

Jori Wasenius

MARPOL 73/78 YLEISSOPIMUKSEN
VAIKUTUKSET ITÄMEREN
LIIKENTEESSÄ OLEVAAN ROPAX-
ALUKSEEN

Opinnäytetyö
Merenkulun Insinööri

Joulukuu 2015



KYAMK
University of Applied Sciences

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Jori Wasenius	Merenkulkualan insinööri	Joulukuu 2015
Opinnäytetyön nimi Marpol 73/78 yleissopimuksen vaikutukset Itämeren liikenteessä olevaan ROPAX-alukseen		38 sivua
Toimeksiantaja		
Finnlines Oyj		
Ohjaaja		
Lehtori Ari Helle		
<p data-bbox="140 716 1401 754">Tiivistelmä</p> <p data-bbox="140 786 1401 954">Opinnäytetyön yhteistyökumppanina toimi varustamoyritys Finnlines Oyj. Opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella MARPOL–yleissopimuksen (liite VI) vaikutuksia SECA-erityisalueella liikennöivään ROPAX-alukseen. Työssä on tarkoituksena tuoda esille muutostyöt, joita tehtiin 1.1.2015 voimaan tulleen rikkidirektiivin ja kilpailukyvyn parantamisen vuoksi.</p> <p data-bbox="140 987 1401 1122">Työn materiaali on kerätty pääosin IMO:n ja Trafín aiheeseen liittyvistä Internet-julkaisuista sekä Finnlines-varustamon ja yhteistyökumppaneiden tiedotteista. Osaksi työssä on käytetty omakohtaista kokemusta muutostöistä työskennellessäni varustamon ROPAX–aluksella konemestarina.</p> <p data-bbox="140 1155 1401 1357">1.1.2015 voimaan tulleen direktiivin myötä suurin osa Itämeren alueella liikennöivistä aluksista siirtyi käyttämään kalliimpaa kevyttä polttoöljyä raskaan polttoöljyn sijaan. Tämän päättöyön esimerkialuksina toimiviin laivoihin asennettiin pakokaasuista rikkiä poistavat pakokaasupesurit. Tämä mahdollistaa edelleen edullisemmän raskaan polttoöljyn käytön. Opinnäytetyössä esitetään, mitä asennuksia tarvittiin jatkettaessa raskaalla polttoöljyllä ajoa ja kuinka ajamisesta tehtiin taloudellisempaa.</p> <p data-bbox="140 1391 1401 1491">Työn tuloksena voidaan todeta, että jo liikenteessä olleeseen alukseen on mahdollista tehdä järkevät muutostyöt, jotta voidaan jatkaa liikennöintiä Itämeren SECA-erityisalueella raskaalla polttoöljyllä entistä taloudellisemmin sekä ympäristöystävällisemmin.</p>		
<p data-bbox="140 1592 1401 1630">Asiasanat</p> <p data-bbox="140 1630 1401 1659">MARPOL, SECA, rikki, puhdistus</p>		

Author (authors)	Degree	Time
Jori Wasenius	Degree programme in Marine Technology	December 2015
Thesis Title		38 pages
Effect of the MARPOL Annex VI on ROPAX-Vessel sailing in Baltic Sea		
Commissioned by		
Finlines Oyj		
Supervisor		
Ari Helle, Senior Lecturer		
Abstract		
<p>This thesis was made in cooperation with the shipping company Finlines Plc. The main focus is on reviewing effect of MARPOL Annex VI on ROPAX vessel which operating in SECA area. This thesis will include all the alterations, which were made to improve the competitiveness and, because of sulphur directive, which came into force on 1st of January 2015.</p> <p>The material of this thesis has been collected mainly from IMO's and Trafi's internet publications and from Finlines and its partners newsletters. This thesis also includes information which has been collected during the work on ROPAX vessel as an engineer for Finlines during the modification period.</p> <p>When the sulphur directive came into force 1st of January 2015, most of the ships which operate in the Baltic Sea resettled to use more expensive light fuel oil instead of heavy fuel oil. In vessels, which this thesis will examines, scrubbers were installed which will eliminate sulphur fumes from exhaust gases. These changes will further allow the use of cheaper heavy fuel oil. This thesis will show what kind of installment was needed when the ship continued to sail with heavy fuel and how the sailing was made more economic.</p> <p>As a result, it can be stated that for currently sailing vessels it is possible to do reasonable modifications so that sailing can be continued in the special SECA area of the Baltic Sea with heavy fuel oil in a more economical and ecological way.</p>		
Keywords		
MARPOL, SECA, sulphur, cleaning		

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tausta ja tavoite.....	6
1.2	Työn rajaus.....	7
2	FINNLINES OYJ.....	7
2.1	Star-sarja.....	8
3	SECA-ALUE.....	10
3.1	MARPOL-yleissopimus liite VI.....	11
4	PAKOKAASUJEN PUHDISTUS.....	11
4.1	Pakokaasupesureiden asennus.....	12
4.1.1	Pesureiden vaatima putkisto ja pumput.....	12
4.1.2	Merivesifiltterit.....	14
4.1.3	DOC-Suodattimet.....	17
4.1.4	Pakokaasupesurit.....	21
4.2	Pakokaasupesureiden toiminta.....	22
4.2.1	Pesuveiden virtaus.....	22
4.2.2	Pakokaasujen virtaus.....	24
5	MUUTOKSET MERIAJOON.....	25
5.1	Potkurit.....	25
5.2	Ajomoodit.....	27
6	ALUKSEN KÄYTTÄMÄT POLTTOAINEET.....	29
6.1	Polttoaineiden siirto ja varastointi.....	30
6.2	Polttoainejäähdytin.....	30
6.2.1	Boosterkoneikon toiminta.....	31
6.2.2	Polttoaineen jäähdyttimen toiminta.....	33
6.2.3	Polttoaineen vaihto.....	33
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	35

1 JOHDANTO

Kansainvälinen merenkulku Itämerellä koki suuria muutoksia 1.1.2015. Tällöin astui voimaan kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n vuonna 2008 hyväksymä MARPOL 73/78 liite VI, joka koskee ilmastonsuojelua sekä päästörajoituksia. Itämeri kuuluu rikkidioksidipäästöjen valvonta-alueeseen SECA:aan (Sulphur Emission Control Area). SECA-alueella voimaan astuivat määräykset, joiden mukaan aluksissa käytettävän polttoaineen rikkipitoisuus laski entisestä 1,0 prosentista 0,10 prosenttiin. Alusten polttoaineen rikkipitoisuustason laskemisen tarkoituksena oli alentaa alusliikenteessä syntyvien haitallisten pienhiukkasten määrää, kuten typenoksidi- (NOx) ja rikkidioksidipäästöjä (SOx). Näillä on tutkitusti haittavaikutuksia ihmisen terveydelle sekä ympäristölle.

Säännöllisesti Itämerellä liikennöivillä aluksilla oli rajatut mahdollisuudet täyttää voimaan tulleet määräykset. IMO:n hyväksymiä vaihtoehtoja oli käyttää aluksissa rikkittömiä polttoaineita tai pakokaasujen puhdistamiseen hyväksytyjä laitteita. Jälkimmäinen vaihtoehto mahdollistaisi jatkaa raskaan polttoöljyn käyttöä Itämeren liikenteen aluksissa. Tämän päättöyön esimerkialuksena toimii suomalaisen varustamon Itämeren liikenteessä oleva ROPAX -alus. (Liikenne ja viestintäministeriö. Rikkidirektiivi voimaan 2015, tiedote 12.6.2014)

1.1 Työn tausta ja tavoite

Tämän opinnäytetyön aiheena on tarkastella MARPOL 73/78 - yleissopimuksen liite VI:n kuuden vaikutuksia Itämeren liikenteessä olevaan ROPAX-alukseen. Tavoitteena on tutkia, kuinka tiukkenevat päästömääräykset saatiin toteutettua, jotta liikennöinti jatkui entiseen tapaan Itämerellä.

Opinnäytetyön tekijä työskentelee opinnäytetyötä käsittelevällä esimerkialuksella ja siksi kiinnostui aiheesta. Näin ollen materiaalin saanti opinnäytetyötä varten oli mahdollista ja opinnäytetyön tekijällä oli omakohtaista kokemusta tarvittavista muutostöistä sekä päästöjä puhdistavien laitteiden käytöstä.

1.2 Työn rajaus

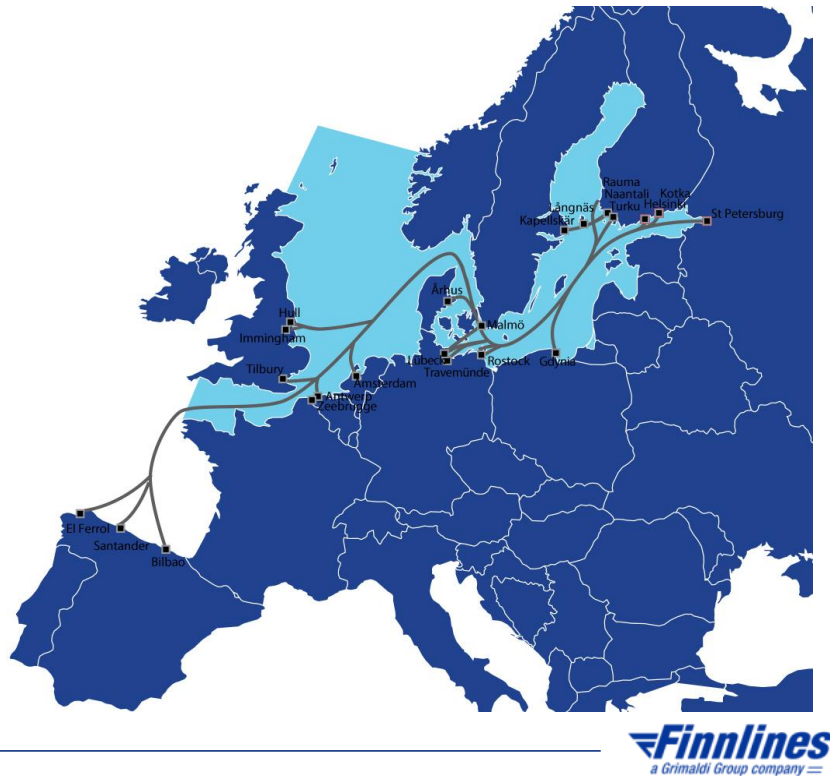
Opinnäytetyö on rajattu koskemaan säännöllisessä Itämeren liikenteessä olevaa ROPAX-alusta, joka seilaa Suomen lipun alla. Opinnäytetyössä halutaan keskittyä 1.1.2015 tulleiden määräysten tuomiin teknisiin muutostöihin, sekä operointiin Itämeren SECA-alueella. Opinnäytetyössä käsitellään uudet määräykset ja niiden vaatimat muutostyöt.

2 FINNLINES OYJ

Oy Finnlines Ltd perustettiin marraskuussa 1947. Yhtiöjärjestyksen mukaan sen tuli harjoittaa laivaliikennettä, laivanselvitystä, rahtausta ja muuta alaan liittyvää toimintaa. Merivienti Oy omisti kaikki osakkeet. Varustamo perustettiin Yhdysvaltoihin kohdistuvaa liikennöintiä varten, sinne rahdattiin pääasiassa metsäteollisuuden tuotteita. Hansa-linja eli liikenne Suomen ja Saksan välillä alkoi vuonna 1962. Finnlines oli Enso-Gutzeitin tytäryhtiö vuoteen 1982 saakka, jolloin Enso myi omistuksensa muille suomalaisille teollisuusyrityksille. 1980-luvun erilaisten fuusioiden jälkeen varustamo nimi vakiintui vuonna 1991 Finnlines Oy:ksi ja nykyistä Finnlines Oyj nimeä ryhdyttiin käyttämään vuonna 1998. Vuonna 2005 italialainen Grimaldi Group tuli osakkeenomistajaksi. (Strömberg H, 3.3.2003)

Nykyisin Grimaldi Groupilla on n.91 % osakkeista hallussaan ja Finnlinesin toimitusjohtajana toimii Emanuele Grimaldi. Loppuvuodesta 2014 Finnlinesilla työskenteli kokonaisuudessaan 1635 henkilöä. Finnsteve on Finnlinesin tytäryhtiö, joka toimii satamaoperaattorina Helsingin ja Turun satamissa. Tällä hetkellä Finnlines varustamo koostuu 9 Ro-Pax -aluksesta ja 11 Ro-Ro -aluksesta. Näistä aluksista 16 on Suomen lipun alla ja neljä Ruotsin lipun alla. (Copenhagen 10 2015. Finnlines esittely. Luentosarja. 2015.)

