

KONVERTERING AV M/S BÄRÖ TILL DIESELELEKTRISK FRAMDRIFT

Anton Westerberg, Henrik Larsson



2022:27

Datum för godkännande: 13.05.2022
Handledare: Mats Åsgård

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Maskinteknik
Författare:	Anton Westerberg, Henrik Larsson
Arbetets namn:	Konvertering av M/S Bärö till dieselelektrisk framdrift
Handledare:	Mats Åsgård
Uppdragsgivare:	Ansgar AB

Abstrakt

Detta arbete är en undersökning av möjlighet för konvertering till dieselelektrisk framdrift på M/S Bärö, som är en liten RoRo-passagerarfärja. Syftet är att öka manöverförmågan och hitta en installation som är lämplig för konverteringen. Målet är att presentera en lösning på hur en dieselelektrisk konvertering skulle kunna gå till samt vilka nya komponenter som krävs och priset av dessa.

Nyckelord (sökord)

Dieselelektrisk, Framdrift, Bärö

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
2022:27	1458-1531	Svenska	61 sidor

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum för godkännande:
28.04.2022	13.05.2022	13.05.2022

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Study program:	Bachelor of Engineering
Author:	Anton Westerberg, Henrik Larsson
Title:	Conversion of M/S Bärö to diesel-electric propulsion
Academic Supervisor:	Mats Åsgård
Technical Supervisor:	Ansgar AB

Abstract

This thesis is an investigation of the possibility of diesel-electric propulsion conversion on M/S Bärö, which is a small RoRo-passenger ferry. The purpose is to increase the maneuverability and find a solution that is suitable for the conversion. The goal is to find a solution for how a diesel-electric conversion could be done and what new components are required and the prices of them.

Keywords

Diesel-electric, Propulsion, Bärö

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
2022:27	1458-1531	Swedish	61 pages

Handed in:	Date of presentation:	Approved on:
28.04.2022	13.05.2022	13.05.2022

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Frågeställning	8
1.3 Avgränsningar	8
1.4 Metoder	9
1.5 Fartygsspecifikation	9
1.6 Nulägesanalys	10
1.7 Definitioner	13
2. RITNINGAR	14
3. VARFÖR DIESELELEKTRISK DRIFT?	15
3.1 Effektivitet	15
3.2 FPP	15
3.3 CPP	15
3.4 Dieselelektriskt	16
4. KOMPONENTER	17
4.1 Genset	17
4.1.1 Allmänt	17
4.1.2 Frågeställningar och problem	17
4.2 Framdriftsmotor	17
4.2.2 Frågeställningar och problem	17
5. FÖRSLAG PÅ NYA KOMPONENTER	19
5.1 Genset	19
5.1.2 Vatten- eller luftkyld generator	20

5.1.3 Spänningsreglering	20
5.1.4 Kringutrustning	21
5.2 Elmotor	21
5.2.1 Siemens SIMOTICS	21
5.2.3 Vridmoment	22
Vridmoment Wärtsilä 414T	22
Vridmoment Siemens 1LE5504 SIMOTIC	23
Vridmomentförändring	23
5.2.4 Bränsleförbrukning	23
6. M ASKINRUMSARRANGEMANG	25
6.1 Allmänt	25
6.2 Ritningar	25
6.3 Placering	25
6.4 Alternativ ett	25
6.4.1 Fördelar	25
6.6 Alternativ två	26
6.6.1 Fördelar	27
7. FÖRSLAG PÅ LÖSNINGAR	28
7.1 Förkortningar betydelse	28
SOCOMEK	28
ILC	28
ALM+AIM	28
V	28
MoMo	28
Shore supply	28
7.2 Förslag ett	28

7.2.2 Fördelar	29
7.2.3 Nackdelar	30
7.3 Förslag två	30
7.3.1 Fördelar	30
7.3.2 Nackdelar	31
8. SAKER ATT TA HÄNSYN TILL	32
8.1 Remdrift	32
8.2. Fundament	32
8.3. Drift i lutande läge	33
8.4 Maskinrumsventilation	34
8.5 Startluft	35
8.6 Propelleraxelhållfasthet	35
8.7 Hjälpmotorer	37
8.8 PRISSAMMANSTÄLLNING	37
9. AVGASRÖRDRAGNING	38
10. LASTHASTIGHET	40
11. SLUTSATS	41
11.1 Vidare undersökningar	41
KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTECKNING	42
BILAGOR	44
Bilaga 1 Testkörningsprotokoll 414T	44
Bilaga 2 Ritningar över nuvarande arrangemang	45
Bilaga 3 Ritningar över nuvarande arrangemang utan rör	46
Bilaga 4 Exempel på originalritning	47
Bilaga 5 Genset offert	48
Bilaga 6 Elmotorer offert	49

Bilaga 7 Alternativ ett på nytt maskinrumsarrangemang	50
Bilaga 8 Alternativ två på nytt maskinrumsarrangemang	51
Bilaga 9 Förslag ett Siemens	52
Bilaga 10 Förslag två Siemens	53
Bilaga 11 Remdrift offert	54
Bilaga 12 Optibelt remmar	55
Bilaga 13 Gensetets placering	57
Bilaga 14 Max tillåtna slagsidor	58
Bilaga 15 Förslag över ny avgasrördragning	59
Bilaga 16 B-B vy över ny avgasrördragning	60
Bilaga 17 Wärtsiläs rekommendation på installation av avgasrör	61

1. INLEDNING

Detta slutarbete är en undersökning av möjligheten till att konvertera Ansgar AB:s skärgårdsfärja M/S Bärö från dieselmekanisk framdrift till dieselelektrisk framdrift. Målsättningen är att ta fram ett förslag över hur detta skulle kunna gå till och lösa de problem som kan uppstå. Vi kommer att vara i kontakt med olika företag för att få fram lösningar.

1.1 Bakgrund

Bakgrunden för detta arbete är att nuvarande framdriftssystem är gammalt vilket gör det svårt att hitta reservdelar. De huvudsakliga problemen är den höga bränsleförbrukningen i förhållande till effektuttaget. Problemet med bränsleförbrukningen beror på att de två huvudmotorerna har en stor slagvolym och bygger på gammal teknik. Den specifika bränsleförbrukningen för Wärtsilä 414T är 219,1 g/kWh per motor vid MCR (Testkörningsprotokoll Vasa Mek. Verkstad) (bilaga 1). Problemet är som störst under hamnanlöp då man önskar ett högre effektuttag.

1.2 Frågeställning

Syftet med detta arbete är att göra en undersökning om det är möjligt att konvertera om M/S Bärö till dieselelektrisk framdrift. Detta genom att slopa de nuvarande huvudmotorerna samt växeln och ersätta dessa med en generator samt frekvensstyrda elmotorer. Detta undersöks främst för att se om bränsleförbrukningen minskar genom att öka verkningsgraden samt ge bättre manöverförmåga.

1.3 Avgränsningar

Arbetet kommer att avgränsa sig till maskinrummet och dess utrustning. Vi kommer att fokusera på att undersöka möjligheterna till dieselelektrisk drift samt ta fram förslag på passande lösningar och komponenter.

1.4 Metoder

I detta arbete har vi använt oss av ritningar samt varit i kontakt med leverantörer av den utrustning som krävs för detta projekt. Eftersom fartyget är gammalt och det inte finns originalritningar i CAD har en stor insats gjorts för att rita upp dessa för att kunna uppskatta utrymmet och placering för ny utrustning i maskinrummet.

1.5 Fartygsspecifikation

- Byggnadsår: 1968
- Byggd av: OY Wärtsilä AB, Vasa
- Total längd: 48,5 m
- Bredd: 10 m
- Dödvikt: 160 t
- GT: 273
- Antal personbilar: 27 st
- Fart: 9 knop
- Huvudmaskineri: 2 x Wärtsilä 414T á 301 kW
- Hjälpmotorer: 2 x SisuDiesel á 37 kW
- Propelleranordning: 2 x KaMeWa Nepa 50
- Senaste trafik: Enklinge-Kumlinge i Ålands skärgård



Bild 1: M/S Bärö i Kumlinge, (Asklander, 2015).

1.6 Nulägesanalys

Idag drivs fartyget med hjälp av två Wärtsilä 414T tillverkade 1968 (se bild 2).



Bild 2: Wärtsilä 414T.

Framdriften sker med hjälp av en koppling för vardera motor samt remskivor som tar ner utväxlingen på propelleraxeln. Kraftöverföringen sker med hjälp av kilremmar som är kopplade till remhjul på propelleraxeln (se bild 3).

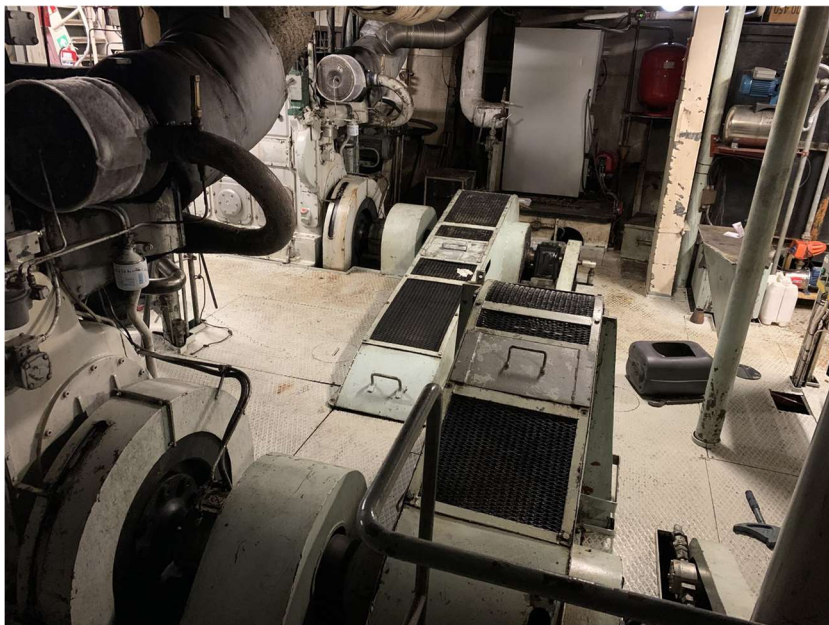


Bild 3: De två huvudmaskinerna med skydden för remmarna.

Propelleraxeln är genomgående och det sitter en propeller med ställbara blad i vardera ända av fartyget (se bild 4).

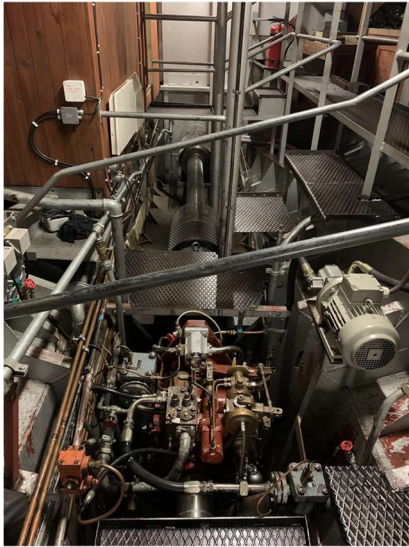
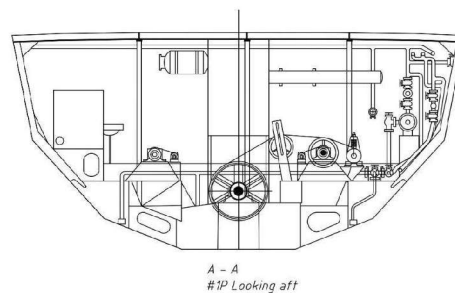
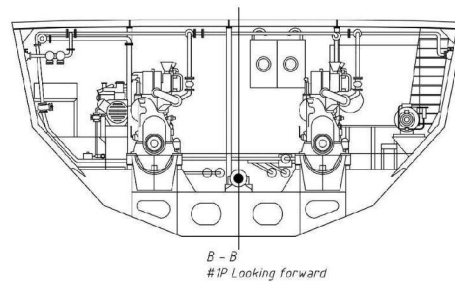
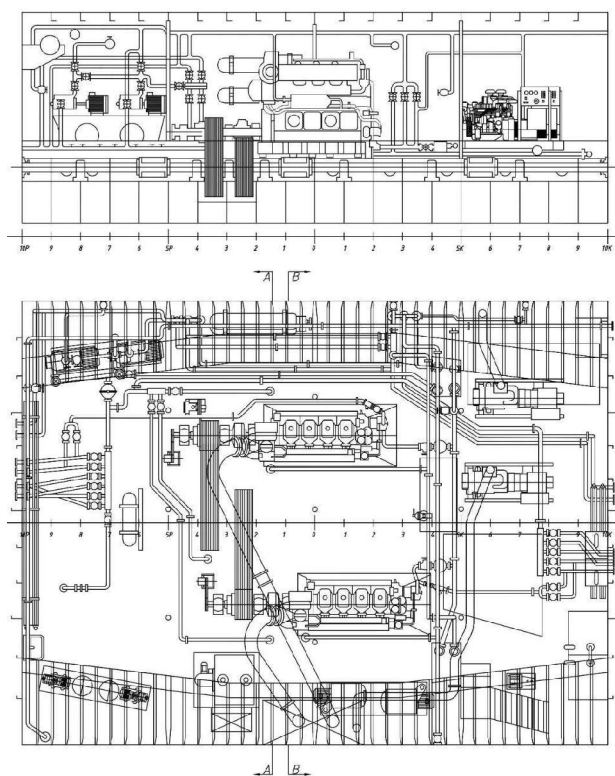


Bild 4: Propelleraxeln med OD-boxen i fören.

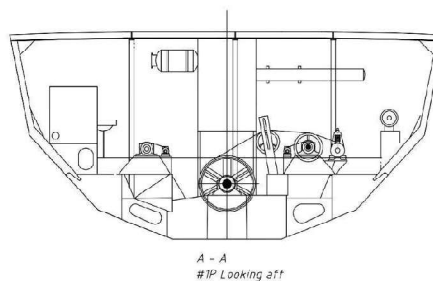
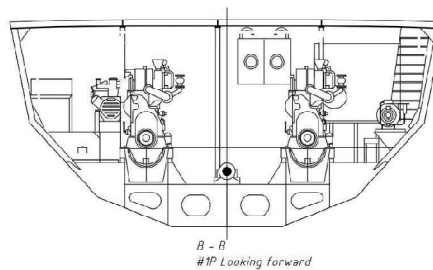
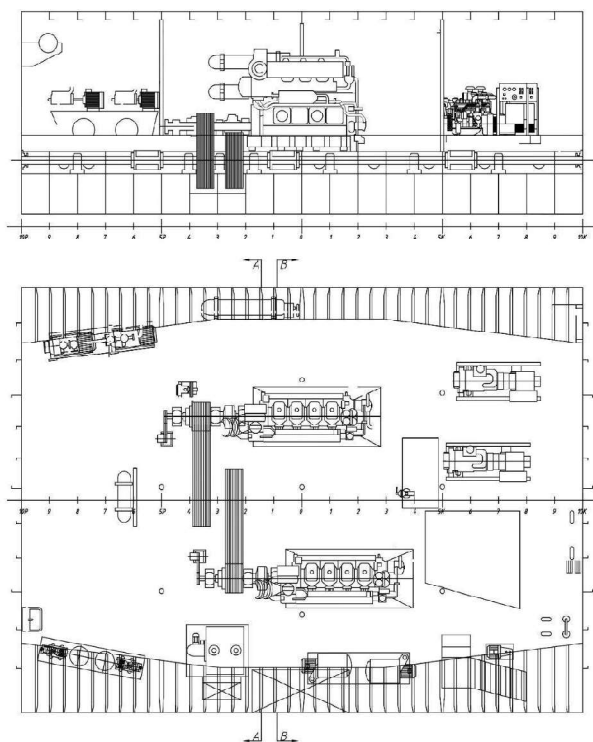
Utöver propellern sitter det även ett roder i vardera ända. Elkraften genereras med hjälp av två mindre SisuDiesel-generatorer vardera om 37 kW styck (se bild 5). Hela befintliga maskinrumsarrangemanget kan man se på ritningen nedan (se figur 6 och 7), (bilaga 2 och 3).



Bild 5: Nuvarande generatorer.



Figur 6: Ritning över nuvarande arrangemang.



Figur 7: Ritning över nuvarande arrangemang, utan rör och dolda linjer.

1.7 Definitioner

Axeleffekt- Den effekten motorn levererar till vevaxeln.

CAD- Ritprogrammet AutoCAD.

CPP- Controllable Pitch Propeller, är en propeller där bladvinkel är ställbar.

Dieselelektriskt- Dieselmotorer driver en elgenerator som i sin tur driver elmotorer.

Durk- är golvet på fartyg samt fritidsbåtar

Elektrisk spänning- Skillnaden i elektrisk potential mellan två punkter i en elektrisk krets.

Frekvens- Storhet för antalet repeterande händelser inom ett givet tidsintervall.

FPP- Fixed pitch propeller, är en propeller med fasta bladvinklar.

Fundament- ett underlag där utrustning kan placeras

Genset- Motor ihopkopplad med en generator som används för att producera elkraft.

Isenkron last- Tillåter flera kraftkällor att arbeta på en gemensam buss, bussbelastningen kan variera från 0 till den totala generatorkapaciteten utan avvikelse i bussfrekvensen.

Lasthastighet- Hur fort man får belasta motorn med avseende på effekt.

