och med endast en maskin i drift 191,95 g/kWh. Allt är beräknat för den öppna överfarten. Den specifika bränsleförbrukningen ökar vid körning i de

trängre delarna av rutten men kommer ändå att vara en minskning mot tidigare körning med två huvudmaskiner i drift eftersom vi har en ökad belastning.

8.2.3 Smörjolja

Huvudmaskinerna förbrukar cirka 0,55 liter olja per timme styck. Den nuvarande oljeförbrukningen för båda huvudmaskinerna ligger på cirka 5200 l/år. Den totala förbrukningen kommer att minska fast motorerna kommer få en lite större specifik förbrukning vid körning på högre belastning.

Vi har räknat fram den nuvarande årliga kostnaden för smörjoljan samt vad kostnaden skulle komma att bli under det nya upplägget. Se tabell 6.

Tabell 6 Jämförelse mellan nuvarande smörjoljekostnader och beräknad kostnad efter ombyggnationen

Nuvarande förbrukning		
Förbrukning	0.55	l/h
Drifttimmar	9600	h/år
Årlig förbrukning	5280	l/år
Smörjolje pris	2.5	€/l
Kostnad	13338	€/år
Förbrukning efter ombyggnation		
Förbrukning	0.68	l/h
Drifttimmar	5000	h/år
Årlig Förbrukning	3395	l/år
Smörjolje pris	2.5	€/l
Kostnad	8578	€/år

Den inbesparade summan per år för smörjoljan kommer att ligga på ungefär 4761 €.

Den förbrukning som vi kommer att ha efter ombyggnation baserar sig på värden tagna ur Wärtsiläs produktkatalog där anvisningar för den specifika smörjoljeförbrukningen finns vid 100 % belastning, samt effekten vi har räknat fram. (Wärtsilä, 2018)

8.3 Hjälpmotorer

Man kommer inte komma att undvika drift med hjälpmotorerna fullständigt. Elproduktionen kommer att skötas av huvudmaskineriet vid körning men vid längre uppehåll i hamn kommer man att använda hjälpmotorer och landström under natten. I tabell 7 presenteras förbrukningen för hjälpmotorerna under tidigare år.

Tabell 7 Förbrukning för hjälpmotorer

År	Förbrukning	Procent av totala förbrukningen
2016	180,7 M ³	14,1%
2017	184 M ³	14,5%
Medel	182,4 M ³	14,3 %

8.3.1 Bränsleförbrukning

Vi har räknat med att de körtimmar som har uppkommit för hjälpmotorerna när fartyget har legat i hamn fortfarande blir kvar. Detta gör att det fortfarande kommer bli cirka 5 drifttimmar per dag på hjälpmaskineriet eftersom det i dagsläget inte går att använda sig av landström när effektförbrukningen är för stor under dagen. I tabell 8 ser vi en jämförelse mellan nuvarande bränslekostnader och beräknade kostnader efter ombyggnation.

Tabell 8 Jämförelse mellan nuvarande bränslekostnader och beräknad kostnad efter ombyggnationen

Nuvarande förbrukning		
Hjm	28	l/h
Drifttimmar	6600	h/år
Total förbrukning	184.8	m ³ /år
Bränslepris	450	€/m ³
Kostnad per år	83160	€
Förbrukning efter ombyggnation		
Hjm	28	l/h
Drifttimmar	1800	h/år
Total förbrukning	50.4	m ³ /år
Bränslepris	450	€/m ³
Kostnad per år	22680	€

8.3.2 Specifik bränsleförbrukning

Den specifika bränsle förbrukningen är väldigt varierande vid de olika lasterna och om vi nu kommer att producera elenergin med huvudmaskinerna så kommer den specifika bränsleförbrukningen att förbättras eftersom vi då ligger på en högre belastning samt använder en större och effektivare dieselmotor.

8.3.3 Smörjolja

Oljan i hjälpmotorerna byts ut efter 350 körtimmar. Motorn rymmer 25 liter olja men eftersom det även fylls på lite mellan byten så räknar vi med att det blir omkring 26 liter per byte. Eftersom drifttimmarna för hjälpmotorerna kommer att minska så kommer även förbrukningen av olja att minska i proportion till detta. Detta är inte en direkt förbrukning och därför kommer kostnaderna och inbesparingarna för smörjoljan presenteras i stycket om servicearbeten.

9. SERVICEARBETEN

Om vi tittar på mer kostsamma arbeten så som kolvhalning så är intervallet för närvarande ungefär vart fjärde år, så intervallet på dessa jobb skulle i princip dubblas. Med en huvudmaskin avstängd kan även flera av dessa jobb utföras under drift vilket skulle kunna förkorta servicedagarna.

Vi har undersökt de mest kostsamma arbeten som uppkommer för både huvudmaskineriet och hjälpmotorerna och sett vad kostnaderna per år är med de nuvarande drifttimmarna och på så vis tagit fram inbesparingar per år med det nya uppläggets drifttimmar. En del jobb har blivit utlämnade eftersom vi inte kunnat få fram något belopp men vi har till stor del fått fram priser för de jobb som utgör den största delen av det totala servicekostnaderna.

Den årliga inbesparingen skulle komma att ligga omkring 46 000 euro. En fullständig kalkyl för detta kan ses i bilaga 3.

10. INBESPARINGAR

Vi har nedan gjort en sammanställning av de totala inbesparingarna för både huvudmaskineriet och hjälpmotorerna. Vi ser att den årliga inbesparingen är ungefär 50000 € per år. Se tabell 9.

Tabell 9 totala inbesparingen

	1 år (€)	30 år (€)
Besparing bränsle	4915	147441
Besparing Smo	4761	142830
Besparing HM service	41769	1253064
Besparing Hjm service	3920	117600
Generator service	-5000	-150000
Totalt	50365	1510935

Denna totala inbesparing skulle bli större om alla servicearbeten var medräknade samt att man möjligtvis skulle kunna öka inbesparingen på bränslet vid användning av landström dagtid.

Beräkningar för bränsleinbesparingar baserar sig på ett bränslepris på 450 €/m³.

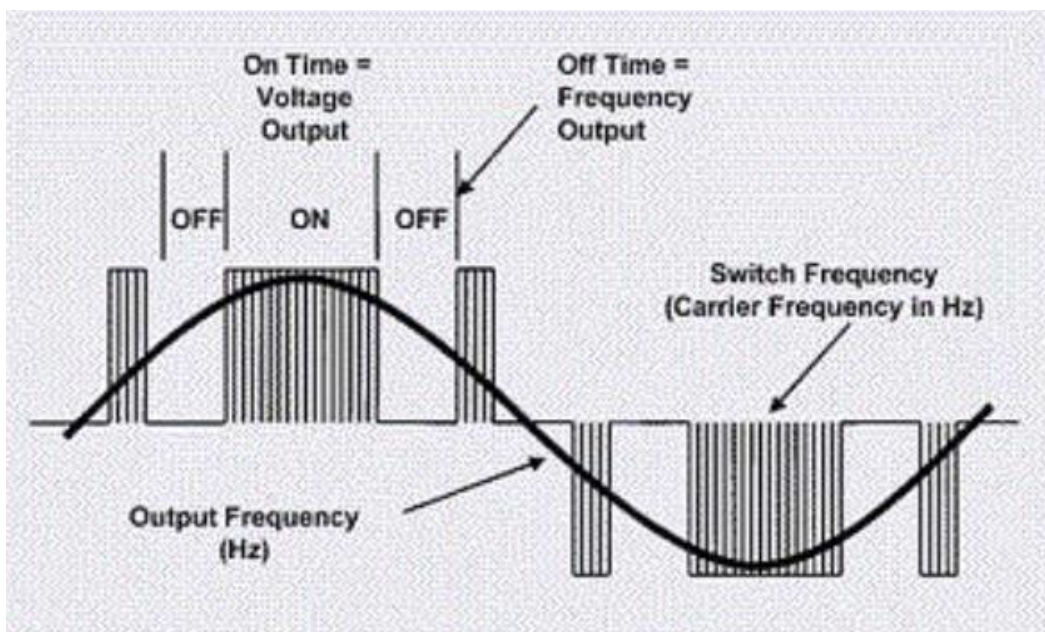
11. FREKVENSSOMRIKTARE

Eftersom körningen inte sker vid ett och samma varvtal på huvudmaskinerna så kan inte generatoren vara kopplad direkt till elnätet eftersom frekvensen och spänningen då inte hålls konstant, eller när den körs som motor det då inte skulle vara möjligt att reglera varvtal på den.

