



Hållbar skärgårdstrafik i Västerviks kommun



VÄSTERVIKS
KOMMUN



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden



Innehållsförteckning

1	Inledning	4
2	Sammanfattning	5
3	Förslag till tekniska lösningar	6
3.1	<i>Byte av bränsle</i>	6
3.2	<i>Hybridlösning</i>	7
3.3	<i>Eldrift med batteri och landanslutning</i>	7
3.4	<i>Energibesparing</i>	7
3.5	<i>Installation av efterbehandling</i>	8
4	Fartygens förutsättningar	9
4.1	<i>Ellen Key</i>	9
4.1.1	<i>Val av lösning</i>	9
4.1.2	<i>Stabilitet</i>	9
4.2	<i>Kung Märta</i>	10
4.2.1	<i>Val av lösning</i>	10
4.2.2	<i>Stabilitet</i>	10
4.3	<i>Lilla Strömmen (fd. Zarah Leander)</i>	10
4.3.1	<i>Val av lösning</i>	10
4.3.2	<i>Stabilitet</i>	11
5	Myndighetskrav och godkännande	12
6	Kostnader	12
6.1	<i>Jämförande kostnad för nybyggt fartyg</i>	12
6.2	<i>Investeringsstöd</i>	12
6.3	<i>Kostnadsestimat ombyggnad</i>	13
6.3.1	<i>Ellen Key</i>	13
6.3.2	<i>Kung Märta</i>	13
6.3.3	<i>Lilla Strömmen/fd. Zarah Leander</i>	14
7	Förväntade miljövinster	15
7.1	<i>Ellen Key</i>	15

7.2	<i>Kung Märta</i>	15
7.3	<i>Lilla Strömmen/Zara Leander</i>	15
8	Teknisk specifikation	16
8.1	<i>Ellen Key</i>	16
8.2	<i>Kung Märta</i>	18
8.3	<i>Lilla Strömmen/zarah Leander</i>	18

1 Inledning

Västerviks kommun önskar konvertera den befintliga fartygsflottan till fossilfri drift för att uppnå mål om en hållbar skärgårdstrafik.

Utredningen har baserats på de befintliga fartygens förutsättningar och nuvarande tidtabeller för att beskriva och föreslå vilka möjligheter och tekniska förutsättningar som finns för att konvertera fartygen till fossilfrihet.

Utredningen syftar till att föreslå lämpliga lösningar för fartygen, redovisa kostnader och uppnådd effekt. Även analys av påverkan på stabilitet och kontroll av relevanta regelverk som kan tillämpas för att utföra ombyggnad har analyserats.

Som underlag för rekommendationer och förslag till lösningar har fartygens effekt- och energibehov vid nuvarande tidtabell använts.

Besök ombord i fartygen ligger till grund för bedömning av möjliga tekniska lösningar.

Johan Rindmyr och Dan Hedegren har bistått med information och assistans om frågor gällande fartygen.

Fartygen Ellen Key och Kung Märta bedriver omfattande trafik, främst under sommartid, med ett högt resande och med en tidtabell som innebär frekvent trafik under dagtid med enbart 2 längre sammanhängande raster.

Lilla Strömmen (f.d. Zarah Leander) bedriver utflyktstrafik med låg fart och korta sträckor med större möjlighet till perioder med rast.

2 Sammanfattning

Fartygen har olika förutsättningar och begränsningar utifrån resenärsunderlag, tidtabell, fartygens tillgängliga utrymmen och stabilitet.

Lösningförslagen skiljer sig därför åt mellan de tre fartygen.

Gemensamt är att alla tre fartygen med små justeringar kan byta bränsle från diesel MK 1 till HVO. Det reducerar koldioxidutsläpp med 90% och innebär en mer hållbar trafik i och med att förnybart bränsle används. Bränslekostnad per drifttimme ökar med en faktor 2.

Ellen Key bedöms ha förutsättning för hybridisering där ett mindre batteri nyttjas parallellt med framdrift och elproduktion från dubbla huvudmotorer och laddning från land.

Kung Märta bedöms inte ha möjlighet till elektrifiering utan kan uppnå fossilfrihet genom utbyte av bränsle.

Lilla Strömmen (f.d. Zarah Leander) bedöms ha förutsättningar för hybridisering där en stor del av de kortare guidade turerna utförs med elektrisk drift och laddning från land. För de längre turerna behövs en dieselgenerator.

