

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Meritekniikka

2016

Petteri Peltola

PAINOLASTIVEDEN KÄSITTELYLAITTEISTON VALINTA CONTAINERSHIPS VII -ALUKSEEN

Petteri Peltola

PAINOLASTIVEDEN KÄSITTELYLAITTEISTON VALINTA CONTAINERSHIPS VII -ALUKSEEN

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää konttialukseen sopiva painolastiveden käsittelyjärjestelmä nyt markkinoilla olevista vaihtoehtoista eri rajoittavat tekijät huomioiden. Sopivimman käsittelymenetelmän valinnan lisäksi tehtiin vertailua eri valmistajien tuotteiden välillä valitun käsittelymenetelmän ja itse aluksen operoinnin ja teknisten rajoitusten pohjalta.

Opinnäytetyön aikana perehdyttiin painolastin käsittelyä ja laitteistoja koskevaan vaatimusympäristöön, eri käsittelymenetelmiin, itse alukseen ja sen rajoituksiin sekä eri valmistajien laitteistoihin. Laitteistojen vertailu tehtiin tarkastelemalla ensiksi mahdollisia sopivia käsittelymenetelmiä, jonka jälkeen jäljelle jääneitä laitteistovaihtoehtoja vertailtiin keskenään. Haasteita opinnäytetyölle asettivat muutoksessa oleva vaatimusympäristö, laitteistoista saatujen tietojen vertailukelpoisuus sekä jälkiasennuksen tilavaatimukset aluksessa.

Tuloksissa ja johtopäätöksissä esitetään varustamolle suositus aikaistaa seuraavaa viisivuotiskatsastusta lisääjän saamiseksi hankinnalle ja asennukselle. Samalla kehoitettiin tekemään hankinnasta ja asennuksesta riskiarvio, jota tulee säännöllisesti päivittää.

Laitteiston mahdolliseksi sijoituspaikaksi aluksessa saatiin kaksi vaihtoehtoa, jotka esitetään tuloksissa ja johtopäätöksissä. Molemmat vaihtoehdot sijaitsevat konehuoneen ulkopuolella, toinen makeavesitankista erotettavassa tilassa ja toinen ruumaan sijoitettavassa kontissa.

Vertailluista laitteistoista oli vaikea esittää ehdottomasti parasta vaihtoehtoa. Opinnäytetyön tuloksena päädyttiin kuitenkin suosittamaan varustamolle Alfa Lavalin PureBallast 3.1 -laitteistoa.

ASIASANAT:

Painolastivesi, Painolastivesijärjestelmä, Painolastivesiyleissopimus, Painolastin käsittely

Petteri Peltola

SELECTION OF THE BALLAST WATER MANAGEMENT SYSTEM FOR THE CONTAINERSHIPS VII VESSEL

The objective of the thesis was to find a suitable ballast water management system for the containership. The scope of the study included the treatment system technologies in the market, taking account the limiting factors. In addition to the selection of the treatment system technology, the thesis compares products from different producers, based on the technology, operational aspects of the vessel and technical limitations.

Regulations, treatment system technologies, the vessel itself and different producers and their products were studied in this thesis. First the suitable treatment system technology was reviewed, after which the remaining pieces of equipment were compared to each other. The changing regulatory environment, the comparability of information of the equipment and lack of space in the vessel for the retrofit, were the main challenges of the thesis.

As a recommendation to ship owner, the IOPP renewal survey should be advanced in order to get an extension for the procurement and installation. At the same time, risk assessment including procurement and installation, should be made.

As a conclusion, there are two options for the location of the equipment. Both are outside of the engine room, one uses the space in the fresh water tank and the other is a separate container in the cargo hold.

It was difficult to find the absolutely best option for the vessel from the pieces of equipment compared. However, as a conclusion, Alfa Laval PureBallast 3.1 was recommended for the ship owner.

KEYWORDS:

Ballast water, Ballast water management system, International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, Ballast water treatment

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 VAATIMUKSET PAINOLASTIVESIEN KÄSITTELYLLE	9
2.1 Taustaa vaatimuksille	9
2.2 Painolastivesiyleissopimus ja sen täytäntöönpano	9
2.2.1 Sopimuksen voimaantulo	9
2.2.2 Sopimuksen sisällöstä	10
2.2.3 Sopimuksen kattavuus	11
2.2.4 Täytäntöönpanoaikataulu	11
2.3 Yhdysvaltain rannikkovartioston määräykset	12
3 YLEISIMMÄT KÄSITTELYMENETELMÄT	13
3.1 Käsittelymenetelmän vaatimuksista	13
3.2 Mekaaninen käsittely	14
3.2.1 Sykloninen erottaminen	14
3.2.2 Suodatus	14
3.3 Kemiallinen käsittely (biosidit)	14
3.3.1 Kloori, klooridioksidi ja hypokloriitit	15
3.3.2 Sähköklooraus	15
3.3.3 Otsonointi	15
3.4 Fysikaalinen desinfiointi	16
3.4.1 Ultraviolettisäteily	16
3.4.2 Hapenpoisto	16
3.4.3 Akustinen	17
3.4.4 Lämpökäsittely	17
3.5 Yhteenveto käsittelymenetelmistä	17
4 MV CONTAINERSHIPS VII JA VAATIMUKSET PAINOLASTIVEDEN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄLLE	20
4.1 Alus	20
4.2 Käsittelyjärjestelmän valintaan ja laitteiston asennukseen vaikuttavia tekijöitä	21
4.2.1 Aluksen operointiympäristö ja painolastiveden laatu	22

4.2.2 Painolastijärjestelmä, painolastin määrä ja pumppaustarve	22
4.2.3 Sähkön tuotto	24
4.2.4 Konehuonejärjestelyt ja muu tilankäyttö	24
4.2.5 Varustamon asettamat reunaehdot	25
4.3 Vaihtoehdot Containerships VII:n käsittelymenetelmäksi	25
5 MARKKINOILLA OLEVIENT LAITTEISTOJEN VERTAILUA	27
5.1 Tietoja markkinoilla olevista laitteistoista	27
5.2 Valmistajien ja laitteistojen vertailua	28
5.2.1 Laitteistojen alustava valinta	28
5.2.2 Laitteistojen tarkempi analyysi	29
5.2.3 Huomioita vertailusta ja eri laitteistoista	30
6 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	38
6.1 Vaatimusympäristö ja sen muutokset	38
6.2 Laitteiston asennus Containerships VII:ään	39
6.2.1 Asennus makeavesitankista erotettavaan tilaan	39
6.2.2 Asennus ruumassa sijaitsevaan konttiin	39
6.3 Laitteistosuositus	40
6.3.1 Taustaa laitteistosuositukselle	40
6.3.2 Suositeltu laitteisto	41
7 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	43

LIITTEET

Liite 1. Kaavio painolastitankeista.

Liite 2. Ballast log, Containerships VII, 16.2.2016 – 4.3.2016.

Liite 3. Laitteistojen tarkempi analyysi.

KUVAT

Kuva 1. Containerships VII (Containerships 2016).	20
Kuva 2. PureBallast 3.1 (Alfa Laval).	32
Kuva 3. BIO-SEA, kahden UV-reaktorin koneikkomalli (BIO-SEA).	33
Kuva 4. RayClean (Desmi A/S).	34
Kuva 5. Hyde Guardian (Hyde Marine).	35
Kuva 6. Trojan Marinex (Trojan Marinex).	36
Kuva 7. Wärtsilä Aquarius UV (Wärtsilä).	37

TAULUKOT

Taulukko 1. Standardin D-2 vaatimukset puhdistetulle painolastivedelle.	13
Taulukko 2. Yhteenveto käsittelymenetelmistä.	18
Taulukko 3. Tietoja aluksesta.	21
Taulukko 4. Käsittelymenetelmän sopivuus Containerships VII:ään.	26

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

BWT	Painolastiveden käsittelymenetelmä (Ballast Water Treatment)
Ca(ClO) ₂	Kalsiumhypokloriitti
Cfu	Pesäkkeitä tuottava yksikkö (Colony forming unit)
Cl ₂	Kloorimolekyyli
ClO ₂	Klooridioksidi
DWT	Kantavuus (Deadweight tonnage)
IMO	Kansainvälinen, YK:n alainen merenkulkujärjestö (International Maritime Organization)
IOPP	Kaikilta aluksilta vaadittava kansainvälinen todistuskirja öljyn aiheuttaman pilaantumisen ehkäisemisestä (International Oil Pollution Prevention Certificate)
MEPC	IMO:n Marine Environment Protection Committee
NaCl	Natriumkloridi, yleiskielessä suola
NaClO	Natriumhypokloriitti
O ₃	Otsoni
TEU	Konttiliikenteen perusmittayksikkö (Twenty foot equivalent unit)
Trafi	Liikenteen turvallisuusvirasto
USCG	Yhdysvaltain rannikkovartiosto (US Coast Guard)
UV-T	UV-säteilyn läpäisyä kuvaava arvo (UV-Transmittance)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön taustalla ovat merenkulun kiristyneet ympäristövaatimukset, jotka pyrkivät estämään vieraslajien kulkeutumisen painolastivesien mukana. Painolastivesien käsittelyjärjestelmän jälkiasennus Containerships VII -alukseen tulee ajankohtaiseksi kansainvälisen Painolastivesiyleissopimuksen voimaantulon myötä. Vieraslajien kulkeutumisen mukanaan tuomat ongelmat huomattiin jo kymmeniä vuosia sitten. Vaatimusten voimaantulo on kuitenkin viivästynyt ja vaatimusten sisältökin osin muuttunut tai muuttumassa. Halukkuus laitteistojen hankkimiseen ja asentamiseen on ollut kustannussyistä vähäistä. Vähäisen kysynnän vuoksi käsittelyjärjestelmät ovat myös vielä osin kehitysasteella.

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää konttialukseen sopiva painolastiveden käsittelyjärjestelmä nyt markkinoilla olevista vaihtoehdoista. Sopivimman käsittelymenetelmän valinnan lisäksi, arvioidaan eri laitteistovalmistajien tuotteita valitun käsittelymenetelmän sekä itse aluksen operoinnin ja teknisten rajoitusten pohjalta.

Erityisen haasteen tälle opinnäytetyölle asettaa muutoksessa oleva vaatimusympäristö, laitteistovalmistajien suhteellisen vähäiset jälkiasennusreferenssit ja kyseessä olevan aluksen tekniset rajoitukset. Työn edetessä rajataan vaihtoehtoja ensin mahdollisten käsittelymenetelmien valinnalla ja huomioimalla sen jälkeen muut, lähinnä alukseen ja sen operointiin liittyvät rajoittavat tekijät. Tekninen tarkastelu rajataan jo markkinoilla oleviin, tarvittavat hyväksynnit saaneisiin laitteistoihin. Työn lopussa otetaan myös kantaa asennuksen ajankohtaan suhteessa muuttuviin määräyksiin.

Tämän opinnäytetyön aihepiiristä ovat julkaisseet tietoa merenkulun viranomaiset, luokituslaitokset, eri etujärjestöt ja laitteistovalmistajat. Aihepiirin tutkimusta julkaisuineen on pieneltä osin tehty ulkomaisissa ja kotimaisissa oppilaitoksissa.

Tämä opinnäytetyö on tehty Containerships Oyj:n toimeksiannosta. Containerships on suomalainen täyden palvelun logistiikkayritys, joka on erikoistunut ovelta ovelle -kuljetusratkaisuihin. Yhtiö on edustettuna 21 maassa, ja sillä on laivastossaan 14 alusta Itämerellä, Pohjanmerellä ja Välimerellä. Laivaston muut alukset ovat aikarahdattuja, joten niiden painolastiveden käsittelyjärjestelmän asennus ei kuulu Containerships Oyj:lle. (Containerships 2016.)

2 VAATIMUKSET PAINOLASTIVESIEN KÄSITTELYLLE

2.1 Taustaa vaatimuksille

Aluksen painolastivedellä korvataan rahdin painoa halutun syväyksen saavuttamiseksi. Painolastilla voidaan myös säädellä aluksen asentoa lastauksen aikana sekä rahti- ja polttoainemäärien vaihdellessa. Aluksen syväys ja asento vaikuttavat sen merikelpoisuuteen ja polttoainetaloudellisuuteen.

Painolastivettä pumpataan lähinnä satamissa, mutta myös matkan aikana tapahtuu painolastiveden pumppausta. On arvioitu, että maailmalla siirtyy kolmesta viiteen miljardia tonnia painolastivettä vuodessa. Veden ja sedimenttien mukana siirtyy tuhansia kasvi- ja eläinlajeja vieraisiin ympäristöihin.