Med en frekvensomriktare kopplad mellan generatoren/motorn och elnätet kan man köra in en konstant spänning och frekvens oberoende av varvtalet på huvudmaskinen.

In till frekvensomriktaren kommer växelström som sedan går igenom en likriktare. Detta är en sammankoppling av dioder som släpper igenom en halv våg eller en helvåg av de tre fasernas sinuskurvor. Efter detta går den in till en ny inverter som konverterar det på nytt till växelspanning fast med den önskade spänningen och frekvensen.

Man brukar använda sig av pulsmodulering för att ge ut växelspanning. Detta fungerar så att man ”pulserar” ut den utgående spänningen i olika etapper som tillsammans skapar den spänning som finns i vanliga sinusvågor. Beroende på önskad spänning och frekvens ändras utseende på pulserna. Se figur 7. (Gozuk, 2019)



Figur 7 Exempel på pulsmodulering. (Gozuk, 2019)

Denna typ av frekvensomriktning är vad som kommer att användas i det undersökta systemet. (Wärtsilä, 2016)

12. REDUNDANS

Redundans i maskinsystem innebär att vid fel/haveri på ett system så finns det en eller flera backuper som kan ta över och säkerställa fortsatt drift. Detta kan ses som en ökning av systemets tillförlitlighet i de här fallen för framdriften samt elproduktion.

Vid installation av PTO/PTI skulle detta öka redundansen på så sätt att vid haveri på en huvudmaskin är det fortfarande möjligt att driva båda poddarna vid drift av endast en huvudmaskin. Detta skulle ge möjlighet att felsöka problemet och ändå försätta i trafik med normal framdrift.

I frågan om elproduktionen får man en kraftig redundans ökning eftersom det kommer att finnas fyra aggregat som har möjlighet att förse fartyget med el istället för nuvarande två. Det finns dock risker att även fast säkerheten på elproduktion ökas kraftigt att annan utrustning kan orsaka problem som leder till att strömförsörjningen inte kan säkerställas.

Som man kan se på överblicksritningar av systemet kommer det att finnas transformatorer mellan hybridhetererna och huvudtavlan, vilket kommer att ge en galvanisk avskildhet mellan huvudtavlan och aggregaten. Detta gör att eventuella jordfel i det nya systemet inte kan sprida sig vidare till huvudtavlan.

12.1 Förbättringar

Ifall det i dagsläget skulle uppstå driftstörning på en av huvudmaskinerna skulle man direkt bli av med framdrivningen från en av poddarna. Detta skulle leda till att fartyget tas ur trafik tills felet är åtgärdat. Detta är ju självklart inte önskvärt eftersom man tvingas ta in ett reservfartyg med besättning som då också kostar pengar. Med det nya systemet och samma scenario skulle man starta upp den andra huvudmaskinen och kunna säkerställa framdrivning i båda ändar igen. Man skulle sedan kunna åtgärda problemet medan fartyget trafikerar normalt.

12.2 Svagheter

Vid installation tillkommer ett flertal nya komponenter vilket kommer resultera i att vi även får ett ökat antal punkter där fel kan uppkomma.

13. UTSLÄPP OCH MILJÖ

Att minimera utsläpp är något som man alltid försöker sträva efter. Om detta upplägg skulle installeras så skulle vi se en minskning av utsläppen när den totala bränsleförbrukningen kommer att minska. I tabell 10 kan vi se de värden som användes för att beräkna utsläppsmängden.

Tabell 10 Värden för utsläppsmängd tagna från Skarvens månadsrapport. (Skarven, 2015-2018)

Utsläpp	Mängd per liter
CO₂	2,68 $\frac{Kg}{l}$
SO_x	0,005 $\frac{Kg}{l}$
NO_x	0,055 $\frac{Kg}{l}$

Om man ser på årsförbrukningen av bränsle för huvudmaskineriet kan vi se hur mycket utsläpp vi för nuvarande producerar årligen. I tabell 11 kan vi se den nuvarande årliga utsläppsmängden.

$$\text{Utsläpp} = \text{Bränsleförbrukning} * \text{Utsläppsandel}$$

Tabell 11 Nuvarande utsläppsmängd per år.

Utsläpp	Huvudmaskineri (ton)	Hjälpmotorer (ton)	Total (ton)
CO₂	2766	495,3	3261,3
SO_x	5,2	0,9	6,1
NO_x	56,8	10,2	67

Vi har också räknat fram en ny utsläppsmängd och vi fick fram att vi minskar samtliga utsläpp med ungefär 1 %. Vad det gäller kväveoxiderna är det svårt att säga hur mycket det ökar eller minskar per liter bränsle eftersom det beror på topstrycket i cylinder och därmed är det last beroende. Se tabell 12.

Tabell 12 årlig utsläppsmängd efter ombyggnation.

Utsläpp	Huvudmaskineri (ton)	Hjälpmotorer (ton)	Total (ton)
CO₂	3097	135,1	3232
SO_x	5,8	0,3	6
NO_x	63,6	2,8	66,4

Minskningen av utsläpp är inte så stor på årsbasis men blir mer märkbar om man skulle se på den totala tidsperioden som fartyget kommer att vara i drift.

13.1 Oljeförbrukning

En minskning i smörjoljeförbrukning för både huvudmaskineri och hjälpmotorer leder både till ekonomisk inbesparing och minskade utsläpp. Smörjoljan i huvudmaskin förbränns under körning samt avgår som sludge. Eftersom man numera använder sig av *GreenOil filter* istället för smörjoljeseparatorer ombord har man redan kunnat halvera andelen till ungefär 12 m³ per år, och då även andelen miljöfarligt avfall. Oljan från hjälpmotorerna hanteras också som skadligt avfall då den byts ut efter 350 drifttimmar.

14. FÖRFLYTTNING AV BEFINTLIG UTRUSTNING

Eftersom ny utrustning skall få plats så kommer en del av den befintliga utrustningen att behöva flyttas. I detta stycke kommer en ytlig genomgång av detta att behandlas. Vi kommer endast att ta upp vad som kommer att behöva göras, men inte hur det skall göras.

Elmotorerna kommer att vara placerade i utrymmena efter huvudmaskinerna i både fören och aktern. Mellan HM och elmotorn kommer det installeras en koppling. I det aktra utrymmet som kallas för hjälpmotorrummet kommer det endast behövas flyttas några rör som går under propelleraxeln. Däremot i det förliga utrymmet som kallas kompressorummet kommer det att behövas göras en betydligt större ombyggnation för att passa in enheten.

14.1 Hjälpmotorrum [akter]

I hjälpmotorrummet är det inte mycket som kommer att behöva göras. Bilgelinan går under propelleraxeln från för till akter med förgreningar ut åt sidorna till mudboxar. Detta kan utgöra ett problem beroende på hur elmotorn placeras i höjded. Under axeln går även två gasrör tillhörande gasbrännaren som kommer från gasförrådet och går vidare till verkstaden

Det går även ett vattenrör till sprinkleranläggningen som kommer att behöva flyttas. Detta rör går i höjd med durkplåten runt princip hela rummet. Vi har ritat in elmotor och koppling i fartygsritning för att ge en grov överblick på hur den kommer att bli placerad i maskinrummet. I figur 8 ser vi en bild över hjälpmotorrummet och i figur 9 kan vi se en ritning över utrymmet med elmotor inritad.