MCR- Maximala effektuttaget av en motor vid kontinuerlig drift. Alltid 100% om inget annat anges.

Påhängspump- Pump som är monterad på motorn samt drivs av den.

SFOC- Specifika bränsleförbrukningen, beskriver hur mycket bränsle en motor använder för att producera 1 kWh energi.

Sträckgräns- den högsta spänningen ett material klarar av utan att deformeras plastiskt

Synkrogenerator- En generator som producerar växelspanning.

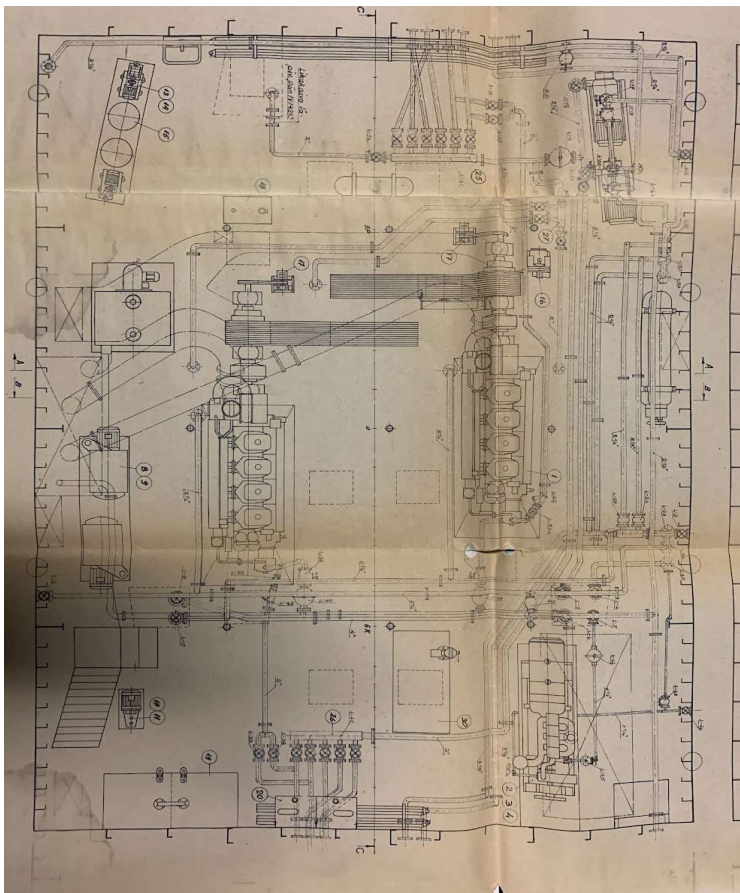
Verkningsgrad- Förhållandet mellan nyttiggjord och tillförd energi i ett system.

V-motor- Är en förbränningsmotor som har två cylinderrader som är placerade i vinkel mot varandra med vevaxeln i vinkelns spets.

Vridmoment- Ett mått på en krafts förmåga att vrida ett objekt kring en viss axel.

2. RITNINGAR

En stor del av arbetet har bestått av att få fram ritningar då originalritningarna endast finns i A1 pappersformat (figur 8). Genom att skanna in originalritningar med en skanner har vi kunnat få in dem i ritprogrammet. Flera inskanningar behövde göras på samtliga ritningar eftersom pappersritningarna var så stora att de inte kunde skannas hela. Därefter fick vi klippa ihop inskanningarna för att få kompletta ritningar i datorn. Efter att ritningarna blivit inskannade och insatta i CAD har vi skalat ritningen till verklig storlek med hjälp av referensmått. Ritningarna har sedan ritats av skalenligt samt att vi lagt in det nya kontrollrummet och två nyare hjälpkärror som bytt ut den hjälpkärren som fanns i originalritningarna. För att få in det nya kontrollrummet samt hjälpmotorerna i ritningarna har vi tagit mått med hjälp av måttband. Med hjälp av dessa ritningar har vi sedan kunnat få fram möjliga placeringar för de nya komponenterna. Ritningarna ger även möjlighet för att se hur de nya rören skulle kunna dras. Till sist har vi skalat ner ritningarna till 1:80 för att få rum med dem i en A3 ritram.



Figur 8: Exempel på en av originalritningarna, (bilaga 4).

3. VARFÖR DIESELELEKTRISK DRIFT?

3.1 Effektivitet

Effektiviteten på en fartygsdieselmotor kan variera kraftigt beroende på belastning. För alla olika belastningar finns ett optimalt varvtal för att dieselmotorn ska få ett så stort effektuttag som möjligt till minsta möjliga bränsleförbrukning, (Veneri et al., 2012).

3.2 FPP

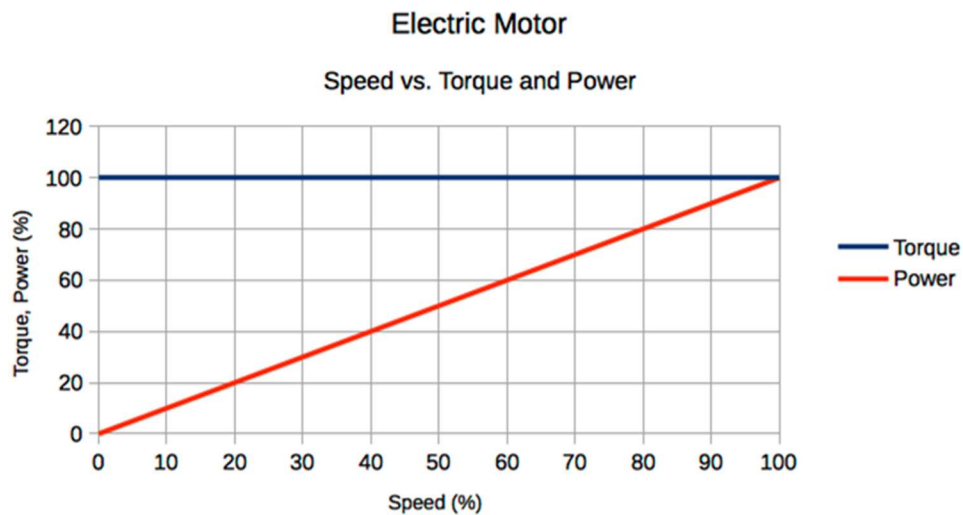
När “FPP” (Fixed Pitch Propeller) och mekanisk drift med koppling används uppnår man endast maximal verkningsgrad för dieselmotorn vid en specifik belastning. Vill man därmed sänka eller öka farten måste varvtalet för motorn minskas eller ökas vilket resulterar i att belastningen ändras och verkningsgraden sjunker, (Carlton, 2018).

3.3 CPP

Det andra alternativet är att använda sig av en “CPP” (Controllable Pitch Propeller). Detta gör det möjligt att justera stigningen på propellerbladen och därmed justera belastningen efter motorns varvtal så att en hög verkningsgrad upprätthålls. Nackdelarna med detta system är att det är dyrare i jämförelse med FPP. Verkningsgraden för CPP påverkas negativt då stigningen för propellerbladen ändras eftersom bladformen inte kan vara optimal för alla olika propellerstigningar, (Carlton, 2018).

3.4 Deselelektriskt

För att minska dessa problem kan man använda sig av dieselelektrisk framdrift. Elmotorer har närapå identisk verkningsgrad samt moment över hela dess register och kan således gå med önskat varvtal med få förluster. Fördelen med elmotorer är även att maximalt vridmoment kan uppnås från nästintill stillastående (figur 9).



Figur 9: Momentkurva för elmotor, (*Electric Motors - Torque vs. Power and Speed*, 2020).

4. KOMPONENTER

Konverteringen till dieselelektrisk framdrift kommer att kräva en hel del nya komponenter men även att det befintliga komponenterna är kompatibla med de nya. Vi kommer att ta fram förslag på passande komponenter och vad man bör tänka på men beslutet om vilka komponenter som sedan kommer att användas är upp till uppdragsgivaren.

4.1 Genset

Eftersom huvudmotorerna kommer att ersättas med en generator måste man ta en hel del i beaktande. Maskinrumsarrangemanget kommer att bli annorlunda då två huvudmotorer ersätts med en generator.

4.1.1 Allmänt

För att förse de nya elmotorerna med el behöver man installera en generator som klarar av att leverera en tillräckligt stor effekt. Det gäller att hitta en generator som får plats i maskinrummet och som är lämplig för uppgiften.

4.1.2 Frågeställningar och problem

Det finns många olika storlekar och modeller av generatorer att välja på. De som i första hand är avgörande är generatoreffekten. Man bör även fundera på om man vill ha en vattenkyld eller luftkyld generator. Då det råder brist om utrymme behöver man även hitta en generator som är tillräckligt liten för att få plats i maskinrummet.

4.2 Framdriftsmotor

Vi kommer att söka efter elektriska propulsionsmotorer som ska ersätta de nuvarande dieselmotorerna och driva propelleraxeln. Det gäller att hitta lämpliga elmotorer som passar för ändamålet. Här måste man hitta en elmotor som kan leverera tillräckligt med vridmoment vid rätt varvtal. Den bör även vara lämplig för fartygsinstallation.

4.2.2 Frågeställningar och problem

Som med generatoren finns det även för elmotorerna ett stort utbud av tillverkare och modeller. Man behöver hitta en modell som överensstämmer med vår applikation och våra

behov. Här har vi valt att utgå från Siemens komponenter då de har varit hjälpsamma med data och har ett stort utbud.

5. FÖRSLAG PÅ NYA KOMPONENTER

Eftersom fartyget idag drivs med två huvudmotorer kommer vårt förslag på lösning att använda sig av två elmotorer. Detta skulle underlätta vid en eventuell installation då man kan fortsätta att använda remdriften för propelleraxeln. Vårt förslag är att använda sig av två stycken frekvensstyrda elmotorer.

5.1 Genset

För att producera ström till de två elmotorerna kommer det behövas ett genset som är dimensionerad för att klara av att ge den rätta effekten. Vårt förslag är Wärtsilä 12V14 som klarar av en effekt på 750 kW (figur 11). Generatoren är en borstlös trefas synkrongenerator med inbyggd automatisk spänningsregulator. Detta genset ger vi som förslag eftersom effekten är passande för ändamålet samt att gensetets storlek är inom gränserna för vad som ryms i maskinrummet. Fördelen med storleken beror mest på att detta är en V motor vilket gör att den inte bygger lika mycket på längden som en rak motor. Offert finns att se under bilagor (bilaga 5).

Tabell 1: Gensetdata Wärtsilä 12V14

Motoreffekt	790 kW
Generatoreffekt	750 kW
Varvtal	1500 rpm
Frekvens	50 Hz
Spänning	418 V
Cos.phi	0,8
Lagertyp generator	Rullningslager
Inhägnad	IP23
Motortyp	V motor
Cylinderantal	12
Cylinderdiameter	135 mm
Slaglängd	157 mm
Volym	27 L

Antal ventiler	2 insugsventiler och 2 avgasventiler
Rotation	Moturs
Vikt	7,8 ton

Figur 10: Wärtsilä 12V14, (Wärtsilä 14, 2018).



Figur 11: Wärtsilä 12V14 utan generator, (Wärtsilä 14, 2018).

5.1.2 Vatten- eller luftkyld generator

Generatoren går att få i två olika utföranden, luftkyld eller vattenkyld. Vi har valt att använda oss av den luftkylda varianten då det innebär att inga nya pumpar samt rör behöver installeras vilket gör att kostnaden blir lägre. Generatoren kyls således med en axelmonterad fläkt som suger in luft från maskinrummet via luftfilter som sedan blåses tillbaka ut i maskinrummet. Den luftkylda varianten är större men detta ser vi inte som ett problem.

5.1.3 Spänningsreglering

Generatoren använder sig av en inbyggd spänningsreglering som kan reglera spänningen från ingen last till full last med en tolerans på $\pm 1\%$. Det är även möjligt att justera spänningen från den ursprungliga med $\pm 10\%$.

5.1.4 Kringutrustning

Motorn levereras med påhångs pumpar vilket skulle underlätta en installation då inga externa pumpar skulle behöva installeras. Påhängspumparna försörjer följande system:

bränslesystem, smörjoljesystem och kylvattensystem. Då skulle endast ny rördragning krävas för dessa system.

5.2 Elmotor

5.2.1 Siemens SIMOTICS

För framdriften skulle en rekommendation vara Siemens elmotorer från kategorin SIMOTICS. Det finns ett stort utbud av modeller för olika användningar, för detta projekt rekommenderas SIMOTICS SD, där SD står för Severe Duty (figur 12).



Figur 12: Siemens SIMOTICS SD elmotor, (SIMOTICS SD Severe Duty Motors, 2022).

Siemens SIMOTICS SD är lågspännings asynkronmotorer med hög pålitlighet och prestanda.

Dessa motorer är utvecklade för att fungera vid hög omgivningstemperatur under bildäck.

Offert finns under bilagor (bilaga 6) (SIMOTICS SD Severe Duty Motors, 2022).

Tabell 2: Motordata Siemens SIMOTICS 1LE5504

Effekt	315 kW
Max varvtal	750 rpm
Frekvens	50 Hz
Spänning	400 V

Inhägnad	IP 55
Skal	Gjutet stål
Polantal	8
Vikt	1660 kg

Figur 13: Motordata Siemens SIMOTICS 1LE5504, (SIMOTICS GP, SD, XP, DP Low-Voltage Motors, 2020).

5.2.3 Vridmoment

För att det ska vara möjligt att dra runt propelleraxel behöver erforderligt vridmoment uppnås. Vridmomentet får inte underskrida det vridmoment som befintliga motorer levererar idag. Därför behöver vi beräkna vridmomentet för det befintliga motorerna och jämföra det med de nya föreslagna elmotorerna. För att beräkna vridmomentet behöver vissa motordata användas samt varvtalet.

Vridmoment Wärtsilä 414T

Motordata: (Testkörningsprotokoll Vasa Mek. Verkstad) (Neptune M/L MERITUULI)

Axeffekt MCR (P)	264 kW
Varvtal (n)	750 rpm

$$Md_{414t} = \frac{9550 * P}{n}$$

$$Md_{414t} = \frac{9550 * 264 \text{ Kw}}{750 \text{ rpm}} = 3362 \text{ Nm}$$

Vridmoment Siemens 1LE5504 SIMOTIC

Motordata:

Axeleffekt MCR (P)	315 kW
Varvtal (n)	750 rpm

$$Md_{SIMOTIC} = \frac{9550 * P}{n}$$
$$Md_{SIMOTIC} = \frac{9550 * 315 \text{ Kw}}{750 \text{ rpm}} = 4011 \text{ Nm}$$

Vridmomentförändring

$$Md_{ökning} = Md_{SIMOTIC} - Md_{414T}$$
$$Md_{ökning} = 4011 \text{ Nm} - 3362 \text{ Nm} = 649 \text{ Nm}$$

De föreslagna elmotorerna kommer att kunna leverera 649 Nm högre vridmoment än de befintliga dieselmotorerna. Detta medför att mera kraft kommer att kunna levereras till propelleraxeln.

5.2.4 Bränsleförbrukning

Bränsleekonomin är en av faktorerna som gör att det nya gensetet är effektivare än originalmotorerna från 1968. Vi har tagit data från Wärtsiläs dokument där de noterat specifika bränsleförbrukningen (SFOC) för gensetet och vi har också testkörningsprotokoll av originalmotorerna. Här behöver man även tänka på att den specifika bränsleförbrukningen för de befintliga maskinerna är uppmätt för 54 år sedan. Skulle man göra en ny mätning idag skulle man med högsta sannolikhet få en högre specifik bränsleförbrukning p.g.a. slitage. (Babicz, 2015)

SFOC gamla Wärtsilä 414T: 219,1 g/kWh vid 100% MCR.

SFOC nya Wärtsilä 12V14: 205,0 g/kWh vid 85% MCR.

Skillnad: $219,1 \text{ g/kWh} - 205,0 \text{ g/kWh} = 14,1 \text{ g/kWh}$

Den skillnad i specifik bränsleförbrukning vi fått är vid 100% MCR för de nuvarande motorerna, medan värdet för det nya gensetet är vid 85% MCR. Den nya större motorn kommer dock inte att behöva gå på 100% MCR utan kommer att ha en belastning på runt 85% MCR vilket gör att man kan jämföra specifika bränsleförbrukningen på detta sätt.

6. MASKINRUMSARRANGEMANG

6.1 Allmänt

För att det ska vara möjligt att göra en konvertering behöver vi undersöka om det finns plats för de nya komponenterna. Detta har utförts med hjälp av skalenliga ritningar i CAD samt mått och dimensioner från tillverkarna. Ritningarna har tagits fram genom att skanna in originalritningarna som sedan ritats av, ingen lasermätning har utförts i detta skede.

6.2 Ritningar

Med hjälp av CAD-ritningarna har vi tagit fram förslag på placering av den nya utrustningen. Här finns det många olika alternativ över hur utrustningen skulle kunna placeras. Vi har valt att fokusera på att få fram en lösning som ger ett så servicevänligt upplägg som möjligt.

6.3 Placering

Placeringen av de nya komponenterna har varit en stor utmaning då det inte ryms in utan modifikationer. Vi har tagit fram två alternativ som vi anser skulle vara det smidigaste lösningarna för att uppfylla serviceområden och samtidigt undvika allt för stora ombyggnationer. Serviceområde är det fria område runt motorn Wärtsilä rekommenderar för att kunna göra grundläggande service på motorn.