Varustamon aluksien liikenne alueet



3

Kuva 1. Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin SECA- erityisalue sekä Finnlines varustamon liikennealueet. (Copenhagen 10 2015. Finnlines esittely. Luentosarja. 2015.)

Finnlinesin merikuljetukset ovat keskittyneet Itämerelle ja Pohjanmerelle. Yhtiön matkustaja-rahtilaivat tarjoavat palveluja Suomesta Saksaan ja Ahvenanmaan kautta Ruotsiin, sekä Ruotsista Saksaan.

2.1 Star-sarja

Suomen lipun alla olevat Star-sarjan ROPAX-alukset Finnstar, Finnmaid ja Finnlady liikennöivät Suomen ja Saksan välillä Helsingistä Travemundeen ja takaisin. Ruotsin lipun alla oleva Nordlink liikennöi Ruotsin ja Saksan välillä Malmöstä Travemundeen ja takaisin. Star-luokan alukset toimivat tämän opinnäytetyön esimerkkialuksina. Star-luokka on rakennettu Italiassa 2006 - 2007. Star-sarjan ROPAX-alukset olivat valmistuessaan luokkansa suurimmat alukset maailmassa. (Finnlines rahtilaivat ja kalusto 2015)



Kuva 2. M/S Finnstar (Marinetraffic)

ALUKSEN TEKNISET TIEDOT

Nimi: M/S Finnstar

Rakennusvuosi ja paikka: 2006 Fincantieri Castellammare Shipyard

Kotipaikka: Mariehamn

Tunnuskirjaimet: OJMH

IMO numero: 9319442

Laji: Ro-Ro matkustaja-alus

Suurin pituus: 218,8m

Leveys: 30,5m

Syväys: 7,1m

Deadweight: 9653 tons

Brutto: 45923 tons

Netto: 15013 tons

Kaistametrejä: 4216m

Matkustajamäärä: 554 henkilöä

Jäluokka: 1A Super

Pääkoneet: 4 x Wärtsilä W9L46 D

Koneteho: 4 x 10400 kW (Finnlines rahtilaivat ja kalusto 2015)

3 SECA-ALUE

SECA-alue käsittää Pohjois-Euroopassa Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin merialueita. Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO hyväksyi vuonna 2008 uudet rajoitukset alusliikenteen rikkidioksidipäästöille MARPOL-yleissopimuksen uudistetun ilmansuojeluliitteen (Annex VI) yhteydessä. Uusien sääntöjen tavoitteena on parantaa ilmanlaatua erityisesti rannikkoseuduilla sekä meriympäristön tilaa. SECA-alueella vuoden 2015 alusta, rikkidirektiivin sääntöjen mukaan polttoaineen rikkipitoisuus laski entisestä 1,0 % painoprosentista 0,10 % painoprosenttiin.



Kuva 10. Seca päästörajoitusalue (Liikenne ja viestintäministeriö 12.6.2014)

Laivat voivat täyttää määräykset käyttämällä matalarikkistä polttoainetta, asentamalla rikkipesureita tai siirtymällä käyttämään vaihtoehtoisia polttoaineita, kuten nesteytettyä maakaasua (LNG). Alusten päästöjä valvovat Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, Rajavartiolaitos ja poliisi. EU:ssa rikkipäästöjä seurataan satamavaltioiden suorittaman meriturvallisuusvalvonnan yhteydessä. (Liikenne ja viestintäministeriö. Rikkidirektiivi voimaan 2015, tiedote 12.6.2014)

Maailmanlaajuisesti polttoaineen rikkiraja tullaan alentamaan 0,5 % painoprosenttiin 1.1.2020. Ennen vuotta 2018 kuitenkin arvioidaan matalarikkisen polttoaineen saatavuus. Jos saatavilla ei ole riittävästi korkeintaan 0,5 % painoprosenttia rikkiä sisältävää polttoainetta, voidaan rikkirajan voimaantuloa lykätä vuoteen 2025.

3.1 MARPOL-yleissopimus liite VI

MARPOL-yleissopimuksen liite VI liittyy ilmansuojeluun. Liitteessä on annettu seuraavia päästörajoituksia:

- Uusien otsonikerrosta tuhoavia aineita (CFC ja halonit) sisältävien laitteiden asentaminen aluksiin kielletään.
- HCFC:tä eli voimakkaita kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden asentaminen aluksiin on sallittu 1.1.2020 asti.
- Uusien dieselmootoreiden typen oksidipäästöjä (NOx) rajoitetaan
- Rikin oksidipäästöjen (SOx) ja partikkelien (PM) rajoitukset
- Satamavaltio voi halutessaan rajoittaa VOC-päästöjä eli päästöjä, jotka sisältävät haihtuvia orgaanisia yhdisteitä
- Liite sisältää laivojen energiatehokkuusmääräykset

Liitteessä mainitaan, kuinka vähärikkisen polttoaineen sijasta voidaan käyttää rikkipesureita rikin oksidipäästöjen vähentämiseksi. Pakokaasupesureiden hyväksyntää varten IMO on laatinut ohjeet: 2009 GUIDELINES FOR EXHAUST GAS CLEANING SYSTEMS RESOLUTION MEPC.184(59).

Liitteessä VI on määräykset rikin oksidipäästöjen valvonnasta, joita voidaan tehdä satamatarkistuksien yhteydessä. Seuraavilla tavoilla valvontaa voidaan tehdä:

- Tarkistetaan laivapäiväkirjasta polttoaineen vaihtoajankohta ja paikka.
- Tarkistetaan polttoaineen laatutodistuksia.
- Otetaan alukselta polttoainenäytteitä. Näitä voivat olla aluksen omat näytepullot sekä voidaan ottaa lisänäytteitä, jotta voidaan varmistaa määräysten mukaisen polttoaineen käyttö.

Muita valvonta mahdollisuuksia on mm. ilmavalvonta. Valvontakoneessa olevat laitteet mittaavat n. 60 metriä aluksen yläpuolella olevan ilman hiilidioksidipitoisuutta, typen ja rikin oksidien pitoisuuksia sekä partikkelipitoisuutta. (Trafi Merenkulun ilmansuojelumääräykset 10.12.2012)

4 PAKOKAASUJEN PUHDISTUS

Ennen direktiivin voimaan tuloa tämän päättöyön esimerkialuksilla, jotka ovat Itämeren liikenteessä olevia ROPAX-aluksia, oli kaksi järkevää

vaihtoehtoa: siirtyä käyttämään maksimissaan 0,10 % rikkiä sisältävää polttoainetta tai asentaa pakokaasupesurit, joilla saadaan rikki poistettua täysin aluksen pakokaasuista. Ottaen huomioon Star-luokan ROPAX–aluksien kulutuksen sekä liikennealueen, taloudellisin sekä ympäristöystävällisin vaihtoehto oli asentaa aluksiin merivedellä toimivat rikkipesurit. Aluksiin tilattiin rikkipesurit Italialaiselta EcoSpray-yritykseltä, jolla on kokemusta matkustaja-aluksiin asennetuista rikkipesureista.

4.1 Pakokaasupesureiden asennus

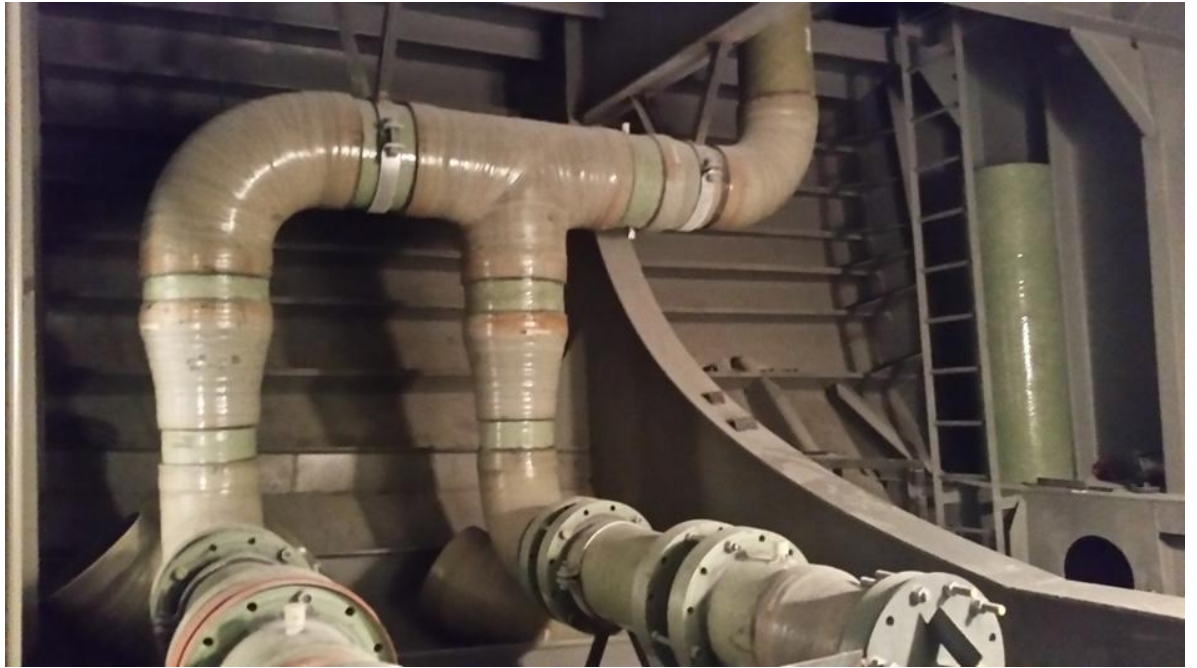
4.1.1 Pesureiden vaatima putkisto ja pumput

Pakokaasupesureiden asennus tehtiin normaalin telakoinnin yhteydessä loppuvuodesta 2014. Merivesiputkiston asennus voitiin aloittaa jo ennen telakointia aluksen ollessa normaalissa aikataulun mukaisessa liikenteessä. Näin ollen saatiin telakointiaikaa lyhennettyä huomattavasti. Merivesiputkiston asennustyöt aloitettiin aluksen paapuurin puoleisesta niin sanotusta tyhjästä tilasta (void space) kannelta numero yksi, josta valmistettiin rikkipesureiden laitehuone.

Rikkipesureiden vaatima merivesiputkisto tehtiin erityisesti meriteollisuuteen suunnitellusta lasikuituputkesta. Tämä takaa sen, että alukseen rakennettava uusi putkisto olisi kevyt. Myös korroosion kestävyys on tällöin hyvä ja asentaminen helpompaa. Tulevaisuudessa huoltaminen sekä mahdolliset korjaustyöt olisivat myös helpompia.



Kuva 11. Merivesiputkien asennusta tulevaan laitehuoneeseen



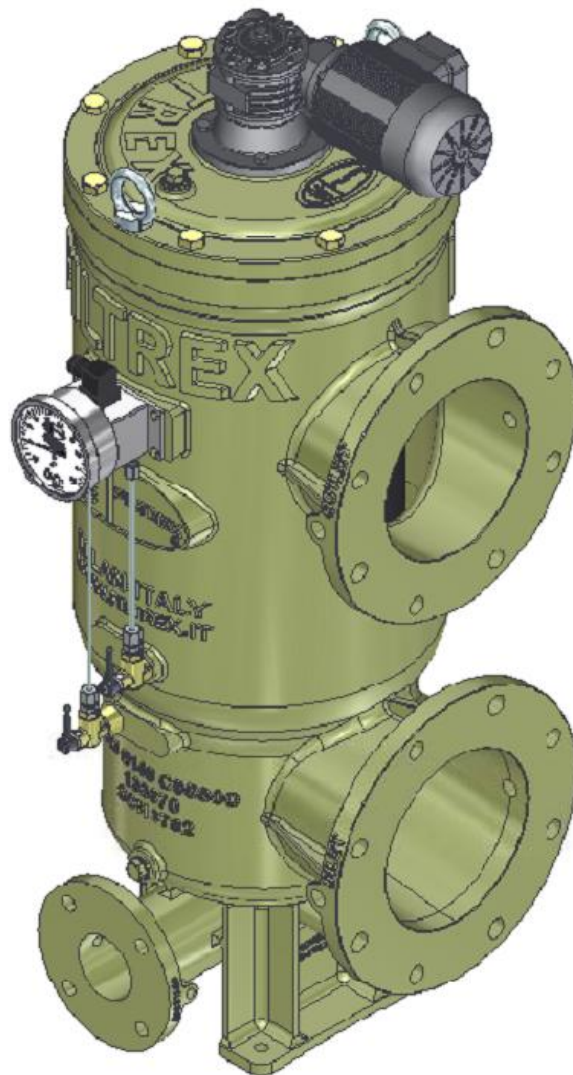
Kuva 12. Merivesiputkien asennusta tulevaan laitehuoneeseen

Paapuurin laitehuoneeseen asennettiin pääkoneiden yksi ja kaksi rikkipesureiden vaatimat laitteistot ja tyyrpuurin laitehuoneeseen pääkoneiden kolme ja neljä laitteistot. Laitehuoneisiin asennettiin yhteensä neljä kappaletta merivesipumppuja kokonaisteholtaan 800kW. Yksi pumppu pystyy pumppaamaan n. 1300m³/h merivettä pesuriin. Molempiin laitehuoneisiin asennettiin kaksi pumppua ja niille on yhteinen merivesikaivo, josta ne imevät vettä pesureille. Kaivon jälkeen on kaksi rinnakkaista merivesifiltteriä, joista vain toinen on käytössä ja toinen puhtaana varalla. Ennen merivesipumppuja putkiston koko on DN500 ja pumppujen jälkeen DN400 aina kannella numero 10 saakka, jossa putki haarautuu kokoon DN300 korsteenissa oleville kahdelle pesurille.