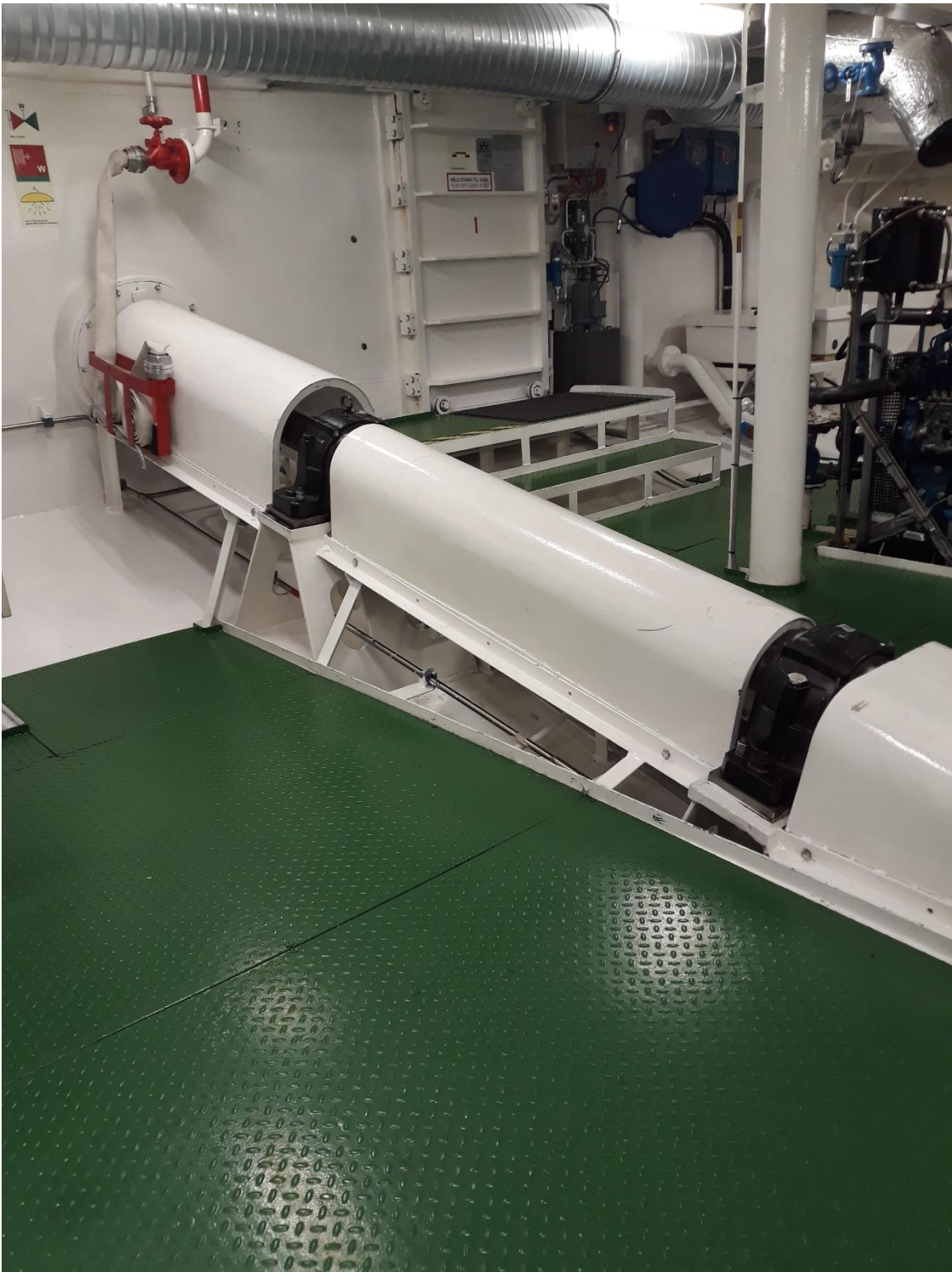
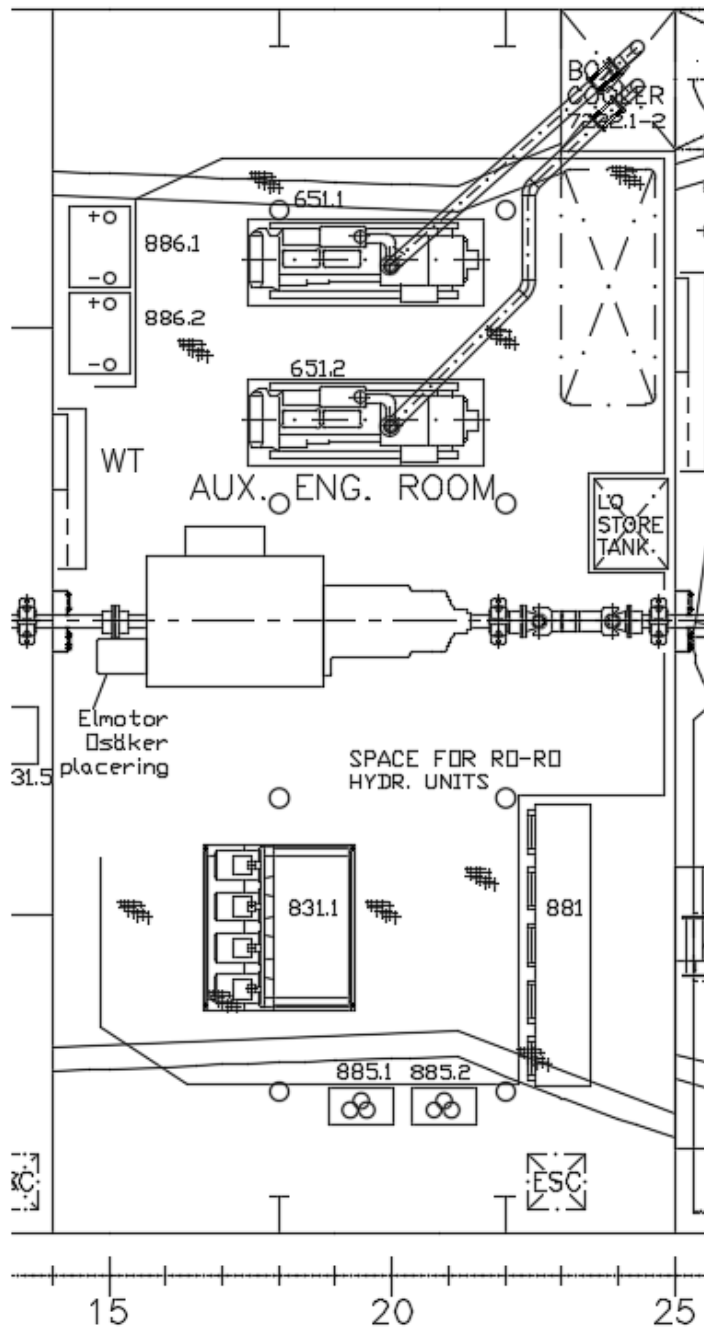


Figure 8 Hjälpmotorrummet.