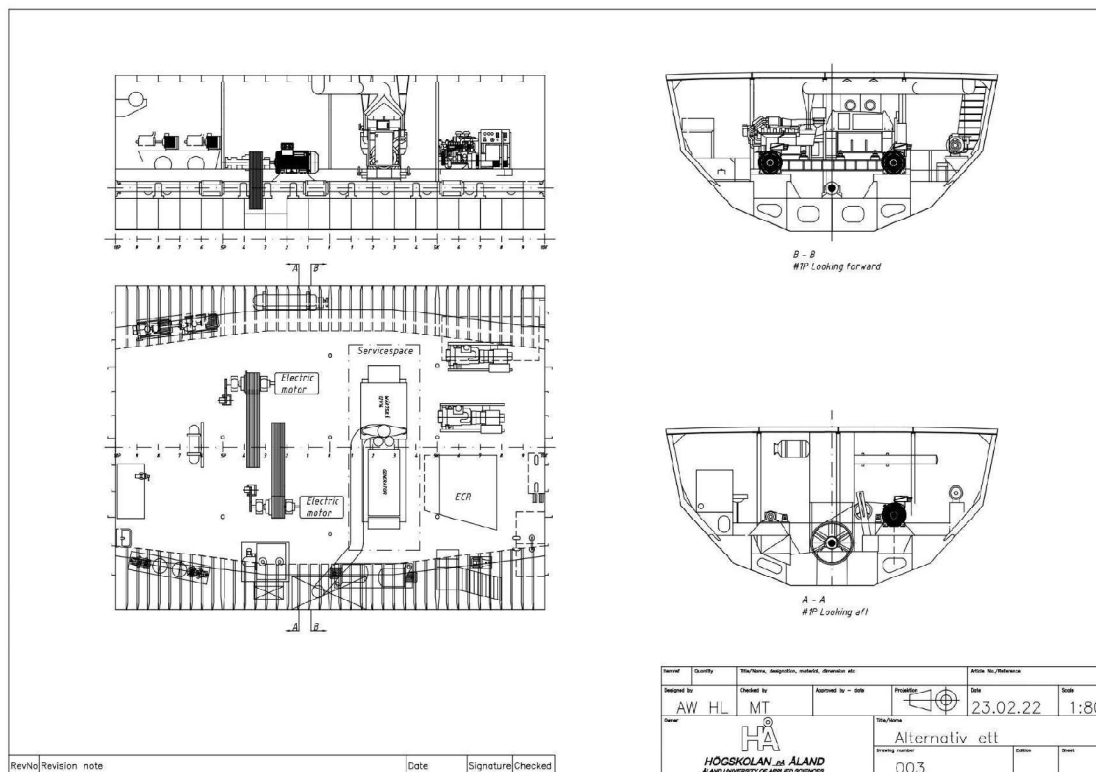
6.4 Alternativ ett

Alternativ ett skulle vara att placera generatoren tvärskepps utanför kontrollrummet. Detta skulle dock medföra att kontrollrummet måste kortas av då platsbrist för service annars skulle uppstå. I detta fall skulle vi rekommendera att man flyttar in kontrollrummets akterliga skott 410 mm så att man kommer förbi den bärande pelaren (se figur 14). Denna ombyggnad skulle resultera i att man uppfyller Wärtsiläs krav på "serviceområde".

6.4.1 Fördelar

Fördelen här skulle vara att man kan montera elmotorn på samma sida om remhjulet som i ursprungsupplägget. Detta skulle underlätta för att koppla ihop elmotorn med remdriften. Den

andra fördelen skulle vara att man inte behöver bygga om några bärande pelare (se figur 14, bilaga 7).



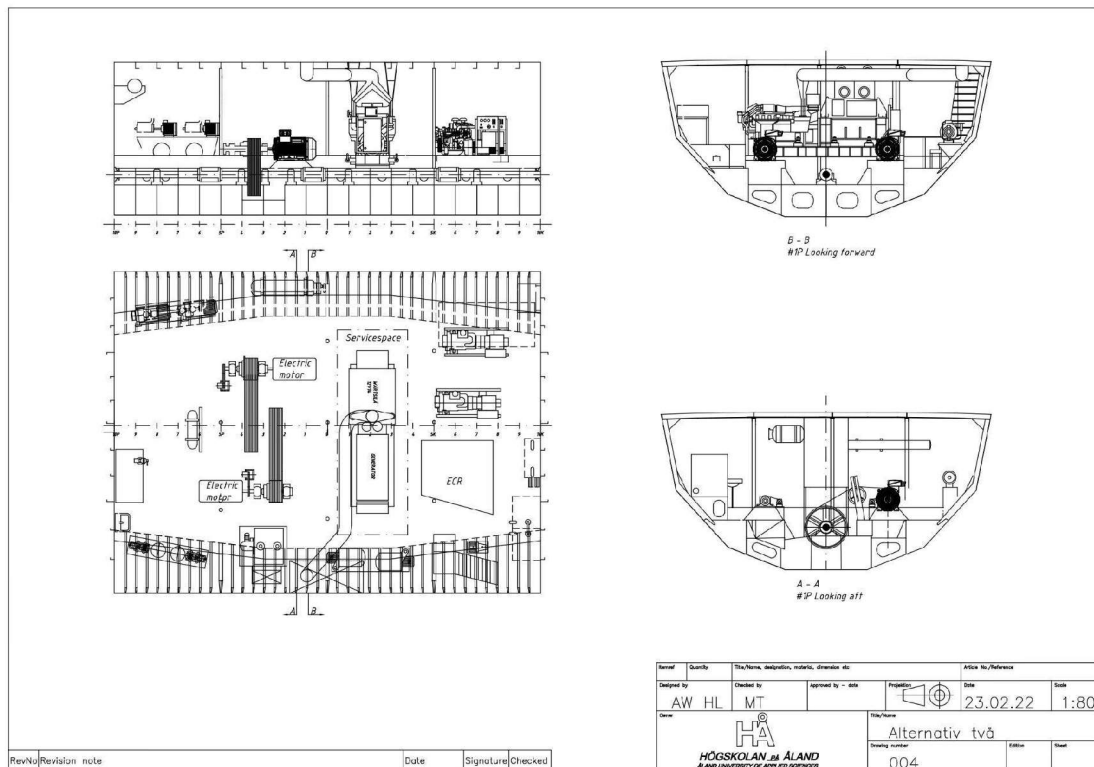
Figur 14: Alternativ ett på nytt maskinrumsarrangemang.

6.6 Alternativ två

Alternativ två skulle vara att placera generatorn på samma sätt som i alternativ ett men längre akterut (se figur 15, bilaga 8). Detta alternativ skulle dock medföra att man måste flytta styrbords elmotor akter om remhjulet. Här uppstår även problemet att pelare måste flyttas. För att få plats med elmotorn akter om remhjulet måste pelaren för tvärgående webben flyttas åt styrbord minst 250 mm för att inte krocka med elmotorn. Denna lösning skulle även medföra att axeln för remhjulet skulle behöva förlängas akterut för att kunna kopplas ihop med elmotorn.

6.6.1 Fördelar

Fördelen med detta upplägg skulle vara att man får mera rum mellan generatorn och elmotorn. Detta skulle ge ett mera servicevänligt upplägg, (figur 15).



Figur 15: Alternativ två på nytt maskinrumsarrangemang.

7. FÖRSLAG PÅ LÖSNINGAR

Efter att ha varit i kontakt med ett antal tillverkare anser vi att Siemens har kommit med det bästa förslaget på lösning. Vi har valt att förhålla oss till deras elektriska komponenter då det har ett stort utbud och många valmöjligheter. Med deras lösning kan även den befintliga remdriften behållas.

7.1 Förkortningar betydelse

SOCOME

SOCOME Fuserbloc LMDC är en kombinerad brytare och säkringshållare med integrerad förspänning.

ILC

Intelligent Load Control (ILC) är en snabb halvledarswitch för att säkerställa att en kortslutning på ena sidan inte påverkar den andra sidan.

ALM+AIM

Active Line Module (ALM) + Active Interface Module (AIM). Likriktare av landströmmen med filtrering av övertoner.

V

Spänningsmätare för synkronisering mot landström.

MoMo

Motor Module, växelriktare av strömmen till elmotorerna.

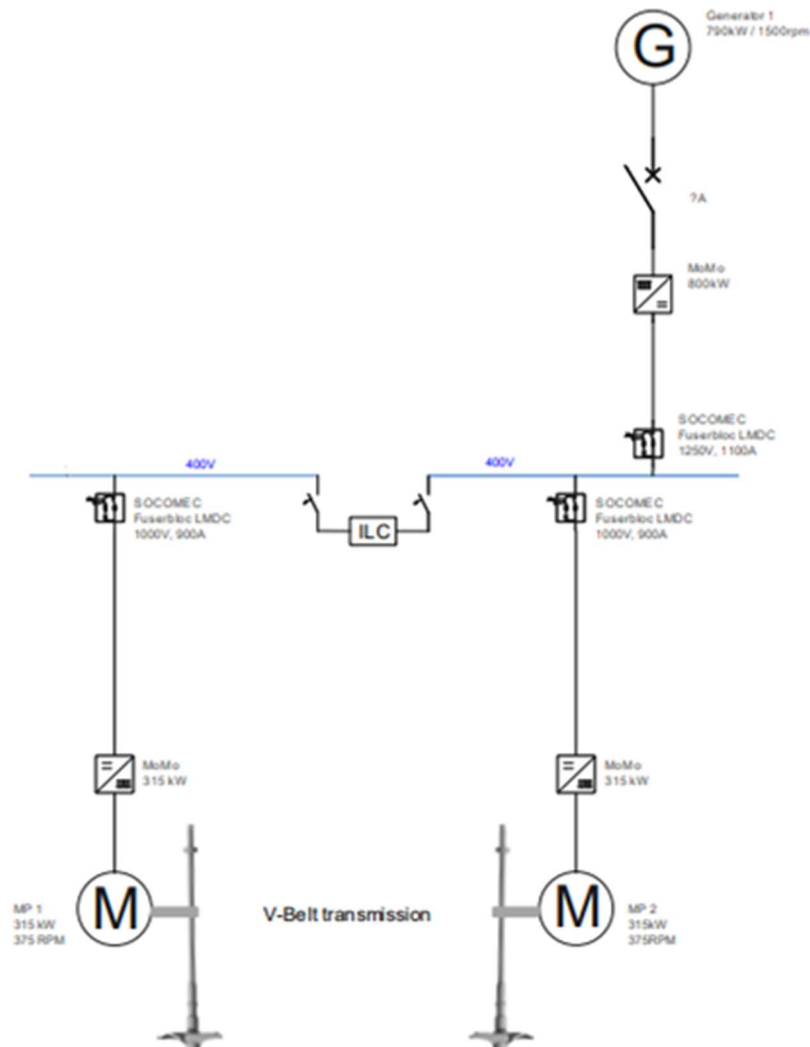
Shore supply

Landström, styrkretsen för inkoppling mot landström

7.2 Förslag ett

Detta förslag skulle vara det enklaste och billigaste vid en eventuell ombyggnad. Detta förslag bygger på att man har en generator som förser elmotorerna med ström. Den stora nackdelen med detta system är att man inte får någon redundans. Detta eftersom generator

förser eltavlan med ström på endast ena halvan av ILC:en. Skulle babords elmotor få kortslutning här, kan man köra med styrbords elmotor, men får däremot styrbords elmotor kortslutning finns det ingen möjlighet att köra med babords elmotor (se figur 16, bilaga 9).



Figur 16: Förslag ett, (Siemens Energy, 2021).

7.2.2 Fördelar

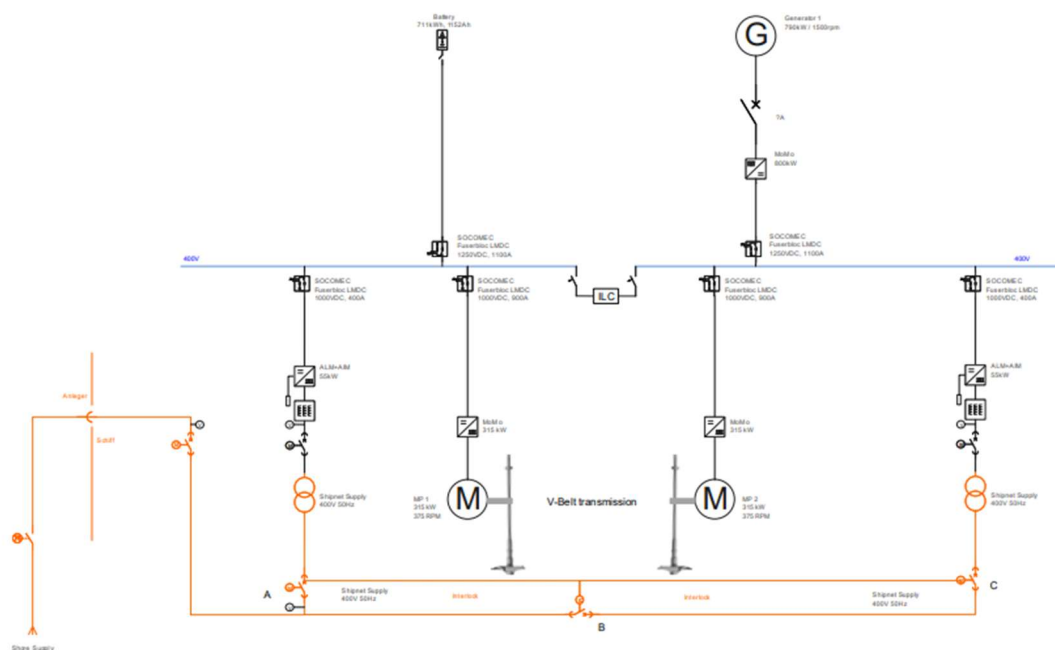
Fördelarna med detta system är att det skulle vara billigare samt enklare att installera. Man skulle även slippa koppla in sig på det gamla elsystemet vilket skulle underlätta då det inte finns några elschema över nuvarande system. Systemet är enklare och färre komponenter som kan krångla.

7.2.3 Nackdelar

Nackdelen med systemet är att man inte kommer att få någon redundans. Detta eftersom man endast har en generator på ena sidan av ILC:en. Verkningsgraden kommer vara något lägre då man kör på en mindre belastningen där generatören inte kan arbeta optimalt.

7.3 Förslag två

Detta förslag skulle vara dyrare och mera komplext men man skulle få en redundans. Detta system bygger på att man utöver dieselgeneratoren även har ett batteri (se figur 17, bilaga 10). I detta system skulle man även kunna utnyttja landström för att ladda batteriet. Här skulle man inte längre behöva ha de två befintliga generatorerna som idag är installerade, utan man skulle kunna förse hela båten med ström med endast ett system. Detta system skulle ha en redundans genom att man har batteriet på ena sidan av ILC:en och generatoren på den andra.



Figur 17: Förslag två, (Siemens Energy, 2021).

7.3.1 Fördelar

Fördelarna här skulle vara att man får redundans eftersom man har ett litiumbatteripack på 711 kWh och en generator på varsin sida av ILC:en. De gamla generatorerna skulle kunna tas bort och endast använda det nya systemet. Här skulle man även kunna köra på batteriet och beroende på hur stort batteriet är sedan gå över på dieselelektrisk drift om det skulle behövas.

7.3.2 Nackdelar

Detta system skulle vara dyrare samt en större ombyggnad skulle behövas. Det skulle även vara en stor utmaning att hitta utrymme för batteripaketet. Siemens har inga färdiga lösningar för detta system.

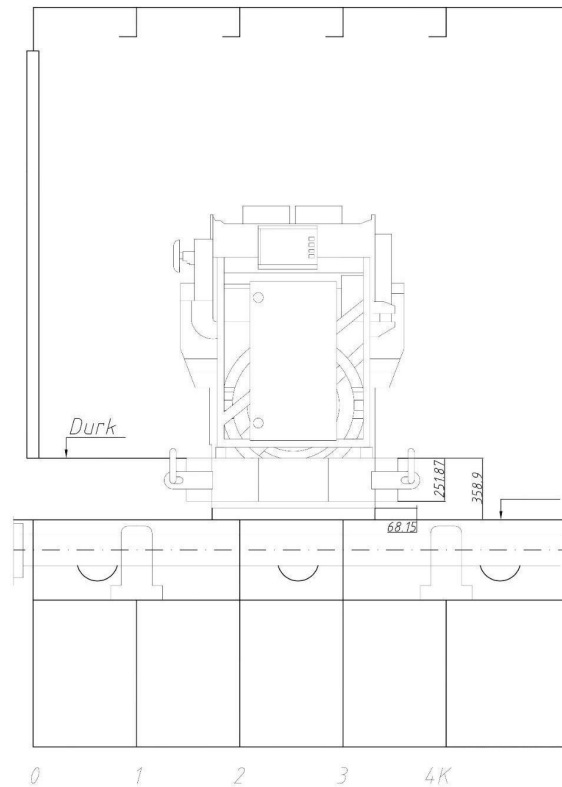
8. SAKER ATT TA HÄNSYN TILL

8.1 Remdrift

Då befintlig remdrift är dimensionerad för ett lägre vridmoment har vi behövt ta reda på om dessa räcker. Vi har tagit fram ett nytt alternativ på remdrift med hjälp av Optibelts dimensioneringsprogram. Med det nya alternativet skulle man få ner antalet remmar från 12 st till 10 st. Detta skulle dock kräva en större ombyggnad då propelleraxeln skulle måsta säras på för att det ska vara möjligt att montera de nya remskivorna. Pris samt komponenter finns att se under bilagor (bilaga 11 och 12). Vi jämförde Optibelts tekniska data för de befintliga Redpower 2-remmarna med de nya föreslagna SK SPC-remmarna. De befintliga remmarna klarar av nästan 50% högre nominell effekt (64 kW per rem) jämfört med SK SPC (44 kW per rem) och är dessutom flera till antalet. Vi anser därmed att de befintliga remmarna ska vara tillräckliga för denna konvertering, (*Drive & Tension Calculator*, 2022).