Vieraslajit syrjäyttävät alueen alkuperäislajeja ja järkyttävät sen ekologiaa. Suuret ympäristövaikutukset aiheuttavat terveydellisiä ja taloudellisia haittoja. Painolastivesien mukana kulkeutuvien vieraslajien leviämisen taloudelliset vaikutukset maailmassa ovat kymmeniä miljardeja euroja vuodessa. On arvioitu, että pelkästään Euroopassa taloudelliset haitat ovat vuositasolla 10 miljardia euroa. (Bacher & Albrecht 2013, 5.)

Vieraslajien leviäminen painolastivesien välityksellä tiedostettiin 1970- ja 1980-luvuilla. Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO (International Maritime Organization) laati asiasta ensimmäiset ohjeet 1990-luvulla ja komiteatyöskentely sitovien määräysten laatimiseksi aloitettiin. Viimein, helmikuussa 2004, hyväksyttiin Lontoossa Painolastivesiyleissopimus, (International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, 2004). (IMO 2016a.)

2.2 Painolastivesiyleissopimus ja sen täytäntöönpano

2.2.1 Sopimuksen voimaantulo

IMO:n jäsenmaat neuvottelivat Painolastivesiyleissopimuksesta 14 vuotta. Sopimus hyväksyttiin viimein 13. helmikuuta 2004. Sopimus tulee voimaan 12 kuukautta sen jälkeen, kun 30 maata, jotka edustavat vähintään 35 % maailman kauppalaivatonnistosta, on sen ratifioinut. Ratifiointi on kestänyt. Suomessa eduskunta hyväksyi 20.4.2016 hallituksen

esityksen yleissopimuksen hyväksymisestä (HE 122/2015). Suomi ratifioi sopimuksen 8.9.2016 (LVM 2016).

Suomen ratifiointi merkitsi samalla tonnistovaatimuksen ylittymistä. Painolastivesiyleissopimuksen on nyt 8.9.2016 ratifioinut 52 maata, jotka edustavat 35,14 % maailman kauppalaivatonnistosta. (IMO 2016b). Painolastivesiyleissopimus tulee voimaan 8.9.2017.

Voimaantulon jälkeen pyritään sopimustekstiin viemään lukuisia muutoksia. Iso osa muutoksista on jo kirjoitettu IMO:n Marine Environment Protection Committeessa (MEPC). Lopullisiin, voimaantulon jälkeisiin, muutostekstin hyväksymisneuvotteluihin voivat osallistua vain sopimuksen ratifioineet maat. (Haastattelut 6.5. ja 9.9.2016, Ville-Veikko Intovuori, Trafi.)

2.2.2 Sopimuksen sisällöstä

Painolastivesiyleissopimus koostuu itse sopimuksesta ja sen liitteistä. Sääntöjä on muun muassa hallintasuunnitelmasta, painolastitankkien täyttämisestä ja tyhjentämisestä, painolastivesien käsittelystä ja satamavaltioiden velvollisuuksista. Lähtökohtaisesti käsittelemättömän painolastiveden pumppaus mereen on kielletty. Ennen pumppausta mereen painolastivesi tulee käsitellä.

Sopimuksen liitteessä D on esitetty standardit painolastiveden käsittelyä varten. Standardi D-2 sisältää painolastivesien käsittelylaitteistojen tehokkuusvaatimukset. Lisäksi yleissopimukseen liittyy ohjeistuksia (Guidelines).

Ohjeistuksessa G8 käsitellään käsittelylaitteistojen tyyppihyväksyntää ja G9:ssä aktiivisen aineosan hyväksyntää, mikäli laitteisto tällaista käyttää. Laitteiston tulee olla tyyppihyväksytty lippuvaltion hallinnon tai hallinnon valtuuttaman luokituslaitoksen toimesta. Aktiivisia ainesosia käyttävän käsittelylaitteiston aktiivinen ainesosa pitää hyväksyttää IMO:ssa. (IMO 2016c.)

Tyyppihyväksyntää koskeva teksti ja ohjeistus on ollut jo pitkään muutospaineiden alla, ja se tulee monilta osin tarkentumaan. Nykyinen teksti ei juurikaan huomioi laitteiston toimintakykyä vaihtelevissa olosuhteissa. (Haastattelu 6.5.2016, Ville-Veikko Intovuori, Trafi.) Ongelmaa on tarkasteltu tämän opinnäytetyön luvussa viisi.

2.2.3 Sopimuksen kattavuus

Sopimus koskee kaikkia kansainvälisessä liikenteessä olevia aluksia, jotka voivat kuljettaa ja vaihtaa painolastivettä. Sopimus koskee kaikkia laivoja, jotka käyvät sopimusvaltioissa, riippumatta laivan lippuvaltiosta. Sopimus ei koske kotimaan liikenteen aluksia, aluksia, jotka eivät käytä painolastivettä tai joiden painolastitankit on sinetöity eikä puolustusvoimien ja hallinnon ei-kaupallisia aluksia.

Sopimukseen on kirjattu poikkeuksia koskien hätätilanteita, avomerta ja samassa paikassa tapahtuvaa painolastiveden vaihtoa. Samoin sopimus kuvaa vapautukset käsittelylaitteiston asennuksesta ja käyttövelvoitteesta. Vapautusmenettelyn ohjeistus on osin keskeneräinen, ja eri valtiot tulkitsevat sitä eri tavoin.

Tarkoituksena on määrittää rannikon läheisyydessä tapahtuvalle liikenteelle saman riskin alue (Same Risk Area), jonka sisällä alukset voisivat liikennöidä ilman käsittelylaitteistoa. Vapautus perustuu aina riskiarvioon. Pelkkä maantieteellinen läheisyys ei takaa saman riskin aluetta, jos riskiarvio osoittaa alueella eri lajistoja. (IMO 2016d.)

2.2.4 Täytäntöönpanoaikataulu

Sopimuksen voimaantulon viivästyttyä alkuperäinen täytäntöönpanoaikataulu ei ole toteutunut. Alkuperäisen aikataulun mukaan, vaiheittain vuoteen 2016 mennessä, kaikki 2009 tai sen jälkeen rakennetut alukset varustettaisiin painolastiveden käsittelylaitteistolla. Samoin vanhemmat alukset vaiheittain, siten että vuoden 2016 jälkeen vaatimus laitteistosta tulisi voimaan aluksen vuosipäivän jälkeisessä uusintakatsastuksessa. (IMO 2016d)

Vuonna 2013 IMO:n yleiskokous hyväksyi päätöslauselman A.1088(28), joka sisälsi muutoksia täytäntöönpanoaikatauluun. Tässä yhteydessä täytäntöönpanoaikataulu si-
dottiin aluskohtaiseen kansainväliseen todistuskirjaan öljyn aiheuttaman pilaantumisen ehkäisemisestä (IOPP Certificate), joka uusitaan aluksen viisivuotiskatsastuksessa. Käytännössä ennen sopimuksen voimaantuloa rakennettuihin aluksiin tulee asentaa ja hyväksyttää käsittelylaitteisto sopimuksen voimaantulon jälkeen, ensimmäisen suoritettavan viisivuotiskatsastuksen yhteydessä. (Lloyd's Register 2015a, 6.)

2.3 Yhdysvaltain rannikkovartioston määräykset

Yhdysvaltain Rannikkovartiosto (US Coast Guard, USCG) on julkaissut omat painolasti-veden käsittelyä koskevat määräyksensä. Vaatimukset, täytöntöönpanoaikataulu ja mahdollisuudet poikkeuksiin eroavat osin IMO:n Painolastivesiyleissopimuksen sisäl- löstä. USCG on myös ilmoittanut kartoittavansa mahdollisuuksia tiukempiin painolasti- vesiä ja niiden käsittelylaitteita koskeviin määräyksiin. Tämä menettely on keskeneräi- nen. (Lloyd's Register 2015b, 29–32.)

Mahdolliset tiukkenevat USCG-määräykset aiheuttavat käsittelylaitteistojen valmistajille lisätyötä. Tulevaisuudessa, liikennöintialueesta riippuen, on mahdollista että, laitteistojen on täytettävä paitsi IMO:n, myös USCG:n tiukemmat tehokkuusvaatimukset. Neuvottelut asiasta ovat kesken.

Containerships VII ei liikennöi Yhdysvaltoihin. Useat laitteistovalmistajat ovat kuitenkin hakeneet myös USCG-vaatimusten mukaisen hyväksynnän.

3 YLEISIMMÄT KÄSITTELYMENETELMÄT

3.1 Käsittelymenetelmän vaatimuksista

Vedenpuhdistusteknologioita käytetään laajasti elintarviketeollisuudessa ja jäteveden puhdistamoissa. Painolastivesien ominaisuudet kuitenkin vaihtelevat, samoin vedessä olevat organismit. Esimerkiksi suolapitoisuudella sekä veden lämpötilalla ja kirkkaudella saattaa olla huomattava vaikutus painolastiveden käsittelymenetelmän (Ballast Water Treatment, BWT) toimivuuteen.

Painolastivesien käsittelyjärjestelmän tulee täyttää painolastivesiyleissopimuksen suorituskystandardin D-2 vaatimukset. Rajoituksia on muun muassa eliömäärissä ja taudinaiheuttajissa vesimäärää kohden. Taulukossa 1 luetellut taudinaiheuttajat leviävät yleisesti veden ulostesaastumisen seurauksena. Taulukossa 1 on esitetty suorituskystandardin D-2 vaatimukset. Cfu on pesäkkeitä tuottava yksikkö (Colony forming unit). (IMO 2016d)

Taulukko 1. Standardin D-2 vaatimukset puhdistetulle painolastivedelle.

Organismi	Puhdistusvaatimus
Organismin koko $\geq 50 \mu\text{m}$	< 10 elinkelpoista organismia / m^3
Organismin koko $10\text{--}50 \mu\text{m}$	< 10 elinkelpoista organismia / ml
Vibrio Cholera	< 1 cfu / 100 ml
Escherichia coli	< 250 cfu / 100 ml
Suoliston enterococci	< 100 cfu / 100 ml

Useimmat järjestelmät yhdistelevät kahta tai useampaa käsittelymenetelmää raja-arvojen saavuttamiseksi. Vaatimusten täyttyminen todennetaan laitteiston tyyppihyväksynnän yhteydessä. Laitteiston tulee olla tyyppihyväksytty jonkun lippuvaltion hallinnon tai jonkun lippuvaltion hallinnon valtuuttaman luokituslaitoksen toimesta. Aktiivisia ainesosia käyttävän käsittelylaitteiston aktiivinen ainesosa pitää hyväksyttää IMO:ssa.

Painolastivesiyleissopimus velvoittaa myös satamavaltioita valvomaan aluksen painolastiveden laatua satamatarkastuksin. Menettelyllä pyritään valvomaan käsittelylaitteiston toimintaa ja puhdistustulosta. Vaatimus on haasteellinen, koska tällä hetkellä ei ole

olemassa reaaliaikaista menetelmää aluksen painolastiveden testaamiseksi. Kaikki testausmenetelmät vaativat pitkähkön ajan ennen tulosten valmistumista. Yleissopimus kuitenkin lähtee siitä, että testaus ja tulosten odottelu ei saa pitkittää laivan satama-aikaa.

Käsittelymenetelmät jaetaan useimmiten toimintaperiaatteen mukaisesti mekaanisiin ja kemiallisiin käsittelyihin sekä fysikaaliseen desinfiointiin. Mekaaninen käsittely yhdistetään usein kemialliseen tai fysikaaliseen käsittelyyn. On huomattava, että uusia käsittelymenetelmiä ja tekniikoita tulee koko ajan lisää. Esimerkiksi sähköpulslien ja voimakkaan magneettikentän hyödyntämistä käsittelyjärjestelmissä tutkitaan.

3.2 Mekaaninen käsittely

3.2.1 Sykloninen erottaminen

Syklonisessa erottamisessa vesi laitetaan pyörivään liikkeeseen, jolloin vettä raskaamat kiinteät osat erottuvat. Erottumista voidaan tehostaa hyytymis- tai saostumiskemikaaleilla. Erottuneet ainesosat huuhdellaan takaisin veteen painolastin oton ja käsittelyn aikana tai käsitellään edelleen laivalla. Laitteistossa ei yleensä ole liikkuvia osia ja siksi se on helppo asentaa ja käyttää. Menetelmän rajoituksena on kiinteän ainesosan ominaispaino. Vettä kevyemmät ainesosat eivät tällä menetelmällä erotu. (IHS 2016.)