3 Förslag till tekniska lösningar

Med utgångspunkt från fartygens olika förutsättningar föreslås olika tekniska lösningar.

3.1 Byte av bränsle

Utbyte av bränsle från diesel MK1 till HVO 100.

Åtgärden kräver ingen eller minimal anpassning av fartyg och befintlig utrustning och installationer/motorer kan användas för att snabbt uppnå reduktion av växthusgaser.

Motorernas packningar och garantivillkor behöver kontrolleras med motortillverkare för att säkerställa drift på sikt och tillvarata eventuella garantier.

Åtgärden får prispåverkan på driftkostnader som beror på ett högre pris för HVO 100 jämfört med diesel MK1. Råvarupris HVO 100 cirka 14 SEK per liter i jämförelse med diesel MK1 6 SEK per liter.

Tillgång till HVO kan vara begränsad då fler aktörer på marknaden ställer om till fossilfri drift, speciellt inom kollektivtrafik. Tillgång till och pris för HVO är en osäkerhetsfaktor.

Framställning av HVO sker genom vätebehandling av vegetabiliska oljor. Genom att använda HVO kan reduktion av koldioxid med 90%, reduktion av partiklar med 33%, reduktion av kväveoxider NO_x (9%), kolväten (30%) och kolmonoxid (24%) uppnås.

Beroende på produktionsmetod, leverantör och ursprung av de fetter som används kan snabbt en 90% reduktion av CO₂ uppnås.¹

Litteraturstudier ger ingen entydig uppgift om hur NO_x-utsläpp påverkas vid inbladning av HVO, men redovisar en reduktion av partiklar och kolväten med upp till 70%².

Sammantaget kan dock sägas att HVO ger signifikant reduktion av koldioxid (CO₂), partiklar (PM) och kolväten (HC).

Byte av bränsle kan tillämpas i kombination med 3.2.

¹ <https://www.neste.se/neste-my-fornybar-diesel/hvo>

² Emissioner från vägtrafikfordon med HVO, Svenska MiljöEmissionsData, ISSN 1653-8102

3.2 Hybridlösning

Fartygets energi för förbrukning och framdrift erhålls från batteri i kombination med huvudmotorer i generatordrift för laddning av batteri. Batteri laddas också från landanslutning under stillaliggande perioder.

Resultatet blir lägre energiförbrukning från fossilt drivmedel (diesel, MK1) då delar av energin erhålls från laddning från elnät. Om bränsle som används för generatordrift är HVO uppnås både reduktion av total mängd förbrukat bränsle och minskade mängder av utsläpp som redovisas under 3.1.

Energibesparing kan uppnås genom att motorer och generatorer kan optimeras för drift vid optimalt varvtal och att höga effektuttag kan utjämnas av batterisystemet.

Tekniklösningen innebär att fartygets drivlina byggs om och kompletteras med elmotor, växel och koppling tillsammans med ett begränsat inbyggt batterisystem, eltavlor och övervakningssystem.

Hybridlösningar kan utföras antingen som seriehybrid eller parallellhybrid beroende på behov och driftsprofil. Skillnaden mellan lösningarna framgår av fig. 1.

3.3 Eldrift med batteri och landanslutning

Tekniklösningen kräver ombyggnad av fartygets drivlina där befintliga motorer, tankar, rörledningar, generatorer och elsystem demonteras i sin helhet och ersätts med batteri, landanslutning, transformatorer, omvandlare, eltavlor, energiövervakningssystem och elmotorer på befintligt axelarrangemang.

Under förutsättning att elleverans produkt-specificeras från förnybara energislag kan 100% förnybar energitillförsel uppnås.

3.4 Energibesparing

Oavsett val av teknisk lösning för att uppnå hållbar sjötrafik bör även metoder för energibesparing beaktas.

Bränsleförbrukning för framdrift är den enskilt största förbrukningsposten och därmed den mest betydande för att minska energiförbrukning.

Operativa begränsningar genom att planera tidtabeller så att en viss högsta fart inte behöver överskridas under resa i kombination med utbildning av befälhavare i Eco-driving finns potential till energibesparing i storleksordningen 10-20%.

Det finns ett antal system på marknaden för energimätning och uppföljning som på ett intuitivt sätt ökar medvetandet hos besättningen om körsätt och beteende och kan ge en betydande energibesparing.