Veden poisto pesurista tapahtuu painovoiman avulla. Pesurin pohjalta kannella numero kahdeksan lähtevä pesuveden poistoputki on kokoa DN300. Saman korsteenin pesureiden pesuveden poistoputket yhdistyvät kannella numero seitsemän yhteen DN400-putkeen. Pesuveden poisto varten tehtiin kaksi laitaventtiiliä per laitehuone. Ennen laitaventtiilejä putki haarautuu kahteen putkeen kokoon DN200.

4.1.2 Merivesifiltrit

Merivesipumppujen imupuolelle asennettiin kaksi kappaletta merivesifilttereitä, joiden reikäkoko on 5 mm. Pumppujen painepuolelle asennettiin Filtrexin merivesisuodatin, joka on verkoltaan tiheämpi. Verkon koko on 100 mikronia (μm), eli suodattimen reiät ovat kooltaan 0,1 mm. Tällä estetään mm. erilaisten biokasvustojen ja partikkelien pääsemistä rikkipesureissa oleviin vesisuuttimiin. Suodatin pystyy käsittelemään yli 1000 m³ vettä tunnissa. Vastaavaa suodatinta käytetään myös painolasikäsittelyjärjestelmissä. Suodattimen runko on tehty pronssi-alumiiniseoksesta. Pääasialliset osat ovat itse suodatin, vastahuhteluakseli ja-kauha sekä sähkömoottori, joka pyörittää akselia.



Kuva 13. Filtrex merivesisuodatin ABC 999 DN350 (Filtrex AC Self-cleaning automatic filter 2015)

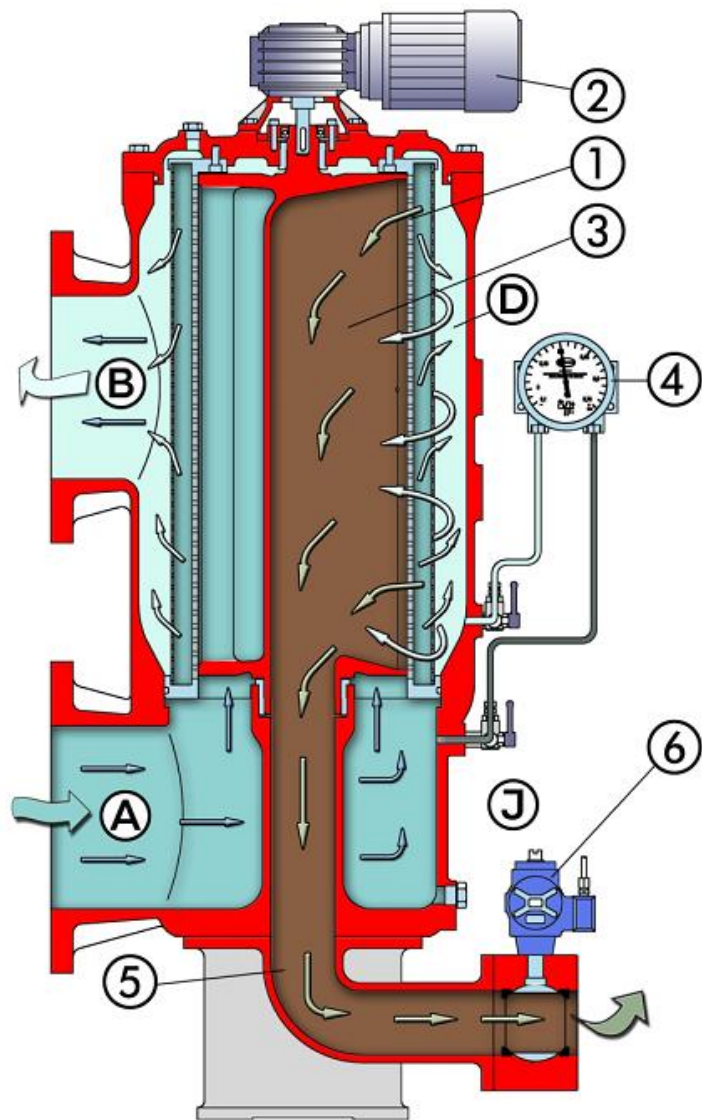
Filtrex-merivesisuodattimen toimintaperiaate on seuraavanlainen: suodatettava vesi tulee sisään imukanavasta (A) ja virtaa suodattimen läpi (1). Imukanavassa (A) on itsessään myös karkeampi suodatinverkko, johon jäävät suurimmat partikkelit kiinni. Suodatettu vesi kerääntyy suodatuskammioon (D), josta vesi virtaa poistokanavan (B) kautta ulos suodattimesta. Vastapaine alkaa nousta suodattimessa, mitä enemmän epäpuhtauksia alkaa kertyä suodattimen pinnalle.

Filtrexin suodattimessa on vastahuuhtelutoiminto, jolla pyritään pitämään suodatin mahdollisimman puhtaana ja toimintakykuisenä.

Vastahuuhtelutoiminto kytkeytyy päälle automaattisesti 20 minuutin välein 20 sekunniksi tai vastapaineen noustessa suodattimessa yli 0,3 barin.

Vastahuuhtelussa virtaus on seuraavanlainen: sähkömoottori (2) käynnistyy ja pyörittää kauhaa (3) vastapäivään suodattimessa (1). Samalla aukeaa vastahuuhtelulinjan venttiili (6). Suodattimen sisällä pyörivä kauha on suodattimen pituinen ja se on pyöriessään lähes kiinni suodattimen sisäpinnassa irrottaen epäpuhtaudet suodattimen pinnalta. Kauhan pyöriessä veden virtaus muuttuu niin, että myös suodattimen ulkopinta puhdistuu. Kauhan irrottamat epäpuhtaudet menevät vastahuuhteluputkeen (5) ja poistuvat venttiilin (6) kautta. Kun vastahuuhtelu on päättynyt, sähkömoottori pysähtyy ja vastahuuhtelulinjan venttiili menee kiinni. Alla olevassa kuvassa näkyy vastahuuhtelutapahtuma. (Filtrex AC Self-cleaning automatic filter 2015)

A	Imukanava
B	Poistokanava
D	Suodatuskammio
1	Suodatinelementti
2	Sähkömoottori
3	Kauha
4	Painemittari
5	Vastahuuhtelulinja
6	Venttiili



Kuva 14. Vastahuuhtelutapahtuma (Fitrex AC Self-cleaning automatic filter 2015)

4.1.3 DOC-Reaktorit

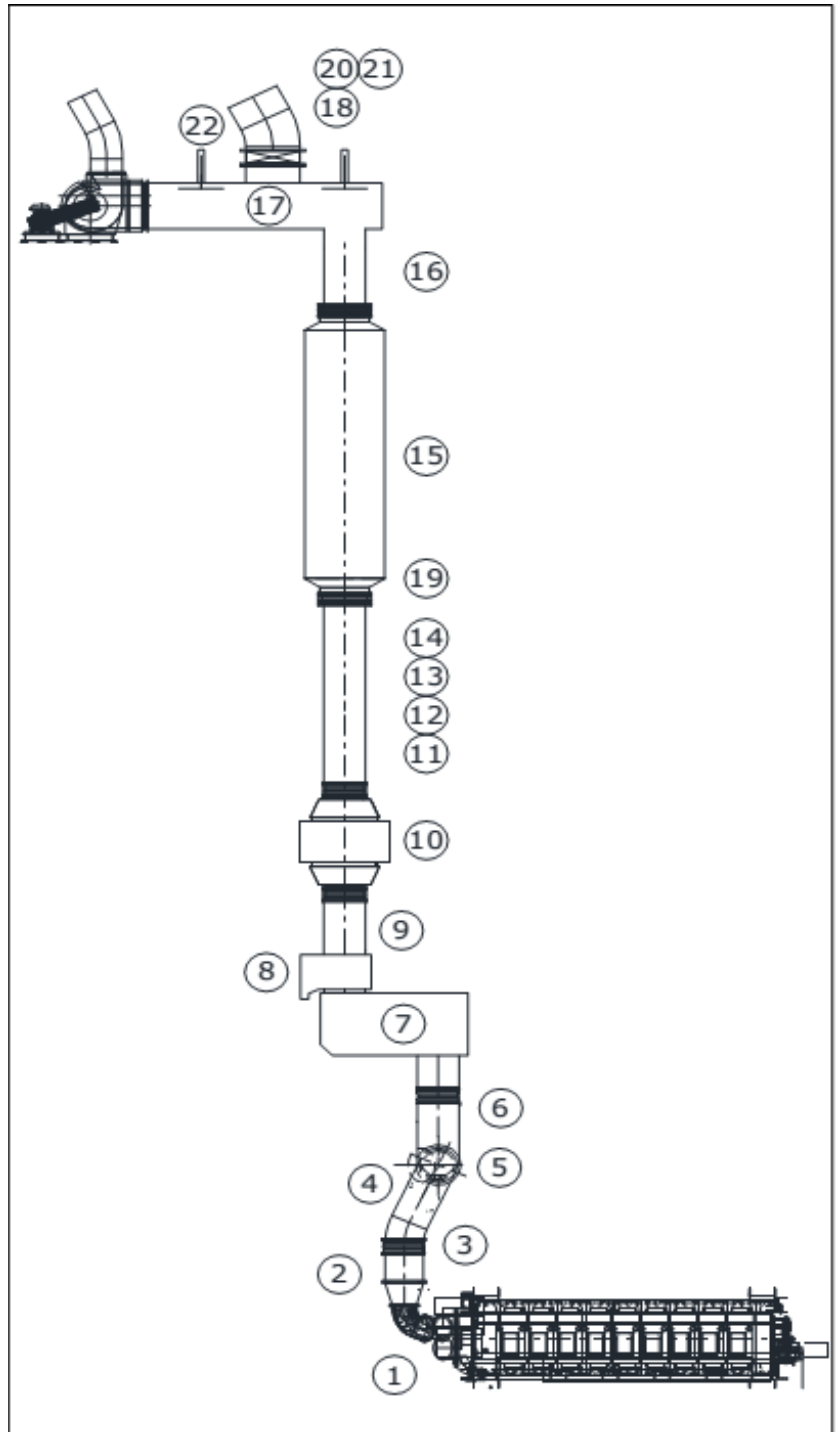
Polttoaineiden epätäydellisessä palamisessa syntyy polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä. Etenkin kun raskasöljykäyttöinen laivamoottori käynnistetään, syntyy runsaasti palamattomia hiilivetyjä. Tämä näkyy yleensä runsaana mustan savun muodostuksena korsteenin huipulla. Epätäydellistä palamista tapahtuu, kun moottori käy pienillä kuormilla. Mitä suurempi on kuormitus, sen puhtaampaa on palaminen. Tällöin ilman ja polttoaineen suhde on oikea ja sylinterin palotilasta poistuvat savukaasut ovat puhtaampia.

DOC on lyhenne sanoista Diesel Oxidative Catalyst. Kun pääkoneen tuottamat pakokaasut virtaavat DOC-reaktorin sisällä olevien suodatinkasettien läpi, palamattomat hiilivedyt jäävät kiinni kasetteihin, eivätkä pääse pakokaasupesurille asti savukaasujen mukana. Puhtaammat savukaasut pitävät myös pakokaasukattilat puhtaampina, eivätkä likaa pesurissa olevia vesisuuttimia. DOC-reaktori estää hiilivetyjen joutumista pakokaasupesurin tuottamaan pesuveteen. DOC-reaktori toimii eräänlaisena katalysaattorina. Aluksissa oleva DOC-reaktori estää käynnistymisen yhteydessä syntyvän mustan savun muodostuksen lähes täysin.