3.2.2 Suodatus

Suodatuksessa kiinteä aine poistetaan suodattamalla. Suodattimen läpäisykoko on useimmin 20–50 µm. Mitä pienempi läpäisykoko, sitä suurempi suodattimen halkaisija. Suodatin kasvattaa järjestelmän painehäviötä ja vaatii yleensä takaisinhuuhtelun tukkeutumisen estämiseksi. Takaisinhuuhtelu puolestaan pienentää järjestelmän tilavuusvirtaa. Runsas kiintoaine vedessä lisää suodattimen tukkeutumisriskiä. Pelkällä suodatuksella ei koskaan saavuteta kaikkia IMO:n raja-arvoja. (Koivistoinen 2014, 23.)

3.3 Kemiallinen käsittely (biosidit)

Biosidit ovat kemiallisia aineita tai valmisteita jotka tuhoavat pieneliöitä. Tuhoaminen tapahtuu vaikuttamalla organismin soluseinämiin. Ne jaetaan yleisesti hapettaviin ja ei-

hapettaviin biosideihin. Markkinoilla olevat painolastiveden käsittelyjärjestelmät hyödynävät lähinnä hapettavia biosideja. Näitä käsitellään seuraavissa luvuissa. Ei-hapettavien biosidien, esimerkiksi K-vitamiinin, käyttöä tutkitaan kuitenkin laajasti. Käytettäessä kemiallista käsittelyä on aina huomioitava mahdolliset korroosio-ongelmat tankeissa ja putkistoissa. (Lloyd's 2015a.)

3.3.1 Kloori, klooridioksidi ja hypokloriitit

Kloori (Cl_2) on yleisesti käytetty hapettava biosidi. Myös klooridioksidin (ClO_2) käyttö on yleistynyt. Se toimii laajemmalla pH-alueella ja sen ympäristövaikutukset ovat pienempiä. Hypokloriitteja ovat kalsiumhypokloriitti ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) ja natriumhypokloriitti (NaClO). Ne toimivat kloorin tavoin, mutta eivät ole yhtä tehokkaita. (Koivistoinen 2014, 26.) Biosidin tarve vaihtelee vaikuttavasta aineesta ja laitteistosta riippuen välillä 2–15 g/m³ (Lloyd's 2015c). Käsittelyjärjestelmä on yleensä helppo asentaa, mutta käsiteltävät kemikaalit tuovat alukselle lisävaatimuksia. Painolastivesi on useimmiten neutraloitava ennen pumppausta takaisin mereen.

3.3.2 Sähköklooraus

Sähkökloorauksessa hyödynnetään elektrolyysiä. Elektrolyysi on sähkövirran avulla aikaansaatua aineen kemiallinen hajoaminen. Painolastiveteen johdettu tasavirta hajottaa elektrolyysissä meriveden sisältämän suolan (NaCl) kemiallisesti natriumhypokloriitiksi (NaClO). Toimiakseen tehokkaasti menetelmä vaatii korkean suolapitoisuuden. Sivutuotteena syntyvä vety aiheuttaa järjestelmälle lisävaatimuksia. (Koivistoinen 2014, 26.) Sähköntarve riippuu laitteistosta ja sen kapasiteetista. Tarve voi olla huomattava (Lloyd's 2015c). Kuten kemikaalin lisäyksessä, myös sähkökloorauksessa on painolastivesi useimmiten neutraloitava ennen pumppausta takaisin mereen.

3.3.3 Otsonointi

Otsoni (O_3) on voimakas hapettaja. Biosidina se toimii kuten klooridioksidi, mutta on tätä tehokkaampi. Otsoni hajottaa orgaanisia yhdisteitä ja tuhoaa tehokkaasti pieneliöitä. Otsonin puoliintumisaika on 6–12 tuntia. Valmistajat antavat yleensä ajaksi 24 tuntia, jonka jälkeen painolastin voi pumpata takaisin mereen. Tämän lisäksi järjestelmään kuitenkin

yleensä liittyy neutralointi, jolla varmistetaan että otsonia ei pääse mereen. Järjestelmä vaatii alukseen asennettavan otsonigeneraattorin, joka tuottaa painolastiveteen johdettavan otsonikaasun. Otsonoinnin teho on riippumaton veden suolapitoisuudesta. (Lloyd's 2015a.)

3.4 Fysikaalinen desinfiointi

Yleisimpiä fysikaalisen desinfioinnin menetelmiä ovat ultraviolettisäteily, hapenpoisto, akustinen eli kavitaatioon perustuva menetelmä sekä lämpökäsittely. Näistä UV-säteilyyn perustuva menetelmä on yleisimmin käytetty.

3.4.1 Ultraviolettisäteily

Ultraviolettisäteily vaikuttaa organismien molekyyliarakenteisiin ja estää niitä lisääntymästä. Järjestelmä koostuu yleensä kvartsilasikuoreen sijoitetuista UV-säteilyä lähettävistä amalgaamilampuista, jotka on sijoitettu kammioon, jonka läpi vesi virtaa. Järjestelmän virrankulutus on riippuvainen veden sameudesta. Järjestelmät toimivat myös makeassa vedessä. Sähkönkulutus on merkittävä tekijä, ja se riippuu itse laitteistosta sekä sen kapasiteetista. Käytettäessä UV-säteilyä painolastivesi käsitellään useimmiten myös poistettaessa. Näin estetään mahdollisen painolastitankeissa tapahtuvan uudelleenkasvun joutuminen mereen. (Lloyd's 2015a.)

3.4.2 Hapenpoisto

Painolastitankista poistetaan happi ruiskuttamalla sinne typpeä tai muuta inerttikaasua. Toinen tapa pienentää happipitoisuutta on muodostaa tyhjiö. Molemmissa tapauksissa painolastivedessä olevat eliöt tukehtuvat. Tukehtuminen kestää kahdesta neljään vuorokautta, joten menetelmä ei ole käyttökelpoinen aluksilla, jotka vaihtavat usein painolastivettä. (Lloyd's 2015a.)

3.4.3 Akustinen

Ultraäänellä tai kaasusuihkulla synnytetään kavitaatiokuplia, jotka puhjetessaan aiheuttavat paine- ja lämpöshokin tappaen organismit. Menetelmä ei tehoa mikro-organismeihin. Sitä käytetäänkin jonkun muun desinfiointimenetelmän rinnalla. Menetelmä on varsin tehokas, ja se on riippumaton veden suolapitoisuudesta. (Lloyd's 2015a.)

3.4.4 Lämpökäsittely

Lämpökäsittelyssä painolastiveden lämpötilaa nostetaan, kunnes eliöt kuolevat. Tämä on järjestetty joko lämmittämällä tankkia tai kierrättämällä painolastivettä aluksen moottorien jäähdytysvetenä. Menetelmä on hidas, ja sen on todettu lisäävän tankkien korroosiota. Lämmönvaihtimet vaativat aluksessa runsaasti tilaa. (Koivistoinen 2014, 24.)

3.5 Yhteenveto käsittelymenetelmistä

Kaikissa menetelmissä on hyviä ja huonoja puolia. Menetelmän valintaan vaikuttavat operointiympäristö ja aluksen tekniset ratkaisut. Operointiympäristön vaikuttavia veden ominaisuuksia ovat suolapitoisuus, sameus, pH-arvo ja lämpötila. Aluksen teknisiin ratkaisuihin kuuluvat esimerkiksi sähköntuoton riittävyys, painolastivesipumppujen teho ja konehuonejärjestelyt. Taulukkoon 2 on koottu edellä kuvatut menetelmät ja niihin liittyvät huomioitavat seikat.

Taulukko 2. Yhteenveto käsittelymenetelmistä.

Menetelmä	Huomioitavaa
Sykloninen erottaminen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tarvitsee toimiakseen suuren paineen ▪ erottelukyky riippuu organismien ominaispainosta
Suodatus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ suodattimen koko kasvaa läpäisykoon pienentyessä ▪ paine- ja virtausnopeushäviöitä ▪ vaatii suodattimen takaisinhuuhtelun
Kloori, klooridioksidi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ kemikaalien varastointi ja käsittely (kemikaaliturvallisuus) ▪ vaatii yleensä neutraloinnin ▪ lisääntynyt korroosio
Sähköklooraus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tarvitsee suolapitoista painolastivettä ▪ sivutuotteet huomioitava ▪ vaatii yleensä neutraloinnin ▪ lisääntynyt korroosio
Otsonointi	<ul style="list-style-type: none"> • otsonin käsittely (turvallisuus) ▪ järjestelmissä yleensä neutralointi ▪ lisääntynyt korroosio
Ultraviolettisäteily	<ul style="list-style-type: none"> ▪ virrankulutus ja järjestelmän tehokkuus riippuvainen veden sameudesta ▪ vaatii käsittelyn myös pois pumpattaessa
Hapenpoisto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pitkä vaikutusaika (2 – 4 vrk)
Akustinen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ useimmiten jonkun muun fysikaalisen tai kemiallisen desinfiointimenetelmän rinnalla
Lämpökäsittely	<ul style="list-style-type: none"> ▪ hidas menetelmä ▪ lisääntynyt korroosio

Kun kyseessä on uusi alus, on painolastiveden käsittelyjärjestelmän vaatimukset helpompi huomioida jo suunnitteluvaiheessa ja vaihtoehtoja on yleensä useampia. Jälki-asennuksissa vaihtoehtoja on vähemmän ja aluksen tuomia rajoitteita huomattavasti

enemmän. Jälkiasennus on myös asennuskustannuksiltaan kalliimpi uuteen alukseen verrattuna.

4 MV CONTAINERSHIPS VII JA VAATIMUKSET PAINOLASTIVEDEN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄLLE

4.1 Alus

Containerships VII on Containerships Oyj:n omistama ja operoima 13965 DWT:n, 966:n TEU:n, konttialus. DWT on aluksen kantavuus, TEU on konttiliikenteen perusmittayksikkö, joka vastaa yhtä 20 jalan konttia. (Kuva 1.)



Kuva 1. Containerships VII (Containerships 2016).

Alus on valmistunut vuonna 2002 J.J.Sietasin telakalta Hampurista. Alukseen on vuonna 2011 jälkiasennettu pakokaasupesuri. Taulukossa 3 on esitetty tietoja aluksesta. Aluksen tiedot on saatu varustamolta.

Taulukko 3. Tietoja aluksesta.

Yleistä	
Lippuvaltio	Suomi
Kotisatama	Helsinki
Luokituslaitos	DNV GL
Jääluokka	1A
Päämitat	
Kokonaispituus	LOA = 158,76 m
Leveys	B = 21,75 m
Laitakorkeus	D = 12,1 m
Syväys	T = 8,899 m
Painolastitankkien tilavuus	Total 4294 m ³
Koneisto	
Pääkone	Wärtsilä 7L64, 12600 kW
Potkuri, säätölapa	Rolls Royce (Kamewa) 157XF5/4S
Akseligeneraattori	STN Atlas Marine SE 500 S4 V1, 1540 kW
Apukoneet 2 kpl	Volvo D25A MS, 488 kw
Apugeneraattori, 2 kpl	STN Atlas Marine SE 400 S4, 488 kW
Hätägeneraattori	Volvo TAMD 122 A, 288 kW
Kattila	DWT 1160 V 58 II, 1160 kW
Pakokaasukattila	AWE 1050 V 58, 1050 kW
Pakokaasupesuri	Wärtsilä Closed Loop Scrubber system
Painolastivesipumput	2 x 220 m ³ /h 1,8 bar

4.2 Käsittelyjärjestelmän valintaan ja laitteiston asennukseen vaikuttavia tekijöitä

Käsittelyjärjestelmän valinnassa tulee huomioidavaksi useita eri tekijöitä. Nämä tekijät ovat riippuvaisia aluksen toimintaympäristöstä sekä itse aluksesta ja sen teknisistä ratkaisuista.

Valittavan käsittelytekniikan tai tekniikoiden tulee toimia aluksen toimintaympäristön olosuhteet huomioiden. Järjestelmän suorituskyvyn tulee olla riittävä painolastin määrä ja

tilavuusvirta huomioiden. Edelleen aluksen sähköntuoton tulee riittää järjestelmän käyttämiseen ja varsinkin jälkiasennuksessa, jostain pitää löytyä riittävästi tilaa asennukseen. Tämän lisäksi tulee aina arvioitavaksi järjestelmän hankinta-, asennus- ja käyttökulut.