Landanslutning för energitillförsel för uppvärmning och energi vid stillaliggande bidrar också till att minska förbrukning av fossilt bränsle.

3.5 Installation av efterbehandling

Installation av urea-SCR för avgasefterbehandling kan kraftigt sänka utsläppsnivåer av NOx och partiklar i jämförelse med ett fartyg med äldre motorer utan SCR. Skillnader i reduktionsnivåer har inte entydigt påvisats vid utbyte från dieselbränsle (MK1) till HVO som bränsle.

4 Fartygens förutsättningar

4.1 Ellen Key

4.1.1 Val av lösning

Totalt energiförbrukning under en tur Västervik – Hasselö bedöms vara 160 kWh. Maximal effekt som behövs under resan är ej känd men det bedöms att 150 kW per axel, totalt 300 kW är tillräckligt för de flesta driftsfall.

Vid nuvarande tidtabell där fartyget är i drift i 4 timmar före 1 timmes rast i Västervik, där laddning kan ske, krävs ett energilager ombord på ca 640 kWh. Tillgänglig effekt på landanslutning i Västervik förväntas vara 500 kW vilket innebär att tid för laddning behöver vara minst 1,5 timmar. Vi förutsätter likströms laddning från laddstation i land då detta är mest vanligt förekommande för snabbbladdning.

Tillgängligt utrymme under däck i passagerarsalong är mycket begränsat och medger batterisystem med en tillgänglig kapacitet av ca 100 kWh.

Baserat på ovanstående bedöms fartyget ha förutsättningar och möjlighet för installation av en parallellhybridlösning (se fig 1) i huvudsak baserat på begränsningar i tillgängligt utrymme för batterier.

Lösningen innebär att befintliga huvud- och hjälpmotorer demonteras och ersätts med nya huvudmotorer, växlar, batterisystem, elmotorer och elskåp. Batterisystem boxas in i slutet utrymme med brandsläckning och ventilation.

Vi utgår från att de nya huvudmotorerna får en effekt om ca 130 kW och att elmotorerna är på ca 70 kW (motorbyte där effekten överstiger 130 kW skall uppfylla utsläppskrav enligt IMO Tier III vilket innebär avgas-efterbehandling med Urea SCR (katalysator).

4.1.2 Stabilitet

Fartygets stabilitet reviderades senast 2016-12-19 och kan därmed förväntas vara överensstämmande med fartygets nuvarande status.

Lösningförslaget innebär en viktökning, cirka 1,5 ton, i huvudsak orsakad av tillkommande vikt av batteriinstallation. Vikten är placerad under fartygets däck och tyngdpunkt under lätt fartygs tyngdpunkt vilket innebär en lägre tyngdpunkt och därmed högre GM. Ökad vikt medför samtidigt ett lägre fribord med ca 1,5 cm vilket påverkar vinkeln för toppen av GZ-kurvan.

Sammantaget bedöms stabiliteten fortsatt klara kraven då det finns marginal i den befintliga stabilitetsboken.

4.2 Kung Märta

4.2.1 Val av lösning

Fartyget bedöms inte ha förutsättningar för installation av batteri eller hybridlösning. Bedömningen baseras på brist på tillgängligt utrymme.

Byte av bränsle enligt 3.1 är den mest effektiva metoden för att uppnå hållbar trafik med reduktion av utsläpp av CO₂ från fossilt bränsle på cirka 90%.

Installation av urea-SCR bidrar till reduktion av NO_x.

4.2.2 Stabilitet

Fartygets lättvikt bestämdes vid krängningsprov 2016-09-06 och kan därmed förväntas vara överensstämmande med fartygets nuvarande status.

Fartygets stabilitet har inte värderats då förslaget endast innebär marginell påverkan på stabilitet.

4.3 Lilla Strömmen (f.d. Zarah Leander)

4.3.1 Val av lösning

Lilla Strömmen (f.d. Zarah Leander) går i regelbunden trafik med guidade turer på ca 1 timma, 3 gånger per dygn. Baserat på en uppskattad effektförbrukning om ca. 15 kW blir energiförbrukningen per tur ca. 15 kWh.

Mellan varje tur görs uppehåll i Västervik på ca en timme då batterierna kan laddas fullt. Vi förutsätter likströms laddning från laddstation i land.