DOC-reaktorit asennettiin niin, että sisempien pääkoneiden (ME2, ME3) reaktorit tulivat konehuoneen puolelle kannelle numero kaksi heti pääkoneiden turbojen jälkeen. Ulompien pääkoneiden (ME1,ME4) reaktorit asennettiin kannelle numero kolme, koska tilan puutteen vuoksi ei ollut mahdollista asentaa kaikkia neljää DOC-reaktoria samaan tilaan konehuoneeseen.

DOC SIJOITUS ME1 JA ME4

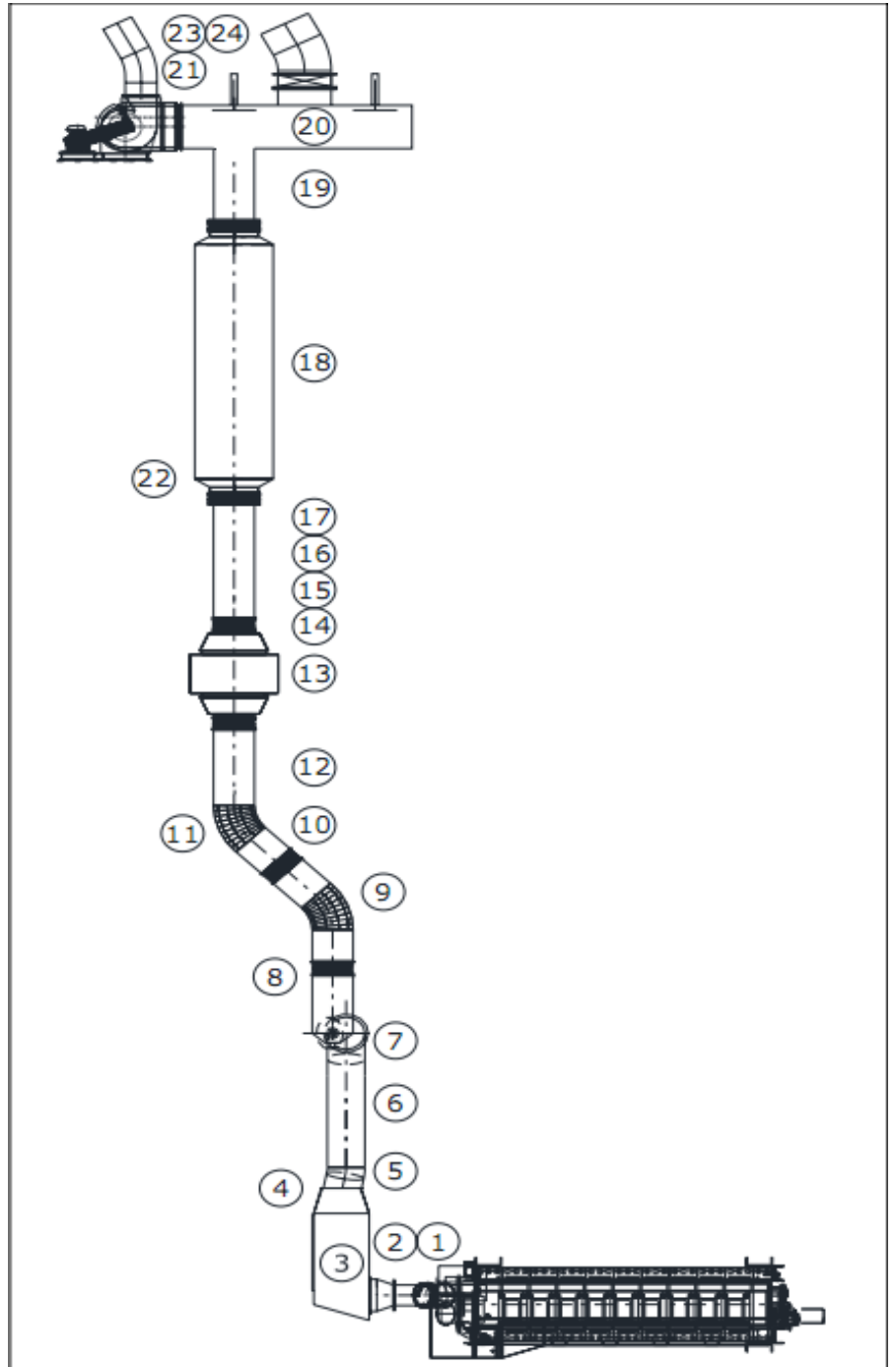
1. Pääkone
7. DOC-suodatin
8. Vesilukko
10. Pakokaasukattila
15. Pakokaasupesuri



Kuva 15. DOCin sijoitus ME1&ME4 (Finnlines)

DOC SIJOITUS ME2 JA ME3

- 1. Pääkone
- 3. DOC Suodatin
- 13. Pakokaasukattila
- 18. Pakokaasupesuri



Kuva 16. DOC sijoitus ME2&ME3 (Finnlines)

Jokaisessa DOC-reaktorissa on pakokaasujen ohituslinja, eli niin sanottu bypass-linja. Ohituslinjan venttiili aukeaa sitä mukaa, kun koneen kuormitus kasvaa. PLC (Programmable logic controller) ohjaa automaattisesti ohituslinjan venttiilin aukeamista. Oheisessa taulukossa näkyvät pääkoneen kuormat ja ohituslinjan venttiilin aukiolo prosentit.

DG LOAD	Bypass opening
0 – 25 %	0 %
25 – 40 %	15 %
40 – 65 %	25 %
65 – 80 %	40 %
80 – 100 %	100 %

Ohituslinjan tarkoituksena on vähentää pääkoneeseen kohdistuvan vastapaineen syntymistä suuremmalla kuormalla ajettaessa. Ohituslinjan venttiili aukeaa automaattisesti, jos koneen vastapaine ylittää 30 mbar. Jos PLC-ohjausjärjestelmässä on vikaa, ohituslinjan venttiiliin rakennettu painekeytkin aukaisee venttiilin, kun vastapaine ylittää 85 mbar. Suuremmalla kuormalla ajettaessa palaminen on puhtaampaa ja näin ollen on hyödytöntä kuljettaa pakokaasuja DOC-reaktorin läpi. Tällä myös estetään DOC-reaktorin likaantumista. Reaktoreiden kasettien vaihtoväli on sama kuin aluksen telakoinneilla, eli noin kaksi vuotta.

Pääkoneiden yksi ja neljä DOC-reaktoreiden yhteyteen asennettiin water trapit eli vesilukot. Jos näiden pääkoneiden pakokaasukattiloita käytetään, joudutaan kattilat pesemään noin kerran kuukaudessa. Näiden pääkoneiden alkuperäinen pakokaasukattiloiden pesuputkisto jouduttiin purkamaan pois DOC-reaktoreiden tieltä. Kun pakokaasukattiloita pestään, DOC-reaktorissa olevat vesilukon pellit käännetään manuaalisesti kiinni. Tällöin pakokaasukattilasta tuleva nokinen pesuvesi ei pääse valuvaan DOC-reaktoriin, vaan vesilukon peltien ollessa kiinni pesuvesi menee valumaputkea pitkin suoraan pakokaasukattilan lukkovesisäiliöön. Säiliötä tyhjennettäessä

säiliöstä tuleva vesi menee suoraan sludge-tankkiin, eli likaisen öljyn keräyssäiliöön. Pääkoneiden kaksi ja kolme alkuperäiset pakokaasukattiloiden pesuputkistot jäivät käyttöön ja niihin ei tarvinnut tehdä muutoksia.

4.1.4 Pakokaasupesurit

Esimerkkialuksiin asennettiin konekohtaiset pakokaasupesurit, eli jokaiselle pääkoneelle oma pesuri. Tämä on järkevintä sellaisilla aluksilla, joissa höyrykattilat ja apukoneet käyvät kevyellä polttoöljyllä ja joissa on useita pääkoneita ja erilliset korsteenit. Pakokaasupesurit asennettiin entisten äänenvaimentimien tilalle. Yksinkertaisesti esitettyinä molempien korsteeneiden yläosat leikattiin irti ja vanhat äänenvaimentimet nostettiin pois. Äänenvaimentimien tilalle laskettiin pesurit valmiina paketteina. Valmiiksi tehty uusi korsteenin toppi nostettiin paikalleen, kun pakokaasupesureiden asennukset olivat valmiit. Pakokaasupesurit ovat äänenvaimentimia noin 2.5 m pitemmät, joten aluksen korsteeneja jouduttiin jatkamaan telakassa. Pakokaasupesureilla saavutetaan käytännössä sama äänenvaimennus kuin vanhoilla äänenvaimentimilla niin kuivana kuin märkänä ajollakin.



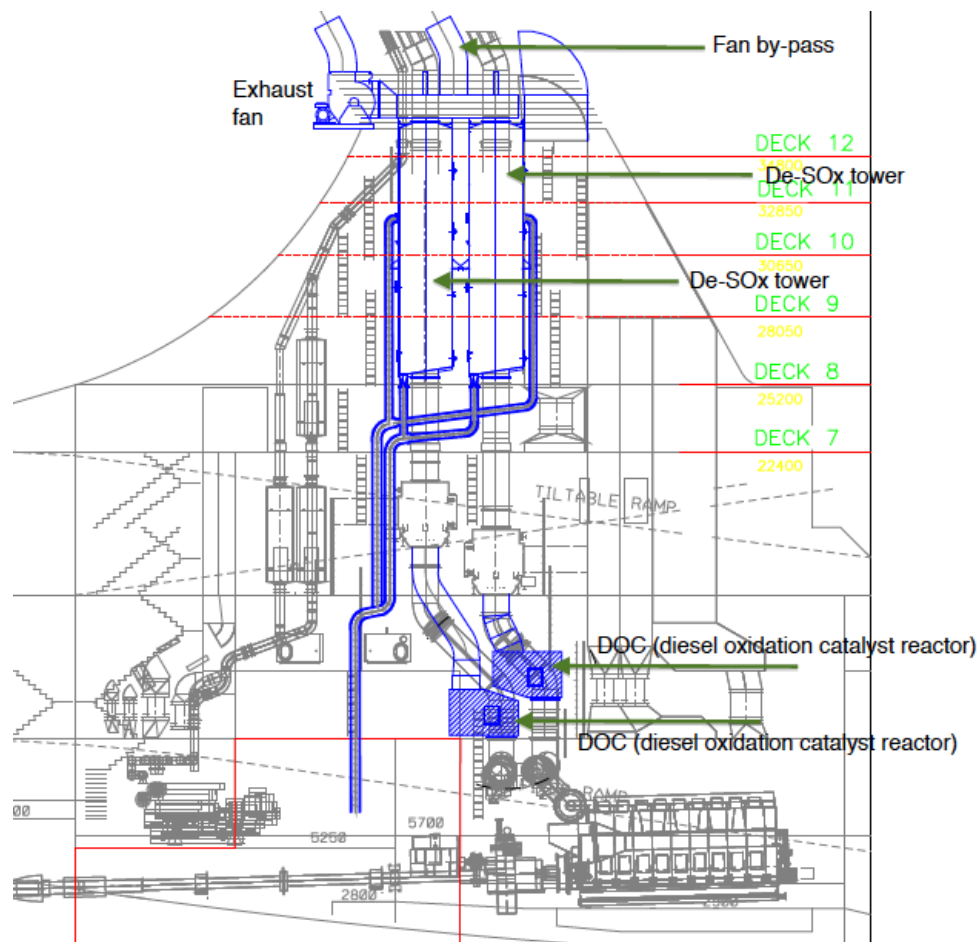
Kuva 17. Pakokaasupesureiden asennusta paikoilleen

4.2 Pakokaasupesureiden toiminta

Pakokaasupesureille annettiin täyttäväksi seuraavat ehdot:

- Mahdollisuus käyttää myös kuivana
- Äänenvaimennus on vähintään sama, kuin jo pois otetuilla vaimentimilla
- Pakokaasujen vastapaine pysyy moottorivalmistajan sallimissa rajoissa
- Täyttävät Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n laatimat MARPOL (Annex VI) yleissopimuksen säännöt liitteineen (EGCSA Exhaust gas cleaning systems 2015)

Kuvassa 18 on yleisnäkymä pesureiden sijoituksesta korsteenissa. Kuvassa näkyvä pakokaasujen imupuhallin jätettiin pois tarpeettomana.