Käsittelyjärjestelmää valittaessa tulisi myös arvioida laitteiston käytön ja huollon helpous sekä mahdolliset valintaan ja asennukseen liittyvät seurausvaikutukset. Esimerkiksi kemiallisen desinfioinnin valinta vaikuttaa koko aluksen kemikaaliturvallisuuteen ja painolastitankkien korroosiosuojaukseen.

Seuraavaksi tarkastellaan eri vaikuttavia tekijöitä Containerships VII:n tapauksessa. Taivoitteena on ensin rajata käsittelymenetelmä ja vasta sen jälkeen tarkastella eri valmistajien valittuja käsittelytekniikoita hyödyntäviä laitteita. Kustannusvertailua laitteistojen osalta voidaan tehdä laitteistojen vertailun yhteydessä.

4.2.1 Aluksen operointiympäristö ja painolastiveden laatu

Containerships VII liikennöi lähinnä Itämerellä ja Pohjanmerellä. Käyntisatamat sijaitsevat suurimmaksi osaksi jonkun joen alajuoksulla tai suistossa. Satamissa pumpattava painolastivesi on joko makeaa, vähäsuolaista tai suolaista. Itämerellä matkan aikana pumpattava painolastivesi on vähäsuolaista. Suolan puute estää elektrolyysimenetelmän käytön.

Alus on liikenteessä läpi vuoden. Meriveden lämpötila vaihtelee käytännössä 0 °C ja +24 °C välillä. Valittavan järjestelmän tulee toimia tällä lämpötilavälillä.

Alus ottaa painolastivettä myös alueilla, jossa vesi on sameaa. Sameus johtuu vedessä olevista epäpuhtauksista, levistä ja elävistä organismeista. Sameus vaikuttaa suodatukseen. Likaantuminen ja takaisinhuuhtelun tarve kasvaa. Ultraviolettisäteilyyn perustuvan menetelmän virrankulutus kasvaa sameassa vedessä. Markkinoilla olevien laitteistojen vertailussa on huomioitava niiden sopivuus myös makean, samean veden käsittelyyn.

4.2.2 Painolastijärjestelmä, painolastin määrä ja pumppaustarve

Aluksessa on 9 kpl pohjatankkeja, 11 kpl siipitankkeja ja keulatankki painolastia varten. Painolastitankkien kokonaistilavuus on 4294 m³. Tankkijärjestely on kuvattu kaaviossa

liitteessä 1. Painolastivesi otetaan konehuoneen keulalaipion tasalla olevasta merivesikaivosta. Merivesikaivon läheisyydessä, konehuoneen keulalaipion tasalla, sijaitsevat myös painolastivesipumput. Pumppuja on kaksi, molemmat kapasiteetiltaan 220 m³/h. Pääosa järjestelmän venttiileistä on sijoitettu pumppujen väliseen tilaan.

Todellisen painolastiveden pumppaustarpeen selvittämiseksi aluksen päällystää pyydettiin pitämään tätä opinnäytetyötä varten laadittua päiväkirjaa painolastiveden pumppauksesta (Liite 2). Päiväkirjaa pidettiin kolmen viikon ajan. Lisäksi haastateltiin 7.3.2016 aluksen yliperämies Mikael Viljasta painolastikäytännöistä.

Suurin osa painolastioperaatioista tapahtuu satamassa lastauksen aikana. Suurin yhteenlaskettu painolastiveden vaihto oli tarkastelujaksolla Rotterdamissa 2300 m³, ajoittuen 16,5 tunnin ajalle. Merellä painolastioperaatioita oli kolmen viikon tarkasteluaikana kolme, niistä suurin oli 210 m³.

Painolastia otetaan pumppaamalla tai painovoimaisesti. Käytännössä pohjatankit täytetään osin painovoimaisesti ja siipitankkien täytössä käytetään aina pumppausta. Pumpauksen ja painovoimaisen painolastiveden oton tehokkuudella ei ole kovin suurta eroa. Tarkasteluaikana suurin virtaus pumppaamalla oli 400 m³/h ja painovoimaisesti täytettäessä 300 m³/h. Keskiarvovirtaus painolastin otossa oli tarkastelujaksolla 290 m³/h.

Painolastin tyhjennys tapahtuu pääosin pumppaamalla. Keulan siipitankit voidaan tyhjentää osin painovoimaisesti. Painovoimaa voidaan käyttää myös painolastin siirroissa siipitankeista pohjatankkeihin. Tarkasteluaikana oli yksi painolastitankista toiseen tapahtunut 170 m³ siirto. Tarkasteluaikana, painolastin tyhjennyksessä, suurin virtaus pumppaamalla oli 400 m³/h. Keskiarvovirtaus tyhjennyksessä oli tarkastelujaksolla 310 m³/h.

Suodatus ja sykloninen erottaminen aiheuttavat painolastivesijärjestelmään painehäviön ja tilavuusvirran pienenemisen. Myös muiden menetelmien asennus aiheuttaa yleensä painehäviötä järjestelmään. Painehäviö ja mahdollinen tilavuusvirran pieneneminen ovat tekijöitä, joita tulee tarkastella vertailtaessa markkinoilla olevia laitteistoja. Huonoimassa tapauksessa häviöt saattavat johtaa painolastivesipumppujen vaihtotarpeeseen.

4.2.3 Sähkön tuotto

Aluksen sähköntuotto merellä hoidetaan pääkoneen käyttämällä akseligeneraattorilla. Generaattorin maksimiteho on 1540 kW. Normaali sähkönkulutus merellä on ylikone-mestari Jouni Eeronheimon 7.3.2016 tehdyn haastattelun mukaan luokkaa 400 kW. Akseligeneraattorin mitoituksessa on huomioitu keulapotkurin sähkönkulutus satamassa liikettäessä.

Satamassa sähköntuotosta huolehtii apukoneen pyörittämä apugeneraattori, teholtaan 488 kW. Näitä on aluksessa kaksi kappaletta. Normaali kulutus satamassa on luokkaa 200 kW, riippuen lähinnä lastina olevien, sähköä tarvitsevien, jäähdytyskonttien määrästä. Satamassa riittää normaalitilanteessa toisen apugeneraattorin tuotto sähköntarpeen tyydyttämiseen. Sähköntarpeen kasvaessa automatiikka hoitaa toisen apukoneen käynnistuksen ja kytkemisen verkkoon sekä kuormien tasaamisen kahden generaattorin välillä.

Sähkönkulutus kasvaa kaikilla painolastiveden käsittelymenetelmillä. Erityisesti sähköklooraus ja ultraviolettisäteilyyn perustuva menetelmä lisäävät sähkönkulutusta. Containerships VII:n kapasiteettitarpeella kulutus voi olla jopa 100 kW luokkaa. Sähkön lisätarve voi olla suurempi kuin mihin aluksen alkuperäisessä suunnittelussa on varauduttu. Painolastiveden käsittelyjärjestelmän sähköntarve on tärkeä tekijä vertailtaessa markkinoilla olevia laitteistoja.

4.2.4 Konehuonejärjestelyt ja muu tilankäyttö

Containerships VII:n konehuone on järjestelyiltään perinteinen. Alukseen on kuitenkin vuonna 2011 jälkiasennuksena asennettu suljetun kierron pakokaasupesuri. Pesurin asennus on käytännössä vienyt konehuoneesta kaiken ylimääräisen tilan ja painolastiveden käsittelyjärjestelmän asennus konehuonetilaan saattaa osoittautua mahdottomaksi.

Vertailtaessa markkinoilla olevia laitteistoja on tärkeää huomioida niiden vaatima tila. Lisäksi on tarkasteltava mahdollisuutta laitteiston komponenttien hajauttamiseen tilankäytön ehdoilla. Tarkastelussa tulee myös huomioidavaksi laitteiston mahdollinen sijoitus muualle kuin konehuoneeseen.

Laivaan tehdyissä vierailuissa 7.3.2016 ja 18.5.2016 tarkasteltiin konehuoneen tilankäyttöä ja muita mahdollisia sijoitusvaihtoehtoja.

4.2.5 Varustamon asettamat reunaehdot

Tapaamisessa 18.1.2016 varustamon edustaja ja tämän työn ohjaaja Kati Keto ilmoitti varustamolla olevan reunaehdot koskien valittavaa käsittelymenetelmää. Varustamo ei halua alukseen enää uusia kemikaaleja, mikä käytännössä sulkee pois kemialliset menetelmät ja kemiallisen neutraloinnin vaatimat menetelmät.

Varustamo ei myöskään mielellään ole ensimmäinen asiakas uudelle käsittelymenetelmälle tai laitteistolle. Laitteistolla tulee olla painolastiyleissopimuksen mukaiset hyväksynnät ja toimittajalla tulisi olla referenssialuksia, jotka liikennöivät samoissa olosuhteissa.

Lisäksi tapaamisessa 28.4.2016 Kati Keto painotti varaosien sekä muun teknisen tuen saatavuutta ja toimitusaikaa sitä tarvittaessa. Eurooppalaiset laitteistovalmistajat ovat varustamon näkökulmasta etusijalla.

4.3 Vaihtoehdot Containerships VII:n käsittelymenetelmäksi

Syklonista erottamista tai suodatusta voidaan käyttää. Paine- ja virtausnopeushäviöt sekä mahdollinen sähkön lisätarve tulee tarkasteltavaksi. Kemialliset menetelmät eivät tule kyseeseen varustamon rajauksen vuoksi. Myös sähköklooraamisen vaatima veden suolapitoisuus sulkee tämän menetelmän pois. Otsonointia tarkastellaan vielä lisää markkinoilla olevien laitteistojen tarkastelun yhteydessä. Otsonointiin liittyy kuitenkin useimmiten kemiallinen neutralointi.

Myöskään hapenpoisto ja lämpökäsittely eivät sovellu pitkän vaikutusaikansa vuoksi. Aluksen liikennöimästä reitistä johtuen, alus ottaa ja pumppaa pois painolastia välillä lyhyinkin aikavälein.

Ultraviolettisäteilyyn tai ultraääneen perustuvia fysikaalisia desinfiointimenetelmiä voidaan käyttää. Laitteistovalmistajat hyödyntävät näitä yhdessä suodatuksen tai syklonisen erottamisen kanssa. Ultraääni vaatii lisäksi rinnalleen menetelmän, joka tehoaa mikroorganismeihin.

Taulukossa 4 on esitetty kootusti eri tarkastellut menetelmät ja niiden sopivuus menetelmänä Containerships VII:ään. Taulukossa on tässä opinnäytetyössä tarkastellut menetelmät. Menetelmiä ja tekniikoita tulee koko ajan lisää. Laitteistojen yleistymisen myötä saadaan myös koko ajan lisää käyttökokemuksia eri menetelmistä.

Taulukko 4. Käsittelymenetelmän sopivuus Containerships VII:ään.

Menetelmä	Sopivuus Containerships VII:ään
Sykloninen erottaminen	Kyllä
Suodatus	Kyllä
Kloori, klooridioksidi	Ei, vaatii kemikaaleja
Sähköklooraus	Ei, vaatii suolaista vettä
Otsonointi	Kyllä, varauksin
Ultraviolettisäteily	Kyllä
Hapenpoisto	Ei, pitkä vaikutusaika
Akustinen	Kyllä
Lämpökäsittely	Ei, pitkä vaikutusaika

Käsittelymenetelmän rajauksen jälkeen otetaan tarkasteluun kyseisiä tekniikoita käyttävät hyväksytyt laitteistot. Valittaessa laitteistoja tarkempaan tarkasteluun, huomioidaan tässä luvussa esitellyt vaikuttavat ja rajaavat seikat, kuten esimerkiksi painolastin tarve, sähköön tuotto ja laitteiston tilantarve.

5 MARKKINOILLA OLEVIENT LÄITTEISTOJEN VERTAILUA

5.1 Tietoja markkinoilla olevista laitteistoista

Painolastivesiyleissopimuksen hyväksymisen jälkeen markkinoille on tullut lukuisa joukko eri tekniikoita käyttäviä laitteistoja ja niiden valmistajia. IMO ylläpitää listaa hyväksynnän saaneista laitteistoista. Viimeisin päivitys IMO:n listaan on huhtikuulta 2016. Listalta löytyy 40 aktiivista aineosaa käyttävää, lopullisen IMO:n hyväksynnän saanutta, laitteistoa. Lisäksi löytyy lista laitteistoista, jotka ovat saaneet asianomaisen lippuvaltion merenkulkuviranomaisen, tai sen valtuuttaman luokituslaitoksen, myöntämän hyväksynnän. Tällä listalla on 65 laitteistoa. (IMO 2016e.)