Vid enstaka tillfällen görs längre turer till Idö och Hasselö med högre fart då effektförbrukningen är betydligt högre, uppskattningsvis ca. 50 kW. Bedömningen är att det inte kommer finnas tillräckligt med plats för att installera ett batteripaket med kapacitet för att klara denna längre tur på eldrift.

Fartyget bedöms ha förutsättning för att anpassas för en seriehybridlösning (se fig 1) med ett mindre batteripaket samt en dieselgenerator på ca. 50 kW för framdrift samt tillskott till laddning av batterierna vid de längre turerna. Batterisystem kommer att ha en tillgänglig kapacitet av ca 15 kWh.

Ombyggnaden till hybriddrift kommer att kräva omfattande ombyggnader av motorutrymmet ombord då platsen är begränsad.

4.3.2 Stabilitet

Fartygets stabilitet har inte analyserats då stabilitetsbok inte har presenterats.

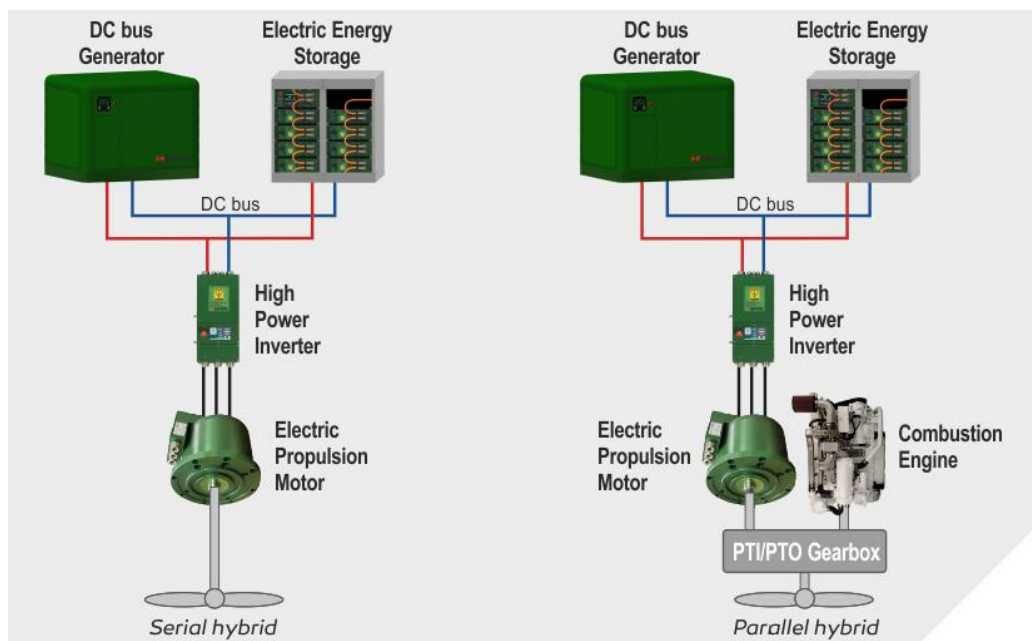


Fig 1. Principskiss, serie och parallellhybridlösningar

5 Myndighetskrav och godkännande

Fartygen omfattas av Transportstyrelsen föreskrifter för nationell sjöfart TSFS 2017:26 och ombyggnad omfattas av anmälan för ombyggnad och krav på godkännande av Transportstyrelsen som inkluderar verifiering enligt erkänt regelverk eller utförda riskanalyser.

Transportstyrelsen har riktlinjer för batteri- och hybriddrivna fartyg (TSG 2018-735) och för utförande av riskanalyser (TSG 2020-3130).

Arbetet med riskanalys och regelefterlevnad är omfattande för batteriinstallationer i fartyg och det är rederiet som initierar och ansvarar för denna process med support från underleverantörer och varv. Vår tolkning är att typgodkända batterier är ett krav från Transportstyrelsen i dagsläget.

6 Kostnader

6.1 Jämförande kostnad för nybyggt fartyg

Kostnader för ett nybyggt fartyg beror i huvudsak på hur fartygets specificeras avseende materialval, effekt, drivlina, utrustningsnivå och komfort. En detaljerad kostnad låter sig inte göras inom ramen för uppdraget, men jämförelser med fartyg med liknande prestanda som de aktuella fartygen Ellen Key och Kung Märta leder till en investering i storleksordningen 30 MSEK. Till detta ska kostnader för batteri och landanslutning adderas. De uppskattas till 5 MSEK.