Figur 9 Ritning med enhet inritad i hjälpmotorrummet

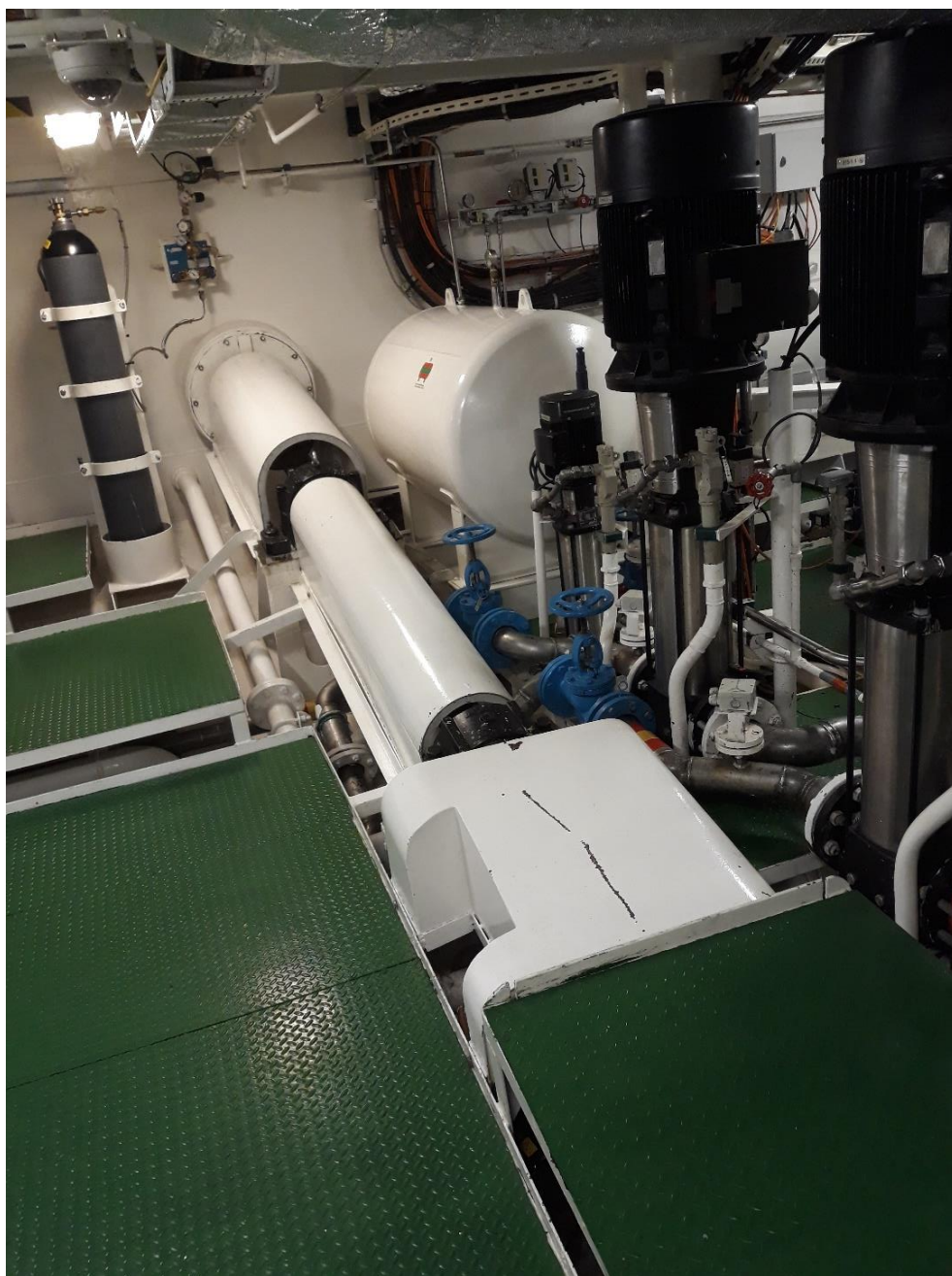
14.2 Kompressorrum [för]

I kompressorrummet kommer det att behöva göras en omfattande förflyttning av kringutrustning. Pumpar och rörledningar tillhörande fartygets sprinkleranläggning kommer att behöva flyttas.

14.2.1 Släckningssystem

Det finns tre stycken pumpar som är placerade längst med axeln som har till funktion att hålla trycket i sprinklerledningarna. Dessa pumpar och rörledningarna som går till och från dessa måste omplaceras; även sprinklertanken som placerad i förbindelse med dessa pumpar kommer att behöva flyttas.

Sprinklertanken har även kvävgas kopplad från två tuber som är till för att kunna upprätthålla tryck i systemet även fast pumparna inte skulle fungera. Dessa kommer även att behöva omplaceras men kommer troligtvis inte att vara något större problem. Se figur 10



Figur 10 Kompressorummet.

14.2.2 Rörssystem

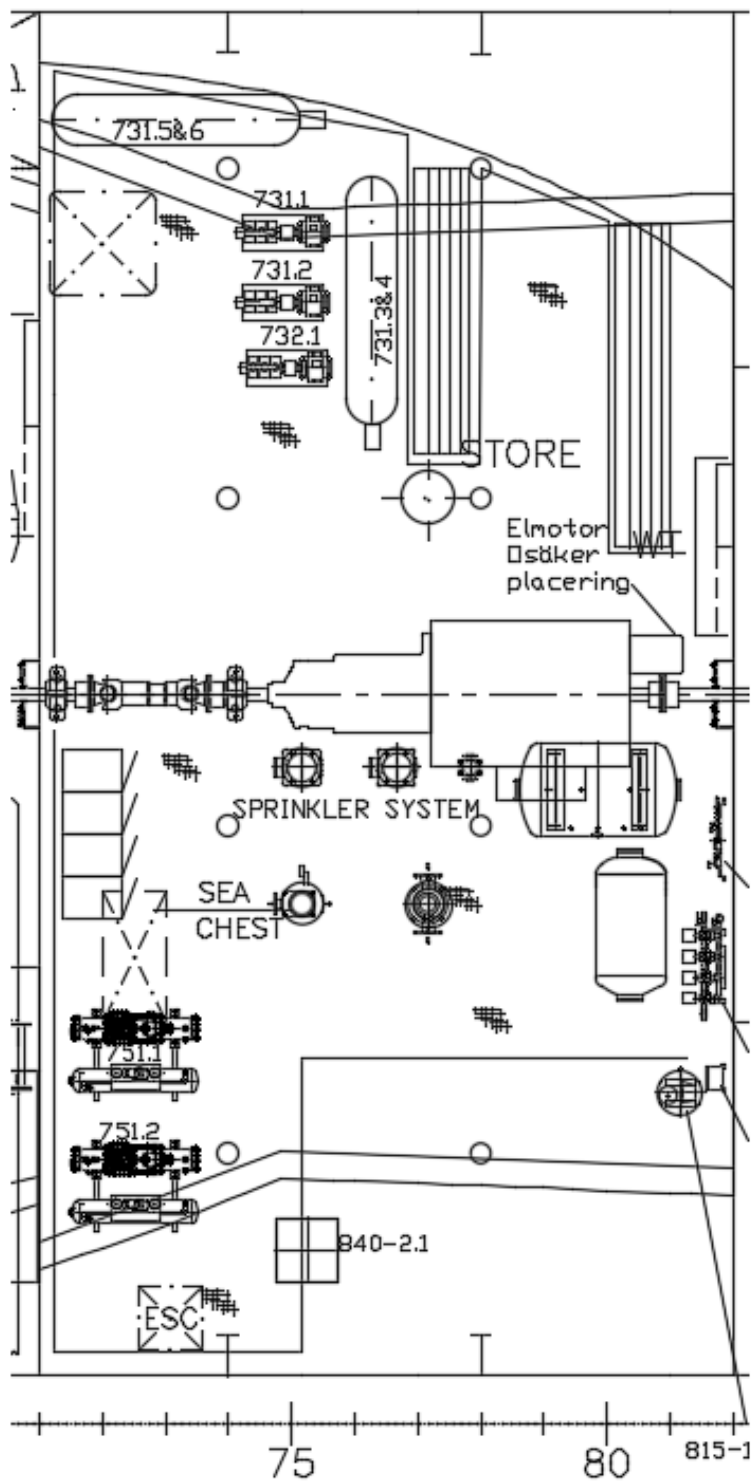
Som tidigare nämnt kommer rör till sprinklersystem att behöva omplaceras men vi har även rör som kommer från drencher- och bilgesystem som kommer att behöva flyttas.

Längs med motoraxeln går det en sugledning för bilgevatten. Röret kommer ingående från huvudmaskinsrummet där det förgrenar sig till mudboxar i kompressor rummet och fortsätter in till AQM-rummet.