Eri luokituslaitokset antavat ohjeita ja tukea järjestelmien valinnasta ja asennusnäkökohdista. Nämä ohjeet sisältävät usein listoja markkinoilla olevista laitteistoista ja niiden ominaisuuksista. Myös lukuisat kaupalliset ja ei-kaupalliset julkaisut ovat käsitelleet aihetta ja laatineet listoja markkinoilla olevista laitteistoista. Esimerkkinä tällaisesta on IHS Maritime:n julkaisu Guide to Ballast Water Treatment Systems 2014, jonka listalta löytyy 69 eri laitteistoa (IHS 2016). Lisäksi tietoja on saatavissa suoraan laitevalmistajilta.

Eri listoilla on eri määrä laitteistoja, ja niiden valmistajia tulee koko ajan lisää. Tarkastelussa on myös huomioitava, että osaa laitteistoista voidaan jo myydä, vaikka lopullinen hyväksyntä on saamatta. Luokituslaitosten listaukset sisältävät yleensä vain ne laitteistot, jotka ovat saaneet kyseisen luokituslaitoksen hyväksynnän. Laitteistovalmistajat toki haluavat tällaisen hyväksynnän mahdollisimman monelta luokituslaitokselta.

Eniten informaatiota listatuista laitteistoista sisältää Lloyd's Registerin lista, jota on viimeksi muokattu 21.4.2015. Listalla on 46 laitteistoa. Poikkeuksena muihin lähteisiin, Lloyd's:n listalta löytyy kootusti tietoa esimerkiksi kapasiteetista, tilantarpeesta, sähkönkulutuksesta, puhdistusmekanismin vaikutusajoista ja referenssiasennusten lukumäärästä. (Lloyd's 2015c.)

5.2 Valmistajien ja laitteistojen vertailua

Jatkotarkastelu tätä opinnäytetyötä varten tehtiin käyttämällä luvussa 5.1 kuvattuja lähteitä. Niistä saatuja tietoja tarkastettiin keskenään ristiin, aina kun se oli mahdollista. Samalla huomioitiin luvussa neljä kuvatut käsittelyjärjestelmän valintaan ja laitteiston asennukseen Containerships VII:ssä vaikuttavat rajoittavat tekijät. Tarvittaessa oltiin yhteydessä laitteistojen valmistajiin lisätietojen ja tarkennusten saamiseksi.

Valmistajien ja laitteistojen vertailu oli vaikeaa. Valmistajilta löytyy hyvinkin eritasoista tietoa itse laitteistoista. Varsinkin laitteistojen toiminnan testaus eri toimintaympäristöissä on usein ilmoitettu hyvinkin suppeasti. Tietoja käytetyn menetelmän tehokkuudesta ilmoitetaan ja annetaan myös hyvin erilaisissa muodoissa, joka jo sinällään vaikeuttaa vertailua.

Referenssiasennuksista on saatavissa niukalti tietoa. Suurimpana syynä on niiden vähäisyys. Jälkiasennusten määrä on vielä vähäisempi. Osa valmistajien tarjoamista referensseistä on vielä testialuksia. Referenssien luotettavuuden kannalta olisi myöskin tärkeää saada tietoa paitsi valmistajan, myös suoraan laitteiston käyttäjän näkökulmasta.

5.2.1 Laitteistojen alustava valinta

Ensimmäisessä vaiheessa tehtiin käsittelyjärjestelmän rajauksen mukainen karsinta luvussa neljä olevan taulukko 4:n mukaisesti. Tässä vaiheessa arvioitiin vielä myös otsonointia mahdollisena käsittelymenetelmänä. Otsonointia käyttäviä, tyyppihyväksynnän saaneita, laitteistovalmistajia löytyi kolme. Ensimmäinen, DESMI Ocean Guard A/S, keskittyy myynnissään nykyään pelkästään ultraviolettisäteilyä hyödyntäviin laitteisiin (Desmi 2016a). Toinen, NK Co. Ltd ei ole ilmoittanut riittävän lyhyttä vaikutusaikaa (Lloyd's 2015c). Kolmatta eli Mitsui Engineeringin laitteistoa ei ole testattu makeassa vedessä (Mitsui 2016).

Akustista eli kavitaatioon perustuvaa menetelmää käyttäviä laitteistoja löytyi markkinoilta seitsemän (Lloyd's 2015c). Kaikissa näissä akustinen menetelmä oli jonkun muun, Containerships VII alukseen sopimattoman, menetelmän yhteydessä tai se oli laitteiston kolmas puhdistusmenetelmä. Laitteistojen monimutkaistumista kolmivaiheiseksi pidettiin riskinä.

Otsonointia tai akustista menetelmää käyttävät laitteistot karsittiin edellä mainituista syistä pois tarkemmasta tarkastelusta. Samoin tässä vaiheessa karsittiin kaksi ko-realaista laitteistoa varustamon rajauksen perusteella.

Auramarine Ltd:n Ville Kaataja ilmoitti puhelinkeskustelussa 25.5.2016 yhtiön keskeyttäneen CrystalBallast -laitteiston markkinoinnin toistaiseksi. Yhtiö odottaa vaatimusten selkeytymistä IMO:n ja USCG:n osalta. Myös tämä laitteisto jätettiin pois tarkemmasta analyysistä.

Kaikki tarkempaan analyysiin valitut laitteistot hyödyntävät mekaanista käsittelyä yhdistettynä ultraviolettisäteilykäsittelyyn.

5.2.2 Laitteistojen tarkempi analyysi

Toisessa vaiheessa jäljelle jääneet 10 laitteistoa otettiin tarkempaan tarkasteluun. Kaikille valmistajille annettiin mahdollisuus vastata tarkentaviin kysymyksiin. Containerships Oyj tuki laitteistovalmistajille suunnattuja kyselyjä. Cathelco Ltd ja Mahle Industriefiltration GmbH eivät vastanneet kyselyihin, ja tietoja oli muistakin lähteistä suppeasti saatavilla. Optimarin lähetti koosteen käyttämistään komponenteista, mutta jätti vastaamatta itse kysymyksiin. Kyseinen yhtiö toimittaa pieniä laitteistoja. Näiden kolmen valmistajan laitteistot jouduttiin jättämään tarkemman analyysin ulkopuolelle. Jäljelle jääneistä seitsemästä koottiin taulukko. Taulukko on liitteessä 3.

Vertailu pyrittiin tekemään kapasiteetiltaan samanlaisten, maksimi 500 m³/h, laitteistojen välillä. Containerships VII:n painolastivesipumppujen kapasiteetti on 2 x 220 m³/h. Osa valmistajista valmistaa kapasiteetiltaan vakiokokoisia laitteistoja. Kapasiteettitarpeen kasvaessa näitä valitaan tarvittava määrä.

Kaikki tarkastelussa mukana olevat laitteistot on tyyppihyväksytty IMO:n G8 ohjeistuksen mukaisesti. Ohjeistus ei ole kattava ja se mahdollistaa erilaisia tulkintoja testausolosuhteista ja ilmoitettavista testaustuloksista. Marine Environment Protection Committee (MEPC) käsitteli asiaa työpaperinsa MEPC 69-4-6 pohjalta huhtikuun 2016 kokouksessa (MEPC 2016a).

Asiaa käsitellään edelleen lokakuussa 2016 MEPC 70 -kokouksessa työpaperin MEPC 70-4-3 pohjalta. Työpaperi on kirjeenvaihtotyöryhmän raportti, ja siinä on kuvattu ehdotus uudeksi tyyppihyväksyntäohjeistukseksi. (MEPC 2016b.)

Jo aiemmin, vuonna 2014, IMO julkaisi suosituksen BWM.2-CIRC.43 tyyppihyväksyntätodistuksen sisällöstä. IMO:n nykyinen ohjeistus G8 tulee osin muuttumaan. (Haastattelu 6.5.2016 ja 9.9.2016, Ville-Veikko Intovuori, Trafi)

Puutteelliset tiedot testausolosuhteista vaikeuttavat laitteistojen vertailua. Käytännössä vuoden 2014 jälkeen tyyppihyväksynnän saaneista laitteistoista on enemmän tietoja saatavilla. Varsinkin ultraviolettisäteilyä käyttävistä järjestelmistä on tärkeää saada tietoa testausolosuhteiden veden sameudesta ja ultraviolettisäteilyn läpäisyn raja-arvoista.

Ultraviolettisäteilyn läpäisykykyä kuvataan UV-T-arvolla (UV-Transmission). Mitä lähempänä UV-T-arvo on 100 %, sitä kirkkaampaa on vesi. Toisaalta UV-T-arvon ollessa esimerkiksi 50 %, on vesi hyvin sameaa ja UV-säteilyn voimakkuus 1 cm:n päässä lampusta on pudonnut puoleen. (Desmi 2016a.) Sameassa vedessä UV-lamppujen tehoa pitää näin ollen nostaa ja veden virtausnopeutta laskea riittävän säteilyannoksen saavuttamiseksi. Lisäksi UV-säteilyn aallonpituus ja sen vaihtelu vaikuttaa laitteiston tehokkuuteen (Koivistoinen 2014, 49-50). Laitteistosta tulisi tietää vähintään millä UV-T-arvolla sen kapasiteetti alkaa laskea.

Laitteiston UV-lamppujen käyttöikä ja muu huollontarve vaikuttaa olennaisesti laitteiston käytettävyyteen ja sen elinkaarikustannuksiin. Myös lamppujen mahdollinen tehon lasku käyttötuntien myötä tulisi olla tiedossa. Lisäksi laitteiston luotettavuudesta eri haitallisissa olosuhteissa, kuten tärinässä, ei ollut saatavilla tietoa.

5.2.3 Huomioita vertailusta ja eri laitteistoista

Vertailussa kiinnitettiin huomioita ilmoitettuun UV-T-arvoon, joka vielä mahdollistaa laitteiston toiminnan täydellä virtausnopeudella. Osa valmistajista ilmoittaa alimman mahdollisen UV-T-ajan, jolloin kapasiteetti on huomattavasti maksimia pienempi.

Lamppujen käyttöikä ja vaihtolamppujen hinta vaikuttavat vuotuisiin käyttökustannuksiin. On varauduttava myös siihen, että osa valmistajista ilmoittaa lamppujen käyttöiän kirkkaan veden olosuhteissa, jolloin lamppujen tehoa voidaan laskea. Saman veden olosuhteissa käyttöikä on tällöin lyhyempi.

Käyttöikää ja kustannuksia arvioitaessa tulee huomioida myös lamppujen määrä. Tyypillisesti matalapainelampuilla on pidempi käyttöikä, mutta niitä tarvitaan laitteistossa huomattavasti suurempi määrä. Toisaalta matalapainelamput ovat hinnaltaan edullisempia.

Lamppujen lyhyt käyttöikä tarkoittaa myös usein toistuvaa huollon tarvetta aluksella. Lamppujen tärinän kesto ja vaihdon helppous olivat vaikeasti arvioitavissa. Molemmat ovat kuitenkin merkittäviä tekijöitä laitteistoa käytettäessä.

Laitteistot pyrittiin vertailemaan samalla kapasiteettivaatimuksella 500 m³/h. Tämä ei kaikilta osin onnistunut. Osa valmistajista lisää kapasiteettia moduulijattelulla, jolloin esimerkiksi kapasiteettiltaan 500 m³/h olevan suodattimen jälkeen on kaksi 250 m³/h ultra-violettikäsittely-yksikköä. Osa valmistajista tarjoaa myös kapasiteettiltaan esimerkiksi joko 450 m³/h tai 600 m³/h laitteistoa. Vertailuun otettiin näissä tapauksissa valmistajan tarjoama vaihtoehto. Käytännössä valmistaja tarjosi aina suurempaa vaihtoehtoa.

Valmistajat ilmoittivat sähkönkulutuksen joko maksimiarvona tai joissain tapauksissa myös minimi- ja keskimääräisenä arvona. Vertailutaulukkoon pyrittiin saamaan maksimi sähköntarpeen arvo. Kirkkaassa vedessä sähkönkulutus jää huomattavasti maksimiarvoa pienemmäksi, jos laitteistossa on UV-tehon säätelyjärjestelmä.