8.2. Fundament

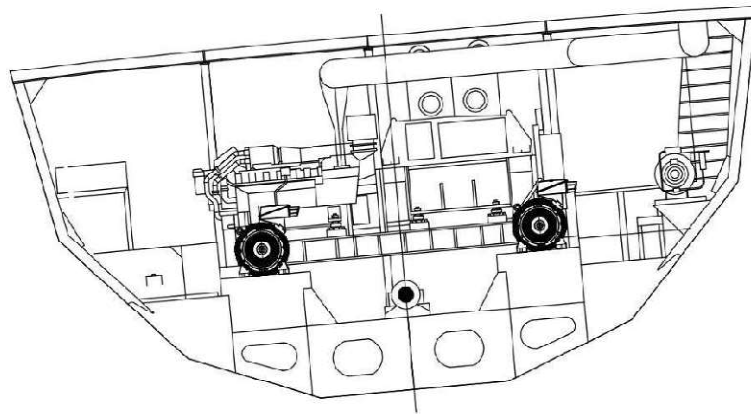
Då gensetet kommer färdigt på fundament behöver inget fundament byggas skilt för gensetet. Däremot måste det fästas i skrovet. Vår idé här är att man skulle placera gensetet med dess fundament på tanktaket (se figur 18, bilaga 13). Detta skulle medföra att man får gensetets övre kant på fundamentet i durknivå vilket skulle minska höjden med ca 290 mm. För att kunna placera gensetet som väger 7,8 ton skulle man med fördel placera det över bottenstockarna. För att gensetet inte ska komma upp över durknivå behöver man hålla höjden på förstärkningarna under 70 mm. Det färdiga fundamentet är försett med gummidämpare och ska således monteras stumt.



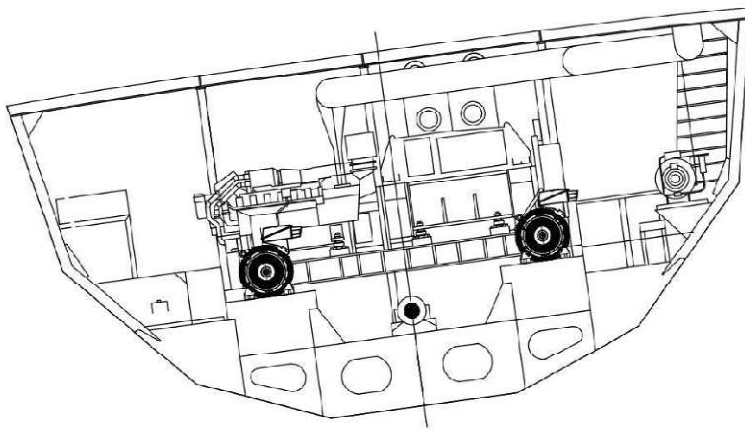
Figur 18: Gensetets placering på bottenstockarna.

8.3. Drift i lutande läge

Gensetets dieselmotor klarar av vissa rullnings- och trimvinklar. Wärtsilä har information om mellan vilka gradtal som motorn fungerar tillfredsställande, både för temporära max lutningar men även för permanenta. Eftersom gensetet installeras tvärskepps behöver man ta i beaktande rullnings- och trimvinklarna. Gensetet klarar trimvinkeln 15 grader för permanent drift och 22,5 grader för temporär drift samt rullningsvinkeln 5 grader för permanent drift och 7,5 grader för temporär drift (se figur 19, bilaga 14). Här skulle man behöva göra en vidare undersökning för att se om rullningsvinklarna är tillräckliga, (Wärtsilä 14, 2018).



*B - B
#1P Looking forward
5° slagsida*



*B - B
#1P Looking forward
7.5° slagsida*

Figur 19: Max tillåtna slagsidor, permanenta vinklar överst och tillfälliga underst.

8.4 Maskinrumsventilation

För att uppnå acceptabla driftförhållanden i maskinrummet och säkerställa problemfri drift bör maskinrumsfläktarna vara rätt dimensionerade för det nya gensetet, både för dieselmotorn och den luftkylda generatoren. Luftintaget för maskinrumsfläktarna ska vara placerade så att inget regnvatten, damm, vattenspray eller avgaser kan komma in i ventilationskanalerna. Fläktarna bör hålla en dimensionering så att ett övertryck om 50 Pa alltid erhålls i maskinrummet. Under normal drift bör tilluften vid turbon hålla en temperatur på mellan 5–45 grader. (Wärtsilä 14, 2018). Här skulle en ytterligare undersökning behöva göras för att se om nuvarande maskinrumsventilation räcker till.

8.5 Startluft

Dagens system använder startluft för start av huvudmotorer. Med det nya systemet skulle man inte längre behöva startluft för att starta gensetet då det startas med hjälp av en startmotor på 7,8 kW 24VDC. Vid en eventuell konversion skulle man endast behöva manöverluft samt arbetsluft.

8.6 Propelleraxelhållfasthet

Eftersom en konvertering skulle leda till att ett högre vridmoment skulle levereras till propelleraxeln behöver vi göra en beräkning för propelleraxelns hållfasthet. Propelleraxeln behöver klara av 649 Nm mera än tidigare. Propelleraxeln är 36 meter lång har en diameter på 160 mm och är av ståltypen CK 45 N. Eftersom de två remhjulen sitter i mitten på propelleraxeln kommer vi att beräkna vriddeformationen för halva propelleraxelns längd vilket motsvarar 18 meter. Här behöver vi även beakta KaMeWa:n vilket betyder att axel inte är solid utan har oljekanal (se figur 20). Då vi inte vet vilken dimension oljekanalen har gör vi beräkningen med en oljekanal som skulle motsvara 50 mm.

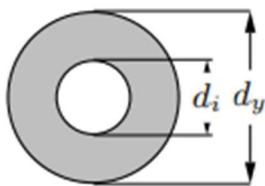
För maximal vridskjuvspänning gäller T_{vmax} :

$$T_{vmax} = \frac{M_v}{W_v}$$

För ett massivt cirkulärt tvärsnitt beräknas W_v enligt följande:

$$d=160 \text{ mm}$$

$$W_v = \frac{\pi(dy^4 - di^4)}{16dy}$$



Figur 20: Tjockväggigt cirkulärt tvärsnitt

$$W_v = \frac{\pi(160\text{mm}^4 - 50\text{mm}^4)}{16 \cdot 160\text{mm}} = 796578 \text{ mm}^3$$

M_v är redan känt som 4011 Nm

$$M_v = 4011 \text{ Nm}$$

Nu kan vi beräkna T_{vmax} med formeln ovan:

$$\tau_{vmax} = \frac{4011 \text{ Nm} * 1000}{796578 \text{ mm}^3} = 5 \text{ N/mm}^2$$

För att beräkna säkerhetsfaktorn behöver vi veta stålets sträckgräns, $\sigma_s = 770 \text{ MPa}$ (CK45 Steel, 2021).

$$\tau_s = 0,6 * \sigma_s = 0,6 * 770 \text{ Mpa} = 462 \text{ N/mm}^2$$

När vi nu vet detta kan vi beräkna säkerhetsfaktorn η .

$$\eta_{säkerhet} = \frac{\tau_s}{\tau_{vmax}} = \frac{462 \text{ N/mm}^2}{5 \text{ N/mm}^2} = 92,4$$

Resultatet ger en hög säkerhetsfaktor vilket är bra. Detta betyder att förhållandet mellan den kritiska och tillåtna belastningen är stort.

Det sista vi behöver ta reda på här är vridningen av axeln vilket görs enligt nedan.

$$\varnothing = \frac{M_v * L}{G * K_v}$$

$$G = \frac{E}{2 * (1 + \nu)} = \frac{192\,000 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)}{2 * (1 + 0,29)} = 74419 \text{ MPa}$$

$$K_v = \frac{\pi * (d_y^4 - d_i^4)}{32} = \frac{\pi * (160\text{mm}^4 - 50\text{mm}^4)}{32} = 63726225 \text{ mm}^4$$

$$\varnothing = \frac{((4011 \text{ Nm} * 1000) * (18 \text{ m} * 1000))}{74418,6 \text{ MPa} * 63726225 \text{ mm}^4} = 0,015 \text{ rad} = 0,86^\circ$$

För att nu ta reda på hur mycket propelleraxeln kommer att vrida sig per meter delar vi gradtalet med propelleraxelns halva längd:

$$\frac{0,86^\circ}{18 \text{ meter}} = 0,05^\circ \text{ per meter}$$

Vi har varit i kontakt med trafi för att få reda på vad regelverket säger, dock utan svar.

Vriddeformationen får ej överskrida $0,25^\circ / \text{m}$ axel (Dahlvig, 1993).

8.7 Hjälpmotorer

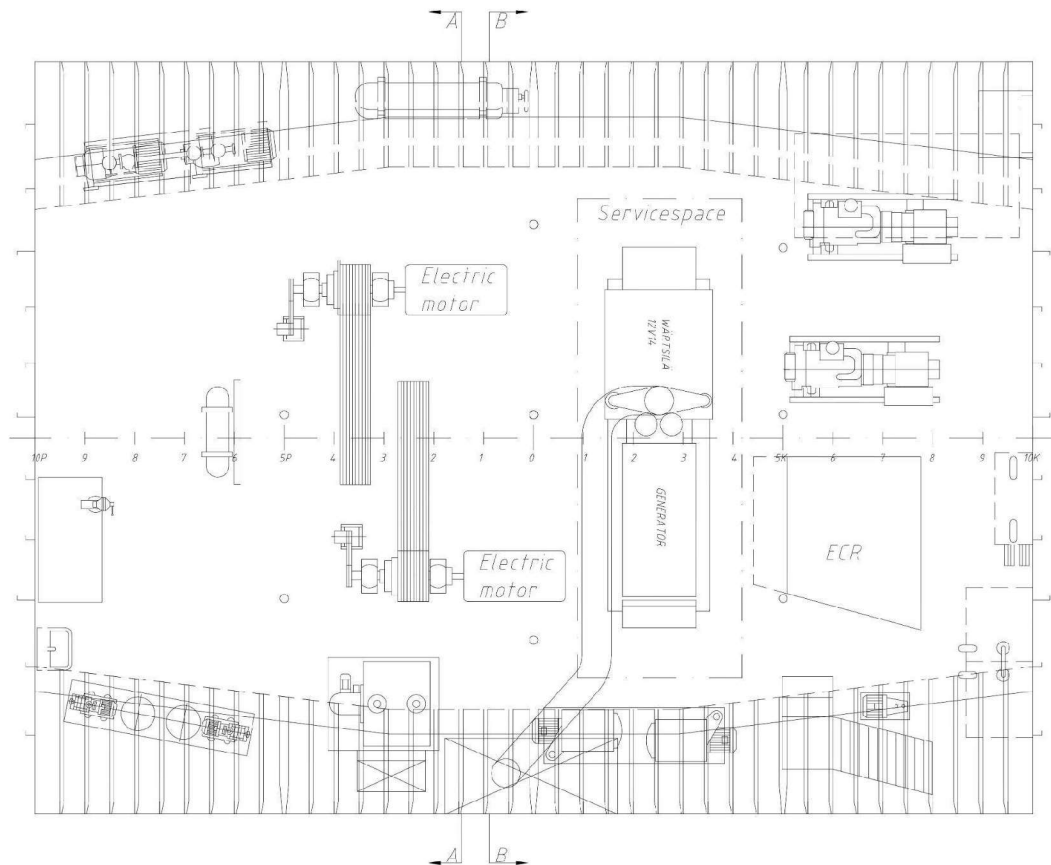
Beroende på vilket förslag man väljer kommer elkraften produceras på olika sätt. I förslag ett behöver man inte fundera över några nya hjälpmotorer då det befintliga behållas och framdriften blir ett skilt system. Även den befintliga eltavlan för landström behålls. I förslag två skulle de befintliga hjälpmotorerna slopas och ersättas med gensetet och ett batteripaket. Detta betyder att ett helt nytt system skulle installeras både för elproduktionen och framdriften men även för landströmmen. Med detta system skulle man alltså förlita sig på litiumbatteripaketet samt gensetet. Enligt Trafi behöver litiumbatteripaketet klara av att driva den elektriska utrustningen i fartyget under 3 timmar utan uppladdning och upprätthålla en batterispänning som avviker högst 12 % från märkspänningen. Litiumbatteripaketet får högst ha en uppladdningstid på 10 timmar och ska automatiskt kopplas in på tavlan då matningen från huvudkällan bryts.

8.8 PRISSAMMANSTÄLLNING

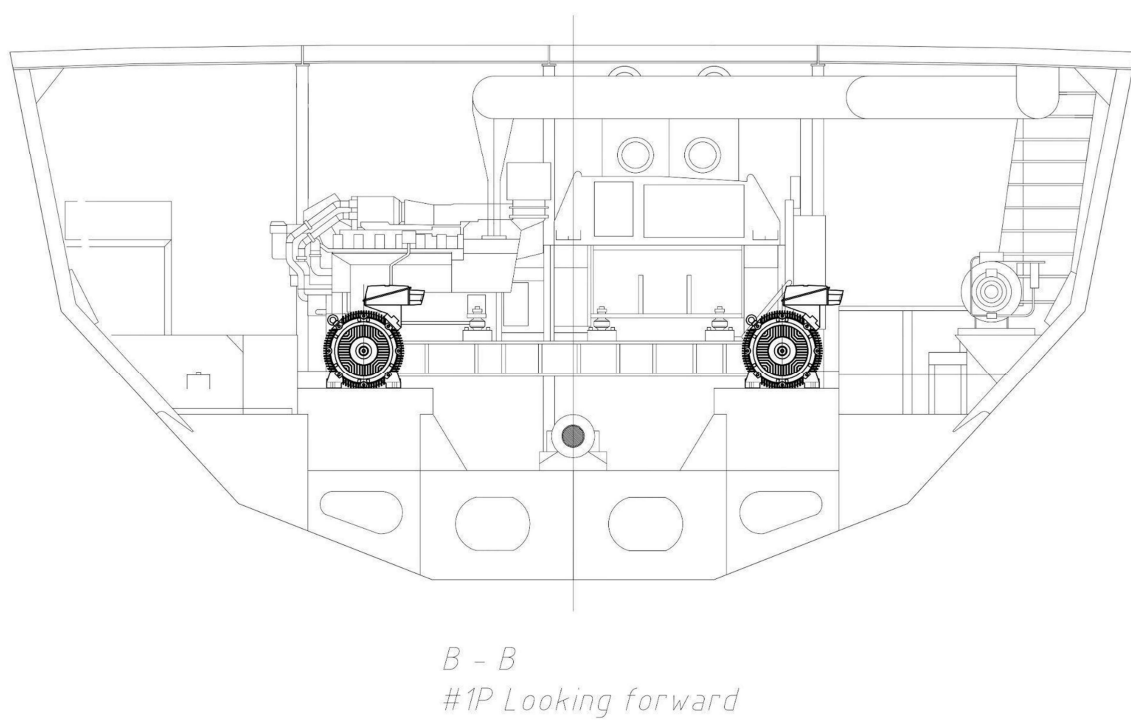
För att få en uppfattning om kostnaderna för de nya komponenterna har vi här gjort en prissammanställning. Det nya gensetet skulle kosta 185 000 € exklusive moms och utan montering. Elmotorerna 24 690 €/st exklusive moms. Batteripaketet ca 100 000 € beroende på storlek. Konverters 60 000 € exklusive moms.

9. AVGASRÖRDRAGNING

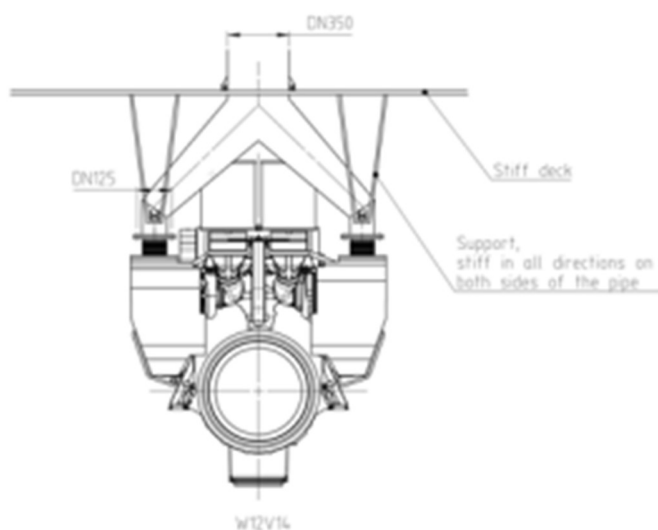
För att leda bort rökgaser som produceras från gensetet behöver man se över en ny dragning av avgasrören. De befintliga avgasrören har gått upp i casingen på styrbord sida (se figur 21, bilaga 15). Här skulle vi vilja behålla denna princip och dra nya rör till styrbord. Då det för tillfället finns två dieselmotorer installerade finns det även två avgasrör, ett till varje motor. De befintliga avgasrören är tyvärr för små i diameter så man är tvungen att installera ett nytt avgasrör DN 350 istället för att kombinera och ta användning av de gamla rören (se figur 22&23). Wärtsilä har i sina dokument för dieselmotorn specifikationer för hur avgasröret ska konstrueras med strukturella stöd, diametrar för rören, minimiradie på rörböjar och avgasbälgar för att tillåta värmeexpansion.