Det övriga rören som vi tror att kommer att orsaka problem är listade nedan:

- Drencherör , till och från överbord
- Ballaströr , överbord
- Nödbrandlina sammankopplad med ballaströret.

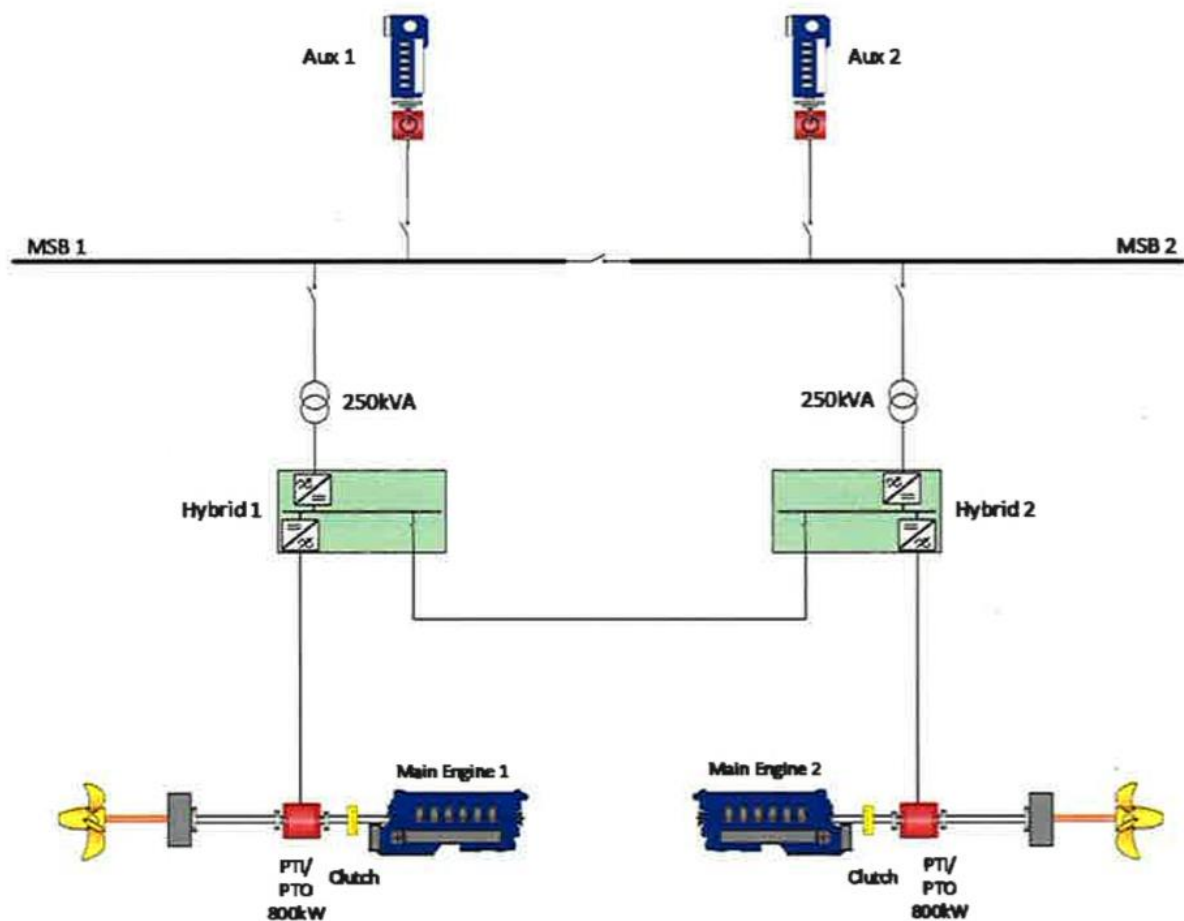
Vi har ritat in elmotor och koppling i fartygsritningen för att ge en grov överblick på hur den kommer att bli placerad i maskinrummet. Se figur 11



Figur 11 Ritning med enhet inritad i kompressorummet.

15. INSTALLATION SPECIFICERINGAR

I detta stycke presenteras en överblick över systemet samt information angående komponenterna det innehåller. Alla tekniska specifikationer i detta stycke är taget från Wärtsiläs tekniska beskrivning (Wärtsilä, 2018). Nedan kan vi se en grov skiss på hur systemet kommer att vara uppbyggt. Se figur 12.



Figur 12 Schematisk uppritning av det nya systemet. (Wärtsilä, 2018)

Vi ser att upplägget är sådant att effekten som produceras kan köras både som eleffekt ut på huvudtavla och till den andra enheten för att användas som driveffekt.

15.1 Elmotor

Nedan presenteras grundläggande information ångande elmotorn som skall komma att installeras.

Skenbar effekt max.....950 kVA

Aktiv effekt max.....800 kW

Min $\cos\varphi$ vid max effekt.....0,9

AC spänning nominellt.....690 V

Frekvens (+/-5 %).....60 Hz

AC märkström.....950 A

AC överlastström.....1190 A

För att temperaturen i elmotorn skall hållas inom rätta värden under drift är den installerad med vätskekylning. Dessa kylledningar kommer att vara ihopsatta med det befintliga färskvattenkylningsystemet som finns ombord.

Eftersom huvudmaskinerna kyls med påhängspumpar måste det installeras en separat kylpump. Systemet måste vara uppbyggt på sådant sätt att det skall gå att få kylvatten till elmotorn utan att huvudmaskinen måste vara i drift. Detta innebär att rörledningarna måste dras till elmotorn före och efter huvudmaskin. Huvudmaskinerna kyls med hjälp av varsin boxkylare vars kapacitet är 150 % av huvudmaskinens kylbehov vid fullbelastning. Denna kapacitet är tillräckligt för att även klara av kylbehovet för elmotorerna.

15.2 Transformator

Som det vissas i tidigare bild kommer systemet att var uppbyggt med två transformatorer som går från vardera enheten. Spänningen på transformatorns primära sida kommer att vara 690 volt som sedan tas ner till huvudtavlans spänning på 400 volt.

Märkeffekt.....315 kVA

Primär spänning.....690 V

Sekundär spänning.....400 V

Frekvens.....60 Hz

Isolationsklass (för sinus).....H/H

Isolationsklassen som anges för transformatorn anger vad lindningsisoleringen ska klara för temperaturer. Denna klassning anger att transformatorn skall kunna uppnå en max temperatur på 180°C och fungera normalt utan att dess livstid förkortas.

Den maximala temperatur ökning vi får ha när transformatorn utsätts för fullbelastning är 125°C utgående från att omgivningstemperaturen skulle vara 40°C, vilket det inte är under de flesta årstider i Skarvens maskinrum.

Allt detta innebär att skulle det vara 40°C i maskinrummet och vi får den maximala tillåtna temperaturökning skulle vi ändå ha en temperaturreserv på 15°C upp till den max tillåtna temperaturen. (Drives and Automation, 2017)

15.3 Hybridenheter

Dessa enheter har både ingående och utgående kopplingar för att antingen distribuera producerad elenergi till den andra enheten som drivkraft och/eller köra ut det som elenergi på huvudtavlan, eller ta emot elenergi för att omvandla detta till driveffekt.

Eftersom det är meningen att man skall producera elenergin till den övriga utrustningen ombord med elmotorerna så måste en viss del att måste gå ut till huvudtavlan och det resterande att köras ut till den andra drivenheten. Kontrollen och övervakningen av hybridsystemet kommer att göras med EMS- systemet.

15.4 Fältutrustningsskåp

Varje enhet kommer att ha sitt eget fältskåp där man kommer ha möjligheten att välja lokal eller fjärrstyrd kontroll över enheten, samt att man kommer kunna se statusar och indikationer på den lokala övervakningsdisplayen. Det kommer även finnas en knapp för nödstopp.