Ulkomitoista oli saatavilla tarkat tiedot, usein myös komponenttikohtaisesti. Suurin osa valmistajista pystyy tarjoamaan laitteistoa joko yhtenä koneikkona, komponenttikohtaisesti asennettuna tai konttiin, muualle kuin konehuoneeseen, asennettuna. Valmistajien toimittamista tiedoista ei aina selvinnyt vaadittava huoltotila. Esimerkiksi vaakatasoon asennetun UV-yksikön vaatima huoltotila voi kaksinkertaistaa asennuksen tilantarpeen.

Kaikilta valmistajilta ei saatu kaikkia tietoja. Kysymykseen UV-lamppujen tehon laskusta käyttöiän myötä ei vastannut yksikään laitevalmistaja täsmällisesti.

Useat valmistajat muistuttivat paitsi kilpailijoiden tyyppihyväksynnän ajankohdasta, myös optimistisista lupauksista UV-lamppujen käyttöiän suhteen. Vaikutelmaksi jäi osin laitteistomarkkinoiden kypsymättömyys ja osin valmistajien epävarmuus vallitsevasta markkinatilanteesta.

Seuraavassa on vielä joitakin irrallisia huomioita laitteistoista, joiden valmistajat vastasivat yhteydenottoihin.

Alfa Laval PureBallast 3.1

PureBallast 3.1 (kuva 2) on numerointinsa mukaisesti Alfa Lavalin edellisten laitteiden jatkokehitetty versio. Se on tyyppihyväksytty 2015 uusien IMO:n tyyppihyväksyntäsuositusten mukaisesti käytettäväksi merivedessä, makeassa vedessä ja murtovedessä. UV-T-raja täydellä virtausnopeudella on 42 %.



Kuva 2. PureBallast 3.1 (Alfa Laval).

Laitteisto säättää UV-lamppujen tehoa automaattisesti veden sameuden mukaan. Tämä vaikuttaa laitteiston vaatimaan tehoon. Lamppujen puhdistus hoidetaan kemiallisesti myrkyttömällä liuoksella erillisen, automaattisen, lamppujen pesujärjestelmän avulla. Lamppujen iäksi valmistaja ilmoittaa 3000 tuntia. (Alfa Laval 2016.)

BIO-SEA

Ranskalainen BIO-SEA-laitteisto (kuva 3) hyödyntää BIO-UV -yhtiön kokemusta muusta vedenpuhdistuksesta. Suodatus tapahtuu 20 µm suodattimella. UV-yksikkö muodostuu neljästä yhden keskipainelampun reaktorista. Yhden UV-reaktorin kapasiteetti on 150 m³/h.



Kuva 3. BIO-SEA, kahden UV-reaktorin koneikkomalli (BIO-SEA).

UV-lampun teho säätyy automaattisesti veden sameuden mukaan. UV-T-rajaksi valmistaja ilmoittaa 54 %. Uusimmissa testeissä valmistaja ilmoittaa pääsevänsä 45 %:n UV-T-rajaa. Lamppujen iäksi valmistaja ilmoittaa 2000 tuntia. Lamput ovat pitkiä ja asennettu vaakasuoraan, mikä lisää huoltotilan tarvetta noin kahdella metrillä.

Jos painolastivesi on suolaista tai likaista, laitteisto huuhdellaan ja täytetään makealla vedellä painolastioperaatioiden loputtua. Makean veden tarve on tällöin noin 400 litraa käsittelyä kohti. (Bio-Sea 2016.)

DESMI Ocean Guard RayClean

DESMI Ocean Guardin valmistama RayClean (kuva 4) on tanskalainen tuote. Suodatus tapahtuu 50 µm suodattimella. Monista muista laitteistoista poiketen suodatus tapahtuu myös pumpattaessa painolastia pois aluksesta.



Kuva 4. RayClean (Desmi A/S).

UV-käsittely tapahtuu 300 m³/h yksikössä, joita yhdistetään rinnakkain kokonaiskapasiteetin vaatima määrä. Kukin UV-yksikkö on varustettu 60 UV-matalapainelampulla. Lamppujen käyttöiäksi valmistaja ilmoittaa 12000 tuntia.

Järjestelmä säätelee lamppujen tehoa ja painolastiveden virtausta veden sameuden muuttuessa. Täydellä 300 m³/h virtauksella valmistajan ilmoittama UV-T-raja on 55 %. Rajoitetulla 100 m³/h virtauksella UV-T-rajaksi ilmoitetaan 33 %. (Desmi 2016b.)

Hyde GUARDIAN

Hyde Marinen valmistama Hyde Guardian (kuva 5) on Yhdysvaltalainen tuote. Laitteisto on koottu 500 m³/h suodattimesta ja 694 m³/h UV-yksiköstä. Suodatus tapahtuu 30 µm suodattimella.



Kuva 5. Hyde Guardian (Hyde Marine).

UV-yksikössä on 12 keskipainelamppua. Lamput voivat toimia kahdella eri tehoasetuksella. Yhtiö on suunnittelussaan lähtenyt siitä, että lamput toimivat ensimmäiset 4000 tuntia alemmalla tehoasetuksella, minkä jälkeen tehoa nostetaan. Suunniteltu lamppujen elinikä olisi näin 8000 tuntia.

Yhtiön kanssa käydyssä kirjeenvaihdossa ilmeni, että pisimpään toiminut asennettu laite on kerännyt vasta 3500 tuntia ja yhtiö käyttää markkinoinnissaan 5000 tunnin elinikää lamppuille. Yhtiö ei ilmoittanut UV-T-rajaa laitteistolle.

MMC Green Technology BWMS

Norjalaisen, meriteollisuuden ympäristöratkaisuihin erikoistuneen, yhtiön laitteisto koostuu 40 µm suodattimesta ja UV-yksiköstä. Laitteiston UV-yksikössä on 10 keskipainelamppua.

UV-yksikköä on mahdollista käyttää neljällä eri tehoasetuksella. Tehokkaimmalla asetuksella yhtiö ilmoittaa UV-lamppujen iäksi 1000 tuntia. Pienimmällä tehoasetuksella kirkasvesiolosuhteissa yhtiö ilmoittaa lamppujen iäksi yli viisi vuotta. Laitteisto toimitetaan koneikkona, kuitenkin siten että sähkö- ja ohjauskaapit ovat erillisinä.

Yhtiön tuotteista oli saatavilla niukasti tietoa. Yhtiö kuitenkin vastasi suurimpaan osaan sähköpostilla tehdyistä kysymyksistä ja lähetti pyydettäessä tarkemman erittelyn.

Trojan Marinex

Kanadalainen Trojan Technologies on pitkään kehittänyt UV-käsittelyjärjestelmiä vedenpuhdistukseen. Trojan Marinex (kuva 6) on tarkoitettu painolastiveden käsittelyyn. GEA Westfalia myy Euroopassa Trojan Marinexia nimellä BallastMaster MarineX.



Kuva 6. Trojan Marinex (Trojan Marinex).

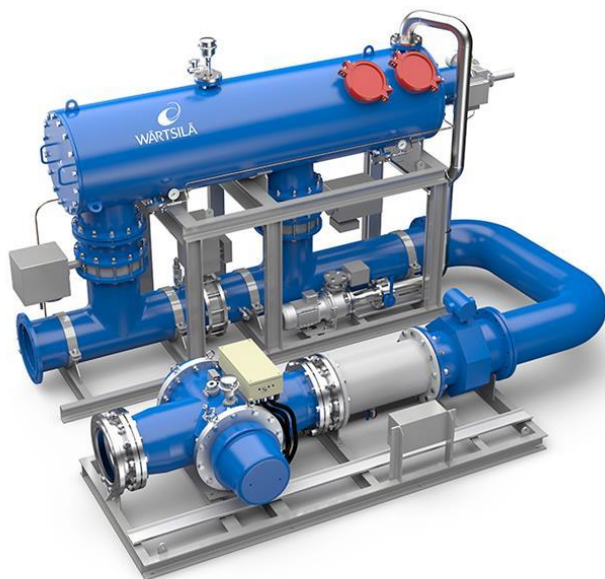
Kilpailijoista poiketen sekä suodatus, että UV-käsittely tapahtuvat samassa yksikössä. Yhtiön kehittämään yksikköön on sijoitettu 32 μm suodatinelementit ja matalapaine UV-lamput. Yhtiö tarjoaa myös uutta mallia, jossa UV-lamppujen ohjaus on tuotu itse lamp-puelementtiin. Tämä poistaa erillisen UV-ohjausyksikön tarpeen sekä vähentää kaapelointia.

Laitteiston rakenne on muista poikkeava. Suodatinelementtien lukumäärällä, muotoilulla ja sijoittelulla on haettu kestävyyttä ja tukkeutumisen sietoa. Yhden elementin tukkeutuminen ei vielä oleellisesti laske laitteiston tehoa. UV-lamppujen sijoittelulla samaan yksikköön suodatinelementtien kanssa, saadaan tilansäästöä ja vähennetään putkistojen ja venttiilien määrää.

Yhtiö ilmoittaa kehittäneensä UV-lamppujen teknologiaa yhdistämällä matala- ja keskipainelamppujen parhaita ominaisuuksia. UV-T-rajaksi täydellä virtaamalla on tyyppihyväksynnän yhteydessä todettu 44 %. Lamppujen käyttöiäksi valmistaja ilmoittaa 12000 tuntia. Lamppujen suojalaseja puhdistetaan yksikön sisällä mekaanisesti. (Trojan 2016.)

Wärtsilä Aquarius UV

Wärtsilän Aquarius UV-laitteisto (kuva 7) on ollut markkinoilla jo pidempään. Tyyppihyväksyntä on saatu ennen vuotta 2014.



Kuva 7. Wärtsilä Aquarius UV (Wärtsilä).

Laitteisto koostuu 40 µm suodattimella varustetusta suodatinosasta ja UV-yksiköstä. UV-yksikössä on 2 x 6 keskipainelamppua. Valmistaja ei ilmoita UV-T-rajaa. UV-annosta säädellään virtausta rajoittamalla, lamppujen tehoa ei säädellä. Valmistajalla ei myöskään antanut tietoa lamppujen käyttöiästä. (Wärtsilä 2016.)

6 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Vaatimusympäristö ja sen muutokset

Painolastiveden käsittelylaitteiston asentamista tulisi mahdollisuuksien mukaan lykätä. Aikaistamalla seuraavaa viisivuotiskatsastusta ja IOPP sertifikaatin uusintaa, varustamo saa lisää aikaa laitteiston lopulliseen valintaan ja asennukseen.

Vaikka Painolastivesiyleissopimus hyväksyttiin jo vuonna 2004, on sen voimaantulo lykkääntynyt. Voimaantulon viivästyminen on aiheuttanut tilanteen, jossa laitteistojen kysyntä on ollut pientä. Tämä puolestaan on vaikuttanut valmistajien haluttomuuteen tuoda laitteistoja markkinoille ja kehittää jo markkinoilla olevia laitteistoja. Käyttökokemukset markkinoilla olevista laitteista ovat vähäisiä ja vaihtelevia. Laitteisto saattaa myös olla asennettuna alukseen, mutta sitä ei käytetä koska se ei ole pakollista. Todelliset käyttäjäkokemukset ovat vähissä.

Alkuperäiset tyyppihyväksyntävaatimukset ovat osin puutteelliset. IMO on yrittänyt korjata tilannetta suosituksella BWM.2-CIRC.43. Markkinoilla on kuitenkin laitteistoja, jotka on hyväksytty varsin suppein tiedoin laitteiston rajoituksista eri olosuhteista. Tyyppihyväksyntävaatimusten selkeytyminen pakottaa laitteistovalmistajat kehittämään laitteistoja ja niiden toimintavarmuutta eri olosuhteissa.

Hankintaan ja valintaan sisältyy runsaasti riskejä ja epävarmuustekijöitä. Myös laitteiston hankinnan lykkäämiseen sisältyy sekä operatiivisia, että varsinkin taloudellisia riskejä. Ensi vaiheessa laitteistojen toimitusajat luultavasti pitenevät ja hankintahinnat nousevat kysynnän kasvaessa. Jälkiasennus tapahtuu luultavimmin telakoinnin yhteydessä, riski ylimääräiseen telakointiin vain asennuksen takia kasvaa. Pahimmassa tapauksessa, jos lykkääntyneessä hankinnassa ja asennuksessa epäonnistutaan, laiva seisoo vain koska se ei täytä uutta vaatimusta.