Figur 21: Förslag över ny dragning av avgasrör



Figur 22: B-B-vy över ny avgasrörsdragning (bilaga 16).

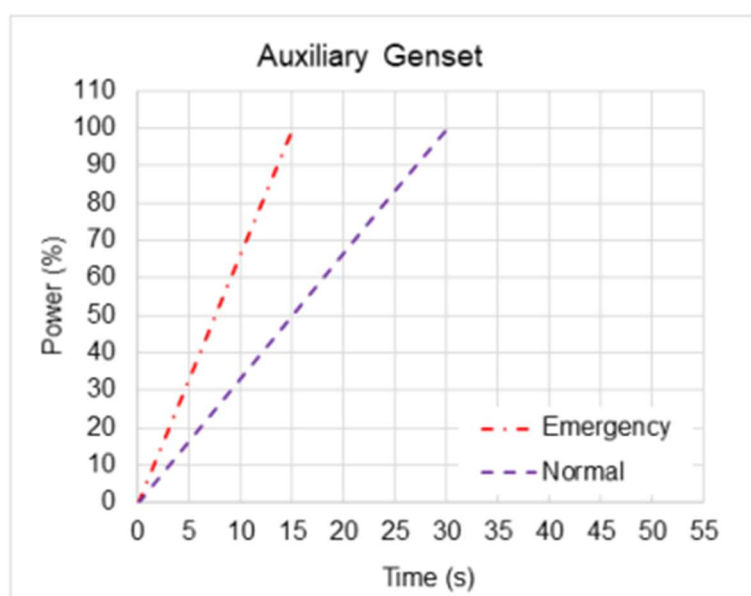


Figur 23: Wärtsiläs rekommendation på installation av avgasrör (bilaga 17), (Wärtsilä 14 Product Guide, 2021)

10. LASTHASTIGHET

För dieselelektriska installationer är lasthastigheten implementerad i både framdrivningskontrollen samt i effektsystemet eller i regulatorn om isenkron last tillämpas. Lastkurvan beskriver hur snabbt man får belasta motorn utan att den ska ta skada vid normala drift samt i nödfall. Nödkurvan är när motorns maximala kapacitet används. Denna kurva får inte användas för normal drift utan endast i nödfall. Wärtsilä rekommenderar att belastningen från 0–100% inte sker snabbare än 20–30 sekunder. Om fartyget även har olika driftlägen rekommenderas en långsammare lastramp. Vid generatorapplikationer är det vanligtvis ingen enskild konsument som är av avgörande för lasthastigheten. Wärtsilä rekommenderar att belastningen ökas i små steg så att den motsvarar den normala kurvan. Vid normal drift bör inte heller belastningen minskas från 100–0% på mindre än 15 sekunder. Dock kan all last tas bort omedelbart vid en nödsituation (figur 24), (*Wärtsilä 14 Product Guide*, 2021).

Diesel electric propulsion and auxiliary engines



Figur 24: Lastkurva, (*Wärtsilä 14 Product Guide*, 2021).

11. SLUTSATS

Vi har kommit fram till att det är fullt möjligt att utföra en dieselektrisk konvertering av fartyget. Detta hade gett en ökning av både effekt och manöverförmåga men med en ökad bränsleförbrukning som följd. Beroende på vilka system samt komponenter man väljer kommer det att ha stor inverkan på ombyggnationen. En konvertering skulle kräva omfattande stålarbeten samt en stor kostnad. Väljer man systemet med batteridrift behöver man även se till att landströmmen räcker till samt beroende på storlek på batteri hur länge det tar att ladda dessa.

11.1 Vidare undersökningar

Vidare undersökningar skulle vara huruvida styrningen skulle fungera upp mot bryggan. Då elmotorerna ska vara frekvensstyrda skulle man behöva någon frekvensstyrning för elmotorerna som ska kunna manövreras från bryggan eftersom detta inte följer med i Siemenspaketet. Man skulle även behöva göra en undersökning hur en eventuell installation ska gå till i praktiken. Vi har gjort denna undersökning med endast en generator men alternativt skulle man även kunna undersöka detta med två mindre generatorer istället.

KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTECKNING

Asklander, M. (2015). *M/S Bärö*. https://www.faktaomfartyg.se/baro_1968_b_1.htm

Babicz, J. (2015). *Wärtsilä Encyclopedia of Ship Technology*. Wärtsilä Corporation.

Carlton, J. S. (2018). Propulsion systems. In *Marine Propellers and Propulsion* (pp. 11–13, 19–20). Butterworth-Heinemann.

CK45 Steel. (2021). JM Steel. <https://www.steeltd.com/product/CK45-Steel.html>

Dahlvig, G. (1993). *Konstruktionselement och maskinbyggnad*. Liber utbildning.

Drive & Tension Calculator. (2022). Optibelt. <https://www.optibelt.com/us/services/drive-tension-calculator/>

Electric Motors - Torque vs. Power and Speed. (2020). Engineering Toolbox.

https://www.engineeringtoolbox.com/electrical-motors-hp-torque-rpm-d_1503.html

SIMOTICS GP, SD, XP, DP Low-Voltage Motors. (2020). DirectIndustry.

<https://pdf.directindustry.com/pdf/siemens-electric-motors/simotics-gp-sd-xp-dp-low-voltage-motors/18183-933931.html>

SIMOTICS SD Severe Duty motors. (2022, February 2). Siemens.

<https://new.siemens.com/global/en/products/drives/electric-motors/low-voltage-motors/severe-duty-motors.html>

Veneri, O., Migliardini, F., Capasso, C., & Corbo, P. (2012). Overview of electric propulsion and generation architectures for naval applications. In *Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion*. IEEE.

Wärtsilä 14. (2018). Wärtsilä. <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets/diesel-engines/wartsila-14>

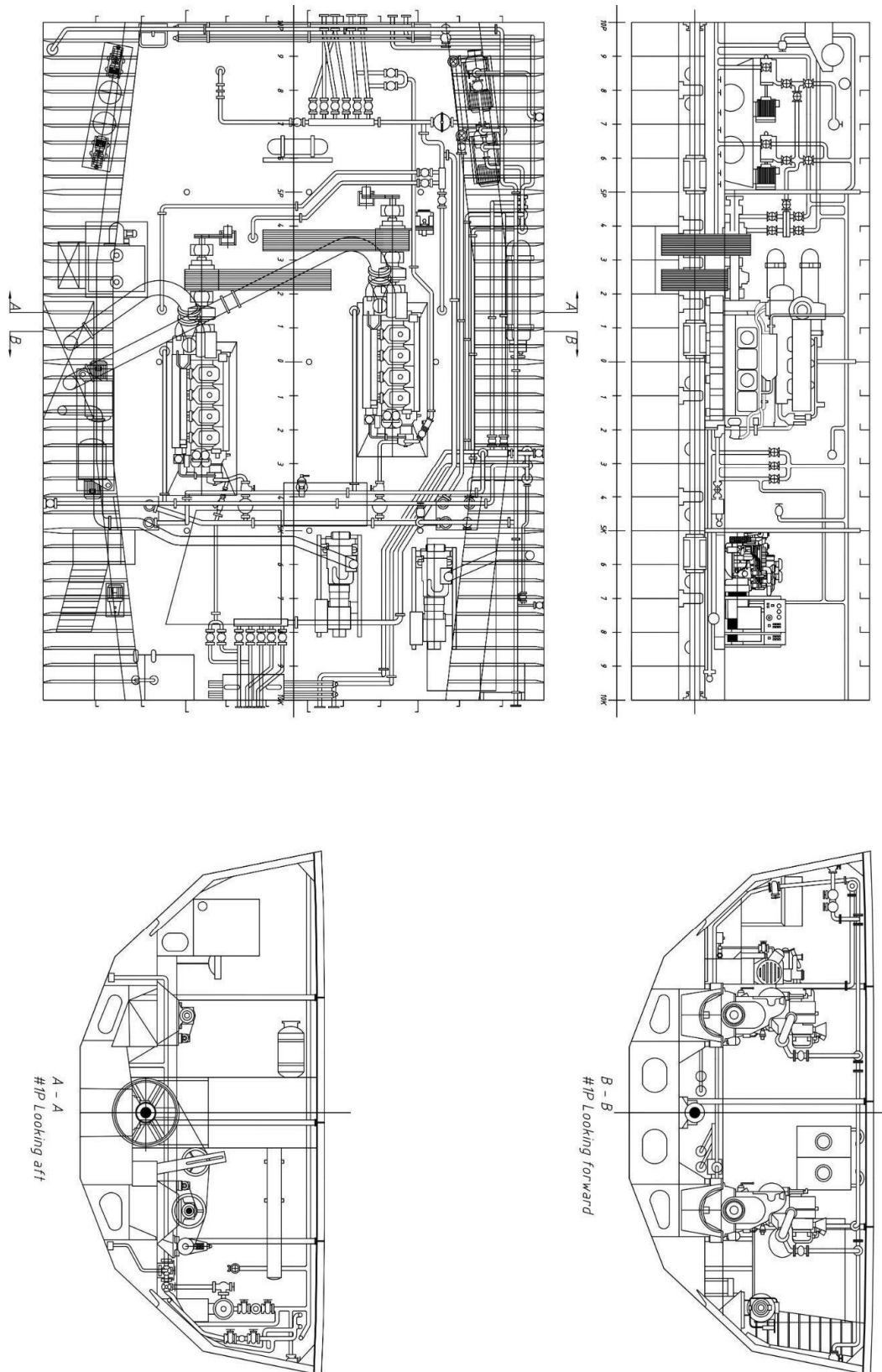
Wärtsilä 14 Product Guide. (2021). Wärtsilä. https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/wartsila-14-product-guide.pdf?utm_source=engines&utm_medium=dieselengines&utm_term=w14&utm_content=product+guide&utm_campaign=mp-engines-and-generating-sets-brochures

BILAGOR

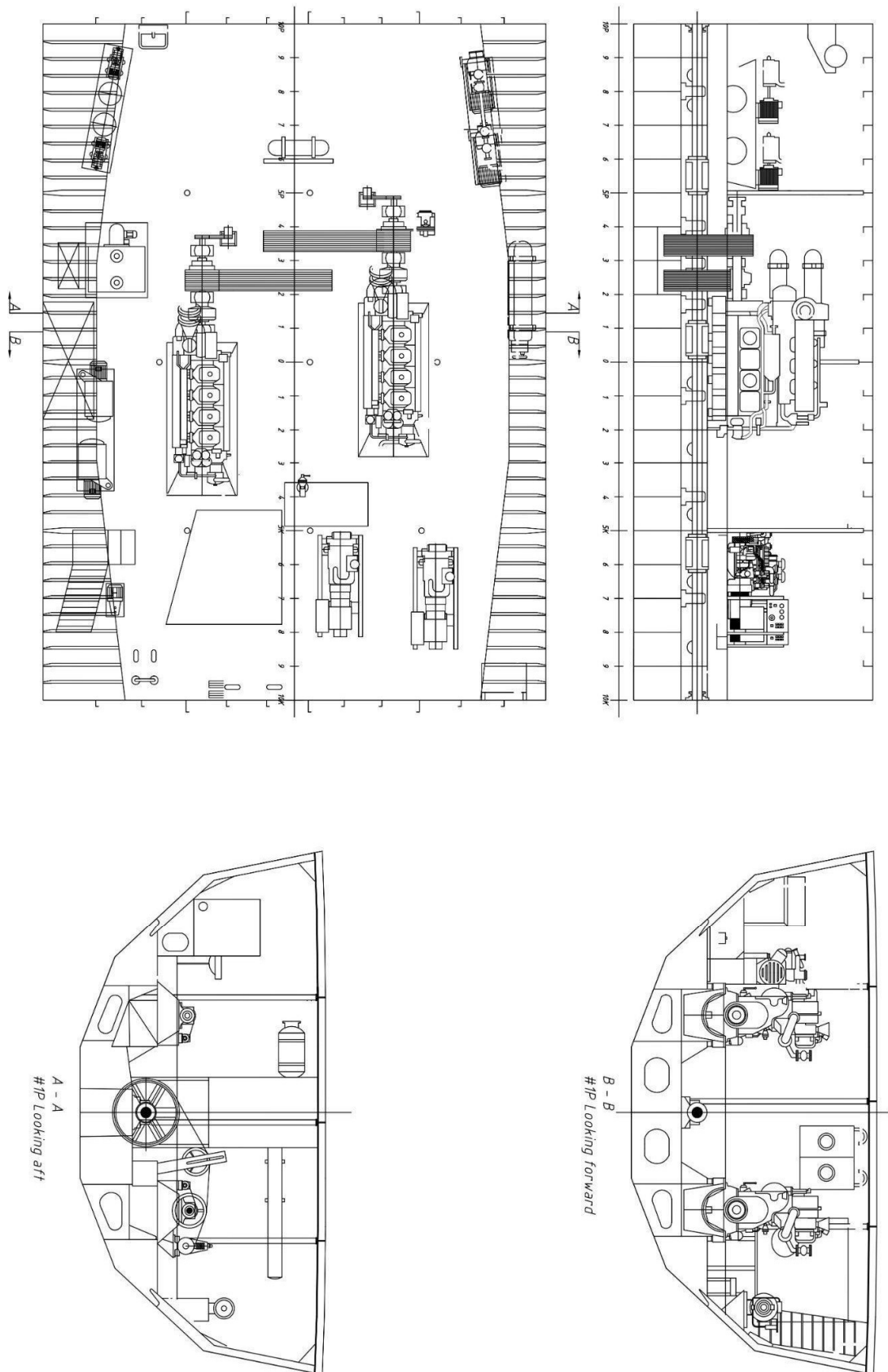
Bilaga 1 Testkörningsprotokoll 414T

Vätsilä-yhtymä O/Y WAASAN KONEPAJA		Dieselkoekäyttö						
Vätsilä-konsernen A/B WAASA MEK. VERKSTAD WAASA - VASA		Koekäyttöopäytäkirja						
		Dieselmoottori tyyppi 414T		N 698				
Koe N°		1	2	3	4	5	6	
Päivämäärä		6.2.68	6.2.68	6.2.68	6.2.68	6.2.68	6.2.68	
Kell°		7.30	8.30	9.30	10.30	11.30	12.30	
Kuormitusprosentti	%	25	50	75	100	100	110	
Jarrun kuormitus	P	kp	8,7	13,8	18,0	21,9	21,9	
Kierrosiluku	n	r/min	472	595	681	750	750	
Teho	N _e	kv	102,5	205	307,5	410	410	
Koeaika	t	min	19,17	20,27	21,07	19,98	18,25	
P.a.kulutus ajalla t	g		6000	11000	17000	22000	20000	
P.a.kulutus hvh kohti	g/hvh		183,1	158,8	157,4	161,0	160,6	
Säät."Lond limit"								
P.a.	1 2	mm	10,0	10,0	12,1	12,1	14,9	14,9
säätö-	3 4	"	10,1	9,8	12,2	11,9	15,0	14,7
tançon	5 6	"						
asento	7 8	"						
	9 10	"						
Ahtimen kierrosiluku		r/min						
Huoneen lämpötila	°C	17	18,5	19,5	20	21	21,5	
Ilma ahtimen jälkeen	°C		45	70	102	112	116	
Ilma ilmaputkessa	"							
Pako-	1 2	"	320	330	350	360	360	
	3 4	"	315	315	350	360	365	
kaa-	5 6	"						
	7 8	"						
sut	9 10	"						
J.vesi enn/jalk.moott	°C	64	67	64	68	64	68	
J.vesi enn/jalk.aht.	"							
Reakav.enn/jalk.ilmj	"							
V.ölj.enn/jalk.ölj.j.	"	30	30	54	52	63	60	
Ulkoilman paine	mm Hg							
Ilma ahtimen jälkeen	aty		0,23	0,51		0,94	0,94	
Ilma ilmaputkessa	mm Hg	9	152	371		671	671	
Pakokaasuputkessa	mm Hg							
Sytytyse-	1 2	aty				78,7	78,7	
	3 4	"				79,8	78,5	
puristus-	5 6	"						
	7 8	"						
paineet	9 10	"						
Jäähdytysvesi	aty	0,9	1,15	1,30		1,5	1,55	
Reakavesi		0,25	0,25	0,25		0,25	0,25	
Voiteluöljy	aty	2,85	2,8	2,85		2,9	2,9	
Turboahdinöljy		2,7	2,75	2,75				