Vi har undersökt var det skulle vara möjligt att placera dessa skåp och som vi ser det skulle denna plats vara huvudmaskinsrummen med tanke på utrymme. Denna fråga måste diskuteras vidare mellan leverantör, driftansvariga och Landskapsregeringen. Måtten för skåpen är 1800 x 800 x 300 men det kommer att krävas mer utrymme runt om p.g.a. av installation- och serviceaspekter. Alla kablar till skåpen kommer t.ex. att föras in underifrån.

16. SLUTSATS

Då detta kommer att bli en mycket stor och kostsam ombyggnation samt många faktorer som påverkar systemets lönsamhet kan detta ses som en riskfylld investering med tanke på det relativt låga inbesparingarna. En ny färja är under upphandling till Föglölinjen och om denna blir verklighet så kommer Skarven att flyttas vilket skulle kunna påverka körningen (belastning & drifttimmar) på sådant sätt att inbesparingarna skulle komma att reduceras. För att göra denna investering bör man ha bestämt en linje där fartyget skall trafikera för en längre tid framöver för att kunna räkna ut de teoretiska inbesparingarna.

Många förändringar är på kommande inom skärgårdstrafiken och det är svårt att veta hur länge fartyget kommer att hållas i drift vilket även det skulle kunna komma att påverka beslutet om ombyggnation. Man borde istället lägga mer vikt på planering av nya fartyg som från början är effekt optimerade.

16.1 Förslag på vidare undersökning

För att få fram den totala inbesparingen vad gäller servicearbeten bör man undersöka alla servicearbeten och deras kostnader. Detta kunde vi inte göra då vi inte hade tillgång till dessa uppgifter, vilket behövs för att kunna sammanställa en fullständig inbesparingskalkyl som man kan jämföra med kostnaderna för inköp och själva installationen.

För att eliminera hjälpmotorernas drifttimmar fullständigt borde man undersöka möjligheten att installera en transformator som är dimensionerad att klara den största belastning som uppkommer i dagsläget oberoende av årstid. Även huvudsäkringarna iland som är 125A bör undersökas om de räcker till eller behövs bytas ut, samt kostnaderna för detta.

En noggrann effektmätning bör göras ombord för att bekräfta effektbehovet som finns vid den öppna överfarten.

Man borde även göra en undersökning av klassningsregler. Kan det finnas något som orsakar problem vid den sorts av installationer? Hur ska automatiken fungera när vi har det tänkta driftupplägget? Vad ska starta ifall huvudmaskinen som har den direkta mekaniska överföringen skulle få en driftstörning och orsaka att vi tappat framdrift i både för och akter, osv?

KÄLLFÖRTECKNING

Andersson, T. (2015). *TA Driffteknik*. Hämtat från Maskinsystem ombord: <http://www.ta-driffteknik.se/wp-content/uploads/2015/07/Maskinsystem-ombord.pdf>

Drives and Automation. (2017). *Nema*. Hämtat från Drives and Automation: <http://www.drivesandautomation.co.uk/useful-information/nema-insulation-classes/>

Erämetsä, K. (den 18 Mars 2019). Information angående landström, Maskinchef Skarven.

Eriksson, M. (2019). Uppdragsgivare och kontakt person, Teknisk inspektör för Ålands landskapsregering.

Finnish Meteorological Institute. (den 15 January 2019). Nyhamn, Lemland station, Windspeed/directions.

Gozuk. (2019). *What is Frequency Converter? How it works?* Hämtat från Gozuk: <http://www.frequencyinverter.org/what-is-frequency-converter-how-it-works-631601.html>

Mannes, S. (2019). Information angående enhet och installation, Power Conversion Services.

Marine Traffic. (den 21 Mars 2019). *Map*. Hämtat från Marine Traffic: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:20.327/centery:60.049/zoom:13>

Skarven. (2015-2018). *Maskinrapporteringar*.

Wärtsilä. (2016). *Diesel-Electric Propulsion systems*. Hämtat från www.wartsila.com: https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/electric-propulsion-and-drives/brochure-o-ea-diesel-electric-propulsion-systems.pdf?sfvrsn=15f6ae45_6

Wärtsilä. (den 7 November 2018). *Produktguide*. Hämtat från Wärtsilä: https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/product-guide-o-e-w20.pdf?utm_source=engines&utm_medium=dieselenines&utm_term=w20&utm_content=productguide&utm_campaign=msleadscoring

Wärtsilä. (2018). *Technical Description, Hybrid solution*. Wärtsilä.

Bilagor

Bilaga 1: MIP

Bilaga 2: SFOC

Bilaga 3: Service

Bilaga 4: Bränsle

Bilaga 5: Bunker specifikation

Bilaga 6: Boxkylar specifikation

MIP

d	0.2	m
l	0.28	m
Cyl	9	st
Takt	0.5	
Slagvolym	0.00880	m ³
Motoreffekt	1800	kW
Mek η	0.9	
Densitet	840	g/l
Kompressionsförhållande	15	
Kompressions volym	0.000629	m ³

$$\text{MEP} = \text{MIP} * \text{Mek } \eta$$

$$\text{Pe} = \text{Cyl} * \text{Takt} * \text{Slagvolym} * \text{MEP} * \eta / \text{sek}$$

Uträkning från uppmätt tryck

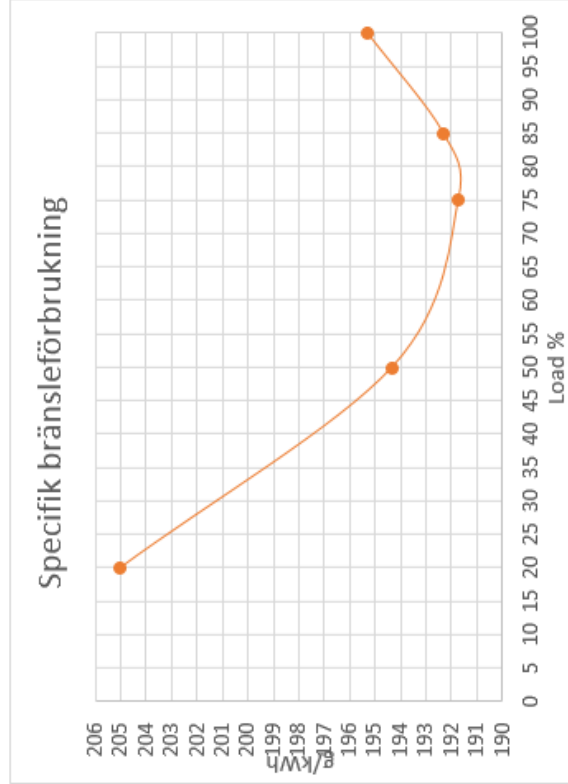
	n (rpm)	n (1/sek)	MIP (bar)	MEP (bar)	Pe (kW)	Load (%)	Fuel (l/h)	SFOC (g/kWh)
HM akter normal körning	937	15.6	20.4	18.3	1134	63.0	160.0	118.6
HM för normal körning	873	14.6	15.0	13.5	775	43.1	100.0	108.4
HM hård körning	1001	16.7	26.8	24.1	1591	88.4	254.0	134.1

Uträkning genom specifik bränsleförbrukning från Wärtsilä 20 product guide

Densitet	840 g/l
Motoreffekt	1800 kW
Värmevärde	36 Mj/l
Elförbrukning	85 kW
Verkningsgrad elmotor och koppling	0,9

	Fuel (l/h)	SFOC (g/kWh)	Pe (kW)	Load %	η et
HM akter normal körning	160	198,18	678	37,7	0,424
HM för normal körning	100	203,86	412	22,9	0,412
HM 1&2 tillsammans	260	200,33	1090	60,6	0,419
HM hård körning	254	192,50	1108	61,6	0,436
HM PTO/PTI normal körning	279	191,95	1221	67,8	0,438