Sammantaget minst 35 MSEK inkluderande kostnader för design och godkännande.

Vi bedömer att ett nybyggt fartyg kan göras kortare (ca. 20 m) jämfört med Ellen Key men fortfarande med samma prestanda och kapacitet.

6.2 Investeringsstöd

Investeringar i teknik som leder till reduktion av utsläpp av CO₂ kan delvis finansieras med stöd från Klimatklivet. Klimatklivet administreras av Naturvårdsverket och omfattar även stöd för byggnation av ladd-infrastruktur.

6.3 Kostnadsestimat ombyggnad

6.3.1 Ellen Key

Investeringskostnad för utrustning, ombyggnad och installation uppskattas ligga i området från 8 000 000 till 9 500 000 SEK exkl. ladd-infrastruktur i land.

Uppdelning av kostnadsestimat

Elektriskt framdrivningssystem exkl. batterier:	2 000 000 SEK
Batterilager, Li-Ion. Marint typgodkänt:	800 000 SEK
Elinstallation ombord:	700 000 SEK
Mekaniska ombyggnadsarbeten utförda av varv:	1 400 000 SEK
2st Huvudmotorer inkl SCR:	1 300 000 SEK
2st Växlar:	600 000 SEK
2st Hybridväxlar:	1 300 000 SEK
Batteriutrymme: Omfattar kapsling / skott, brandisolering, brandsläckning, ventilation, detektering och montage.	600 000 SEK

Ladd-infrastruktur i land 300 000 SEK

Ovan är baserat på likströmsladdning med en kapacitet på ca 100 kW och manuell anslutning. Notera att helautomatisk snabbladdning med högre kapacitet, t.ex. 500 kW är mycket kostsam (3 – 4 MSEK baserad på tillgänglig teknik)
Elnäts-avgifter, elhandel samt installationskostnader för anslutning av elnät är ej inkluderat i detta estimat

6.3.2 Kung Märta

Ej aktuell, endast byte av drivmedel.

6.3.3 Lilla Strömmen (f.d. Zarah Leander)

Investeringskostnad för utrustning, ombyggnad och installation uppskattas ligga i området från 2 500 000 till 3 500 000 SEK.

Uppdelning av kostnadsestimat

Elektriskt framdrivningssystem exkl. batterier:	1 200 000 SEK
Batterilager, Li-Ion. Marint typgodkänt:	150 000 SEK
Elinstallation ombord	300 000 SEK
Mekaniska ombyggnadsarbeten utförda av varv:	750 000 SEK
Diesलगenerator:	300 000 SEK
Batteriutrymme: Omfattar kapsling / skott, brandisolering, brandsläckning, ventilation, detektering och montage.	450 000 SEK

Ladd-infrastruktur i land 50 000 SEK

Ovan är baserat på konventionell laddning på 32 eller 63 Ampere, 400 VAC, 3 fas.

7 Förväntade miljövinster

7.1 Ellen Key

Genom byte till HVO förväntas att koldioxidutsläpp minska med minst 90%.

Hybridiseringen kommer att ge en avsevärd besparing av drivmedel. Då exakt driftsprofil inte är känd är det inte möjligt att beräkna denna exakt men genom laddning i Västervik kan man förvänta sig att 15% av energiförsörjningen kommer från fossilfri elkraft. Hybriddriften kommer sedan att bidra till högre verkningsgrad vilket ger uppskattningsvis ytterligare 15-25% reduktion av bränsleförbrukning.

7.2 Kung Märta

Genom byte till HVO förväntas att koldioxidutsläpp minska med minst 90%.

7.3 Lilla Strömmen (f.d. Zarah Leander)

Genom byte till HVO förväntas att koldioxidutsläpp minska med minst 90%.

Hybridiseringen kommer att ge en avsevärd besparing av drivmedel. De kortare guidade turerna kommer att genomföras med fossilfri elkraft från laddstation i land.

Under lång-turerna kommer hybriddriften kommer att bidra till något högre verkningsgrad men reduktionen i bränsleförbrukning förväntas bli marginell då Dieselgeneratoren kommer att gå på en mer optimal driftsprofil.