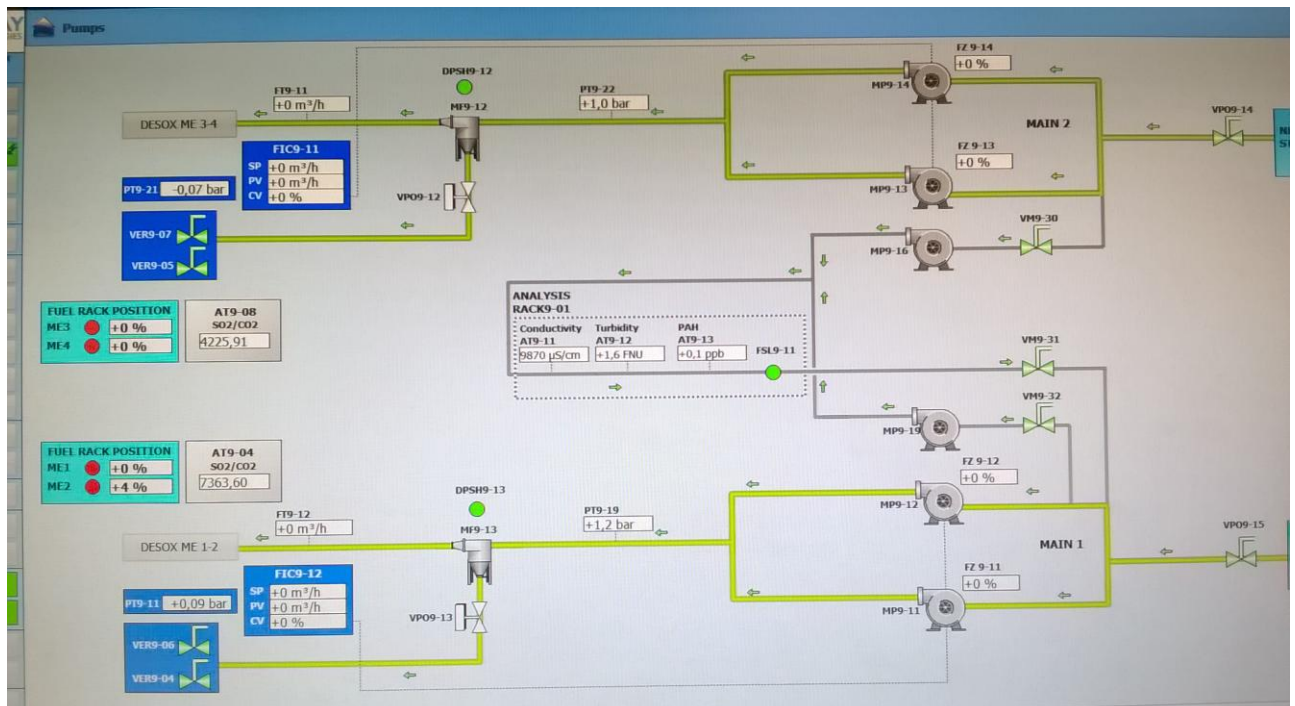


Kuva 18. Pakokaasupesureiden sijoitus korsteenissa (Finnlines)

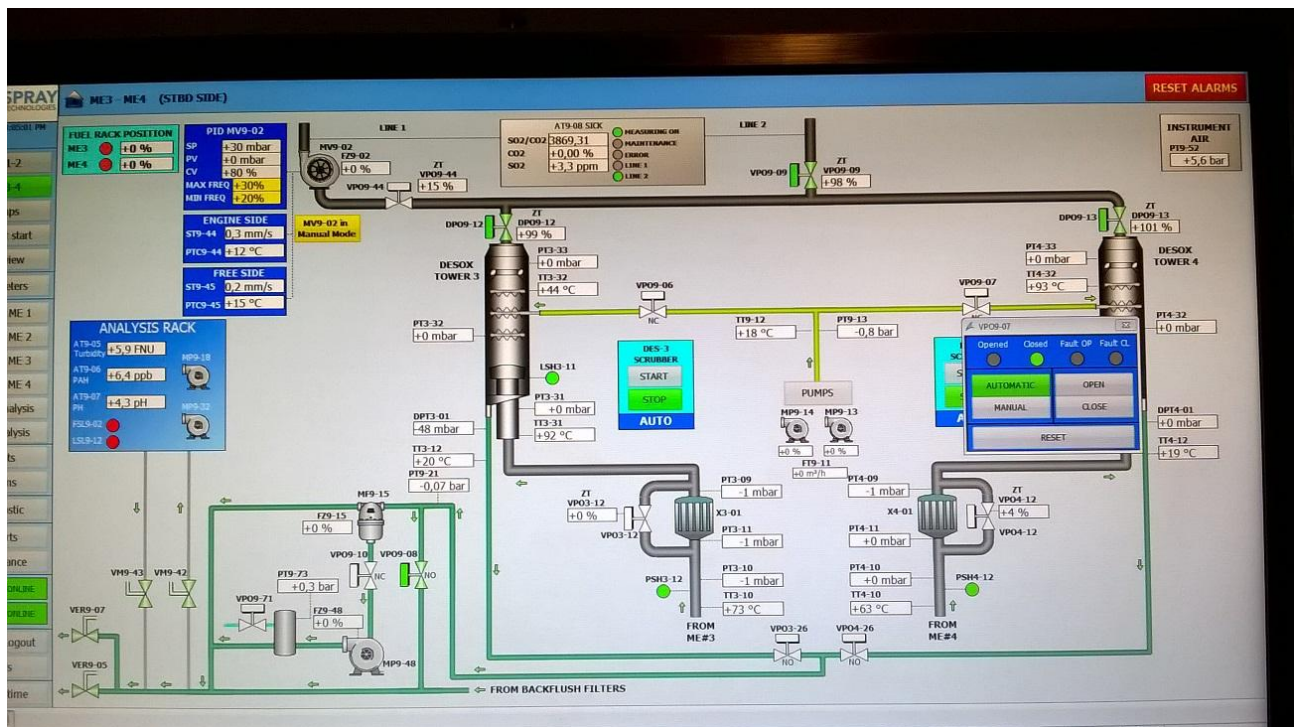
4.2.1 Pesuveden virtaus

Pakokaasukattila on tyypiltään Wet Open-loop, eli pakokaasujen puhdistukseen käytetty merivesi palaa mereen. Molemmissa korsteeneissa oleviin kahteen pakokaasukattilaan pumpataan vettä kahdella

merivesipumpulla. Yhteen pesuriin menee vähintään 350 m³ tunnissa. Merivesipumppujen tuottoa säättää taajuusmuuttaja, joita ohjaa PLC. PLC saa jatkuvasti tietoa pakokaasuanalysaattorilta, joka mittaa pakokaasuista SO₂ ja CO₂ pitoisuuksia. PLC saa myös jatkuvaa tietoa moottoreiden kuormituksista. Näillä tiedoilla määräytyy pesureille menevän veden määrä. Pumppujen imupuolella vettä analysoidaan jatkuvasti, sitä mitataan johtamiskykyä, sameutta ja PAH-arvoa. Pumppujen jälkeen merivesi kulkeutuu Filtrex hienosuodattimen läpi ja jatkaa matkaansa pesurille. Pesurissa vesi suihkutetaan pakokaasujen sekaan 10 mm:n suuttimilla, joita on kolmessa eri ryhmässä pesurin sisällä. Maksimisuihkutuspainne on 1,2 bar. Suihkutettava vesi lämpenee noin 10 astetta matkalla suuttimiin. Ylimpänä pesurissa on vedenerotin, joka erottaa veden pakokaasujen seasta. Erotettu vesi valuu painovoiman avulla veden poistoputkeen. Poistoputken kautta valuu painovoimaisesti kaikki muukin pakokaasujen puhdistuksessa käytetty vesi. Veden happamuutta, PAH-arvoa sekä sameutta mittaa poistolinjastossa oleva analysaattori, ennen kuin käytetty vesi poistuu laitaventtiilien kautta mereen. DOC-reaktorien ansioista veteen ei tulisi päästä edellisiä arvoja nostattavia epäpuhtauksia.



Kuva 19. Pesuveden virtaus pumpuilta Filtrex suodattimelle



Kuva 20. Pesuveden virtaus pakokaasupesureille ja poistolinjojen kautta mereen

4.2.2 Pakokaasujen virtaus

Pakokaasut virtaavat ennen pesuriin saapumistaan DOC-reaktorin läpi, joka puhdistaa palamattomat hiilivedyt pakokaasuista. Tämän jälkeen pakokaasut kulkeutuvat pakokaasukattilan lävitse ennen saapumistaan pakokaasupesuriin. Pakokaasupesurissa pakokaasut pestään suuttimista ruiskutettavan merivedellä. Pakokaasujen rikkioksidit (Sox) ovat vesiliukoisia ja liuettessaan ne muodostavat voimakkaita happoja. Nämä hapot reagoivat alkalisen meriveden kanssa ja neutralisoituvat natriumsulfaateiksi ja natriumsulfiiteiksi. Pakokaasujen lämpötila putoaa pesun aikana huomattavasti. Esimerkiksi jos ruiskutettavan meriveden lämpötila on +15 C°, puhdistettavien pakokaasujen lämpötila putoaa n.330C°:sta n.+25 C°:seen. Tämän jälkeen puhdistetut pakokaasut virtaavat vedenerottimen läpi, jonka jälkeen ne siirtyvät normaalisti ilmakehään.

Pakokaasujen puhdistustulokseen vaikuttaa vedenmäärä ja alkaliteetti. Tämän päättötyön esimerkkialukset liikennöivät Itämerellä, jossa meriveden alkaliteettipitoisuudet ovat matalampia kuin valtamerillä. Tästä syystä pakokaasujen sekaan joudutaan ruiskuttamaan suurempia määriä merivettä kuin Itämeren ulkopuolisessa liikenteessä, jotta päästään hyvään pakokaasujen puhdistustulokseen.

Jos pakokaasupesuriin tulee käyttöhäiriö, eikä pesuria ole mahdollista korjata merellä olessa, alus saa jatkaa seuraavaan satamaan ilman pakokaasupesurin käyttömahdollisuutta. Muutostöiden yhteydessä tehtiin diesel-varastotankin ja diesel-separaattorin väliin putkimuutos. Pakokaasupesurin käyttöhäiriö tilanteessa on booster-koneikon mahdollista imeä matalarikkistä kevyttä polttoöljyä suoraan varastotankista. Näin on taattu että, polttoaine riittää pääkoneiden kulutusta vastaavaksi, sillä diesel-separaattorin tuotto ei riitä pääkoneille.

5 MUUTOKSET MERIAJOON

5.1 Potkurit

Telakoinnin yhteydessä alukseen asennettiin uudet potkurilavat. Uudet potkurinlavat on suunniteltu 50 %:n koneteholle ja noin kolme solmua alkuperäistä alemmalle matkanopeudelle. Lapojenvaihdon tarkoituksena on saavuttaa alkuperäistä suurempi nopeus 50 % teholla ja parantaa polttoainetaloutta mahdollistamalla sama liikenne aikaisempaa pienemmällä koneteholla. Tarkemmat taloudellisuusvaikutus arviot ovat vielä kesken, mutta voidaan jo puhua noin viidenneksen pienemmästä raskasöljyn kulutuksesta.