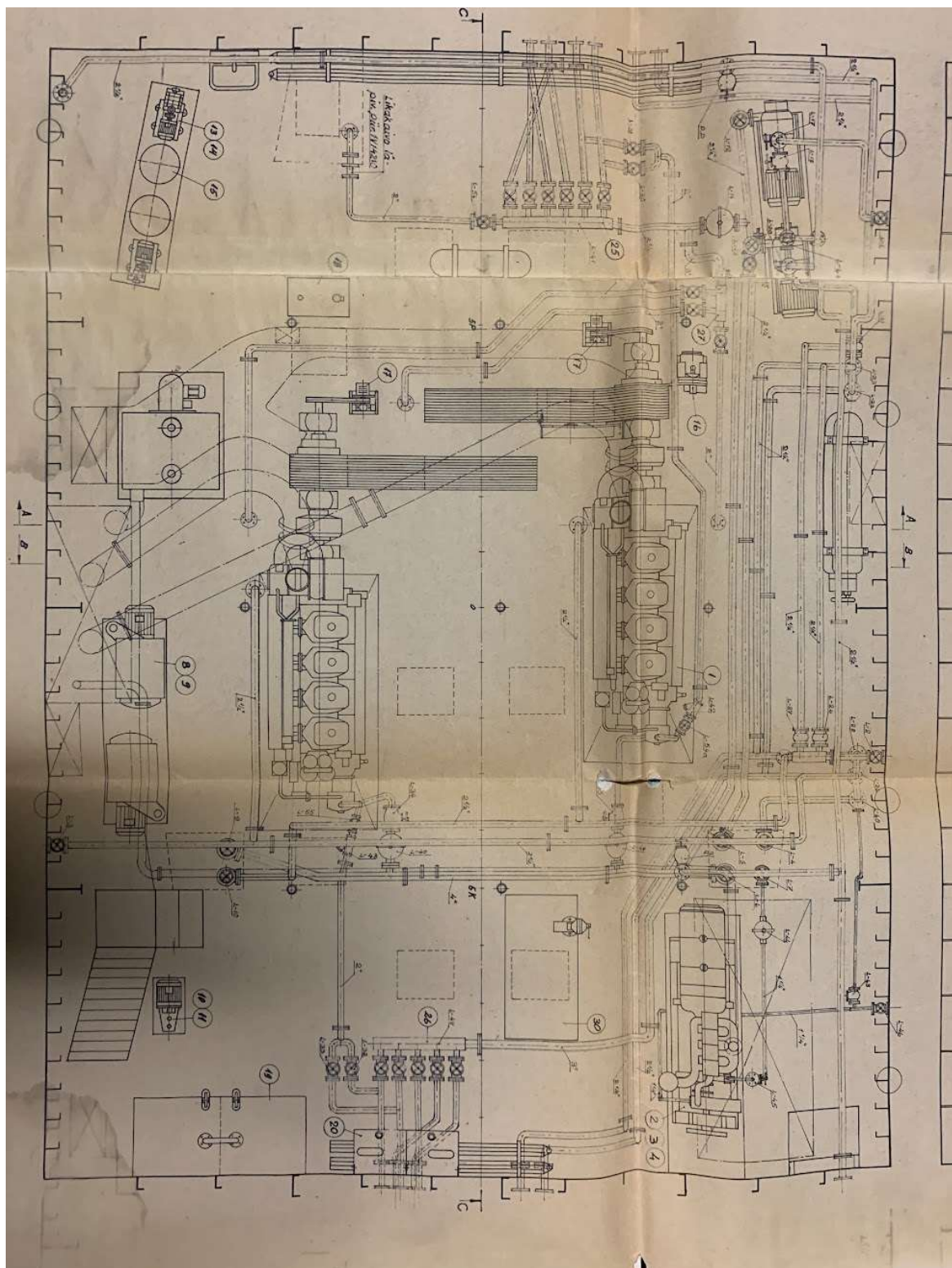
Bilaga 2 Ritningar över nuvarande arrangemang



Bilaga 3 Ritningar över nuvarande arrangemang utan rör



Bilaga 4 Exempel på originalritning



Bilaga 5 Genset offert

WÄRTSILÄ OFFER

Scope of Supply per Shipset

Description	Qty
1 Propulsion machinery	
1.1 Main Engine(s)	
1.1.1 Wärtsilä 12V14	1
1.2 Electric components	
1.2.1 Generator	1
1.3 Foundation	
1.3.1 Common base frame	1
1.4 Packing and transportation	
1.4.1 VCI-coating	1
1.4.2 Tarpaulin	1
1.5 Technical documentation	
1.5.1 Engine manuals	1
1.5.2 Inventory of Hazardous Materials (IHM)	1
1.5.3 Online Services	1

PRICE for 1st Individual Shipset:

exclusive of VAT, any bank charges, fees, taxes or other charges.

EUR 185,000

TOTAL CONTRACT PRICE for 1 Shipset(s):

exclusive of VAT, net of any fees, bank charges, taxes or other charges.

EUR 185,000

Delivery terms and conditions

Terms and Times of Delivery	Delivery Term (Incoterms 2020)	Delivery Time
Shipset Hull 1		
1 Propulsion machinery	FCA, Italy, Trieste,	30.11.2021 (Ex Works)

The delivery time is provisional non-binding and subject to changes in specifications and reservations of manufacturing capacity and will be agreed between Wärtsilä and the Customer. Time when delivery according to above informed Delivery Term is to be taken place is only average estimation calculated from Ex Works Delivery Time.

If performance of any obligations under the Supply Contract is delayed for reasons attributable to the Customer or at his request, without prejudice to Wärtsilä's rights under the Supply Contract, Wärtsilä may adjust the test schedule and the date, mode or schedule of delivery and charge the Customer for all costs resulting to Wärtsilä from such delay.

Bilaga 6 Elmotorer offert

Bifogar all teknisk information som vi fått direkt från Siemens. Och offerten gäller alltså följande motor:

1LE5504-3AA73-5AA1

315kW/2986 1/min, B3, IE4, IEC315L, 415V 50Hz/480V 60Hz

Pris/st 24.690,00 netto, moms 0%

Leveranstid ca 13 veckor

Offerten gäller till 25.3.22

Fraktfritt Åbo/Helsingfors, transporten till Mariehamn enligt överenskommelse

Betalningsvillkor enligt avtal.

Tekninen myyjä | Vuorenmaa Yhtiöt Oy

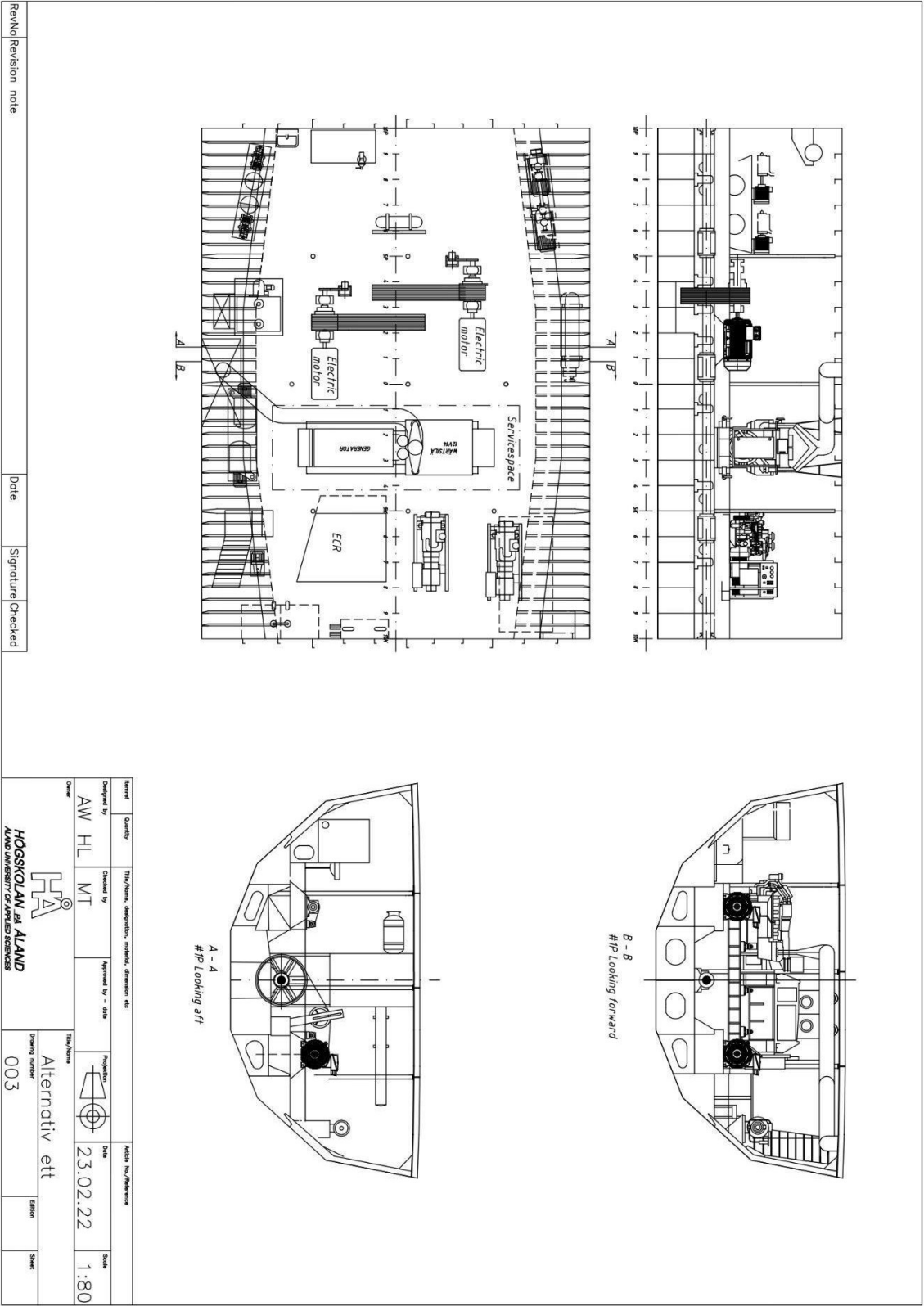
puh: 050 409 6401 | hanna.aanila@vuorenmaa.fi

Myynti: 0207 101 610 | myynti@vuorenmaa.fi

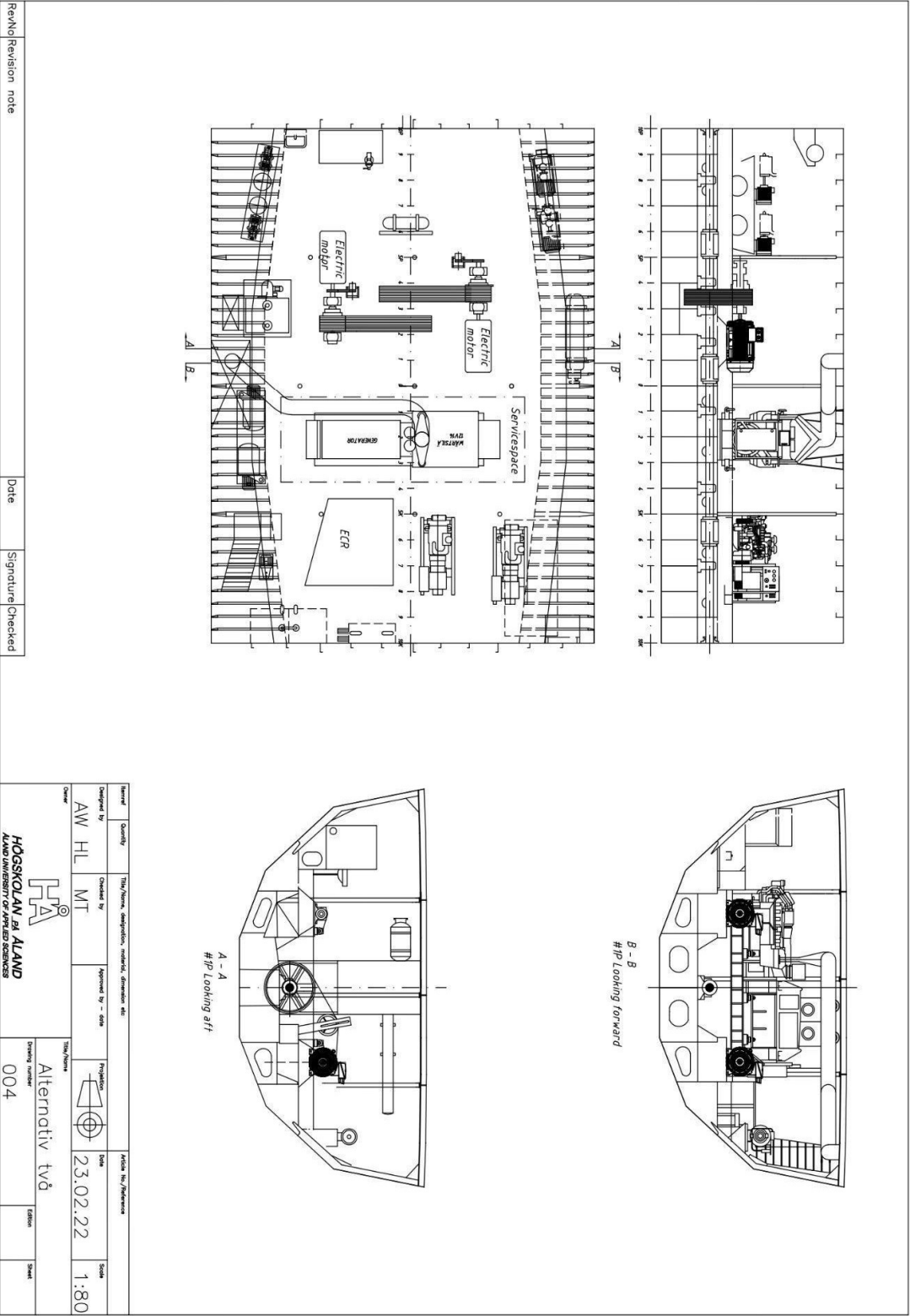
www.vuorenmaa.fi



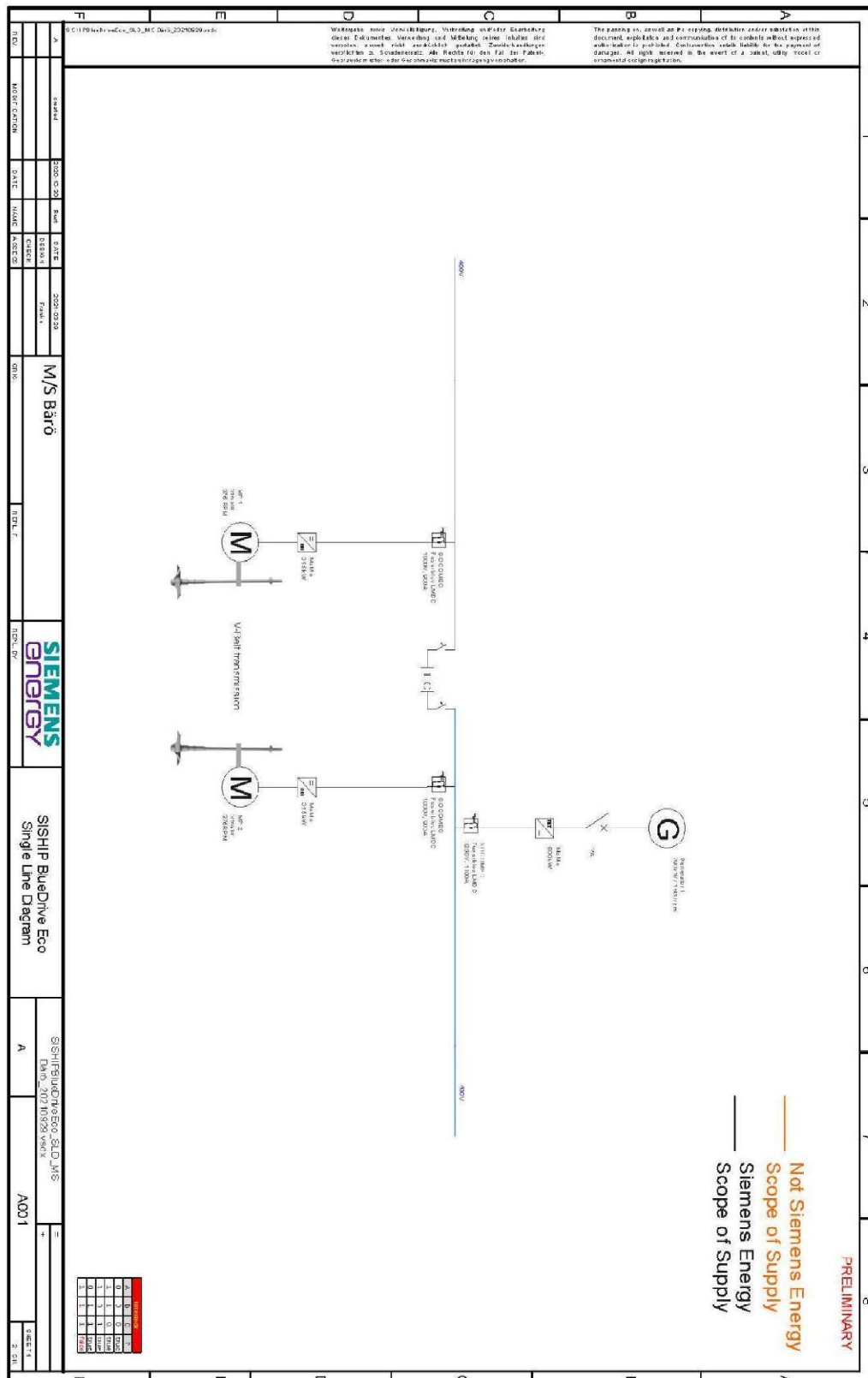
Bilaga 7 Alternativ ett på nytt maskinrumsarrangemang