Wärtsilä 9L20		AE/DE	AE/DE	ME	ME
Cylinder output	kW	185	200	200	200
Engine speed	RPM	900	1000	1000	1000
Speed mode		Constant	Variable	Constant	Constant
MDF viscosity, min.	cSt	1.8	1.8	1.8	1.8
Max. MDF temperature before engine (TE 01)	°C	45	45	45	45
Fuel consumption at 100% load, HFO	g/kWh	195.6	196.3	196.3	196.3
Fuel consumption at 85% load, HFO	g/kWh	194.3	195.9	193.1	195.9
Fuel consumption at 75% load, HFO	g/kWh	193.0	195.8	192.5	195.8
Fuel consumption at 50% load, HFO	g/kWh	198.3	199.9	194.8	200.4
Fuel consumption at 100% load, MDF	g/kWh	194.7	195.3	195.3	195.3
Fuel consumption at 85% load, MDF	g/kWh	193.4	195.0	192.3	195.0
Fuel consumption at 75% load, MDF	g/kWh	192.3	195.0	191.7	195.0
Fuel consumption at 50% load, MDF	g/kWh	197.8	199.4	194.3	199.9



Service

HIM	Intervall (h)	Intervall (år)	Intervalltid/år	Pris (€)	Pris/år (€/år)	Pris/år (€/år) tot.	Pris/år (€/år) tot.
Bränslepump halning	20000	8.0	0.125	10800	1350	2700	5184
Bränsleventil	4000	1.6	0.625	1580	987	1974	3791
Kolv/topplock halning	20000	8.0	0.125	102461	12808	25615	49181
Turbinhalning	12000	4.8	0.21	6667	1389	2778	5334
Regulator	20000	8.0	0.13	6000	750	1500	2880
Ht/Lt/Smo pumphalning	8000	3.2	0.31	12000	3750	7500	14400
Startmotor	15000	6.0	0.17	10000	1667	3333	6400
				Total		45401	87170
				Inbesparing/år		41769	

Efter ombyggnation
550 h/mån/Hjm
6600 h/år/Hjm
150 h/mån/Hjm
1800 h/år/2Hjm
900 h/år/1Hjm

Nuvarande drift
400 h/mån/1HM
4800 h/år/1HM
200 h/år2HM
5000 h/år
2500 h/år/1HM

Hjm							
Kolvhalning	25000	27.8	0.04	15000	540	1080	3960
Smörjolja och filterbyte	350	0.4	2.57	70	180	360	1320
Bränslefilter	600	0.7	1.50	10	15	30	110
				Total		1470	5390
				Inbesparing/år		3920	

Total inbesparing	45689
--------------------------	--------------

Bränsle

Nuvarande drift
Efter ombyggnation

9600	h/år HM
4800	h/år HM
107,5	l/h/HM
215	l/h/2HM
230,7	l/h/HM
240	l/h/2HM

Normal körning
Normal körning
Körning vid vind

550	h/mån/Hjm
6600	h/år/Hjm
150	h/mån/Hjm
1800	h/år/Hjm
28	l/h/Hjm

1,07	Förbruknings faktor
450	€/m ³ (Bränslepris)

HM förbrukning /år	1032	m ³
Hjm förbrukning/år	184,8	m ³
Total	1217	m ³
Kostnad	547560	€
HM förbrukning /år	1107	m ³
HM förbrukning /år vind	48	m ³
Hjm förbrukning/år	50,4	m ³
Total	1206	m ³
Kostnad	542645	€
Minskad förbrukning	11	m ³
Bränsle besparing/år	4915	€
Bränsle besparing 30 år	147441	€

Bilaga 5



Päivitetty: 1.1.2012 1 (2)

TUOTETIEDOTE POLTTOÖLJY -5/-15 Lämmitys- ja moottorikäyttöön LYHENNE: St1 Opti kesä	PRODUKTDATA BRÄNNOLJA -5/-15 För uppvärmings – och diesel motorbruk FÖRKORTNING: St1 Opti sommer	PRODUCT DATA SHEET DIESEL FOR NON-ROAD USE -5/-15 For heating – and diesel engine use ABBREVIATION: St1 Opti summer
---	---	---

	Yksikkö Enhet Unit	Laaturaja Kvalitetskrav Specification		Tyypillinen arvo Typvärde Typical analysis	Määrittäminen Testmetod ¹⁾ Test method ¹⁾
		min.	max.		
Rikki Svavelhalt Sulphur content	mg/kg		10	5	EN ISO 20846 D 3120
Tislaus, Destillation, Distillation Haittunut, Förångat, Recovered 180 °C:ssa, vid 180 °C, at 180 °C	til.-% vol.-% % v/v		10	1	EN ISO 3405
250 °C:ssa, vid 250 °C, at 250 °C	til.-% vol.-% % v/v		65	28	
350 °C:ssa, vid 350 °C, at 350 °C	til.-% vol.-% % v/v	85		97	
95 % piste	°C		360	340	
Leimahduspiste ²⁾ Flampunkt ²⁾ Flash point ²⁾	°C	60		65	EN ISO 2719
Tiheys, 15 °C Densitet vid 15 °C Density at 15 °C	kg/m ³	820,0	845,0	840	EN ISO 12185
Tehollinen lämpöarvo, laskettu Effektivt värmevärde, beräknat Net heat of combustion, calculated	MJ/l			36,0	NM 119
Viskositeetti, 40 °C Viskositet vid 40 °C Viscosity at 40 °C	mm ² /s	2,00	4,50	3,1	EN ISO 3104
Samepiste Grumlings temperatur Cloud point	°C		0 ³⁾ -5 ⁴⁾	-0 (1.5.-31.8.) -5 (1.9.-30.4.)	EN 23015 D 5773 NM 473
Suodatettavuus Filterbarhetsstemperatur CFPP	°C		-10 ³⁾ -15 ⁴⁾	-10 (1.5.-31.8.) -15 (1.9.-30.4.)	EN 116
Setaani-indeksi Cetaniindex Cetane index		46,0		54	EN ISO 4264
Setaaniluku Cetantal Cetane number		51,0		53	EN 15195 EN ISO 5165 D 6890
Hilkojäännös 10 % pohjasta Kokstet av 10 % återstod Carbon residue on 10 % distillation residue	p-% mass-% % m/m		0,30	< 0,01	EN ISO 10370
Kuparikorroosio Kopparkorrosion Copper strip corrosion			1	1	EN ISO 2160
Vesi Vatten Water content	mg/kg		200	60	EN ISO 12937
Tuhka Askhalt Ash content	p-% mass-% % m/m		0,01	< 0,001	EN ISO 6245

St1 Opti kesä	Yksikkö Enhet	Laaturaja Kvalitetskrav Specification		Tyypillinen arvo Typvärde Typical analysis	Määritysmenetelmä ¹⁾ Testmetod ¹⁾ Test method ¹⁾
		min.	max.		
Sedimentti Sediment Total contamination	mg/kg		24	< 5	EN 12662
Häpetuskestävyys Oxidations stabilitet Oxidation stability	g/m ³		25	< 5	EN ISO 12205
Polyaromaatit Polyaromater Polyaromatics	p-% mass-% % m/m		8,0	2	EN 12916
Voitelevuus / HFRR Smörjbarhet / HFRR Lubricity / HFRR	µm		460	360	EN ISO 12156-1
Biokomponentit ⁴⁾ Biokomponenter ⁴⁾ Biocomponents ⁴⁾	til-% vol-% % v/v			Ilmoitetaan Rapporteras To be reported	
Väri ja ulkonäkö ²⁾ Färg och utseende ²⁾ Appearance ²⁾	Punainen, kirkas, ei kiinteitä epäpuhtauksia Röd, klar och blank Red, clear and bright				D 4176-2

¹⁾ D-numero viittaa ASTM-menetelmään

¹⁾ D-nummer hänvisar till ASTM-metod

¹⁾ D- number refers to ASTM-method

²⁾ Asetus 59/99

²⁾ Förordning 59/99

²⁾ Regulation 59/99

³⁾ Asetus 815/2004

³⁾ Förordning 815/2004

³⁾ Regulation 815/2004

⁴⁾ HÖYLÄ 3 Energiotehokkuussopimus, laskennallinen keskiarvo

⁴⁾ HÖYLÄ 3 Avtalet, beräknat medelvärde

⁴⁾ HÖYLÄ 3 Agreement, calculated average

Tuote sisältää korroosiota estävän ja sähköjohtavuutta parantavan lisäaineen sekä voitelevuuslisäaineen.