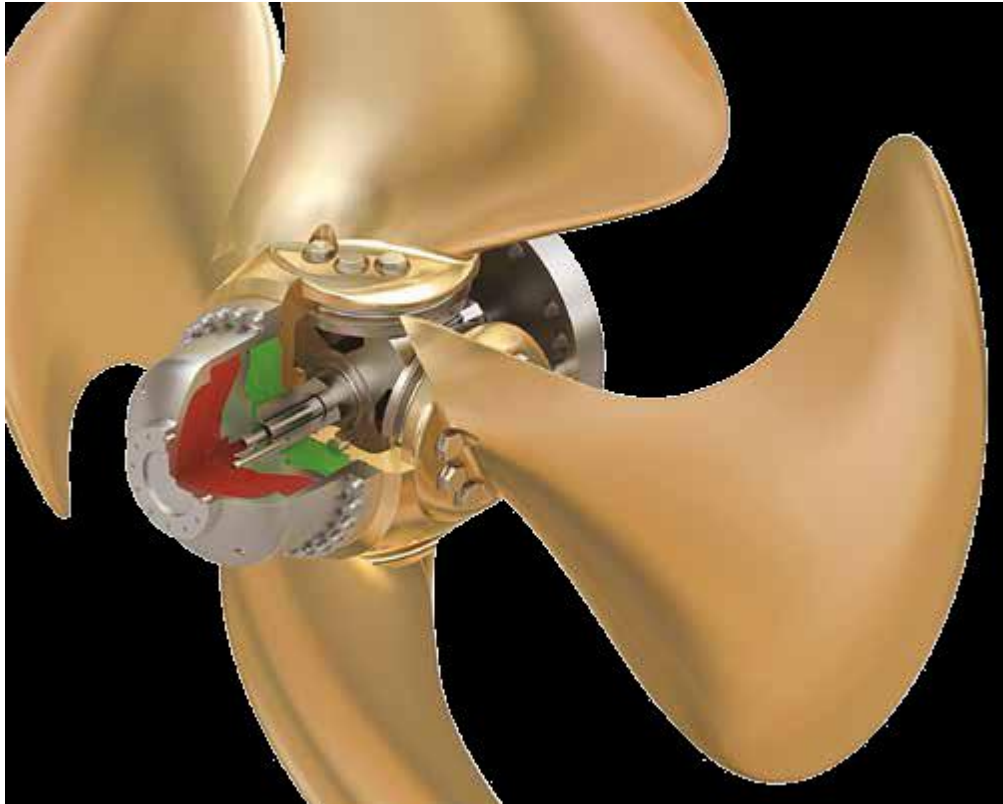
Aluksessa on neljä Wärtsilä 9L 46D pääkonetta. Yhden pääkoneen teho on 10 395kW. Uusilla potkureilla päästään n. 23 solmun nopeuteen kuormittamalla pääkoneita 50 %. Vanhoilla potkureilla kuormitus oli 80 % matkanopeuden ollessa n. 25 solmua. Aluksessa on kaksi potkuria. Kaksi pääkonetta pyörittää yhteisen vaihdelaatikon välityksellä yhtä potkuriakselia. Sisemmät pääkoneet eli pääkoneet kaksi ja kolme pyörittävät myös akseligeneraattoria, joilla tuotetaan aluksen tarvitsemaa sähköä meriajossa.

Uudet potkurilavat ovat Rolls Roycen valmistamat niin kuin olivat edeltävätkin. Potkurit ovat 60 cm pienemmät halkaisijaltaan kuin vanhat ja nykyisten potkureiden halkaisija on 480 cm



Kuva 21. Uusi pienempi potkurinlapa ja vanha suurempi lapa vierekkäin

Potkurit ovat säätölapapotkureita. Lapakulmaa muutetaan hydraulisesti potkuriakselin sisällä kulkevan säätöakselin avulla. Säätöakselia käyttää potkuriakselin toisessa päässä oleva ns. OD-box. Uudet potkurit tarjoavat mahdollisuuden taloudellisempiin ajomodeihin.



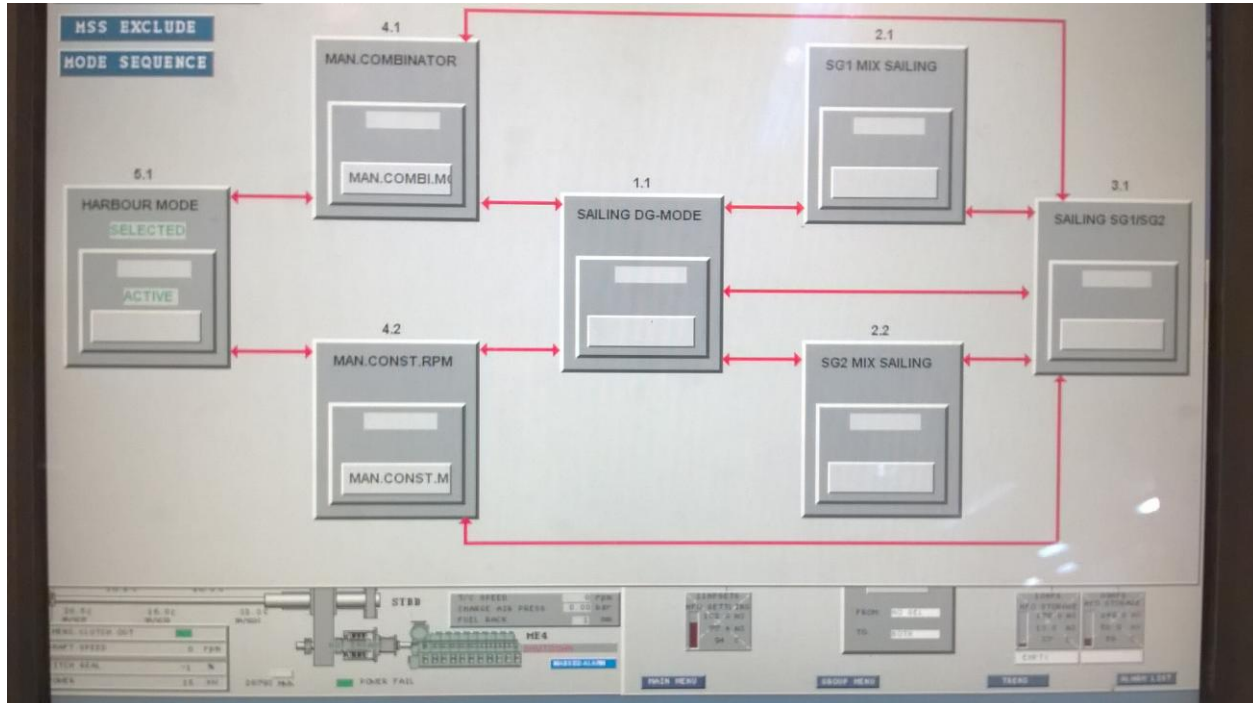
Kuva 22. Säätolapapotkuri. (Rolls Royce 2015)

5.2 Ajomoodit

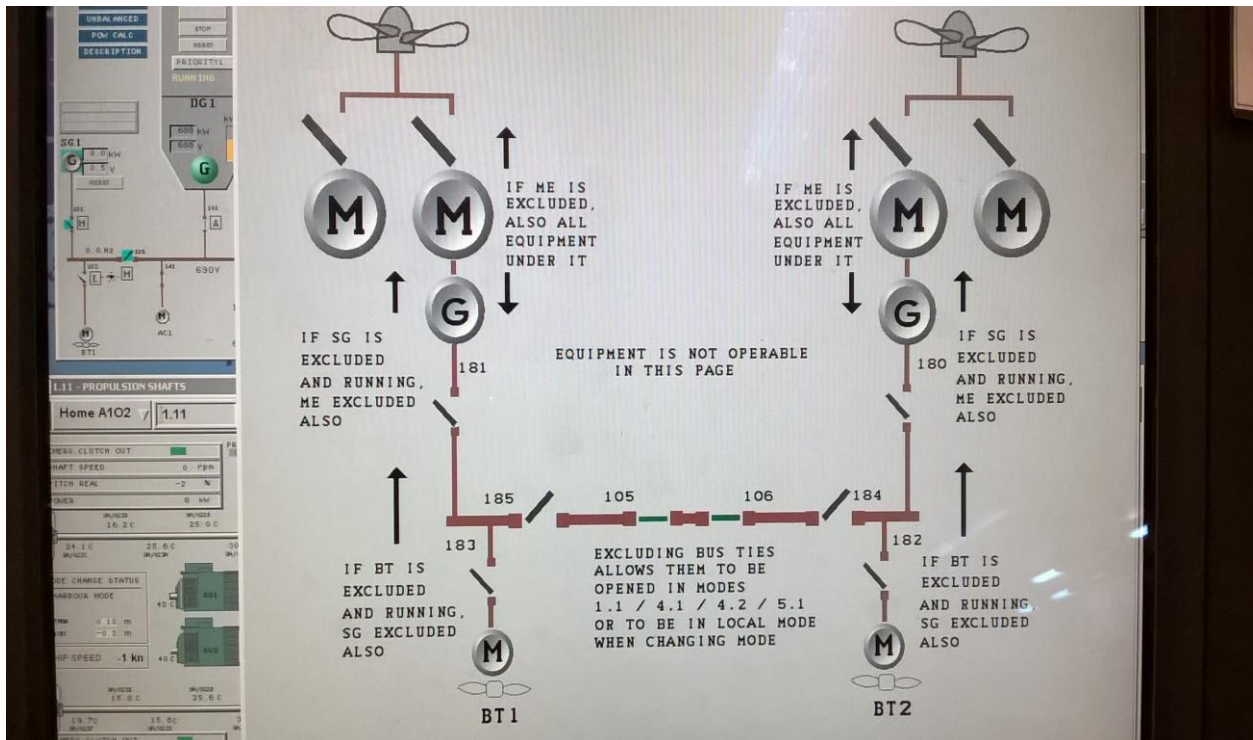
Normaalissa aluksen operoinnissa käytettäviä ajomoodeja ovat Harbour Mode, Maneuver Mode, DG Mode ja Sailing Mode. Harbour eli satamamoodissa pääkoneet ovat pois käytöstä ja aluksessa olevilla kolmella 1200 kW:n Wärtsilä 20L6 apukoneella tuotetaan tarvittava sähkö. Normaalisti kaksi apukonetta riittävät tarvittavaan sähköntuotantoon. Mikäli sähkötehon tarve kasvaa, käynnistää ja tahdistaa automatiikka uuden moottorin varmistamaan sähkön riittävyyden.

Maneuver moodia käytetään, kun alusta operoidaan satamaan tai satamasta ulos. Tällöin sähköä tuottavat apukoneet, ja sisemmät pääkoneet kaksi ja kolme käyvät tasakierroksilla pyörittäen kahta akseligeneraattoria, joiden tuottama teho menee keulan ohjailupotkureille. Uloimmat pääkoneet yksi ja neljä ovat kytkettyinä potkuriakselille. DG- eli apukonemoodissa sähkö tuotetaan edelleen apukoneilla ja pääkoneita voi käyttää muuttuvilla kierroksilla. Kaikki neljä pääkonetta ovat kytkettyinä potkuriakseleille. Kyse on kombinaattoriajosta, jolloin muutetaan yhtä aikaa moottorin käyntinopeutta sekä potkurin lapakulmia. Sailing- eli avomeriajomoodissa neljä pääkonetta on

kytkettyinä potkuriakseleille ja samalla sisemmät pääkoneet pyörittävät akseligeneraattoreita, joilla taataan riittävä sähköntuotanto aluksella. Tällöin pääkoneet käyvät tasakierroksilla ja lapakulmilla säädellään aluksen vauhtia.



Kuva 23. Ajomoodivaihtoehtoja Valmarine-käyttöjärjestelmästä



Kuva 24. Pääkoneiden kytkentäkaavio. Kuvassa satamamoodi

Suurin muutos uusilla potkureilla ajettaessa on viimeksi mainittuun ajomoodiin. Nykyisin on mahdollista ajaa kahdella pääkoneella pitempiä aikoja neljän pääkoneen sijaan. Uusilla potkureilla savutetaan kahdella koneella, joita kuormitettu 85%, hyvissä olosuhteissa n. 22 solmun nopeus, mihin ei päästy vanhoilla potkureilla. Aikataulun ja meriolosuhteiden salliessa tätä taloudellista ajomoodia käytetään aina, kun on mahdollista. Etenkin kun alus operoi Itämeren eteläisillä alueilla matalissa vesissä, on tämä ajomoodi järkevin.

Taloudellisinta on käyttää pääkoneita kaksi ja kolme, jotka ovat tuolloin kytkettyinä molemmille potkuriakseleille ja samalla pyörittävät akseligeneraattoreita. Mahdollista on myös käyttää uloimpia pääkoneita yksi ja neljä ja tuottaa sähkö apukoneilla. Tuolloin on kyseessä kombinaattoriajo. Kun ajetaan kahdella pääkoneella, ovat vain niiden pakokaasupesurit käytössä. Molemmissa korsteeneissa yhdistyvät kahden pesurin pakoputkistot pakokaasujen puhdistuksen jälkeen. Tällöin seisovien koneiden pesureiden jälkeisessä putkistossa menevät pakokaasupellit kiinni, eivätkä käyvien koneiden pakokaasut pääse painumaan seisovien koneiden putkistoon.

6 ALUKSEN KÄYTTÄMÄT POLTTOAINEET

Vuoden 2015 alusta SECA-alueilla laivojen polttoaineiden enimmäisrikkipitoisuusraja laski 0,1 prosenttiin. Tämä tarkoittaa, että useat Itämerellä liikennöivät alukset joutuivat siirtymään raskasöljyn (HFO) käytöstä joko meridieselin (MDO) tai meriliikenteen kaasuöljyn (MGO) käyttöön. MDO:sta ja MGO:sta käytetään myös yhteisnimitystä kevyet polttoöljyt, joiden rikkipitoisuus on enintään 0,1 prosenttia. Esimerkkialusten rikkipesureiden ansiosta oli edelleen mahdollista käyttää jopa 3,5 painoprosenttia rikkiä sisältävää raskasöljyä.