8 Teknisk specifikation

8.1 Ellen Key

Förslag till leveransomfattning:

Antal	Benämning	Data
1	Batteri ESS	Litium 130 kWh Luftkylda
1	DC / DC	DC/DC + Induktor
2	Elektriska framdriftsmotorer	Permanentmagnetiserad 70 kW.
2	Motor-Inverter	DC / AC 70 kW Vattenkyld
2	Huvudmotorer med katalysator	Volvo Penta VP-D8
2	Växlar för parallellhybriddrift	Twin Disk
1	Huvudtavla	750Vdc tavla
1	Distributionscentral	230 Vac tavla
1	Kontroll och övervakningssystem	PLC-baserat automationssystem
	Ombyggnad*	Mekanisk ombyggnad på varv samt installation av utrustning ombord.
	Elkonstruktion	Konstruktion och dokumentation av nytt hybridssystem
	Mjukvara	Konfiguration
	Driftsättning och avprovning	Driftsättning och avprovning på varvet
	Godkännande (Transportstyrelsen)	Assistans till rederiet beträffande godkännande av ombyggnad

*) Specifikation av varvsarbete vid ombyggnad:

Torrättning
Förflyttning på land
Demontering av bef HM.
Demontering av bef Hjm.
Demontering av propelleraxlar.
Demontering av bef växlar.

Anpassning av motorbäddar
Montera nya växlar.
Montera hybridväxlar på nya HM.
Montera ny HM.
Tillverka fundament till ny elmotor.
Montering av elmotorer.
Montera SCR utrustning.
Återmontera bef propelleraxlar.
Sjösättning och återställning.
Uppstart.
Verifiering och provning.
Demontera erforderliga stolar i salong och på soldäck.
Demontera innertak i salongen.
Tillverka 2st däckluckor på soldäck.
Tillverka 2st däckluckor på huvuddäck.
Tillverka fundament till nya batterirumslådor.
Tillverkning av 2st batterirumslådor av stål.
Montering av elskåp.
Montering av batterier i batterilådor.
Ombordlyftning och montering av "batterilådor".
Installera brandsläckning till batterier.
Installera kylning till batterier.
Montera övervakning.
Montera luckor i huvuddäck.
Montera luckor i soldäck.
Återställa innertaket.
Återställa matta i salongen.
Återmontera passagerarstolar.
Återställa bänkar på soldäck.

8.2 Kung Märta

Ej aktuell, endast byte av drivmedel.

8.3 Lilla Strömmen (f.d. Zarah Leander)

Förslag till leveransomfattning:

Antal	Benämning	Data
1	Batteri ESS	Litium 20 kWh Luftkylda
1	DC/DC	DC/DC + Induktor vattenkyld
2	Elektriska framdriftsmotorer	Permanentmagnetiserade 30 kW. Vattenkylda
2	Motor-Inverter	DC / AC 30 kW Vattenkyld
1	Generator-inverter	AC / DC 50 kW Vattenkyld
1	Diesलगenerator	50 kW IMO Tier II
1	DC skåp	750 Vdc
1	DC/DC	750 / 24 Vdc för övriga förbrukare
1	Kontroll och övervakningssystem	PLC-baserat automationssystem
	Ombyggnad*	Mekanisk ombyggnad på varv samt installation av utrustning ombord.
	Elkonstruktion	Konstruktion och dokumentation av nytt hybridssystem
	Mjukvara	Konfiguration
	Driftsättning och avprovning	Driftsättning och avprovning på varvet
	Godkännande (Transportstyrelsen)	Assistans till rederiet beträffande godkännande av ombyggnad

*) Specifikation av varvsarbete vid ombyggnad:

Torrsättning
Förflyttning på land
Demontering av bef HM inkl växlar.
Demontering av propelleraxlar.
Bygga om utrymmet för elmotorer och batterilåda.
Tillverka fundament till nya elmotorer.
Montering av elmotorer.

Tillverka fundament till 1st ny batterirumslåda.
Konstruktion av "batterirum" inkl system.
Tillverkning av 1st batterirumslådor av stål.
Montering av elskåp.
Montering av batterier i batterilådor.
Ombordlyftning och montering av "batterilådor".
Installera brandsläckning till batterier.
Installera kylning till batterier.
Montera övervakning.
Bygga fundament till ny Hjm.
Montera och koppla in Hjm.
Återmontera bef propelleraxlar.
Uppstart av Hjm.
Verifiering och provning.