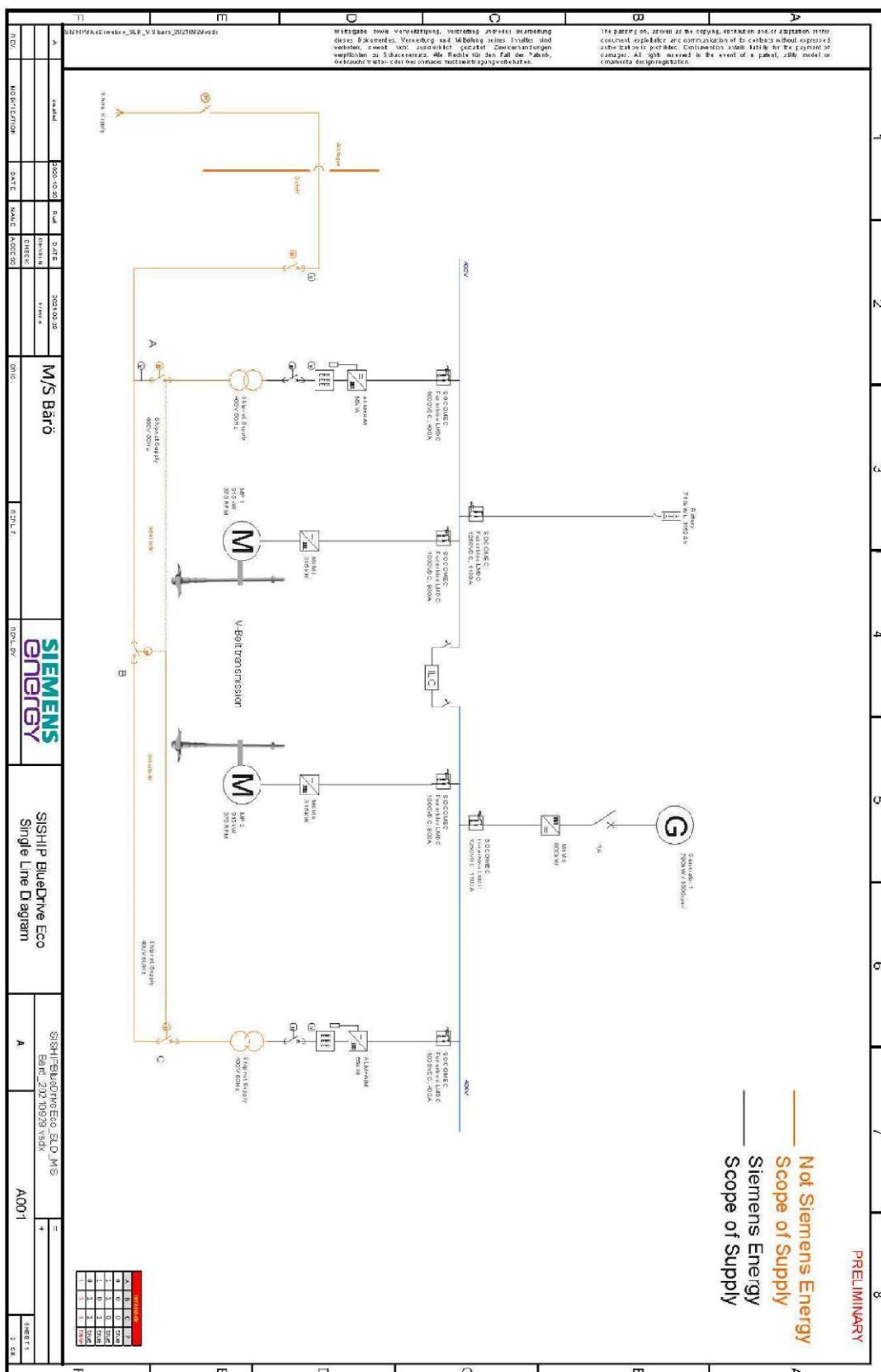
Bilaga 8 Alternativ två på nytt maskinrumsarrangemang



Bilaga 9 Förslag ett Siemens



Bilaga 10 Förslag två Siemens



Bilaga 11 Remdrift offert

Optibelt-CAP Driftberäkning



Avsändare

Telefon :
Telefax :
E-mail :
Internet :

Telefon :
Telefax :
E-mail :
Internet :

Driftberäkning

Kilremmar för 2-skivdrift

Beräkningsnr. : C000000001
Projekt : 0001

Datum : 16.02.2022
Ritningsnr. : 0001

Serienr. :
Drivanordning : 0001

Bäste kund!

Med vägledning av era uppgifter per telefon har vi gjort en beräkning

Drivanordningen ska konstrueras med:

- 10 x Optibelt-SK smalkilremmar SPC 10000 Ld S=C plus

Brutto [EURO]

3478,00

Drivande skiva:

- Optibelt-KS Kilremsskivor för klämbussningar TB SPC 630-10

1541,36

- Optibelt-TB Klämbussning 5050 (Axelhåldiameter 70-125 mm)

197,29

Driven skiva:

- Optibelt-KS Kilremsskivor för klämbussningar TB SPC 1250-10

3773,74

- Optibelt-TB Klämbussning 5050 (Axelhåldiameter 70-125 mm)

197,29

Totalt pris [EURO]

9187,68

För att kontrollera remförspänningen rekommenderar vi att ni använder Optibelts mätinstrument. Under resp. efter montering av remmarna skall drivanordn. roteras några gånger. Detta säkerställer en jämnare anpassning av remmarna i skivorna. Första kontroll av remmarna ska ske efter 0,5 - 4 tim. Kontrollera alltid remförspänningen var 6 - 12 mån. Ytterligare info avs. montering och underhåll finns i Optibelts informationsmaterial.

Vid frågor betr. denna beräkning står vi gärna till förfogande på ovan angivna telefonnummer.

Med vänliga hälsningar

Beträffande ansvaret för denna konstruktion hänvisar vi till våra affärsvillkor

-1-

Release 6.040 06.09.2021

Pricelist 06/2012

Bilaga 12 Optibelt remmar



Power Transmission

Power Ratings optibelt **RED POWER II** Section 8V/25N, 8V/25J Nominal Power rating P_N (kW) for $\beta = 180^\circ$ and 8V 2500/6350 mm L_a

Pulleys	v (m/s)	n _k (min ⁻¹)	Outside diameter of small pulley d _{sk} (mm)												Additional power (kW) per belt for speed ratio r				
			335	355	375	425	450	475	500	530	560	600	630	710	800	1.01 to 1.05	1.06 1.26	1.27 to 1.57	
statically balanced	5	700	28.21	31.31	34.38	41.89	45.56	49.17	52.72	56.90	60.98	66.28	70.14	79.91	89.95	0.28	1.83	2.60	3.18
		950	35.60	39.51	43.34	52.60	57.04	61.36	65.54	70.37	74.99	80.81	84.91	94.65	103.34	0.38	2.48	3.52	4.32
		1450	46.12	50.96	55.57	66.08	70.75	75.01	78.82	82.80	86.09	89.34	90.88			0.59	3.79	5.38	6.60
		50	2.80	3.08	3.36	4.04	4.39	4.73	5.07	5.47	5.88	6.42	6.82	7.88	9.07	0.02	0.13	0.19	0.23
		100	5.23	5.76	6.29	7.60	8.26	8.91	9.56	10.34	11.11	12.14	12.91	14.95	17.22	0.04	0.26	0.37	0.46
		150	7.50	8.28	9.05	10.98	11.93	12.88	13.83	14.96	16.09	17.59	18.71	21.67	24.96	0.06	0.39	0.56	0.68
		200	9.68	10.69	11.70	14.22	15.46	16.70	17.94	19.42	20.89	22.83	24.29	28.13	32.40	0.08	0.52	0.74	0.91
		250	11.78	13.03	14.27	17.35	18.88	20.40	21.92	23.73	25.53	27.91	29.68	34.37	39.56	0.10	0.65	0.93	1.14
	10	300	13.81	15.29	16.76	20.40	22.20	24.00	25.78	27.91	30.02	32.82	34.90	40.39	46.44	0.12	0.78	1.11	1.36
		350	15.79	17.49	19.17	23.36	25.43	27.49	29.53	31.97	34.39	37.58	39.96	46.19	53.04	0.14	0.91	1.30	1.59
		400	17.71	19.63	21.53	26.24	28.57	30.88	33.18	35.91	38.62	42.19	44.84	51.77	59.35	0.16	1.05	1.48	1.82
		450	19.58	21.71	23.82	29.04	31.62	34.18	36.72	39.73	42.71	46.64	49.54	57.12	65.35	0.18	1.18	1.67	2.05
		500	21.40	23.74	26.05	31.77	34.59	37.38	40.14	43.43	46.66	50.92	54.06	62.23	71.02	0.20	1.31	1.86	2.27
		550	23.18	25.71	28.23	34.42	37.47	40.48	43.46	46.99	50.48	55.04	58.39	67.07	76.34	0.22	1.44	2.04	2.50
		600	24.90	27.63	30.34	36.99	40.26	43.48	46.67	50.43	54.14	58.97	62.52	71.65	81.28	0.24	1.57	2.23	2.73
		650	26.58	29.50	32.39	39.48	42.96	46.38	49.76	53.74	57.64	62.73	66.44	75.93	85.83	0.26	1.70	2.41	2.96
	15	700	28.21	31.31	34.38	41.89	45.56	49.17	52.72	56.90	60.98	66.28	70.14	79.91	89.95	0.28	1.83	2.60	3.18
		750	29.79	33.07	36.30	44.21	48.06	51.85	55.56	59.91	64.16	69.64	73.61	83.57	93.62	0.30	1.96	2.78	3.41
		800	31.32	34.77	38.16	46.45	50.47	54.41	58.26	62.77	67.15	72.78	76.83	86.89	96.83	0.32	2.09	2.97	3.64
		850	32.80	36.41	39.96	48.59	52.77	56.85	60.83	65.47	69.96	75.69	79.79	89.86	99.53	0.34	2.22	3.15	3.87
		900	34.23	37.99	41.69	50.64	54.96	59.17	63.26	68.01	72.58	78.37	82.49	92.45	101.71	0.36	2.35	3.34	4.09
		950	35.60	39.51	43.34	52.60	57.04	61.36	65.54	70.37	74.99	80.81	84.91	94.65	103.34	0.38	2.48	3.52	4.32
		1000	36.92	40.97	44.93	54.46	59.01	63.41	67.66	72.55	77.19	82.99	87.04	96.43	104.39	0.40	2.61	3.71	4.55
		1050	38.19	42.36	46.44	56.21	60.85	65.32	69.62	74.54	79.18	84.91	88.86	97.79	104.83	0.42	2.74	3.90	4.78
	20	1100	39.40	43.69	47.87	57.85	62.57	67.10	71.42	76.33	80.93	86.55	90.36	98.70	104.64	0.44	2.88	4.08	5.00
		1150	40.55	44.95	49.23	59.39	64.16	68.72	73.04	77.93	82.45	87.90	91.53	99.14		0.46	3.01	4.27	5.23
		1200	41.64	46.14	50.50	60.81	65.62	70.18	74.49	79.31	83.72	88.95	92.36	99.10		0.49	3.14	4.45	5.46
		1250	42.66	47.25	51.69	62.12	66.94	71.49	75.75	80.47	84.74	89.70	92.83	98.55		0.51	3.27	4.64	5.66
1300		43.63	48.30	52.80	63.30	68.12	72.63	76.82	81.41	85.50	90.12	92.93			0.53	3.40	4.82	5.91	
1350		44.53	49.26	53.82	64.36	69.15	73.60	77.70	82.12	85.98	90.20	92.64			0.55	3.53	5.01	6.14	
1400		45.36	50.15	54.74	65.29	70.03	74.39	78.36	82.58	86.18					0.57	3.66	5.19	6.37	
1450		46.12	50.96	55.57	66.08	70.75	75.01	78.82	82.80	86.09					0.59	3.79	5.38	6.60	
25	1500	46.82	51.68	56.31	66.74	71.32	75.43	79.07	82.76	85.70					0.61	3.92	5.57	6.82	
	1550	47.44	52.32	56.95	67.26	71.72	75.66	79.09							0.63	4.05	5.75	7.05	
	1600	47.98	52.88	57.48	67.64	71.95	75.70	78.87							0.65	4.18	5.94	7.28	
	1650	48.46	53.34	57.91	67.87	72.00	75.53	78.43							0.67	4.31	6.12	7.51	
	1700	48.85	53.72	58.24	67.95	71.88	75.15	77.74							0.69	4.44	6.31	7.73	
	1750	49.16	54.00	58.46	67.86	71.57	74.56	76.80							0.71	4.57	6.49	7.96	
	1800	49.40	54.18	58.56	67.62	71.07									0.73	4.70	6.68	8.19	
	1850	49.54	54.27	58.55	67.22	70.38									0.75	4.84	6.86	8.42	
35	1900	49.61	54.25	58.42	66.65	69.49									0.77	4.97	7.05	8.64	
	1950	49.59	54.13	58.18	65.90	68.40									0.79	5.10	7.23	8.87	
	2000	49.47	53.91	57.81	64.98	67.10									0.81	5.23	7.42	9.10	
	2050	49.27	53.58	57.31											0.83	5.36	7.61	9.33	
	2100	48.98	53.14	56.69											0.85	5.49	7.79	9.55	
	2150	48.59	52.59	55.93											0.87	5.62	7.98	9.78	
	2200	48.10	51.93	55.04											0.89	5.75	8.16	10.01	
	2250	47.51	51.15	54.02											0.91	5.88	8.35	10.23	

POWER RATINGS

optibelt SK PROFILE SPC

NOMINAL POWER RATING P_N [kW]

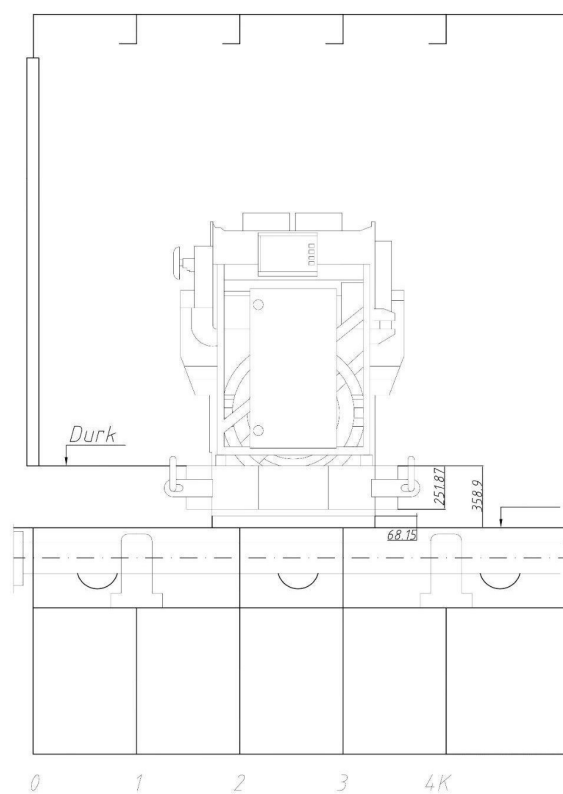
FOR $\beta = 180^\circ$ AND $L_d = 5600$ mm