Raskasöljy on huomattavasti kevytöljyä edullisempaa käyttää, mutta vaatii useita lisälaitteita esimerkiksi lämmitykseen sekä polttoaineen laadun parantamiseen. Myös raskasöljyllä käyvien moottoreiden huoltovälit ovat lyhempiä kuin kevytöljyllä käyvien. Esimerkkialuksilla käytetään pääkoneissa raskasta polttoöljyä (HFO/IFO 380) ja apukoneissa sekä kattiloissa kevyttä polttoöljyä (MGO).

6.1 Polttoaineiden siirto ja varastointi

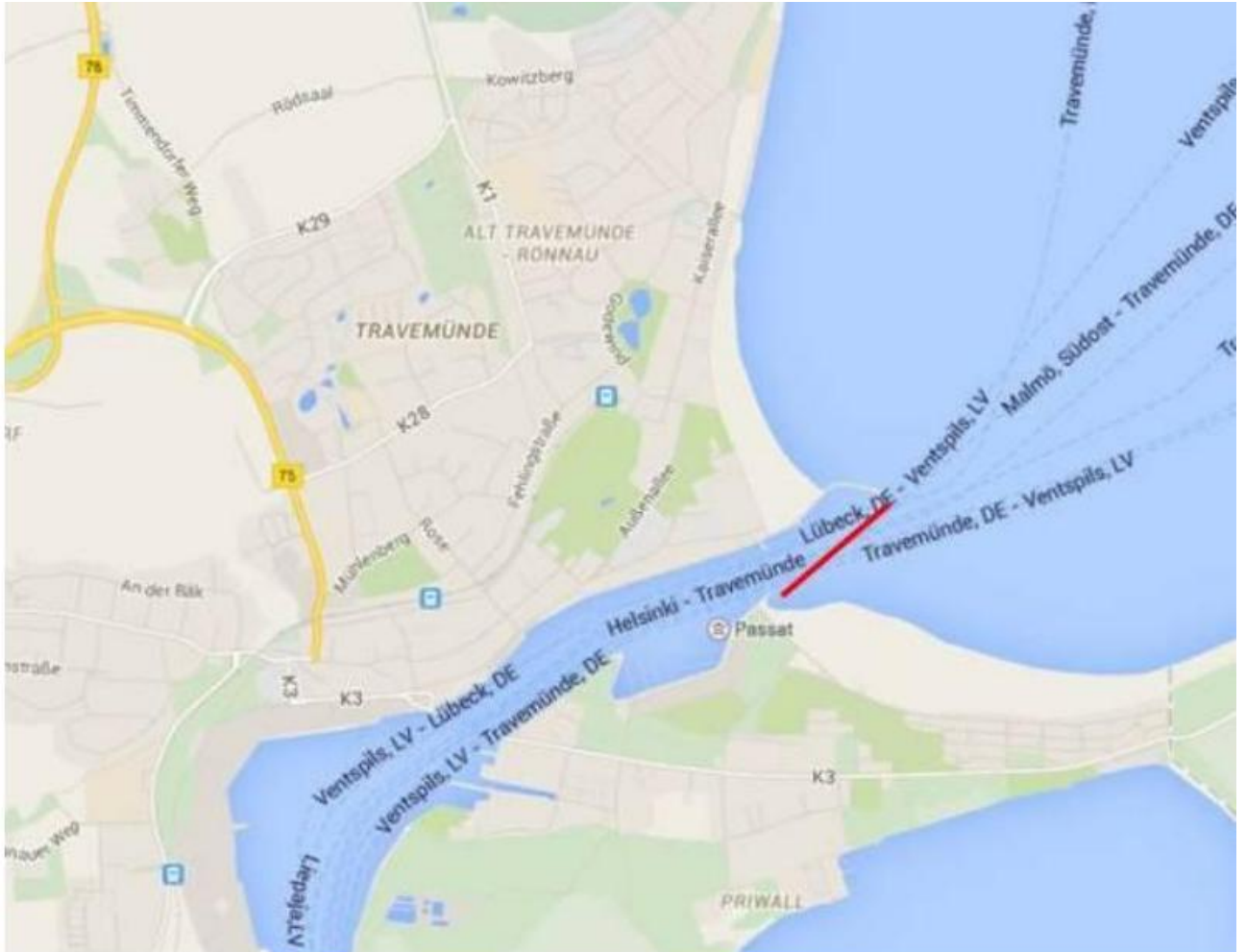
Esimerkkialuksella on kolme varastotankkia raskaalle polttoöljylle ja yksi kevyelle polttoöljylle. Ne sijaitsevat kannella yksi molemmin puolin laivan keskikohtaa. Raskasöljyn varastotankit 9HFS ja 10HFS sijaitsevat oikealla puolella alusta. Raskasöljyn varastotankki 9HFP sekä kevyen polttoöljyn 10DOP sijaitsevat vasemmalla puolella alusta. Varastotankeissa raskasöljyn lämpöä pidetään yllä tankin pohjalla kiertävillä höyryputkilla, jotka pitävät öljyn n. 50 asteisena. Myös 10DOP tankissa on lämmitys, ja kevyt polttoöljy pidetään n.35 asteen lämpötilassa. Varastotankeista raskasöljyä siirretään 11HFSETS ja 11HFSETP selkeytystankkeihin raskasöljyn siirtopumpulla. Valitusta selkeytystankista raskasöljyseparaattorin imupumppu imee polttoainetta separaattoriin puhdistettavaksi, minkä jälkeen puhdistettu polttoaine siirtyy valittuun päivätankkiin 11HFSERS tai 11HFSERP.

Separattorin tuotto on säädetty niin, että se on suurempi kuin pääkoneiden kulutus, joten päivätankit pysyvät täytenä jatkuvasti. Päivätankeissa on ylivuotoputket, joista raskasöljy valuu takaisin selkeytystankkeihin. Päivätankeista polttoaine imetään booster-koneikolle, joita esimerkkialuksilla on kaksi kappaletta. Koneikon tarkoitus on lämmittää polttoaine sopivaksi koneisiin menoa varten sekä varmistaa riittävä polttoaineen saanti. Kevyen polttoöljyn siirrolla on sama periaate. 10DOP tankista polttoaine siirtyy siirtopumpun avulla 13DOSETP selkeytystankkiin, josta dieselseparaattori imee polttoainetta puhdistettavaksi. Puhdistettu polttoaine siirtyy tästä valittuun dieselpäivätankkiin 13DOSERF tai 13DOSERA, josta polttoaine siirtyy valittuihin kulutuskohteisiin. Seuraavassa osiossa käsitelen tarkemmin booster-koneikkoa ja siihen liittyvää polttoaineen jäähdytintä.

6.2 Polttoainejäähdytin

Päättötyön tutkiskelun aiheena oleva esimerkkialus liikennöi säännöllisesti Suomen ja Saksan välillä. 2015 vuoden alusta tulleen rikkidirektiivin mukaan alukset, jotka käyttävät rikkipesureita, eivät saa laskea pesureissa pakokaasujen puhdistukseen käytettyä vettä takaisin vesistöön tietyillä alueilla Saksan rannikolla sekä joilla. Tästä syystä alukseen asennettiin polttoaineen jäähdyttimet kevyen polttoöljyn käyttöä varten pääkoneissa. Kun kevyen

polttoöljyn käyttö on säännöllistä liikuttaessa Saksan aluevesillä, oli polttoaineen jäähdyttimien asennus tarpeellinen, jotta voidaan varmistaa kevyen polttoöljyn oikeanlainen käyttölämpötila.



Kuva 25. Punaisella merkityn alueen sisäpuolella on rikkipesurin pesuvesien päästö mereen kielletty. (Finnlines)

6.2.1 Boosterkoneikon toiminta

Aluksessa on kaksi Alfa Laval -merkkistä boosterkoneikkoa. Boosterkoneikko yksi käsittelee aluksen vasemman puolen, pääkoneiden ME1 ja ME2 polttoaineet. Boosterkoneikko kaksi vastaavasti käsittelee aluksen oikean puolen, pääkoneiden ME3 ja ME4 polttoaineet. Boosterkoneikoissa on matalapainepuoli ja korkeapainepuoli. Matalapainepuolella on kaksi syöttöpumppua, automaattisuodatin ja sen ohituslinja sekä virtausmittari, joka seuraa polttoaineen kulutusta. Syöttöpumpuista toinen on varalla ja toinen käytössä. Näiden komponenttien jälkeen polttoaine menee sekoitussäiliöön.

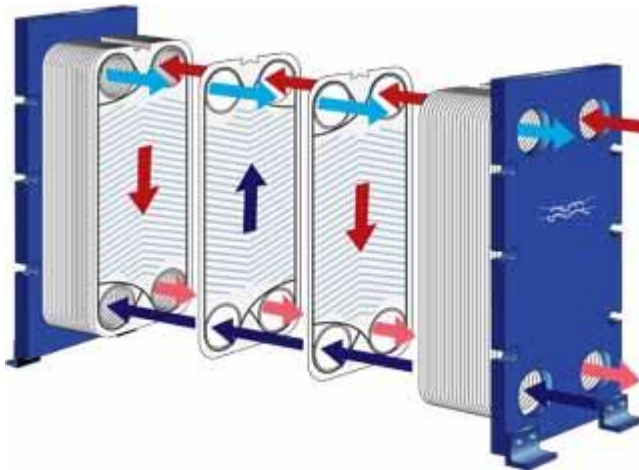
Tässä säiliössä kohtaavat kolmitieventtiilin kautta päivätankeista imetty uusi polttoaine sekä pääkoneista palannut käyttämätön polttoaine. Säiliöön palaavan polttoaineen määrä riippuu täysin pääkoneiden kuormituksesta. Pääkoneiden polttoaineen paluulinjassa on paineohjattu venttiili, joka säätelee palautettavan polttoaineen määrää sekoitussäiliöön. Sekoitussäiliön jälkeen polttoaine saapuu korkeapainepuolelle, jossa sijaitsevat polttoaineen kierrätyspumput, höyrynsäätöventtiilit, polttoaineen lämmittimet sekä viskositeetti mittari. Kierrätyspumput tuottavat pääkoneiden valmistajan suositteleman paineen pääkoneille. Tässä tapauksessa paine on n. 8 bar ja se on aina enemmän kuin mitä kulutus on. Polttoaine kulkeutuu viskositeettimittarin läpi, joka seuraa polttoaineen juoksevuutta. Raskasöljyllä ajettaessa viskositeetti on n. 20 cst. ja lämpötila n. 120 C° astetta. Viskositeettimittari ohjaa höyrynsäätöventtiilejä sekä kierrätyspumppujen jälkeistä kolmitieventtiiliä. Jos viskositeetti on yli pääkoneiden valmistajan asettaman rajan, päästävät höyrynsäätöventtiilit lisää höyryä lämmittimille. Polttoaine virtaa lämmittimien läpi, jolloin viskositeetti laskee eli polttoaine muuttuu juoksevammaksi. Tämän jälkeen polttoaine on valmis käytettäväksi pääkoneissa. (Alfa-Laval Fuel Conditioning Modules 2015)



Kuva 26. Boosterkoneikko jossa polttoaineen jäähdytin. (Alfa Laval modules 2015)

6.2.2 Polttoaineen jäähdyttimen toiminta

Alukseen asennettiin telakoinnin yhteydessä kaksi polttoaineen jäähdytintä. Jäähdyttimet asennettiin molempien boosterikoneikoiden yhteyteen. Jäähdyttimet ovat levylämmönvaihtimia, joissa kiertää apukoneissa käytetyn matalan lämpötilan eli LT-jäähdytyspiirin makea vesi. Lämmönvaihtimen liittäminen LT-jäähdytyspiiriin oli kohtalaisen helppoa, sillä LT-veden linjasto kulkee lähellä boosterikoneikkoa. Levylämmönvaihtimen koostuu ohuista, ruostumattomasta teräksestä valmistetuista levyistä, joissa on tiivisteet. Levyt ovat jäykkien runkopalojen välissä ja koko paketti on puristettu yhteen kierretangoilla. Levyissä olevilla reillä saadaan yhtenäiset virtauskanavat jäähdyttimeen. Toisesta yläkanavasta virtaa jäähdytettävä polttoaine sisään ja saman puolen alakanavasta ulos. Jäähdyttävä LT-vesi menee toisen puolen alakanavasta sisään ja vastaavasti saman puolen yläkanavasta ulos. Levyjen pinta-ala on suunniteltu riittäväksi siirtämään lämpöenergiaa jäähdytettävästä aineesta jäähdyttävään. (Alfa-Laval Advanced-cooling system 2015)