Produkten innehåller additiv, som förhindrar korrosion samt förbättrar konduktivitet och smörjbarhet.

The product contains additive, which prevents corrosion and improves conductivity and lubricity.

Tuote täyttää Vna:n 1206/2010:n ja SFS-EN 590 kylmäominaisuusluokan E (A-D) sekä direktiivin 2009/30/EY vaatimukset.

Produkten uppfyller förordningen 1206/2010 och SFS-EN 590 klass E (A-D) samt direktiv 2009/30/EG.

The product meets regulation 1206/2010, SFS-EN 590 grade E (A-D) and directive 2009/30/EC.

⁴⁾ Tuote PÖ0/10 jakelussa 1.5. - 31.8. ja PÖ5/15 jakelussa 1.9. - 30.4.

⁴⁾ Produkten PÖ0/10 distribueras 1.5. - 31.8. och PÖ5/15 distribueras 1.9. - 30.4.

⁴⁾ The product PÖ0/10 will be delivered from 1.5. to 31.8. and PÖ5/15 from 1.9. to 30.4.

Spesifikaation tulkinnaissa käytetään ISO 4259:n mukaista käytäntöä.

Produktspecificikationen tolkas i enlighet med proceduren beskriven i ISO 4259.

The product will comply with the specification according to the procedures described in ISO 4259.

Käyttöturvallisuuden osalta viittaamme St1 Oy:n julkaisemiin käyttöturvallisuustiedotteisiin sekä tuotteiden käyttöä koskeviin oppaisiin.

Angående skyddsinformation hänvisar vi till skyddsinformationsblad publicerade av St1 Oy samt till produktemas bruksanvisningar.

Concerning safe use of the products, we refer to the Safety Data Sheets and User's Guides published by St1 Oy.

TIEDUSTELUT
St1 Oy
PL 100
00381 HELSINKI

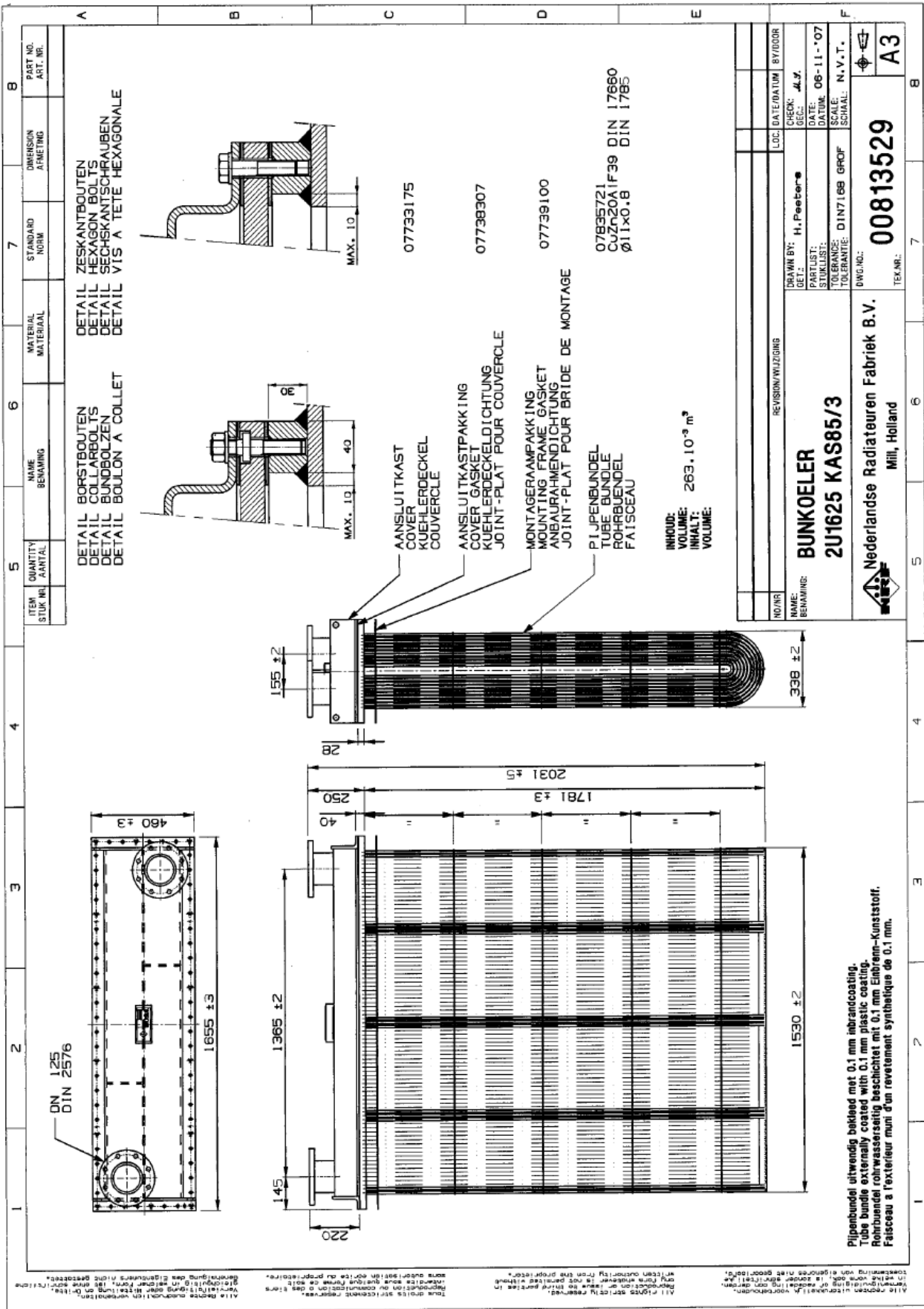
FÖRFRÅGNINGAR
St1 Oy
PB 100
FIN-00381 HELSINKI, Finland

INQUIRIES
St1 Oy
POB 100
FIN-00381 HELSINKI, Finland

Puhelin 010 557 11

Telefon 010 557 11 eller
+358 10 557 11

Phone +358 10 557 11





NRF B. V.
Mill, Netherlands
Tel.: 31 (0)485-476476 Fax.: 31 (0)485-476405



BOXCOOLER SPECIFICATION SHEET

01 Ref. : Wartsila 9L20 (150% capacity) project nr. : 06.1060.14
02 date : 13-04-2007
03

04 TYPE : 2U1625 KAS85/3

05		SECTION 1	SECTION 2	SECTION 3	
06	HEAT EXCHANGED	2010			kW
07	Reserve percentage	10			%
08	Cooling surface	105,89			m ²
09	Fluid circulated	Water			
10	Quantity total	77,0			m ³ /h
11	Quantity through bundle	77,0			m ³ /h
12	Inlettemperature	60,8			°C
13	Outlettemperature	38,0			°C
14	Pressure drop	0,19			bar
15	Rawwatertemperature, max.	25			°C
16	Cruising speed	5,0			km/h

17 CONSTRUCTION

18	Test pressure	5			barg
19	Volume boxcooler	263			L
20	Connections	DN 125			
21	according	DIN 2576			

22	Tubes		Al.brass (see remarks)			
23		Dim.	11,0 x 0,8 (DIN 1785)			
24	Tubesheet		Muntzmetal (see remarks)			
25	Tube-tubesheet attachment		Roller-expanded			
26	Support		Brass			
27	Waterbox		Steel			
28	Anode					
29	Mounting frame		Solid steel 40 x 30 mm			
30	Weight, empty		917			kg

31	Drawing	4AB20 (for dimensions only)			
32					
33					
34					
35					
36	Remarks	Boxcooler on raw water side treated with 0,1 mm baked on plastic lining			
37					
38					
39					
40					
41					
42					