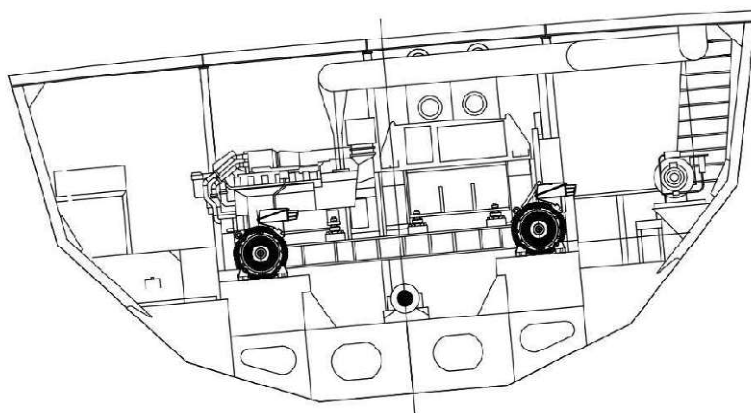
Table 44

Pulleys v [m/s]	n_1 [min ⁻¹]	Datum diameter of small pulley d_{d1} [mm]													Additional power [kW] per belt for speed ratio i			
		224	250	280	300	315	335	355	375	400	450	500	560	630	710	1.01 to 1.05	1.06 to 1.26	1.27 to 1.57
Statically balanced	700	10.46	13.11	16.13	18.11	19.58	21.52	23.44	25.34	27.68	32.24	36.64	41.70	47.28	53.19	0.14	0.90	1.28
	950	13.27	16.71	20.58	23.11	24.97	27.42	29.82	32.18	35.05	40.55	45.70	51.38	57.27	62.91	0.19	1.22	1.73
	1450	17.79	22.48	27.64	30.92	33.30	36.35	39.26	42.02	45.25	50.94	55.51	59.36	61.37		0.29	1.86	2.65
	2850	20.63	25.52	29.58	31.27	31.96										0.57	3.67	5.20
	50	1.08	1.31	1.58	1.75	1.89	2.06	2.23	2.41	2.62	3.05	3.48	3.99	4.58	5.25	0.01	0.06	0.09
	100	1.99	2.44	2.94	3.28	3.53	3.87	4.20	4.53	4.95	5.77	6.58	7.56	8.68	9.95	0.02	0.13	0.18
	200	3.64	4.49	5.46	6.11	6.59	7.22	7.86	8.49	9.28	10.84	12.38	14.22	16.34	18.73	0.04	0.26	0.37
	300	5.16	6.40	7.81	8.75	9.44	10.37	11.29	12.21	13.34	15.60	17.83	20.47	23.50	26.90	0.06	0.39	0.55
	350	5.89	7.31	8.94	10.01	10.82	11.88	12.94	13.99	15.30	17.88	20.44	23.45	26.90	30.77	0.07	0.45	0.64
	400	6.59	8.20	10.04	11.25	12.16	13.36	14.55	15.73	17.21	20.11	22.97	26.35	30.20	34.48	0.08	0.51	0.73
	450	7.28	9.07	11.11	12.46	13.47	14.80	16.12	17.44	19.07	22.28	25.44	29.15	33.37	38.04	0.09	0.58	0.82
	500	7.95	9.91	12.16	13.64	14.75	16.21	17.66	19.10	20.88	24.39	27.83	31.86	36.42	41.44	0.10	0.64	0.91
	550	8.60	10.74	13.19	14.80	16.00	17.59	19.16	20.72	22.65	26.44	30.15	34.48	39.34	44.66	0.11	0.71	1.00
	600	9.23	11.55	14.19	15.93	17.22	18.93	20.62	22.30	24.37	28.44	32.39	36.99	42.13	47.70	0.12	0.77	1.10
	650	9.85	12.34	15.17	17.03	18.42	20.24	22.05	23.84	26.05	30.37	34.56	39.40	44.78	50.55	0.13	0.84	1.19
	700	10.46	13.11	16.13	18.11	19.58	21.52	23.44	25.34	27.68	32.24	36.64	41.70	47.28	53.19	0.14	0.90	1.28
	750	11.05	13.87	17.06	19.16	20.72	22.77	24.80	26.80	29.26	34.04	38.64	43.89	49.62	55.61	0.15	0.96	1.37
	800	11.63	14.60	17.98	20.19	21.83	23.99	26.11	28.21	30.78	35.77	40.54	45.95	51.80	57.81	0.16	1.03	1.46
	850	12.19	15.32	18.87	21.19	22.91	25.17	27.39	29.58	32.26	37.44	42.36	47.89	53.80	59.77	0.17	1.09	1.55
	900	12.74	16.02	19.74	22.16	23.96	26.31	28.63	30.90	33.68	39.03	44.08	49.71	55.63	61.47	0.18	1.16	1.64
	950	13.27	16.71	20.58	23.11	24.97	27.42	29.82	32.18	35.05	40.55	45.70	51.38	57.27	62.91	0.19	1.22	1.73
	1000	13.79	17.37	21.40	24.03	25.96	28.50	30.98	33.41	36.36	41.99	47.21	52.92	58.71	64.08	0.20	1.29	1.83
	1050	14.30	18.02	22.20	24.91	26.92	29.53	32.09	34.58	37.61	43.34	48.62	54.30	59.94	64.95	0.21	1.35	1.92
	1100	14.79	18.64	22.97	25.77	27.84	30.53	33.16	35.71	38.80	44.62	49.92	55.54	60.96	65.53	0.22	1.41	2.01
	1150	15.26	19.25	23.72	26.61	28.73	31.49	34.18	36.78	39.93	45.81	51.10	56.61	61.76	65.79	0.23	1.48	2.10
	1200	15.72	19.84	24.44	27.41	29.58	32.41	35.15	37.80	40.99	46.90	52.16	57.52	62.33	65.72	0.24	1.54	2.19
	1250	16.17	20.41	25.13	28.17	30.40	33.28	36.07	38.76	41.98	47.91	53.10	58.25	62.65	65.31	0.25	1.61	2.28
	1300	16.60	20.96	25.80	28.91	31.18	34.12	36.95	39.67	42.91	48.82	53.90	58.81	62.73		0.26	1.67	2.37
	1350	17.01	21.49	26.44	29.62	31.93	34.91	37.77	40.52	43.77	49.63	54.58	59.19	62.55		0.27	1.74	2.46
	1400	17.41	21.99	27.06	30.29	32.63	35.65	38.54	41.30	44.55	50.34	55.12	59.37	62.10		0.28	1.80	2.56
	1450	17.79	22.48	27.64	30.92	33.30	36.35	39.26	42.02	45.25	50.94	55.51	59.36	61.37		0.29	1.86	2.65
	1500	18.16	22.94	28.20	31.53	33.93	37.00	39.92	42.68	45.88	51.44	55.76	59.15			0.30	1.93	2.74
	1550	18.51	23.39	28.72	32.09	34.52	37.61	40.53	43.27	46.43	51.83	55.86				0.31	1.99	2.83
	1600	18.84	23.81	29.22	32.62	35.06	38.16	41.07	43.79	46.90	52.10	55.81				0.32	2.06	2.92
	1650	19.16	24.20	29.68	33.11	35.56	38.66	41.56	44.24	47.29	52.25	55.59				0.33	2.12	3.01
	1700	19.45	24.58	30.11	33.56	36.02	39.11	41.98	44.62	47.58	52.28	55.21				0.34	2.19	3.10
	1750	19.73	24.92	30.51	33.98	36.43	39.51	42.35	44.93	47.79	52.19	54.67				0.35	2.25	3.19
	1800	19.99	25.25	30.88	34.35	36.80	39.85	42.64	45.16	47.91	51.97					0.36	2.31	3.29
	1850	20.24	25.55	31.21	34.68	37.12	40.14	42.87	45.32	47.94	51.62					0.37	2.38	3.38
	1900	20.46	25.82	31.51	34.97	37.39	40.37	43.04	45.39	47.87	51.14					0.38	2.44	3.47
	1950	20.66	26.07	31.77	35.22	37.61	40.54	43.13	45.39	47.70	50.52					0.39	2.51	3.56
	2000	20.85	26.29	31.99	35.42	37.79	40.65	43.16	45.30	47.44	49.76					0.40	2.57	3.65
	2050	21.01	26.49	32.18	35.58	37.91	40.69	43.11	45.13	47.07						0.41	2.64	3.74
	2100	21.16	26.66	32.34	35.69	37.97	40.68	42.99	44.87	46.60						0.42	2.70	3.83
Dynamically balanced	2150	21.28	26.79	32.45	35.76	37.99	40.60	42.79	44.52	46.02						0.43	2.77	3.92
	2200	21.38	26.91	32.52	35.78	37.95	40.46	42.51	44.08	45.33						0.44	2.83	4.02
	2250	21.46	26.99	32.56	35.75	37.85	40.25	42.16	43.55	44.53						0.45	2.89	4.11
	2300	21.52	27.04	32.55	35.67	37.70	39.97	41.73								0.46	2.96	4.20
	2350	21.56	27.06	32.50	35.54	37.49	39.63	41.21								0.47	3.02	4.29
	2400	21.57	27.05	32.41	35.36	37.22	39.21	40.61								0.48	3.09	4.38
	2450	21.57	27.02	32.28	35.13	36.89	38.72	39.93								0.49	3.15	4.47
	2500	21.53	26.94	32.10	34.84	36.50	38.16	39.16								0.50	3.22	4.56
	2550	21.48	26.84	31.88	34.50	36.05										0.51	3.28	4.66
	2600	21.40	26.71	31.62	34.10	35.53										0.52	3.34	4.75
	2650	21.30	26.54	31.30	33.65	34.95										0.53	3.41	4.84
	2700	21.17	26.33	30.94	33.14	34.30										0.54	3.47	4.93
	2750	21.02	26.10	30.54	32.58	33.59										0.55	3.54	5.02
Dynamically balanced	2800	20.84	25.83	30.08												0.56	3.60	5.11
	2850	20.63	25.52	29.58												0.57	3.67	5.20
	2900	20.40	25.18	29.03												0.58	3.73	5.29
	2950	20.14	24.80	28.42												0.59	3.79	5.39
	3000	19.86	24.38	27.77												0.60	3.86	5.48
	3050	19.55	23.93	27.06												0.61	3.92	5.57
Dynamically balanced	3100	19.21	23.43	26.30												0.62	3.99	5.66
	3150	18.84	22.89	25.49												0.63	4.06	5.75

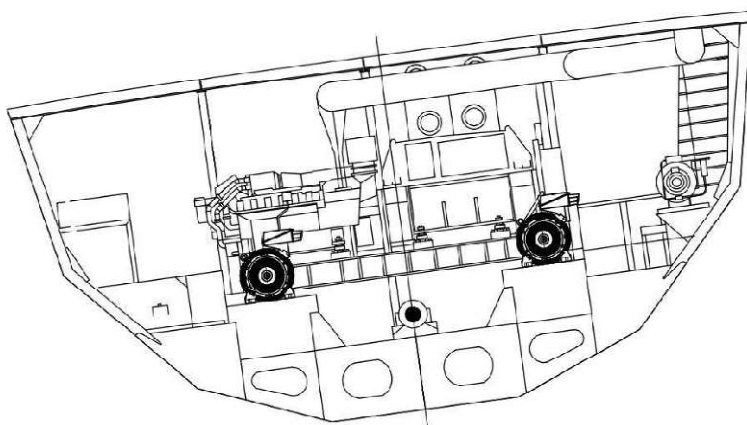
Bilaga 13 Gensetets placering



Bilaga 14 Max tillåtna slagsidor

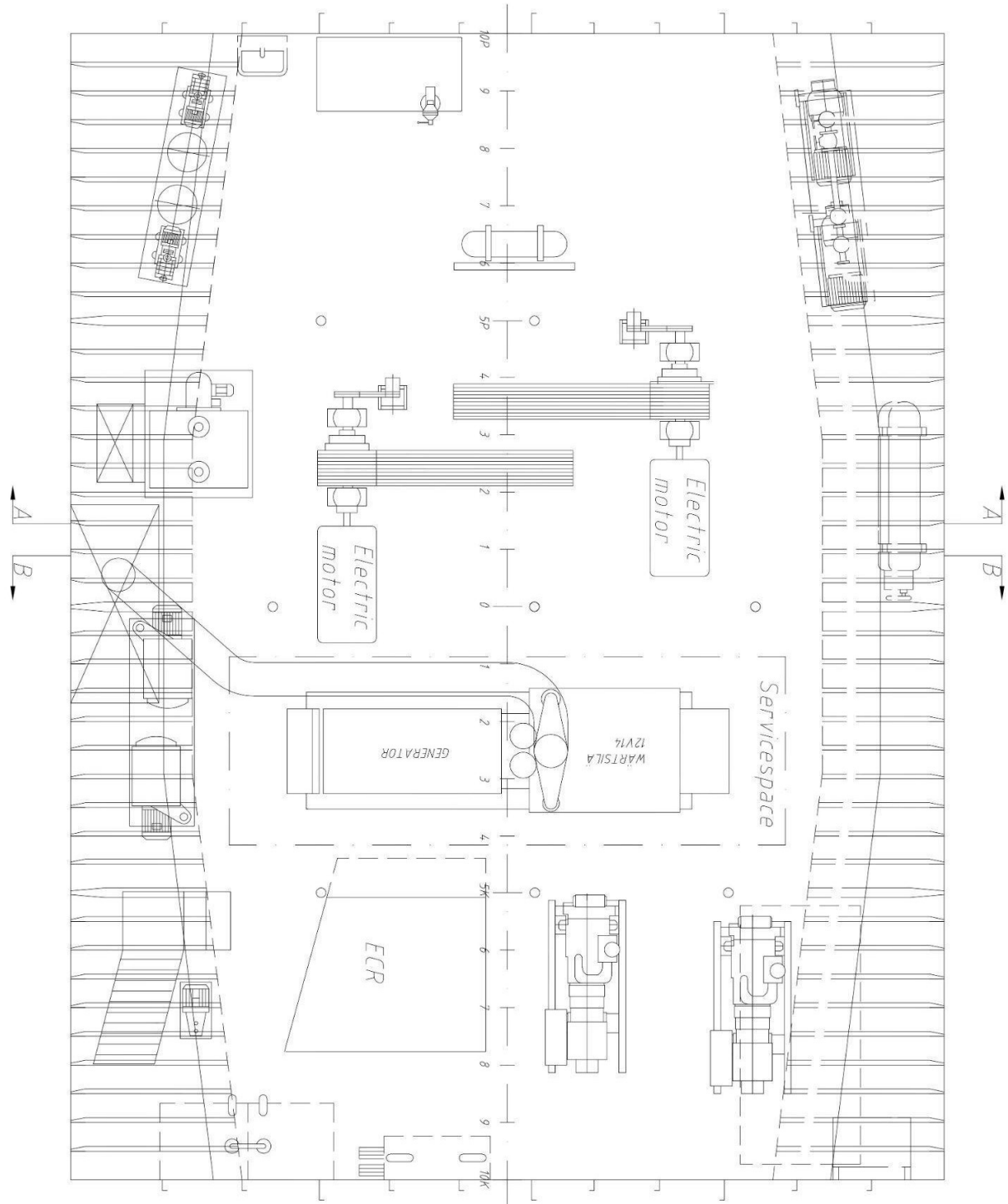


*B - B
#1P Looking forward
5° slagsida*

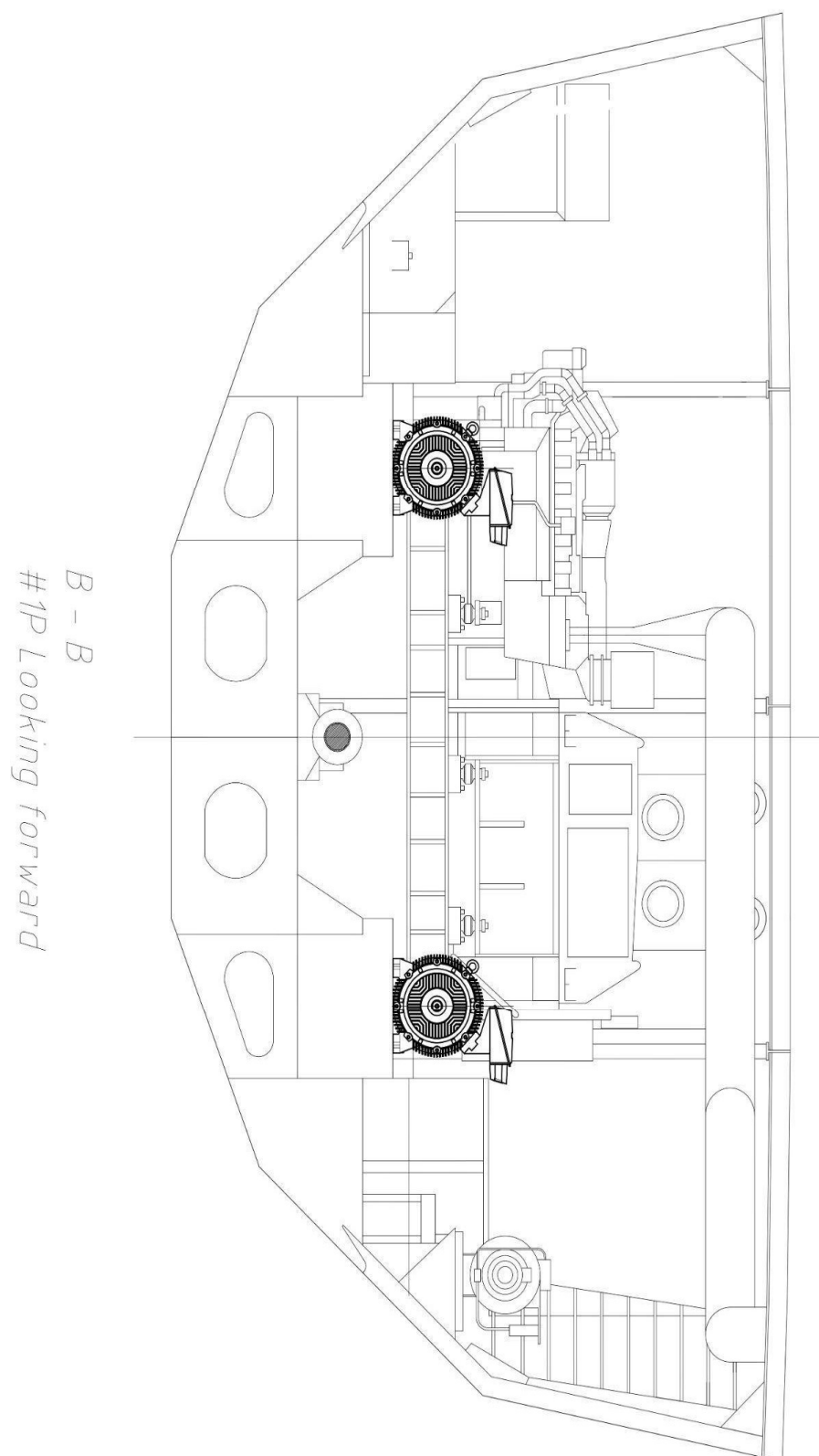


*B - B
#1P Looking forward
7.5° slagsida*

Bilaga 15 Förslag över ny avgasrördragning



Bilaga 16 B-B vy över ny avgasrördragning



Bilaga 17 Wärtsiläs rekommendation på installation av avgasrör