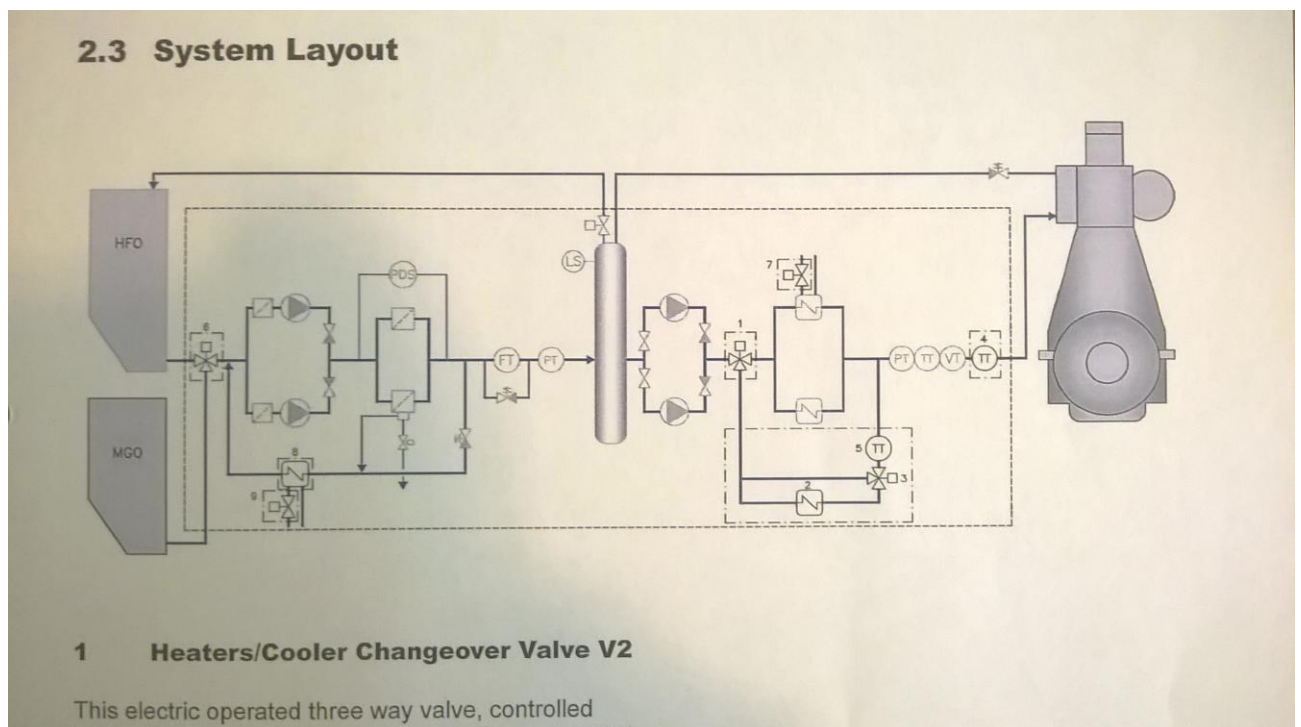
Kuva 27. Levylämmönvaihtimen virtausperiaate. (Alfa-Laval Products 2015)

6.2.3 Polttoaineen vaihto

Kuten aikaisemmin mainittiin, pakokaasupesureissa rikin poistoon käytettyä merivettä ei saa laskea mereen SECA-alueella määrätyissä paikoissa. Tämän päättöyön esimerkkialuksilla se tarkoittaa että, ennen Trave-joelle saapumista täytyy olla pakokaasupesurit sammutettuina sekä polttoaine vaihdettu matalarikkiseen kevytpolttoöljyyn.

Esimerkkialuksilla vaihto HFO:n käytöstä MGO:n käyttöön tapahtuu seuraavasti. Pääkoneiden kuormitusta lasketaan 30 %:iin, jolloin kulutus on

vähäisempi ja polttoaineen imu booster-koneikkoon pienempää. Tällä varmistetaan, että polttoaineen vaihtoprosessi tapahtuu rauhallisesti. Valmarine-laiva-automaatiokäyttöjärjestelmästä valitaan booster-koneikkosivu ja sieltä klikataan kolmitieventtiiliä ohjaavaa kuvaa, jolloin kolmitieventtiili (6) alkaa hiljalleen muutamaa polttoaineen imua MGO päivätankin puolelle. Kun polttoaineen viskositeetti alkaa laskemaan polttoaineen lämmittimille, höyryä päästävät höyrynsäätöventtiilit alkavat sulkeutua. Kun polttoaineen viskositeetti on laskenut asetettuun arvoon, kolmitieventtiili (1) alkaa ohjata polttoaineen kiertoa lämmittimien ohi. Lämmittimien ohituslinjassa on polttoaineen lämmönmittaus (5), joka ohjaa kolmitieventtiiliä (3). Lämpötilasta riippuen polttoaine kulkeutuu lämmönvaihtimen (2) kautta. Polttoaineen laadunvalvontayksikkö (4) tarkkailee jatkuvasti polttoaineen lämpötilaa ja viskositeettiä. Säädot on tehty niin, ettei polttoaineen lämpötila laske yli 2 C°/min. Tällä varmistetaan, ettei tapahdu lämpöshokkia, joka voisi vaurioittaa mm. pääkoneen polttoainepumppuja. (Alfa-Laval Products 2015)



Kuva 28. Polttoaineen virtaus booster -koneikossa

Polttoaineen vaihto kevyestä polttoöljystä raskaaseen polttoöljyyn aloitetaan pakokaasupesureiden käynnistyksellä. Vasta tämän jälkeen aloitetaan itse polttoaineen vaihto. Kolmitieventtiili (6) alkaa hiljalleen kääntämään imua

boosterkoneikolle raskasöljyn päivätankista. Lämpötilan noustessa kolmitieventtiili (3) ohjaa polttoainetta lämmönvaihtimen (2) kautta. Kun polttoaineen lämpötila ja viskositeetti on noussut asetusarvoon, alkaa kolmitieventtiili (1) ohjaamaan polttoaineen kulkua lämmittimien läpi lämmönvaihtimen (2) sijaan. Tällöin polttoaine on jo raskasöljyvoittoista.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkistella 1.1.2015 voimaan tulleen MARPOL 73/78–yleissopimuksen liite VI, vaikutuksia säännöllisessä Itämeren liikenteessä olevaan ROPAX–alukseen. Uudet määräykset toivat isoja haasteita varustamoille, joiden alukset liikennöivät SECA -alueella. Määräyksiin sopeutuminen on ollut taloudellisesti raskasta monille varustamoille ja osa varustamoista onkin myynyt kalustoaan pois tai siirtänyt sitä SECA–alueen ulkopuoliseen liikenteeseen.

Osa varustamoista siirtyi käyttämään SECA -alueella sallittuja, määräysten mukaisia polttoaineita, jotka ovat huomattavasti kalliimpia kuin ennen vuotta 2015 sallitut polttoaineet. Tämä oli monille varustamoille se helpoin ratkaisu, jolloin ei tarvitse tehdä suuria muutostöitä eikä telakoida alusta.

Muutamit varustamot, joilla on paljon kalustoa säännöllisessä Itämeren liikenteessä, asennuttivat aluksiinsa pakokaasuista rikkiä poistavat puhdistuslaitteet. Puhdistuslaitteet mahdollistavat korkea rikkisen polttoaineen käytön aluksissa. Tämä ratkaisu tulee olemaan taloudellisesti kannattavampi vaihtoehto pitemmällä aikavälillä. Varustamot, jotka investoivat päästöjen puhdistuslaitteisiin, olivat kauaskatseisia. On jo nyt tiedossa, että EU:n alueella sekä globaalisesti tulevat päästörajoitusalueet kasvamaan. Varustamot, joilla on jo nyt käytössä päästöjen puhdistuslaitteita, pystyvät aluskantaa uusiessaan myymään vahoja aluksiaan alueille, joissa tulevat voimaan samat määräykset kuin nyt SECA-alueella. Ilmastomääräykset tiukkenevat kaiken aikaa maailmalla ja varustamoilla on kovat paineet pysyä mukana ympäristöystävällisemmässä merenkulussa.

Uudet määräykset luovat myös aluksilla työskenteleville uusia haasteita. Henkilöstöä koulutetaan käyttämään sekä huoltamaan uusia laitteita. Käytettävien sekä huolettavien kohteiden määrä aluksilla kasvaa, joka lisää työtaakkaa henkilöstölle. Kun aluksille tulee uutta henkilökuntaa, jotka eivät

ole aiemmin olleet tekemisissä näiden laitteiden kanssa, perehdytys uusiin laitteisiin on pakollista sekä aikaa vievää. Tulevaisuutta ajatellen, varustamot joilla on jo nyt päästöjen puhdistuslaitteet aluksissaan, on valmiiksi koulutettua ja osaavaa henkilökuntaa varustamoissaan, valmiina uusiin tiukkeneviin päästörajoituksiin.

Tämän päättötyön aiheena oli näyttää kuinka muutostöillä voidaan saavuttaa taloudellista sekä ympäristöystävällistä merenkulkua, vaikka käytetään halvempaa ja rikkiptoisuudeltaan korkeampaa polttoainetta kuin ennen määräysten voimaan tuloa. Päättötyössä tulevat esille ne asiat, joilla päästöjä pienennettiin määräysten tasolle ja vaiheittain niiden toiminta sekä mitä määräykset tarkoittavat.

LÄHTEET

Alfa-Laval Advanced-cooling system 2015

Saatavissa: <http://www.alfalaval.com/globalassets/documents/service/360-service-portfolio/improvements/marine-and-diesel-upgrades/advanced-cooling-system---emd00253en.pdf>

[Viitattu 2.12.2015]

Alfa-Laval Fuel Conditioning Modules 2015

Saatavissa: <http://www.alfalaval.com/products/process-solutions/fuel-conditioning-solutions/Fuel-Conditioning-Modules-FCM/>

[Viitattu 1.12.2015]

Alfa-Laval Products 2015

Saatavissa: <http://www.alfalaval.com/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/gasketed-plate-and-frame-heat-exchangers/industrial-line>

[Viitattu 2.12.2015]

Copenhagen 10 2015. Finnlines esittely. Luentosarja. 2015.

Finnlines Oyj

[Viitattu 27.10.2015]

EGCSA Exhaust gas cleaning systems 2015

Saatavissa: <http://www.egcsa.com/technical-reference/what-is-an-exhaust-gas-cleaning-system/>

[Viitattu 22.10.2015]

Filtrex AC Self-cleaning automatic filter 2015

Saatavissa: <http://www.filtrex.it/AC/ac2.html>

[Viitattu 3.11.2015]

Finnlines rahtilaivat ja kalusto 2015

http://www.finnlines.com/rahti/laivat_ja_kalusto/alukset/finnstar

[Viitattu 27.10.2015]

Liikenne ja viestintäministeriö 12.6.2014

Saatavissa: <http://www.lvm.fi/tiedote/4411578/rikkidirektiivi-voimaan-2015-alussa> [Viitattu 15.10.2105]

Marinetraffic 2015.

Saatavissa: www.marinetraffic.com [Viitattu 27.10.2015]

Merenkulun rikkipäästöt 2012

Saatavissa: <http://www.shipowners.fi/fi/ymparisto/ilmansuojelu%20ja%20ilmastonmuutos/merenkulun%20rikkipaastot>

[Viitattu 23.11.2015]

Rolls-Royce 2015

Saatavissa: <http://www.rolls-royce.com/customers/marine.aspx>

[Viitattu 1.12.2105]

Strömberg H, 3.3.2003, [Oy Finnlines Ltd 1947- - ELKA](#). Saatavissa:

elma.elka.fi/ArkHistory/F061.DOC (Finnlines)

[Viitattu 28.10.2015]

Trafi Merenkulun ilmansuojelumääräykset 10.12.2012

Saatavissa: http://www.trafi.fi/filebank/a/1355837278/135dfb76f87ab9adb9cf2b8e36d9e46d/10925-MARPOL_-koulutusta_paastovalvontaviranomaisille_-_ilmansuojelu_10-12-2012.pdf

[Viitattu 3.12.2015]