Edellä mainituista syistä tulisi varustamon tehdä hankinnasta ja asennuksesta riskiarvio. Tätä riskiarviota tulee päivittää säännöllisin väliajoin, kunnes hankinta ja asennus on suoritettu.

6.2 Laitteiston asennus Containerships VII:ään

Tämän opinnäytetyön tarkastelun perusteella laitteiston asentaminen konehuoneeseen ei onnistu. Laitteistovalmistajien ilmoittamilla mitoilla edes laitteiston komponenttien hajuttaminen eri paikkoihin konehuoneessa ei ratkaise asiaa. Varustamo voi halutessaan varmistaa tämän laserskannauksella ja luomalla tuloksista konehuoneen kolmiulotteisen mallin.

Jäljelle jää laitteiston asennus konehuoneen ulkopuoliseen tilaan. Tarkastelussa löytyi kaksi eri vaihtoehtoa.

6.2.1 Asennus makeavesitankista erotettavaan tilaan

Molemmilla laidoilla, konehuoneen keulalaipion etupuoella on tankkitila. Vasemmalla sijaitsee painolastia varten siipitankki 6P ja oikealla päällekkäin makeavesitankit 5 ja 6. Molemmista tankeista on mahdollista erottaa osa painolastiveden käsittelyjärjestelmän tilaksi. Tankkijärjestely on kuvattu kaaviona liitteessä 1.

Oikean puolen makeavesitankin käyttöä puoltaa lyhyt etäisyys merivesikaivoon ja painolastivesipumpuille. Vierailulla laivassa 18.5.2016, ylikonemestari Antti Hyvönen arvioi makean veden riittävän, vaikka tämä asennus toteutettaisiin. Painolastivettä ei myöskään tarvitse tällä järjestelyllä nostaa käsittelyä varten yhtä korkealle kuin toisessa vaihtoehdossa. Tilaan on mahdollista järjestää kulku kannelta. Kannattaa myös tutkia kulku-mahdollisuutta suoraan konehuoneesta tai konehuoneen laajennusta tankkitilaan luokitustiloksen vaatimukset huomioiden.

6.2.2 Asennus ruumassa sijaitsevaan konttiin

Laitteisto on mahdollista sijoittaa ruumassa sijaitsevaan konttiin. Todennäköisin paikka olisi silloin konehuoneen keulalaipion etupuoella, joko edellä mainitun siipitankin 6P tai makeavesitankin 5 ja 6 päälinen tila. Tässäkin järjestelyssä tulee kiinnittää huomio kulureittiin ja sen käytettävyyteen. Järjestely pienentää aluksen konttikapasiteettiä.

Etäisyys ja korkeusero merivesikaivoon ja painolastivesipumpuille kasvaa. Asennuksen vaatima työmäärä on tässä vaihtoehdossa pienempi. Kontti voidaan nostaa paikoilleen valmiiksi varusteltuna ja laivassa tehtävä työmäärä jää pienemmäksi.

6.3 Laitteistosuositus

6.3.1 Taustaa laitteistosuositukselle

Vertailussa mukana olevista laitteistoista on vaikeaa esittää ehdottomasti parasta vaihtoehtoa Containerships VII:ään. Vaiheen kaksi vertailussa oli mukana jo vuosia sitten markkinoille tulleita laitteistoja ja uusia haastajia. Samoin UV-tekniikat, ulkomitat, painot, UV-lamppujen eliniät ja varsinkin tiedot UV-T-arvoista vaihtelivat.

Vertailua ei helpottanut valmistajien osin puuttuva informaatio vertailuista arvoista. Osa valmistajista ei vastannut yhteydenottoihin tai toimitti riittämätöntä tietoa. Vaihtoehtoja vertailtaessa tulisi myös saada käyttäjäkokemuksia jo asennetuista laitteista. Tämä on kuitenkin erittäin vaikeaa tilanteessa, jossa samanlaisessa toimintaympäristössä toimivien asennusten lukumäärä on pieni.

On syytä painottaa painolastin käsittelyjärjestelmien kohtuullisen lyhyttä kehityskaarta ja laitteistojen yhä jatkuvaa kehitystä. Painolastin käsittelyjärjestelmän hankintaa ja asennusta suunnittelevan varustamon onkin koko ajan aktiivisesti seurattava kehittyviä markkinoita. Vuoden tai kahden kuluttua tehtävä vertailu voi antaa hyvinkin erilaisia tuloksia kuin nyt tehty.

Laitteiston koolla on merkitystä jälkiasennuksessa. Osassa vertailtuja laitteistoja oli melko isojaakin yksittäisiä komponentteja. Tämä aiheuttaa rajoitteita sijoitukseen, vaikka päädyttäisiinkin komponenttien hajasijoitteluun koneikkoratkaisun sijasta.

Containerships VII:n sähköntuotto riittää kaikille tarkastelluille laitteistoille. Sen sijaan painolastivesipumppujen vaihtoon on syytä ainakin varautua. Paine- ja tilavuusvirtahäviöt voivat kasvaa liian isoiksi suhteessa nykyisiin pumppuihin.

Laitteistojen budjettihinnat vaihtelivat 116 000 ja 153 000 euron välillä. Vaihtolamppujen hinnat vaihtelivat välillä 200 ja 960 euroa. Osa ilmoitetuista hinnoista sisälsi lampun lisäksi kvartsisuojalasin, osassa se oli hinnoiteltu erikseen. Vaihtolamppujen hintoja arvioidessa tulee huomioida myös niiden lukumäärä ja keskimääräinen käyttöikä. Käyttöikä

voi vaihdella suuresti. Sameassa vedessä UV-lamppujen tehoa nostetaan, mikä lyhentää käyttöikää. Todellinen kustannus selviää vasta käytössä.

Toimitusajat vaihtelivat neljästä seitsemään kuukauteen. Laitteistokohtaisia toimitusajoja ja hintoja ei julkaista opinnäytetyön julkisessa versiossa.

6.3.2 Suositeltu laitteisto

Mikäli hankintapäätös halutaan tehdä heti, päädyttiin opinnäytetyön tuloksena suosittelemaan Alfa Laval:n PureBallast 3.1-laitteistoa. Laitteisto on jatkokehitetty versio ja tämän mallin tyyppihyväksyntä on vuodelta 2015. Aikaisemmat versiot huomioiden, Alfa Laval:n laitteistoja on myyty ja asennettu ylivoimainen määrä muihin vertailtuihin nähden. Niitä on myös asennettu eniten jälkiasennuksena ja niitä on eniten käytössä. (Lloyd's 2015c.)

Laitteiston UV-T-raja täydellä virtauksella on 42 %, mikä tukee arviota sen suoriutumisesta myös Itämeren olosuhteissa. Laitteisto käyttää keskipaine UV-lamppuja ja niiden iäksi valmistaja ilmoittaa 3000 tuntia. Lamppujen teho säätyy veden sameuden mukaan. Lamppujen ikää voidaan pitää lyhyenä, toisaalta vaihtolamppujen hinta on edullinen. Ikä, hinta ja lamppujen määrä huomioiden, kustannus ei juurikaan poikkea muista verratuista laitteistoista.

Varustamo painotti selkeästi varaosien ja teknisen tuen saatavuutta. Alfa Laval-yhtiön koko ja muiden merenkulun tuotteiden myynnin määrä pakottaa sen huolehtimaan myös myynnin jälkeisestä tuesta asiakkaalle. Eurooppalaisuutta voidaan pitää tuen saatavuuden kannalta hyvänä asiana.

Laitteiston sähkön kulutus täydellä teholla on vertailuista laitteista toiseksi suurin. UV-lamppujen tehon säätö pienentää kulutusta maksimilukemasta. Sähkön riittävyys ei ole ongelma Containerships VII:ssä. Laitteiston komponentit ovat kooltaan vertailun keskiarvon pienemmällä puolella.

PureBallast 3.1-laitteiston budjettihinta ei erotu keskimääräisestä laitteistohinnasta. Samoin ilmoitettu toimitusaika ei erotu keskimääräisestä. Laitteiston hinta on vain osa jälkiasennuksen kokonaiskustannuksesta. Yleisesti jälkiasennuksen muuksi kustannukseksi arvioidaan 80–100 % laitteiston hankintahinnasta. Arvio perustuu työn teettämiseen halvan työvoiman maan telakalla.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön alkuperäisenä tarkoituksena oli valita sopiva menetelmä ja laitteisto painolastiveden käsittelyyn Containerships VII:llä. Työ osoittautui ennakoitua haastavammaksi.

Vasta työn aikana selvisivät vaatimusympäristön ongelmat, jotka ovat merkittävästi hidastaneet laitteistojen hankintaa eri aluksiin. Vaikka painolastivesiyleissopimus on hyväksytty jo vuonna 2004, se tulee voimaan vasta 8.9.2017. Varustamot eivät ole tehneet laiteinvestointeja, koska voimaantulo on jatkuvasti lykkääntynyt.

Tämä puolestaan on vaikuttanut laitevalmistajiin ja koko markkinaan negatiivisesti. Väehäisen kysynnän takia laitteistojen kehittäminen on ollut vähäistä. Edelläkävijät eivät välttämättä ole hyötäneet tilanteesta. Laitteistojen alkuperäiset tyyppihyväksyntävaatimukset ovat olleet puutteellisia. Tilannetta on pyritty korjaamaan, mutta epävarmuus ja epäselvyys ovat entisestään sekoittaneet markkinoita. Työn edetessä kävi selväksi, että varsinaisen laitteistovalinnan lisäksi on syytä ottaa kantaa asennusajankohtaan. Asennusta ei tämän työn perusteella todellakaan kannata kiirehtiä. Varustamo toki tekee päätökset omista lähtökohdistaan.

Vaikka eri listoilta löytyy kymmeniä hyväksytyjä laitteistoja, tarkempaan analyysiin saatiin niistä seitsemän. Itse laitteistovalinta jouduttiin tekemään usean tekijän kompromissina. Suurimpana ongelmana pidin todellisten käyttäjäkokemusten puutetta. Valinnan painotuksissa luultavasti näkyikin tekijän historia konservatiivisena laivanrakennusinsinöörinä. Joukosta erottui kuitenkin selvästi valmistajia, jotka ovat panostaneet ja panostavat tuotekehitykseen. Näiden valmistajien laitteistot ovat varmasti kärkisijoilla, jos nyt tehdyn kaltaisia vertailuja tehdään joskus myöhemmin.

Heti alussa oli selvää, että laitteiston sijoitus laivaan on haastavaa. Konehuoneessa ei yksinkertaisesti ollut tilaa. Nyt esitetyt kaksi vaihtoehtoa vaativat varmasti lisäselvittelyjä. Sijoitus ja sen vaatimien rakennemuutosten tarkastelu vastaa varmasti hyvinkin työmäärältään nyt tehtyä työtä.

LÄHTEET

Alfa Laval 2016. Product leaflet. Viitattu 1.9.2016. http://www.alfalaval.com/microsites/pureballast/documents/MDD00203EN_LOWRES.pdf

Bacher, H. & Albrecht, P. 2013. Merenkulun uusien ympäristömääräysten aiheuttamien kustannusten kartoittaminen. Helsinki: Trafi. Trafin julkaisuja 24 / 2013.

Bio-Sea 2016. Bio-Sea, www-sivut. Viitattu 1.9.2016. <http://www.ballast-water-treatment.com>

Containerships 2016. Yhtiön www-sivut. Viitattu 10.2.2016 <http://www.containershipsgroup.com/home>.

Desmi 2016a. Desmi A/S, Desmi ocean Guard, UV-T. Viitattu 25.5.2016 http://www.desmioceanguard.com/UserFiles/file/Brochure/UV%20Transmission_dec2014.pdf

Desmi 2016b. Desmi A/S www-sivut. Viitattu 1.9.2016 <http://www.desmioceanguard.com>

HE 122/2015. Suomen hallituksen esitys 122/2015 19.9.2015

IHS2016. IHS Maritime, 2014. Viitattu 15.4.2016 <http://globallast.imo.org/wp-content/uploads/2015/01/IHS-BALLAST-WATER-SUPPLEMENT-2014.pdf>

IMO 2016a. International Maritime Organization. Viitattu 15.2.2016 <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Pages/Default.aspx>

IMO 2016b. International Maritime Organization. Viitattu 10.9.2016 <http://www.imo.org/en/About/Conventions/StatusOfConventions/Pages/Default.aspx>

IMO 2016c. International Maritime Organization 2009. Ballast Water Management Convention and the Guidelines for its implementation, 2009 edition. Lontoo: IMO

IMO 2016d. International Maritime Organization. Viitattu 19.5.2016 [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)

IMO 2016e. International Maritime Organization. Viitattu 19.5.2016 <http://www.imo.org/en/Our-Work/Environment/BallastWaterManagement/Documents/Table%20of%20BA%20FA%20TA%20updated%20April%202016.pdf>

Intovuori V-V. Haastattelut 6.5.2016 ja 9.9.2015. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi.

Koivistoinen, H. 2014. UV-LED lamppujen soveltuminen laivojen painolastivesien käsittelyyn. Diplomityö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Lloyd's 2015a. Understanding ballast water management, Guidance for shipowners. Lloyd's Register 2015. Saatavissa myös <http://www.lr.org/en/marine/consulting/environmental-services/ballastwatermanagement.aspx>

Lloyd's 2015b. National ballast water requirements. Lloyd's Register 2015. Saatavissa myös <http://www.lr.org/en/marine/consulting/environmental-services/ballastwatermanagement.aspx>

Lloyd's 2015c. Available ballast water treatment systems. Lloyd's Register 2015. Saatavissa myös <http://www.lr.org/en/marine/consulting/environmental-services/ballastwatermanagement.aspx>

LVM 2016. Liikenne- ja viestintäministeriön uutinen. Viitattu 10.9.2016. <http://www.lvm.fi/-/suomiratifioi-painolastivesisopimuksen>

MEPC 2016a. Marine Environment Protection Committee. MEPC 69-4-6, Report of the Correspondence Group on the Review of the Guidelines (G8) 11.1.2016.

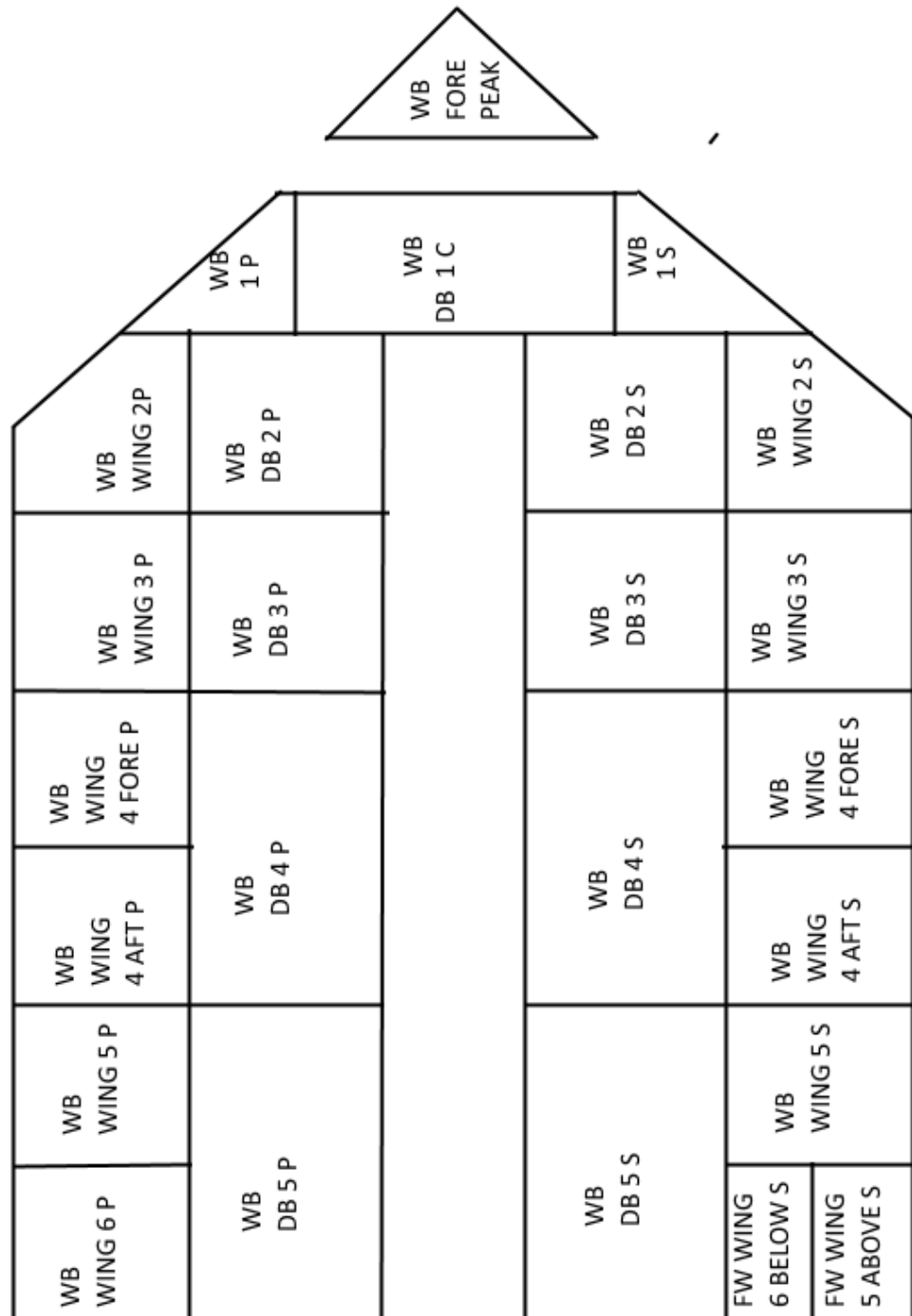
MEPC 2016b. Marine Environment Protection Committee. MEPC 70-4-3, Report of the Correspondence Group on the Review of the Guidelines (G8) 20.7.2016

Mitsui 2016. Mitsui Engineering, Results of landbase tests and procedures used. Viitattu 25.5.2016 <http://www.mes.co.jp/english/business/ship/pdf/2.pdf>

Trojan 2016. Trojan Marinex Product Brochure. Viitattu 1.9.2016 <http://www.trojanmarinex.com/wp-content/uploads/sites/2/2016/08/Trojan-Marinex-BWT-Brochure-0816.pdf>

Wärtsilä 2016. Wärtsilä Aquarius BWMS www-sivut. Viitattu 1.9.2016

Liite 1. Kaavio painolastitankeista.



WB = Painolastitankki FW = Juomavesitankki

DB = Kaksoispohjatankki WING = Siipitankki

Liite 2. Ballast log, Containerships VII, 16.2.2016 – 4.3.2016.

DATE	BALLAST IN OR OUT	TIME OF START	TIME OF FINISHED	AMOUNT OF BALLAST (m ³)	PUMP OR GRAVITY	QUALITY OF WATER (Position)
16.2.2016	IN	20:45	21:50	340	PUMP	MUDDY (Klaipeda)
17.2.2016	OUT	00:00	01:20	340	PUMP	MUDDY (Klaipeda)
17.2.2016	IN	16:00	16:30	210	PUMP	CLEAR (at sea)
17.2.2016	OUT	21:30	22:30	210	PUMP	CLEAR (at sea)
19.2.2016	IN	08:50	09:15	100	GRAVITY	MUDDY (Teesport)
19.2.2016	IN	09:55	10:30	210	PUMP	MUDDY(Teesport)
19.2.2016	OUT	19:40	20:10	170	PUMP	MUDDY (Teesport)
20.2.2016	IN	15:55	16:45	280	PUMP	MUDDY (Rotterdam)
20.2.2016	OUT	23:00	00:15	455	PUMP	MUDDY (Rotterdam)
21.2.2016	OUT	03:15	04:05	300	PUMP	MUDDY (Rotterdam)
24.2.2016	IN	06:45	07:10	120	GRAVITY	'CLEAR' (Vuosaari)
24.2.2016	tank to tank	07:30	08:00	170	GRAVITY	-
24.2.2016	IN	08:00	09:30	250	GRAVITY	'CLEAR' (Vuosaari)
24.2.2016	IN	11:50	12:40	340	PUMP	'CLEAR' (Vuosaari)
24.2.2016	IN	13:15	13:45	140	PUMP	'CLEAR' (Vuosaari)
25.2.2016	OUT	08:30	09:30	290	PUMP	'CLEAR' (Petersburg)
25.2.2016	IN	09:30	09:50	90	GRAVITY	'CLEAR' (Petersburg)
25.2.2016	IN	09:55	10:25	160	PUMP	'CLEAR' (Petersburg)
25.2.2016	OUT	11:00	11:30	90	PUMP	'CLEAR' (Petersburg)
25.2.2016	OUT	12:25	13:30	380	PUMP	'CLEAR' (Petersburg)
25.2.2016	OUT	14:35	15:20	260	PUMP	'CLEAR' (Petersburg)
25.2.2016	IN	15:20	15:45	160	PUMP	'CLEAR' (Petersburg)
25.2.2016	OUT	15:45	16:35	200	PUMP	'CLEAR' (Petersburg)
26.2.2016	IN	07:20	07:40	100	GRAVITY	'CLEAR' (Vuosaari)
26.2.2016	OUT	15:35	16:30	290	PUMP	'CLEAR' (Vuosaari)
26.2.2016	OUT	16:35	17:45	200	PUMP	'CLEAR' (Vuosaari)
28.2.2016	IN	08:00	08:55	300	PUMP	MUDDY (Klaipeda)
28.2.2016	IN	09:00	09:45	200	GRAVITY	MUDDY (Klaipeda)
1.3.2016	IN	10:00	10:20	100	PUMP	CLEAR (at sea)
2.3.2016	IN	09:30	11:15	200	GRAVITY	MUDDY (Teesport)
3.3.2016	IN	16:30	18:00	330	GRAVITY	MUDDY (Rotterdam)
3.3.2016	IN	18:00	18:40	230	PUMP	MUDDY (Rotterdam)
3.3.2016	IN	20:15	20:35	60	PUMP	MUDDY (Rotterdam)
3.3.2016	OUT	20:35	22:30	480	PUMP	MUDDY (Rotterdam)
3.3.2016	OUT	22:45	23:20	200	PUMP	MUDDY (Rotterdam)
4.3.2016	OUT	01:35	03:00	220	GRAVITY	MUDDY (Rotterdam)
4.3.2016	OUT	03:30	04:00	200	PUMP	MUDDY (Rotterdam)
4.3.2016	IN	07:00	09:00	600	PUMP	MUDDY (Rotterdam)

Liite 3. Laitteistojen tarkempi analyysi.

Valmistaja	Laitteisto	Kapasiteetti (m³/h)	Sähkön- tarve max kW	Ulkomitat LxPxK (mm)	Paino (kg)	UV-Tarja (%)	Lamppujen elinikä (h)	Lamppujen tehokkyys	budget price (tEUR)	Lamppujen hinta (EUR kpl)	Toimintusaika (kk)
Alfa Laval	PureBallast 3.1	500 filt 600 UV	63	774x639x1296 filt 855x765x1400 UV 1350x610x2000 PC 650x310x1100 CC 740x870x1800 CIP	630 320 370 50 155	42 (full flow)	3000	NIL			
BIO-SEA	BIO-SEA	500	90	618x645x1294 filt 2005x230x274 UV 800x670x1960 PC (x2) 650x270x800 CC	1950	54 (45 new limit)	2000	NIL			
DESMI A/S	RayClean BWTS	600	42	3210x1760x 2405 (konelätkö)	4200	55 (full flow) 33 (100 m³/h)	12000	(NIL)			
Hyde Marine Inc.	Hyde GUARDIAN	500	50	910x750x1960 filt 110x630x1120 UV 1200x405x1800 PC 600x210x760 CC	550 210 575 35	NIL	5000	NIL			
MMC Green Technology A/S	MMC Green Technology BWMS	500	46	3500x1000x2170 (konelätkö)	1790	55 (full flow)	1000	NIL			
Trojan Marinex (GEA Westfallia)	Trojan Marinex (GEA BallastMaster)	500	26	1100x1400x2000 (vertical conf) 2100x1400x1300 (horizontal conf) 300x800x1000 CC+PC	2090	44 (full flow)	12000	NIL			
Wärtsilä	Aquarius UV	500	63	3000x900x2100 filt 1800x1000x2100 (UV vertical conf) 2500x1000x800 (UV horizontal conf) 1200x500x2000 PC	1650 680 575 450	NIL	NIL	NIL			
UV = UV reactor filt = Filter PC = Power Cabinet CC = Control Cabinet CIP = Cleaning unit											